

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

***RESPUESTA A LA REFERTILIZACIÓN NITROGENADA
DE AVENA EN CERO LABOREO, BAJO PASTOREO.***

por

**Sebastián ARIANO CARÁMBULA
Mauricio RÍOS LANGON**

**TESIS presentada como uno
de los requisitos para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo.
(Orientación Ganadero Agrícola).**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2004**

Tesis aprobada por:

Director: _____
Ing. Agr. Ramiro A. Zanoniani

Ing. Agr. Phd. Pablo Boggiano

Ing. Agr. Fernando Ducamp

Fecha: _____

Autor: _____
Sebastián Ariano Carámbula

Mauricio Ríos Langon

AGRADECIMIENTOS

- Al Ing. Agr. Ramiro Zanoniani por su invaluable contribución en la ejecución, corrección y sugerencias brindadas durante el transcurso del siguiente trabajo.
- Al Ing. Agr. Fernando Ducamp por su colaboración en diferentes instancias del trabajo.
- A la Ing. Agr. Mónica Cadenazi por su cooperación en el análisis estadístico.
- A todos los funcionarios y docentes de la EEMAC, quienes nos brindaron su apoyo y disposición para llevar cabo este trabajo.
- A nuestras familias por su apoyo tanto en la formación personal como profesional.
- A mi esposa Andrea por el apoyo brindado durante estos años.
- A nuestros amigos, compañeros y todos los que de una forma u otra colaboraron con la realización de este trabajo final.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
TABLA DE CONTENIDO	IV
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	VII

1. INTRODUCCIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 2.1. PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN GRAMÍNEAS. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 2.1.1. *Macollaje*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1.1.1. *Importancia del macollaje en gramíneas*. ... ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1.1.2. *Fisiología del macollaje*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1.1.3. *Factores que afectan el macollaje*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1.2. *Peso y número de macollas*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1.3. *Estados de crecimiento*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1.4. *Efecto de la defoliación*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1.5. *Factores que afectan el rebrote*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1.5.1. *Puntos de crecimiento*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1.5.2. *Área foliar remanente*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1.5.3. *Sustancias de reserva*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1.6. *Producción de avena - raigrás*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2. IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN VERDEOS INVERNALES.
..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 2.2.1. *Disponibilidad de nitrógeno en suelos del Uruguay*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.1.1. *Ganancias*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.1.1.1. *Fertilizantes*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.1.1.2. *Mineralización*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.1.1.3. *Descomposición de restos vegetales*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.1.2. *Pérdidas*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.1.2.1. *Lavado o Lixiviación*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.1.2.2. *Desnitrificación*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.1.2.3. *Volatilización de Amonio*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.2. *Fertilización nitrogenada en avena*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.2.1. *Efecto del fraccionamiento*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.2.2. *Efecto en la tasa de elongación foliar*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.2.3. *Efecto en la tasa de aparición de hojas*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.2.4. *Efecto en la tasa de aparición de macollas*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2.3. *Dinámica del nitrógeno en sistemas bajo pastoreo*. ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3. SIEMBRA DIRECTA EN VERDEOS INVERNALES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 2.3.1. *Dinámica del nitrógeno en verdeos invernales*. ¡Error! Marcador no definido.
3. MATERIALES Y MÉTODOS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

3.1. MANEJO DEL EXPERIMENTO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1.1. Localización.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2. Historia del sitio experimental.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.3. Siembra.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.4. Fertilización.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2. DETERMINACIONES EN LA PASTURA. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
3.2.1. Porcentaje de implantación.	¡Error! Marcador no definido.
3.2.2. Producción de forraje.	¡Error! Marcador no definido.
3.2.3. Cuantificación de altura de plantas.	¡Error! Marcador no definido.
3.2.4. Composición botánica.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.5. Peso de macollos.	¡Error! Marcador no definido.
3.2.6. Número de plantas/m ²	¡Error! Marcador no definido.
3.2.7. Número de macollos/planta.	¡Error! Marcador no definido.
3.2.8. Número de macollos/m ²	¡Error! Marcador no definido.
3.2.9. Relación lámina/vaina	¡Error! Marcador no definido.
3.3. DETERMINACIONES EN SUELO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1. Rastrojo en superficie.	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2. Nivel de nitrato (ppm), fósforo (ppm) y % de materia orgánica a la siembra.	¡Error! Marcador no definido.
3.3.3. Nitratos luego de cada pastoreo.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL AÑO 2003	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1.1. Temperatura del aire.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.2. Precipitaciones	¡Error! Marcador no definido.
4.2. IMPLANTACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.3. PRODUCCIÓN OTOÑO – INVERNAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.3.1. Primer corte.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.2. Segundo corte.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.3. Tercer corte.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.4. Análisis de la productividad total del período otoño-invernal.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.4.1. Evolución del número de macollas.	¡Error! Marcador no definido.
4.3.4.2. Evolución de la producción de forraje.	¡Error! Marcador no definido.
4.3.5. Composición botánica.....	¡Error! Marcador no definido.
4.4. PRODUCCIÓN PRIMAVERAL.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.4.1. Cuarto corte.....	¡Error! Marcador no definido.
4.5. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5. CONSIDERACIONES FINALES.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6. CONCLUSIONES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

7. RESÚMEN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
8. SUMMARY.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9. BIBLIOGRAFÍA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
10. ANEXOS.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

	Pág.
Cuadro N° 1. Producción total anual de avena y raigrás (Kg MS/há)	16
Cuadro N° 2. Producción de forraje estacional y total (Kg MS/há) de 1095a, Tucana y Polaris	17
Cuadro N° 3. Densidad aparente del suelo	29
Cuadro N° 4. Porcentaje de germinación, pureza y peso	30
Cuadro N° 5. Contenido de rastrojo a siembra por bloque, en Kg MS/há	32
Cuadro N° 6. Resultado del análisis de suelos previo a siembra (promedio para toda el área experimental)	32
Cuadro N° 7. Resultado de análisis de suelos posterior a cada pastoreo	33
Cuadro N° 8. Datos meteorológicos correspondientes al año 2003	34
Figura N° 1. Variación mensual de la temperatura del aire (año 2003)	35
Figura N° 2. Temperatura promedio mensual para Paysandú 1988-1999 (fuente: E. M. Aeródromo Chalkling)	35
Figura N° 3. Datos de precipitaciones promedio 1938-1999 (Fuente: E. M. Aeródromo Chalkling) y año 2003 (Fuente: EEMAC) para la zona de Paysandú	36
Figura N° 4. Registro de precipitaciones para marzo del 2003 (Fuente: Estación meteorológica automática d la EEMAC)	37
Cuadro N° 9. Resumen de determinaciones promedio para todo el ensayo	38
Figura N° 5. Correlación entre producción (Kg/MS/há) y peso de macollo (g)	39
Figura N° 6. Correlación entre el número de macollos y producción (Kg MS/há)	40
Figura N° 7. Correlación entre Kg MS/há y altura del disponible (A) y Kg MS/há y altura del disponible más el rechazo (B).....	41
Figura N° 8. Efecto de la primer refertilización medido como producción en Kg MS/há	42
Cuadro N° 10. Tasa de crecimiento promedio en Kg MS/há/día, producción promedio en Kg MS/há y coeficiente de variación en %	43
Cuadro N° 11. Relación lámina/vaina según tratamiento	44
Cuadro N° 12. Número de macollas promedio (m ²) y coeficiente de variación	

(%)	44
Cuadro N° 13. Peso promedio por macollo (g) según tratamiento ..	45
Figura N° 9. Correlación entre el número de macollos/m ² y producción (Kg MS/há)	45
Figura N° 10. Correlación entre producción (Kg /MS/há) y peso de macollos (g) .	46
Cuadro N° 14. Altura promedio para disponible y rechazo	46
Figura N° 11. Correlación entre Kg MS/há y altura del disponible (A) y Kg MS/há y altura del disponible más el rechazo (B).....	47
Cuadro N°15. Producción promedio (Kg MS/ha), Tasa de crecimiento (Kg MS/há/día) y coeficiente de variación (%).....	48
Cuadro N° 16. Relación lámina/vaina según tratamiento	48
Cuadro N° 17. Número de macollas promedio (m ²) y coeficiente de variación (%)	49
Figura N° 12. Correlación entre el número de macollos/m ² y producción (Kg MS/há)	49
Figura N° 13. Variación del número de macollos/m ² y porcentaje de disminución entre el 2do. y 3er. corte	50
Cuadro N° 18. Peso promedio por macollo (g) según tratamiento	50
Figura N° 14. Correlación entre el peso de macollos (g) y producción (Kg MS/há)	51
Cuadro N° 19. Altura de plantas para el disponible y rechazo (cm) según tratamiento	51
Figura N° 15. Correlación entre la altura (cm) y el disponible (Kg MS/há)	52
Figura N° 16. Evolución del número de macollos/m ² post primer corte según Unidades de nitrógeno	53
Figura N° 17. Evolución del número de macollos por tratamiento según días 1 ^{er} . corte	53
Figura N° 18. Producción total y por corte según las diferentes dosis de nitrógeno en Kg MS/ha	54
Cuadro N° 20. Producciones promedio por tratamiento de Avena y Raigrás según fecha de corte en Kg MS/ha	55
Figura N° 19. Producción (Kg MS/há) de Avena y Raigrás para el 2do. y 3er. corte según unidades de nitrógeno	56
Cuadro N° 21. Producción Total (Kg MS/há) según UN 2da. refertilización	57
Cuadro N° 22. Número de macollas/m ² según tratamiento a la segunda refertilización	58
Cuadro N° 23. Producción de raigrás según UN a la segunda refertilización	

(Kg MS/há).....	58
Figura N° 20. Correlación entre producción de MS y altura de planta	59
Cuadro N° 24. Eficiencia y costo de producción según tratamiento para primer y segunda refertilización.....	60
Cuadro N° 25. Precio de diferentes alimentos para rumientes.....	60
Cuadro N° 26. Comparación de los costos de producción y venta de leche y carne	61

1. INTRODUCCIÓN

El uso de especies anuales invernales para producción de forraje es una práctica común en muchos de los sistemas ganaderos del Uruguay. El objetivo principal de su utilización es obtener una elevada producción de muy buena calidad, en un momento en el cual tanto las pasturas naturales como las plurianuales ven resentida su capacidad productiva. Esto ocurre a mediados de otoño e invierno, momentos en los cuáles los efectos de las bajas temperaturas e intensidad lumínica resienten el potencial productivo de las pasturas. Como resultado del uso de estas especies, se logra una mejora en la oferta de forraje y en su distribución estacional, lo cual permite obtener incrementos significativos en los indicadores productivos ganaderos y lecheros (Milot et al., 1981).

Como los verdeos de invierno aportan el forraje en un período reducido de tiempo, al momento de considerar su uso, es de fundamental importancia ajustar una serie de prácticas de manejo, de forma tal de maximizar el potencial productivo de las mismas a los efectos de reducir el costo unitario del forraje producido. Algunas de las prácticas de manejo a tener en cuenta son: elección de especies y cultivares, sistema de laboreo, densidad de siembra, ajuste de la fertilización fosfatada y nitrogenada, control de malezas, manejo del pastoreo, etc.

El uso de nitrógeno en situaciones de producción de forraje es una herramienta de manejo que permite modificar la distribución de forraje a lo largo del año y cubrir en forma parcial ciertos momentos de deficiencias del mismo. Es de destacar que no sólo se logran elevados incrementos en la producción de materia seca (MS) con el uso de nitrógeno, sino que la aplicación fraccionada del mismo permite una distribución más homogénea, una prolongación del período de crecimiento y/o promover crecimientos tempranos del verdeo para obtener pastoreos anticipados (Díaz-Zorita, 1997; Romero et al. 2003).

Los objetivos de este trabajo son, estudiar la respuesta en producción de forraje y la dinámica de los componentes de producción de forraje de avena en cero laboreo, a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno en la refertilización, bajo condiciones de pastoreo.

La importancia de la realización de este trabajo es que la información generada puede ser utilizada en la práctica, en sistemas de producción tales como los de invernada y producción de leche. El uso de verdeos invernales sobre la base de avena es una práctica habitual en este tipo de sistemas. Esta especie se caracteriza no sólo por su elevado potencial de producción de forraje, sino que también por su precocidad en cuanto al momento de entrega del mismo. En los sistemas mencionados es de fundamental importancia contar con abundante disponibilidad de forraje de buena calidad desde mediados de otoño y durante el invierno, lo que muchas veces permite

capitalizar situaciones coyunturales de precios ventajosos de la carne y la leche. Los altos costos de amortización de este tipo de alternativas forrajeras determinan que sea de vital importancia maximizar la capacidad de producción de forraje. El manejo de la fertilización nitrogenada es una herramienta de gran utilidad y fácil uso, permitiendo obtener incrementos muy importantes en la producción de forraje, los que pueden traducirse en aumentos en los indicadores productivos de los sistemas de producción de carne y leche.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN GRAMÍNEAS.

2.1.1. Macollaje.

2.1.1.1. Importancia del macollaje en gramíneas.

Dos características en la morfología y hábito de crecimiento de las gramíneas determinan su éxito como plantas muy bien adaptadas al pastoreo:

- a) La capacidad de producir hojas desde los meristemas basales durante la etapa de crecimiento vegetativo, evitando el daño por defoliación.
- b) El modo de ramificación mediante renuevos basales o macollos, tal vez la más importante (Jewiss, O. R., 1972).

Los macollos se originan en las yemas situadas en las axilas de las hojas, y cada uno es replica completa de la que le dió origen. A su vez, en la axila de cada nueva hoja se encuentran yemas que darán origen a nuevos macollos, y así sucesivamente, formándose una población heterogénea que difiere en edad, tamaño y posición dentro de la planta. Como consecuencia, presentaran un comportamiento diferencial frente a las mismas condiciones ambientales (Carámbula, 1977; Langer, 1981; García, 1997).

Cada macollo puede considerarse la unidad básica de una gramínea, y a su vez puede transformarse en unidades independientes, ya que posee su propio sistema fotosintético y dependiendo del crecimiento su propio sistema radicular. Sin embargo, están unidos por un complejo sistema de conexiones vasculares que les permiten reintegrarse en una sola planta, transportar sustancias asimilables y nutrientes minerales hacia adentro y hacia fuera de los macollos (Langer, 1981; Williams, 1968, citados por García, 1997).

La importancia del macollaje fue señalada por Jewiss O.R. (1972), quien le atribuyó dos funciones relevantes en la vida de una planta:

- a) Contribuye al establecimiento de la plántula, debido a que un rápido macollaje asegura la producción de suficiente área foliar para interceptar lo antes posible la mayor cantidad de luz. La capacidad de macollaje durante el establecimiento, dependerá del tamaño de semilla, profundidad de siembra y medio ambiente.
- b) Permite la regeneración del tapiz, compensando la mortalidad de plantas vecinas y llenando los espacios libres mediante la producción de nuevos macollos, que permiten prolongar la longevidad del tapiz.

Langer (1981), sostiene sobre esta última función, que si la formación de semillas es evitada mediante la defoliación, y siempre que el suministro de agua y nutriente sea abundante, puede prolongarse la longevidad de las plantas.

El proceso de macollaje se puede ver afectado por determinados factores, tales como carencia de nutrientes, en especial de nitrógeno; balance negativo entre fotosíntesis y respiración por baja intensidad de luz y temperaturas nocturnas altas; y baja disponibilidad de agua o sequías (Elizondo y Carámbula, 1969; Cooper, 1951; O'Brien, 1960, Langer, 1963; citados por Carámbula, 1977). Otro factor que afecta de forma muy importante el proceso de macollaje es la defoliación, ya que pastoreos bajos pero no muy severos favorecen el macollaje por reducción del sombreado, permitiendo una mayor exposición del suelo al sol y temperaturas adecuadas a nivel de las yemas axilares. Por el contrario, manejos muy aliviados tienden a reducir el número de macollos (Carámbula, 1977; García, 1997).

Determinados factores intrínsecos de la planta también afectan el desarrollo de los macollos, ya sea en la etapa vegetativa o reproductiva del crecimiento.

Jewis O. R. (1972), establece tres posibles explicaciones de la inhibición del macollaje durante la floración:

- a) La primera explicación sostiene que existe una competencia por nutrientes de las yemas axilares contra el ápice caulinar, y en esta instancia el proceso de elongación de entrenudos, los cuales actúan como depósitos metabólicos, compitiendo exitosamente y no permitiendo el desarrollo de macollos.
- b) La segunda posibilidad involucra reguladores de crecimiento como las auxinas, que son originadas por el ápice en desarrollo o por los meristemos intercalares responsables de la elongación de tallo, o por ambos, que inhibirían directamente el desarrollo de las yemas laterales.
- c) Y la última y más probable posibilidad es una combinación y extensión de las dos anteriores, donde las auxinas no tendrían una acción directa sobre la inhibición, y el probable mecanismo de control sería a través de la regulación del suministro de asimilatos a la yema, o a través de la acción de otro regulador de crecimiento que controlaría la división celular y expansión de las yemas, actuando como precursor para el movimiento de asimilatos hacia ella. Todo este mecanismo ha sido denominado por el autor "desviación de nutrientes de la dominancia apical".

Otros autores son coincidentes en que la disminución del número de macollos puede estar explicada por la competencia que produce el tallo por los nutrientes disponibles (Langer, 1958; Davies et al., 1972; citados por García, 1997; Carámbula, 1977). Este efecto inhibitorio también puede ser ejercido por los meristemos apicales de los macollos más desarrollados y las hojas jóvenes en expansión durante la etapa vegetativa (Scott, Laidlaw y Berie, 1974, citados por Carámbula, 1977).

2.1.1.2. Fisiología del macollaje.

La unidad morfológica básica de una gramínea es el macollo, en cuya base se encuentra el punto de crecimiento o meristemo apical que da origen a una serie de primordios foliares alternos y yemas axilares. Los primordios foliares forman hojas y las yemas axilares darán origen a sucesivos macollos. En la fase vegetativa el punto de crecimiento está fuera del alcance del animal y el corte o pastoreo produce solamente remoción de material foliar. El rebrote se origina de la extensión de primordios foliares desde el meristemo apical y de los meristemos axilares que dan origen a macollos (Davies, 1972).

En determinado momento, el rendimiento de un tapiz es función del número de macollos por unidad de superficie y del peso de los macollos. La tasa de aparición de hojas influye sobre el peso de los macollos y sobre la tasa de macollaje, ya que cuanto más hojas se producen, habrá mayor cantidad de yemas axilares (Langer, 1963). La población de macollos es sumamente dinámica como consecuencia de las diferentes tasas de aparición y mortalidad de los mismos. La importancia relativa de los componentes del rendimiento varía durante el ciclo de la planta. En la etapa vegetativa, el número de macollos es el principal determinante, pero al pasar al estado reproductivo, los macollos fértiles incrementan rápidamente su tamaño determinando el rendimiento en esta etapa (Knight, 1965). Indudablemente, las mayores tasas de incremento de materia seca durante el ciclo de la pastura se obtienen durante el período de desarrollo de la inflorescencia. Hay varios factores que explican esta mayor eficiencia, como por ejemplo una mejor distribución foliar, una mayor capacidad asimiladora del tallo y espiga o una utilización diferente de los metabolitos (Leaf, 1974; citado por García, 1977).

La transformación de los puntos de crecimiento de vegetativos a reproductivos, así como el alargamiento de los entrenudos de los macollos, se producen en cierto momento determinado por el medio ambiente y el genotipo, dando origen a la etapa reproductiva. Esta etapa no sólo indica la culminación del período útil del punto de crecimiento como productor de hojas para transformarse en una inflorescencia, sino que marca la iniciación de un período de dominancia apical, en donde la inflorescencia en desarrollo ejerce un efecto depresivo ocasionando una marcada inactividad de las raíces e inhibición de la aparición de nuevos macollos. A medida que la inflorescencia va completando su desarrollo, este efecto se volvería cada vez más importante, provocando la degeneración de los tejidos que se conectan con los macollos que aún se encuentran en estado vegetativo. Este proceso alcanza su mayor efecto en el momento de la aparición de la inflorescencia (espigazón), donde ocurriría la muerte de aquellos macollos hijos que no hayan desarrollado sus propios sistemas radiculares (Carámbula, 1977).

2.1.1.3. Factores que afectan el macollaje.

El macollaje está explicado tanto por componentes genéticos como ambientales. El tiempo termal que transcurre para que las hojas sucesivas de un macollo alcancen la misma fase de desarrollo, se denomina filocrón, y explica en gran medida la producción de macollos debido a que existe una relación inversa entre el filocrón y la tasa de producción de macollos (McMaster, 1997). Por lo tanto cada factor que incida sobre el filocrón va a afectar la tasa de macollaje.

La temperatura y el fotoperíodo son los factores que mayormente controlan el filocrón y por tanto el macollaje (Langer, 1972; McMaster, 1997), pero otros factores como la disponibilidad de agua y nutrientes, intensidad y calidad de la luz, vernalización, tamaño de la semilla y profundidad de siembra, pueden afectar en menor medida el filocrón (McMaster, 1997). Las condiciones ambientales afectan tanto la tasa de aparición de hojas como el macollaje (Jewiss, 1966; citado por García, 1977). En general las hojas aparecen más rápido cuando hay buena iluminación y temperaturas relativamente altas, condiciones que favorecen el crecimiento total de la planta. El ambiente tiene mayor incidencia sobre el macollaje que sobre la tasa de aparición de hojas, dado que el crecimiento foliar tiene prioridad sobre el macollaje cuando las condiciones ambientales determinan un déficit de carbohidratos (Langer, 1973; citado por García, 1977).

Además de los factores ambientales, el manejo de la defoliación tiene efectos muy importantes sobre el macollaje, aunque su incidencia varía con el estado del tapiz; pastoreos bajos no muy severos favorecen el macollaje por reducción del sombreado y manejos muy aliviados tienden a reducir el número de macollos (García, 1977).

Jewiss (1972) concluyó que el macollaje no estaba necesariamente relacionado en forma directa al nivel de sustrato energético disponible, sino que podría depender de una interacción entre los niveles de auxinas y carbohidratos. Un aumento en la concentración de carbohidratos podría incrementar la cantidad de auxina requerida para suprimir el desarrollo de las yemas, reduciendo así la dominancia apical. En términos generales, la dominancia apical es mayor cuando las plantas crecen con bajas intensidades lumínicas. Presumiblemente el mayor crecimiento radicular producido bajo condiciones de alta intensidad lumínica resultaría en mayor producción de citoquininas, lo que provocaría cambios en el balance entre auxinas y citoquininas; esto determinaría una reducción de la habilidad de los meristemas apicales para suprimir el desarrollo de las yemas laterales del resto de la planta.

Cualquier factor que cause un aumento en la intensidad del crecimiento conducirá a un incremento en el contenido de los reguladores del crecimiento, mientras que los factores que determinan una reducción en la penetración de la luz a través del tapiz, como los manejos de defoliación muy aliviados con alta acumulación de forraje,

producirán una reducción en el contenido de carbohidratos de la planta. Por lo tanto un cambio en cualquiera de estos factores podría incrementar la dominancia apical. De toda la evidencia presentada, parecería que cualquier práctica de manejo que conduzca a una alta densidad de material reproductivo podría poner al tapiz en serio riesgo luego de un corte, debido a la alta incidencia de la dominancia apical, que inhibiría el macollaje al momento del corte (Jewiss, 1972).

2.1.2. Peso y número de macollas.

El rendimiento de forraje está directamente relacionado al macollaje del cultivo. Durante el estado vegetativo el número de macollos por unidad de área es el principal componente en determinarlo. A su vez, éste depende del número de plantas logradas y del número de macollos que cada planta pueda producir.

La población de macollas es sumamente dinámica debido a las diferentes tasas de aparición y mortalidad de las mismas, por lo que su longevidad es un factor que determina el posible rendimiento en un momento determinado.

El otro componente del rendimiento es el peso de los macollos, el cual es dependiente de la tasa de aparición de hojas durante el estado vegetativo, y del incremento en tamaño de las macollas fértiles al pasar al estado reproductivo (Knight, 1965, citado por García, 1997).

2.1.3. Estados de crecimiento.

La elongación de los entrenudos, en las especies de climas templados no ocurre – normalmente- durante la fase de crecimiento vegetativo, de manera que en la base de la planta se desarrolla una población de macollas. El corte o pastoreo en esta etapa del crecimiento resulta en la sola remoción del material foliar por lo que el subsecuente crecimiento se produce desde la extensión del primordio foliar del meristemo terminal y desde los meristemos de las macollas axilares, las cuales permanecen intactas por debajo de la altura de corte o pastoreo (Jewiss, 1972).

El crecimiento reproductivo ocurre en la primavera, luego que los requerimientos de inducción de temperaturas frías y/o días cortos fueron satisfechos, y en algunos casos luego de que se ha excedido la mínima longitud crítica del día. Luego de esto el meristemo apical muestra los cambios característicos en el desarrollo que precede a la formación de la inflorescencia. El subsiguiente desarrollo es acompañado por la elongación de entrenudos; en consecuencia el ápice reproductivo en desarrollo, y con el las hojas en formación y los primordios foliares, son acarreados por encima del nivel del suelo, por lo que cualquier corte o pastoreo puede remover el meristemo terminal y hojas no desarrolladas (Jewiss, 1972).

2.1.4. Efecto de la defoliación.

El manejo de la defoliación a través del momento, frecuencia (intervalo entre cortes), intensidad o severidad (altura) de pastoreo, es uno de los factores más relevantes en la producción de forraje (Díaz et al., 1993).

La defoliación genera una reducción o detención en el crecimiento de la parte aérea y del sistema radicular. Se reduce el crecimiento en longitud, número y diámetro de las raíces por alrededor de quince días (en trigo y avena). El reinicio del crecimiento llega a demorar de tres a seis días, dependiendo de la severidad de la defoliación, disminuyendo además la absorción de nutrientes (Milot et al., 1981; Díaz et al., 1993).

La tasa de aparición de hojas y el macollaje también se ven afectados. Se observan disminuciones en el crecimiento de las vainas de las hojas y diámetro de los tallos a altas intensidades de pastoreo, por un período de aproximadamente siete días, además de la pérdida de peso de los mismos así como de la corona, lo que implica reducción a nivel de los carbohidratos acumulados. En cambio, la lámina no es afectada, apareciendo nuevas hojas a la misma tasa que en plantas que no han sufrido defoliación (Altier, 1983, Thakur y Shands, 1954, Dann, 1968, Holt, 1972, Cook y Lowtt, 1974, citados por Díaz et al., 1993; Anslow, 1966; Trughton, 1971; Jameson, 1974; citados por García, 1997).

Existe un efecto beneficioso de la defoliación sobre el macollaje, constatado por varios autores, debido al estímulo que provoca la luz a nivel del meristema apical y axilar, como consecuencia de la remoción del material foliar de los estratos superiores, que provocan el sombreado de esta zona (Carámbula, 1977; Ryle, 1965, citado por Carámbula, 1981).

El incremento del macollaje produce mayor cobertura del suelo y mejor aprovechamiento de la luz incidente, así como también aumento del número de tallos fértiles (Evans, 1950; Lambert y Thurston, 1952; Green y Evans, 1956; Roberts, 1966; citados por Carámbula, 1981; Carámbula, 1977; Brown et al., 1990 y Lerenzetti, 1993; citados por Ferrando y Sorrondegui, 1998).

Una mayor intensidad de pastoreo durante la etapa vegetativa, produce la remoción de una proporción importante del área fotosintética y de las bases de las vainas, lo que lleva a correr el riesgo de pérdidas de plantas, como consecuencia de la reducción de la cantidad de sustancias de reservas necesarias para el rebrote y sobrevivencia de las mismas (Davies et al., 1971, citado por Ferrando y Sorrondegui, 1998).

Este tipo de manejo lleva a que el intervalo entre pastoreos deba ser mayor, dado que el verdeo necesita un período prolongado para recomenzar su crecimiento, por la disminución de los carbohidratos de reserva (Cook y Lovett, 1974, citados por Díaz et al., 1993). Este intervalo varía con la especie, condiciones climáticas y estación (Carámbula, 1977; Voisin, 1994), estando entre los cuarenta y cinco y cincuenta días durante los períodos de menor crecimiento para la mayoría de los verdeos. Por tal motivo, lo más recomendable son los pastoreos rotativos con altas cargas, lo cual permitiría menor cantidad de material muerto y mayor producción de energía digestible (Pigden y Creenshields, 1960; Campbell, 1966, citados por Carámbula, 1977).

Según Carámbula (1977), el pastoreo debe iniciarse cuando las plantas cubren un área importante del suelo y la parte aérea se entrelaza, lo cual ocurre cuando la altura de las plantas supera los quince centímetros. Dejando un remanente no menor de cinco centímetros, ya que aquí se encuentran las reservas que permitirán el posterior rebrote (Milot et al., 1981).

De no existir el interés de cosechar grano, hay que evitar que las plantas pasen al estado reproductivo (encañazón), realizando pastoreos intensos en esta etapa, ya que de no ser así se reduce la resistencia al pastoreo y se condiciona el rebrote (Carámbula, 1977).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la mayor producción de verdeos se da cuando comienza la elongación de entrenudos, por lo que el retiro a tiempo de los animales y el retraso de su entrada permitiría la acumulación de grandes cantidades de forraje.

2.1.5. Factores que afectan el rebrote.

Luego de producida la defoliación todos los procesos y estructuras presentes se “unen” para restablecer el material removido por el pastoreo o corte.

Ante este estrés, las plantas ordenan y priorizan diversos procesos de forma continua en el espacio y en el tiempo, por un sistema “control de regulación”, tratando de maximizar la velocidad de refoliación, la cual se encuentra determinada por factores morfológicos (número de meristemas refoliadores y área foliar remanente), y fisiológicos (sustancias de reservas) (Harris, 1978; Smethan, 1990; Chopin, 1991, citados por Formoso, 1995).

2.1.5.1. Puntos de crecimiento.

Los puntos de crecimiento o meristemas son el principal centro de actividad de las plantas forrajeras, y en ellos se determina tanto el número de órganos producidos como el tipo (hoja, macollo, inflorescencia), y en cierto grado su tamaño final (Carámbula, 1977).

Luego de una defoliación se establece una priorización entre los diferentes meristemas presentes en la planta, por medio de un sistema interno de “señales”; estimulándose y/o activándose primeramente los que solo necesitan expansión celular para desarrollar el área foliar, dado que son más eficientes energéticamente, y en segundo término los que requieren actividad mitótica (Langer, 1974; Valence y Nelson, 1984; citados por Formoso, 1995).

Formoso (1995) presentó un posible ordenamiento de los meristemas refoliadores, jerarquizándolos en forma decreciente según su momento de activación:

- a) Meristemas de lámina.
- b) Meristemas de vainas.
- c) Meristemas intercalares, generadores de estructura foliares.
- d) Primordio foliares localizados en meristemas apicales o axilares.
- e) Meristemas basilares.

Una de las principales características morfológicas que define las gramíneas como plantas muy bien adaptadas al pastoreo o corte, es la posición de los meristemas próximos al suelo, lo que les permite no ser dañados por la defoliación (Langer, 1981; García, 1997). Esta característica se mantiene durante toda la fase vegetativa, pero puede sufrir modificaciones de acuerdo con la especie, la época del año, el hábito de crecimiento, las condiciones climáticas, etc.

Por tal motivo, es sumamente importante para determinar las normas de manejo a fijar, el conocimiento de la altura a la que se encuentran los meristemas en los distintos momentos del año. Cuando los puntos de crecimiento sobrepasan la altura de dos centímetros y medio, quedan expuestos a ser eliminados por la defoliación (Booyesen, Tainton y Scott, 1963; Branson, 1953; Aitken, 1961; Bogel, 1965, citados por Carámbula, 1977; Ferrando y Sorrondegui, 1998). De lo contrario, el pastoreo o corte resulta solamente en la remoción del material foliar, permitiendo que el proceso de formación de hojas no se interrumpa, produciéndose así el rebrote a partir de la extensión de primordios foliares desde el meristema apical y de los meristema axilares que dan origen a macollos (Jewis, 1972; Davier I, 1972, citado por García, 1997; Langer, 1981).

Se puede decir que el ápice del tallo se torna vulnerable al pastoreo unas cinco o seis semanas antes de la emergencia de las espigas, por lo que la posición del ápice es clave para fijar la fecha de cierre de los verdeos que se utilizarán con doble propósito (Langer, 1981).

Otro proceso importantísimo que es necesario conocer a efectos de determinar el manejo a realizar, es el momento en el cual el ápice del tallo pasa de estado vegetativo a reproductivo (iniciación floral), ya que dicho proceso provoca la inhibición del desarrollo de nuevos meristemas axilares y macollos, así como la iniciación de nuevas hojas (Carámbula, 1977; Davies I, 1972, citado por García, 1997).

La defoliación durante la época de floración controlaría este proceso, permitiendo el crecimiento de los macollos vegetativos existentes y la aparición de nuevos macollos primaverales, dependiendo del número y tamaño de los macollos vegetativos remanentes y la intensidad de la defoliación, así como del estado de desarrollo de las plantas (Jewiss, 1972; Carámbula, 1977; Davies I, 1969, Davies I, 1972, Davies I et al., 1972, citado por García, 1997; Langer, 1981).

Langer (1981) sostiene que con el pastoreo se puede prolongar la longevidad de las especies anuales, siempre que el suministro de agua y nutrientes sea abundante.

Según Sprague (1954, citado por Carámbula, 1977), el proceso de elongación de los entrenudos puede retrasarse con pastoreos de otoño, altas densidades de plantas, defoliaciones severas y fecha de siembra tardía, mientras que temperaturas altas y disponibilidad adecuada de nitrógeno pueden acelerarlo. La obtención de altas velocidades de rebrote depende en primera instancia del número de puntos de crecimiento activos remanentes después de una defoliación. Altas velocidades están condicionadas por el horizonte de pastoreo adoptado, en relación a la posición en el estrato vertical del tapiz de los distintos tejidos meristemáticos (Booyesen et al., 1963; Smith, 1981; Smethan, 1990; Chapman y Lemorie, 1993, citados por Formoso, 1995).

Un excesivo pisoteo de los animales o el ataque del ápice del tallo por parte de insectos, pueden dañar el ápice, provocando con ello que la planta rebrote de otras yemas (Langer, 1981).

Cuando se piensa en un cultivo doble propósito, la remoción de ápices reproductivos implica que nuevos macollos deben ser producidos y la planta utiliza reservas para la formación de esas hojas y tallos, que no serán utilizadas para el llenado de grano (Sprague, 1954, citado por Díaz et al., 1993).

2.1.5.2. Área foliar remanente.

De la eficiencia de utilización de la luz que presente una pastura, dependerá la tasa de crecimiento y la producción de materia seca de la misma, siempre y cuando la disponibilidad de agua y nutrientes no sea limitante. La pastura podrá hacer esto si posee un área foliar suficiente, que le permitirá crecer a la máxima tasa de crecimiento.

Watson (1956, citado por Langer, 1981), propuso un índice para medir esta densidad de hojas llamado Índice de Área Foliar (IAF), el cual presenta un valor crítico en el que la tasa de crecimiento se hace máxima y coincide con el área foliar capaz de interceptar toda la luz incidente, impidiendo el desperdicio de luz por penetración al suelo, y logrando que el proceso de fotosíntesis sea máximo, debido a que la cantidad de follaje es suficiente para prevenir pérdidas de energía, pero no tanto como para que las hojas basales sean parásitas. Esto demuestra la importancia del área foliar como superficie interceptora, y como superficie que constituya el rendimiento cosechable (Donald y Black, 1958, citados por García, 1997).

Sin embargo, el tiempo transcurrido para lograr este IAF crítico dependerá de la época del año y, fundamentalmente, de la altura hasta la cual la pastura ha sido previamente pastoreada o cortada.

El crecimiento de la pastura luego de una defoliación está relacionado en forma directa con la superficie foliar remanente (Carámbula, 1977; Díaz et al., 1993; García, 1997). Esta superficie está determinada por el momento e intensidad de la defoliación (Dunphy, 1984, citado por Díaz et al., 1993) y por el tipo de crecimiento de la especie (erecto o rastrero) (Carámbula, 1977).

Las gramíneas erectas, al requerir más superficie foliar para interceptar la luz, determinan una mayor eficiencia en la conversión de la energía y una mayor producción potencial por unidad de área (García, 1997).

A igual área foliar remanente, las especies postradas interceptan mas luz que las especies erectas, rebrotando mas rápidamente, ya que alcanzan antes IAF crítico con menor área foliar. En consecuencia, sus rendimientos de forraje son en general menores que los de las gramíneas tipo erecto (Carámbula, 1977).

Una mayor área foliar remanente se debe a una menor intensidad de pastoreo, lo que permitiría a las plantas una mas rápida recuperación de su actividad fotosintética, disminuyendo el período para alcanzar el IAF crítico, y con él la máxima tasa de crecimiento (Bommer, 1966, citado por Carámbula, 1977; Brougham, 1956, citado por García, 1997; Langer 1981).

Sin embargo, para que esto se cumpla es necesario que el área foliar remanente sea realmente eficiente fotosintéticamente; de lo contrario, si la masa foliar está formada por hojas viejas y/o parcialmente descompuestas o con un alto porcentaje de vainas y tallos que presenten un bajo valor como área fotosintética, el rebrote se verá perjudicado y se obtendrá menor rendimiento por la pérdida de materia seca que no será cosechada en el siguiente corte (Carámbula, 1977; Langer, 1981; Díaz et al., 1993).

Al mismo tiempo el material muerto o senescente intercepta y absorbe energía luminosa inútilmente, sombreando las hojas verdes y consecuentemente reduciendo la tasa de rebrote y enlenteciendo la iniciación de nuevos macollos (Langer, 1981).

Langer (1981), analizando un experimento realizado por Campbell (1969), concluye que el máximo rendimiento de una pastura se obtiene sometiéndola a un pastoreo intenso y bajo, dejando un mínimo de rastrojo y preservando al mismo tiempo un prolongado intervalo entre períodos de pastoreo.

Según Brown y Blazer (1968, citados por García, 1997), la eficiente utilización de la luz requiere:

- a- Hojas con alta capacidad fotosintética.
- b- Intercepción de toda la luz incidente.
- c- Distribución adecuada de la luz en el tapiz.

Cuando se piensa en la utilización de verdeos para doble propósito, la calidad del rebrote luego del último pastoreo hasta la espigazón, es sumamente importante para la obtención de un buen rendimiento en grano. Cuanto más tarde sea el corte más incompleta va a ser la recuperación del área foliar, y su índice de área foliar quedará en niveles subóptimos en la espigazón, momento en el que se hace más crítica la determinación de los rendimientos (Dunphy, 1982; Grewol and Kler, 1987; Winter and Thompson, 1987; Winter and Thompson, 1990; citados por Díaz et al., 1993).

El retraso del pastoreo también enlentece el rebrote, ya que el área foliar remanente va a estar constituida por material muerto y en senescencia, debido a la gran acumulación de materia seca con poca actividad fotosintética (Dunphy, 1984, citado por Díaz et al., 1993).

La cantidad de área foliar remanente, luego de cada pastoreo, debe ser distinta para cada estación, y dependerá de la especie, de su estado fisiológico y de las condiciones ambientales presentes (Carámbula, 1977).

El problema de cómo aumentan los rendimientos es fundamentalmente el problema de cómo aumenta la fotosíntesis anual por unidad de área; por lo tanto, es obvio que el IAF debe ser uno de los determinantes principales del rendimiento (García, 1997).

2.1.5.3. Sustancias de reserva.

El rebrote de una pastura dependerá de la interacción entre el área foliar remanente y las sustancias de reserva presentes (Carámbula, 1977; Brown y Bloser, 1958; citados por Langer, 1981; Humphseys y Robison, 1966, citados por Morley, 1981; García, 1997).

Estas sustancias de reserva son compuestos orgánicos elaborados por las plantas a partir de azúcares simples producidos por la fotosíntesis y almacenados, ya sea activa o pasivamente, y por último utilizados en etapas posteriores como fuente de energía o como material constructor (Carámbula, 1977; Morley, 1981; Weinmann, 1961, citado por García, 1997).

En las plantas forrajeras los compuestos de reserva más importantes son los carbohidratos no estructurales (azúcares, fructosanos y almidón), y en segundo lugar los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) y los compuestos proteicos (Winmann, 1948, Milthorpe y Davidson, 1968, citado por Carámbula, 1977; Morley, 1981; McIlroy, 1967, citado por García, 1997).

Los órganos más comunes para el almacenaje son las raíces, bases de tallos, vaina foliar, base de la hoja y rizomas (Carámbula, 1977; Langer, 1981; Morley, 1981).

Según Carámbula (1977), la acumulación de reservas resulta del balance positivo de los procesos de producción de fotoasimilados y consumo por crecimiento de los diferentes órganos y respiración, por lo que un exceso en el nivel de sustancias de reserva se debe a un crecimiento no realizado.

Blazer et al. (1966, citado por García, 1997), sostiene que en general estas sustancias se acumulan en los períodos de lento crecimiento herbáceo, como por ejemplo bajas temperaturas, déficit relativo de humedad, déficit de nitrógeno, etc., donde el crecimiento se reduce más que la fotosíntesis, y por lo tanto se produce acumulación de reservas, demostrando de esta manera que las condiciones ambientales serían el factor crítico que afectaría las cantidades de sustancias de reserva.

Numerosos autores manifiestan que luego de producida una defoliación, las sustancias de reserva (principalmente carbohidratos no estructurales) disminuyen su nivel en las plantas, movilizándose hacia las partes en crecimiento (desarrollo y crecimiento de nuevas hojas), y como sustrato para la respiración. Por lo tanto, la alta concentración de carbohidratos de reserva debería ser un requisito para altas tasas de rebrote (Alberdo, 1960, citado por Carámbula, 1977; Morley, 1981; Gardner and Wiggons, 1960, Sacpague, 1987, citados por Díaz et al., 1993; García, 1997).

Morley (1981) describe un patrón común para la evolución de la concentración de carbohidratos de reserva en la planta luego de una defoliación. En una primera fase se produce disminución en el nivel de reserva por un período mínimo de diez días, pasando a ser negativo el balance energético; posteriormente se produce una fase de recuperación de ese nivel de reservas, en el que el comienzo y duración de la misma dependerán del ritmo de crecimiento de las plantas, y por lo tanto de las condiciones ambientales y la frecuencia y severidad de la defoliación.

Una mayor intensidad de defoliación resultará en una menor área foliar remanente, con lo cual la pastura hará un uso mayor de las reservas de carbohidratos, ya que la fotosíntesis realizada por el rastrojo es insuficiente para balancear el consumo de los mismos por crecimiento y respiración (Davidson y Milthare, 1965, a b, 1966, citados por Morley, 1981; Díaz, 1993).

Por otra parte, Langer (1981) manifiesta que la altura hasta la cual se realiza la defoliación puede afectar las reservas necesarias para el rebrote, ubicadas en las posiciones aéreas de las plantas (bases y vainas foliares). Sin embargo, Díaz et al. (1993) sostiene que la altura de corte no tendría un efecto directo en el descenso de las reservas del cultivo, ya que éstas se encuentran en su mayor parte en las raíces y bases de los tallos, posición difícil de alcanzar por el pastoreo.

Al mantenerse un manejo severo y no permitirles a las plantas un período de descanso suficientemente largo como para recuperar las reservas utilizadas, se obtendrá un rebrote mas lento y el rendimiento será menor (Langer, 1981).

Al disminuir el nivel de reservas en forma importante, la defoliación puede causar efectos depresivos en la aparición de hojas de cada macollo y en la velocidad de macollaje por modificación entre el balance entre carbohidratos y auxinas, así como también una reducción considerable en los sistemas radiculares (Carámbula, 1977).

2.1.6. Producción de avena - raigrás.

Dentro de los verdes de invierno encontramos diferentes especies con distintas características en cuanto a morfología, ciclo y rendimiento. Dentro de las diferentes especies existen diferentes cultivares que presentan las mismas variaciones, por lo que es de esperar una respuesta diferencial en producción y distribución estacional del forraje según los diferentes manejos que se realicen.

Cuadro N° 1. Producción total anual de avena y raigrás (Kg MS/há).

Autores	Avena	Raigrás
Gardner, (1968)	2600	7500
Chiara, (1975)	3100	8250
Aunchain et al. (1997)	2667	-
Ayala, (1992)	2797	4600
Bermúdez, (1992)	4460	6371
Mesa y Elola, (1996)	5856	7283
Carámbula, (1997)	4500	7000

Gardner (1968) y Chiara (1975) coinciden en que el mayor rendimiento de materia seca del raigrás con respecto a la avena se debe a un incremento en la producción de fin de invierno y primavera, logrando en este período tasas de crecimiento del orden de los 55 Kg MS/há/día a 60 Kg MS/há/día.

Carámbula (1997) haciendo referencia a la distribución de forraje de distintos cultivos forrajeros anuales, señala que la avena hace entrega de un porcentaje importante de su producción en otoño (32 %) con la máxima entrega en invierno (44 %) y una disminución importante hacia la primavera (24 %). Por otra parte el raigrás ofrece menos de la quinta parte de su producción (18 %) en otoño, pero muy buenos aportes en invierno y primavera (40 % y 42 % respectivamente).

La mezcla de avena y raigrás es una alternativa forrajera de mucha importancia, dado que permite obtener una producción de forraje más balanceada, combinando la buena producción otoñal de la avena con el importante aporte invierno-primaveral del raigrás, lo que mejora la distribución estacional del forraje producido y alarga el período de utilización del verdeo. Es importante destacar que en nuestro trabajo el raigrás no fue sembrado sino que surgió de forma natural, de todas formas consideramos importante resaltar las características de dicha mezcla.

Comparando diferentes dosis de nitrógeno para avena, raigrás y la mezcla de ambos, Bermúdez (1992) encontró, para el promedio de todos los niveles de fertilización, rendimientos similares para la mezcla y el raigrás (6.200 Kg MS/há), superando a la avena pura en un 42%. Esto indica que la magnitud de la diferencia es consecuencia de la época de siembra tardía (mayo), que impidió a la avena demostrar su vigor inicial frente al raigrás.

Chiara (1975), demostró la superioridad en producción de forraje de la mezcla avena-raigrás sobre la avena pura, observando valores de producción para la mezcla de (5.138 Kg MS/há.), (4.141 Kg MS/há.) para el raigrás puro y (1.748 Kg MS/há.) para avena pura.

En referencia a la distribución estacional, es muy importante el efecto de las condiciones ambientales. En la evaluación de cultivares realizada por INIA La Estanzuela en el año 2000 (Labandera, 2001), se observó que la distribución de forraje promedio para tres variedades de avena fue de 39, 15 y 46% para otoño, invierno, primavera respectivamente (cuadro N° 2). Además del efecto año, otros factores tales como fecha de siembra, frecuencia y distribución de los cortes, así como el período asignado a cada estación, hacen que varíe la producción estacional en diferentes estudios.

Cuadro N° 2. Producción de forraje estacional y total (Kg MS/ha.) de 1095 a, Tucana y Polaris.

Cultivar	Otoño	Invierno	Primavera	TOTAL
1095 a	2560	1150	2590	6300
Tucana	2610	840	3940	7380
Polares	2610	950	2640	6200
Promedio	2590	980	3060	6630

Adaptado de: Labandera, 2001.

2.2. IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN VERDEOS INVERNALES.

El nitrógeno es uno de los nutrientes imprescindibles para el normal desarrollo de las plantas, dado que integra compuestos tales como aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, paredes celulares y clorofila (Perdomo et al., 1999).

2.2.1. Disponibilidad de nitrógeno en suelos del Uruguay.

Si bien algunos suelos pueden contener niveles elevados de este nutriente y bajo diversas formas, muchas de ellas no son de disponibilidad inmediata para las plantas. Por tanto los niveles disponibles naturalmente del mismo no son suficientes para cubrir las necesidades de cultivos y pasturas, especialmente debido a los altos potenciales de producción actuales, por lo que debe recurrirse al aporte del mismo vía fertilizantes.

El contenido de nitrógeno en los primeros 20 cm. del suelo oscila entre 0.02 y 0.04 %, dependiendo de algunos factores locales como ser clima, vegetación y material generador del suelo. De este nitrógeno total, aproximadamente un 98 % se halla bajo forma de compuestos orgánicos, estando el 2 % restante bajo formas inorgánicas (Rabuffetti, 1983). Las formas inorgánicas de nitrógeno en el suelo (nitrato, amonio y nitrito), que son las disponibles para las plantas, son transitorias en el mismo, pudiendo existir desde unos pocos gramos hasta 100 Kg/há. Por tanto, en la naturaleza existe una

relación inversa entre cantidad y disponibilidad para las plantas de las distintas formas de nitrógeno. No obstante, es esa baja disponibilidad del nitrógeno orgánico del suelo la que asegura la existencia de una fuente de reserva de este nutriente para las plantas (Perdomo et al., 1999).

La estimación de la capacidad de suministro de nitrógeno de un suelo requiere en primer lugar, comprender la dinámica del nitrógeno en un sistema agropecuario (Baethgen, 1992 a). Como en todos los nutrientes vegetales, existen entradas (fertilizantes, deposiciones atmosféricas), transformaciones de unas formas químicas de nitrógeno a otras (mineralización, inmovilización, descomposición de residuos) y salidas (pérdidas gaseosas, lavado de nitratos, pérdidas por erosión o deyecciones fuera del sistema en estudio) en lo que es la dinámica de un nutriente en el sistema (Baethgen, 1996).

2.2.1.1. Ganancias.

2.2.1.1.1. Fertilizantes.

En relación al uso de fertilizantes lo fundamental a considerar es que su aplicación debe ser tal, que acompañe los requerimientos del cultivo, los cuales varían a lo largo del ciclo del mismo.

La mayoría de los cultivos presentan curvas de producción de materia seca de forma sigmoideal que es muy parecida a la curva de absorción de nitrógeno por el cultivo. Este tipo de curva presenta una etapa inicial en la que el cultivo absorbe poca cantidad de nitrógeno, seguida por una etapa en que la absorción de nitrógeno aumenta muy rápidamente (fin de macollaje en cereales), y termina en una etapa en que la absorción vuelve a ser muy baja (generalmente una semana después de la floración).

Claramente esta curva permite observar dos momentos críticos para la aplicación de fertilizante nitrogenado. Una primera a la siembra para asegurar una buena implantación y desarrollo inicial en la que las cantidades requeridas son en general bajas pero fundamentales; y un segundo momento crítico que es el que precede inmediatamente a la rápida absorción de nitrógeno. Aquí es fundamental que el cultivo reciba un buen aporte de nitrógeno para permitir una buena producción de materia seca y desarrollar suficiente área foliar (Baethgen, 1996).

2.2.1.1.2. Mineralización.

La tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo depende de varios factores, dentro de los que se destaca la temperatura del suelo. Es por esto que a fines de otoño y durante el invierno, momentos en los cuales se dan las temperaturas mínimas, esta fuente de nitrógeno mineral ve disminuido su aporte. Si se considera un suelo con un contenido de MO del 3 %, y una tasa de mineralización anual de la misma del 1 %, la capacidad de aporte de nitrógeno mineral de dicho suelo en un período de 6 meses sería de 25 Kg/há (Perdomo et al., 1999). Un verdeo invernal como avena produce durante el período vegetativo aproximadamente 3000 Kg MS/há (Zanoniani et al., 2000), y si consideramos un contenido porcentual de nitrógeno en planta para ese período de 2,5 %, se requerirían 75 Kg del nutriente para obtener dicha producción de forraje. Es evidente que en la medida que no existan otros factores limitando el potencial productivo de los verdeos invernales, el nitrógeno aportado por el suelo no es suficiente para sostener un elevado potencial productivo en estas pasturas, por lo que el nitrógeno faltante en el ejemplo planteado, debería ser cubiertos a través del agregado de fertilizantes químicos que aporten este nutriente bajo formas rápidamente disponibles para las plantas.

En sistemas de cero laboreo la mineralización de la materia orgánica (MO) del suelo se ve reducida, y la no incorporación de los residuos enlentece la mineralización de los mismos. La magnitud del enlentecimiento en la mineralización de residuos dependerá de la cantidad de residuos, del tipo de residuos tanto en su forma física (tamaño, densidad y diámetro) como en su composición química (relación C/N, contenido de lignina, etc.), y de las condiciones climáticas. El aumento en los requerimientos de fertilizante nitrogenado se debe no sólo a la menor mineralización de los restos y de la materia orgánica del suelo, sino también a la inmovilización de nitrógeno ya que en los primeros años usualmente hay una ganancia neta de materia orgánica del suelo. La inmovilización del nitrógeno proveniente del fertilizante es más acentuada cuando este es aplicado en superficie (Kitur et al., 1984; Rice y Smith, 1984; Salet et al., 1997).

2.2.1.1.3. Descomposición de restos vegetales.

La descomposición de residuos de cultivos es otro de los procesos de gran importancia práctica afectando la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Esta descomposición es llevada a cabo por la microfauna (bacterias, hongos) y por la mesofauna (lombrices, coleópteros) del suelo, por lo que los factores que afectan la velocidad de descomposición de los residuos y en consecuencia la liberación de nutrientes son básicamente tres: (a) la composición química de los residuos, (b) la temperatura, y (c) la localización de los residuos (enterrados o en superficie).

Respecto al primero de los factores a su vez depende de la especie que se incorpora como residuo, del estado fonológico de la planta, y de la proporción de hojas, tallos y raíces del residuo, lo que determinará la proporción de pared celular en relación al contenido celular. El segundo de los factores es evidente que afecta la velocidad de descomposición ya que se trata de un proceso biológico, en el cual, a mayor temperatura mayor actividad biológica y mas rápida descomposición. Por último, el enterrado de residuos permite un mejor contacto de los mismos con los microorganismos del suelo, lo que favorece su descomposición. Los residuos dejados en superficie, presentan menos contacto con la fauna del suelo y además están sujetos a grandes cambios en la temperatura y disponibilidad de agua, lo cual reduce la velocidad de descomposición (Baethgen, 1996).

En Uruguay Morón y Baethgen (1995) estudiaron el efecto de los tres factores sobre la descomposición de residuos y la liberación de carbono, nitrógeno y fósforo. Los resultados demuestran que pueden existir casos en los que se pueden liberar grandes cantidades de nitrógeno en momentos en los que el cultivo sembrado no esta creciendo activamente, lo que determina una muy baja eficiencia de uso de ese nitrógeno aportado. En el otro extremo los resultados evidencian situaciones en los que los cultivos sembrados pueden llegar a competir por el nitrógeno del suelo con los residuos incorporados.

2.2.1.2. Pérdidas.

2.2.1.2.1. Lavado o Lixiviación.

La mayor infiltración de lluvias, el mayor almacenaje de agua en el perfil, junto a la menor evaporación resultan en un aumento en el potencial de lixiviación de nitratos. Por otro lado, el cero laboreo conduce al largo plazo a una mayor cantidad y continuidad de macroporos (poros realizados por mesofauna y canales dejados por raíces) lo que unido a la mayor infiltración aumenta el riesgo de pérdidas por lixiviación a través de flujo preferencial de fertilizantes aplicados sobre la superficie del suelo (Sharpley y Smith, 1993).

2.2.1.2.2. Desnitrificación.

Es un proceso en donde el nitrato es reducido a nitrógeno gas, en el proceso de respiración. Es realizado por bacterias anaerobias facultativas que en condiciones de bajo oxígeno utilizan como aceptor de electrones al nitrato.

Como es esperable debido a la mayor humedad, a la menor fluctuación de la temperatura diaria, y la mayor acumulación de residuos orgánicos en la superficie del suelo, usualmente hay mayor actividad microbiana en superficie de los suelos bajo cero laboreo comparados con suelos bajo laboreo convencional (Doran, 1980). Normalmente

hay también una mayor presencia de bacterias anaerobias lo cual resulta en menor potencial de oxidación y mayores pérdidas de NO_3 por desnitrificación en suelos no laboreados (Linn y Doran, 1984).

2.2.1.2.3. Volatilización de Amonio.

Así mismo, las oportunidades de incorporación de fertilizantes nitrogenados en el suelo debajo de la capa de residuos se ve limitada en este sistema, por lo cual las pérdidas por volatilización de NH_3 cuando se aplican fertilizantes amoniacales en superficie se ven incrementadas (Keller y Mengel, 1986; Urban et al., 1987; Stecker et al. 1993). Esto es especialmente importante al aplicar urea ya que produce un pH alcalino en la zona de disolución.

2.2.2. Fertilización nitrogenada en avena.

Dentro de ciertos límites de temperaturas invernales y en condiciones no limitantes de otros nutrientes (principalmente fósforo -P-) y de humedad, la fertilización nitrogenada incrementa la tasa de elongación foliar, la tasa de aparición de hojas y de macollas en las gramíneas forrajeras bajo sistemas de corte o pastoreo (Anslow, 1966; Wilman y Wrigth, 1983; Whitehead, 1970; Mazzanti, 1990; Mazzanti et al., 1994; Marino, 1996; mencionados por Mazzanti et al., 1997).

Si bien existen múltiples trabajos que han demostrado que los verdes invernales responden en forma positiva y lineal al agregado de nitrógeno, aún con dosis de hasta 100 Kg/há (Díaz-Zorita, 1997), es de fundamental importancia contar con indicadores objetivos y prácticos que permitan realizar una corrección efectiva de los requerimientos de este nutriente. El uso del contenido de nitratos en suelo, como indicador de la probabilidad de respuesta en producción de forraje al agregado de nitrógeno, es una herramienta de fácil uso y que permite realizar una aproximación objetiva a los requerimientos de este nutriente que poseen los verdes invernales. Al respecto Grosso (2001) menciona que el conocimiento de la disponibilidad de nitrógeno como nitratos en los 40 cm superficiales del suelo permite establecer cuán factible es la respuesta a la fertilización nitrogenada.

La existencia de respuesta a la fertilización nitrogenada, así como la magnitud de la misma depende fundamentalmente del contenido de nitrógeno inorgánico en suelo en ese momento. Es de destacar la existencia de algunos factores propios de cada situación considerada que pueden modificar la existencia y magnitud de la misma, como ser el uso anterior del suelo, fertilidad natural, sistema de labranza, cultivo antecesor, así como la disponibilidad de agua (Díaz-Zorita, 1997). También existen otras variables propias de la pastura y de la práctica de fertilización en sí, tales como estado fisiológico de la planta, dosis de nitrógeno aplicada, momento de aplicación, fraccionamiento del fertilizante nitrogenado y frecuencia de utilización (Carámbula, 1977).

La fertilización nitrogenada en cultivos deficientes de este elemento, y en ausencia de otras restricciones nutricionales o de humedad, provoca incrementos de la tasa de elongación foliar, de la tasa de aparición de hojas y estimula la producción de nuevos macollos para una misma temperatura (Marino et al., 1995; Lattanzi et al., 1996; Marino, 1996; Mazzanti et al., 1996). Los componentes del crecimiento señalados, determinan que la tasa de crecimiento de forraje se incremente en el mismo sentido.

2.2.2.1. Efecto del fraccionamiento.

Se pueden considerar tres momentos como importantes en la fertilización de un verdeo invernal: la siembra, el macollaje y la elongación de nudos.

Siembra: en este momento aplicaciones adecuadas de fertilizantes nitrogenados son imprescindibles para obtener una buena instalación de la pastura, lo que a su vez mejora su precocidad productiva. No obstante debe tenerse en cuenta la existencia de una menor posibilidad de respuesta por parte de las plantas debido a que las mismas en este momento de su desarrollo no pueden manifestar su potencial productivo. Además, en el período de implantación gran parte de la luz solar incidente no puede ser interceptada, lo cual implica una importante ineficiencia energética. Es por ello que se recomienda no usar dosis mayores a los 30-40 Kg de nitrógeno/há, debido a la posibilidad de existencia de pérdidas importantes de este nutriente (Zanoniani et al., 2000). Si se considera el nivel de nitratos en suelo a la siembra, Díaz-Zorita (1997) menciona que cuando dicho nivel es inferior a 20 ppm, el agregado de nitrógeno incrementa la producción de materia seca. Con niveles por encima de este valor las respuestas son aleatorias y de menor magnitud. Torres Duggan et al. encontraron respuesta al agregado de 40 y 80 Kg/há de urea, en producción de materia seca de verdeos invernales, cuando el contenido de nitratos en suelo a la siembra fue inferior a 20 ppm. Hay quienes manejan valores de nitratos en suelo superiores al mencionado anteriormente para este momento. Casanova (1998) menciona que con niveles de nitratos mayores a 25 ppm no sería necesario recurrir a la fertilización, cuando los niveles están ligeramente por debajo el crecimiento inicial estaría asegurado, pero no se obtendría el máximo potencial productivo siendo necesaria la aplicación de fertilizante luego del primer pastoreo. También García Préchac (1999) maneja niveles críticos de nitratos en suelo a la siembra para verdeos de invierno en cero laboreo, similares a los mencionados. Cuando el contenido de nitratos en suelo fue superior a 25 ppm al momento de la siembra, no encontró respuesta a la aplicación de nitrógeno en producción de forraje para el primer y segundo pastoreo.

Macollaje: en este momento la pastura posee una buena capacidad de respuesta a la fertilización nitrogenada, debido a que en esta etapa de su desarrollo se halla aumentando en forma muy importante uno de los componentes de la producción de forraje, que es el número de macollas por planta, pudiendo también aumentar el tamaño de los mismos. La dosis de nitrógeno a usar y la respuesta a obtener están influenciadas por la forma en la que se realiza el pastoreo y las condiciones climáticas pre y post re-fertilización. Las condiciones climáticas son las que en gran medida determinarán la respuesta al agregado de nitrógeno, dado que no sólo afectan la disponibilidad del mismo en el suelo, sino que también condicionan el crecimiento de las plantas, determinando mayor o menor respuesta según temperatura, heladas y radiación solar incidiendo en la pastura (Zanoniani et al., 2000). García Préchac et al. (1996), trabajando con trigo forrajero en siembra directa encontraron respuesta positiva y significativa en producción de materia seca, a la aplicación de hasta 150 Kg/há de nitrógeno al macollaje. También Pérez Gomar et al. (1996) en trabajos realizados con *Avena strigosa* sobre suelos arenosos, obtuvieron respuesta en producción de materia seca, con el agregado de hasta 200 Kg/há de nitrógeno, siendo dicha respuesta lineal hasta los 150 Kg/há de nitrógeno. Rebuffo (1995) en experimentos realizados con *Avena sativa*, con dosis de nitrógeno entre 50 y 100 Kg/há, obtuvo rendimientos de materia seca otoño-invernal entre 1.6 y 2.7 toneladas/há. La respuesta expresada como Kg MS/Kg nitrógeno agregado osciló entre 9 y 12. Sin embargo, esta respuesta puede ser de hasta 30 Kg MS/Kg nitrógeno agregado cuando la fertilización se realice más en otoño que en invierno, o bien cuando el invierno sea de mayor temperatura y luminosidad (Zanoniani et al., 2000). También Fontanetto et al, encontraron respuesta significativa en producción de materia seca de avena al agregado de 30 y 60 unidades de nitrógeno, con respecto al testigo.

En situaciones de suelos con baja capacidad de suministro de nitrógeno (menos de 5 ppm nitratos), Casanova (1998) recomienda la aplicación de aproximadamente 100 Kg/há de urea luego de cada utilización, para obtener una elevada respuesta a éste nutriente en producción de forraje

Elongación de nudos: es a partir de este momento que los verdes invernales tienen una gran capacidad de crecimiento y una elevada eficiencia energética, producto del pasaje del estado de desarrollo vegetativo al reproductivo. Debido a esto, se pueden obtener respuestas a la fertilización con nitrógeno hasta 6 veces mayores a las obtenidas en el período vegetativo (hasta 50 Kg MS/Kg de nitrógeno, Zanoniani et al., 2000). Mazzanti et al. (1997) en un trabajo realizado en avena comprobaron que la acumulación de forraje invierno-primaveral se incrementó con dosis crecientes de nitrógeno, siendo máxima con 250 Kg/há. Sin embargo la acumulación alcanzada con 100 y 150 Kg/há, no fue diferente estadísticamente de la mencionada anteriormente. La tasa de crecimiento osciló entre 29 y 234 Kg MS/há/día, para el testigo y el tratamiento con 250 Kg/há de nitrógeno, respectivamente.

Cuando se considera el uso de nitrógeno solamente en la instalación del verdeo o bien aplicaciones fraccionadas de dicho nutriente en diferentes momentos, pueden surgir diferencias en los resultados según características propias de las diferentes regiones. García et al. (1999) expresan que en regiones semiáridas y subhúmedas, que tienen como característica bajas precipitaciones en invierno, se ha comprobado que las respuestas son mayores cuando se aplica una dosis única de nitrógeno a la siembra. Los mismos autores mencionan que Kenny y Resch (1996) llevaron a cabo un experimento con centeno (*Secale cereale*) en el sur de Córdoba, donde evaluaron el efecto de la aplicación de urea al voleo en tres momentos: todo a la siembra, mitad siembra-mitad macollaje y todo a macollaje. Estos autores encontraron que el tratamiento con 80 Kg de urea a la siembra fue el de mayor rinde por há y también el más eficiente en Kg MS/Kg. de nitrógeno. Sin embargo fertilizaciones en la zona este de la Provincia de Buenos Aires muestran resultados opuestos. García et al. (1999) también mencionan a Bussolini et al. (1998) quienes en un trabajo realizado en raigrás, evaluaron 3 dosis de nitrógeno fraccionadas en 3 momentos (entre siembra y segundo corte). Los tratamientos más fraccionados fueron los más eficientes con respecto a dosis únicas aplicadas a la siembra en cuanto a los Kg MS/Kg de nitrógeno (24 vs. 13.1 Kg MS/Kg de nitrógeno, respectivamente). Resultados similares a los de Bussolini et al. obtuvieron Fontanetto et al., trabajando con avena en siembra directa con dos niveles de nitrógeno (0 y 40 Kg/há). Determinaron que aplicaciones fraccionadas (50 % siembra y 50 % post primer pastoreo) produjeron mayores incrementos de materia seca con respecto a una única dosis al momento de la siembra.

2.2.2.2. Efecto en la tasa de elongación foliar.

La respuesta de la tasa de elongación foliar (TEF) a la fertilización nitrogenada tiende a ser limitada cuando las temperaturas medias diarias del aire son menores a los 8 °C (Mazzanti et al., 1997).

La TEF durante el período de fines de otoño y principios de invierno, sería progresivamente limitada por la evolución decreciente que muestran las temperaturas. A partir de fines de julio, las temperaturas diarias aumentan, y en dicha condición raigrás anual y avena muestran la capacidad de incrementar la tasa de elongación foliar en respuesta a la fertilización nitrogenada (Marino, 1996).

2.2.2.3. Efecto en la tasa de aparición de hojas.

Según Anslow (1966), la respuesta de la tasa de aparición de hojas a la fertilización nitrogenada, es escasa para gramíneas forrajeras y en general poco coincidente. No obstante en estas especies es dable esperar una respuesta positiva en la tasa de aparición de hojas con la fertilización nitrogenada en condiciones de deficiencia severa de este nutriente.

2.2.2.4. Efecto en la tasa de aparición de macollas.

La fertilización nitrogenada incrementa la tasa de aparición y la densidad de macollos de pasturas de gramíneas en condiciones de pastoreo (Mazzanti et al., 1985; Mazzanti et al., 1994). Los incrementos que se observan sobre la tasa de aparición de macollos en respuesta a la fertilización nitrogenada pueden ser parcialmente explicados por un efecto directo del nitrógeno sobre la activación de los meristemas potencialmente productores de nuevos individuos (Whitehead, 1995). Sin embargo también cabe considerar un efecto indirecto, consecuencia del incremento en la tasa de aparición de hojas (Lattanzi et al., 1997), lo cual implica la generación de un mayor número de sitios potencialmente productores de macollos para los cultivos no carenciados en nitrógeno.

La fertilización nitrogenada en verdeos invernales produjo un incremento significativo sobre la densidad de macollos, que con el desarrollo del área foliar se atenúa, pudiendo disminuir en condiciones de elevadas acumulaciones de forraje (Marino, 1996). Dicha tendencia, podría atribuirse a modificaciones en el espectro lumínico que alcanza la base de la cubierta, y que determina la reducción del número de yemas axilares que se activan para producir nuevos macollos (Deregibus et al., 1981). Por otro lado, los macollos más desarrollados, ejercen una fuerte competencia por asimilados sobre los más pequeños, que por hallarse en un ambiente lumínico desfavorable, pueden morir (Ong, 1978).

2.2.3. Dinámica del nitrógeno en sistemas bajo pastoreo.

A fin de decidir el momento de mayor impacto de la fertilización nitrogenada en la producción de las pasturas es fundamental conocer la dinámica del nitrógeno en el suelo a lo largo del año. El nivel mínimo de nitrógeno disponible o mineral (nitratos + amonio) ocurre en invierno con las temperaturas más bajas y el máximo en primavera-verano con las temperaturas más altas. Por lo tanto, el período de invierno - principio de primavera es el momento crítico en la disponibilidad de nitrógeno para la pastura.

En numerosos ensayos se registraron importantes respuestas a la fertilización nitrogenada con aplicaciones de fin de invierno y principio de primavera que corroboran esta hipótesis. Aplicaciones más tardías resultan en menores eficiencias de uso del nitrógeno aplicado.

La aplicación temprana del nitrógeno adelanta el crecimiento de las gramíneas y, por lo tanto, el pastoreo, en un momento estratégico en cuanto a la oferta forrajera.

Un factor adicional que tiene implicancias importantes en la respuesta de las pasturas al agregado de nitrógeno es la inclusión de animales en pastoreo. La presencia de animales genera cambios importantes en la dinámica del nitrógeno en el sistema suelo-pastura-animal, siendo uno de los más importantes la incorporación del mismo vía deyecciones, especialmente orina (Equipo del Proyecto Fertilizar - INTA Pergamino). Es por esto que se destaca la importancia de obtener información de respuesta a nitrógeno en verdeos invernales bajo pastoreo con animales, porque es la situación que ocurre en condiciones de producción.

En situaciones de pastoreo la dinámica de nutrientes es muy compleja pues no sólo se trata del sistema suelo-planta, sino que presenta además un componente animal de marcada incidencia en el sistema. Respecto al nitrógeno, existen estimaciones de que un 70-80 % del nitrógeno consumido por los animales es reciclado. Del nitrógeno reciclado un 60-70 % lo hace en forma de orina y el resto en forma de heces. El nitrógeno en la orina está en forma disponible como urea y compuestos amoniacales, en tanto que el nitrógeno en las heces está bajo formas orgánicas. Sin embargo el nitrógeno en la orina tiene una baja eficiencia de uso, debido a la mala distribución y a las pérdidas existentes (Del Pino, 1997). Si bien la concentración de nitrógeno en las excreciones animales depende de algunos factores propios de los animales y de la pastura en sí, las cantidades de nitrógeno aportadas de esta manera (particularmente vía orina) pueden ser muy importantes. Whitehead (1995) citando varias fuentes afirma que el nitrógeno aportado vía orina de vacunos puede oscilar entre 30 y 120 Kg/há. También Whitehead (2000) menciona que el aporte de nitrógeno vía excreciones de vacunos puede llegar a ser de hasta 300 Kg /há en situaciones de pasturas fertilizadas con elevadas dosis de éste nutriente (250 Kg N/há). Si bien este aporte de nitrógeno vía excreciones animales determina aumentos en el contenido de nitrógeno mineral del suelo, el mismo está expuesto a pérdidas a través de diferentes vías como ser lixiviación de nitratos, desnitrificación y volatilización de amoníaco (Sommer et al., 1997).

Adicionalmente a una reducción de la respuesta a la fertilización nitrogenada, el nitrógeno aportado vía excreciones animales puede ocasionar problemas de quemado de plantas particularmente cuando se usan dosis elevadas de fertilizante nitrogenado. Además la presencia de animales puede determinar problemas de amasado del suelo y pisado de plantas, lo que hace a una menor eficiencia de uso del forraje producido en condiciones de pastoreo con respecto a la situación de cortes mecánicos. La realización de estudios de fertilización nitrogenada con uso de animales, si bien hace más complejo el manejo de los experimentos, tiene como gran virtud que los resultados obtenidos se asemejan más al verdadero funcionamiento del sistema suelo-planta-animal en comparación con experimentos realizados con cortes mecánicos (Equipo del Proyecto Fertilizar - INTA Pergamino).

2.3. SIEMBRA DIRECTA EN VERDEOS INVERNALES

En siembra directa o cero laboreo se elimina la inversión del suelo y las únicas perturbaciones que se realizan son en el surco de siembra o cuando se aplican fertilizantes localizados debajo de la superficie del mismo. Esta no perturbación del suelo junto con la acumulación de residuos sobre la superficie produce grandes cambios en la dinámica y distribución de nutrientes al establecerse un sistema de cero laboreo.

El aumento de cobertura del suelo con residuos aumenta la infiltración de agua de lluvia y sirve como una barrera insulada, que reduce la temperatura del suelo y la evaporación de agua. Por esto en sistemas de cero laboreo se ha reportado que los suelos se presentan más fríos, más húmedos, menos aireados, y más densos que bajo laboreo convencional durante la estación de crecimiento (Randall, 1980; Ketchenson, 1980; Moncrief y Schulte, 1982; Hill y Cruse, 1985).

Las menores temperaturas del suelo tienden a retrasar la germinación, emergencia, y crecimiento temprano de los cultivos. Además, el laboreo y la cobertura del suelo por residuos afecta la tasa y el patrón de desarrollo, la morfología, y el tamaño de los sistemas radiculares (Barber, 1971). Los suelos bajo cero laboreo presentan diferente distribución vertical de nutrientes inmóviles (P y K), materia orgánica, actividad microbiana, y raíces de los cultivos. También, la descomposición de residuos orgánicos en la superficie y subsecuente lavado de los resultantes ácidos orgánicos junto con la nitrificación de fertilizantes amoniacales aplicados en superficie, puede producir una capa ácida (1 a 5 cm de espesor) en la superficie de suelos minerales luego de varios años de manejo bajo cero laboreo (Shear y Moschler, 1969; Randall et al., 1985; Eckert, 1985; Grove, 1986; Eckert, 1991).

Estos cambios en contenido y distribución de materia orgánica, pH, y potencial de oxidación afectan la dinámica y disponibilidad de fósforo y nitrógeno aplicados en superficie, y la eficiencia de uso de los fertilizantes.

2.3.1. Dinámica del nitrógeno en verdes invernales

El cero laboreo es una práctica actualmente ampliamente difundida en los sistemas agrícolas-ganaderos de nuestro país. La ausencia de remoción del suelo determina importantes cambios en las propiedades químicas y físicas del mismo, lo que provoca alteraciones en la dinámica de los nutrientes en el suelo. Los cambios en la dinámica del nitrógeno consisten fundamentalmente en: a) un menor aporte de nitrógeno mineral proveniente de las fracciones orgánicas, debido al enlentecimiento en la tasa de mineralización de materia orgánica, b) un incremento en la inmovilización del nitrógeno proveniente del fertilizante, especialmente cuando éstos son aplicados en superficie, y c) aumento en el potencial de lixiviación de nitratos, a causa de una mayor infiltración de las lluvias y a un mayor almacenaje de agua en el perfil del suelo (Bordoli, 1997). Estas

son algunas de las causas por las cuáles un manejo ajustado de este nutriente en estos sistemas conservacionistas es de fundamental importancia.

En un experimento realizado en la EEA Rafaela (Estación Experimental Argentina, INTA Rafaela), se evaluó el efecto de la urea y momentos de aplicación de la misma sobre la producción de avena en siembra directa.

Se observó una marcada respuesta de la avena al agregado de nitrógeno, incrementándose la producción entre un 52 y un 75 % en relación con el testigo, mientras que la aplicación dividida fue la que produjo mayores incrementos de materia seca que la incorporada en un 100% a la siembra.

Estos resultados demuestran la necesidad de la fertilización nitrogenada en este sistema de siembra. El efecto mencionado se debe a que la fertilización luego del primer corte, estimula más el rebrote de la pastura que cuando la aplicación es total a la siembra. De las experiencias efectuadas surge que luego de determinada la dosis de nitrógeno a aplicar en avena con labranza cero (la que debe surgir del análisis de suelo), es más eficiente dividir la dosis que aplicarla toda al momento de la siembra. (Fontanetto et al.).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.1.1. Localización.

El presente estudio se realizó durante los años 2003-04 en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni, perteneciente a la Facultad de Agronomía, ubicada en el Km 363 sobre la Ruta Nacional N° 3, en el departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20' 29'' lat. Sur y 58° long. Oeste, 61 m s.n.m.).

La etapa de campo fue realizada durante el transcurso del año 2003 en el potrero N° 34 de dicha estación, sobre un suelo Brunosol Eútrico Típico, de la Unidad San Manuel sobre Formación Fray Bentos, según la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (Altamirano *et al*, 1976).

Cuadro N° 3. Densidad aparente del suelo

Profundidad del suelo (cm)	Densidad aparente g/cm²
0-5	1,18
5-10	1,39
10-15	1,38

3.1.2. Historia del sitio experimental

El experimento fue realizado sobre una pradera vieja. El barbecho químico comenzó el 27 de diciembre del 2002 con una aplicación de herbicida Glifosato a una dosis de 8 litros/há en 120 litros de agua. El 29 de enero del 2003 se aplicaron 6 litros/há de Glifosato más 350 cc/há de Banvel en 120 litros/há de agua. La última aplicación de Glifosato se realizó el 19 de marzo, con 2 litros/há en 120 litros de agua. El Glifosato se utilizó como herbicida total y el Banvel para el control de malezas de hoja ancha.

Luego de instalado el cultivo, el 10 de mayo se realizó una aplicación de 100cc/há de Banvel mas 800 cc/há de MCPA en 100 litros/há de agua para el control de malezas hoja ancha, y otra aplicación el 31 de mayo de fungicida Silvacur a razón de ½ litro/há en un volumen de 100 litros de agua, para control de mancha foliar.

3.1.3. Siembra

La siembra se realizó el 19 de marzo, con una sembradora para cultivos de invierno de cero laboreo, a una distancia entre hileras de 19 cm. La densidad de siembra utilizada fue de 90 Kg /há de avena cultivar Protina 34.

Cuadro N° 4. Porcentaje de germinación, pureza y peso de semillas.

Cultivar	Germinación (%)	Pureza (%)	Peso 1000 Semillas (g)
Protina 34	95	99	22,5

3.1.4. Fertilización.

Se fertilizó al momento de la siembra con 200 Kg/há de 25-33-33-0, para corregir los niveles de nitrógeno y fósforo al inicio del cultivo; el criterio de fertilización fue de acuerdo a análisis de suelos realizado previamente, cuadro N° 6. Posteriormente el 12 de abril se fertilizó con 60 Kg de urea toda el área experimental.

3.2. DETERMINACIONES EN LA PASTURA.

3.2.1. Porcentaje de implantación.

El porcentaje de implantación se determinó mediante la relación entre el número de plantas contabilizadas en los cuatro sitios fijos de 1 m lineal por parcela y el número de semillas viables sembradas en dicha área.

3.2.2. Producción de forraje.

Previo y posterior a cada pastoreo se determinó la biomasa disponible mediante cuatro cortes en áreas representativas dentro de la parcela, con un rectángulo de 0,5 m x 0,2 m al ras del suelo, esta metodología se utilizó para los tres primeros cortes. En el último corte se utilizó una segadora mecánica, con una altura de corte de 5 cm y un área de muestreo de 6,65 m².

Para obtener el porcentaje de materia seca se pesaron las muestras verdes y luego se llevaron a estufa a una temperatura de 60° C durante 48 horas obteniéndose mediante la relación verde y seca.

Posteriormente se calculó la producción de materia seca por hectárea mediante la diferencia entre el disponible actual y el remanente del corte anterior, ajustándose cuando correspondió por los días de pastoreo.

Para la determinar la producción de forraje se realizaron un total de 4 cortes. La fecha de los mismos fue la siguiente:

- *Corte 1*: 6 de mayo
- *Corte 2*: 18 de junio
- *Corte 3*: 31 de julio
- *Corte 4*: 29 de setiembre

3.2.3. Cuantificación de altura de plantas.

La altura de las plantas se determinó mediante 20 mediciones por tratamiento de la hoja más alta que tocara una regla dispuesta perpendicular al suelo.

3.2.4. Composición botánica.

Se determinó mediante la separación en laboratorio de avena, raigrás y restos secos dentro de cada muestra obtenida para determinar rendimiento de la pastura.

3.2.5. Peso de macollos.

Mediante la relación entre el número de macollos/m² cuantificado y la disponibilidad de forraje, se determinó el peso de macollos.

3.2.6. Número de plantas/m².

Se determinó el número de plantas en cuatro sitios fijos colocados por parcela, de un metro lineal cada uno, en el momento de emergencia de la pastura y al final del ensayo en donde se arrancaron las plantas.

3.2.7. Número de macollos/planta.

Se obtuvo mediante la relación entre el número de macollos y de plantas en los cuatro sitios fijos de un metro lineal colocados por parcela.

3.2.8. Número de macollos/m².

Determinamos el número de macollos en cada uno de los sitios fijos antes mencionados y se calculó posteriormente el número de macollos/m².

3.2.9. Relación lámina/vaina

Se separaron dentro de cada muestra recogida para la determinación del rendimiento, 50 macollos a los que se les separó lámina de vaina, y se seco en estufa, luego de esto se determinó la relación existente entre ambos para cada tratamiento.

3.3. DETERMINACIONES EN SUELO

3.3.1. Rastrojo en superficie.

Se tomaron doce muestras de rastrojo por bloque. Para esto se utilizó un rectángulo de 0,5 m por 0,2 m. Las muestras se secaron en estufa durante 48 horas a una temperatura de 60° C, luego se pesaron y se determinaron los kilogramos de materia seca de rastrojo por hectárea a la siembra. Cuadro N° 5.

Cuadro N° 5. Contenido de rastrojo a siembra por bloque, en Kg MS/há.

<i>Bloque</i>	<i>Kg MS/há</i>
1	5330
2	4958
3	4585

3.3.2. Nivel de nitrato (ppm), fósforo (ppm) y % de materia orgánica a la siembra.

Previo a la siembra se realizó un muestreo de suelos en el área experimental para determinar mediante análisis el contenido de nitratos, fósforo y % de materia orgánica (la muestra estuvo compuesta aproximadamente por 50 tomas, profundidad de muestreo 0,2 m).

Cuadro N°6. Resultado del análisis de suelos previo a siembra (promedio para toda el área experimental).

Materia orgánica (%)	3,86
Fósforo (ppm)	5,5
Nitratos (ppm)	4,5

3.3.3. Nitratos luego de cada pastoreo.

Luego de cada pastoreo se determinó mediante análisis de suelos el contenido de nitratos en ppm, a una profundidad de muestreo de 0,2 m.

Cuadro N° 7. Resultado de análisis de suelos posterior a cada pastoreo.

Tratamiento	FECHA		
	8 Mayo ppm NO ₃	22 Junio ppm NO ₃	18 Agosto ppm NO ₃
0	2,12	1,84	1,33
50	2,12	2,19	1,5
100	2,12	3,29	1,5
150	2,12	2,05	1,7

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño utilizado fue el de bloques divididos con tres repeticiones. En las parcelas principales se aplicaron en forma aleatorizada los tratamientos de nitrógeno luego del primer pastoreo (8 mayo). Para la segunda refertilización se subdividieron las parcelas principales y en forma aleatoria se aplicaron los tratamientos. El tamaño de las parcelas principales fue de 100 m² (10 m x 10 m), y el de las sub-parcelas de 25 m² (10 m x 2,5 m).

Los tratamientos fueron diferentes niveles de nitrógeno en la refertilización: 0, 50, 100 y 150 Kg N/há. La fuente nitrogenada utilizada fue la urea, la cual se aplicó al voleo.

Los datos obtenidos fueron analizados a través del programa estadístico SAS, realizándose ANOVA y contraste de medias mediante el test de LSD utilizando nivel de significación al 5 % cuando se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL AÑO 2003

Los datos climáticos que se presentan en el cuadro N° 8 pertenecen a la estación meteorológica automática de la EEMAC, que permitió caracterizar con mayor exactitud las condiciones climáticas durante el desarrollo del experimento.

Cuadro N° 8. Datos meteorológicos correspondientes al año 2003.

Meses	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
Temp. del aire °C									
Media	21.19	21.3	16.7	15.1	13.3	10.7	11.1	14.5	18.5
Máx. media	29.55	27.0	21.9	20.4	18.3	16.6	16.9	21.0	25.4
Mín. Media	17.99	16.1	11.8	10.8	8.6	5.23	6.0	8.0	11.8
Heladas (días)	0	0	0	0	1	5	1	0	0
Rad. Global (Kw/m ²)	0,17	0,17	0,13	0,10	0,078	0,097	0,109	0,168	0,209
Precipitaciones (mm)	195.6	195.3	231.4	228.8	33.6	31	184.6	80.4	56.2
Días con precipitación	11	14	18	13	16	11	15	10	8
PP total acumulado	195.6	390.9	622.3	851.1	884.7	915.7	1100.3	1180.7	1236.9

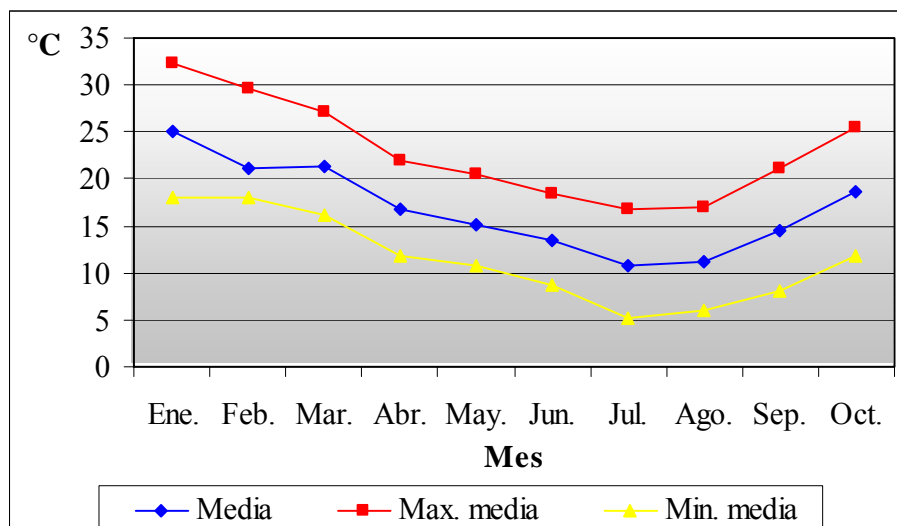
Fuente: Estación meteorológica automática de la EEMAC.

Se destaca como registros climáticos más sobresalientes, los excesos de precipitaciones otoñales superando la media histórica para este período (Figura N° 2), también la cantidad de días con precipitaciones que determinaron una menor radiación y presumiblemente un menor crecimiento de la pastura. Por otro lado, el número de días con heladas se puede considerar bajo.

4.1.1. Temperatura del aire.

Si se comparan las temperaturas medias promedio entre el año 2003 y la serie histórica se observa que no existen variaciones importantes, sólo que las temperaturas medias más bajas para el 2003 se registraron más hacia la salida del invierno, siendo los meses más fríos julio y agosto. A continuación se presenta en la figura N° 1 la variación de las temperaturas para el año del experimento.

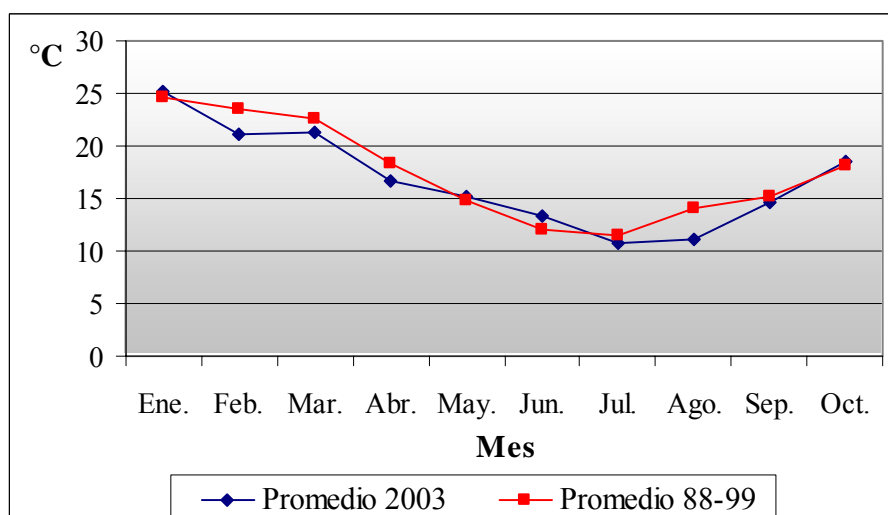
Figura N° 1. Variación mensual de la temperatura del aire (año 2003)



Fuente: Estación meteorológica automática de la EEMAC

En el período otoñal, no se registraron heladas y los valores de radiación global fueron superiores a los del período invernal. Las temperaturas medias diarias en el período otoñal fueron favorables para el normal crecimiento de la pastura ya que se encontraron por encima de los 15°C (temperatura mínima óptima para el crecimiento de las pasturas templadas).

Figura N° 2. Temperatura promedio mensual para Paysandú 1988-1999 y 2003.

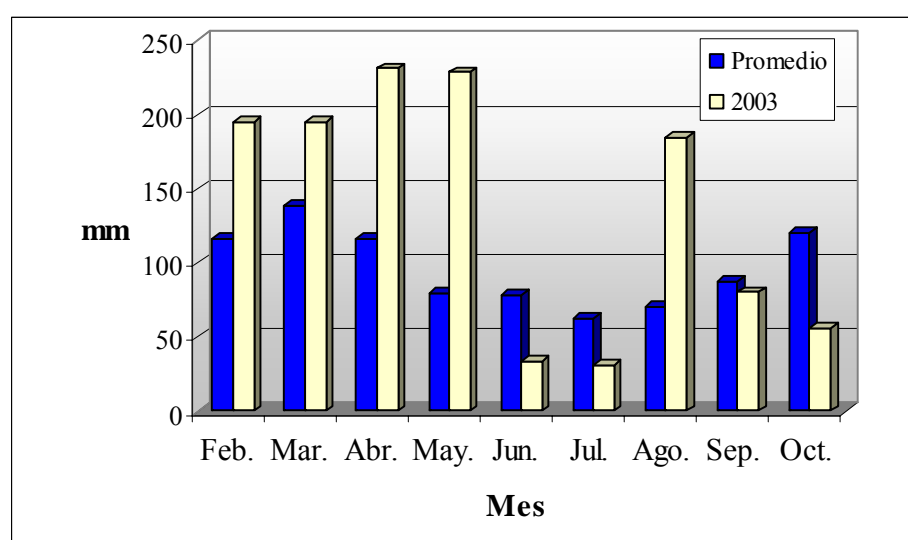


Fuente 88-89: Estación Meteorológica del Aeródromo Chalkling (Pdú).

4.1.2. Precipitaciones

En la figura N° 3 se observa como en los meses de fines de verano y otoño las precipitaciones para el año del experimento superan en gran medida a las de la serie histórica para el departamento de Paysandú, no siendo así para los meses subsiguientes en donde sólo en agosto se supera la media histórica.

Figura N° 3 Datos de precipitaciones promedio 1938-1999 y 2003** para la zona de Paysandú*

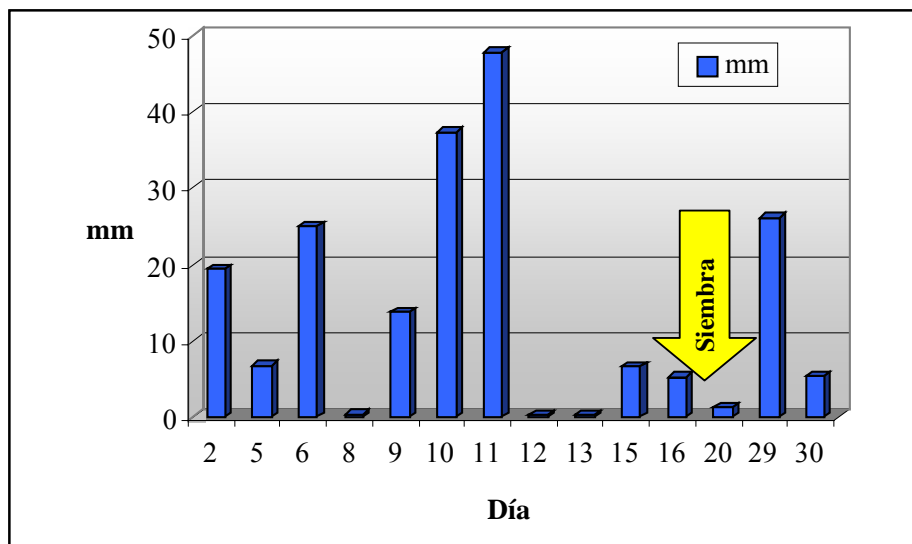


(*Fuente: E.M. Aeródromo Chalkling).

(**Fuente: E.M. EEMAC).

Se incluyó la figura N° 4 correspondiente al mes de siembra de la avena con el motivo de verificar el efecto de las precipitaciones en su implantación. A pesar de las precipitaciones registradas en los días previos y posteriores a la siembra, se logró una buena implantación, lo que resalta el valor de la avena como forrajera de buena adaptación a condiciones climáticas variables.

Figura N° 4. Registro de precipitaciones para marzo del 2003.



Fuente: Estación meteorológica automática de la EEMAC.

4.2. IMPLANTACIÓN

En los cultivos forrajeros anuales, la densidad de las plantas tiene una incidencia fundamental sobre la productividad, ya que mediante una población adecuada de plántulas se alcanza rápidamente el índice de área foliar óptima. De otra forma una menor cantidad de plantas por unidad de superficie trae como consecuencia un menor rendimiento al primer corte y un atraso de los primeros pastoreos, desperdiándose gran parte de la energía solar. Por tanto la producción en los subsiguientes cortes dependerá básicamente del macollaje de las plantas.

Para el experimento, la implantación fue de 281 plantas/m² (75%), la que se encuentra por encima de las poblaciones óptimas recomendadas en cereales de invierno para producción de forraje, las cuales oscilan entre 200-250 plantas/m² (Apuntes Forrajeras, 2003). Superan ampliamente a las obtenidas por Gómez, F. (45 %) en similares condiciones de chacra pero en siembra convencional. Son similares a las obtenidas por Achard y Reilly (70 %) también en condiciones de suelo similares pero con distinto método de siembra. Estos resultados indican la posibilidad de obtener adecuadas implantaciones con diferentes métodos de implantación siempre y cuando el punto de partida sea una chacra con una buena preparación de la sementera.

La adecuada fecha y densidad de siembra y la buena preparación de la sementera son las que explican en mayor medida la buena población de plantas obtenidas, ya que las condiciones climáticas no fueron favorables, con precipitaciones excesivas y casi la mitad del período con lluvias, por lo que se puede suponer que la radiación incidente fue baja.

4.3. PRODUCCIÓN OTOÑO – INVERNAL

4.3.1. Primer corte.

Este primer corte se llevó a cabo el 6 de mayo, en el mismo no se encontraban establecidos aún los tratamientos, las determinaciones se realizaron para utilizarlas como covariables para los tratamientos que se instalarán en las distintas parcelas.

Cuadro N° 9. Resumen de determinaciones promedio para todo el ensayo.

Producción (Kg MS/há)	1718
Tasa crecimiento (Kg MS/há/día)	39,9
Eficiencia de utilización (%)	70
Macollas (N°/m ²)	733
Implantación (N° plantas/m ²)	281
Implantación (%)	75
Macollas (N°/planta)	2,6
Altura disponible (cm)	20,8
Altura rechazo (cm)	4,8

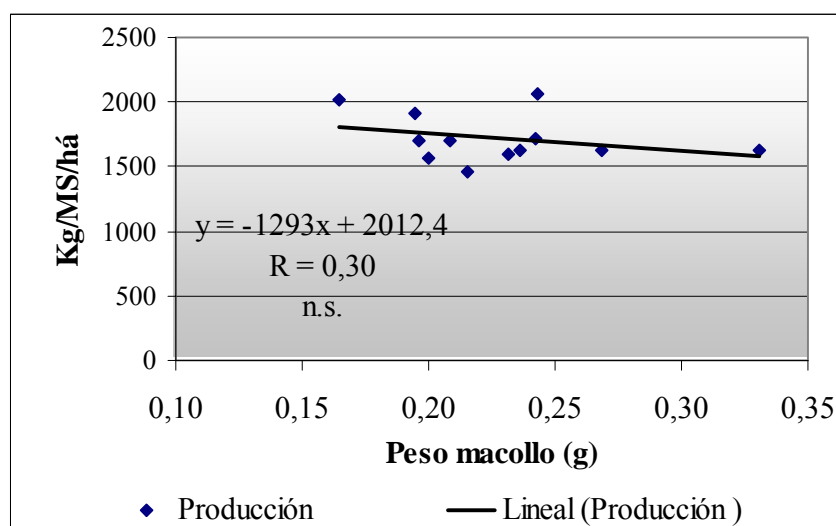
La razón principal de la siembra de avena para forraje es su precocidad forrajera otoñal, como vemos en el cuadro N° 9 en 43 días se alcanzó una producción de forraje de 1718 Kg MS/há, lo que permitió realizar un pastoreo temprano en una pastura con alta calidad y buena disponibilidad.

Esta producción de materia seca al primer corte fue buena debido a que se logró una buena implantación, a pesar que las condiciones climáticas posteriores a la misma no fueron óptimas para lograr buen macollaje y desarrollo de las plantas. Si comparamos la misma con los datos obtenidos por Gómez (2000) al primer corte para Avena c.v. INIA Polaris, (933,2 Kg MS/há) y c.v. RLE 115, (779,6 Kg MS/há), observamos que la producción de materia seca lograda casi duplica estos registros. Según diversos autores (Carámbula, M.; Durán, H. y García, J.), una avena en condiciones normales de desarrollo puede tener una producción de 1440 Kg MS/há en el otoño (32% de su producción total) similar a la obtenida en este experimento en el primer corte. Por otro lado, en evaluaciones realizadas por INIA (1992 hasta 1999), se detectó un rendimiento promedio de forraje para cuatro cultivares de avena al primer corte de 800 Kg MS/há

(Fuente: Rebuffo, M. (1998)) cifras inferiores a los de este experimento. Los resultados obtenidos por INASE (2000), para cinco cultivares de Avena al primer corte (1021 Kg MS/há), son también menores a los logrados, lo que reafirma las buenas condiciones productivas de este experimento. Esta producción de forraje fue consecuencia de un adecuado peso de macollas, macollas por metro cuadrado y número de macollas por planta.

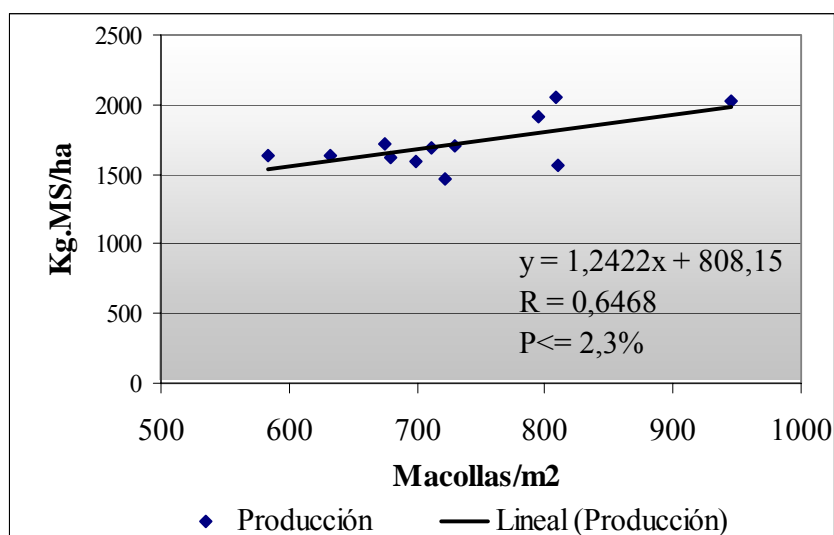
Cuando analizamos la importancia de cada componente en la expresión del rendimiento surge que el peso por macollo explica en menor medida la producción en este primer corte, ya que existe una muy baja correlación entre estos dos parámetros (Figura N° 5).

Figura N° 5. Correlación entre producción (Kg MS/há) y peso de macollo (g).



En cambio la producción de materia seca se asoció en mayor medida con el número de macollas/m². En el gráfico siguiente se observó una correlación positiva entre el número de macollos y la producción de materia seca. El modelo que mejor se ajustó fue el lineal, arrojando una correlación de 0.64, indicando que un aumento en el número de macollas determinará una mayor producción de materia seca por hectárea. Estos resultados coinciden con la mayor parte de los autores consultados, que destacan que la principal determinante del rendimiento en etapa vegetativa es el número de macollos y posteriormente en estado reproductivo pasa a ser el peso de los mismos.

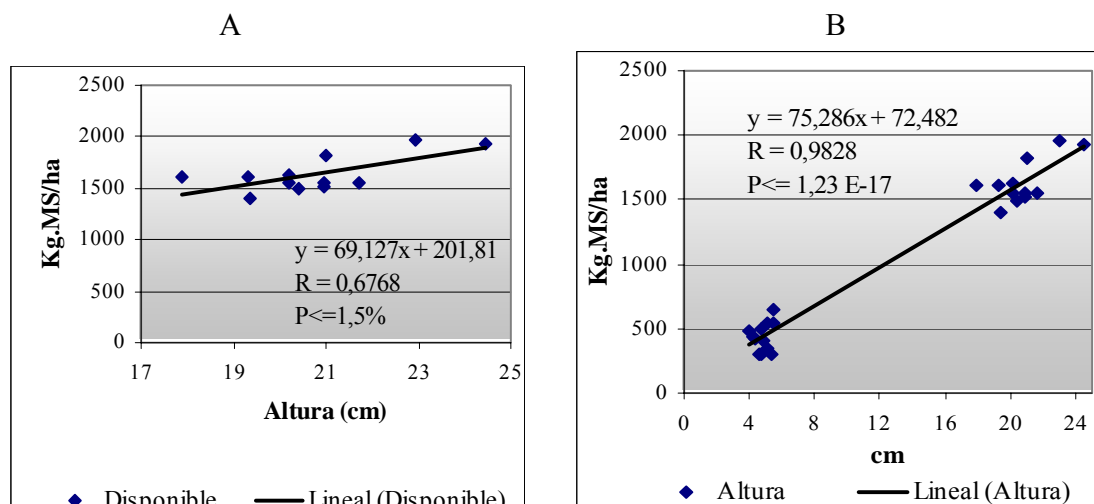
Figura N° 6. Correlación entre el número de macollos y producción (Kg MS/há).



Cuando analizamos en forma individual el número de macollos por planta (2,6); se observa un valor inferior al obtenido en otros experimentos (Gómez, F. 2000), esto se debió a que la alta población de plantas aumentó la competencia de las mismas dentro de la fila, por lo que el número de macollos por planta disminuyó. A pesar de ello la cantidad de macollos por unidad de superficie se mantuvo alta permitiendo una adecuada producción de forraje.

Las tasas de crecimiento determinadas en promedio para todo el experimento fueron de 39,9 Kg MS/há/día. Estas tasas son altas comparadas con las obtenidas por Gómez para el período otoñal en dos cultivares de avena (10,03 Kg MS/há/día para INIA Polaris y 8,38 Kg MS/há/día para RLE 115), explicado por la fecha de siembra más tardía de dicho experimento que disminuyó en forma notable el número inicial de plantas. Superan además a las encontradas por Ahunchain et al., (1997), de 27 Kg MS/há/día, lo que reafirma el buen comportamiento otoñal del verdeo y confirma la satisfactoria productividad del mismo.

Figura N° 7. Correlación entre Kg MS/há y altura del disponible(A) y Kg MS/há y altura de disponible mas el rechazo (B).



Al momento del corte la altura promedio del disponible fue de 20,8 cm. y la del rechazo de 4,8 cm.; esta altura presenta una alta correlación ($R: 0,98$) con la oferta de forraje de la pastura, figura N° 7. Se observó que para este corte conforme aumenta la altura de la pastura se incrementa la oferta de forraje para los animales, pudiéndose usar esta relación como estimador de la biomasa disponible para el ajuste de la carga.

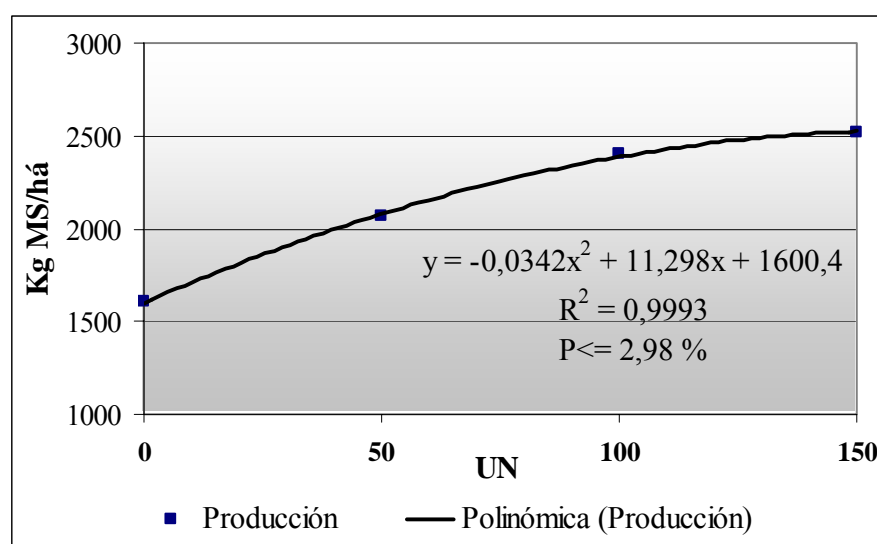
Otro aspecto interesante de destacar es la altura del remanente dejado por los animales luego del pastoreo, cercana a 5 cm que es citada como adecuada para favorecer el posterior rebrote. En el momento del retiro se observó una adecuada disponibilidad de forraje remanente con una alta proporción de láminas, parámetros fundamentales para obtener una rápida recuperación de su actividad fotosintética en las gramíneas erectas. Las altas cargas manejadas y el corto período de tiempo de pastoreo fueron fundamentales para lograr esta uniformidad en la pastura. La eficiencia de utilización estuvo cercana al 70 %, que es superior al 50 % normalmente utilizado para regular la carga, la mayor accesibilidad de estas gramíneas erectas son las causa de esta mayor utilización. Si bien los datos coinciden con los de Leborgne (1984), se debe tener en cuenta que este valor está obtenido como proporción del disponible y para este autor es en base al crecimiento.

4.3.2. Segundo corte.

A partir de este corte se comenzó con los diferentes tratamientos, detallados oportunamente en el punto de materiales y métodos.

La producción de materia seca en este período invernal fue inferior en el tratamiento sin refertilización (cuadro N° 10), incrementándose la producción conforme al aumento de las dosis de fertilizante, existiendo una alta correlación entre la dosis de nitrógeno agregado y la producción de materia seca en Kg/há para el segundo corte (Figura N° 8).

Figura N° 8. Efecto de la primer refertilización medido como producción en Kg MS/há.



Si comparamos la producción de forraje para cada corte, se observó claramente el efecto de la refertilización elevándola hasta valores de 2521 Kg MS/há para el tratamiento N150. Las tasas de crecimiento para los tratamientos que se refertilizaron fueron superiores en este período respecto del anterior, no siendo así para el testigo. Se encontraron porcentajes de incremento en las tasas de crecimiento del orden de 15 %, 34 % y 40 % para los tratamientos N50, N100 y N150 respectivamente; mientras que para el testigo se observó una disminución del 11 %. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento de 50UN y los de 100 y 150UN, así como tampoco entre el primero y el testigo. Si se detectaron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos 100 y 150UN. En el testigo se obtuvo una buena producción a pesar de no haber sido refertilizado (Cuadro N° 10).

Cuadro N° 10. Tasa de crecimiento promedio en Kg MS/há/día, Producción promedio en Kg MS/há y Coeficiente de variación en %.

Tratamiento	Tasa Crecimiento	Producción	C.V. (%)
0	35,6	1604,5 b	10,5
50	45,9	2067,2 ab	1,4
100	53,3	2400,2 a	20,9
150	56,0	2520,5 a	6,6

* Letras diferentes difieren significativamente a $P \leq 0,05$

Para este período del año, diversos autores (Carámbula, M.; Durán, H. y García, J. (1997)), encontraron una producción de 1980 Kg MS/há (44% de la producción total), cifra inferior a la obtenida para los tratamientos con refertilización nitrogenada, comprobándose la importancia que tiene la incorporación de este nutriente en estas gramíneas, provocando incrementos en la producción de materia seca por Kg de nitrógeno aplicado de 9,2; 7,9 y 6,1 para las dosis de nitrógeno de 50, 100 y 150 Kg. respectivamente.

Bussolini et al. (1998) citado por García et al. (1999), encontró evaluando raigrás con 3 dosis de nitrógeno fraccionadas y tres momentos (entre siembra y segundo corte) que los tratamientos más fraccionados fueron más eficientes que los de dosis únicas a la siembra, (24 vs. 13,1 Kg MS/Kg de nitrógeno respectivamente). Resultados similares a los de Bussolini et al. obtuvieron Fontanetto et al., trabajando con avena en siembra directa con dos niveles de nitrógeno (0 y 40 Kg/há). Determinaron que aplicaciones fraccionadas (50% siembra y 50% post primer pastoreo) produjeron mayores incrementos de materia seca con respecto a una única dosis al momento de la siembra. Remarcando la necesidad de la refertilización nitrogenada para la obtención de altos niveles de producción otoño-invernales.

Es de destacar que la producción de forraje para este período presentó estos altos valores a pesar de que las condiciones climáticas no fueron las más favorables para su expresión, ya que se caracterizó por el exceso hídrico con aproximadamente 270 mm en 22 registros entre el 8 de mayo y 18 de junio, así como por temperaturas promedio próximas al límite inferior para el crecimiento óptimo de la pastura (15 °C). Existió además casi un 50 % de días nublados, similar al valor registrado para el primer corte. Estas condiciones provocaron niveles de nitratos bajos en el suelo (Cuadro N° 7), que determinaron una alta necesidad del mismo para el crecimiento, pero así mismo limitaron la respuesta en producción. Esto reafirma la importancia de la avena como verdeo de invierno, ya que tiene un buen comportamiento a pesar de condiciones climáticas restrictivas para el crecimiento y desarrollo de las pasturas.

Para estimar la eficiencia fotosintética de la pastura se determinó la relación lámina/vaina, ya que una mayor proporción de láminas puede indicar más actividad fotosintética. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en esta relación entre los diferentes tratamientos, por tanto el agregado externo de nitrógeno no modificó dicha relación, cuadro N° 11. Se puede suponer que las diferencias en crecimiento entre los tratamientos estuvieron dadas por un mayor índice de área foliar y no por una mayor eficiencia fotosintética.

Cuadro N° 11. Relación lámina/vaina según tratamiento.

Tratamiento	Relación L/V
0	3,01 a
50	3,40 a
100	3,01 a
150	2,92 a

* Letras diferentes difieren significativamente a $P \leq 0,05$

Con referencia al número de macollas por metro cuadrado, el número de las mismas fue diferente para las distintas dosis evaluadas, presentando los tratamientos bajos de nitrógeno (0 y 50 UN) casi un 40 % menos que los tratamientos de 100 y 150 UN, en los que los valores son prácticamente iguales (Cuadro N° 12).

Cuadro N° 12. Número de macollas promedio (m^2) y coeficiente de variación (%).

Tratamiento	N° macollas/ m^2	C.V.
0	452 b	13,45
50	437 b	12,53
100	710 a	3,55
150	701 a	15,70

* Letras diferentes difieren significativamente a $P \leq 0,05$

Este efecto se debe a la priorización del crecimiento de los macollos ya establecidos en los tratamientos 100 y 150 UN, en donde se encuentra el nitrógeno en forma disponible para los mismos. No es así para el caso de 50 UN en donde el nitrógeno es menos abundante y asociado a las altas precipitaciones y baja irradiancia hacen que se reduzca el número de macollos por competencia entre estos. Finalmente se observó una disminución del macollaje con respecto al primer corte debido a las condiciones climáticas imperantes en este período, en donde existieron muchos días nublados por lo tanto baja irradiancia, exceso de precipitaciones y bajas temperaturas; cuadro N° 8. La evolución del número de macollos se puede observar en las figuras N° 16 y 17.

Cuadro N° 13. Peso promedio por macollo (g) según tratamiento.

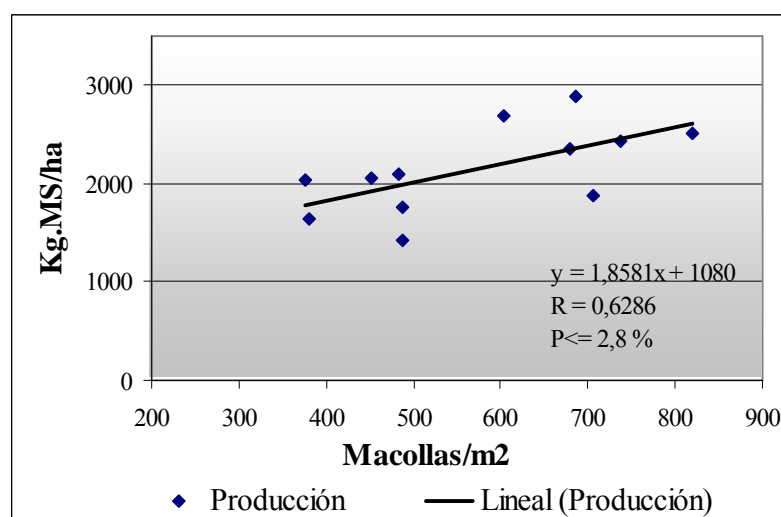
Tratamiento	g/macollo
0	0,40 b
50	0,54 a
100	0,37 b
150	0,41 b

* Letras diferentes difieren significativamente a $P \leq 0,05$

El peso de los macollos en estado vegetativo, depende de la tasa de aparición de hojas y del nivel de nutrientes en suelo, pero son relativizados por la competencia entre ellos cuando los niveles de nutrientes son limitantes (Cuadro N° 13). Por esta razón los macollos establecidos en los tratamientos con disponibilidad de nitrógeno intermedias fueron los más pesados, ya que a niveles más altos de fertilización el incremento en el macollaje disminuyó su peso individual (Cuadro N° 12).

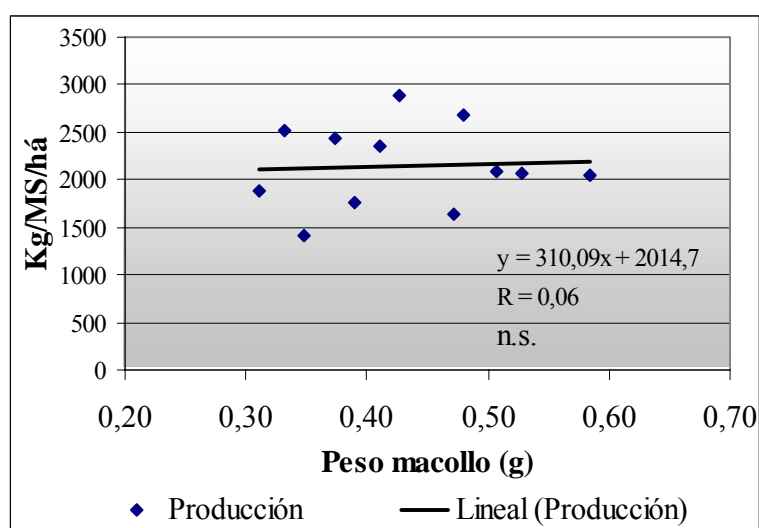
Cuando analizamos la importancia de cada componente en la expresión del rendimiento surge que al igual que para el primer corte el número de macollas explicó en mayor medida la producción. (Figuras N° 9 y 10).

Figura N° 9. Correlación entre el número de macollos/m² y producción (Kg MS/há).



A pesar de ello la correlación encontrada entre el número de macollas por metro cuadrado y la producción en Kg MS/há no fue tan alta, lo que determina que si bien la misma posee mayor importancia para este corte, la interacción entre ambos componentes en los diferentes niveles estudiados es la determinante de la productividad.

Figura N° 10. Correlación entre producción (Kg MS/há) y peso de macollos (g).



En el cuadro N° 14 se observa la altura del forraje disponible y del rechazo, de donde se desprende claramente que para los tratamientos con mayores dosis de nitrógeno las alturas fueron mayores. La altura del rechazo fue similar estadísticamente para los distintos tratamientos, lo que indica un pastoreo uniforme, y a una intensidad que permite que quede un remanente adecuado para favorecer el posterior rebrote de la pastura.

Cuadro N° 14. Altura promedio para disponible y rechazo.

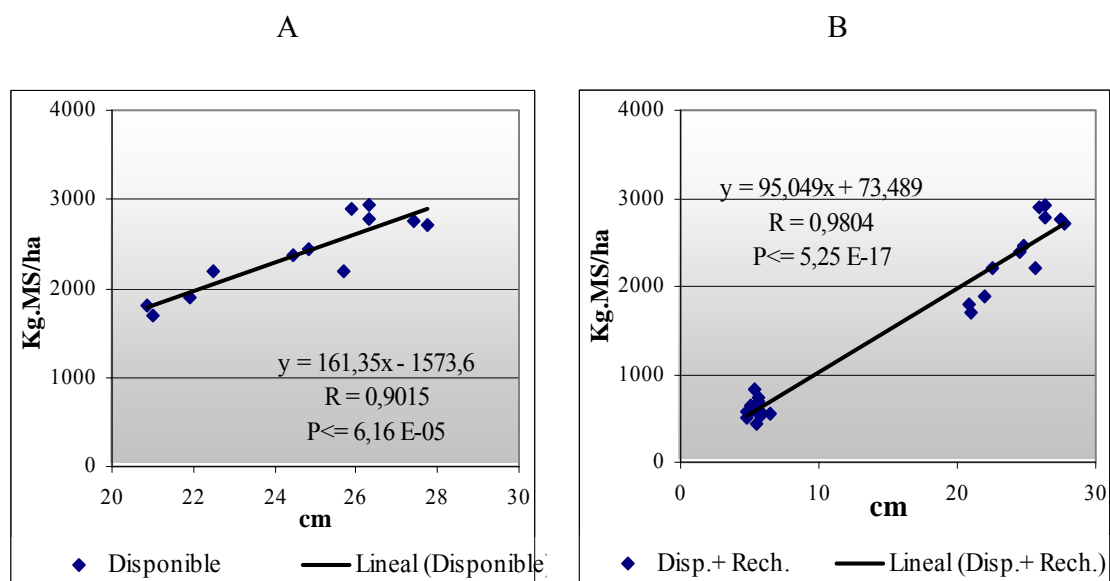
Tratamiento	Disponible (cm)	Rechazo (cm)
0	21,3 c	5,47 a
50	23,9 b	5,85 a
100	26,5 a	5,29 a
150	26,6 a	4,99 a

* Letras diferentes dentro de la misma columna difieren significativamente a $P \leq 0,05$

La correlación entre materia seca disponible y altura de la pastura al momento del corte es alta al igual que en la determinación anterior. Se reafirma entonces que para

estas condiciones cuando tenemos mayores alturas, mayor es la cantidad de forraje y que la misma puede ser utilizada para ajustar la carga animal.

Figura N° 11. Correlación entre Kg MS/há y altura del disponible (A) y Kg MS/há y altura del disponible mas el rechazo (B).



4.3.3. Tercer corte.

La producción de materia seca al momento de este corte fue menor que en los anteriores, con disminuciones importantes en las tasas de crecimiento, la baja disponibilidad de nitrógeno asociada a condiciones climáticas desfavorables para la mineralización de este nutriente y para el crecimiento de la pastura, determinaron una merma importante en el aporte de forraje. Para este corte se consideró un período de crecimiento de 57 días, para lograr alcanzar el momento indicado para el ingreso de los animales.

Entre los tratamientos 50, 100 y 150 UN, no hubo diferencias significativas en producción de materia seca, diferenciándose todos ellos del testigo. En este último se encontró además un coeficiente de variación de la producción superior a los tratamientos con nitrógeno, indicando una mayor desuniformidad de la pastura producto de una diferencial disponibilidad de nitrógeno en el suelo (orina, heces y remociones por insectos).

Cuadro N° 15. Producción promedio (Kg MS/há), Tasa de crecimiento (Kg MS/há/día) y coeficiente de variación (%).

Tratamiento	Tasa crecimiento	Producción	C.V.
0	5,92	337,7 b	55
50	18,03	1027,8 a	18
100	16,67	950,0 a	5
150	20,85	1188,4 a	7

* Letras diferentes dentro de la misma columna difieren significativamente a $P \leq 0,05$

Las tasas de crecimiento para este período fueron sensiblemente menores que en el otoño debido a las condiciones climáticas restrictivas para el crecimiento de la pastura, esto es temperaturas bajas promedio menores a 15 °C y baja irradiancia, ya que las precipitaciones, si bien no fueron excesivas, hubieron muchos días con registros, lo que implica días nublados. A esto debemos asociarle que no se refertilizó previo a este corte, por tanto el crecimiento en este período pudo haberse realizado como consecuencia de un reajuste entre los distintos componentes de la producción a las nuevas condiciones ambientales presentes.

En este sentido la relación lámina/vaina no presentó diferencias entre los distintos tratamientos por lo que no fue determinante en el comportamiento entre ellos.

Cuadro N° 16. Relación lámina/vaina según tratamiento.

Tratamiento	Relación L/V
0	3,90 a
50	3,13 a
100	3,30 a
150	4,30 a

* Letras diferentes difieren significativamente a $P \leq 0,05$

Sí existe un comportamiento diferencial en el número de macollas/m² entre los distintos tratamientos, pero sin una tendencia clara atribuible a un efecto de las fertilizaciones anteriores, ya que el tratamiento de 50 UN es inferior al testigo.

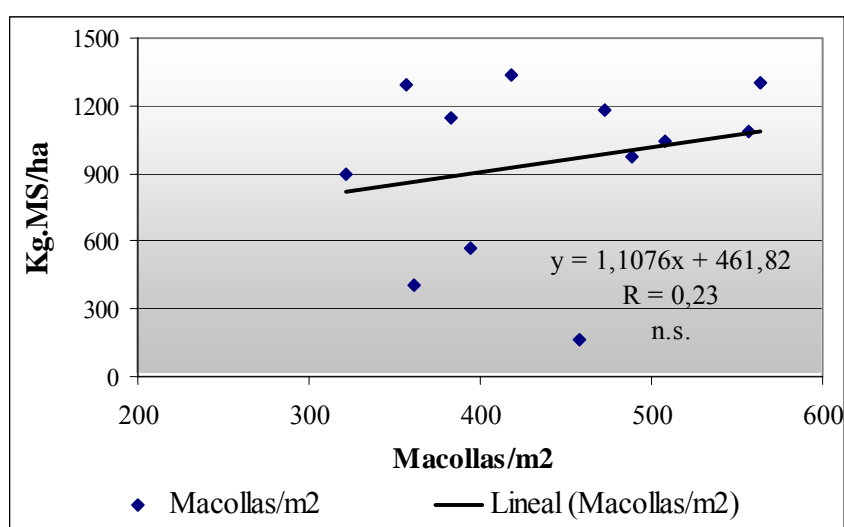
Cuadro N° 17. Número de macollas promedio (m²) y coeficiente de variación (%).

Tratamiento	N° macollas/m ²	C.V.
0	405 bc	12.06
50	353 c	8.78
100	518 a	6.80
150	485 ab	15.09

* Letras diferentes difieren significativamente a $P \leq 0,05$

Este componente tampoco explica la diferencia en producción de materia seca ya que el tratamiento de 50 UN a pesar de tener menos macollos por metro cuadrado que el testigo (Cuadro N° 17), lo triplica la producción de forraje (Cuadro N° 15), determinando una baja correlación entre ellos. Figura N° 12.

Figura N° 12. Correlación entre el número de macollos/m² y producción (Kg MS/há).

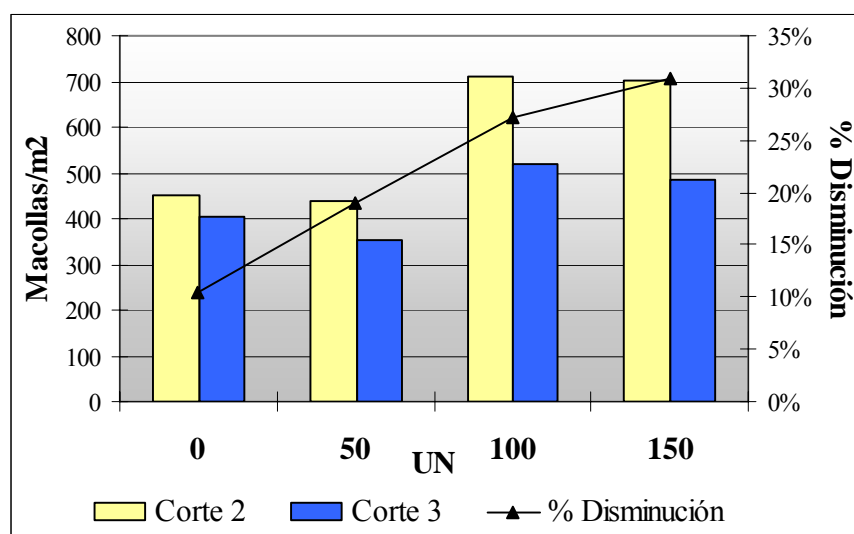


Al comparar el número de macollas por metro cuadrado con los valores anteriores se evidencia una disminución, la que es más acentuada en los tratamientos 100 y 150 UN que son los que presentaban mayor número previo. El porcentaje de disminución tomando como referencia el anterior corte, fue de: 10,4%, 19,2%, 27% y 30,8% para los tratamientos, 0, 50, 100 y 150 UN respectivamente. Figura N° 13.

La mayor competencia y muerte de macollas puede explicar este comportamiento, ya que las peores condiciones ambientales (menos nitrógeno en suelo y condiciones climáticas desfavorables) determinaron menores niveles de nutrientes, imposibilitando el mantenimiento de un elevado número de macollos. Los valores de

nitratos del análisis de suelos realizado el día 22 de junio, corroboraron esta deficiencia de nitrógeno.

Figura N° 13. Variación del número de macollos/m² y porcentaje de disminución entre el 2do. y 3er. corte.



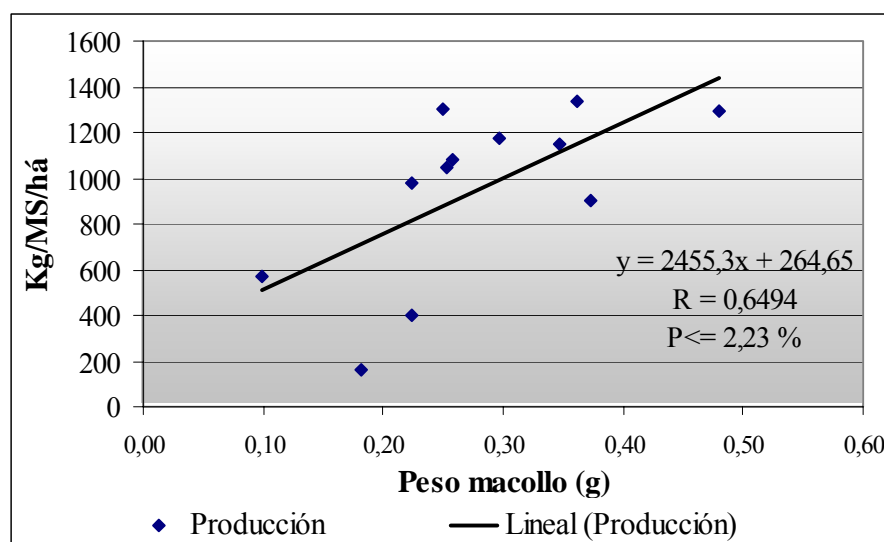
Con respecto al peso promedio de cada macollo, se encontraron diferencias no sólo con respecto al corte anterior, sino también entre los tratamientos fertilizados y el testigo. La diferencia con respecto al corte anterior se puede atribuir a una disminución en la tasa de aparición de hojas en este período, en el cual las condiciones ambientales fueron más restrictivas. Esta reducción en el peso de macollos (conjuntamente con un menor número de estos) fue el principal determinante de la menor producción de materia seca por hectárea con respecto al segundo corte y el responsable de las diferencias entre los distintos tratamientos.

Cuadro N° 18. Peso promedio por macollo (g) según tratamiento.

Tratamiento	g/macollo
0	0,17 c
50	0,40 a
100	0,25 bc
150	0,30 ab

* Letras diferentes difieren significativamente a $P \leq 0,05$

Figura N° 14. Correlación entre el peso de macollos (g) y producción (Kg MS/há).



Las alturas del disponible para los distintos tratamientos fueron menores a las determinadas anteriormente, y muy similares entre si, arrojando diferencias significativas solamente entre los tratamientos 100 UN y el testigo. En cuanto a la altura del rechazo, se realizó una determinación general de todo el experimento, en forma diagonal, obteniéndose un dato promedio. Dicha altura se encuentra dentro de los límites propuestos de pastoreo para evitar condicionar la sobrevivencia de la pastura.

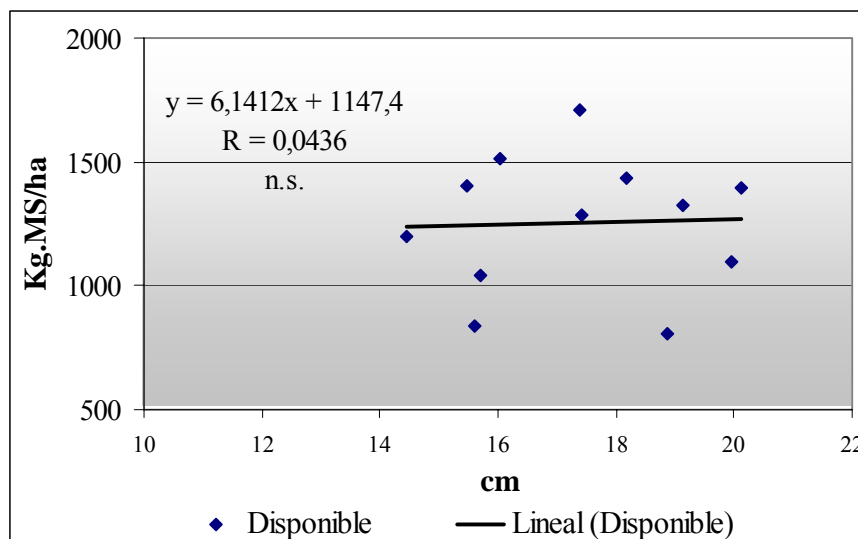
Cuadro N° 19. Altura de plantas para el disponible y rechazo (cm) según tratamiento.

Tratamiento	Disponible	Rechazo
0	16.7 b	4.7
50	17.0 ab	4.7
100	18.5 a	4.7
150	17.2 ab	4.7

* Letras diferentes difieren significativamente a $P \leq 0,05$

Para este corte se encontró una baja correlación entre la altura y cantidad de forraje disponible, lo que limita la utilización de este parámetro para estimar la biomasa presente.

Figura N° 15. Correlación entre la altura (cm) y el disponible (Kg MS/há).

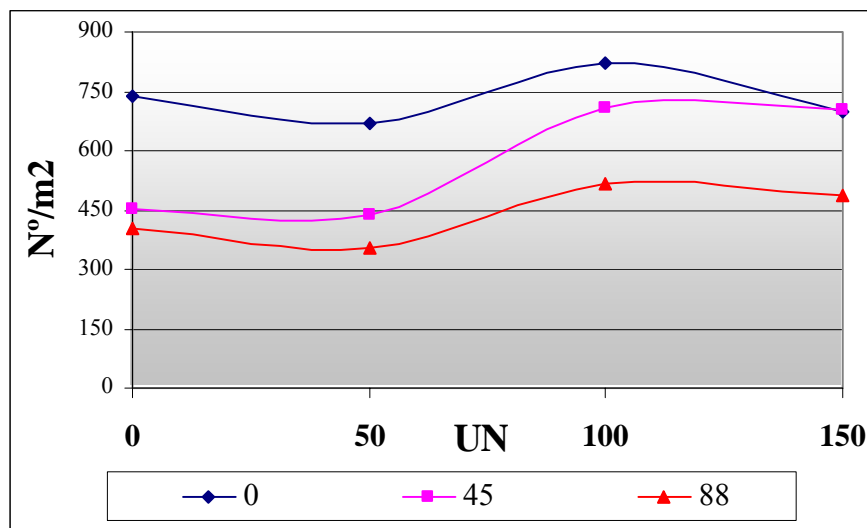


4.3.4. Análisis de la productividad total del período otoño-invernal.

4.3.4.1. Evolución del número de macollas.

El número de macollas por metro cuadrado, presentó una marcada disminución a medida que transcurre el tiempo, sin embargo su tendencia fue diferencial entre los distintos tratamientos, fundamentalmente entre los refertilizados con mayores dosis y los que no recibieron o lo hicieron en menor cantidad. Mientras que en los últimos las mayores disminuciones se dieron entre el primer y segundo corte, en los otros se dieron entre el segundo y tercero. Este comportamiento diferencial indica que la limitante fundamental para el crecimiento fue el nivel de nitrógeno y que la principal causa de disminución estuvo provocada por una mayor competencia entre los macollos.

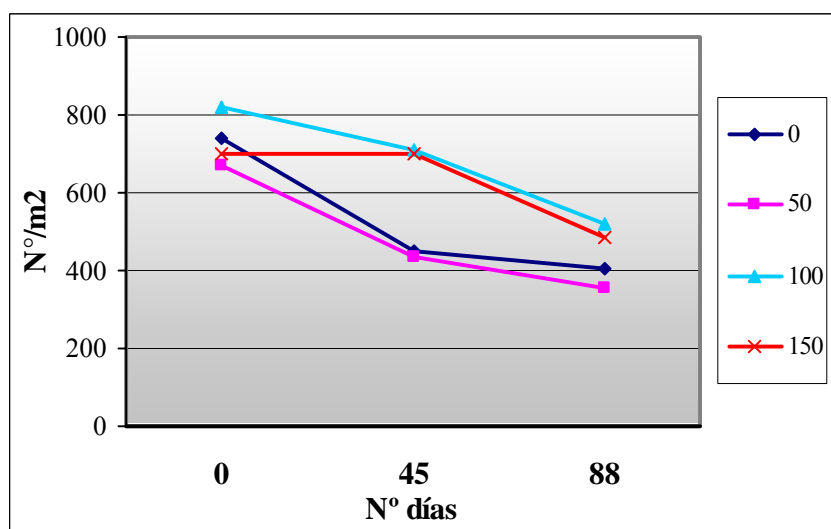
Figura N° 16. Evolución del número de macollos/m² pos 1er. corte según unidades de nitrógeno.



Nota: El día cero se corresponde con el primer corte.

También se puede ver para el caso del segundo corte, el marcado efecto de la refertilización cuando pasamos de 50 a 100 unidades de nitrógeno, incrementándose el número de macollas en un 62 %.

Figura N° 17. Evolución del número de macollos por tratamiento según días 1^{er}. corte.



Nota: El día cero se corresponde con el primer corte.

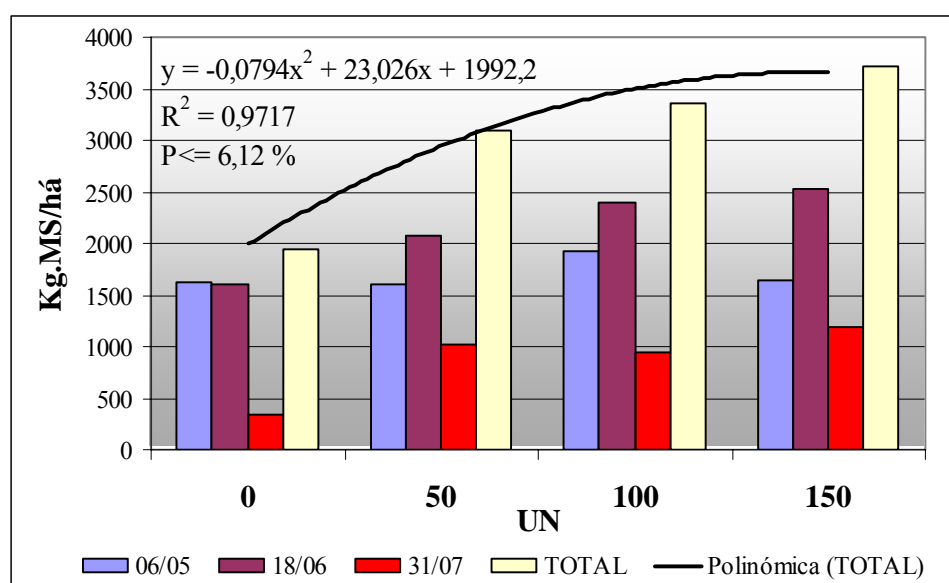
En este período se observó que los tratamientos de 100 y 150 UN mantienen prácticamente el número de macollos luego de la primer refertilización, no siendo así para los tratamientos de 0 y 50 UN en donde se da muerte de macollos por competencia, disminuyendo significativamente la población de los mismos.

A partir de los 45 días se dió una disminución más marcada en los tratamientos de 100 y 150 UN debido a que el nitrógeno se hace deficitario para mantener dicha población de macollas.

4.3.4.2. Evolución de la producción de forraje.

La producción total de forraje aumentó a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno hasta valores de 100 unidades para luego permanecer sin marcadas variaciones hasta las 150 unidades de nitrógeno.

Figura N° 18. Producción total y por corte según dosis de nitrógeno en Kg MS/há.



La producción otoño-invernal de la avena alcanzó valores de 5341 Kg MS/há con 150 unidades de nitrógeno, lo que arroja una eficiencia de 11,8 Kg MS/Kg de nitrógeno. Las demás dosis alcanzan producciones totales de 4703 y 5277 Kg MS/há para 50 y 100 unidades de nitrógeno respectivamente. Las eficiencias para estas dosis fueron de 22,8 y 17,2 Kg MS/Kg de nitrógeno agregado. Indicando el aumento del potencial de respuesta de esta especie y la necesidad de evaluar el impacto de producción para toda la estación de crecimiento y no en el período corto de tiempo entre pastoreos, dado la residualidad mostrada de la fertilización nitrogenada.

Si comparamos las producciones según los diferentes cortes, vemos que el tercero fue el de menor producción dada por las condiciones climáticas desfavorables y por la baja disponibilidad de nitrógeno como ya fue mencionado anteriormente. Respecto del segundo corte, se observa una clara respuesta al agregado de nitrógeno lo que incrementó la producción de la pastura en este período.

Comparando estas producciones otoño-invernales con las obtenidas por Labandera (2001), que arrojaron en promedio para tres cultivares de avena de 3570 Kg MS/há, vemos que en todos los tratamientos de este experimento se superaron dichas producciones.

4.3.5. Composición botánica.

En este punto se tratará la composición botánica de la pastura, ya que en los diferentes cortes efectuados se observaron plantas de raigrás, nacidas en forma natural por lo que se la considerará como un aporte a la producción total de la pastura.

Cuadro N° 20. Producciones promedio por tratamiento de Avena y Raigrás según fecha de corte en Kg MS/há.

Tratamiento	Corte 1		Corte 2		Corte 3	
	Avena	Raigrás	Avena	Raigrás	Avena	Raigrás
0	1304,7 a	315,0 a	1329,6 bc	274,9 c	205,3 c	132,3 b
50	1385,3 a	223,0 a	1235,6 c	831,6 a	587,3 b	440,4 a
100	1650,5 a	276,4 a	1750,4 ab	649,8 ab	599,7 ab	350,5 a
150	1504,0 a	128,6 a	2070,1 a	450,4 bc	740,7 a	447,7 a

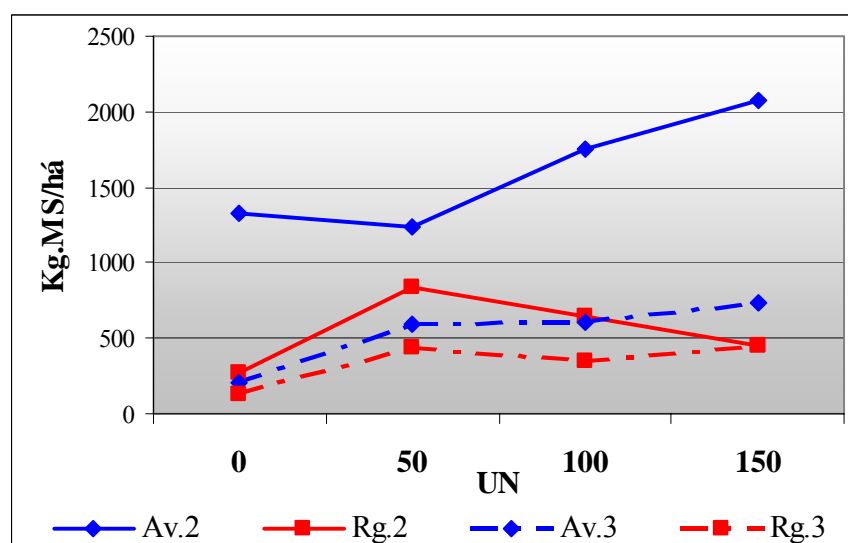
* Letras diferentes dentro de la misma columna difieren significativamente a $P \leq 0,05$

Como puede apreciarse en el cuadro N° 20, para el corte 1 las producciones de avena y raigrás no fueron significativamente diferentes entre los tratamientos, de esta forma se obtuvo una producción promedio de 1461 Kg MS/há y 236 Kg MS/há para la avena y el raigrás respectivamente. Esto significa que el raigrás aportó la sexta parte de lo aportado por la avena en este período, reafirmando la importancia de la resiembra natural del raigrás en estos suelos agrícolas forrajeros. Queda en claro la potencialidad de producción de la avena que permitió un pastoreo de muy buena calidad en un período crítico de los establecimientos o en sistemas de producción intensivos.

A medida que avanzamos hacia los meses del invierno y primavera notamos como se incrementa la presencia de raigrás en la producción total de la pastura, llegando al tercer corte con una alta incidencia, para alcanzar en el período primaveral a su mayor aporte de materia seca, complementándose de forma importante con la avena que realizó aportes en el período otoño-invernal. Esta mezcla permitiría alcanzar

producciones superiores al cultivo de avena puro, y una mayor distribución de la oferta forrajera.

Figura N° 19. Producción (Kg MS/há) de Avena y Raigrás para el 2do. y 3er. corte según unidades de nitrógeno.



Se observó una mayor presencia de raigrás en los tratamientos con nitrógeno respecto del testigo, así mismo una menor competitividad de este frente a la avena en el segundo corte. En donde la producción de avena aumentó conforme se incrementaron las dosis de nitrógeno, en detrimento de la producción de raigrás. Figura N° 19.

4.4. PRODUCCIÓN PRIMAVERAL

4.4.1. Cuarto corte.

Las condiciones de manejo utilizadas no permitieron que el verdeo de avena pasara al estado reproductivo, por lo que las tasas de crecimiento aquí presentadas corresponden a un período corto de crecimiento vegetativo. Los resultados obtenidos son coincidentes con la bibliografía consultada, ya que en esta estación es cuando se da una menor producción de forraje si los puntos de crecimiento han sido removidos. En cambio, si se hubiera posibilitado que la pastura avanzara en desarrollo reproductivo, los resultados de producción de materia seca hubiesen sido superiores.

Cuadro N° 21. Producción Total (Kg MS/há) según UN a la 2da. refertilización.

Tratamiento	Producción (Kg MS/há)
0	402,3 b
50	583,6 a
100	617,4 a
150	582,8 a

* Letras diferentes difieren significativamente a $P \leq 0,05$

La producción de forraje en este corte presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos con nitrógeno y el testigo, pero con valores marcadamente inferiores a los encontrados en las determinaciones anteriores. Si tenemos en cuenta que las condiciones climáticas para este período primaveral fueron favorables para el normal crecimiento de la pastura en términos de temperaturas, precipitaciones y radiación, se puede afirmar que el manejo propuesto no permitió el pasaje al estado reproductivo, limitando el potencial de respuesta del verdeo.

Las variables que mejor explicaron las diferencias encontradas entre los tratamientos fueron, el número de macollas/m² y la proporción de raigrás. Para la primera variable los tratamientos fertilizados presentaron aproximadamente un 50 % más de macollas que el testigo. Este comportamiento reafirma el concepto expresado anteriormente de la no expresión del estado reproductivo en este verdeo, ya que las diferencias no se manifestaron por un mayor peso individual de macollas.

Cuadro N° 22. Número de macollas/m² según tratamiento a la segunda refertilización.

Tratamiento	Macollas/m ²
0	299 b
50	440 ab
100	456 a
150	516 a

*Letras diferentes difieren significativamente a $P \leq 0,05$

Si se comparan los valores de macollas/m² con los mencionados por Millot et al, 1981 para igual período de crecimiento, se denota un bajo número en este experimento, lo que permite suponer una remoción o decapitación de los ápices reproductivos en el corte anterior, lo que no permitió la expresión de un alto rendimiento. El testigo es el que presentó una mayor disminución en el número de macollas, continuando de esta forma con la tendencia ya establecida desde el segundo corte.

La otra variable que también explicó el incremento de producción con la fertilización nitrogenada fue la proporción de raigrás en cada tratamiento, presentando la misma tendencia a la encontrada para la producción total, reafirmando la importancia de esta gramínea naturalizada y su aceptable respuesta al agregado de nitrógeno.

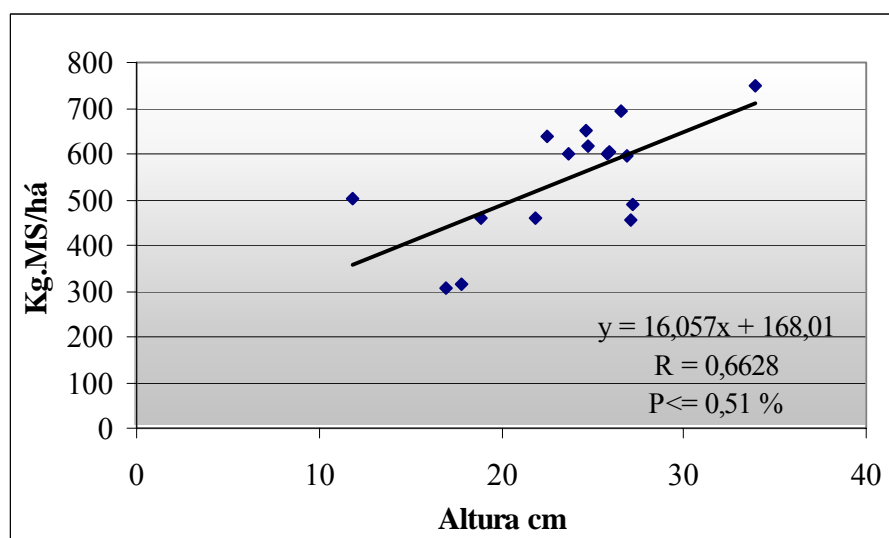
Cuadro N° 23. Producción de raigrás según UN a la segunda refertilización (Kg MS/há).

Tratamiento	Producción Raigrás (Kg MS/há)
0	104 b
50	243 a
100	272 a
150	310 a

*Letras diferentes difieren significativamente a $P \leq 0,05$

La altura promedio de ingreso a la pastura fue de 23,8 cm, pero con un alto coeficiente de variación producto de las diferentes condiciones productivas entre los tratamientos. En general el testigo fue el que presentó los valores más bajos y también la menor cobertura de suelo, dado su menor número de macollas. En este corte la altura constituyó un buen estimador de la biomasa presente, aunque los valores explicados por cada cm de altura fueron marcadamente inferiores (16 Kg MS), respecto de los anteriores cortes (Figura N° 20).

Figura N° 20. Correlación entre producción de MS y altura de planta.



En general no existió interacción entre la primer y segunda refertilización para la producción total y para la de avena, por lo que no serán tratados estos aspectos estudiados. Las excepciones a este comportamiento fueron la cantidad de macollas por planta y la proporción de raigrás. Esta última variable demuestra la conveniencia de utilización de verdeos mezclas avena-raigrás cuando se manejan exclusivamente para pastoreos hasta finales de octubre.

4.5. ANÁLISIS ECONÓMICO.

A los efectos de utilizar la refertilización nitrogenada como herramienta de manejo para aumentar la productividad de los verdeos de invierno, se realizó un análisis económico. Para ello se estimó el costo por kilogramo de materia seca de incremento de las refertilizaciones con relación al testigo, tomándose un precio del Kg de nitrógeno de U\$S 0,62 y relacionándolo con la eficiencia de producción de materia seca.

Cuadro N° 24. Eficiencia y costo de producción según tratamiento para primer y segunda refertilización.

TRATAMIENTO	PRIMER REFERTILIZACIÓN		SEGUNDA REFERTILIZACIÓN	
	Eficiencia (KgMS/KgN)	U\$S/TonMS	Eficiencia (KgMS/Kg N)	U\$S/TonMS
50 UN	23,1	27	3,62	172
100 UN	14,1	44	2,15	289
150 UN	11,8	53	1,20	518

Se desprende claramente como para la segunda refertilización las eficiencias son muy bajas, lo que limita la rentabilidad de esta práctica. En cambio, para la primer refertilización, se lograron eficiencias mayores y por lo tanto un menor costo de producción, lo que sí permitiría recomendar esta práctica.

Si comparamos el costo de producción de la tonelada de materia seca a la primer refertilización con 150 UN, con los precios de diferentes alimentos para vacunos, se observa que el verdeo resultó el más barato y por lo tanto el más recomendable, aunque se debe tener en cuenta las diferencias nutricionales que presentan cada uno de ellos Cuadro N° 25.

Cuadro N° 25. Precio de diferentes alimentos para rumiantes.

ALIMENTO	PRECIO U\$S/Ton MS
Afrechillo de trigo	111
Fardo de alfalfa	160
Fardo mezcla	97
Ración balanceada	151
Experimento 150 UN	53

Para comparar estos resultados con productos finales de la producción de carne y leche, se evaluó el costo de producción del Kg de carne y del lt de leche con respecto a los valores obtenidos en la producción de materia seca de la primer refertilización. Para esto se tomó como supuesto que el consumo de 1 Kg de materia seca equivale a producir 1 lt de leche y que cada 15 Kg de materia seca consumida el animal produce 1 Kg de carne.

Cuadro N° 26. Comparación de los costos de producción y venta de leche y carne.

1er. Refertilización	LECHE		CARNE	
	COSTO (US\$/lt)	VENTA (US\$/lt)	COSTO (US\$/Kg)	VENTA (US\$/Kg)
50 UN	0,027	0,13	0,41	0,80
100 UN	0,044	0,13	0,66	0,80
150 UN	0,053	0,13	0,80	0,80

Comparando el costo de producción con el precio de venta se ve claramente como esta práctica permitiría beneficios económicos que viabilizarían su aplicación. Debemos tener en cuenta además que esta mayor disponibilidad de forraje en esta época otoño-invernal permitiría aumentar la carga y consumir de forma más eficiente los excesos primaverales.

5. CONSIDERACIONES FINALES.

1. Se observaron diferencias estadísticamente significativas durante el período otoño-invernal en la producción de materia seca entre el testigo y los diferentes tratamientos con nitrógeno, por lo que resulta determinante la refertilización con nitrógeno para obtener buenas producciones de forraje. También se encontraron diferencias entre el tratamiento con 50 UN y los tratamientos de 100 y 150 UN. Entre estos dos últimos no se encontraron diferencias significativas.
2. Las mayores producciones de materia seca obtenidas por los tratamientos de 100 y 150 UN se asociaron a un mayor número de macollas/m², no siendo determinante en esta etapa el peso de los macollos. Este concepto reafirma lo citado en la bibliografía.
3. Se encontró una alta correlación entre la altura de forraje y la disponibilidad de materia seca en los dos primeros cortes, aumentando la disponibilidad conforme se incrementa la altura de la pastura, lo que demuestra la importancia de este estimador como indicador de disponibilidad de forraje. En el tercer corte no se encontró una alta asociación entre estos parámetros.
4. La disponibilidad de nitrógeno en suelo luego de cada pastoreo fue muy baja, independientemente de la dosis de nitrógeno agregada en la refertilización.
5. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con nitrógeno y el testigo para la segunda refertilización en la producción de materia seca. Entre los tres tratamientos con nitrógeno no existieron diferencias.
6. La decapitación anticipada de los puntos de crecimiento limitó la respuesta a la segunda refertilización ya que no se permitió el pasaje a estado reproductivo.

6. CONCLUSIONES.

1. La buena preparación de la sementera, la fecha de siembra temprana y la fertilización inicial, permitieron una adecuada implantación, que resultó clave para alcanzar una alta producción de materia seca en el período otoño-invernal.
2. Las tasas de crecimiento obtenidas en el segundo corte, fueron incrementadas cuando se aplicaron altos niveles de nitrógeno (tratamientos 100 y 150 UN) encontrándose diferencias significativas entre estos y el tratamiento de 50 UN y el testigo. En cambio para el tercer corte no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con nitrógeno, pero sí entre estos y el testigo. Se concluye que para obtener altas tasas de crecimiento en este período la disponibilidad de nitrógeno no debe ser una limitante.
3. No se evidenció interacción entre la primera y segunda refertilización para la producción de forraje y sus diferentes variables involucradas. Las únicas variables que presentaron interacción fueron el número de macollas por planta y la proporción de raigrás.
4. Se comprobó que existe un aporte natural importante de raigrás en nuestras condiciones de pastoreo, manifestándose este en mayor forma a medida que nos acercamos al período primaveral. También se observó una mayor presencia en los tratamientos con nitrógeno.
5. La eficiencia obtenida como consecuencia de la primer refertilización y la coyuntura de precios actuales justifican esta práctica en establecimientos agropecuarios.

7. RESÚMEN.

El 19 de marzo del 2003, se realizó en la Estación Experimental “Dr. Mario Alberto Cassinoni”, Paysandú (32° 20’ 29’’ lat. Sur y 58° long. Oeste, 61 m s.n.m.) un experimento con la finalidad de evaluar el efecto de la refertilización nitrogenada de avena en cero laboreo bajo pastoreo. Los componentes estudiados fueron la producción y distribución estacional de forraje, y dinámica poblacional.

La avena utilizada fue el cultivar Protina 34, y la fuente nitrogenada, urea. Para obtener las mediciones se realizaron tres cortes en el período otoño-invernal y un corte en la primavera.

La producción de la avena se vió incrementada por el efecto de la refertilización nitrogenada, esto se comprobó en ambas aplicaciones. El mayor incremento de producción se dió en la primer refertilización, realizada en el otoño. Los tratamientos que tuvieron mayores producciones de forraje a la primer refertilización (período otoño-invernal) fueron los de 100 y 150 UN, no encontrándose diferencias entre ambos, pero si entre estos y el de 50 UN y el testigo que fue estadísticamente el de menor producción.

La segunda refertilización (período primaveral), arrojó resultados diferenciales entre el testigo y los tratamientos con nitrógeno, siendo la producción de forraje para estos últimos superior a este, y estadísticamente igual para las tres dosis de nitrógeno.

No se encontraron efectos de interacción entre las dos refertilizaciones en la producción de la avena en estado vegetativo.

8. SUMMARY.

On March 19, 2003, at the Experimental Station "Dr. Mario Alberto Cassinoni", Paysandú (32° 20' 29" lat. Sur y 58° long. Oeste, 61 m s.n.m.) an experiment was carried out with the purpose of evaluating the effect of the nitrogenated refertilization of oats in non tillage and grazing systems. The studied components were the production and seasonal distribution of forage, and population dynamics.

The oats used were cv. Protina 34, and the nitrogenated source, urea. To obtain the measurements three cuts were made in the autumn winter period and one cut was made in the spring.

The production of the oats turned out to be increased by the effect of the nitrogenated refertilization, this was verified in both applications. The largest increase of production was evidenced in the first refertilization done in the autumn. The treatment that had larger productions of forage by the first refertilization (autumn winter period) were those of 100 and 150 UN, not finding differences between both, but rather between these and that of the 50 UN and the control which was statistically the one with less production.

The second refertilization (spring period), showed marked results between the control and the treatments with nitrogen, being the production of forage for the latter superior to the control, and statistically the same for the three doses of nitrogen.

There were no interaction effects found between the two refertilizations in the production of the oats in vegetative state.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- 1) ACHARD, S.; REILLY, R.; 2001. Productividad de diferentes cultivares de avena. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 59p.
- 2) AHUNCHAIN, M; CIBILS, R; RESTARINO, E; RISSO, D.F; ZARZA, A. 1997. In Pasturas y Producción en Áreas de Ganadería Intensiva. E. Restaino; E. Indarte ed. Montevideo. INIA. Serie Técnica N° 15. pp. 166: 67-75.
- 3) ALTAMIRANO, A.; DA SILVA, H.; DURAN, A.; ECHEVARRÍA, A.; PANARIO, D.; PUENTES, R.; 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; Clasificación de suelos. Uruguay, M.G.A.P., Dirección de Suelos y Fertilizantes. 83 p. (Tomo 1).
- 4) ANSLOW, R. C. 1996. The rate of appearance of leaves on tillers of de gramineae. Herb. Abst., 36:149-155.
- 5) AYALA, W. 1992. Producción de forrajes de verdeos puros y asociados. In Verdeos de invierno. Resultados Experimentales 1991-1992. INIA. Treinta y Tres. pp. 53: 10-24.
- 6) BAETHGEN, W.E. 1992 a. Dinámica del nitrógeno en sistemas de rotación cultivos-pasturas. In: Morón, A y Baethgen, W.E. (eds.). Investigaciones Agropecuarias (INIA) 1: 3-25.
- 7) BAETHGEN, W.E. 1996. El nitrógeno en los sistemas agrícola-ganaderos. INIA La Estanzuela. Serie Técnica N°76. 9-22p.
- 8) BARBER, S.A.1971. Effect of tillage practice on corn (Zea Mays L.) root distribution and morphology. Agron J. 63: 724-726.
- 9) BERMÚDEZ, R. 1992. Fertilización nitrogenada de verdeos. In Verdeos de invierno. Resultados Experimentales 1991-1992. INIA. Treinta y Tres. pp 53: 37-44.
- 10) BORDOLI, J. M. 1997. Dinámica de nutrientes y fertilización en siembra directa. In. Manejo de la fertilidad en producciones extensivas (cereales y pasturas). Cátedra de Fertilidad. Montevideo. Facultad de Agronomía. pp. 72 - 77.

- 11) CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 518 p.
- 12) CARÁMBULA, M. 1981. Producción de semillas de plantas forrajeras. Montevideo. Hemisferio Sur. 518 p.
- 13) CARÁMBULA, M. 1997. Producción de pasturas en el Uruguay. In Forrajeras Tomo I. Cátedra de forrajeras ed. Paysandú. Facultad de Agronomía. pp 1-15.
- 14) CASANOVA, O. 1997. Manejo de la fertilización en verdeos. In. Manejo de la fertilidad en producciones extensivas (cereales y pasturas). Cátedra de Fertilidad. Montevideo. Facultad de Agronomía. pp. 62 - 64.
- 15) CHIARA, G. 1975. Verdeos de invierno. In Revista de la A.I.A. N° 2, abril-junio. pp 25-28.
- 16) DAVIES, I. 1972. The pattern of reproductive development and the leafiness of spring and early summer regrowths in two contrasting varieties of ryegrass. *The Journal of Agricultural Science* 78(1):27-35.
- 17) DEL PINO, A. 1997. Dinámica de nutrientes en campo natural y pasturas con leguminosas. In. Manejo de la fertilidad en producciones extensivas (cereales y pasturas). Cátedra de Fertilidad. Montevideo. Facultad de Agronomía. pp. 56 - 61.
- 18) DÍAZ-ROSELLO, R.; LEGUISAMO, N.; URCHIPIA, A. 1993. Pastoreo de trigo. INIA La Estanzuela. Serie Técnica N° 36.21 p.
- 19) DÍAZ-ZORITA, M. 1997. Verdeos de invierno. In. La fertilización de cultivos y pasturas. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp 175 - 182.
- 20) DORAN, J.W. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduce tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:765-771.
- 21) ECKERT, D. J., AND J. W. JOHNSON. 1985. Phosphorus fertilization in no-tillage corn production. *Agron. J.* 77:789:792.
- 22) ECKERT, D.J. 1991. Chemical attributes of soils subjected to no-till. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 405-409.
- 23) FERRANDO, M.; SORRONDEGUI, D. 1998. Efecto de las variables de manejo en la producción de semillas de Raigrás INIA Titán. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 160 p.

- 24) FONTANETTO, H.; KELLER, O.; GAGLIANO, C.; OROSCO, D. Fertilización de avena en siembra directa: diferentes fuentes nitrogenadas y momentos de aplicación. EEA INTA Rafaela.
- 25) FORMOSO, F. A. 1995. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In Seminario de actualización técnica sobre producción y manejo de pasturas. Tacuarembó. INIA Tacuarembó. pp I 1-16.
- 26) GARCÍA PRÉCHAC, F. 1999. Siembra directa en la producción de forraje. In. Curso de actualización "Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas". Facultad de Agronomía - INIA - PROCISUR. Paysandú.
- 27) GARCÍA PRÉCHAC, F.; TERRA, J. A.; BLANCO, F. 1996. Uso de elementos de la tecnología en producción forrajera en suelos de lomadas del este. In. Curso de actualización "Manejo y conservación de suelos". Facultad de Agronomía. Montevideo. pp. 87 - 100.
- 28) GARCÍA, F. O., RUFFO, M. L.; DAVEDEREDE, I. C. 1999. Fertilización de pasturas y verdes. [http://www.inpofos.org/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf2572b8525693e0053ea70/e941d8dec991ad088325696c006d370b/\\$FILE/ArtPasturasIAFeb99.doc](http://www.inpofos.org/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf2572b8525693e0053ea70/e941d8dec991ad088325696c006d370b/$FILE/ArtPasturasIAFeb99.doc). (Consulta: 18 enero 2003).
- 29) GARCIA, J. A. 1977. Biología de las plantas forrajeras. Curso Internacional de Producción Lechera (Octubre 1977). Montevideo, Facultad de Agronomía. 23 p. (Mimeógrafo)
- 30) GARDNER, A. L; ALBUQUERQUE, H. E; DE LUCÍA, G. R. 1968. Producción de forraje de Raigrás anual y cereales de invierno. MGA. CIAAB. Boletín Técnico N° 9. 24p.
- 31) GAY, A. P. 1993. Leaf area and light interception. In. Sward measurement handbook (second edition). Davies, A.; Baker, R. D.; Grant, S. A. y Laidlaw, A. S. ed. Reading, Berks, UK. pp 121 - 137.
- 32) GOMEZ PORRO, I. F. 2000. Evaluación de la productividad de diferentes verdes de invierno. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Universidad de la Republica. 79p.
- 33) GROSSO, G. 2001. Fertilización de pasturas y verdes. http://www.agrositio.com/secciones/forrajes/articulo_contenido.asp?ver=7082. (Consulta: 14 enero 2003).
- 34) GROVE, J.H. 1986. The development and control of surface soil acidity under conservation tillage. J. Fert. Issues. 3:52-61.

- 35) HAUN, J. R. 1973. Visual quantification of wheat development. *Agronomy Journal*. 65: 116 - 119.
- 36) HILL, R.L., AND R.M. CRUSE. 1985. Tillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:1270-1273.
- 37) INTA Pergamino. Equipo del Proyecto Fertilizar -. Fertilización y reciclado de nitrógeno: nuevos criterios a tener en cuenta para recomendaciones bajo pastoreo. <http://www.fertilizar.org.ar/articulos/Pasturas%20%20Fertilizacion%20y%20Reciclado%20de%20Nitrogeno.htm>. (Consulta: 4 enero 2003).
- 38) JEWISS, O. R. 1972. Tillering in grasses-its significance and control. *Journal British Grassland Society* 27(2): 65-82.
- 39) KELLER, G.D., AND D.B. MENGEL. 1986. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:1060-1063.
- 40) KETCHENSON, W.J. 1980. Effect of tillage on fertilizer requirements for corn on a silt loam soil. *Agron. J.* 72:540-542.
- 41) KNIGHT, R. 1965. The relation between yield and the reproductive phase in Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) in a winter rainfall environment. *Australian Journal of Agricultural Research* 16:505-515.
- 42) LABANDERA, M. 2001. Comportamiento de cultivares comerciales de avena y raigrás anual. 2000. In Resultados experimentales de evaluación de especies forrajeras anuales para el Registro Nacional de Cultivares. INIA La Estancuela, Uruguay. pp 6-11.
- 43) LANGER, R. H. M. 1963. Tillering in herbage grasses. *Herbage Abstracts* 33(3):141-148.
- 44) _____. 1972. The grass plant. In How grasses grow. London, Arnold. p. 1-60. (The Institute of Biology's Studies in Biology N° 34).
- 45) _____. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo. Hemisferio Sur. 515 p.
- 46) LATTANZI, F.; MARINO, M. A.; MAZZANTI, A. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la morfogénesis de raigrás anual cv. Grasslands Tama. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 16 Sup.(1):240-241.

- 47) LATTANZI, F.; MARINO, M. A.; MAZZANTI, A. 1997. Fertilizer nitrogen and morphogenetic responses in *Avena sativa* and *Lolium multiflorum*. Proc.XVIII Int. Grassld. Congress. Calgary, Alberta, Canadá. En prensa.
- 48) LEBORGNE, R. 1984. Antecedentes Técnicos y Metodología para presupuestación en Establecimientos Lecheros. Edit. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay.
- 49) LINN, D.M., AND J.W. DORAN. 1984. Aerobic and anaerobic microbial populations in no-till and plowed soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:794-799.
- 50) LITTLE, T. M.; HILLS, F. J. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. México, D.F. 270 p.
- 51) MARINO, M. A. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento invierno primaveral, la composición química y la calidad de forraje de *Avena sativa* y *Lolium multiflorum*. Tesis M.Sc. Facultad de Ciencias Agrarias de Balcarce, UNMDP. 104 p.
- 52) MARINO, M. A.; MAZZANTI, A.; ECHEVERRIA, H. E. 1995. Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros anuales de invierno en el sudeste bonaerense. 1. Crecimiento y acumulación de forraje. Rev. Arg. Prod. Anim., 15(1):179-182.
- 53) MARINO, M. A.; MAZZANTI, A.; ECHEVERRIA, H. E. 1995. Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros anuales de invierno en el sudeste bonaerense. 2. Concentración de nitrógeno en el forraje durante el crecimiento invierno-primaveral. . Rev. Arg. Prod. Anim., 15(1):182-185.
- 54) MAZZANTI, A. 1990. Effet de l'azote sur la croissance de l'herbe d'une prairie de fetuque élevée et son utilisation par des moutons en paturage continu. These Université de Paris. 109 p.
- 55) MAZZANTI, A.; AROSTEGUY, J. C. 1985. Comparación del rendimiento estacional de forraje de cultivares de *Festuca arundinacea* Schreb. Rev. Arg. Prod. Anim., (5):157-165.
- 56) MAZZANTI, A.; AROSTEGUY, J. C.; GONZALEZ, E. P.; REFI, R. 1985. Efecto de la intensidad de pastoreo en verano y del nivel de fertilidad sobre la densidad de macollos de cultivares de *Festuca arundinacea* Schreb. Rev. Arg. Prod. Anim., 4(10):1009-1013.
- 57) MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon the herbaje production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbaje growth dynamics. Grass and Forage Sci., 49:111-120.

- 58) MAZZANTI, A.; MARINO, M.A.; LATTANZI, F.; ECHEVERRIA, H.A.; ANDRADE, F. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigrás anual en el sudeste bonaerense. Boletín Técnico N° 143. INTA BALCARCE. 28 p.
- 59) MAZZANTI, A.; WADE, M. H.; GARCIA, S. C. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de raigrás anual cv. Grasslands Tama. Rev. Arg. Prod. Anim. 16(4) En prensa.
- 60) McMASTER, S. G. 1997. Phenology, development, and growth of the Wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: a review. Advances in Agronomy. Sparks 59:63-118.
- 61) MESA, J.; ELOLA, U. 1996. Estudio comparativo de implantación de diferentes verdes asociados a una mezcla. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 108 p.
- 62) MGAP. 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000. 1 p.
- 63) MILLOT, J. C.; REBUFFO, M.; ACOSTA, Y. 1981. Manejo: una condicionante del éxito en variedades de avena. In. Avena. MAP. CIABB. Estación Experimental La Estanzuela. Miscelánea 36. pp 11 – 22.
- 64) MOLITERNO, E. 1997. Estimación visual de la disponibilidad de forraje en pasturas. (I) Principios y usos de un método de doble muestreo. Cangüe. Mayo. N° 9. pp 32 – 36.
- 65) MONCRIEF, J.F., AND E.E. SCHULTE. 1982. Fertilizer placement in tillage systems Wisconsin. In Proc. of the 34nd. Annual Fertilizer and Agric. Chemical Dealers Conf., Des Moines, IA. 12-13 Jan. Iowa State University, Ames.
- 66) MORLEY, F. H. W. 1997. Crecimiento de pasturas bajo pastoreo. In Forrajas Tomo I. Cátedra de Forrajas ed. Paysandú. Facultad de Agronomía. pp 89-100.
- 67) MORÓN, A. y BAETHGEN, W., 1995. Decomposition and nutrient release from crop and pasture residues in contrasting agricultural production systems. In: Cadisch, G & Giller, K., Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition. Wye College, University of London. September 17-20, 1995. p.82.

- 68) PERDOMO, C.; BARBAZÁN, M. 1999. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 72 p.
- 69) PÉREZ GOMAR, E.; GARCÍA PRÉCHAC, F.; MARCHESI, C. 1996. Siembra directa en sistemas basados en producción de forraje: Región noreste. In. Curso de actualización "Manejo y conservación de suelos". Facultad de Agronomía. Montevideo. pp. 101 - 121.
- 70) RABUFFETTI, A. 1983. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 101 p.
- 71) RANDALL, G.W. 1980. Fertilization practices for conservation tillage. *In Proc. of the 32nd. Annual Fertilizer and Agric. Chemical Dealers Conf., Des Moines, IA. 8-9 Jan.* Iowa State University, Ames.
- 72) RANDALL, G.W., K.L. WELLS, AND J.J. HANWAY. 1985. Modern techniques in fertilizer application. p. 521-560. *In Fertilizer technology and use (Third edition).*
- 73) REBUFFO, M. 1995. Fertilización nitrogenada en verdes invernales. In. Jornada de cultivos de invierno. Serie de actividades de difusión N° 50. INIA La Estanzuela. pp 55 - 61.
- 74) RICE, C.W., y SMITH, M.S. 1984. Short-term immobilization of fertilizer nitrogen at the surface of no-till and plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 295-298.
- 75) RIVERA, C.; CARRAU, A. Manual Técnico Agropecuario (2ª edición corregida y aumentada). Editorial Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay. 810 p.
- 76) ROMERO, L.; BRUNO, O. Los cultivos forrajeros y la eficiencia de la fertilización. http://www.a-campo.com.ar/espanol/ot_cul/ot_cul3.htm. (Consulta: 22 enero 2003).
- 77) SHARPLEY, A.N., AND S.J. SMITH. 1993. Wheat tillage and water quality in the Southern Plains. *Soil and Tillage Research.* 30: 33-48.
- 78) SHEAR, G.M. AND W.W.MOSCHLER. 1969. Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage method: A six-year comparasion. *Agron. J.* 61:524-526.
- 79) SOOMER, S. G.; HUTCHINGS, N. J. 1997. Components of ammonia volatilization from cattle and sheep production. In. Gaseous nitrogen emissions from grasslands. S. C. Jarvis and B. F. Pain ed. Wallingford, Oxon, UK. pp 79-93.
- 80) STECKER. J.A., D.D. BUCHOLZ, R.G. HANSON, N.C. WOLLENHAUPT, AND K.A. MCVAY. 1993. Broadcast nitrogen sources for no-till continuous corn and corn following soybean. *Agron. J.* 85: 893-897.

- 81) TORRES DUGGAN, M.; MELGAR, R. Manejo de la fertilización en verdes invernales. <http://www.fertilizar.org.ar/articulos/Verdeos%20Invernales.htm>. (Consulta: 20 diciembre 2002).
- 82) URBAN, W.J., W.L. HARGROVE, B.R. BOCK, AND R.A. RAUNIKAR. 1987. Evaluation of urea-urea phosphate as a nitrogen source for no-tillage production. *Soil Sci. Am. J.* 51:242-246
- 83) VOISIN, A. 1994. Productividad de la hierba. 2^a ed. Buenos Aires, Argentina. Hemisferio Sur. 553 p.
- 84) WHITEHEAD, D. C. 1970. The role of nitrogen in grassland productivity. A review of information from temperate regions. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks, England.
- 85) WHITEHEAD, D. C. 1995. Grassland nitrogen. CAB INTERNATIONAL Wallingford, Oxon OX 10 8 DE, UK.
- 86) WHITEHEAD, D. C. 1995. Grassland nitrogen. CAB International. Wallingford, Oxon, UK. 397 p.
- 87) WHITEHEAD, D. C. 2000. Nutrient Elements in grassland. Soil-Plant-animal relationships. CABI Publishing. Wallingford, Oxon, UK. 369 p.
- 88) WILMAN, D.; WRIGHT, P. T. 1983. Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. *Herb. Abst.*, 53:387-393.
- 89) ZANONIANI, R.; DUCAMP, F. 2000. Consideraciones a tener en cuenta en la elección de verdes de invierno. *Cangüe. Mayo*, N° 18. pp 22 - 26.
- 90) ZANONIANI, R.; DUCAMP, F.; BRUNI, M. 2000. Utilización de verdes de invierno en sistemas de producción animal. Instituto Plan Agropecuario - UEDY. Cartilla N° 17. 9 p.

10. ANEXOS.

Anexo 1. Análisis de varianza (CME) para avena rechazo del primer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	2293.25	5.01	0.0525
Tratamiento	3	6000.72	8.74	0.0131
Error	6	1373.06		
Total	11	9667.03		

R2	0.8579
CV %	11.81
Media	128.04
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativo

Anexo 2. Análisis de varianza (CME) para macollas/m² del segundo corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	17479.5	2.45	0.1665
Tratamiento	3	205368.66	19.22	0.0018
Error	6	21375.83		
Total	11	244224		

R2	0.9125
CV %	10.38
Media	575
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 3. *Análisis de varianza (CME) para avena disponible del segundo corte.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	108149.86	1.65	0.2694
Tratamiento	3	1533703.54	15.55	0.0031
Error	6	197200.67		
Total	11	1839054.08		

R2	0.8927
CV %	10.21
Media	1775.83
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 4. *Análisis de varianza (CME) para raigrás disponible del segundo corte.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	122141.76	1.62	0.2744
Tratamiento	3	668798.16	5.90	0.0319
Error	6	226638.18		
Total	11	1017578.1		

R2	0.7773
CV %	31.58
Media	615.45
Tendencia signific.	Cuadrática
LSD (5%)	Significativa

Anexo 5. *Análisis de varianza (CME) para eficiencia de utilización de avena del segundo corte.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	0.005066	2.71	0.1447
Tratamiento	3	0.026025	9.29	0.0113
Error	6	0.0056		
Total	11	0.036691		

R2	0.8474
CV %	3.65
Media	0.835
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 6. *Análisis de varianza (CME) para avena producción del segundo corte.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	52642.28	0.42	0.6769
Tratamiento	3	1348358.33	7.12	0.0211
Error	6	378934.36		
Total	11	1779934.99		

R2	0.7871
CV %	15.74
Media	1596.44
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 7. Análisis de varianza (CME) para raigrás producción del segundo corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	132556.94	2.22	0.1903
Tratamiento	3	524391.43	5.84	0.0326
Error	6	179461.93		
Total	11	836410.30		

R2	0.7854
CV %	31.35
Media	551.67
Tendencia signific.	Cuadrática
LSD (5%)	Significativa

Anexo 8. Análisis de varianza (CME) para total producción del segundo corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	58352.34	0.31	0.7427
Tratamiento	3	1512795.40	5.41	0.0385
Error	6	559759.73		
Total	11	2130907.48		

R2	0.7373
CV %	14.22
Media	2148.12
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 9. *Análisis de varianza (CME) para altura disponible del segundo corte.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	2.1950	1.37	0.3239
Tratamiento	3	57.5158	23.91	0.0010
Error	6	4.8116		
Total	11	64.5225		

R2	0.9254
CV %	3.64
Media	24.57
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 10. *Análisis de varianza (CME) para rendimiento de lámina del segundo corte.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	31292.68	0.52	0.6192
Tratamiento	3	680071.33	7.53	0.0186
Error	6	180654.61		
Total	11	892018.63		

R2	0.7975
CV %	14.46
Media	1199.74
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 11. *Análisis de varianza (CME) para rendimiento de vaina del segundo corte.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	5570.04	0.40	0.6850
Tratamiento	3	114470.98	5.52	0.0367
Error	6	41440.19		
Total	11	161481.22		

R2	0.7433
CV %	20.95
Media	396.7
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 12. *Análisis de varianza (CME) para eficiencia de utilización de raigrás del segundo corte.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	0.08228	4.46	0.0773
Tratamiento	3	0.19952	7.21	0.0289
Error	6	0.04611		
Total	11	0.3332		

R2	0.8616
CV %	17.46
Media	0.55
Tendencia signific.	Cuadrática
LSD (5%)	Significativa

Anexo 13. Análisis de varianza (CME) para macollas/m² del tercer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	3055.02	0.54	0.6062
Tratamiento	3	50174.36	5.96	0.0312
Error	6	16824.67		
Total	11	70054.05		

R2	0.7598
CV %	12.03
Media	440.12
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 14. Análisis de varianza (CME) para avena disponible del tercer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	88629.80	8.27	0.0189
Tratamiento	3	203883.49	12.68	0.0052
Error	6	32145.77		
Total	11	324659.07		

R2	0.9009
CV %	10.43
Media	701.31
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 15. Análisis de varianza (CME) para raigrás disponible del tercer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	4495.30	1.02	0.4153
Tratamiento	3	99956.71	15.13	0.0033
Error	6	13209.02		
Total	11	117661.03		

R2	0.8877
CV %	10.39
Media	451.34
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 16. Análisis de varianza (CME) para avena producción del tercer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	50346.51	4.71	0.0589
Tratamiento	3	473744.56	29.54	0.0005
Error	6	32072.17		
Total	11	556163.25		

R2	0.9423
CV %	13.71
Media	533.26
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 17. Análisis de varianza (CME) para raigrás producción del tercer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	700.24	0.08	0.9216
Tratamiento	3	194633.34	15.35	0.0032
Error	6	25366.57		
Total	11	220700.16		

R2	0.8851
CV %	18.97
Media	342.72
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 18. Análisis de varianza (CME) para total producción del tercer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	62350.68	1.94	0.2236
Tratamiento	3	1247743.42	25.92	0.0008
Error	6	96275.33		
Total	11	1406369.44		

R2	0.9315
CV %	14.46
Media	876.0
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 19. Análisis de varianza (CME) para altura disponible del tercer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	30.2616	23.33	0.0015
Tratamiento	3	5.7733	2.97	0.1191
Error	6	3.8916		
Total	11	39.93		

R2	0.9025
CV %	4.64
Media	17.36
Tendencia signific.	No signific.
LSD (5%)	Significativa

Anexo 20. Análisis de varianza (CME) para rendimiento de lámina del tercer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	36086.43	8.98	0.0157
Tratamiento	3	303229.77	50.31	0.0001
Error	6	12054.19		
Total	11	351370.40		

R2	0.9656
CV %	10.77
Media	415.87
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 21. Análisis de varianza (CME) para rendimiento de vaina del tercer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	1305.31	0.62	0.5675
Tratamiento	3	22200.73	7.07	0.0214
Error	6	6281.11		
Total	11	29787.15		

R2	0.7891
CV %	27.56
Media	117.39
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 22. Análisis de varianza (CME) para macollas/m² del cuarto corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	95142.16	1.59	0.2253
Tratamiento R1	3	85009.41	0.95	0.4344
Error a	6	53298.83		
Tratamiento R2	3	305332.41	3.39	0.0342
R1 x R2	9	256984.75	0.95	0.5007
Error b	24	719538.36		
Total	47	1515305.92		

R2	0.5251
CV %	40.44
Media	428.21
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 23. Análisis de varianza (CME) para macollas/planta del cuarto corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	2.071	1.56	0.2314
Tratamiento R1	3	0.405	0.20	0.8933
Error a	6	2.324		
Tratamiento R2	3	5.762	2.89	0.0565
R1 x R2	9	14.953	2.50	0.0355
Error b	24	15.965		
Total	47	41.48		

R2	0.6151
CV %	35.46
Media	2.3
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 24. Análisis de varianza (CME) para altura del disponible del cuarto corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	326.01	13.95	<.0001
Tratamiento R1	3	77.01	2.20	0.1145
Error a	6	162.90		
Tratamiento R2	3	742.26	21.18	<.0001
R1 x R2	9	88.12	0.84	0.5892
Error b	24	280.44		
Total	47	1676.74		

R2	0.8327
CV %	14.32
Media	23.88
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 25. Análisis de varianza (CME) para producción de raigrás del cuarto corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	79.65	0.01	0.9940
Tratamiento R1	3	129606.95	6.54	0.0032
Error a	6	20633.16		
Tratamiento R2	3	248805.17	12.56	<.0001
R1 x R2	9	172541.04	2.90	0.0242
Error b	19	147303.58		
Total	42	718969.55		

R2	0.8254
CV %	33.98
Media	239.15
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa

Anexo 26. Análisis de varianza (CME) para producción total del cuarto corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr>F
Bloque	2	21022.68	0.48	0.6288
Tratamiento R1	3	21084.38	0.32	0.8123
Error a	6	53936.45		
Tratamiento R2	3	242118.44	3.65	0.0312
R1 x R2	9	215247.93	1.08	0.4191
Error b	19	499060.29		
Total	42	1052470.17		

R2	0.6009
CV %	26.79
Media	554.89
Tendencia signific.	Lineal
LSD (5%)	Significativa