FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA
T.2435

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

MANEJO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN SIEMBRA DIRECTA DE PASTURAS

por

Verónica CIGANDA BRASCA

TESIS presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo (Orientación Agrícola-Ganadera)

MONTEVIDEO
URUGUAY
1996

Tesis aprobada por:

Director: Ing. Agr. Fernando García

Nombre completo y firma

Ing. Agr. Omar Casanova

Nombre completo y firma

Ing. Agr. Emidgio Lazbal

Nombre completo y firma

Fecha: 2 de enero de 1996

Autor: Verónica Ciganda Brasca

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis Ing. Agr. Fernando García y co-director de tesis Ing. Agr. Omar Casanova por su constante ayuda y conducción durante todo el presente trabajo.

A cada uno de los docentes y funcionarios de las cátedras de Manejo y Conservación de Suelos y de Fertilidad de Suelos por toda su ayuda y sus invalorables aportes.

A Ricardo y Perla Pose y a todos sus hijos por su gran amabilidad y hospitalidad que siempre brindaron.

A mis padres y hermanos: Gonzalo, Rosario, Yamandú, Carolina, Diego y Lyl por su incondicional apoyo.

TABLA DE CONTENIDO

Página

PAGINA DE APROBACION II

AGRADECIMIENTOS III

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES IV

I. INTRODUCCION 1

II. REVISION BIBLIOGRAFICA 3
- A. Consideraciones Generales sobre Siembra Directa 3
- B. Efecto sobre las Propiedades Físicas del Suelo 4
  - 1. Compactación del suelo 5
  - 2. Resistencia a la penetración de raíces 8
  - 3. Macroporosidad 10
  - 4. Contenido e infiltración de agua 12
  - 5. Temperatura del suelo 13
- C. Efecto sobre las Propiedades Químicas del Suelo 15
  - 1. Nutrientes 15
    - a. Carbono y nitrógeno orgánico 15
    - b. Nitratos 17
    - c. Fosfatos 22
  - 2. Ph del suelo 23
- D. Efecto de la Fertilización Nitrogenada 24

III. MATERIALES Y METODOS 27
- A. Localización 27
- B. Suelo 27
- C. Tratamientos, Diseño Experimental y Análisis Estadístico 27
- D. Historia Previa 28
- E. Manejo del Experimento 29
  - 1. Preparación del suelo 29
  - 2. Fertilización 29
  - 3. Siembra 29
  - 4. Cosecha 30
  - 5. Muestreo y análisis de suelo 31
- F. Estudio de Penetrometría 31

IV. RESULTADOS Y DISCUSION 32
A. Análisis del Primer Corte 32
B. Análisis del Segundo Corte 37
C. Análisis del Tercer Corte 47
D. Análisis del Cuarto Corte 50

V. CONCLUSIONES 53

VI. RESUMEN 55

VII. SUMMARY 57

VIII. BIBLIOGRAFIA 58

IX. ANEXOS 61

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro Nº — Página

1 Análisis de varianza correspondiente a la producción de M.S. del primer corte (kg/ha, M.S.) 32

2 Resultados de los conrastes correspondientes a la producción de M.S. del primer corte(kg/ha, M.S.) 33

3 Análisis de varianza del efecto del tipo de laboreo, dosis inicial de N y dosis de en la refertilización sobre la producción de M.S. del 10/09/1994 38

4 Resultados de los contrastes entre las variables analizadas correspondientes a la producción de M.S. del segundo corte (M.S., kg/ha) 39

5 Contenido de nitratos en el suelo para cada tratamiento el 10 de setiembre de 1994 (ppm, NO3) 43

6 Análisis de varianza del efecto del laboreo y dosis de nitrógeno sobre el contenido de nitratos en el suelo (ppm, NO3) 44

7 Producción de M.S. (kg/ha), % Gramínea, % Leguminosa y % Restos Secos en función del tipo de laboreo, tercer corte 47

8 Producción de M.S. (kg/ha), % Leguminosa y % Gramíneas+Malezas+Restos secos (%GMRs) en función del tipo de laboreo, cuarto corte 50

Figura Nº

1 Comparación de la densidad de un suelo arenoso en el que se cultivó cebada por 6 años con métodos de laboreo contrastantes (Fuente: Soane et al., 1975).....6

2 Comparación del espacio poroso de un suelo limoso después de cero laboreo y laboreo convencional (Fuente: Ehlers, 1973).....11

3 Comparación de la concentración de nitratos en el perfil de un suelo limoso después de laboreo y siembra directa (Fuente: Dowdell y Cannell, 1975).....18

4 Diagramación del Ensayo.

5 Producción de M.S. en función de la dosis de N y el tipo de laboreo, 1er. corte.

6 Producción de M.S. en función de la dosis de N y el tipo de laboreo, 2do. corte.

7 Resistencia del suelo. Estudio de penetrometría.

8 Producción de M.S., Gramínea, Leguminosa y Restos Secos en función de la dosis de Nitrógeno y tipo de laboreo, 3er. corte.

9 Producción de M.S., Leguminosa y Gr. +R.S.+Mlz. en función de la dosis de nitrógeno y tipo de laboreo, 4to. corte.

I. INTRODUCCION

Los altos requerimientos nutritivos y forrajeros necesarios para mantener niveles de producción aceptables, son características innatas del sistema de producción lechero. Es por esto que su base productiva es una oferta combinada de praderas sembradas de larga y corta duración y verdeos y alimentos concentrados que cubren los déficits generados por la marcada estacionalidad productiva de las anteriores.

Esto ha determinado una alta intensidad de uso de los suelos, que bajo sistemas de laboreo convencional, han generado importantes grados de erosión y degradación de sus propiedades físicas y químicas.

Es aquí, donde la siembra directa entra como una alternativa conservacionista capaz de adaptarse a la intensidad de producción que demanda el sistema lechero.

La siembra directa minimiza la erosión e incrementa el área de siembra ya que facilita el acceso a suelos no laboreables o muy degradados. Además permite sembrar en fecha y aumenta la oportunidad de pastoreo.

No existe abundante información nacional acerca de la performance ni del manejo de verdeos y pasturas en un sistema de siembra directa, pero ya varios establecimientos lecheros estan adoptando esta técnica y cada vez son más los que se interesan por la misma.

Por tal motivo, y en respuesta a esta creciente demanda del sector productivo, la Asoc. Nac. de Productores de Leche en convenio con Conaprole, la Facultad de Agronomía y el PROVA-MGAP, han comenzado estudios de investigación y demostracion sobre el tema dentro de los cuales se enmarca este trabajo de tesis.

El objetivo de la tesis fue evaluar el efecto del tipo de laboreo y siembra (directa vs. convencional) y de la dosis y fraccionamiento del fertilizante nitrogenado sobre la producción de materia seca de una mezcla de avena, raigras y trébol rojo.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE SIEMBRA DIRECTA

Se le llama siembra directa a la implantación de un cultivo o pastura sobre el rastrojo de la vegetación anterior sin volteo ni pertubación del suelo.

Se hace necesario, por lo tanto, la utilización de equipos de siembra especializados que ubiquen y aseguren la semilla en las mejores condiciones dentro del surco de siembra.

La siembra directa ha atraído la atención por dos razones fudamentales que suceden en toda circunstancia: economiza el tiempo y esfuerzo gastado en el cultivo, y es una forma de laboreo conservacionista (Russel, 1977).

La presencia de residuos vegetales sobre la superficie del suelo amortigua o suprime el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo. Por otra parte, el suelo sin laborear presenta una mayor estabilidad estructural y una mayor capacidad de infiltración que el suelo cultivado. La combinación de estos tres factores - protección de residuos, estabilidad de agregados y capacidad de infiltración - tienen como consecuencia una menor pérdida de suelo por erosión en condiciones de siembra directa que en agricultura tradicional (Martino, 1993).

La combinación de mejor estructura de suelo y menor evaporación de agua desde el mismo, conducen a una mayor

eficiencia del uso del agua por los cultivos (Martino, 1993).

Por otro lado, la falta de laboreo sumada a otra serie de factores, causan compactación superficial del suelo, lo cual se traduce en una mayor resistencia mecánica al crecimiento de raíces de los cultivos, y una mayor incidencia de deficiencia de oxígeno para las mismas (Martino, 1993).

La tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo es reducida en condiciones de siembra directa, por lo que el aporte de algunos nutrientes a los cultivos sería menor que con laboreo del suelo, especialmente en los primeros años en que se establece el sistema. Sin embargo, la disponibilidad de dichos nutrientes aumenta con el tiempo bajo cero laboreo debido al incremento en el contenido de materia orgánica en el suelo, y al cabo de algunos años, supera incluso a la disponibilidad en sistemas tradicionales (Martino, 1993).

B. EFECTO SOBRE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

Los efectos del laboreo sobre las propiedades físicas del suelo son frecuentemente muy complejas; influencian la infiltración de agua, la aereación y la penetración de raíces de tan diferentes formas que no se pueden esperar relaciones simples y consitentes entre los cambios en las condiciones del suelo y el rendimiento de los cultivos (Russel, 1977).

1. COMPACTACION DEL SUELO

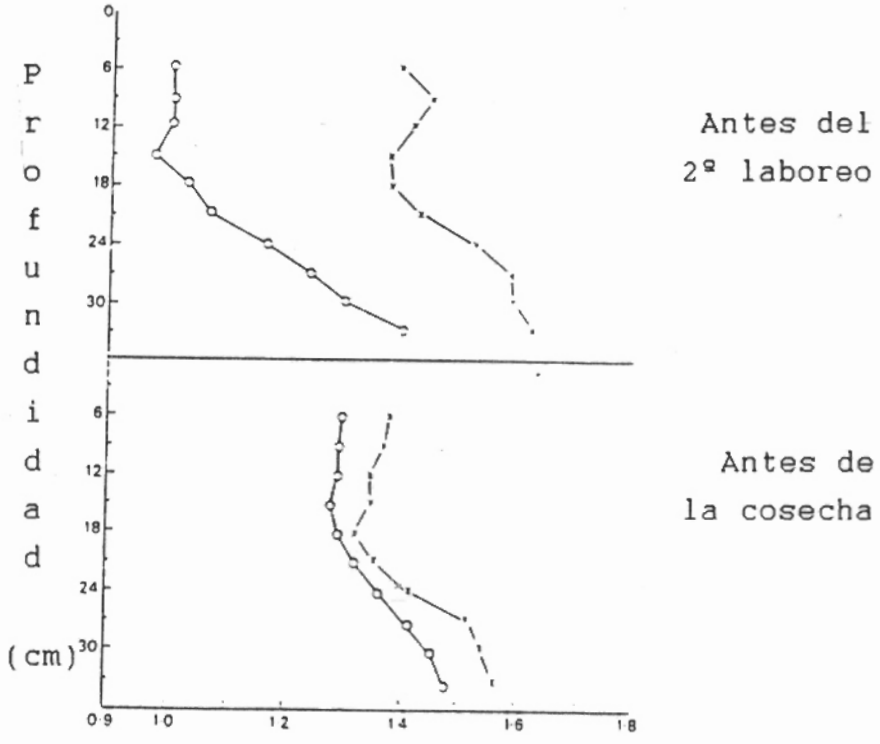
Cuando el laboreo del suelo se discontinua, el cambio más obvio en las propiedades del suelo es usualmente una mayor consolidación o compactación, especialmente cerca de la superficie, esto se hace evidente a través de mediciones de la densidad del suelo o a través del uso de penetrómetros (ver figura nº1).

En algunos suelos relativamente estables el grado de compactación puede cambiar sólo un poco luego que el suelo deja de ser laboreado (Russel, 1977).

Bruce, et al. (1990) encontraron que, para una rotación trigo-soja y otra trigo-sorgo, la estabilidad de los agregados de 0 a 10 mm fue sigificativamente mayor para cero laboreo que para laboreo convencional. También encontraron que el laboreo convencional exhibió significativamente menor densidad aparente y mayor espacio poroso que el tratamiento de cero laboreo.

El tráfico de maquinaria pesada durante otoño e invierno, el pisoteo de los animales, y la falta de laboreo por sí misma, causan compactación superficial del suelo, lo cual se traduce en una mayor incidencia de deficiencia de oxígeno para las raíces. Esto puede ser compensado en el largo plazo a través de la mejora de la estructura del suelo, pero es un aspecto negativo en los inicios de un sistema de cero laboreo (Martino, 1993).

Figura nº1 Comparación de la densidad de un suelo arenoso en el que se cultivó cebada por 6 años con métodos de laboreo contrastantes (Fuente: Soane et al., 1975)



-o- laboreo convencional a 30 cm

-x- siembra directa

Existe mucha evidencia de que la capacidad de soportar tráfico de maquinaria es mayor cuando el suelo ha sido dejado imperturbado por varios años que después de ser cultivado anualmente (Baeuner y Bakermans, 1973; Soane y Pidgeon, 1975; Soane et al, 1975 citados por Russel, 1977). La compactación causada por el tráfico en suelos laboreados puede crear marcas de huellas profundas, o caminos, lo cual es necesario remover a través del laboreo para lograr una superficie suficientemente uniforme para la siembra del próximo cultivo. La siembra directa no causa estos problemas, por lo tanto se puede ovbiar la necesidad del laboreo para reparar el daño sobre el suelo (Russel, 1977).

Según Meek et al (1988) citado por Meek y Detar (1990) la densidad del suelo puede ser mantenida a bajos niveles por la eliminación o reducción del tráfico de ruedas.

Pérez Gomar y García (1993) encontraron una capa de más alta resistencia (más compactada), conocida como piso de labor o suela de arada, entre 20 y 30 cm de profundidad en los tratamientos sin laboreo y con siembra directa. Según estos autores, esto sería la consecuencia del laboreo convencional realizado durante el período de uso del suelo anterior al comienzo de su experimento.

En base a información experimental y a experiencia de productores que usan cero laboreo desde hace muchos años, indican que antes de comenzar a usar siembra directa se deberían eliminar problemas físicos y de compactación provocados por el uso anterior (Wall,1992; Kinsella, 1992 citados por Pérez Gomar y García, 1993)

2. RESISTENCIA A LA PENETRACION DE RAICES

La compactación del suelo reduce el volumen ocupado por poros, especialmente aquellos de diámetro relativamente grande. Esto puede ocasionar una gran resistencia mecánica o impedir la extensión de las raíces; tambien puede modificar el intercambio entre el suelo y la atmósfera y las características de humedad del suelo. Todos estos efectos modifican el crecimiento de las raíces (Russel, 1977).

Cuando las raíces en crecimiento encuentran poros menores a sus diámetros, sólamente les es posible continuar su extensión si son capaces de ejercer la suficiente presión para expandir esos poros o para disminuir su diámetro y pasar a través de los poros existentes (Russel, 1977).

Las presiones externas que las raíces frecuentemente experimentan en el suelo pueden restringir la extensión de la raíz pero no es necesariamente reducida la productividad del cultivo (Russel, 1977).

La restricción del crecimiento de las raíces por impedimentos mecánicos va en detrimento del crecimiento de la planta, solamente cuando el suministro de agua y nutrientes en la zona radicular es inadecuado (Russel, 1977).

Si la extensión de las raíces no está limitada por fuerzas mecánicas, es porque la estructura del suelo seguramente contiene un número suficiente de poros

continuos entre las unidades estructurales, los cuales son suficientemente grandes para que las raíces penetren libremente o que se puedan expandir en contra de una pequeña presión externa (Russel, 1977).

La disminución del potencial de agua en el suelo causa incrementos de la fuerza del suelo (o resistencia a la deformación) con el resultado de que la extensión de las raíces experimenta un mayor impedimento mecánico.

Los efectos de la presión externa sobre la extensión de las raíces son aumentados cuando el suministro de oxìgeno es limitado (Russel, 1977)

Por lo tanto, si el incremento en el contenido de agua reduce el espacio de los poros llenos de aire en un suelo compactado, y por esto la presión parcial de oxígeno en el aire del suelo es reducida, la restricción sobre la extensión de las raíces causada por impedimentos mecánicos puede ser aún mayor (Gill y Miller, 1956; Barley, 1962; Eavis et al, 1969).

Un número de investigadores han encontrado que los penetrómetros proveen una forma adecuada para estimar la resistencia que el suelo ofrece a la penetración de raíces (Russel, 1977).

Según Baver et al (1972) citado por Russel (1977) cualquier prueba con penetrómetros puede proveer como máximo sólamente una medida relativa de las fuerzas que resisten la penetración de raíces. Los penetrómetros no pueden simular muchas características destacables del

crecimiento de la raíz como su flexibilidad, la habilidad de su ápice para deformarse cuando está en contacto con obstrucciones, y las características de su superficie.

No existen comparaciones detalladas entre las presiones medidas con penetrómetros y las fuerzas que experimentan las raíces en extensión, pero hay indicaciones de que los penetrómetros pueden dar grandes sobreestimaciones (Russel, 1977).

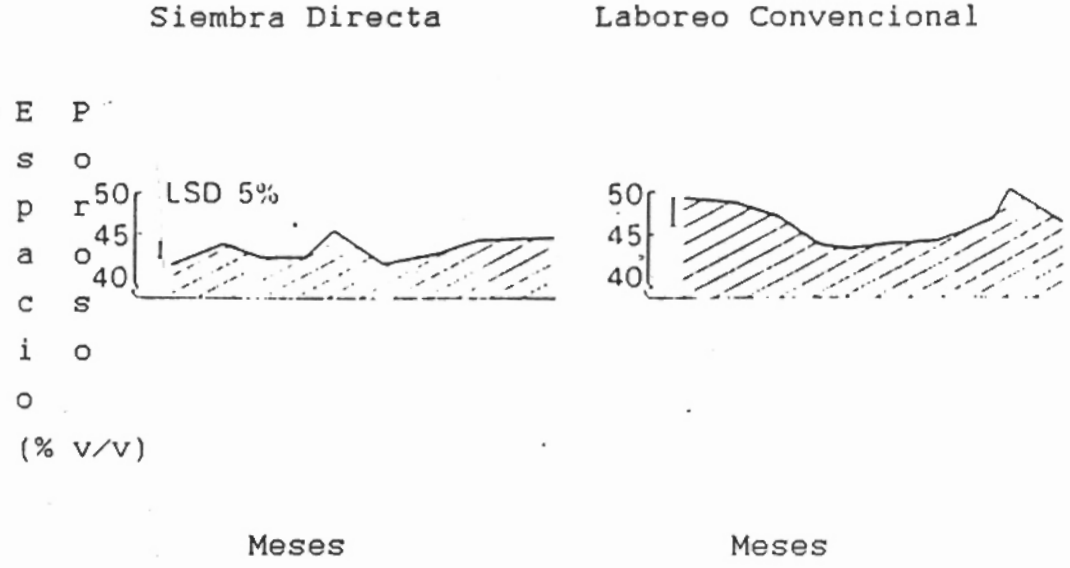
Pérez Gomar y García (1993) obtuvieron, utilizando penetrómetros en suelos arenosos con muchos años de laboreo convencional, un perfil de mayor resistencia a la penetración bajo cero laboreo que cuando a los suelos se los manejó con cincel o excéntrica.

3. MACROPOROSIDAD

La forma en que el cero laboreo puede afectar a la porosidad del suelo se muestra en la figura nº3. En ausencia de otros cambios se debería esperar que esto disminuyera la aereación y el drenaje haciendo a la siembra directa desventajosa, especialmente en suelos pesados de baja conductividad hidráulica o en áreas de precipitacioes altas o moderadas (Russel, 1977).

Watson y Looxmore (1986) citados por Dunn y Philips (1991) encontraron que el 73% del flujo de agua era conducido a través de los macroporos y estimaron que el 96% del flujo de agua era trasladado a través del 0,32% del volumen de suelo.

Figura nº2 Comparación del espacio poroso de un suelo limoso después de cero laboreo y laboreo convencional (Fuente: Ehlers, 1973)



Bouma et al. (1979) citado por Dunn y Philips (1991) reportaron que los macroporos conductores de agua frecuentemente ocupan menos del 1% del total de volumen de suelo.

Estos datos muestran que relativamente pocos macroporos determinan una pequeña macroporosidad efectiva, pero la cantidad de agua que estos conducen es significativa.

Heard et al. (1988) encontraron que, si bien el tratamiento de cero laboreo tuvo similar o menor cantidad de canales que el laboreo convencional, estos fueron más continuos desde una profundidad de 0,10 m a 0,20 ó 0,30 m.

4. CONTENIDO E INFILTRACION DE AGUA

Dunn y Philip (1991) obtuvieron valores de flujo de infiltración mayores en tratamiento de cero laboreo que en laboreo convencional. Estos mayores valores de infiltración se los relacionó con un mayor número de macroporos bajo cero laboreo.

Meek (1990) encontraron que la tasa de infiltración de agua fue mayor para cero laboreo que para laboreo convencional y afirman que esto probablemente se produjo como resultado del movimiento de agua a través de los macroporos.

Los sistemas de cultivo de cero laboreo preservan el sistema de macroporosidad, a través del cual se mueve el flujo de agua, de un cultivo al siguiente (Edwards et al., 1988 citado por Meek et al.,1990).

Según Meek et al. (1988) citado por Meek et al. (1990) la tasa de infiltración puede ser incrementada por la reducción del laboreo de la superficie o previniendo la compactación del suelo.

La infiltración de agua también está relacionada con la cobertura de residuos en la superficie. Roth et al. (1988) encontraron que con un 100% de cobertura de residuos sobre la superficie en un sistema de cero laboreo, se produjo la infiltración total de los 60 mm de lluvia caídos, mientras que solamente infiltró el 20% de esta cuando el suelo estuvo desnudo.

FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA

Harris et al. (1965) midieron un incremento de la cantidad de agua infiltrada bajo un cultivo de algodón cuando el número de operaciones de laboreo fue reducido.

Dunn y Philips (1991) obtuvieron en su primer año de experimento un flujo de agua, a través de los macroporos, significativamente mayor bajo laboreo convencional que bajo siembra directa; pero al segundo año estos resultados se invirtieron y el cero laboreo tuvo el mayor flujo de agua a través de los macroporos.

La utilización del cero laboreo no trae siempre, sin embargo, sólo beneficios. Por ejemplo si la precipitación excede mucho a la evapotranspiración durante una parte apreciable del año, y la estabilidad y conductividad hidráulica del suelo es baja, la necesidad de una perturbación profunda para remover una probable compactación, y también drenar el suelo, aparece particularmente obvia. Sin embargo, algunas evidencias recientes indican que la siembra directa puede rendir satisfactoriamente en suelos relativamente pesados y húmedos (Russel, 1977).

5. TEMPERATURA DEL SUELO

La mayor densidad aparente que se ha observado en los suelos bajo sistemas de siembra directa conjuntamente con el efecto que produce la capa de residuos sobre la superficie, determinan modificaciones en los gradientes de la temperatura del suelo (Russel, 1977).

La capa de residuos en superficie existente en sistemas de cero laboreo actúa como aislante térmico, debido a su baja difusividad térmica en relación a la del suelo, resultando en una menor incidencia de energía solar en el suelo, y en una mayor capacidad para retener la energía que alcanza el suelo. Dicha capa también incrementa el albedo (reflección de los rayos solares) de la superficie a consecuencia de su color claro (Enz et al ,1988 citado por Martino, 1993) y disminuye la velocidad del viento contra la superficie debido a su rugosidad. Las consecuencias son variadas: a) una menor amplitud térmica en suelos bajo cero laboreo que en suelos sin residuos en superficie; b) mayor retención de humedad en el suelo; c) mayor incidencia de daños por heladas en cultivos sensibles, ya que durante la noche, el aire adyacente al suelo se calienta, con la radiación de onda larga emitida por este y la capa aislante de residuos atenúa dicha radiación; d) posible menor disponibilidad de P inorgánico debido a bajas temperaturas diurnas (Martino, 1993)

Las bajas temperaturas máximas pueden afectar la germinación, retrasando o enlenteciendo en forma importante la época de germinación de algunos cultivos, especialmente la de los de verano.

La temperatura del suelo, en cero laboreo tiende a ser menor que en suelos desnudo, lo que provoca retrazos en la emergencia de cultivos y disminución en la disponibilidad de algunos nutrientes. Períodos de siembra - emergencia de hasta cuatro semanas en trigo, y tres semanas en maíz han sido registrados (Martino y Stobbe, datos sin publicar citados por Martino, 1994).

Nyborg et al. (1990) midieron menores temperaturas de suelo a una profundidad de 5-10 cm en las parcelas de cero laboreo que en las de laboreo convencional.

Pérez Gomar y García (1993) obtuvieron a la emergencia de un cultivo de maíz 98% de la superficie cubierta por residuos en siembra directa y 68% en laboreo reducido. Según los autores, esta mayor cobertura por residuos fue la causa de la diferencia en el contenido de agua y junto con ella determinó un ritmo diario de variación de la temperatura del suelo a la profundidad de siembra más atenuado bajo siembra directa.

C. EFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO

1. NUTRIENTES

a. CARBONO Y NITROGENO ORGANICO

Estudios anteriores han demostrado que, cuando suelos vírgenes son puestos bajo cultivo, las pérdidas de carbono y nitrógeno orgánico del suelo son menores para sistemas de menor número de labores que para laboreo convencional (Lamb et al, 1985; Baver y Black, 1981 citados por Wood et al., 1990).

Según Doran (1980) y Bakersman y Wit (1970) citados por Wood et al. (1990) el manejo del suelo bajo cero laboreo altera las características químicas y microbiológicas del suelo y resulta en una redistribución del carbono y nitrógeno orgánicos muy próximos a la

superficie del suelo, comparado con los sistemas en que el suelo es sometido a laboreo.

Wood et al. (1991) encontraron que luego de cuatro años de cultivo bajo cero laboreo, en un suelo que había sido manejado bajo laboreo convencional por más de 50 años, se obtuvieron ganancias de carbono y nitrógeno orgánico en el horizonte de 0 a 2,5 cm, menores ganancias o pérdidas en el horizonte de 2,5 a 5 cm, y pérdidas de 5 a 10 cm. Los autores atribuyen estos resultados a la menor mezcla de residuos con el suelo y la acumulación de estos en la superficie del suelo que determina el cero laboreo en oposición al laboreo convencional.

También estos autores encontraron que los sistemas de cultivo más intensivos bajo cero laboreo, es decir con mayor número de cultivos por unidad de tiempo, promovieron mayores niveles de carbono y nitrógeno orgánico en el horizonte de 0 a 10 cm.

Wood et al. (1990) obtuvieron luego de tres años y medio de cero laboreo mayores valores de carbono y nitrógeno orgánicos en la superficie del suelo para una rotación que incluía trigo-maíz-barbecho que para una rotación que incluía simplemente trigo-barbecho. Según los autores las diferencias entre los distintos sistemas de rotación fueron debidas a la mayor acumulación de residuos en la superficie del suelo en la primer rotación.

En un estudio realizado por Edwards et al. (1992) se obtuvo, después de 10 años de siembra directa, un incremento del 56% de la materia orgánica en los primeros

10 cm de suelo, mientras que en laboreo convencional se encontró que los niveles de la materia orgánica fueron constantes. En el mismo estudio también se encontró que la materia orgánica fue afectada por el tipo de rotación de cultivos: a mayor intensidad de rotación se obtuvieron mayores producciones de biomasa y por lo tanto mayores niveles de materia orgánica.

Esto indicaría que la actividad potencial del carbono y nitrógeno orgánicos en la superficie del suelo es muy sensible a las prácticas culturales y es incrementada por mayor intensidad de cultivo bajo un manejo de cero laboreo debido a la mayor produccion de biomasa que esto implica.

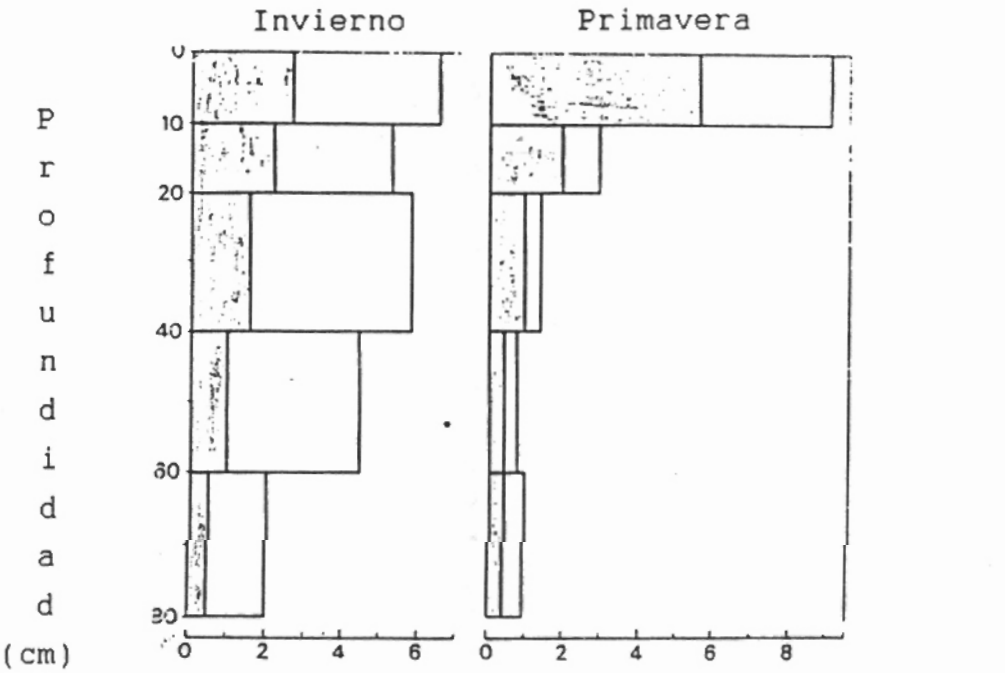
b. NITRATOS

Los sistemas de manejo de siembra directa frecuentemente presentan una menor disponibilidad de nitrógeno del suelo debido a contenidos de N-NO3 en el perfil del suelo inferiores a los del laboreo convencional.

La inmovilización del nitrógeno es aumentada y las tasas de nitrificación disminuídas bajo cero laboreo, en comparación al laboreo convencional (Stinner et al., 1983; Doran, 1980 citados por Wood et al., 1991), lo que generalmente resulta en una menor lixiviación de N-NO3 en los sistemas de cero laboreo (Elliot et al., 1986; Lamb et al., 1985 citados por Wood et al., 1991), ya que este mantiene un menor contenido de N-NO3 en el perfil del suelo (Fenster y Peterson, 1979; Dowdell y Camell, 1975).

La mineralización del nitrógeno orgánico ocurre de una forma más lenta en la siembra directa que en el laboreo convencional (Arnott y Clement, 1966; Dowdell y Camell, 1975 citados por Rusell, 1977), lo que podría estar explicando porqué la concentración de nitratos en la solución de un suelo bajo cero laboreo puede ser menor, especialmente durante el invierno, que en un suelo laboreado (ver figura nº4).

Figura nº3 Comparación de la concentración de nitratos en el perfil de un suelo limoso después de laboreo (sombreado débil) y siembra directa (sombreado fuerte) (Fuente: Dowdell y Cannell, 1975)



Eck y Jones (1992) compararon un sistema de cero laboreo con uno de laboreo reducido y obtuvieron que el N-NO3 se movió más profundamente en el perfil bajo cero laboreo, e indicaron que los diferentes contenidos de N-NO3 en la zona radicular, pueden haber sido el resultado de una lixiviación diferencial más que de una nitrificación diferencial.

Es importante tener en cuenta la interacción e influencia del agua del suelo sobre la dinámica del nitrógeno en el mismo.

Si bien, bajo cero laboreo el almacenaje diferencial de agua en el suelo incrementa el potencial de rendimiento, estos pueden ser limitados por el suministro de nitrógeno disponible (Eck y Jones , 1992).

Bauder y Schneider (1979) y Timmons (1984) citados por Angle (1993) demostraron que la cantidad de N-NO3 lixiviado a través del suelo está directamente relacionada a la cantidad de agua percolando a través del mismo.

Rice y Smith (1982) citados por Eck y Jones (1992) concluyeron que no existen diferencias entre sistemas de laboreo en la tasa de mineralización siempre que la cantidad de agua en el suelo sea la misma.

Según Doran (1984) citado por Eck y Jones (1992) la actividad de la mineralización bajo suelos laboreados comienza inmediatamente después del laboreo, cuando el suelo ha sido perturbado y aereado. Sin embargo, durante la última parte de la estación de crecimiento hay una mayor

mineralización en suelos no laboreados debido a la mayor disponibilidad de agua (Fox y Bandel, 1986 citado por Eck y Jones, 1992).

La dinámica del nitrógeno y por lo tanto su disponibilidad, también es fuertemente influenciada por la cantidad de tiempo en que se han llevado a cabo las distintas prácticas de laboreo.

Rice et al (1986) citado por Eck y Jones (1992) encontraron que en los primeros nueve años de un estudio donde se comparaban los rendimientos de maíz bajo siembra directa y laboreo convencional, los rendimientos del maíz no fertilizado fueron mayores bajo laboreo convencional que bajo siembra directa, pero después de este tiempo, los rendimientos fueron similares bajo los dos sistemas. Ellos sugirieron que la menor disponibilidad de nitrógeno en siembra directa es transitoria.

Así mismo, Land et al (1985) citado por Eck y Jones (1992) encontraron mayor acumulación de nitratos en un suelo bajo laboreo convencional que en uno bajo siembra directa durante los primeros años de laboreo pero las diferencias se achicaron con el tiempo. Los mismos autores indicaron que los suelos bajo cero laboreo se mueven hacia un nuevo equilibrio el cual permite que la acumulación de nitrógeno ocurra a una tasa similar que en suelos laboreados.

Las diferencias en la concentración de N-NO3 en el suelo entre los sistemas de laboreo pueden también estar relacionadas a otros factores que son afectados por el

laboreo. La tasa de denitrificación en suelos bajo siembra directa es mayor que en suelos bajo laboreo convencional (Aulakh et al, 1984; Rice y Smith, 1982 citados por Angle, 1993).

Las mayores tasa de denitrificación asociadas al cero laboreo pueden estar relacionadas a mayores poblaciones de organismos denitrificantes en estos suelos (Doran, 1980).

El incremento de la infiltración de agua y el subsecuente incremento en el contenido de agua en el suelo asociados al cero laboreo pueden elevar la población de organismos denitrificantes en el suelo o proveer un ambiente más adecuado para que este proceso ocurra (Blevins et al, 1983).

El pool de N-NO3 bajo cero laboreo puede también ser menor ya que mucho del nitrógeno aplicado y que queda sobre la superficie puede volatizarse a la atmósfera (Angle, 1993).

El sistema de manejo de suelos bajo cero laboreo determina diferentes niveles de contenido de N-NO3 según sea la intensidad del sistema de rotación que se utilice, entendiendo intensidad como numero de cultivoss o produccion de biomasa por unidad de tiempo, lo cual producirá distintos grados de fertilidad del suelo.

Wood et al. (1991) encontraron que luego de cuatro años de cero laboreo el sistema de cultivo más intensivo resultó en contenidos de N-NO3 consistentemente menores para las mayores profundidades (40 a 100 cm y 100 a 180

cm), que el sistema de cultivo menos intensivo. Esto indicaría que la mayor intensidad de cultivo bajo cero laboreo puede reducir las pérdidas de N-NO3 alrededor de la zona radicular por mayor absorción.

Wood et al. (1990) obtuvieron luego de tres años y medio de cero laboreo, un 43% más de mineralización de nitrógeno en el sistema de rotación más intensivo (trigo-maíz-centeno-barbecho) que en el menos intensivo (trigo-barbecho).

c. FOSFATOS

La concentración de fosfatos cerca de la superficie del suelo es típicamente más alta en suelos bajo cero laboreo que en suelos bajo laboreo convencional. Este efecto es de ser esperado tanto por la baja movilidad del fosfato en el suelo como porque es introducido principalmente en las capas superficiales del suelo, tanto si proviene de fertilizante como de la descomposición de los tejidos de restos de las plantas (Russel, 1977).

A pesar de esto, un importante número de investigadores sugieren que la localización más superficial del fosfato en suelos bajo siembra directa seguramente no afecte su concentración en las plantas (Russel, 1977).

Por otro lado, algunos autores afirman que la disponibilidad del fósforo puede verse reducida por: a) las bajas temperaturas diurnas del suelo, que enlentecen las reacciones químicas que transforman el fósforo orgánico e inorgánico en fosfatos; b) la acumulación de fósforo de

fertilizante cerca de la superficie del suelo. Como contrapartida, bajo cero laboreo puede ocurrirun incremento en la actividad de micorrizas (McGonigle et al, 1993 citados por Martino, 1994), lo cual mejoraría la habilidad de extraer fósforo del suelo por los cultivos (Clarkson, 1985 citado por Martino, 1994).

Estudios locales de la dinámica de fósforo bajo cero laboreo son nacesarios para dilucidar estos aspectos (Martino, 1994)

2. PH DEL SUELO

Una disminución del pH en la superficie del suelo ha sido reportada después de sucesivos cultivos bajo siembra directa (Russel, 1977).

A su vez, Dalal (1989) encontró que el pH del suelo a una profundidad de 0,3m fue significativamente menor bajo siembra directa que bajo laboreo convencional.

Edwards et al. (1992) obtuvieron, luego de comparar durante 10 años laboreo convencional vs. siembra directa, que el sistema de laboreo no afectó al pH del suelo. Sin embargo, encontraron que la aplicación de fertilizante nitrogenado, en determinadas rotaciones de cultivos, causaba disminución del pH.

Por otro lado, Demo (1990) reportó un muy leve incremento del pH (de 0,2-0,3) después de 11 años de siembra directa.

White (1990) encontró que las aplicaciones de nitrato de amonio redujeron substancialmente el pH de un suelo arenoso independientemente del sistema de laboreo, y afirma que los cambios en el pH del suelo con los diferentes sistemas de laboreo pueden estar relacionados con la estrategia de aplicación del fertilizante nitrogenado.

D. EFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA

Cuando a un suelo se le aplica fertilizante nitrogenado o abono natural se producen distintos efectos sobre la concentración y dinámica del nitrógeno del suelo.

Angle et al. (1993) obtuvieron incrementos significativos en la lixiviación del N-NO3 cuando las cantidades de fertilizante nitrogenado se incrementaron, especialmente cuando las cantidades excedieron el potencial de acumulación del cultivo.

Las menores concentraciones de N-NO3 fueron observadas por los mismos investigadores, en suelos a los que nunca se les había agregado abono natural o fertilizante nitrogenado.

Los mismos autores también encontraron concentraciones de nitratos consistentemente menores bajo cero laboreo que bajo laboreo convencional. Las diferencias fueron pocas en las aplicaciones de bajas dosis de nitrógeno, pero muy grandes cuando elevadas cantidades de nitrógeno se agregaron al suelo: la concentración de nitratos bajo cero laboreo fue, en general, la mitad que bajo laboreo convencional. Diferentes explicaciones de este hecho fueron

brindadas por estos investigadores. En primer lugar, el aumento de la infiltración del agua de lluvia en suelos bajo cero laboreo, sumado a mayores dósis de fertilizante, estarían creando una situación en que puede ocurrir una importante lixiviación de N-NO3. Una explicación adicional es que los rendimientos y contenido de nitrógeno en el grano fueron mayores en cero laboreo que en laboreo convencional. Además el nitrógeno también es inmovilizado a tasas más rápidas en suelos sin laboreo lo que determina menor concentración de nitratos en los mismos.

García y Cardellino (1995, en prensa) encontraron, para un cultivo de maíz en secano donde se comparó laboreo convencional y siembra directa, que a pesar de que los efectos fueron más claros en laboreo convencional, en todos los casos hubo respuesta en producción a la aplicación de nitrógeno. Por otro lado, también concluyeron que la aplicación del fertilizante nitrogenado localizado determina una más temprana y extensa exploracón de las raices, resultando en mayor absorción, que cuando su incorporación es superficial.

Estos autores también afirman que el manejo del nitrógeno y del agua están indisolublemente ligados: las mejoras en producción ligadas a mejores prácticas de manejo de fertilización nitrogenada significan un uso más eficiente del agua pluvial disponible y viceversa.

Fox et al. (1986) citados por Locke y Hans (1988) afirman que la localización del fertilizante nitrogenado en bandas debajo de la superficie reducen la volatilización del NH3 y la inmovilización del nutriente. Ellos agregan

además que la localización del nitrógeno próximo a las raíces eliminaría la necesidad de la lluvia para la movilización del nutriente a la zona radicular, como sucede cuando la aplicación del fertilizante es superficial. La localización del fertilizante también aumentaría su eficiencia de utilización debido a que se minimiza el período de tiempo en el cual el nutriente estaría sujeto a pérdidas.

III. MATERIALES Y METODOS

A. LOCALIZACION

El trabajo fue realizado en el establecimiento lechero propiedad del Sr. Ricardo Pose ubicado en la ruta 63 km. 9 (Paso Pache, Canelones, R.O.U.).

B. SUELO

Brunosol Eutrico Típico perteneciente a la unidad Tala -Rodriguez.

En muestras tomadas previo a la instalacion del ensayo de 0-20 cm de profundidad, se obtuvieron los siguientes valores de análisis:

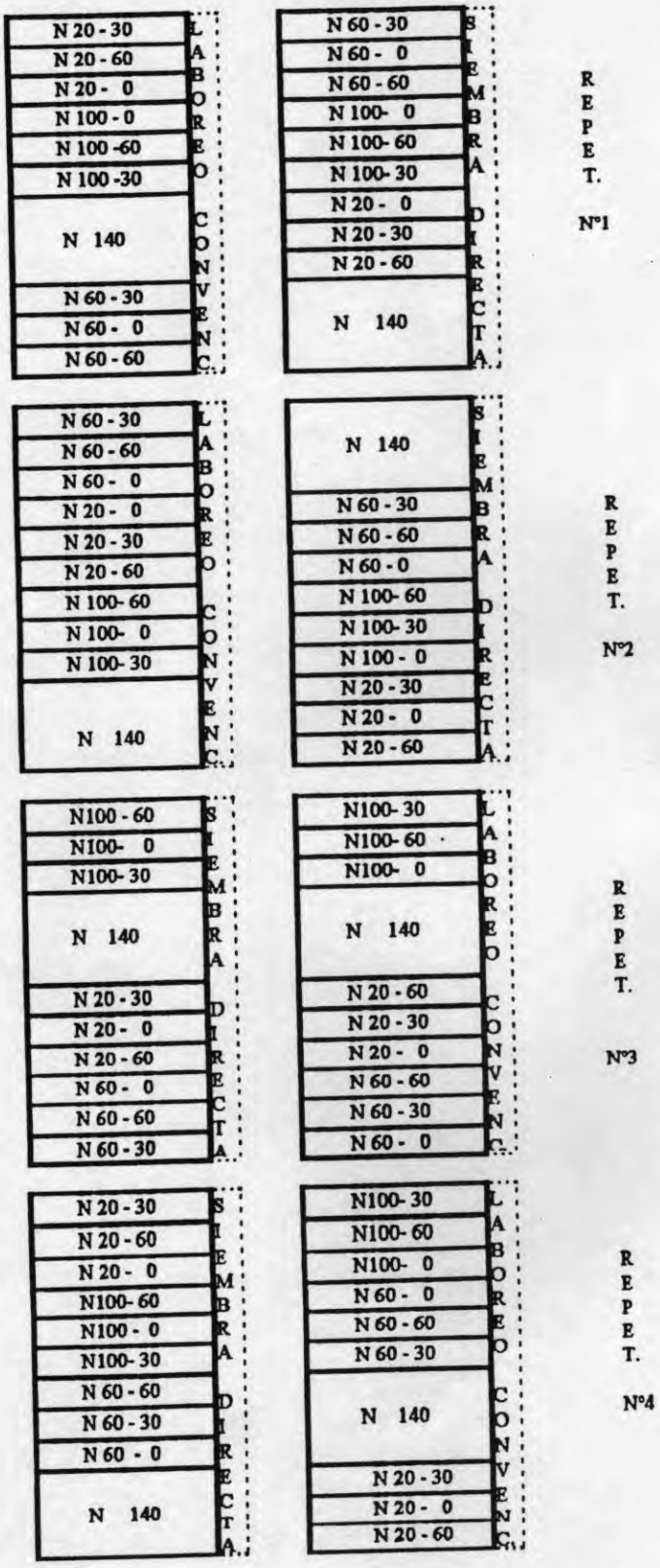
Materia Orgánica: 3,9% (Walckley Black)
Fósforo: 5 ppm (Bray no.1)
N-NO3: 6 ppm (electrodo de actividad específica)

C. TRATAMIENTOS . DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADISTICO

El diseño experimental fue parcelas subdivididas en bloques completos al azar con 4 repeticiones.

Los tratamientos mayores fueron dos tipos de laboreo y siembra: siembra directa y convencional. Los tratamientos intermedios fueron cuatro dosis de nitrógeno: 20, 60, 100 y 140 kg de N/ha a los 5 días de la siembra y los tratamientos menores fueron fueron tres dosis de nitrógeno: 0, 30 y 60 kg/ha en la refertilización luego de la

Figura N°4: Diagramación del ensayo



utilización invernal, excepto en el tratamiento de 140 kg de N/ha a los 5 días de la siembra.

La figura nº4 muestra la diagramación del ensayo y los tratamientos resultantes.

En el primer corte el análisis de varianza consideró solamente los tratamientos mayores y los intermedios, por lo que correspondió a un diseño en parcelas divididas.

En los análisis de varianza los grados de libertad de los tratamientos y las interacciones se abrieron en contrastes independientes de 1 grado de libertad. También se calculó la diferencia mínima significativa, como medida del error experimental, excepto en el caso de las medias de las interacciones, en las que se estimó la varianza de cada una por separado.

D. HISTORIA PREVIA

Previo a la instalación del ensayo se tenía una pradera convencional engramillada, implantada en en el otoño de 1989. El 15 de setiembre de 1993 se pasó una rotativa baja en todo el ensayo. El 25 de octubre de 1993 se aplicaron 4,5 litros de glifosato (disuelto en 100 litros de agua) y un mes después (25/11/93) se plantó un sorgo forrajero con siembra directa, que tuvo una mala implantación y permitió el reenmalezamiento.
El sorgo fue pastoreado.

E. MANEJO DEL EXPERIMENTO

1. Preparación del suelo

En las parcelas de laboreo convencional se pasó, el 20 de marzo de 1994, una rastra excéntrica pesada y cincel. Se hizo una aplicación en las parcelas de siembra directa de 3,5 l/ha de glifosato disuelto en 100 l de agua el 28 de marzo de 1994.

2. Fertilización

Se hizo una aplicación basal en todo el ensayo de 170 kg/ha de 11-52-0 el día de la siembra (14-04-94). Las parcelas de siembra directa fueron fertilizadas al momento de la siembra con la máquina en el mismo surco de siembra. En las parcelas de laboreo convencional el fertilizante fue aplicado al voleo e incorporado con disquera.

La primer aplicación de nitrógeno, correspondiente a los tratamientos, se realizó a los 5 días de la siembra y la segunda el 23 de junio de 1994, luego del primer pastoreo y evaluación de producción de materia seca. En todos los casos la misma se hizo al voleo y la fuente de nitrógeno utilizada fue urea (46-0-0).

3. Siembra

El 15 de abril de 1994 se sembró todo el ensayo con un misma mezcla compuesta por las siguientes especies y densidades:

Avena 60 kg/ha
Raigras 10 kg/ha
Tr. Rojo 14 kg/ha

En los tratamientos de siembra directa se utilizó una sembradora modelo Semeato TD de triple disco. Todas las semillas se colocaron en el surco de siembra junto con el fertilizante basal. La profundidad de siembra fue de 4 cm. En laboreo convencional la semilla se distribuyó al voleo en superficie y se tapó con rastra de dientes.

4. Cosecha

Cada subparcela fue cosechada con una pastera autopropulsada. El área de cosecha fue de 8 m2. Las sub-subparcelas fueron cosechadas a mano en un área de 2,5 m2 en 2 repeticiones por sub-subparcela.

Se pesó el material cortado de cada parcela (peso verde), se tomó una submuestra y se la secó en estufa a 60ºC para estimar el rendimiento de materia seca.

El primer corte se realizó el 23 de junio de 1994 y el segundo el 10 de setiembre del mismo año. En el tercer corte (15/11/1994) y en el cuarto (20/02/1995) se determinó, además, la composición botánica de las muestras.

Luego de cada corte el ensayo fue pastoreado por vacas en producción a altas cargas.

5. Muestreo y análisis de suelo

Se obtuvieron muestras compuestas de 5 a 7 muestras simples para cada parcela tomadas de 0 a 10 cm de profundidad. Se realizaron 2 muestreos: el primero al momento de la siembra y el segundo el 10 de setiembre. Se determinó N-NO3 con un electrodo de actividad específica y el P se analizó a través del método Bray 1 (Page et al., 1982).

F. ESTUDIO DE PENETROMETRIA

El 1 de julio de 1994 se realizó el estudio de penetrometría. Para este fin se utilizó un penetrómetro de cono (30º), impulsado por los golpes de una pesa de 1 kg cayendo desde 0,5 m.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. ANALISIS DEL PRIMER CORTE

La producción de materia seca del primer corte se presenta en la figura nº5. Dicha producción es el promedio de cada una de las cuatro dosis iniciales de fertilizante nitrogenado para cada laboreo.

No se percibieron diferencias significativas entre los tratamientos atribuídos al efecto del tipo de laboreo. En cambio, sí las hubo debido al nitrógeno aplicado. El cuadro no. 1 muestra el análisis de varianza correspondiente a este primer corte.

Cuadro no.1. Análisis de varianza correspondiente a la produccion de M.S. del primer corte (kg/ha, M.S.)

F. de Var.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Repeticion	3	471577,854	3,42	0,0397
Laboreo	1	850149,321	3,30	0,1671
Error (a)	3	257991,575	-----	-----
Nitrogeno	3	882646,130	6,40	0,0039
Lab * Nitr	3	189205,445	1,37	0,2833
Error (b)	18	137943,781	-----	-----

Media 1123,0

Los contrastes ortogonales realizados entre las medias se presentan en el siguiente cuadro.

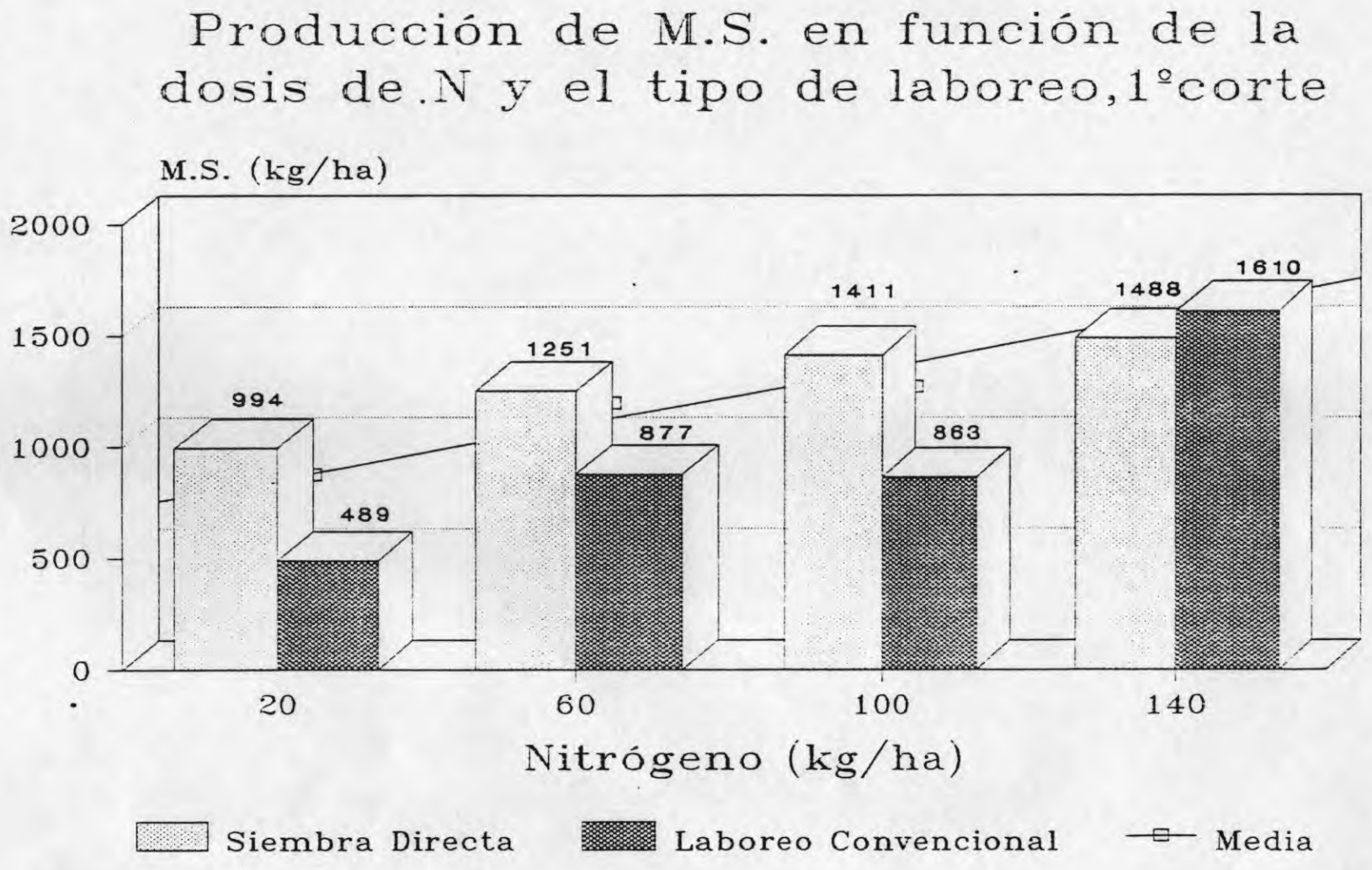

Producción de M.S. en función de la dosis de N y el tipo de laboreo, 1°corte
M.S. (kg/ha)
2000
1500
1000
500
0
994
489
1251
877
1411
863
1488
1610
20
60
100
140
Nitrógeno (kg/ha)
Siembra Directa
Laboreo Convencional
Media

Figura n°5

Cuadro no.2. Resultados de los contrastes correspondientes a la produccion de M.S. del primer corte (kg/ha, M.S.)

Contraste	GL	C.M.	F	Pr > F
Laboreo	1	850149,321	3,3	0,1671
N 20 vs Otros	1	1551174,176	11,24	0,0035
N 60 vs Otros	1	416592,888	3,02	0,0993
N 100 vs N 140	1	680171,326	4,93	0,0395
SDvsLC,N20vsOtros	1	84596,313	0,61	0,4437
SDvsLC,N60vsOtros	1	34354,490	0,25	0,6238
SDvsLC,N100vsN140	1	448665,531	3,25	0,0881

SD: Siembra Directa

LC: Laboreo Convencional

La realización de contrastes permite comparar las medias obtenidas en grupos de tratamientos diferentes. Si el valor de F hallado para un determinado contraste es significativo, implica que las medias de los grupos de tratamientos comparados son diferentes y por lo tanto cada tratamiento generó un resultado distinto.

En el cuadro anterior (vale para todos los resultados de contrastes que se presentarán en adelante) el contraste ''Laboreo'' compara la media obtenida en el grupo de siembra directa con la obtenida en laboreo convencional; el contraste ''N20 vs Otros'' compara el promedio de M.S. producida con 20 kg de N/ha contra el promedio producido con 60, 100 y 140 kg de N/ha (se utiliza el mismo razonamiento para el resto de los contrastes entre los grupos de tratamientos de dosis de nitrógeno); luego

aparecen los contrastes de las interacciones en donde se prueba si los tres contrastes de tratamientos de nitrógeno presentan el mismo comportamiento en laboreo convencional que en siembra directa.

En este primer corte el contraste realizado entre ambos métodos de siembra (directa y convencional) no fue significativo respecto al rendimiento de M.S..

Si bien en general se esperan menores rendimientos en siembra directa debido a que habría una menor disponibilidad de nitrógeno, menor temperatura del suelo y una mayor compactación generada por la falta de laboreo, probablemente la localización del fertilizante (N y P) en el surco de siembra, debajo de las plantas, en siembra directa compensó estos efectos y determinó que el cero laboreo produjera rendimientos que no difirieron estadísticamente del tratamiento de laboreo convencional, en el que el fertilizante fue aplicado al voleo e incorporado con rastra. La masa radicular de la avena bajo el tratamiento de siembra directa podría haber visto dificultado su desarrollo por el impedimento físico del suelo y más lenta mineralización del nitrógeno en su primer año de cultivo bajo cero laboreo. Pero, el hecho de que el fertilizante nitrogenado fuera depositado en el suelo muy cerca de la semilla y por lo tanto fácilmente accesible por las raíces, probablemente hizo que no se observaran efectos negativos sobre la producción. Como se dijo anteriormente en la revisión bibliográfica, las restricciones físicas al desarrollo de las raices no afectan al crecimiento de las plantas siempre que el suministro de agua y nutrientes sea adecuado.

Como se puede observar en el cuadro no.2, los contrastes presentan valores de F importantes cuando se compararon entre sí los 4 niveles de nitrógeno aplicado, promedios de siembra directa y laboreo convencional. Esto quiere decir que el agregado de cada dosis produjo un resultado diferente al producido por el agregado de las otras dosis.

La aplicación de 20 kg/ha de N resultó en la menor producción rindiendo 994 y 489 kg de M.S./ha bajo siembra directa y laboreo convencional respectivamente, mientras que el agregado de 140 kg/ha N a la siembra produjo el mayor rendimiento: 1488 kg/ha de M.S. bajo cero laboreo y 1610 kg/ha de M.S. bajo laboreo convencional. Los tratamientos e 60 y 100 unidades de N/ha produjeron rendimientos intermedios.

El agregado de altas dosis de N al inicio del cultivo produce los mayores rendimientos en su primera etapa debido a la coincidencia y simultaneidad del estado de macollaje activo en el que se encuentra en ese momento el verdeo con mayor disponibilidad de N. Las dosis bajas de fertilizante nitrogenado agregadas al principio, producen rendimientos iniciales pobres ya que no permiten al cultivo alcanzar un desarrollo radicular y foliar importante.

De aquí se desprende que uno de los beneficios más significativos de la fertilización nitrogenada en el momento de la siembra es la obtención anticipada de forraje otoñal, subsanando así las urgentes necesidades nutricionales del ganado en ese período.

Cuando se analizan los contrastes de las interacciones entre los dos tipos de laboreo para cada dosis de fertilizante se obtiene que arrojaron bajos valores de F hasta 100 kg/ha de N, pero el contraste realizado entre las dosis de 100 y 140 kg de N/ha resultó en un valor de F más alto (Pr > F: 0,08)

Esto significa que los rendimientos promedios al comparar N20 contra N60, N100 y N140, y N60 contra N100 y N140 no diferirían estadísticamente entre los dos laboreos. Pero cuando se compararon N100 contra N140 el laboreo convencional produjo una mayor respuesta en rendimiento que la siembra directa.

Sin embargo, observando las medias (ver fig. 6), se observa que la tendencia a mayor rendimiento de siembra directa que convencional también lo muestran los tratamientos N20 y N60, además de N100, desapareciendo dicha diferencia, y tendiendo a invertirse para N140. Estos resultados, entonces, muestran una tendencia inversa a la esperable de acuerdo al concepto de que con siembra directa se tiene menor disponibilidad de nitrógeno que con laboreo convencional. La explicación a esto podría ser la localización del fertilizante (N y P) en el surco de siembra en los tratamientos de cero laboreo frente a su dispersión horizontal y vertical por su aplicación al voleo e incorporación con discos en laboreo convencional. Con disponibilidades altas de nitrogeno (140 kg/ha) el laboreo convencional recién descontaría la desventaja generando producciones iguales o mayores que la siembra directa con

el nitrógeno y el fósforo localizado y Rápidamente disponible para las plantas sembradas en línea.

B. ANALISIS DEL SEGUNDO CORTE

Este corte corresponde al primero de la primavera. Se obtuvieron rendimientos promedios de 4724,2 kg de M.S./ha y 4782,1 kg de M.S./ha para siembra directa y laboreo convencional respectivamente. En la figura nº6 se grafican los resultados para cada tratamiento individual.

El análisis de varianza correspondiente a la producción de M.S. para este segundo corte se presenta en el cuadro no.3. En el mismo no se incluyeron los datos correspondientes a la dosis de 140 kg de N/ha ya que este tratamiento no tuvo refertilización y por lo tanto quedó fuera del diseño de parcelas subdivididas para el análisis de este corte.

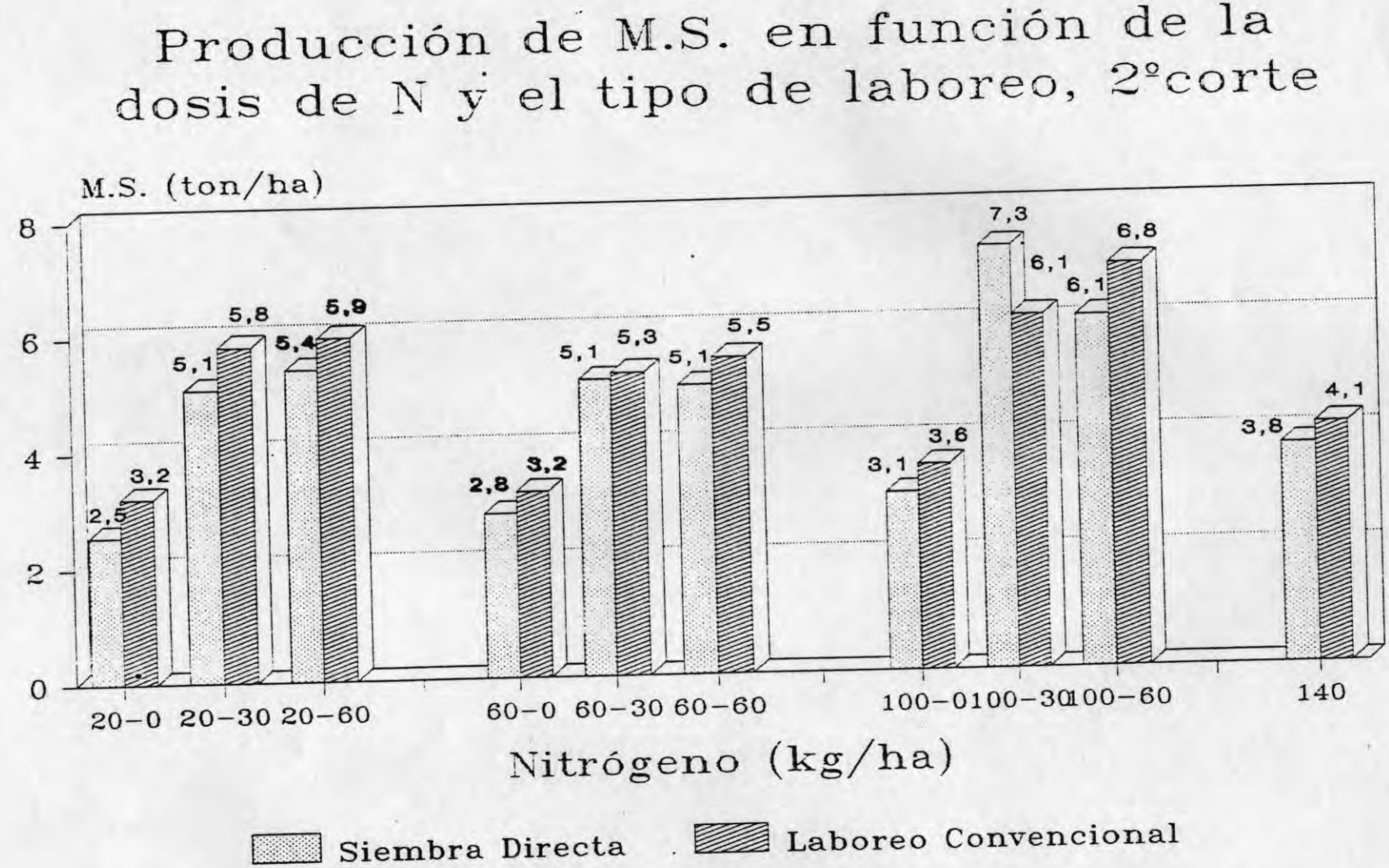

Producción de M.S. en función de la dosis de N y el tipo de laboreo, 2°corte
M.S. (ton/ha)
8
6
4
2
0
2,5
3,2
5,1
5,8
5,4
5,9
2,8
3,2
5,1
5,3
5,1
5,5
3,1
3,6
7,3
6,1
6,1
6,8
3,8
4,1
20-0
20-30
20-60
60-0
60-30
60-60
100-0
100-30
100-60
140
Nitrógeno (kg/ha)
Siembra Directa
Laboreo Convencional

Figura n°6

Cuadro nº3 Análisis de varianza del efecto del tipo de laboreo, dosis inicial de N y dosis de refertilización sobre la producción de M.S. el 10 / 09 / 1994

F. de Var.	GL	CM	F	Pr > F
Repetición	3	7891229,6	7,61	0,0005
Laboreo	1	60429,6	0,06	0,8107
Error (a)	3	936696,7	----	----
Nitr.1 (N1)	2	2295916,1	1,17	0,3352
Lab * N1	2	3409135,2	1,74	0,4985
Error (b)	18	1957852,9	----	----
Nitr.2 (N2)	2	50786685,7	48,94	0,0001
Lab * N2	2	2168599,2	2,09	0,1384
N1 * N2	4	232506,4	0,22	0,9232
Lab * N1* N2	4	1884951,4	1,82	0,1470
Error (c)	36	1037627,7	----	----

Media 4753,16

N1: primer aplicación de nitrógeno

N2: segunda aplicación de nitrógeno

Los resultados de los contrastes realizados entre los laboreos y los diferentes niveles de la variable dosis de N inicial y N en refertilización se presentan en el cuadro nº.4.

Cuadro nº4 Resultados de los contrastes entre las variables analizadas correspondientes a la produccion de M.S. del segundo corte (M.S., kg/ha)

Contraste	GL	CM	F	Pr > F
Laboreo	1	60429,6	0,06	0,8159
N1 20 vs Otros	1	249339,7	0,13	0,7274
N1 60 vs 100	1	4342492,6	2,22	0,1622
Lab * N1 20 vs Otros	1	3158723,3	1,61	0,2281
Lab * N1 60 vs 100	1	3659547,0	1,87	0,1966
N2 0 vs N2 Otros	1	98992670,3	15,40	0,0001
N2 30 vs N2 60	1	2580700,1	2,49	0,1235
N1 20vsOtr,N2 0 vsOtr	1	246246,4	0,24	0,6291
N1 20vsOtr,N2 30 vs60	1	73891,3	0,07	0,7911
N1 60vs100,N2 0 vsOtr	1	607911,1	0,59	0,4490
N1 60vs100,N2 30vs 60	1	1976,9	0,00	0,9654

Como se puede observar en el análisis de varianza y en el contrate realizado entre los dos tipos de laboreo no existieron diferencias en el segundo corte debidas a este tratamiento. Esto significa que la performance del cultivo fue independiente del método de siembra utilizado, es decir que en el segundo corte, en cuanto al rendimiento, fue lo mismo haber realizado laboreo convencional que haber utilizado siembra directa.

La aplicación inicial, inmediatamente posterior a la siembra, de las dosis de 20, 60 y 100 kg de N/ha no produjeron por sí mismas un efecto diferencial sobre el rendimiento del cultivo en este segundo corte, lo que

indica que no hubo efecto residual del nitrógeno inicial aplicado. Esto significa, por lo tanto, que los rendimientos obtenidos en el mes de setiembre fueron independientes de la aplicación de N (como urea) a los 5 días de la siembra.

Tampoco fue significativa la interacción entre la variable laboreo y dosis de N inicial lo que muestra la independencia existente entre estas dos variables en la determinación de la producción en este segundo corte (contrastes ''Lab * N1 20 vs otros'' y ''Lab * N1 60 vs 100'').

Por otro lado, también se observa que los rendimientos en este corte sí dependieron de la dosis de N en la refertilización ya que esta variable tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento. Los contrastes realizados entre los grupos de tratamientos refertilizados y los no refertilizados (N2 0 vs. N2 otros) fueron significativos. Esto indica que la producción de la pastura en el mes de setiembre fue dependiente de la refertilización nitrogenada. Los resultados mostraron que cuando no se refertilizó se obtuvieron los rendimientos más bajos independientemente de la dosis inicial de nitrógeno. El contraste entre las refertilizaciones de 30 y 60 kg de N/ha no fue significativo o sea que fue lo mismo refertilizar con 30 o 60 kg/ha de N para todas las dosis iniciales.

No fueron significativas las interacciones de la dosis de N en refertilización con el metodo de laboreo ni con la dosis de N inicial lo que explica que cada variable fue

independiente de la otra en determinar el rendimiento de la pastura y que el mismo tipo de respuesta al nitrógeno se obtuvo en ambos métodos de siembra.

Esto afirma nuevamente que los diferentes volúmenes de forraje cosechados en el mes de setiembre en el ensayo se deben exclusivamente a los diferentes niveles de refertilización nitrogenada.

Todo lo anterior indica que la única variable de manejo que tuvo importancia en la producción del segundo corte fue el haber o no agregado 30 kg de N/ha en la refertilización.

Con el objetivo de poder comparar el efecto de los niveles de refertilización (N2) sobre cada una de las dosis iniciales de N (N1) contra el efecto de haber agregado todo el N al inicio (140 kg/ha de N) se realizaron los análisis de varianza y contrastes correspondientes (ver anexos nº1 al nº6).

Como resultado de los análisis y contrastes se obtuvo que cualquiera que sea el nivel de N inicial que se analice (20, 60 o 100 kg de N/ha), el tratamiento que recibió todo el nitrógeno a la siembra, resultó siempre estadísticamente diferente y menor a todos aquellos tratamientos en que se hizo una aplicación fraccionada del mismo, pero no difirió de los que no tuvieron una segunda aplicación de N. Es decir que para este segundo corte dio lo mismo agregar una dosis de 20 como de 140 kg de N/ha a la siembra lo que indica que no existió disponibilidad residual del nutriente.

Estos resultados muestran claramente que la aplicación del fertilizante nitrogenado todo junto a la siembra (140 kg/ha de N) genera disponibilidades de forraje primaveral menores, tanto en laboreo convencional como en siembra directa, que cuando se realiza una aplicación fraccionada del mismo. Esto se debe a que una dosis muy alta al principio excede el potencial de utilización de nitrógeno del cultivo y por lo tanto todo el nitrógeno que no es utilizado en ese momento se pierde ya sea por lixiviación o denitrificación, o es inmovilizado por la microorganismos del suelo.

En resumen, se puede decir que fue posible obtener producciones de hasta 6000 kg/ha de avena bajo sistemas de cero laboreo con fertilizaciones a la siembra de 100 unidades de N/ha complementadas con refertilizaciones luego del primer corte o pastoreo de 30 unidades de N/ha.

La refertilizacion nitrogenada fue entonces determinante para lograr rendimientos aceptables. De esta forma se aprovecha al máximo el potencial de utilización de nitrógeno del cultivo.

Los contenidos de nitrato en el suelo al momento de este corte se presentan en el cuadro no.5.

Cuadro nº5 Contenido de Nitratos en el suelo para cada tratamiento el 10 de setiembre de 1994, segundo corte (ppm, NO3)

Dosis de Nitrogeno (kg/ha)	Siembra Directa	Laboreo Convenc.
20-0	3,10	3,58
20-30	3,18	6,28
20-60	3,55	6,28
60-0	3,50	5,75
60-30	3,70	4,90
60-60	3,60	9,23
100-0	3,58	5,98
100-30	3,53	6,63
100-60	3,35	6,13
140	3,03	4,78

El cuadro anterior permite ver la disponibilidad de nitrógeno presente en el suelo. El análisis de varianza para estos datos se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro nº6 Análisis de varianza del efecto del laboreo y dosis de nitrógeno sobre el contenido de nitratos en el suelo (ppm, NO3)

F. de V.	GL	CM	F	Pr > F
Repetición	3	46,78	7,66	0,0004
Laboreo	1	124,29	20,35	0,0001
Error (a)	3	22,90	----	----
N1	2	3,88	0,64	0,5351
Lab * N1	2	1,36	0,22	0,8015
Error (b)	12	8,21	----	----
N2	2	7,45	1,22	0,3072
Lab. * N2	2	6,11	1,00	0,3774
N1 * N2	4	4,54	0,74	0,5680
Lab* N1 * N2	4	4,42	0,72	0,5810
Error (c)	36	6,10	----	----

Media 4,76

Estos resultados muestran el efecto significativo del laboreo sobre el contenido de nitrógeno del suelo y su independencia respecto a las dosis iniciales de N como a las refertilizaciones con N. Las interacciones entre tipos de laboreo y dosis de nitrógeno no fueron significativas por lo tanto el mismo tipo de respuesta y comportamiento se produjo en ambos métodos de siembra.

Se obtuvo que los tratamientos bajo laboreo convencional tuvieron en promedio casi el doble de NO3 que los tratamientos bajo siembra directa.

Esto se debe, por un lado a la mayor tasa de mineralización de la materia orgánica que existe en condiciones de suelo laboreado. El laboreo produce condiciones favorables para que se produzca este proceso especialmente en cuanto a la temperatura y humedad del suelo. A su vez, el mayor contenido de agua presente en los tratamientos bajo siembra directa, incrementan la denitrificación por falta de aire o exceso de agua.

Por otro lado, al tratarse del segundo cultivo realizado sobre ese suelo en condiciones de cero laboreo (el primer cultivo fue el sorgo durante el verano) se generaron mejores condiciones de estructura de suelo, con mayor número y continuidad de macroporos, lo que habría determinado incrementos en la lixivación del nitrógeno debido a la mayor infiltración de agua que se realiza a través de los mismos. Esto conduce a que se obtengan bajos contenidos de nitrato en la superficie del suelo y por lo tanto menor disponibilidad de nitrógeno para el sistema radicular del cultivo. Sin embargo, esta menor disponibilidad no habría sido suficiente como para afectar negativamente los rendimientos.

La figura nº7 muestra los resultados promedio de la resistencia mecánica a la penetración obtenida en ambos tipos de laboreo luego del primer corte. El contenido de agua en el suelo en ese momento era mayor o igual a capacidad de campo. Se obtuvo que hasta en los primeros 10 cm de profundidad del suelo la resistencia mecánica en siembra directa fue significativamente mayor que en laboreo convencional. La práctica del cero laboreo implica que el suelo no es aflojado lo que habría determinado una mayor

RESISTENCIA DEL SUELO
ESTUDIO DE PENETROMETRIA

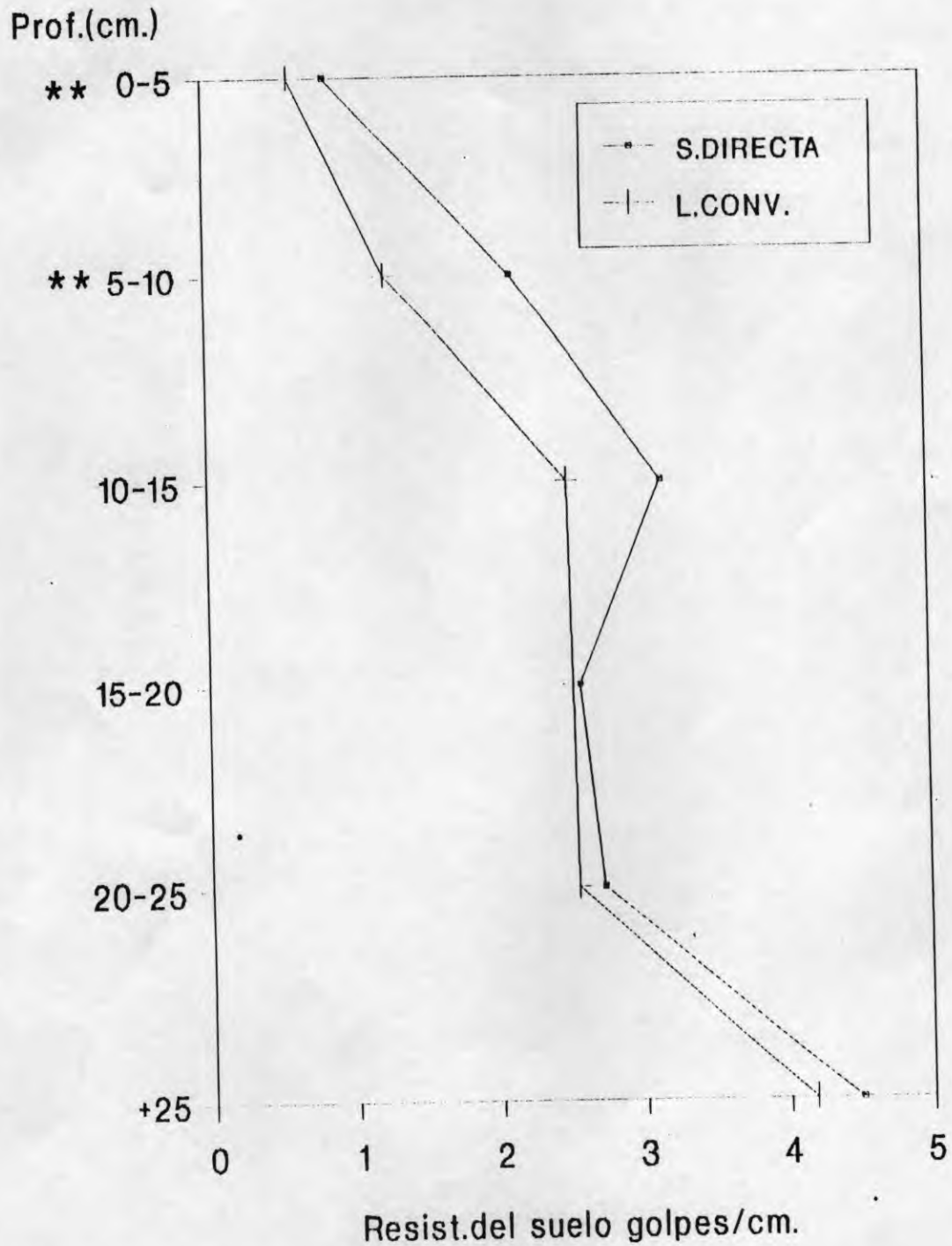


Figura nº7

consolidación o compactación cerca de la superficie debido a una disminución del espacio poroso. La historia de este suelo de intenso uso bajo laboreo convencional, habría traído como consecuencia la formación de una suela de arada o piso de labor lo que estaría también contribuyendo a las diferencias obtenidas en resistencia a la penetración entre ambos métodos de laboreo.

Si bien esto podría haber hecho desventajosa a la siembra directa afectando sus rendimientos debido a mayores limitaciones físicas al crecimiento de las raíces de los cultivos y a una mayor incidencia de deficiencia de oxígeno para las mismas, los resultados expuestos anteriormente no lo muestran así. Las presiones externas que las raíces frecuentemente experimentan en el suelo pueden restringir la extensión de la raíz pero no es necesariamente reducida la productividad del cultivo (Russel,1977).

Por otro lado esta mayor resistencia del suelo esta dando mejores condiciones de "piso" que en la siembra convencional, lo que traería importantes consecuencias para todo el sistema de producción. El tráfico de maquinaria es posible en un mayor rango de contenidos de humedad del suelo; por consiguiente, la siembra directa brindaría mejores oportunidades de realizar operaciones de campo (siembras, cosechas, control de malezas, etc.) cerca de sus momentos óptimos; por las mismas razones se podrían pastorear tanto verdeos como paraderas en condiciones de alta pluviosidad sin causar compactación del suelo ni afectar la productividad y persistencia de los mismos; la posisbilidad de sembrar y cosechar en fecha , sumado a la conservación de humedad en el suelo permitiría una

intensificación de la producción a través de un mayor número de cultivos por año (Martino, 1994)

C. ANALISIS DEL TERCER CORTE

Este corte fue realizado en el mes de noviembre y es el último corte de la avena. Lógicamente, como se observa en la figura nº8 y , los rendimientos disminuyeron con respecto al corte anterior ya que el cultivo se encuentra en su fase final de producción. Se determinó la composición botánica de la muestra a fin de obtener una mas detallada situación de la pastura.

Cuadro nº7 Producción de M.S. (kg/ha), % Gramínea, % Leguminosa y % Restos Secos en función del tipo de laboreo, tercer corte.

	MS(kg/ha)	%Graminea	%Legumin.	%R.Secos
S.DIRECTA	2260.7	64.1	7.1	28.2
L.COVENC.	2250.2	42.0	17.4	40.5
MEDIA	2255.4	53.0	12.3	34.4

Los análisis de varianza y contrastes correspondientes al tercer corte se presentan en los anexos nº7 al nº14.

Si bien, el laboreo no tuvo efecto significativo sobre el rendimiento total de la pastura, si afectó a cada uno de los componentes botánicos de la misma. Asimismo, se obseva que no existió, en ningún caso, efecto significativo del

Producción de MS,Gram,Leg, y RS en función de la dosis de N y laboreo,3ºcorte

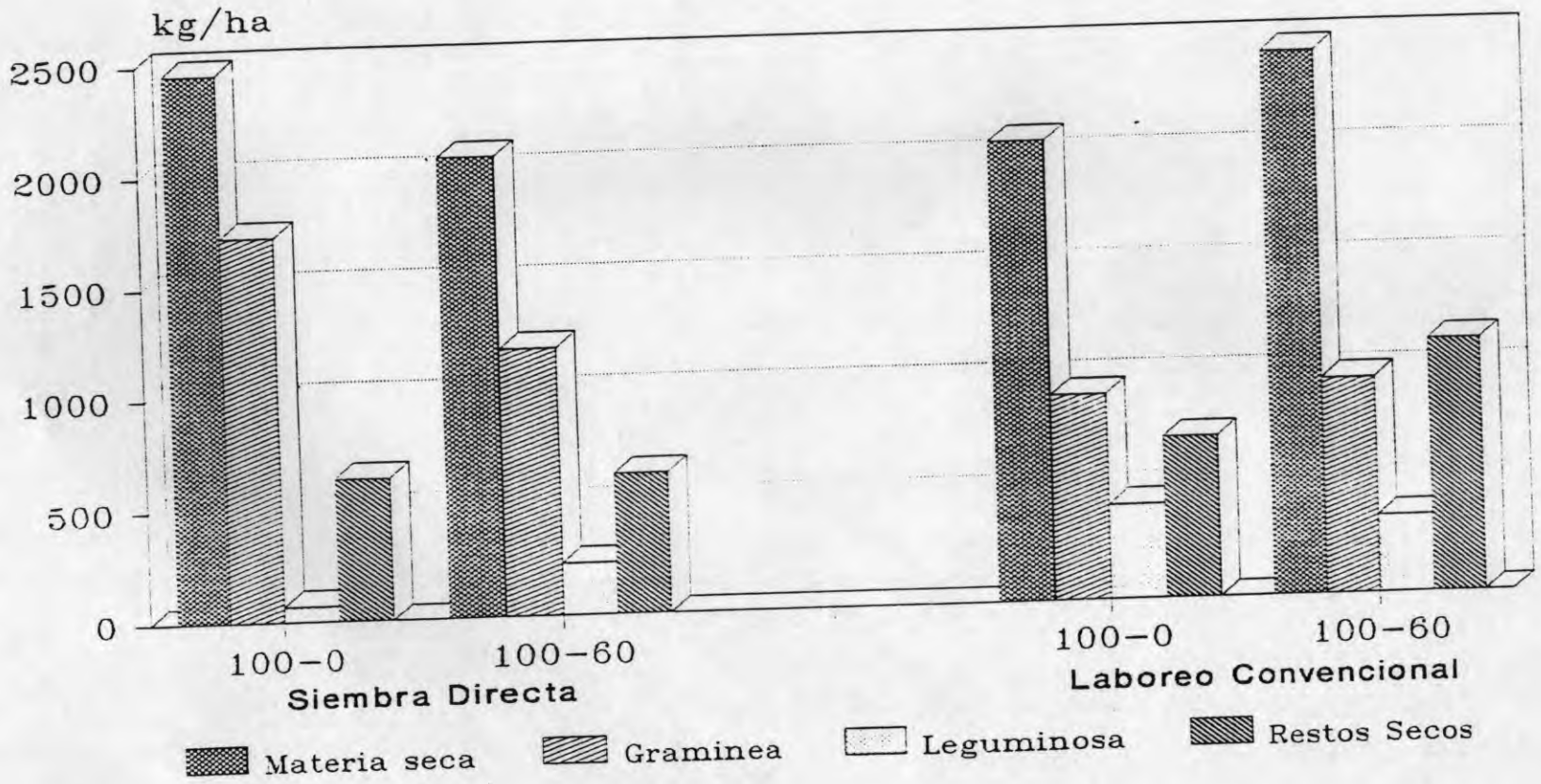


Figura nº8

nitrógeno y que la interacción entre la variable laboreo y N tampoco fue significativa.

A través del estudio de los contrastes de las variables experimentales para cada componente botánico de la pastura, se encontró que el tipo de laboreo afectó la producción de gramínea y leguminosa obteniendose mayores % de gramínea y menores % de leguminosa en siembra directa que en laboreo convencional. No existió efecto de la dosis y forma de aplicación de N inicial y en refertilización luego del 1er. corte, ni tampoco hubo interacción con el laboreo para determinar la cantidad de gramínea o leguminosa producida. La cantidad de restos secos no fue afectada significativamente ni por el laboreo ni por la dosis de N; tampoco en este caso, hubo interacción entre estas dos variables.

Los bajos % de leguminosa en la pastura se deben a una peor implantación de la leguminosa respecto a la gramínea causada seguramente por condiciones de competitividad desfavorables. Las siembras asociadas producen generalmente, una intensa competencia por luz, agua y nutrientes impidiendo que una de las especies sembradas desarrolle todo su potencial productivo. Varios factores, en este ensayo, jugaron en contra del componente leguminosa en ambos métodos de siembra. Por un lado, las sucesivas fertilizaciones de urea favorecieron, desde el inicio, el crecimiento de las gramíneas cuya demanda nutritiva fundamental es el nitrogeno. Esto se tradujo en un mayor desarrollo de IAF y por lo tanto en un mejor aprovechamiento de la luz frenando el desarrollo de la leguminosa. En el tratamiento de siembra directa se observó

que la competencia de la gramínea sobre la leguminosa fue aún mayor. La utilización de un mismo surco y una misma profundidad de siembra (5 cm) para ambas especies resultó perjudicial para el trébol rojo en siembra directa. La semilla de esta especie es de un tamaño mucho menor que el de la avena, y por lo tanto su germinación se vio afectada ya que a esa profundidad en el surco de siembra no recibió las adecuadas condiciones que requiere para emerger luego de la germinación.

Actualmente se esta probando la siembra directa cruzada, en que cada especie se siembra individualmente con la profundidad que cada una requiere, en dos pasadas, lo que parece producir mejores resultados. Su desarrollo escapa a este trabajo de tesis.

Además de la causa antes expuesta, existieron otros factores que probablemente determinaron esta peor instalación del trébol rojo. La falta de remoción del suelo sumada a el tipo de sembradora utilizada con mecanismo abresurco de triple disco pueden haber generado condiciones mas perjudiciales para la leguminosa debido a su menor tamaño de semilla. Entre otras, se pueden mencionar la compactación de paredes laterales del surco lo que dificulta la penetración de las raices de las plántulas, y puede impedir el libre intercambio de agua y aire entre el suelo y la atmosfera; un pobre contacto entre la semilla y el suelo y por último puede haber sucedido que la localización del fertilizante junto a la semilla haya resultado en toxicidad para las plántulas (Martino, 1992) de leguminosa.

No existió efecto residual del N aplicado al inicio ni en refertlización sobre la producción de M.S. obtenida en el tercer corte para ambos tipos de laboreo. Lo anterior indica que todo el N aplicado había sido anteriormente utilizado por el cultivo, o perdido a través de diferentes vías, y por lo tanto no se obtuvieron producciones de M.S. significativamente diferentes.

D. ANALISIS DEL CUARTO CORTE

Este corte fue realizado en el mes de febrero habiendo finalizado tanto la avena como el raigrás sus ciclos productivos el año anterior. La figura nº9 muestran los rendimientos obtenidos. El objetivo de este corte fue, por lo tanto, evaluar la situación de la leguminosa. Se determinó la composición botánica de las muestras. Debido al importante engramillamiento que se produjo durante el verano y la escasa precencia de gramineas forrajeras se separó únicamente el trébol rojo y el resto quedó agrupado incluyéndose las gramíneas, malezas y restos secos. La información se presenta en el cuadro nº8.

Cuadro nº8 Producción de Materia Seca (kg/ha), % Leguminosa y % Gramineas+Malezas+Restos secos (%GMRs) en función del tipo de laboreo, cuarto corte.

	M.S. (kg/ha)	% LEGUMIN.	% GMRs
S. DIRECTA	3167.5	12.2	87.7
L. CONVEN.	2582.5	38.4	62.5

Producción de MS, Leg, y G+RS+Ml en función de la dosis de N y laboreo,4ºcorte

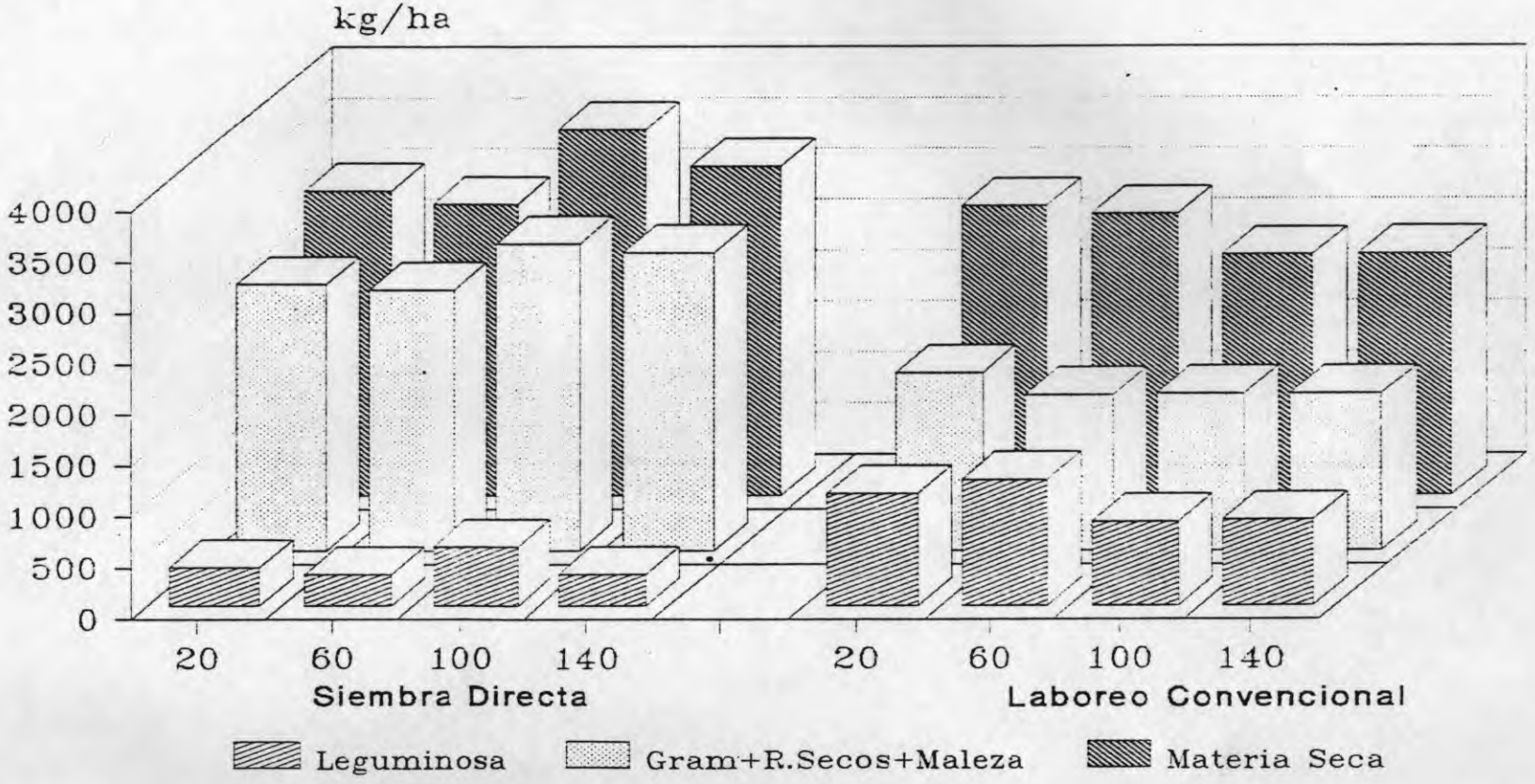


Figura nº9

Los análisis de varianza y contrastes corespondientes a este corte se presentan en los anexos nº15 al nº20.

De la misma forma que en el tercer corte, la variable laboreo afectó significativamente los volúmenes de leguminosa y gramineas+malezas+restos secos producidos. Se encontró nuevamente que los porcentajes de leguminosa fueron menores y los de G+M+Rs mayores en siembra directa que en laboreo convencional (ver figura nº13). Dentro de cada tratamiento de laboreo se mantuvo que el trébol rojo fue menos importante que lo demás.

Las posibles causas que estarían explicando esta situación se plantearon en el punto anterior (ver IV.C ANALISIS DEL TERCER CORTE)

Si bien se observa que el valor promedio de leguminosa en el tratamiento de cero laboreo aumentó un 5% respecto al corte anterior, la instalación y situación general del trébol rojo en siembra directa se puede considerar que fue muy pobre y de poca importancia (12%) para la presupuestación forrajera del predio. El gran engramillamiento producido durante el verano en siembra directa habría acentuado aún más estasituación debido a la competencia ejercida por la gramilla sobre la leguminosa

En cambio, en laboreo convencional se obtuvo un importante incremento del volúmen de leguminosa respecto al tercer corte siendo esta el 40% de lo cosechado. Esta mejor implantación del trébol rojo en laboreo convencional se debería probablemente a que su siembra fue realizada al voleo en superficie y luego tapada con rastra de dientes.

El nivel de engramillamiento al fin del verano en laboreo convencional fue menor lo que también permitió el mejor desarrollo del trébol rojo

El mayor volúmen de restos secos presente en los tratamientos de siembra directa cubriendo la superficie habrían determinado una mejor conservación del suelo y mayor control de la erosión.

De la misma forma que en el corte anterior no se observaron efectos significativos de las dosis de nitrógeno sobre los rendimientos. Luego de cinco meses de la última aplicación de nitrógeno como urea es lógico no obtener respuesta a este nutriente ya que debido a que fue consumido por parte del cultivo y a su lixiviación y/o denitrificación se encontraría en bajos y similares niveles en todo el ensayo.

Es interesante destacar, si bien no aparecen los datos ni fueron analizados estadísticamente, la prescencia de un importante % de Paspalum Dilitatum en las parcelas bajo siembra directa. La falta de remoción de la superficie del suelo seguramente favoreció la emergencia de esta gramínea nativa. Escapa a esta tesis la realización de un estudio más detallado del tema pero puede considerarse un aspecto importante sobre todo en predios ganaderos con menor intensidad de producción que los lecheros.

V. CONCLUSIONES Y RECOMEND-

Los resultados obtenidos corresponden a un año. De todos modos, en forma preliminar, se afirma que es posible la utilización de la siembra directa de avena como método alternativo de siembra ya que se obtuvieron iguales resultados que en laboreo convencional. La localización del fertilizante nitrogenado, la aplicación de una importante dosis del mismo a la siembra (determinando una buena disponibilidad inicial) y el agregado de una segunda dosis como refertilización fueron tres puntos de fundamental importancia para lograr que los rendimientos no difirieran de los obtenidos con laboreo convencional.

Las aplicaciones de nitrógeno no tienen efecto residual sobre los últimos estadios del cultivo ni sobre el siguiente cultivo.

Las mejores condiciones de ''piso'' (compactación) en siembra directa aumentan la oportunidad de pastoreo, permiten el tráfico de maquinaria y realizar las operaciones de campo en las fechas fijadas.

La leguminosa en siembra directa debe ser sembrada con una profundidad menor a la de la gramínea ya que los cuatro cm utilizados fueron excesivos y determinaron una mala implantación y desarrollo de trébol rojo.

El mayor engramillamiento producido durante el verano en siembra directa favoreció el escaso desarrollo del la leguminosa con este método de siembra.

RECOMENDACIONES

La mayor profundización en el estudio de todas las variables productivas en los sistemas de siembra directa es fundamental para responder a nuevas interrogantes.

VI. RESUMEN

La Siembra Directa se plantea como una alternativa conservacionista capaz de adaptarse a la intensidad de producción que demanda el sistema lechero. Durante el año 1994 y 1995 se llevó a cabo un ensayo de campo en donde se evaluó el efecto del tipo de laboreo y de la dosis y fraccionamiento del fertilizante nitrogenado sobre el rendimiento de una mezcla de Avena (Avena sativa), Raigrás (Lolium multiflorum) y Trébol rojo (Trifolium pratense) sobre un suelo Brunosol eutrico. El diseño experimental fue parcelas subdivididas en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos mayores fueron dos tipos de laboreo: siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC); los tratamientos intermedios fueron cuatro dosis de nitrógeno: 20, 60, 100 y 140 kg de N/ha; y los tratamientos menores fueron tres dosis de nitrógeno: 0, 30 y 60 kg de N/ha en la refertilización excepto para el tratamiento de 140 kg de N/ha. Se hizo una aplicación basal de fertilizante (11-52-0) al momento de la siembra en todo el ensayo pero localizado en SD. No se encontraron diferencias entre los dos métodos de siembra en cuanto al rendimiento de avena pero el rendimiento del trébol rojo fue menor en SD. Las dosis iniciales de nitrógeno produjeron rendimientos distintos siguiendo el mismo patrón de respuesta en ambos laboreos en el primer corte. La buena respuesta en SD se la atribuyó en gran parte a la localización del fertilizante basal(N y P). Las aplicaciones de nitrógeno no tuvieron efecto residual sobre el último corte de la avena ni sobre la instalación de la pradera.Se obtuvieron mayores rendimientos, en ambos métodos de siembra, cuando se refertilizó siendo lo mismo

aplicar 30 ó 60 kg de N/ha. Mejores condiciones de ''piso'' (compactación) se obtuvieron en SD. Los resultados han indicado que es posible la utilización de la SD para avena realizando un cuidadoso manejo del fertilizante nitrogenado: su localización, su alta disponibilidad inicial y el agregado de una segunda dosis como refertilización fueron tres puntos de fundamental importancia para lograr buenos resultados en SD.

VII. SUMMARY

No-tillage is an alternative to produce in high intensive production systems as the milk production. Tillage system effects on Oat (Avena sativa), Ryegrass (Lolium multiflorum) and Red Clover (Trifolium pratense) yield and nitrogen management in 1994 and 1995 were evaluated in a field study on a Brunosol eutrico soil. Main plots treatments were: No-tillage (NT) and Conventinal tillage (CT); subplots treatments were: 20, 60, 100 and 140 kg of N/ha; and sub-subplots treatments (refertilizations) were: 0, 30 and 60 kg of N/ha. A basic fertilizer (11-52-0) was applied (170 kg/ha) at the sowing day in all the experiment, only in NT it was localizated. Four cuts were made for yield evaluation. Oat yield was the same for both NT and CT treatments. Red clover yield was higher in CT. Each nitrogen rate produced different yields at the first cut but residual nitrogen effects were not found. Nitrogen refertilization produced higher yields for both NT and CT treatments but the same yields were obtained with 30 or 60 Kg of N/ha. The soil compactation ws higher in NT. During the summer more weeds (especially Cynodon Dactylon) were found in NT. NT can be used to produce Oat with a good nitrogen management: nitrogen localization, high nitrogen rates at first, and a second application of nitrogen were three main points to obtain the good productions in NT.

VIII. BIBLIOGRAFIA

ANGLE, J.S., GROSS, C.M., HILL, R.L. y McINTOSH, M.S. Efecto del laboreo, abonado, y aplicación de fertilizante sobre la concentración de nitrógeno en el suelo bajo un cultivo de maíz. Journal of Enviromental Quality 22 (1) . 1993.

BRUCE, R.R., LANGDALE, G.W. y DILLARD, A.L. Efecto del laboreo y la rotación de cultivos sobre las características de un suelo arenoso superficial. Soil Science Society of America Journal 54 (6) : 1744-1753. 1990.

CARAMBULA, M. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur, 1977. pp.201-219.

CHIARA, G. Verdeos de invierno. Revista de la Asociación de Ingenieros Agronomos del Uruguay no. 2:25 1975.

DALAL, R.C. Efectos a largo plazo del cero laboreo, residuos de cultivos y aplicación de fertilizante nitrogenado en las propiedades de un vertisol. Soil Science of America Journal 53 (5) : 1511-1515. 1989.

DUNN G. H. y PHILIPS R.E. Macroporosidad de un suelo de buen drenaje bajo no laboreo y laboreo convencional. Agronomy Journal 55 (3) : 817-822. 1991.

ECK, H.V. y JONES O.R. Efecto del laboreo, cultivo y secuencia de cultivos sobre el nivel de nitrógeno del suelo. Agronomy Journal 84 (4) : 660-668. 1992.

EDWARDS, J.H., WOOD C.W., THURLOW D.L. y RUF M.E. Soil Science Society of American Journal 56 (5) : 1577-1582. 1992.

EDWARDS, J.H., WOOD, C.V., THURLOW , D.L. y RUF, M.E. Efecto del sistema de laboreo la rotación de cultivos en la fertilidad un suelo háplico. Soil Science Society of America Journal 56 (5) : 1577-1582. 1992.

GARCIA, F. Efectos de algunos factores ambientales sobre el crecimiento, distrbución y actividad de los sistemas radiculares. Uruguay. MGAP. Revista de la División Uso y Manejo del Agua. Agua en la Agricultura. no. 3. 1987.

GARCIA F. y CARDELLINO R. Laboreo y fertilización nitrogenada para maíz de secano. Uruguay . Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 1995. pp 1-50.

GARDNER, A.L., ALBURQURQUE, H.E. y DE LUCIA, G.R. Producción de pasturas de Italian Raigras y cereales de invierno en La Estanzuela. Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Estación Experimental La Estanzuela. Boletín Tecnico no. 28.

GIBBSONS, W.J. Intoxicación de avena verde y fotosensibilización icterogénica en los vacunos. In Asociación Argentina de Producción animal. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1974. v. 3.

GONZALEZ, R., VERDERA, R. Efecto del manejo de la fertilización nitrogenada en la producción estacional y total de la mezcla avena - raigrás en suelos arenosos. Universidad de la República, Facultad de Agronomía.Tesis de graduacion. 1983.

LOCKE, M., HONS, F. Efecto de la localización del fertilizante sobre la acumulación estacional de nitrógeno y sobre el rendimiento de sorgo bajo cero laboreo y laboreo convencional. Soil Science Society of America Journal 80: 180-185. 1988.

MARTINO, D.L. Siembra Directa: una técnica transformadora. Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Estación Experimental La Estanzuela. Miscelania no. 7. 1993. pp 1-4.

MEEK, B.D., DETAR, W.R., ROLPH, D., RECHEL, E.R. y CARTER, L.M. Soil Science Society of America Journal 54 (2) : 505-508. 1990.

MILLOT, J. C., REBUFFO, M. I. y ACOSTA, Y.M. RLE 115; nueva variedad de avena. Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Estación Experimental La Estanzuela. Miscelania no. 36. 1981. pp 1-12.

MORON, A., MARTINO, D. y RESTAINO, E. Manejo y fertilidad de suelos. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie técnica nº 42. 1994. pp 1-15.

NYBORG, M. y MALHI, S.S. Efecto del cero laboreo y del laboreo convencional sobre el rendimiento de cebada y contenido de nitrógeno, humedad y temperatura del suelo en

la region centro-norte de Alberta,Canada. Soil and Tillage Research 15 : 1-2, 1-9; 8 ref. 1990.

PAGE, A.L., MILLER, R.H. y KEENEY, D.R. Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy. Serie Agronomy no.9. parte 2, 416-417, 671-672. Segunda edicion, 1982.

PEREZ GOMAR, E. y GARCIA, F. Manejo de suelos arenosos en Tacuarembó. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie técnica nº 33. 1993. pp 5-22.

SCOTT RUSSEL, R. Plant root system. Their function and interaction with the soil. Inglaterra, British Library Cataloguing Publication Data pp 143-278, 1977.

WHITE, P.F. Influencia de los sistemas de laboreo alternativos sobre la distribución de nutrientes y carbono orgánico en algunos suelos trigueros del cinturón triguero australiano. Autralian Journal of Soil Research 28 (1) : 95-116, 49 ref. 1990.

WOOD, C.W., WETFALL, D.G., PETERSON G.A. y BURCKE I.C. Impacto de la intensidad de cultivo sobre la mineralización del carbono y nitrógeno bajo cero laboreo en agroecosistemas de tierras secas. Agronomy Journal 82 (6) : 1115-1120. 1990.

WOOD, C.W., WESTFALL, D.G., PETERSON, G.A. Cambios del carbono y nitrógeno del suelo con la iniciación de un sistema de cultivo de no laboreo. Soil Science Society of America Journal 55 (2) : pp. 470-476. 1991.

IX. ANEXOS

Anexo no 1. Análisis de varianza del efecto del tipo de laboreo y dosis de N en refertilización sobre la producción de M.S. del segundo corte para 20 kg de N/ha al inicio (M. S., kg/ha)

F de V	GL	CM	F	Pr > F
Repeticion	3	2548854,65	1,63	0,2173
Laboreo	1	2638991,22	1,69	0,2101
Error (a)	3	2330322,72	----	----
N2	3	13946368,43	8,93	0,0008
Lab *N2	3	58727,51	0,04	0,9899
Error (b)	18	1562278	----	----

Media 4494,75

Anexo no.2 Resultados de los contrastes entre las variables analizadas para la dosis inicial de 20 kg de N/ha correspondiente al segundo corte (M.S., kg/ha)

Contraste	GL	CM	F	Pr > F
N2 0 vs Otros (A)	1	38670792,79	24,75	0,0001
N2 0 vs N 140 (B)	1	13625118,59	8,72	0,0085
N2 30 vs 60 (C)	1	221836,05	0,14	0,7107
LAB * (A)	1	124,50	0,00	0,9930
LAB * (B)	1	120692,70	0,08	0,7842
LAB * (C)	1	37355,90	0,02	0,8788

Anexo no 3. Análisis de varianza del efecto del tipo de laboreo y dosis de N en refertilización sobre la producción de M.S. del segundo corte para 60 kg de N/ha al inicio (M.S., kg/ha)

F. de V.	G.L.	CM	F	Pr > F
Repetición	3	7279348,30	6,20	0,0044
Laboreo	1	829694,19	0,71	0,4115
Error (a)	3	376971,03	----	----
N2	3	9087552,92	7,74	0,0016
Lab * N2	3	44835,72	0,04	0,9897
Error (b)	18	1173879,97	----	----

Media 4362,78

Anexo no.4 Resultados de los contrastes entre las variables analizadas para la dosis inicial de 60 kg de N/ha correspondiente al segundo corte (M.S., kg/ha)

Contraste	GL	CM	F	Pr > F
N2 0vsOtros(A)	1	25598621,69	21,81	0,0002
N2 0 vsN140(B)	1	8401538,99	7,16	0,0154
N2 30 vs60 (C)	1	11371,02	0,01	0,9227
Lab * (A)	1	7294,92	0,01	0,9380
Lab * (B)	1	4328,20	0,00	0,9523
Lab * (C)	1	125645,44	0,11	0,7473

Anexo no.5 Análisis de varianza del efecto del tipo de laboreo y dosis de N en refertilización sobre la producción de M.S. del segundo corte para 100 kg de N/ha al inicio (M.S., kg/ha)

F. de V.	GL	CM	F	Pr > F
Repetición	3	4549226,00	7,82	0,0015
Laboreo	1	2050788,91	3,52	0,0768
Error (a)	3	1010403,04	1,74	0,1955
N2	3	15204423,5	26,12	0,0001
Lab * N2	3	4548338,7	7,81	0,0015
Error (b)	18	582085,6	----	----

Media 4813,95

Anexo no.6 Resultados de los contrastes entre las variables analizadas para la dosis inicial de 100 kg de N/ha correspondiente al segundo corte (M.S., kg/ha)

Contraste	GL	CM	F	Pr > F
N2 0vsOtros (A)	1	37972072,1	65,23	0,0001
N2 0vs N140 (B)	1	21672051,25	37,23	0,0001
N2 30 vs 60 (C)	1	28734,49	0,05	0,8267
Lab * (A)	1	4835495,05	8,31	0,0099
Lab * (B)	1	4184650,30	7,19	0,0152
Lab * (C)	1	6871090,49	11,80	0,0029

Anexo nº 7 Análisis de Varianza del efecto del tipo de laboreo y dosis de nitrógeno sobre la producción de M.S. en el tercer corte (Kg/ha, M.S.)

F. de V.	G.L	C.M.	F	P > F
Repetición	2	19820,3	0,03	0,9695
Laboreo	1	330,75	0,00	0,9899
Error (a)	2	589987,0	0,93	0,4663
Nitrógeno	1	330.75	0,00	0,9829
Lab * Nitr	1	445830,75	0,70	0,4493
Error (b)	4	635159,0	----	----

Media 2255,41

Anexo nº 8 Resultados de los contrastes de las variables analizadas corespondientes a la producción de M.S. del tercer corte (Kg/ha, M.S.)

Contraste	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Laboreo	1	330,75	0,00	0,9833
N100-60vsN100-0	1	830,75	0,00	0,9829
Lab * Nitr.	1	445830,75	0,70	0,4493

Anexo nº 9 Análisis de Varianza del efecto del tipo de laboreo y dosis de nitrógeno sobre la producción de Gramineas del tercer corte (%, Gramínea)

F. de V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Repetición	2	125,89	0,93	0,4657
Laboreo	1	1460,81	10,80	0,0303
Eror (a)	2	265,77	1,96	0,2545
Nitrógeno	1	216,75	1,60	0,2743
Lab. * Nitr.	1	36,05	0,27	0,6329
Error (c)	4	116,56	----	----

Media 53,08

Anexo nº 10 Resultados de los contrastes de las variables analizadas correspondientes a la produción de Gramineas del tercer corte (%, Gramínea)

Contraste	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Laboreo	1	1460,81	5,5	0,1437
N100-60vsN100-0	1	216,75	1,6	0,2743
Lab * Nitr.	1	36,05	0,3	0,6329

Anexo nº 11 Análisis de varianza del efecto del tipo de laboreo y dosis de nitrógeno sobre la producción de leguminosas del tercer corte (%, Leguminosa)

F. de V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Repetición	2	111,81	0,96	0,4568
Laboreo	1	312,12	2,68	0,1771
Error (a)	2	45,99	----	----
Nitrógeno	1	3,00	0,03	0,8803
Lab * Nitr.	1	164,28	1,41	0,3009
Error (b)	4	35,04	----	----

Media 12,26

Anexo nº 12 Resultados de los contrastes de las variables analizadas correspondientes a la producción de leguminosas del tercer corte (%, Leguminosa)

Contraste	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Laboreo	1	312,12	6,79	0,1212
N100-60vsN100-0	1	3,00	0,03	0,8803
Lab * Nitr.	1	164,28	1,41	0,3009

Anexo nº 13 Análisis de varianza del efecto del tipo de laboreo y dosis de nitrógeno sobre la producción de restos secos del tercer corte (%, Restos secos)

F. de V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Repetición	2	350,55	10,0	0,0278
Laboreo	1	460,04	13,13	0,0223
Error (a)	2	425,70	----	----
Nitrógeno	1	191,20	5,46	0,0797
Lab * Nitr.	1	35,70	1,02	0,3699
Error (b)	4	35,04	----	----

Media 34,39

Anexo nº 14 Resultados de los contrastes de las variables analizadas correspondientes al tercer corte (%, Restos secos)

Contraste	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Laboreo	1	460,04	1,08	0,4077
N100-60vsN100-0	1	191,20	5,46	0,0797
Lab * Nitr	1	35,70	1,02	0,3699

Anexo nº 15 Análisis de varianza del efecto del tipo de laboreo y dosis de nitrógeno sobre la producción de materia seca del cuarto corte (Kg/ha, M.S.)

F. de V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Repetición	3	743600,0	0,46	0,7111
Laboreo	1	2737800,0	1,71	0,2078
Error (a)	3	109400,0	----	----
Nitrógeno	3	57200,0	0,04	0,9907
Lab * Nitr	3	610733,33	0,38	0,7680
Error (b)	18	1603433,33	----	----

Media 2875,0

Anexo nº 16 Resultados de los contrastes de las variables analizadas correspondientes a la preoducción de materia seca del cuarto corte (Kg/ha, M.S.)

Contraste	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Laboreo	1	2737800,0	25,03	0,0154
N20vsOtros (A)	1	17066,6	0,01	0,9190
N60vsOtros (B)	1	32033,3	0,02	0,8892
N100vsN140 (C)	1	122500,0	0,08	0,7854
Lab * (A)	1	504600,0	0,31	0,5817
Lab * (B)	1	1190700,0	0,74	0,4002
Lab * (C)	1	136900,0	0,09	0,7735

Anexo nº 17 Análisis de varianza del efecto del tipo de laboreo y dosis de nitrógeno sobre la producción de leguminosas del cuarto corte (%, Leguminosa)

F. de V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Repetición	3	574,28	2,54	0,0886
Laboreo	1	5504,62	24,37	0,0001
Error (a)	3	526,23	----	----
Nitrógeno	3	38,32	0,17	0,9155
Lab * Nitr	3	77,71	0,34	0,7938
Error (b)	18	225,85	----	----

Media 25,34

Anexo nº 18 Resultados de los contrastes de las variables analizadas correspondientes a la producción de leguminosa del cuarto corte (%, Leguminosa)

Contraste	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Laboreo	1	5504,62	10,46	0,0481
N20vsOtros (A)	1	1,19	0,01	0,9429
N60vsOtros (B)	1	76,25	0,34	0,5684
N100vsN140 (C)	1	37,51	0,17	0,6884
Lab * (A)	1	0,02	0,00	0,9931
Lab * (B)	1	184,47	0,82	0,3781
Lab * (C)	1	48,65	0,22	0,6481

Anexo nº 19 Análisis de varianza del efecto del tipo de laboreo y dosis de nitrógeno sobre la producción de gramineas+malezas+restos secos del cuarto corte (%, Gr.+Mlz.+R.secos)

F. de V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Repetición	3	573,73	2,54	0,0890
Laboreo	1	5502,00	24,34	0,0001
Error (a)	3	525,42	----	----
Nitrógeno	3	38,29	0,17	0,9156
Lab * Nitr	3	77,71	0,34	0,7940
Error (b)	18	226,02	----	----

Media 74,66

Anexo nº 20 Resultados de los contrastes de las variables analizadas correspondientes a la producción de gramineas+malezas+restos secos del cuarto corte (%, Gr.+Mlz.+R.secos)

Contraste	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Laboreo	1	5502,00	10,47	0,0480
N20vsOtros (A)	1	1,12	0,00	0,9445
N60vsOtros (B)	1	76,25	0,34	0,5686
N100vsN140 (C)	1	37,51	0,17	0,6885
Lab * (A)	1	0,02	0,00	0,9915
Lab * (B)	1	184,47	0,82	0,3782
Lab * (C)	1	48,65	0,22	0,6483