



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DEL MOMENTO DE CORTE DEL SORGO FORRAJERO Y
FERTILIZACIÓN NITROGENADA POSTERIOR SOBRE EL RENDIMIENTO
DE REPOLLO**

por

**Juan Eduardo GRASSO BOUYSSOUNADE
Juan Pablo SILVEIRA MACHADO**

**TESIS presentada como uno de los
requisitos para la obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo (Orientación
Producciones Intensivas Combinadas)**

FACULTAD DE AGRONOMÍA

BIBLIOTECA

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2003**

Tesis aprobada por:

Director: Jose Zamalvide
Nombre completo y firma

Hector Genta
Nombre completo y firma

Carlos Barros
Nombre completo y firma

Fecha: _____

Autores: _____
Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

- A los Ing. Agrs. **Héctor Genta, José Zamalvide y Carlos Moltini**, por el apoyo y conducción brindada.
- Al Ing. Agr. **Carlos Barros** por ayudarnos tanto en el trabajo de campo así como también en la elaboración del trabajo escrito.
- Al Ing. Agr. **Miguel Baldassini** por ceder su predio para la realización del trabajo de campo
- Al **personal de las cátedras de horticultura y pasturas de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de San Antonio** por su incondicional ayuda durante el trabajo de campo.
- A las Ing. Agrs. **Celmira Saravia y María Emilia Casanello** de las cátedras de Agrometeorología y Fitopatología respectivamente, por la información brindada.
- A la **cátedra de Fertilidad de suelos y su personal** por prestar el laboratorio para los análisis.
- A la **Intendencia Municipal de Salto** por ceder el local para la realización de la defensa.
- A **nuestros padres** por su invalorable apoyo a lo largo de todos estos años de estudiantes.
- A todas las personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

1.- INTRODUCCION	1
2.- REVISION BIBLIOGRAFICA.....	2
2.1.- GENERALIDADES	2
2.2.- MATERIA ORGÁNICA	2
2.2.1.- <i>Importancia de la materia orgánica en el suelo.....</i>	3
2.2.2.- <i>Como se acumula la materia orgánica en los suelos.....</i>	4
2.2.2.1.- <i>Formación del humus.....</i>	4
2.2.3.- <i>Descomposición de los restos orgánicos.....</i>	5
2.2.3.1.- <i>Agentes de descomposición.....</i>	6
2.2.3.2.- <i>Factores que afectan la descomposición.....</i>	7
2.3.- ABONOS ORGANICOS	16
2.3.1.- <i>Abonos verdes.....</i>	17
2.3.1.1.- <i>Funciones del abono verde.....</i>	17
2.3.1.2.- <i>Algunos factores que limitan el uso de los abonos verdes.....</i>	20
2.3.1.3.- <i>Uso de los abonos verdes.....</i>	20
2.3.1.4.- <i>Especies utilizadas como abonos verdes.....</i>	21
2.3.1.5.- <i>Manejo de los abonos verdes.....</i>	23
2.4.- REPOLLO.....	29
2.4.1.- <i>Requerimientos nutricionales.....</i>	29
2.4.1.1.- <i>Influencia del Nitrógeno en el cultivo de repollo.....</i>	30
3.- MATERIALES Y METODOS	32
3.1.- LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO.....	32
3.2.- SUELO.....	32
3.3.- CLIMA.....	33
3.4.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	35
3.4.1.- <i>Diseño experimental.....</i>	35
3.5.- ABONO VERDE (SORGO).....	37
3.5.1.- <i>Preparación del suelo.....</i>	37
3.5.2.- <i>Siembra y fertilización.....</i>	37
3.5.3.- <i>Riego.....</i>	38
3.5.4.- <i>Control de malezas, plagas y enfermedades.....</i>	38
3.5.5.- <i>Picado y enterrado.....</i>	39
3.6.- REPOLLO.....	39
3.6.1.- <i>Etapa de almácigo.....</i>	39
3.6.2.- <i>Transplante.....</i>	39
3.6.3.- <i>Riego.....</i>	40
3.6.4.- <i>Fertilización.....</i>	40
3.6.5.- <i>Control de malezas, plagas y enfermedades.....</i>	40
3.6.6.- <i>Cosecha.....</i>	41
3.7.- VARIABLES EVALUADAS.....	41
3.8.- ANALISIS ESTADISTICO.....	42
4.- RESULTADOS Y DISCUSION	44
4.1.- ABONO VERDE.....	44
4.1.1.- <i>Rendimiento de sorgo en los momentos de incorporación (inicio de floración y grano lechoso).....</i>	44

4.1.1.1.- Efecto del momento de corte	46
4.1.1.2.- Efecto del nitrógeno al sorgo	46
4.1.1.3.- Comparación de todos los tratamientos	47
4.2.- REPOLLO.....	50
4.2.1.- <i>Evaluación del tratamiento de 0 nitrógeno en repollo</i>	50
4.2.2.- <i>Cosecha de arrase</i>	52
4.2.2.1.- Efecto del momento de corte, nitrógeno al sorgo y nitrógeno al repollo	52
.....	53
4.2.3.- <i>Cosecha por índice</i>	53
4.2.3.1.- Efecto del momento de corte, nitrógeno al sorgo y nitrógeno al repollo	53
.....	54
4.2.4.- <i>Contenido de nitrógeno</i>	54
4.3.- EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SORGO DURANTE EL CICLO EN PARCELAS DE OBSERVACIÓN.....	55
4.3.1.- <i>Producción de materia seca</i>	55
4.3.2.- <i>Contenido de nitrógeno</i>	60
4.3.2.1.- Nitrógeno en hoja.....	61
4.3.2.2.- Nitrógeno en tallo.....	62
4.3.2.3.- Nitrógeno total de la parte aérea	63
4.3.3.- <i>Relación carbono/nitrógeno</i>	64
5.- CONCLUSIONES.....	66
6.- RESUMEN.....	68
7.- SUMMARY	69
8.- BIBLIOGRAFÍA.....	70

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro N°	Página
1. Relación C/N de algunos materiales orgánicos	9
2. Características de las principales familias usadas como abono verde	22
3. Resultado del análisis de suelo	33
4. Promedio de temperatura y humedad relativa del aire para 2002, y su desvío con respecto al promedio de la serie climática existente	34
5. Número de días con precipitaciones y milímetros de lluvia caída para 2002, y su desvío con respecto a la serie climática	34
6. Fecha de primer y última helada, y período con y libre de heladas para el año 2002 en comparación a la serie climática	35
7. Resumen de los fertilizantes y sus aportes aplicados al sorgo	38
8. Fertilización general del cultivo de repollo	40
9. Tablas de medias y significancia del ANOVA de las fuentes de variación para las diferentes variables	45
10. Mineralización/Inmovilización según momento de corte y dosis de nitrógeno al sorgo	49
11. Tabla de medias y significancia del ANOVA para momento de corte, nitrógeno al sorgo y su interacción (Repollo 0 Nitrógeno)	50
12. Tabla de medias y significancia del ANOVA para momento de corte, nitrógeno al sorgo y nitrógeno al repollo (Repollo cosecha arrase)	52
13. Tabla de medias y significancia del ANOVA para momento de corte, nitrógeno al sorgo y nitrógeno al repollo (Repollo cosecha índice)	53
14. Promedio de los contenidos de nitrógeno en repollo según los diferentes tratamientos	55
15. Producción de materia seca de los tratamientos (sorgo)	55
16. Producción de materia seca en hoja y tallo en los diferentes momentos de muestreo y dosis de nitrógeno	58
17. Relación hoja/tallo según dosis de N y diferentes momentos de muestreo	58

Figura N°	Página
1. Diagrama de ensayo	36
2. Diagrama del tercer tratamiento	37
3. Evolución en el tiempo de la producción estimada de materia seca (Kg/ha) para las diferentes dosis de nitrógeno (kg/ha)	56
4. Curvas de rendimiento relativo del sorgo por tratamiento en función del tiempo	57
5. Evolución de la relación Hoja/Tallo de los tratamientos en función del tiempo	59
6. Evolución del porcentaje de materia seca de hoja y tallo en función del tiempo	60
7. Porcentaje de nitrógeno en hoja en función del tiempo	61
8. Porcentaje de nitrógeno en tallo en función del tiempo	62
9. Porcentaje total de nitrógeno (hoja y tallo) en función del tiempo	63
10. Estimación de la relación carbono/nitrógeno en función del tiempo	64

1.- INTRODUCCION

La mayor parte de la horticultura de primor en Salto, se desarrolla sobre suelos arenosos. Dichos suelos están sometidos a un uso muy intensivo, lo que provoca una disminución marcada de los tenores de materia orgánica, con consecuente degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, provocando pérdidas de su fertilidad y productividad.

Debido a esto, se hace imprescindible el aporte de materia orgánica para sustentar la producción a través de los años.

El material orgánico más utilizado en la zona es el "mantillo de bosque", recolectado debajo de los bosques de Eucaliptos, utilizados por el ganado como abrigo, dormideros o sombra. Este material consta de estiércol vacuno, ovino, hojarascas, ramas en distintos grados de descomposición y algo de tierra.

A consecuencia del uso de grandes cantidades de este material en el pasado y presente, es cada vez más lejana la posibilidad de contar con las cantidades requeridas y a un costo accesible, que permitan la sustentabilidad de la productividad de estos suelos.

Por tanto, se ve como una necesidad evaluar fuentes alternativas de materia orgánica en sustitución del "mantillo de bosque", sin limitaciones en cuanto a su disponibilidad y a un costo significativamente menor para el productor.

Previos estudios realizados en la zona, permitieron demostrar la posibilidad de sustituir el mantillo por abonos verdes. Dentro de estos, el Sorgo Forrajero híbrido SX121, ha demostrado ser el de mejor comportamiento con esta finalidad, por lo tanto fue el elegido para este ensayo.

El presente trabajo tiene como objetivo, ajustar el manejo del sorgo forrajero como abono verde en un suelo arenoso representativo de la zona y evaluar su efecto a través de un cultivo comercial. En el manejo realizado al sorgo se evalúan diferentes dosis de nitrógeno y dos momentos de corte, y en el cultivo comercial, las consecuencias en cuanto a la dinámica del nitrógeno, de dicho manejo.

El cultivo comercial utilizado para evaluar los efectos que deja el abono verde, es el repollo var. *Superette*. Fue elegido dicho cultivo por tener la característica de ser muy exigente en cuanto a sus requerimientos nutricionales. Sobre esta especie se evaluarán múltiples variables definidas a lo largo del presente trabajo.

2.- REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1.- GENERALIDADES

Las propiedades físicas como textura, densidad aparente, capacidad de retención de agua, penetrabilidad y conductividad hidráulica, inciden en los factores físicos del crecimiento vegetal como aireación, humedad, temperatura, y resistencia mecánica a la penetración de raíces (Forsythe, 1967 citado por Cintra, 1980).

Las características físicas del suelo como ser tamaño de partículas, tenores y tipos de minerales, etc., definen su naturaleza en cuanto a las propiedades físicas (textura, retención de agua, densidad, etc.) y su comportamiento ante diferentes labores (Marcos, 1979 citado por Cintra, 1980).

La estructura de un suelo incide fuertemente en el crecimiento de las raíces en su interior. La compactación como consecuencia de degradación de las características físicas del suelo, actúa perjudicando entre otras la penetración de las raíces por aumentar la resistencia mecánica y también afecta otros factores como aireación, disponibilidad de agua y temperatura del suelo.

La preparación del suelo en cultivos intensivos en condiciones de humedad inadecuadas conducen a destruir las propiedades físicas del suelo, en detrimento del crecimiento vegetal. Según el grado con que se afectan esas propiedades, va a coincidir en el mal desarrollo vegetal, con pérdidas de productividad y con riesgo de erosión muy altos. El laboreo conduce a alteraciones en las estructuras del suelo, disminuyendo los macro agregados, espacio aéreo, tasa de infiltración de agua y aumento de micro agregados, densidad del suelo y resistencia a la penetración (Day y Holmgren, 1952 citado por Cintra, 1980)

2.2.- MATERIA ORGÁNICA

Se conoce como materia orgánica del suelo, al conjunto de residuos vegetales y animales de toda clase, en diferente grado de descomposición y transformación por acción de los microorganismos que a su vez se integran en dicho conjunto (Domínguez, 1993).

Es necesario conocer el papel que desempeña la materia orgánica en el mejoramiento de las condiciones físicas de los suelos y en el estímulo de los diversos procesos químicos y biológicos, para comprender la importancia de su

mantenimiento, en relación con la productividad de los terrenos (Suarez de Castro, F. 1980)

2.2.1.- Importancia de la materia orgánica en el suelo

La materia orgánica favorece la actividad microbiana, mejora la estructura del suelo, la aireación, permeabilidad al agua, la capacidad de conservar la humedad y el intercambio de aire con la atmósfera. Tiene un efecto regulador de la temperatura del suelo, retarda la fijación de los ácidos fosfóricos minerales, y forma productos orgánicos de la descomposición que ayudan al desarrollo de las plantas. También es fuente de liberación lenta y uniforme de nitrógeno y otros nutrientes, a través de la actividad de los microorganismos (bacterias, actinomicetes, hongos y protozoos principalmente) que descomponen los residuos orgánicos, teniendo influencias benéficas en la cantidad de proteína vegetal. La cantidad de nitrógeno en el suelo varía con las características del mismo, con el tratamiento que éste haya recibido y con las cantidades de materia orgánica en forma de abono, abonos verdes, y residuos vegetales que se le hayan incorporado (Gomez, 1978).

El mismo autor, indica que la materia orgánica interviene en la cohesión de las partículas del suelo. Los coloides orgánicos (del humus) y los inorgánicos (arcilla), se asocian íntimamente mostrando una estrecha relación con las propiedades físico - químicas del suelo.

La reducción del porcentaje de materia orgánica perjudica física y químicamente al suelo, redundando esto en una baja en la producción. Por consiguiente, la adición de materia orgánica es muy necesaria (Gomez, 1978). Debido a esto, existe una demanda creciente de materiales orgánicos a aplicar al suelo para mejorar las propiedades físicas. Esto se da principalmente en producciones muy intensivas, donde la superficie es pequeña para las rotaciones y/o varios años de pasturas, donde hubo excesivo laboreo, y donde los residuos del cultivo son escasos.

La materia orgánica afecta asimismo la estructura y la capacidad de retención de agua del terreno. A los suelos arcillosos, plásticos, les imparte una mejor consistencia, la cual no solo facilita las labores de labranza y el crecimiento de las plantas, sino que mejora las condiciones de aireación. Los suelos arenosos, en contraste, al agregarle materia orgánica se tornan mas retentivos de humedad, lo cual puede reflejarse en el crecimiento de las plantas de cultivo durante épocas muy secas (Suarez de Castro, F. 1980).

2.2.2.- Como se acumula la materia orgánica en los suelos

La materia orgánica esta formada por los cuerpos de organismos muertos y los residuos de organismos vivos depositados sobre y dentro del suelo; de ella también forma parte los microorganismos encargados de descomponer esos residuos. Dentro de los residuos vegetales, las raíces son la fuente más importante de materia orgánica, con la ventaja de que por su crecimiento subterráneo, hacen posible la acumulación de materia orgánica a profundidades variables. Los residuos de animales superiores, lo mismo que las bacterias, hongos, protozoos, etc., vivos y muertos, y todos sus productos de descomposición forman parte no despreciable de ese gran volumen de material que ingresa en los suelos.

La materia orgánica, desde el punto de vista químico, representa una mezcla de sustancias que pueden clasificarse en 3 grupos:

1. carbohidratos
2. proteínas
3. grasas, resina y compuestos similares

Cuando ingresan materiales vegetales en el suelo y se presentan condiciones favorables de temperatura y humedad, se comienzan a desarrollar los procesos de descomposición y los microorganismos transforman paulatinamente las sustancias originales. Usan el carbono y el nitrógeno en su alimentación y descomponen las moléculas de carbohidratos y proteínas dando origen a nuevos compuestos orgánicos y permitiendo la pérdida en el proceso de algunas sustancias como el anhídrido carbónico (Suarez de Castro, F. 1980)

Los productos de la descomposición de la actividad vital de la población microbiana (proteínas, aminoácidos, hidratos de carbono simples y compuestos, ácidos orgánicos, ceras, lignina, etc) constituyen el 10 - 15 % de la materia orgánica del suelo (Silva, A. 1995).

2.2.2.1.- Formación del humus

El final de ese proceso es la completa mineralización de los residuos, pero como fase intermedia se encuentra el humus que es materia orgánica en estado avanzado de descomposición, la cual ya ha adquirido la consistencia de una masa amorfa, homogénea y de color oscuro. El contenido de humus es estable en un suelo maduro. Resulta esa estabilidad del equilibrio entre la cantidad de humus que se mineraliza por completo y la cantidad de material orgánico que se transforma en humus (Suarez de Castro, F. 1980). Silva, A., cita distintos caminos posibles para la síntesis de humus a partir de restos frescos: como resultado de la utilización incompleta de la lignina por los microorganismos (teoría clásica),

mediante mecanismos que involucran a las quininas y por condensación de amino - azúcares.

En los suelos jóvenes lo normal es la acumulación o enriquecimiento paulatino en esa sustancia. En un suelo que se pone bajo cultivo, en el cual se siembran plantas que exigen escardas periódicas, ocurre generalmente una reducción en el contenido de humus, atribuible principalmente al estímulo en la actividad de los microorganismos por una mejor aireación, al menor ingreso de material por efecto de las continuas labores y al arrastre de suelo por las aguas de escorrentía.

La distribución del humus dentro del perfil depende casi por completo de la distribución del material original. Normalmente su contenido es mayor en la capa superficial del suelo y se reduce progresivamente a medida que se va profundizando hasta desaparecer por completo. Esto se debe a que la mayor proporción de residuos orgánicos se deposita sobre la superficie del suelo y como la solubilidad en agua del humus es muy baja (menos del 1 % de su masa está formada por compuestos solubles en agua) no hay movimiento apreciable de esa sustancia con la solución del suelo (Suarez de Castro, F. 1980).

- Según Silva, A., las sustancias húmicas (humus) conforman la reserva más importante de materia orgánica del suelo (85 - 90 %) y son el resultado de complejas transformaciones de los restos frescos.

2.2.3.- Descomposición de los restos orgánicos

En la agricultura, la descomposición de restos orgánicos es muy importante en sistemas de cultivos donde cantidades significativas de residuos permanecen luego de la cosecha o donde hay agregado de residuos orgánicos.

La descomposición de los restos frescos en el suelo depende de su composición química y esta va a variar según la especie vegetal que consideremos y el ciclo vegetativo en que se encuentre. Los restos vegetales con mayor tenor de proteínas y menor en lignina se descomponen más rápido dejando nutrientes disponibles y, comparativamente forman pocas sustancias húmicas. Por otro lado, restos pobres en nitrógeno se descomponen más lentamente, inicialmente inmovilizan nutrientes y dan como resultado una mayor proporción de humus (Calegari, A.; Peñalva, M., 1994; Da Costa, B., 1993; Kahnt, G., 1989; Kiehl, E.J., 1985).

Esta descomposición constituye un proceso biológico básico en el que el carbono es recirculado a la atmósfera como dióxido de carbono (CO₂), el nitrógeno es hecho disponible como amonio (NH₄⁺) y nitrato (NO₃⁻) y otros elementos

asociados (Fósforo, Azufre y varios micro nutrientes) aparecen en la forma requerida por las plantas superiores (Silva, A., 1995).

Para comprender las etapas del proceso de descomposición tomamos como referencia el proceso de descomposición que se da en un monte citado por Kiehl, E.J., 1985. El autor hace referencia a tres capas bastante diferenciadas: una primera y superior de deposición reciente, *Materia orgánica cruda* con sus características originales bien definidas, diferenciando claramente por ejemplo, una hoja de una flor. La camada siguiente, *en fermentación*, esta constituida por materiales que están siendo atacados por microorganismos e insectos y presentan señales evidentes de desintegración física y descomposición química, coloración oscura y presencia de filamentos que corresponden a micelios de hongos y actinomicetes, etc. Finalmente la tercer capa es el *humus*, material ya descompuesto de color negro, olor a tierra húmeda y completamente desintegrado. Esta capa está parcialmente integrada al horizonte superficial dando coloración oscura a los primeros centímetros del suelo. Un proceso similar a este ocurre cuando apilamos restos orgánicos y le proporcionamos condiciones para que se de la descomposición.

2.2.3.1.- Agentes de descomposición

2.2.3.1.1.- Microflora

La descomposición de los restos se caracteriza por la acumulación de una abundante biomasa de microorganismos descomponedores. La microflora asociada es extremadamente diversa.

El ataque de los restos vegetales comienza mucho antes de la senescencia. Hay estudios que muestran que las superficies foliares son colonizadas por bacterias y hongos apenas se despliegan o incluso antes de la brotación de las yemas; lo mismo ocurre con las raíces.

En la mayoría de los ambientes, los hongos constituyen el grueso de los descomponedores primarios de los restos vegetales. Están muy adaptados como descomponedores primarios a tener una red de micelios filamentosos, que puede permear la estructura relativamente masiva de los restos recientemente depositados.

Las bacterias ocurren como pobladores secundarios, ya que por ser unicelulares, están adaptadas a la ocupación de los restos con mayor relación superficie - volumen. Muchas de las bacterias descomponedoras son microlíticas y bacteriolíticas. Los actinomicetes generalmente parecen tener una habilidad competitiva menor que hongos y bacterias, formando una parte menor de la

microflora descomponedora. Estos organismos junto con parte de la microfauna del suelo son responsables de la descomposición de micelio y célula bacteriana. De esta manera, el nitrógeno inmovilizado en primera instancia por los hongos y bacterias es a su vez liberado. (Haynes, R.J. 1986, citado por Stanham Piñeyro, A.M.).

2.2.3.1.2.- Fauna

Hay evidencia que la descomposición es influida por animales, sobretodo invertebrados. Según Haynes, R.J. 1986, citado por Stanham Piñeyro, A.M., cuando hay presencia de fauna, la perdida de masa de los residuos es 25 - 80 % superior que cuando se excluye a la fauna.

Los cuatro grupos mayores son: anélidos, artrópodos, nematodos y protozoarios.

La presencia de la fauna tiene efectos físicos químicos y biológicos. El primero se debe a la fragmentación, aumentando la superficie específica de los restos y a la incorporación de los mismos a horizontes mas profundos; se debe fundamentalmente a la macrofauna. El efecto químico se debe a una aceleración del ciclo de los nutrientes. Sus excrementos contienen amonio, urea, aminoácidos, de menor relación carbono/nitrógeno que los restos, lo que favorece la mineralización. Por su parte el efecto biológico influye en la actividad microbiana del resto y del suelo a través de la regulación de la población.

2.2.3.2.- Factores que afectan la descomposición

2.2.3.2.1.- Calidad de sustrato

- Relación energía/nutrientes

Un suministro amplio de material energético estimula al circuito mineralización - inmovilización.

Los compuestos orgánicos libres de nitrógeno (carbohidratos, lípidos) de los residuos vegetales, al funcionar como fuente de energía estimulan el crecimiento microbiano. Pero como estos materiales no suministran nitrógeno a los microbios, estos toman el mismo del pool de nitrógeno inorgánico. Si el nitrógeno se agota los microorganismos sufren de su deficiencia, y su actividad es limitada. Por otro lado, cuando se usa proteína como fuente de energía, se produce una mineralización neta de nitrógeno y se acumula en el pool de nitrógeno.

Los distintos tipos de organismos tienen distintas demandas y la demanda relativa de energía y nitrógeno cambia con el desarrollo ecológico de la biomasa. La biomasa dominada por hongos (suelos ácidos) son satisfechas con una relación de energía/nitrógeno mayor que las dominadas por bacterias (Haynes, R.J. 1986, citado por Stanham Piñeyro, A.M.).

Relación carbono/nitrógeno

La relación que normalmente se usa para caracterizar la materia orgánica del suelo es la relación carbono/nitrógeno, por razones de practicidad.

La relación carbono/nitrógeno es una aproximación al parámetro de real importancia, que es energía/nitrógeno; hay que tener algunas precauciones en el uso de esta relación.

Algunos de los constituyentes no están prontamente disponibles para los microorganismos. Las ligninas libre de nitrógeno no son fácilmente mineralizables, y a pesar de tener una alta relación carbono/nitrógeno, no causaran una inmovilización neta sustancial de nitrógeno (Haynes, R.J. 1986, citado por Stanham Piñeyro, A.M.).

El contenido de nitrógeno del material vegetal es un factor importante que controla la tasa de descomposición; la adición de nitrógeno suplementario a los restos o residuos del cultivo incorporados pueden elevar la tasa de descomposición. Los microorganismos que actúan en la descomposición absorben los elementos carbono y nitrógeno en una proporción de alrededor de 32 partes de carbono por una parte de nitrógeno, el carbono es utilizado como fuente de energía, siendo 10 partes incorporadas a su protoplasma y 20 partes eliminadas como CO_2 en la respiración. El nitrógeno por su parte es asimilado en la proporción de 10 partes de carbono por 1 de nitrógeno. De ahí que el humus resultante de la acción exclusiva de los procesos microbiológicos, tengan una relación aproximada de 10/1, similar a la encontrada en el protoplasma de los mismos (Kiehl, E.J., 1985).

Cuando el material a descomponer tiene una relación C/N alta, los microorganismos toman nitrógeno del suelo (inmovilización) procurando con esto reducir mas rápidamente la elevada proporción del carbono respecto al nitrógeno. De esta manera, el período de espera para instalar un cultivo será mayor, ya que existiría competencia por el nitrógeno entre las plantas y los microorganismos del suelo. Si es necesario acelerar el proceso hay que aplicar alguna fuente de nitrógeno para reducir esa relación (Silva, A., 1995).

Cuando ocurre el caso opuesto, o sea una relación C/N baja, del orden de 5:1 a 10:1 como puede ser el abono de gallina, los microorganismos utilizan todo el carbono disponible y eliminan el exceso de nitrógeno bajo la forma de amonio o de nitrato (mineralización). Cuando se tiene un material rico en proteínas, se recomienda mezclarlos con restos celulósicos y lignina para elevar la relación C/N a un valor próximo al ideal de 32:1 (Silva, A., 1995).

En general, a medida que la materia orgánica es atacada y descompuesta por los microorganismos, va descendiendo la relación C/N hasta situarse en torno a la relación del humus que, como ya se menciono, es de 10:1 aproximadamente (Domínguez, 1993).

El siguiente cuadro muestra la relación C/N de algunos materiales orgánicos.

Cuadro N° 1. Relación C/N de algunos materiales orgánicos

<i>Material</i>	<i>Relación C/N</i>
Estiércol de equinos	18:1
Estiércol de bovino	32:1
Estiércol de ovino	32:1
Estiércol de suino	16:1
Cáscara de arroz	39:1
Paja de avena	72:1
Avena	47:1*
Paja de maíz	112:1
Pasto Italiano	42:1*
Crotolaria Juncea	26:1

Fuente: Primavesi, 1982; Calegari, 1989.

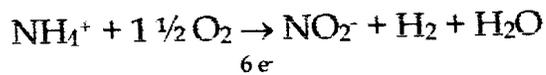
*- valores obtenidos de abonos verdes en pleno florecimiento.

La inmovilización es un proceso que ocurre simultáneamente a la mineralización. Es usual en un suelo, que mientras un grupo de microorganismos está mineralizando, otros estén inmovilizando nitrógeno. Como ya se menciono anteriormente, del tipo y cantidad de material orgánico que este entrando al suelo y su contribución relativa respecto al humus ya presente, dependerá que grupo predomine (García Lamothe, A., 1994).

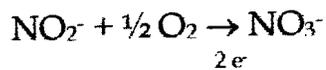
El producto final del proceso de mineralización es el amonio, pero en ecosistemas agrícolas y suelos con ph moderado, la transformación microbiana de amonio a nitrato (nitrificación), ocurre rápidamente en la medida que haya amonio disponible. En consecuencia el nitrato es la forma de nitrógeno mineral más abundante.

Los principales microorganismos responsables de la nitrificación son aeróbicos y obtienen energía de la oxidación del amonio (NH_4^+) y del nitrito (NO_2^-).

Proceso de oxidación del amonio:



Proceso de oxidación del nitrito:



Como el grupo de bacterias responsables de la nitrificación, es limitado, solo cinco géneros oxidan el amonio y solo *nitrobacter* el nitrito, ésta es mas afectada por factores ambientales que la amonificación (Alexander, 1977 citado por García Lamothe, A., 1994).

Contenido de lignina

Hay varios estudios que indican que el contenido de lignina de los restos ejerce un control mayor sobre la tasa de descomposición que el nitrógeno. Cuanto mayor es el contenido inicial de lignina, menor es la influencia del contenido inicial de nitrógeno en la tasa de descomposición.

Un alto contenido de lignina enlentece la descomposición y favorece la acumulación de nitrógeno ya que sus productos de degradación (compuestos fenólicos) constituyen una fuente importante de unidades estructurales para la síntesis de polímeros húmicos nitrogenados (Haynes, R.J. 1986, citado por Stanham Piñeyro, A.M.).

- Contenido de Polifenoles

En general, cuanto mayor es el contenido de polifenoles en el resto, menor es la tasa de descomposición y la liberación de nitrógeno. La causa de este comportamiento es similar al caso de la lignina. También se puede deber a una inhibición directa de la actividad fúngica (Haynes, R.J. 1986, citado por Stanham Piñeyro, A.M.).

2.2.3.2.2.- Humedad

La humedad del suelo puede influenciar la mineralización de nitrógeno a través de 3 procesos:

- a. El estrés de humedad inhibe el crecimiento microbiano
- b. El excesivo contenido de humedad impide una adecuada aireación
- c. Los ciclos de secado y remojado favorecen la mineralización

- Contenido de Humedad

Los microorganismos descomponedores difieren en su respuesta al contenido de humedad de su ambiente; generalmente, los hongos y actinomicetes son relativamente tolerantes a bajos potenciales de humedad del suelo.

A contenidos muy altos de humedad, la falta de oxígeno limita la actividad biológica y en consecuencia la descomposición. Los procesos metabólicos de descomposición y síntesis son bajos en estas condiciones, por lo tanto los suelos de drenaje pobre suelen tener altos contenidos de materia orgánica.

Una característica de la degradación anaerobio bacteriana es su bajo requerimiento de nitrógeno. Esto lleva a una liberación de amonio más rápida que lo que sería esperable en base a una relación C/N alta del material de descomposición y su baja tasa de descomposición.

La descomposición de la materia orgánica del suelo con liberación de amonio aumenta al aumentar el contenido de humedad desde el punto de marchites permanente hasta capacidad de campo, mientras que por encima y debajo de estos niveles, la tasa de amonificación baja (Haynes, R.J. 1986, citado por Stanham Piñeyro, A.M.).

- Secado y mojado

Los ciclos de mojado y secado en la mineralización de la materia orgánica del suelo causan picos de mineralización de nitrógeno. Cada ciclo sucesivo causa un pico menor. Según Haynes, R.J. 1986, citado por Stanham Piñeyro, A.M., la amplitud del pico está relacionada positivamente con el contenido de humus, la sequedad del suelo y el largo del tiempo en que el suelo permaneció seco.

En estudios de investigación realizados por Campbell y Briederbeck, citados por Haynes, se demostró que el secado y remojado tiene gran influencia en el

número y actividad microbiana. El rocío sobre suelos muy secos puede estimular el crecimiento microbiano.

Esta explosión de actividad biológica, inmediatamente luego del re-humedecimiento indica que durante el proceso de secado se liberan compuestos orgánicos.

Luego del secado existen dos fuentes de sustratos:

- a) Por expansión y contracción del suelo se rompen agregados y se expone materia orgánica previamente inaccesible.
- b) La acumulación de células microbianas muertas, sustrato rico en nitrógeno.

2.2.3.2.3.- Temperatura

Los organismos descomponedores tienen diferentes temperaturas óptimas y rangos de crecimiento. La tasa de catálisis de los tejidos y la evolución de CO₂ es mayor a temperaturas más altas (Haynes, R.J. 1979, citado por Stanham Piñeyro, A.M.).

Las altas temperaturas tienen efecto negativo en la tasa de descomposición cuando hay déficit de humedad. En condiciones adecuadas de humedad, promueven el crecimiento microbiano y la descomposición (Haynes, R.J. 1979, citado por Stanham Piñeyro, A.M.).

Según Frioni, L. 1990, a temperaturas bajas los procesos de degradación de los restos vegetales son más lentos, mientras que la producción vegetal es menos afectada por este factor.

Por otro lado, según Morón, A. 1996, en un ensayo de rotaciones de largo plazo instalado en INIA La Estanzuela en 1963, se observó que el incremento de la temperatura (de 15 a 30 °C durante 28 días) determinaba importantes aumentos en la mineralización del nitrógeno.

2.2.3.2.4.- Características del suelo

- Ph del suelo

La descomposición procede más rápidamente en suelos neutros que en suelos ácidos. El encalado de suelos ácidos acelera la descomposición de tejidos vegetales y de la materia orgánica del suelo.

Contenido de arcilla

Hay una correlación positiva entre el contenido de arcilla y el contenido de materia orgánica. Esto se debe a la complexación de los minerales arcillosos con los compuestos orgánicos y sustancias húmicas, lo que confiere mayor resistencia a la biodegradación a estos materiales.

Christiensen, 1986, en un ensayo de cebada, observó que la dinámica del nitrógeno parece ser menos influenciada por el tipo de paja que por el tipo de suelo, a pesar del diferente contenido de nitrógeno de las pajas, sobretudo en etapas más avanzadas de la descomposición.

Las pérdidas de peso de la paja durante su descomposición en un suelo franco arenoso y en arena gruesa, fueron similares luego de 8 meses de exposición (prox. 50%). A los 14 meses el peso remanente en el suelo franco arenoso era 6% mientras que en el arenoso era 14%.

Los suelos franco arenosos tienen condiciones más favorables que los arenosos para las etapas tardías de la descomposición de la paja, mientras que las primeras etapas son menos dependientes del tipo de suelo. En el suelo franco arenoso, la inmovilización neta de nitrógeno ocurrió a lo largo de 6 meses, luego cambio a mineralización neta. En la arena gruesa, no ocurrió un cambio de inmovilización neta a mineralización neta. La capacidad del suelo de suministrar nitrógeno mineral, determino la cantidad de nitrógeno inmovilizado de la paja enterrada en otoño.

Es importante también el efecto de lixiviación en los suelos arenosos. La importancia de la misma depende, según Christiensen, del contenido inicial de nitrógeno. A mayor porcentaje de nitrógeno inicial, mayor es la cantidad de nitrógeno lixiviado.

- Nutrientes inorgánicos

- a. Deficiencias

Se ha dicho que el nitrógeno suele limitar la descomposición, pero también hay estudios que indican limitantes de fósforo, potasio y zinc.

- b. Toxicidades

Los elementos traza, especialmente metales como zinc, cobre, hierro, manganeso, cobalto, cromo, níquel, plomo, pueden llegar a ser tóxicos. Esto se

ha visto al incorporar algunos residuos industriales o de sedimentos de aguas servidas.

c. Efecto salino

Se ha observado que el agregado de sal al suelo tiene un efecto de mineralización de nitrógeno del suelo. El mecanismo mediante el cual se sucede puede deberse a un efecto de la presión osmótica que trae nitrógeno orgánico a formas solubles. Puede deberse también a la muerte de microorganismos y su posterior mineralización (Haynes, R.J. 1986, citado por Stanham Piñeyro, A.M.).

Ubicación de los residuos

Los residuos en superficie persisten por mas tiempo que los incorporados pues hay mayores fluctuaciones en el régimen hídrico y la temperatura, y poca disponibilidad de nutrientes del suelo, lo que afecta la colonización de la superficie de los residuos, enlenteciéndose su descomposición.

Schoemberg et al, 1994, citado por Haynes, estudiaron la influencia del agua sobre la descomposición y dinámica de nitrógeno de residuos enterrados y en superficie de alfalfa, sorgo bicolor y trigo. Para ello utilizó bolsas de fibra de vidrio y aspersores. Asumió una ecuación de descomposición de primer orden: $M_t = M_0 \exp(-kt)$.

Donde M_t es la masa (g) remanente en el tiempo t (días), M_0 es la masa inicial (g) y k es el coeficiente de descomposición (días⁻¹).

El coeficiente de descomposición fue mayor en alfalfa que en trigo y sorgo por el efecto calidad de residuos, también fue mayor cuando los residuos eran enterrados en superficie y cuando se aplicaron mayores cantidades de agua.

El incremento de k , por la mayor aplicación de agua, fue mayor en alfalfa que en trigo y sorgo.

En el caso de la alfalfa ocurrió mineralización neta desde el comienzo del experimento. Para trigo y sorgo, cuando se dejaron en superficie, a lo largo de un año siguió la inmovilización neta, mientras que cuando fueron enterrados ésta ocurrió por un período de 4 meses. El 70% de la alfalfa enterrada se descompuso el primer mes, mientras que una proporción de trigo y sorgo enterrado se descompuso a los 5 meses. Cuando se dejaron en superficie, luego de un año se descompuso un 85 % de la alfalfa y alrededor del 40% del trigo y sorgo.

El incremento del coeficiente de descomposición de los restos en superficie, por la mayor lámina de agua, fue 2 veces mayor en alfalfa que en trigo; mientras que el incremento del k de los restos enterrados fue 5 veces mayor en alfalfa que en trigo y sorgo.

En cuanto al efecto de la ubicación sobre el k , en la alfalfa fue 9 veces mayor enterrado que en superficie; en el trigo y sorgo fue 5 veces mayor.

La temperatura y humedad tienen un mayor efecto en las etapas iniciales cuando el carbono y nitrógeno solubles, están rápidamente disponibles, pero la disponibilidad de nitrógeno y carbono se hace limitante en etapas avanzadas.

La pérdida de compuestos solubles de los residuos en superficie probablemente contribuyeron a la influencia de la ubicación en el cambio de k al aumentar la aplicación de agua.

Pesticidas

La aplicación de pesticidas al suelo puede afectar, además de los microorganismos destinatarios de los mismos, a otros microorganismos del suelo.

Una vez en el suelo, los pesticidas pueden ser volatilizados y degradados. Pueden resistir la degradación en distinto grado según la temperatura, la humedad y el grado de adsorción a minerales y material orgánico. Por lo tanto, la adsorción depende de la solubilidad y de la cantidad de materia orgánica del suelo.

Para que los pesticidas afecten la mineralización, deben acumularse en la solución del suelo, en concentraciones lo suficientemente altas.

Según Anderson, 1978, citado por Haynes, en general, los insecticidas, los funguicidas aplicados a las dosis recomendadas y los herbicidas a dosis mayores a las recomendadas, pueden producir muerte de microorganismos, obteniéndose un sustrato rico en nitrógeno, lo que aumenta la mineralización.

Los pesticidas aplicados a dosis mayores, especialmente los fumigantes, pueden afectar en mayor medida los nitrificantes, lo que causa una concentración de amonio, a niveles que pueden llegar a ser tóxicos.

Plantas creciendo

La rizósfera, favorece el crecimiento microbiano a través de descamados y exudados radiculares ricos en energía, pero normalmente pobres en nitrógeno. Por lo tanto, el nitrógeno mineralizado como consecuencia de la descomposición de estos materiales es inmediatamente inmovilizado.

Inaccessibilidad física

El área específica y el volumen de los restos influyen en su descomposición. Hay diferencias en el patrón de colonización de los microorganismos. Al aumentar la relación superficie/volumen, se favorece a los organismos unicelulares respecto a los hongos filamentosos.

Uno de los efectos de la fauna, como se mencionó anteriormente, es aumentar la superficie expuesta al ataque microbiano.

En general, el material vegetal picado o molido se descompone más rápido que el mismo material entero, por la misma razón.

2.3.- ABONOS ORGANICOS

Se denominan abonos orgánicos a diferentes tipos de restos de origen vegetal o animal que después de un proceso de descomposición se incorporan al suelo generalmente antes de la instalación de un cultivo. Se logra de esta manera mejoras en la producción debido a las sustancias nutritivas que contienen, así como a la influencia sobre las propiedades físicas y químicas del suelo (Kiehl, E.J., 1985).

El uso de abonos orgánicos es una práctica cultural que se ha aplicado en la agricultura desde hace centenares de años, suplantadas posteriormente por las llamadas técnicas modernas, caracterizadas por la fertilización mineral, la aplicación de pesticidas y la mecanización de las prácticas culturales. Este proceso de modernización, forzado por el crecimiento de la población humana a nivel mundial, con el fin de aumentar la producción en términos absolutos y la productividad por unidad, ha utilizado y utiliza insumos con efectos rápidos a corto plazo y en primera instancia más baratos. Últimamente, y debido a razones ecológicas (contaminación por fertilizantes nitrogenados solubles y pesticidas, degradación de los suelos, etc.) y económicas, se vuelven a considerar esas prácticas tradicionales (abonos verdes, estiércoles de distinto origen, restos de procesos de industrialización, etc.) utilizando la más adecuada según la región en que se encuentre (Calegari, A., Peñalva, M., 1994).

Con respecto a los tipos de materiales orgánicos que se pueden utilizar como abonos, hay varios que se pueden clasificar según su origen (predial, extrapredial, industrial, etc), su naturaleza (animal, vegetal o mixta) o según su consistencia (sólido, líquido o semilíquido) (Kiehl, E.J., 1985). Así encontramos: residuos de cosecha y de procesos agroindustriales; residuos de ciudad (desechos, podas, etc); lodo de aguas cloacales; estiércol; abonos verdes; compostajes.

23.1.- Abonos verdes

Las plantas de cobertura se utilizan para proteger el suelo contra la acción directa de las lluvias y mejorar sus condiciones físicas y químicas para el crecimiento del cultivo posterior. Cuando esas plantas se entierran se denominan abonos verdes; su acción se verifica entonces a través del aumento del contenido de materia orgánica del suelo.

Según Pécora, E.J. 1965, los abonos verdes consisten en el cultivo de plantas herbáceas, con el principal o exclusivo fin de incorporarlos al suelo, para aumentar su contenido de materia orgánica; su acción puede considerarse similar al estiércol, provocando por las mismas razones, modificaciones favorables del estado físico del suelo y al igual que este es reflejo de la naturaleza donde fue cultivado, por lo que debemos considerarlo, mas que un abono un mejorador.

23.1.1.- Funciones del abono verde

Debe de tenerse en cuenta que el contenido de materia orgánica y nitrógeno de las plantas varía con la edad de éstas y con su estado de crecimiento; en general se ha comprobado que en los primeros meses del período vegetativo existe el más alto porcentaje de nitrógeno en los tejidos de las leguminosas, en tanto que la mayor cantidad total se encuentra en el momento de la floración. Este es, el momento más oportuno para enterrar los abonos verdes (según Suarez de Castro, F. 1980); las hojas y tallos tiernos, que constituyen la parte más fácilmente descomponible de los vegetales, son atacados inmediatamente por los microorganismos y se comienzan a formar amonio y nitratos utilizables por las plantas, en tanto que los tallos duros se descomponen más lentamente y por lo tanto, suministran materia prima para la nitrificación en un período mas avanzado del crecimiento del cultivo.

En el caso de material muy succulento, se producen las mayores cantidades de nitratos en los primeros 2 meses, época en la cual debe calcularse que las plantas que desean abonarse estén en condiciones de hacer el mejor uso de ellos.

A parte de la misma calidad del material que se entierra hay condiciones de humedad, temperaturas, aireación, textura del suelo, contenido de minerales, etc,

ya explicadas, que también influyen sobre la rapidez y grado de descomposición del abono verde. El material vegetal rico en nitrógeno se descompone con mayor facilidad que el pobre en ese elemento y rico en carbono; lo mismo ocurre con los vegetales de bajo contenido de fibra. Cuando la humedad del suelo es escasa, como fue mencionado, retarda el proceso, en tanto que cuando es excesiva da origen a putrefacciones.

Por otro lado, la elevación de la temperatura del suelo aumenta la velocidad del proceso, lo mismo que la aireación del terreno, ya que las bacterias nitrificantes no actúan sino en presencia de buenas cantidades de oxígeno.

Según Suarez de Castro, se debe recalcar sobre otros efectos importantes de los abonos verdes diferentes al suministro de nitrógeno, que permiten tener una visión más completa de los beneficios que pueden esperarse del enterrado de plantas verdes, aún en el caso de que estas plantas no sean leguminosas.

Al enterrarse un abono verde el voluminoso material que se mezcla con el suelo, mejora las condiciones de aireación. A medida que avanzan los procesos de descomposición, el enriquecimiento en humus que resulta de la incorporación de material vegetal al suelo, modifica aún más las condiciones desfavorables físicas, pues los abundantes coloides que el abono contiene, de gran poder adsorbente, rodean las partículas minerales en forma de película fina que retiene la humedad y es capaz de adsorber y retener nutrientes.

Es importante también la función del abono verde como agente de control de la erosión. Mientras crece el cultivo, el suelo se encuentra protegido de la acción destructora de las aguas de lluvia. Al enterrar el follaje, la materia orgánica que se incorpora al suelo ayuda también a mejorar las condiciones físicas y químicas de éste y con ellas su resistencia a la erosión (Suarez de Castro, F. 1980).

Además de lo mencionado, Calegari, A. y Peñalva, M. 1994, señalan otras funciones de cobertura y protección del suelo de los abonos verdes al competir con malezas (por efecto de competencia y/o de alelopatía), mantener la humedad del suelo (disminuye la evaporación del agua del suelo), atenuar las variaciones de temperatura (el suelo cubierto atenúa las oscilaciones térmicas favoreciendo la actividad biológica del suelo) y aportar cobertura vegetal para manejos conservacionistas (cuando se realizan sistemas de "cero laboreo" o "cultivos de mínimo laboreo").

En relación a las funciones de mantenimiento y/o mejoras de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, los mismos autores agregan que:

Promueven la movilización y reciclaje más eficiente de nutrientes, a través de sistemas radiculares profundos y ramificados, los abonos verdes retiran nutrientes de capas profundas no accesibles a las raíces de muchos cultivos comerciales. Estos nutrientes son luego liberados de las coberturas verdes en forma gradual, una vez que son incorporados al suelo.

Contribuyen al incremento de la vida en el suelo creando condiciones ambientales favorables, además de ser fuente de energía para los organismos del suelo (micro, meso y macrofauna y flora).

Mejoran la agregación del suelo; la descomposición de raíces, hojas y tallos por la acción de macro y microorganismos contribuyen a la formación y estabilidad de los agregados favoreciendo la estructuración del suelo.

- Favorecen la infiltración de agua; ya que las raíces, luego de la descomposición dejan canales abiertos además de promover la agregación, mientras que la cobertura evita, como fue mencionado, el impacto de la gota de lluvia, protegiendo de esta manera la desagregación superficial, reduciendo la velocidad de escurrimiento superficial, permitiendo una mayor infiltración de agua al perfil del suelo.
- Reduce la incidencia de enfermedades de suelo; la utilización de distintas especies de abonos verdes en rotación con cultivos comerciales, puede cortar el ciclo y desarrollo de algunos agentes causales de enfermedades y plagas, favoreciendo una mayor diversidad de organismos, muchos de ellos antagonistas de las plagas. Además, el humus al formar quelatos con sustancias y elementos tóxicos en el suelo, disminuye o elimina sus efectos fitotóxicos sobre las plantas. Por otra parte en algunas especies, como Mucunas y Crotoarias, se han observado efectos notorios en la reducción de la población de nematodos en el suelo.
- Aportan nutrientes a las plantas; el fósforo generalmente encontrado en la materia orgánica del suelo representa 15 - 80 % del fósforo del suelo, así en esta forma es protegido de ser fijado o complejado químicamente, quedando más disponible para las plantas. Por su parte el azufre orgánico representa 50 - 70 % del total del suelo. En cuanto a los micro nutrientes, la materia orgánica, además de ser fuente de ellos, regula la solubilidad a través de la formación de quelatos orgánicos.
- Otro efecto de los abonos verdes, al descomponerse, es el de incrementar la CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) es decir, aumentar la capacidad de almacenamiento de nutrientes para las plantas.

Según Primavesi, 1980; el abono verde con leguminosas, no sería ventajoso en la mejora del tenor de materia orgánica del suelo, a pesar de colocar nutrientes prontamente disponibles para la planta. Esto se debe a que por tener una menor relación C/N que las gramíneas, se descomponen más rápidamente, y los efectos físicos son menos prolongados en el suelo. Por el contrario, las gramíneas parecen ser más apropiadas para estos efectos por su mayor productividad de materia seca, densidad de plantas, sistema radicular más denso y ramificado.

23.1.2.- Algunos factores que limitan el uso de los abonos verdes

Como todas las prácticas agrícolas, los abonos verdes deben encajar muy bien en la economía del establecimiento y del agricultor. Si por razón del costo de la semilla o cualquier otro motivo resulta demasiado costosa la práctica, puede no ser aconsejable su utilización.

También deben adoptarse precauciones en la diseminación de plagas o enfermedades o en el establecimiento de plantas hospedadoras de hongos o insectos que luego pueden atacar el cultivo principal. Algunas leguminosas son especialmente susceptibles a los nematodos radiculares, los cuales también atacan muchas plantas del cultivo.

En regiones secas, los abonos verdes tienen muy escasa utilización debido a las cantidades de agua que remueven del suelo y a la que necesitan luego para descomponerse. Bajo tales condiciones puede crearse una inconveniente competencia por agua que se reflejara en perjuicios para el cultivo principal (Suarez de Castro, F. 1980).

23.1.3.- Uso de los abonos verdes

Solo en los terrenos muy pobres está justificado cultivar durante largos períodos, con el solo objetivo de enterrarlo. En general, los abonos verdes deberían encajar dentro de la rotación de manera que crezcan en períodos muertos, es decir, en aquellos lapsos entre la recolección de una cosecha y la siembra de otra, en que normalmente no se utilizaría el terreno. Se exceptúan de esta regla los terrenos que van a sembrarse con plantas perennes (huertos frutales) en los cuales puede estar ampliamente justificada la siembra y enterrado sucesivo de varias cosechas de abonos verdes, antes de comenzar a establecer la plantación (Suarez de Castro, F. 1980).

Después de enterrar el abono verde, especialmente si se trata de una planta de crecimiento denso, deben dejarse transcurrir 2 o 3 semanas antes de comenzar la siembra de la cosecha principal. Esto se explica porque al ingresar al suelo grandes cantidades de material orgánico, se presenta una corta deficiencia transitoria de

nitrógeno debido a la proliferación de bacterias que atacan los tejidos vegetales, las cuales utilizan el nitrógeno en su alimentación; además, durante los primeros días de descomposición, el agua de lluvia solubiliza algunos constituyentes de las hojas, los cuales parece que absorben oxígeno del suelo en una proporción tan alta que privan a las semillas de las plantas de la cantidad necesaria para su germinación. Debe, pues tenerse en cuenta que no conviene sembrar el cultivo principal hasta después de 2 a 3 semanas de haber enterrado el abono verde, en el caso de una leguminosa; siendo mayores los plazos cuando se manejan no leguminosas. (Suarez de Castro, F. 1980).

Hay que considerar, que siempre que se incorpore materia orgánica al suelo, la transformación de la misma por acción de los microorganismos insume una cierta cantidad de nitrógeno en competencia con el cultivo principal, y trae como consecuencia una carencia transitoria de ese elemento para la planta. Ese efecto desfavorable desaparece cuando ha sido transformada la materia orgánica y a la muerte de los microorganismos que seden el nitrógeno contenido en sus cuerpos y que pasan nuevamente al estado asimilable por acción de otra microflora. Esta competencia mencionada se puede obviar si juntamente con el abono verde se incorporan fertilizantes nitrogenados (Pécora, E.J., 1965).

2.3.1.4.- Especies utilizadas como abonos verdes

Son muchas las especies que pueden utilizarse con este objetivo y su selección en cada ocasión depende de las condiciones climáticas, esquemas de rotaciones de cultivos elegidos, valor de la semilla, facilidades de su cultivo, etc (Suarez de Castro, F. 1980).

La elección de la especie de cobertura verde, el modo de usarlo y la forma de incorporación al suelo, son técnicas que deben meditarse con cuidado y disciplina antes de aplicarlo, de otra forma nos podríamos aproximar a un efecto inverso al deseado (Restrepo Rivera, J. 1996).

Según García de Souza, M., las 2 familias de plantas más utilizadas como abonos verdes son las leguminosas y las gramíneas, las cuales presentan algunas características en particular.

Cuadro N° 2. Características de las principales familias usadas como abono verde

<i>Leguminosas</i>	<i>Gramíneas</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Aporte de nitrógeno • Relación C/N más equilibrada • Descomposición más rápida 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta producción de masa vegetal • Gran desarrollo radicular, profundo • Desarrollo rápido • Material rico en fibra • Semilla de bajo costo • Mas resistentes al frío

Fuente: García de Souza, M. Manejo de suelos en horticultura: Uso de abonos orgánicos

Peñalva, M. 1992, realizó ensayos con una amplia diversidad de especies de coberturas verdes en el departamento de Canelones (Uruguay), llegando a determinar como más recomendables o promisorias a las siguientes.

De otoño - invierno: gramíneas (avena negra, centeno y raigras) leguminosas (vicia peluda y común, arveja forrajera y chicharo) y crucíferas (colza y nabo forrajero)

De primavera - verano: gramíneas (pasto italiano), leguminosas (caupí, guandú, crotolaria juncea y mucrunata, mucuna ceniza y fríjol de cerdo) y una compuesta (girasol).

El mismo autor, realizó ensayos de rotación con coberturas verdes de invierno y cultivos posteriores de papa, morrón y tomate perita (con y sin agregado de nitrógeno bajo forma de urea). Los mejores resultados se observaron con los cultivos sobre arveja, vicia y nabo forrajero, donde además presentaron baja respuesta al agregado de nitrógeno en estos casos. El abono verde que dio excelente cobertura, biomasa y buena competencia con las malezas fue la avena negra, pero Peñalva recomienda ajustar el manejo en cuanto a formas de incorporación, tiempo entre esta y la instalación del cultivo siguiente, y fertilización nitrogenada, pues hubo inmovilización de nitrógeno que perjudicó a los cultivos posteriores.

Barros, C.; Genta, H.; Moltini, C. y Zamalvide, J., trabajando con sorgo forrajero híbrido (SX121) en la zona norte del país (Salto y Bella Unión), encontraron excelentes respuestas en cuanto a productividad de materia seca, en

enlentecerla, etc; son puntos que se continúan evaluando actualmente y resultan claves a la hora de evaluar este tipo de prácticas.

2.3.1.4.1.- Características del sorgo SX121

Los híbridos de sorgo por sudangras como el SX121, son originados por el cruzamiento de una línea de sudangras como fuente de polen, con un sorgo granífero macho estéril. Sus hojas son mas anchas y sus tallos mas gruesos que los sudangras y se caracterizan por su mayor precocidad y un mayor rendimiento total (Carámbula, 1977).

Como la mayoría de los sorgos, el SX121, es muy resistente a la sequía, lo que es debido a que poseen un sistema radicular muy ramificado, con gran numero de raíces fibrosas, una baja velocidad de transpiración y resistencia a la desecación. A pesar de esto responde a un suministro adecuado de agua (Martín, Degget y Parodi, citados por Carámbula, 1977)

2.3.1.5.- Manejo de los abonos verdes

Generalmente el tipo de laboreo previo a la instalación del abono verde, varía con las condiciones del suelo y la capacidad de maquinaria que posea el productor. Normalmente se realiza laboreo convencional (una arada y dos disqueadas), preparación mínima (una o dos disqueadas), cincel mas una rastreada, rastra de dientes con disqueada previa o siembra directa (Calegari, A.; Peñalva, M.; Da Costa, B.).

La profundidad de siembra debe considerar el tamaño de la semilla empleada. Se recomienda una profundidad correspondiente a 2.5 a 3 veces el diámetro total de la semilla. Profundidades mayores pueden comprometer la correcta germinación y emergencia de las plantas.

En cuanto a la época de siembra, para explotar al máximo el potencial de crecimiento de los abonos verdes, se recomienda plantarlos temprano en la temporada. La mayoría de las especies de verano utilizadas (caupí, pasto italiano, crotolarias, etc), cuanto más tardía es su plantación, acortan su ciclo vegetativo, disminuyendo la biomasa producida. Es claro, que en la práctica esto debe ajustarse al plan de rotaciones que se realice (Calegari, A.; Peñalva, M.)

La cantidad de semilla por hectárea que se utiliza es mayor (20 - 50 % mas) que para cosecha comercial (ver Anexo 1).

El momento de incorporación del abono puede variar entre floración, inicio de formación de grano, grano lechoso, variando por tanto el contenido de fibra del

material a incorporar. Cuanto más maduro el material, la relación carbono nitrógeno es más alta y mayor efecto se tendrá en las propiedades físicas del suelo; cuanto más tierno el material, más joven, menor es la relación C/N, mayor disponibilidad de nutrientes (nitrógeno) en el corto plazo y por lo tanto menor efecto en la parte física (García de Souza, M. 2000).

Moltini, recomendando gramíneas como sudangras, pasto italiano y maíces de alta producción de materia seca, dice que el momento más recomendable para incorporarlos es cuando las plantas se encuentran en el estado de "grano lechoso". A efectos de contrarrestar el efecto negativo de la inmovilización de nitrógeno para el cultivo posterior, aconseja agregar entre 40 - 60 Kg/há de nitrógeno, según el volumen y estado de madurez de los restos.

Previo a la incorporación conviene hacer un picado del material en superficie, con pastera, chirquera o chopper, dejándolo en un tamaño ideal de 10 cm de largo de fibra. Esta operación facilita la descomposición posterior del material, acortando el período para la preparación de la siembra del cultivo comercial.

Luego de picado el material, se deja en superficie unos días para su marchitamiento, y luego se procede a su incorporación en los primeros centímetros de suelo para facilitar el ataque por parte de la biología y microbiología del suelo. Si se realiza un enterrado muy profundo, con una arada, el material se va a descomponer muy lentamente por la disminución de la acción biológica (García de Souza, M. 2000).

23.1.5.1.- Manejo del sorgo SX121

1. Época de siembra

Silvera y Vega; 1983 citados por Sabalveytia, D. y Naveiro, S., evaluaron el comportamiento de cuatro forrajeras estivales entre las que se encontraba el sorgo híbrido SX121, bajo diferentes épocas de siembra que comprendían cinco fechas de siembra que iban desde el 22/10 al 28/12. Las conclusiones extraídas por los autores fueron:

- a) Las épocas tempranas mostraron rendimientos totales acumulados más altos, ya que con el atraso de la época de siembra se acortó el período de crecimiento, lo que trajo como consecuencia un menor rendimiento;
- b) Cuando analizaron las tasas de crecimiento durante enero y febrero, que fueron meses secos, las mayores tasas se vieron en las siembras tempranas, ya que las

carencias de agua en este período encontraban al cultivo en un estado de desarrollo que no les fue tan perjudicial como ocurrió en las épocas tardías.

Solari, 1978 citados por Sabalveytia, D. y Naveiro, S., también señaló como factores que influyen en el éxito de la elección de una adecuada época de siembra, a la temperatura y a la humedad. Las siembras tempranas se ven afectadas por la baja temperatura del suelo y las siembras tardías por el bajo contenido de humedad del mismo.

Dadas las condiciones ambientales imperantes en el país, se determinó como la época de siembra mas adecuada a la comprendida entre el 15/10 al 15/11 (La Estanzuela, 1972).

2. Factores nutricionales

Fertilización nitrogenada

Según Brown y Ashley, 1974, citado por Sabalveytia, D. y Naveiro, S., la fertilización es un factor mas de manejo que incide notoriamente en el crecimiento del sorgo, incluyendo en la duración el grado de retraso, así como en el crecimiento exponencial del mismo.

La fertilización nitrogenada incrementa el contenido en proteína, lo que se encuentra relacionado con la producción de nuevo tejido. Esto incrementaría la respiración como consecuencia de la producción del nuevo tejido o porque la respiración es una fuente de energía para la síntesis de energía y la división y la expansión celular.

a. Factores que afectan la respuesta

Fribourg, 1974 citado por Sabalveytia, D. y Naveiro, S., para comparar la respuesta a la fertilización nitrogenada en distintos experimentos donde el suelo, condiciones climáticas y manejo de las plantas fue diferente, expresó el rendimiento obtenido en cada dosis como un porcentaje respecto al máximo obtenido en cada ensayo. Llego a la conclusión de que muchos estudios en gramíneas anuales estivales sobre la respuesta a la fertilización nitrogenada se han hecho fuera de rangos de 300 - 400 Kg/ha (la mayor respuesta ocurrió en rangos entre 0 - 100 KgN/ha), con alguna respuesta adicional entre 100 y 300 KgN/ha. Cuando las aplicaciones se incrementan mas haya de 400 - 500 Kg/ha, son otras las consideraciones que están en juego como ser si la densidad de las plantas es la adecuada para aprovechar dosis tan altas.

Fertilidad del suelo

Según Carámbula, 1977, el nivel de nitrógeno en el suelo influye en la respuesta. Cuando los suelos poseen altos tenores de nitrógeno, la respuesta a la fertilización es menor a la obtenida en suelos pobres. Esto se debería a que la eficiencia de la fertilización depende fundamentalmente de la dinámica del nitrógeno en el suelo.

Carámbula y Pizarro, 1968, citados por Sabalveytia, D. y Naveiro, S., en otros ensayos, no encontraron respuesta a la fertilización nitrogenada y lo explican en base a: falta de humedad durante el período de crecimiento y nivel de nitrógeno del suelo.

Humedad

En cuanto a la absorción de nitrógeno, ha sido demostrado que no sería muy afectada por la falta de agua, sino que es la producción de materia seca la que se ve seriamente comprometida, lo que redundaría entonces en una menor respuesta a la fertilización nitrogenada. (Colman, citado por Fribourg, 1974).

Fribourg, 1974, señala que a pesar de la tolerancia a la sequía que presentan las estivales, la respuesta de las plantas a la fertilización es mayor si la humedad es la apropiada. Asimismo, si la fertilización es la adecuada, se logra un aumento en la eficiencia del uso del agua.

b. Respuesta en materia seca a la fertilización nitrogenada

Según Whitehead, 1970 citado por Zabalveytia, D. y Naviero, S., incrementando el nivel de fertilizantes nitrogenados, tiende a decrecer el contenido de materia seca de las plantas. Esto se debe a que los cultivos más pesados, resultantes de la aplicación de nitrógeno, poseen una mayor cantidad de agua en sus tejidos. Cita a su vez un trabajo de Lazemby y Rogers quienes demostraron que en un rango de 0 - 896 KgN/ha, el porcentaje de materia seca decrecía de 23 a 17 %.

Al evaluar la remoción de nitrógeno en distintos ensayos, Zabalveytia, D. y Naviero, S., señalan que se pudo constatar que los cambios producidos en la producción de materia seca no siempre acompañan a los producidos en la absorción de dicho elemento, lo que indica que la fertilización nitrogenada puede causar cambios en la calidad del forraje sin existir variaciones en la cantidad del mismo.

Por su parte, Pristav 1984, citado por Medina, M. y Bastianini, S., fertilizando con tasas equivalentes a 0, 150, 300 y 450 Kg/ha de N, encontró incrementos no significativos en el rendimiento de materia seca en híbridos de sudangras con dosis superiores a 150 Kg/ha de N. Todas las parcelas habían sido fertilizadas con 35 Kg/ha de fósforo y 166 Kg/ha de Potasio.

En pruebas realizadas en 1979 - 1980 en sudangras con dosis de 0 a 800 Kg/ha de N anualmente, encontraron que la materia seca y el IAF (Índice de área foliar) incrementó con 400 Kg/ha de N en 1979 y 800 Kg/ha de N en 1980. Las bajas temperaturas, y radiación solar ocurridas en 1980, explican el menor rendimiento que se obtuvo con respecto a 1979. Las altas temperaturas y radiación solar incrementaron la tasa de asimilación neta y el uso eficiente de nitrógeno (Yun y Lee, 1984, citados por Medina; M. y Bastianini, S.).

Para Fribourg, 1974, citado por Zabalveytia, D. y Naviero, S., la cosecha en el último estado de madurez contiene un mayor porcentaje de materia seca, mientras que plantas cosechadas en el estado vegetativo contienen un menor porcentaje. La fertilización nitrogenada afecta mas la producción de materia seca en estados mas avanzados de madurez. Cita además a Jung y Reid, quienes señalaron que un forraje inmaduro bajo altos niveles de nitrógeno produce un rendimiento igual a aquel mas maduro que crece bajo niveles menores de nitrógeno.

c. Efecto de la fertilización sobre los componentes nitrogenados de las plantas

Nitratos

El nitrato es la única forma de nitrógeno inorgánico que se acumula en cantidades apreciables dentro de la planta. El aporte de nitratos de las raíces es el factor más importante que lo afecta, siendo independiente de la fuente.

Otros factores que influyen son: intervalo de tiempo entre la aplicación y el muestreo y factores ambientales y nutricionales. Cualquier factor que restrinja la tasa de crecimiento o la síntesis proteica sin restringir en igual magnitud la extracción de nitratos va a tender a incrementar en contenido de nitratos en las plantas (Whitehead, 1970, citado por Zabalveytia, D. y Naviero, S.)

Según Fribourg, 1970 citado por Zabalveytia, D. y Naviero, S., el nitrato es un ion común en las gramíneas anuales estivales, y su análisis en hojas es un método comúnmente usado para adecuar tratamientos de fertilización. La concentración de nitratos generalmente declina con la

madurez y se incrementa luego de lluvias u otros factores que reducen el vigor de las plantas, sobretodo si la fertilización nitrogenada o la densidad de plantas es alta.

Pristav, 1984, citado por Medina, M. y Bastianini, S., estudiando el efecto de distintas dosis de nitrógeno aplicadas en sudangras, encontró que el contenido de N - NO₃⁻ aumentaba con la dosis de nitrógeno aplicada.

Yun y Lee, 1984, citados por Medina, M. y Bastianini, S., encontraron que el contenido de nitratos incrementaba con la dosis aplicada y que para dosis de 800 Kg/ha de nitrógeno, el contenido de nitratos en el forraje fue superior a 2000 ppm.

Porcentaje de nitrógeno

Según Whitehead, 1970, citado por Zabalveytia, D. y Naviero, S., la alta capacidad de las gramíneas de absorber nitrógeno, depende principalmente del estado de crecimiento al corte y del aporte de nitrógeno. Asimismo se va a producir un declinamiento en el porcentaje de nitrógeno al avanzar la madurez.

Para Decau y Marty, 1979, citados por Zabalveytia, D. y Naviero, S., la cantidad de nitrógeno absorbido en el transcurso de cada ciclo, no está directamente relacionada con los aportes del fertilizante, sino que es la capacidad de las plantas de absorber el nitrógeno, la variable que juega el rol determinante.

d. Fraccionamiento

El nitrógeno es un nutriente necesario fundamentalmente durante la etapa en la cual el cultivo desarrolla las hojas necesarias para llegar a un buen rendimiento. El fraccionamiento tiene el peligro de que si no llueve luego de aplicado en cobertura, este no llega a ser absorbido por las plantas (Zamalvide, 1982).

Fribourg, 1974, presenta resultados donde poca o ninguna respuesta se obtuvo en el rendimiento total de materia seca durante la estación de crecimiento con el fraccionamiento del fertilizante.

Para Ross, Manfrini y Malcuori, 1982, citados por Medina, M. y Bastianini, S., el fraccionamiento sería una práctica adecuada para mejorar la eficiencia del fertilizante.

Zabalveytia, D. y Naviero, S. 1985, trabajando sobre tres suelos con sorgo forrajero SX121, encontraron que el efecto del fraccionamiento no fue consistente en los distintos ensayos, ni en las distintas dosis evaluadas. No obstante se pudo ver un efecto del mismo en la distribución de materia seca y en la calidad del material producido.

Fertilización fosfatada

Mays, Wilkinson y Cole, 1980, citados por Zabalveytia, D. y Naviero, S., señalan que las gramíneas estivales presentan respuesta al fósforo en presencia de altas cantidades de nitrógeno y potasio simultáneamente. Las altas tasas que son capaces de mantener estas gramíneas implican una alta demanda de nutrientes. La fertilización fosfatada incrementa la extracción de fósforo relativamente mas al inicio que al final de la estación de crecimiento.

Carámbula y Pizarro, 1968 citados por Zabalveytia, D. y Naviero, S., ensayaron las dosis de 0, 100 y 200 UN-P/ha, encontrando una respuesta favorable en los dos años en que se llevo a cabo el ensayo hasta la dosis 100; no encontraron diferencias significativas entre las dosis 100 y 200 comparando un año seco contra uno húmedo, siendo la mayor respuesta en este último.

La Estanzuela, 1972, recomienda realizar fertilizaciones con 45 - 60 UN- P_2O_5 /ha utilizando una fuente rápidamente asimilable. Señala que la recomendación de un nivel óptimo de fósforo no es posible dado las condiciones de humedad tan variadas del verano.

24.- REPOLLO

24.1.- Requerimientos nutricionales

Como fue mencionado, el repollo, como la mayoría de las crucíferas; es una planta muy exigente en nutrientes. La mayor parte del material vegetal producido durante el crecimiento vegetativo de la planta, se cosecha y se extrae del campo, lo que provoca una gran remoción de nutrientes (Limongelli, Juan C.H., 1979)

Según Knott J.E., citado por Limongelli, Juan C.H., 1979, para un rendimiento de 20 toneladas por hectárea se extraen aproximadamente 60 Kg. de nitrógeno, 20 de P_2O_5 y 80 de K_2O .

La planta de repollo extrae mucho nitrógeno y potasio, menos cantidades de calcio, fósforo y en menor grado magnesio. La máxima asimilación de nutrientes tiene lugar durante la formación de la "cabeza" (Shuin, K.A. citado por Limongelli,

Juan C.H., 1979). Cabe destacar que el repollo responde al agregado de micro nutrientes, ya que en ensayos realizados por Whalen, M.L. citado por Limongelli, Juan C.H., 1979, aplicaciones de Zn, Mn o Cu aumentaron el rendimiento y mejoraron la calidad.

Según Thompson H.C. citado por Limongelli, Juan C.H., 1979, en general el repollo responde al abono orgánico. Posiblemente porque utiliza lentamente el nitrógeno provisto durante el crecimiento, además, pueden perderse grandes dosis de nitrógeno inorgánico en plantación por la lixiviación. Las aplicaciones de abonos orgánicos antes de la plantación, eliminan la necesidad de grandes dosis de nitrógeno en bandas, reduciendo la cantidad de fertilizante a agregar.

Otras experiencias realizadas durante varios años con el cultivo de repollo demostraron que los fertilizantes pueden aventajar a los abonos orgánicos en casi todos los suelos (Nieuwhof, M. citado por Limongelli, Juan C.H., 1979).

En realidad, el resultado óptimo se logra con una combinación de ambos, pues el abono orgánico mejora la estructura del suelo aumentando el efecto de los fertilizantes.

En ensayos empleando Urea y abono verde, aplicando la siguientes dosis de nitrógeno por hectárea, 0 - 100 - 200 - 300 - 400, el máximo rendimiento se obtuvo con 300 Kg. de nitrógeno aplicado mitad como abono verde y mitad como Urea (Srivastava, D.C., Verma, H.R., Mishra y Sharma R.K., citados por Limongelli, Juan C.H., 1979).

24.1.1.- Influencia del Nitrógeno en el cultivo de repollo

Existen diversas experiencias realizadas con fertilizantes nitrogenados; Ram R. y Sharma R.K. citados por Limongelli, Juan C.H., 1979, ensayaron 4 niveles de nitrógeno por hectárea (40 - 80 - 120 - 160 Kg.), y observaron que la aplicación de 120 Kg/ha de N fue la más apropiada en cuanto a rendimiento, diámetro y compacidad de la cabeza. Kretch D.W. y Maddy G.E., citados por Limongelli, Juan C.H., 1979, estudiaron también varios niveles de nitrógeno (0 - 70 - 140 - 210 Kg. N/ha) obteniendo incremento en el peso de las cabezas en relación con el mayor contenido de N.

Por otro lado, Thomas J.R., Namken, L.N. y Brown R.G., citados por Limongelli, Juan C.H., 1979, realizaron experiencias en un suelo franco - arcilloso empleando fertilizantes nitrogenados, los que aumentaban significativamente los rendimientos de repollo.

En cuanto al momento de aplicación del fertilizante nitrogenado Nieuwhof, Thompson H.C. y Kelly W.C. citados por Limongelli, Juan C.H., 1979 señalan que el nitrógeno da buenos resultados colocando 50 % durante la plantación y 50 % mediados del ciclo del cultivo; aplicado al voleo o en bandas.

3.- MATERIALES Y METODOS

3.1.- LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en el predio del Ing. Agr. Miguel Alejandro Baldassini, situado en el camino a Colonia Garibaldi, casi Ruta 31, zona de la "Granja Sant' Anna" a 10.5 Km. de la ciudad de Salto.

El trabajo de campo se llevo desde fines de diciembre de 2001 (siembra del sorgo) a fines de septiembre de 2002 (cosecha de repollo).

3.2.- SUELO

El suelo donde se instaló el ensayo corresponde a un Argisol de la Unidad Salto, según la Carta de Reconocimientos de Suelos del Uruguay, siendo el mismo representativo de los suelos arenosos empleados por la mayoría de los productores del cinturón hortícola de Salto.

El perfil del suelo, presenta un Horizonte A de aproximadamente 30 cm promedio de espesor. Se obtuvieron muestras a 2 profundidades, de 0 - 20, presentando textura arenoso franco y de 20 - hasta la transición de horizonte, con textura arcillo - arenosa. En el cuadro N° 3, se presentan los resultados del análisis químico de dichas muestras. El análisis de suelo fue realizado antes de la siembra del Sorgo.

Cuadro N° 3. Resultado del análisis de suelo

Bloque	Muestra	MO (%)	pH en agua	Fósforo (Bray N°1) ppm	Cationes en meq/100 grs de suelo				Nitratos (ppm) N - NO3
					Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	
1	M1 P	0,43	6,33	>63	0,15	3,2	0,62	0,7	1,9
	M1 S	0,96	6,6	>63	0,22	4,3	0,67	0,63	2,4
	M2 P	0,43	6,18	>63	0,2	2,8	0,57	0,63	3,5
	M2 S	0,88	6,52	>63	0,21	4,1	0,56	0,63	2,4
2	M3 P	0,6	5,94	>63	0,2	2,8	0,57	0,66	2,1
	M3 S	0,87	6,49	>63	0,23	3,5	0,53	0,65	3,1
	M4 P	0,66	6,28	58	0,19	2,8	0,48	0,63	1,7
	M4 S	0,93	6,69	>63	0,2	3	0,47	0,6	2,9
3	M5 P	0,65	6,04	43	0,17	2,8	0,61	0,56	1,9
	M5 S	0,98	6,61	>63	0,21	3,6	0,57	0,55	1,9
	M6 P	0,71	6,04	>63	0,17	3,1	0,52	0,65	6,1
	M6 S	0,9	6,4	>63	0,26	3,3	0,58	0,66	7,3
	M7 P	0,71	6,22	>63	0,22	3,4	0,67	0,61	2,7

Referencias:

M - Muestra
S - Superficial
P - Profundo

El cuadro N° 3 presenta valores característicos de este tipo de suelos en la región, con niveles menores a 1 % de materia orgánica y altos contenidos de fósforo, debido a los muchos años de uso hortícola.

Respecto al manejo anterior efectuado en el cuadro, se trata de un suelo de uso continuo durante muchos años, donde se cultivó frutilla en el año 2000 y posteriormente cebolla en 2001.

3.3.- CLIMA

Los parámetros de temperatura máxima, mínima y media, humedad relativa, lluvia y heladas, se presentan en el cuadro N° 4, 5 y 6. Los datos corresponden a los del año del ensayo, y se incluye los desvíos de los mismos con respecto al promedio de años de las series climáticas existentes.

Las serie climática de referencia fue la del período 1961 - 1990 para los valores de temperatura, humedad relativa y precipitación, y la serie 1961 - 2000 fue usada para los registros de heladas. Los datos de la serie corresponden a la Estación Meteorológica de Salto y los registros del año del ensayo fueron tomados por la Cátedra de agrometeorología de la E.E.F.A.S.. Todos los datos fueron suministrados por dicha Cátedra.

Cuadro N° 4. Promedio de temperatura y humedad relativa del aire para 2002, y su desvío con respecto al promedio de la serie climática existente.

Mes	Temperatura del aire (°C)						H. relativa (%)	
	Máxima		Mínima		Media		Prom.	Des.
	Prom.	Des.	Prom.	Des.	Prom.	Des.		
<i>Enero</i>	31.6	+0.1*	18.2	-0.5	24.9	-0.1	68	+5
<i>Febrero</i>	29.7	-0.6	16.2	-1.7	23.0	-0.9	67	-1
<i>Marzo</i>	29.2	+1.4	19.5	+3.5	24.3	+2.7	82	+10
<i>Abril</i>	22.7	-1.2	13	+1.7	17.9	-0.2	81	+6
<i>Mayo</i>	22.2	+1.6	11.9	+1.9	17.0	+2.0	83	+5
<i>Junio</i>	16.8	-0.3	5.7	-1.5	11.2	-0.5	83	+3
<i>Julio</i>	16.7	-0.6	6.2	-1.0	11.4	-0.6	86	+12
<i>Agosto</i>	20.7	+1.7	8.9	+0.9	14.8	+1.6	76	+2
<i>Septiembre</i>	20.8	0.0	8.6	-0.5	14.7	-0.2	72	0

(*) - Cuando es (+) el registro de 2002 estuvo por encima del promedio de años registrados y cuando es (-), viceversa.

Cuadro N° 5. Número de días con precipitaciones y milímetros de lluvia caída para 2002, y su comparación con la serie climática.

Mes	Pp. (mm)	Des.	N° días c/pp.	Des.
<i>Enero</i>	113.5	-2.5	5	0
<i>Febrero</i>	102.9	-29.1	6	0
<i>Marzo</i>	323.0	+170	16	+11
<i>Abril</i>	324.3	+199.3	17	+12
<i>Mayo</i>	80.7	-18.3	8	+3
<i>Junio</i>	39.3	-41.7	4	-1
<i>Julio</i>	145.4	+72.4	12	+8
<i>Agosto</i>	48.1	-21.9	6	+2
<i>Septiembre</i>	150.7	+43.7	6	+1

(*) - Cuando es (+) el registro de 2002 estuvo por encima del promedio de años registrados y cuando es (-), viceversa.

Cuadro N° 6. Fecha de primer y última helada, y período con y libre de heladas para el año 2002 en comparación a la serie climática.

	<i>Año 2002</i>	<i>Prom. Serie climática</i>
<i>Primer helada</i>	10 de Junio	15 de Junio
<i>Ultima helada</i>	7 de Septiembre	8 de Agosto
<i>Período con heladas</i>	89 días	55 días
<i>Período libre de heladas</i>	276 días	310 días

3.4.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Consistió en la siembra de un cultivo de sorgo forrajero (var. Híbrido SX121) como abono verde y posteriormente el transplante de un cultivo de repollo (var. *Superette*) como evaluador de los efectos del primero.

3.4.1.- Diseño experimental

El diseño del ensayo es en parcelas sub - subdivididas con los siguientes tratamientos:

- 1) Momento de corte del sorgo,
- 2) Nitrógeno al sorgo,
- 3) Nitrógeno al repollo.

Los momentos de corte del sorgo fueron a inicio de floración y 15 días mas tarde del primero (plena floración).

Las dosis de nitrógeno aplicadas al sorgo fueron 0, 100, 200, 300 y 400 Kg/ha. La fuente de nitrógeno fue Urea (46 - 0 - 0), agregándose 0, 217.4, 434.8, 652.2 y 869.6 kg/ha de urea respectivamente, fraccionados en 4 aplicaciones.

Las dosis de nitrógeno al repollo fueron 80, 160 y 240 Kg/ha, fraccionadas en 3 aplicaciones, siembra, 30 días y 45 días postransplante.

En el siguiente diagrama se esquematiza los diferentes tratamientos aplicados al sorgo:

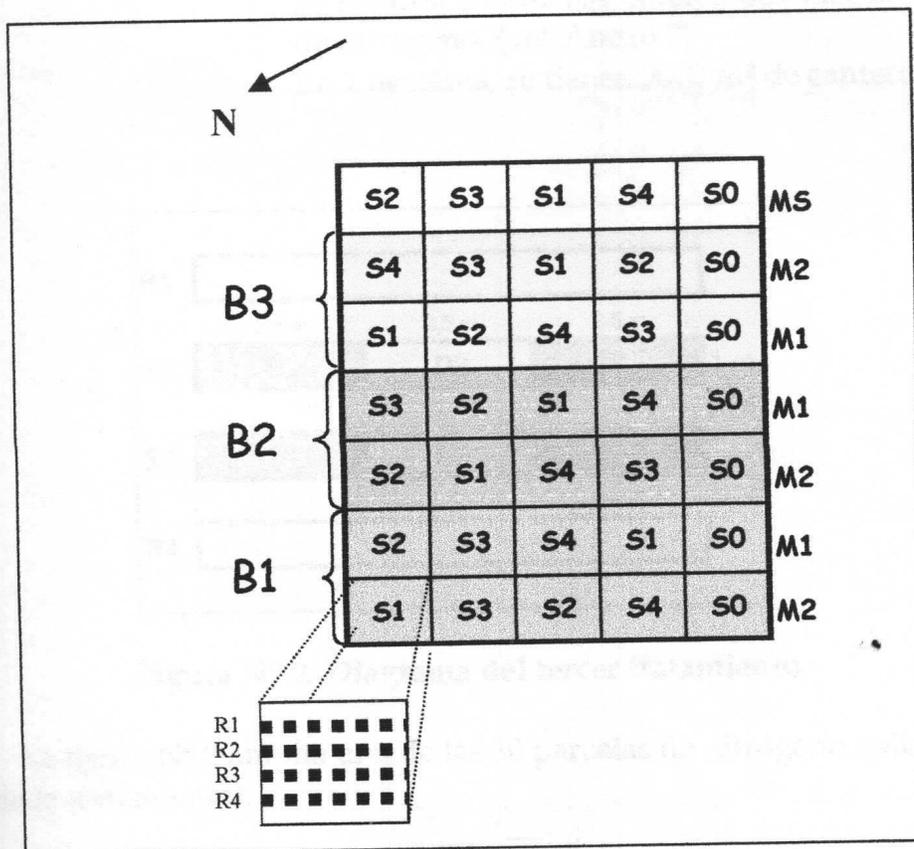


Figura N° 1. Diagrama del ensayo

Referencias:

perficie total de ensayo: 2688 m²

B1, B2, B3 - Bloques

S - Parcelas de muestreo semanal del sorgo

Primer tratamiento: N° de parcelas grandes: 6

Tamaño de parcelas: 48 x 8 m

M1, M2 - Momentos de corte; (1) inicio de floración y (2) plena floración.

Segundo tratamiento: N° de parcelas: 30

Tamaño de parcelas: 8 x 9.6 m

S0, S1, S2, S3, S4 - Tratamientos con 0, 100, 200, 300 y 400 Kg/ha de N al abono verde.

Tercer tratamiento:

4 fracciones de cantero (R1, R2, R3 y R4) dentro de cada parcela del segundo tratamiento. Se evalúan las 2 fracciones centrales (R2 y R3), las cuales a su vez se dividen en 3 sub - parcelas correspondientes a las 3 dosis de nitrógeno al repollo.

Se dejaron 2 canteros enteros por bloque sin agregado de nitrógeno. (ver Anexo 2)

En 1 hectárea, se tienen 5000 m² de canteros efectivo.

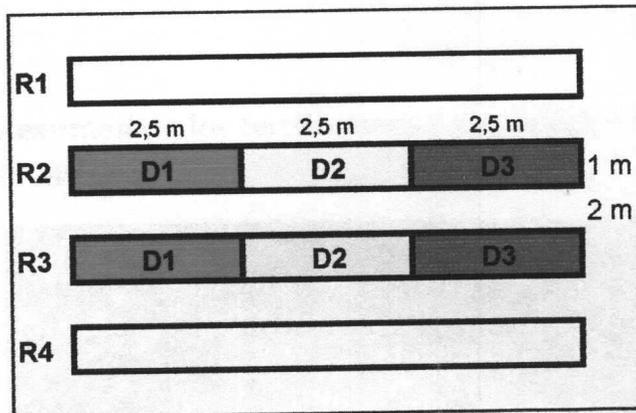


Figura N° 2. Diagrama del tercer tratamiento

La figura N° 2 amplía una de las 30 parcelas de nitrógeno aplicado al sorgo (segundo tratamiento).

Referencias:

R1;R2;R3;R4: Canteros de repollo (0.9 m mesada)(R2 y R3 fueron los evaluados)

El recuadro exterior delimita la parcela correspondiente al segundo tratamiento.

D1;D2;D3: Dosis de nitrógeno aplicado al repollo (80;160;240 UN/ha respectivamente)

3.5.- ABONO VERDE (Sorgo)

3.5.1.- Preparación del suelo

El laboreo consistió en una pasada de cincel, una de excéntrica y una de rastra de dientes.

3.5.2.- Siembra y fertilización

La siembra del abono verde se llevó a cabo el 28 de diciembre de 2001, con sembradora directa a 0.16 m entre líneas, y se utilizaron 28 kg/ha de semilla.

Se aplicó una fertilización de base de 200 unidades de Fósforo al voleo, realizada el 8/12/2001. A la emergencia del cultivo se aplicó $\frac{1}{4}$ de la dosis total de

Nitrógeno y posteriormente 3 refertilizaciones (8/1, 22/1 y 4/2) de acuerdo a la dosis correspondiente a cada parcela. La fertilización nitrogenada se realizó con Urea aplicada al voleo.

Luego de cortar el material, se agregaron 100 Kg/ha de N en todos los tratamientos.

Cuadro N° 7. Resumen de los fertilizantes y sus aportes aplicados al sorgo

<i>Parcelas</i>	<i>Fert. Superfosfato de calcio (kg/ha) (0-21-23-0)</i>	<i>Urea (kg/ha) (46-0-0-0)</i>	<i>Kg/ha de fósforo y nitrógeno</i>
<i>S0</i>	952.4	0	200 P + 0 N
<i>S1</i>	952.4	217.4	200 P + 100 N
<i>S2</i>	952.4	434.8	200 P + 200 N
<i>S3</i>	952.4	652.2	200 P + 300 N
<i>S4</i>	952.4	869.6	200 P + 400 N
<i>Al corte</i>	0	217.4	100 N

3.5.3.- Riego

Al ensayo se suministró riego durante todo el ciclo, de manera de que el agua no fuera limitante en el crecimiento potencial del cultivo.

El sistema de riego utilizado fue por aspersión, usando 24 aspersores de 750 lt/h. Estos se prendían aproximadamente 1 hora por día, según las condiciones hídricas del suelo y la demanda atmosférica de cada día, lográndose una precipitación aproximada de 7 mm/día. El riego total hasta el primer corte y enterrado fue del orden de 240 mm y hasta el segundo corte de aproximadamente 290 mm.

3.5.4.- Control de malezas, plagas y enfermedades

No fue necesario ningún control de malezas a la siembra y tampoco en la etapa del cultivo.

Respecto al control de plagas, no se realizó ningún manejo a pesar de haberse detectado la presencia de lagarta cogollera (*Spodoptera frugiperda*),

principalmente a mediados del cultivo, ya que no se considero su ataque importante a los efectos del ensayo.

Tampoco existieron enfermedades de gran incidencia en el cultivo que justificaran su control.

3.5.5.- Picado y enterrado

El tratamiento de primer corte y enterrado se realizó a inicio de floración, el 22/02/2002 y el segundo 24 días después, en plena floración, el 18/03/2002.

Para el primer corte se utilizó una chopper modificada e inmediatamente después del picado se lo incorporó con una pasada de arado de discos. A la chopper se le desconectó el tubo de descarga y se le abrió la tapa trasera, de modo de mejorar la uniformidad de distribución del material picado sobre el suelo. (Anexo N° 3)

El segundo corte se realizó de la misma forma pero el incorporado al suelo debido a las excesivas lluvias, se efectuó el 3/04/2002 (16 días después).

3.6.- REPOLLO

3.6.1.- Etapa de almácigo

El almácigo se realizó el día 9/04/2002 en invernáculo de la Estación Experimental de San Antonio. Fueron sembradas 50 bandejas con 288 celdas cada una (de 8 cm³). Se utilizó este tipo de bandejas, con celdas pequeñas para minimizar el efecto del sustrato en el estudio de manejo de suelo. Se colocó una semilla por celda, y fue empleado un sustrato comercial disponible en los comercios de la zona (Tref). (ver características en Anexo N° 4)

El método de riego usado fue por microaspersión, manejándose de acuerdo a las condiciones del almácigo.

3.6.2.- Transplante

El transplante se hizo el 4/5 con posterioridad a un pasaje de excéntrica y encanterado. La disposición de las plantas fue de dos hileras por cantero, con una separación entre plantas en la fila de 0.4 m y entre hileras de 0.5m.

En los 20 días siguientes al transplante, las plantas que no sobrevivieron, fueron remplazadas por nuevos plantines.

3.6.3.- Riego

El método y equipo utilizado fue el mismo que para el Sorgo (aspersión), efectuándose riegos en base a la observación de la humedad existente en el suelo y la demanda atmosférica.

3.6.4.- Fertilización

La fertilización realizada en el ensayo se detalla a continuación en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 8. Fertilización general del cultivo de Repollo

Prod. Comercial	Fecha aplicación	Dosis	Nutriente/ha	Forma de aplicación
<i>Superfosfato de calcio</i>	4/5	952.4 kg/ha	200 UP ₂ O ₅	Al voleo
<i>Cloruro de Potasio</i>	4/5, 29/5 y 17/6	190 kg/ha	114 UK ₂ O	Al voleo
<i>Urea</i>	10/5, 17/6, 9/7 y 2/8	(**)	80,160, 240 UN	Al voleo
<i>Phito Molibdenium</i>	21/5 y 18/6	1 lt/ha	-	Foliar
<i>Fetrilon - Combi 2 (*)</i>	21/5	0.7 kg/ha	-	Foliar
<i>Phitoborial</i>	18/6	0.4 lt/ha	-	Foliar

(*) - Fertilizante de micronutrientes: Zn, Fe, Mn, Cu, B, Mo, Mgo, S.

(**) - Dosis según el diseño del ensayo.

Las dosis de nitrógeno empleadas fueron de 80, 160 y 240 Kg/ha. En el Anexo N° 2 se aprecia el diseño de las parcelas con sus diferentes dosis.

3.6.5.- Control de malezas, plagas y enfermedades

Se realizaron curas preventivas en las primeras etapas del cultivo, para proteger de ataques de tipo fúngico principalmente. Los funguicidas utilizados fueron; Rovral (P.A. *Iprodione*) y Previcur N (P.A. *Propamocarb clorhidrato*), ambos a dosis recomendada.

Luego del transplante, se constataron algunas plantas posiblemente afectadas por "Tallo Alambre" (*Rhizoctonia solani*).

Para el control de plagas se utilizó Lorsban 48E (P.A. Clorpirifos) también según dosis recomendada.

Mediante el control realizado, el cultivo mantuvo una buena sanidad durante todo el ciclo.

Con respecto al control de malezas, previo al transplante se realizó una aplicación de Goal - 2 EC (P.A. Oxifluorfen), a una dosis de 1 lt/ha. Cabe destacar que posiblemente la dosis fue excesiva para este tipo de suelo (arenoso), ya que se constataron plantas con aparentes síntomas de daños por herbicidas (Anexo N° 5).

3.6.6.- Cosecha

El periodo de cosecha comenzó el 5 de septiembre y finalizó el 20 del mismo mes. Se utilizaron 2 criterios para la cosecha, uno con objetivo experimental (de arrase) y otro comercial (por un índice visual), seleccionando las parcelas para cada criterio al azar, por lo tanto se obtuvieron 2 mediciones de rendimiento.

En el criterio experimental no se tomó como referencia el desarrollo individual de cada planta sino el general de la parcela para decidir la cosecha total de la misma. En este caso la cosecha se realizó el 16 de septiembre.

En el comercial (índice visual) se tuvo en cuenta el desarrollo y compactación de la cabeza, cosechándose las plantas a medida que cumplían con el índice de cosecha tal cual es realizado por los productores de la zona. Para ello se realizaron 3 cosechas bajo este criterio, los días 5, 12 y 20 de septiembre.

3.7.- VARIABLES EVALUADAS

Al momento de los 2 cortes para incorporado del sorgo, se tomaron 2 muestras de plantas por parcela de 8 x 9.6 m, las cuales consistían en cortar las plantas al ras del suelo, de 1 metro lineal de 2 filas contiguas, lo que representa una superficie por muestra de 0.32 m².

Luego en el laboratorio se separó hojas, tallos y panojas, obteniéndose peso fresco y seco de cada una. A su vez, se determinó el número de tallos y panojas de cada muestra.

Las variables medidas en el sorgo fueron:

- a) producción de materia seca por hectárea de hoja, tallo y total,
- b) contenido de nitrógeno en hoja, tallo y total (además se estimó la relación C/N),
- c) evolución de la relación hoja/tallo de los tratamientos,

Fuera del experimento y con el objetivo de evaluar el crecimiento del sorgo se tomaron muestras semanales que comenzaron el 4/02/2002 y culminaron el 15/03/2002 realizándose 6 muestreos totales en las parcelas de destrucción con igual metodología. Por parcela de 8 x 9.6 m se obtuvieron 3 muestras en cada fecha de muestreo.

En el repollo se realizaron 2 tomas de muestras, el (5/9) y otra el (16/9). La primera consistió en 3 muestras por parcela (1/4 repollo) a las cuales se les tomó peso fresco y peso seco (sobre estas posteriormente se hicieron los análisis de laboratorio). En la segunda se contabilizó únicamente el número de hojas (exteriores e interiores) de 2 cabezas por parcela.

Las variables evaluadas en el repollo fueron:

- a) rendimiento total por hectárea y peso promedio
- b) rendimiento comercial por hectárea y peso promedio
- c) número de hojas (cosecha por índice)
- d) días a cosecha (cosecha por índice)
- e) contenido de nitrógeno del cultivo

El análisis de nitrógeno total de las muestras de sorgo y repollo, se llevaron a cabo en el laboratorio de la cátedra de fertilidad de suelos de la Facultad de Agronomía. Se utilizó el método de Kjeldahl modificado.

El análisis estadístico fue usado para evaluar las variables estudiadas en los 2 cortes del sorgo como así también en el repollo. Los resultados obtenidos en los 6 cortes (fuera del experimento principal) fueron caracterizados mediante ajustes de curvas de tendencia de primer, segundo o tercer grado, según el parámetro en estudio.

3.8.- ANALISIS ESTADISTICO

Se realizó un ANOVA con parcelas en bloques sub - subdivididas, evaluando los efectos entre los diferentes tratamientos y comparándolos entre si.

Para la evaluación de los resultados obtenidos entre los diferentes tratamientos y su prueba de significación, se utilizó el paquete estadístico MSTATC. Se llevó a cabo un análisis de varianza para bloques, cada factor en estudio y su interacción.

Para determinar cuales de los tratamientos son significativamente diferentes, se realizó un contraste de medias con la prueba D.M.S. (Diferencia Mínima Significativa) con un α de 0.10.

4.- RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.- ABONO VERDE

4.1.1.- Rendimiento de sorgo en los momentos de incorporación (inicio de floración y grano lechoso)

En el siguiente cuadro se presentan las medias en valores absolutos y significancia del ANOVA para momento de corte, nitrógeno al sorgo y su interacción.

4.1.1.1.- Efecto del momento de corte

En el anexo N° 6 se visualiza el material enterrado al primer momento de corte, en el momento del segundo corte (24 días después).

En el cuadro N° 9 se aprecia la respuesta significativa ($P < 0.1$) del momento de corte sobre las variables: materia seca de tallo (MST), materia seca total (Mstot), relación hoja/tallo (RHT), nitrógeno en hoja (N hoja (%)), nitrógeno en tallo (N tallo (%)), nitrógeno total (N total (%)), N Hoja (kg/ha) y relación carbono/nitrógeno (C/N). No existieron efectos significativos sobre las restantes variables. Debe recordarse que este diseño tiene pocos grados de libertad para parcela grande.

Los valores registrados en materia seca y relación C/N (estimada) del segundo momento de corte fueron significativamente mayores a los registrados a inicio de floración, mientras que para los valores de nitrógeno y relación hoja/tallo, ocurre lo contrario.

Según García de Souza, M., 2000, el contenido de fibra del material a incorporar puede variar entre floración, inicio de formación de grano y grano lechoso. Cuanto más maduro el material, la relación C/N es más alta, más lento es el ataque microbiano y mayor efecto se tendrá en las propiedades físicas del suelo; cuanto más tierno el material, más joven, menor es la relación C/N, mayor disponibilidad de nutrientes (nitrógeno) en el corto plazo y por lo tanto menor efecto en la parte física del suelo.

4.1.1.2.- Efecto del nitrógeno al sorgo

Existen diferencias significativas en los niveles de MS entre la dosis de 0 nitrógeno y el resto de los tratamientos. Se registraron valores inferiores para la dosis 0 en MSH, MST y MStot.

Para todas las dosis de N estudiadas, se debe recalcar que el mayor aporte a la materia seca total lo realizó el tallo, en más de un 60 % y mayor aún en el segundo corte con valores en promedio de más del 70 %.

Si se comparan estos valores de materia seca con los registrados en el cuarto corte en las parcelas de observación (fuera del experimento) el cual corresponde a una fecha similar al corte a inicio de floración, se encuentran valores similares de dicho contenido de materia seca.

Fribourg, 1974, citado por Sabalveytia, D. y Naviero, S., llegó a la conclusión de que muchos estudios en gramíneas anuales estivales, sobre la respuesta a la fertilización nitrogenada, se han hecho fuera de rangos de 300 - 400 kg/ha (la mayor respuesta ocurrió en rangos entre 0 - 100 kg/N/ha), con alguna respuesta adicional entre 100 - 300 kg/N/ha. Cuando las aplicaciones se incrementan más allá de 400 - 500 kg/ha, son otras las consideraciones que

están en juego como ser si la densidad de las plantas es la adecuada para aprovechar dosis tan altas.

Pristav, 1984, citado por Medina, M., y Bastianini, S., fertilizando con diferentes dosis (0, 150, 300 y 450 kg/N/ha), encontró incrementos no significativos en el rendimiento de MS en híbridos de Sudangrass con dosis superiores a 150 kg/N/ha.

La relación hoja/tallo en el tratamiento de 0 nitrógeno, tiene igual relación que los tratamientos de 300 y 400 KgN/ha. y mayores que los tratamientos con 100 y 200 Kg/ha de N. La relación (hoja/tallo) con 0 nitrógeno es alta probablemente debido a un menor desarrollo de la planta en general, con un mayor desarrollo relativo de las hojas (menor elongación del tallo), asumiendo que el aporte por parte del suelo es mínimo. Las plantas presentaban una marcada deficiencia de nitrógeno que visualmente se manifestó en una clorosis (verde pálido). (Anexo N° 7)

El porcentaje de nitrógeno en hoja, tallo y total, muestra un claro incremento con el aumento de las dosis de nitrógeno, hasta la dosis de 300 Kg/ha de N.

Los valores del cuadro N° 9 indican que al aumentar la dosis de nitrógeno aplicada y estimando un contenido de carbono de 45 %, desciende la relación carbono/nitrógeno, llegando a 33.7/1 para los tratamientos de 300 y 400 Kg/ha de N. El alto valor registrado para la dosis 0 es debido al bajo contenido de nitrógeno.

Como fue señalado por Sabalveytia, D., y Naveiro, S., y como se evidencia en este análisis, los cambios producidos en la producción de materia seca, no siempre acompañan a los producidos en la absorción de dicho elemento, lo que indica que la fertilización nitrogenada puede causar cambios en la calidad del material vegetal sin existir variaciones en la cantidad del mismo.

4.1.1.3.- Comparación de todos los tratamientos

En el mismo cuadro, se presentan las medias de todos los tratamientos para todas las variables analizadas.

Se registraron valores aproximados a 15000 Kg. de material seca total en las dosis de 100, 200, 300 y 400 UN para el primer momento de corte y de 20000 Kg. para las mismas dosis del segundo momento. En el primer momento de corte, el mayor valor en materia seca total se registró para la dosis de 400 unidades (15763 kgMS/ha) y el menor valor para la dosis de 0 unidades (6264 kgMS/ha); en el segundo momento de corte los valores fueron superiores a

estos, siendo el máximo de 22140 kgMS/ha y el mínimo de 13188 kgMS/ha correspondientes a los tratamientos 2 y 0 respectivamente.

En el segundo momento de corte, en las parcelas de 300 y 400 Kg de N/ha., el vigor de las plantas dificultaba la toma de muestras, por lo que se pudo haber incurrido en un error de muestreo importante.

Genta H., *et. al.*, trabajando en el mismo tipo de suelo e igual material vegetal, encontraron rendimientos de materia seca superiores a 13000 kg/ha, picado al estado de grano lechoso con dosis de entre 200 y 250 Kg/ha de N, con un largo de ciclo de 80 días. Similares rendimientos obtuvieron cuando el material fue fertilizado con 300 - 350 Kg/ha de N y enterrado en las primeras apariciones de flores, a los 60 días aproximadamente de la siembra.

La relación hoja/tallo, en el primer momento de corte, muestra valores aproximados de 0.60 para dosis de 0 y 400 Kg/ha de N, mientras que en el segundo corte se presentan valores de 0.43 para iguales dosis. Los mínimos fueron de 0.51 y 0.34 para los momentos 1 y 2, en el tratamiento de 100 Kg/ha de N.

Si se evalúa el porcentaje de nitrógeno del sorgo, se aprecia que los mayores porcentajes están relacionados a los tratamientos con mayores dosis de nitrógeno en el primer momento de corte, seguidas por aquellas de mayor nitrógeno en el segundo momento de corte. Por su parte, los tratamientos de nitrógeno 0 presentan claramente un menor porcentaje de nitrógeno.

Se puede ver que cuando se incorpora el material a inicio de floración y/o con altas dosis de nitrógeno (mayores a 200 unidades), obtenemos valores de nitrógeno en parte aérea superiores al 1 %. Los tratamientos de dosis 0 presentan valores menores al 0.4 %.

Con respecto al contenido de nitrógeno absorbido por el sorgo, los mayores valores en los 2 momentos corresponden a la dosis de 400 unidades siendo los mismos 275 y 236.67 kgN/ha. Los mínimos fueron 24.67 y 43.67 registrados en la dosis 0.

Considerando que el 45 % de la materia seca es carbono (Zamalvide, J., *com. Pers.*), de este el 70 % es respirado por los microorganismos (30 % asimilado) y que la relación C/N en el tejido microbiano es de 10/1, se podría hacer una estimación de si existe mineralización o inmovilización en los diferentes materiales enterrados.

Cabe mencionar que la inmovilización es un proceso que ocurre simultáneamente a la mineralización. Es usual en un suelo que mientras un grupo de microorganismos esta mineralizando, otros estén inmovilizando

nitrógeno; uno de los factores que influye a favor de uno u otro proceso es la relación C/N (García Lamothe, A., 1994).

Cuadro N° 10. Mineralización/Inmovilización según momento de corte y dosis de nitrógeno al sorgo

M. Corte	N Sorgo	Kg/ha					Min(+) Inm (-)
		Mstotal	N total	C total***	C asim.**	N. asim*	
1	0	6264	24.52	2819	845.6	85	-60
1	1	15118	126.5	6803	2041	204	-78
1	2	14919	193.8	6714	2014	201	-8
1	3	15439	229.8	6948	2084	208	+21
1	4	15763	274.7	7024	2128	213	+62
2	0	13188	43.61	5935	1780	178	-134
2	1	20502	140.5	9226	2768	277	-136
2	2	22140	180.7	9963	2989	299	-118
2	3	15904	191.7	7157	2147	215	-23
2	4	21915	236.6	9862	2958	296	-59

*** - Se estima que el 45 % de la MS es carbono

** - El 30 % del carbono es asimilado por los microorganismos

* - Relación C/N de 10:1 del tejido microbiano

Según Kiehl, E.J., 1985, el contenido de nitrógeno del material vegetal es un factor importante que controla la tasa de descomposición; la adición de nitrógeno suplementario a los restos y residuos del cultivo incorporados, pueden elevar la tasa de descomposición.

Si se toma como referencia el cuadro N° 10, se podría decir que se da menor inmovilización en el material enterrado a inicio de floración que en el de grano lechoso, por lo tanto habría que adicionarle menores cantidades de nitrógeno para su completa degradación.

Con materiales fertilizados con dosis de 300 y 400 unidades y enterrados a inicio de floración, posiblemente no sería necesario el agregado adicional de nitrógeno, ya que el balance es a favor de la mineralización, quedando disponible 21 y 62 kg. de nitrógeno respectivamente, en el suelo.

En el momento de corte a grano lechoso, quizás, bajo ninguna de las dosis utilizadas llegaría a darse un balance favorable a la mineralización, sin el agregado de nitrógeno adicional.

Según Zamalvide, J., (com. Pers.), estos procesos no son tan simples como se redactan aquí, ya que en ellos influyen otros factores como ser la composición de las diferentes partes de la planta.

4.2.- REPOLLO

4.2.1.- Evaluación del tratamiento de 0 nitrógeno en repollo

Cuadro N° 11. Tabla de medias y significancia del ANOVA para el momento de corte, nitrógeno al sorgo y su interacción

Variables Fuente de var.	Rend. Total (gr) [*]	Prom.Total (gr/repollo)	Rend. c/cab (gr) [*]
M. corte (M)			
Inicio	5229	522.9	4704
floración	5946	594.6	5317
Grano lechoso	0.1250	0.1240	0.0756
Pr > F	590184.533	5841.033	239713.900
C.M.E.			
N (Kg/ha) Sorgo			
0	4459	446	3593
100	5395	540	4811
200	5318	532	4752
300	6102	610	5713
400	6662	666	6185
Pr > F	0.1244	0.1240	0.1638
C.M.E.	3221702.450	32181.000	6709329.967
Ambos tratamientos (M*N)			
M1 * 0	5057	506	5832
M1 * 100	5067	507	4583
M1 * 200	5384	539	4745
M1 * 300	4868	487	4180
M1 * 400	5768	577	5182
Media	5228.8	523.2	4904.4
M2 * 0	3862	386	2354
M2 * 100	5724	572	5040
M2 * 200	5252	525	4758
M2 * 300	7336	734	7246
M2 * 400	7554	756	7187
Media	5945.6	594.6	5317
Pr > F	0.2147	0.2150	0.1276
C.M.E.	1973421.658	19726.075	3187304.317
Gran Media	5587.267	558.833	5010.667
C.V. (%)	25.14	25.13	35.63

(*) - Se tomaron 10 repollos por parcela

En el cuadro N° 11 se puede apreciar que existe diferencia para la variable rendimiento de repollo con cabeza (Rend. c/cab), en relación al momento de corte. Cuando el sorgo es enterrado en el estado de grano lechoso se obtienen mayores valores para la variable mencionada.

Una posible explicación de esta diferencia en rendimiento se deba a una variación en los factores ambientales que afectaron la descomposición de los 2 materiales enterrados en diferentes momentos. Es probable que el material enterrado mas tarde (a grano lechoso) se descompuso más lentamente,

prolongando el aporte de nitrógeno hacia fines del ciclo del repollo (en el momento de formación de cabeza).

A pesar de no existir diferencias significativas para las variables analizadas según los tratamientos al sorgo, se aprecia una tendencia a que al aumentar la dosis de nitrógeno, aumenta el rendimiento del cultivo de repollo.

Según lo visto en el cuadro N° 10, aquellas parcelas de sorgo que recibieron menor cantidad de nitrógeno, al ser enterradas probablemente inmovilizaron más nitrógeno del suelo, dejando disponible menor cantidad de este elemento para el cultivo posterior.

En el cuadro, a pesar de no ser significativo, se aprecia una tendencia en el segundo momento de corte, a que al aumentar la dosis de nitrógeno al sorgo, aumentan los rendimientos, principalmente el de repollo con cabeza.

Por otro lado si observamos el momento 1, la respuesta es menos clara aún, atribuyendo esto a factores ambientales no manejables, como se mencionó anteriormente.

4.2.2.- Cosecha de arrase

4.2.2.1.- Efecto del momento de corte, nitrógeno al sorgo y nitrógeno al repollo

Cuadro N° 12. Tabla de medias y significancia del ANOVA

Variables	Rend. Total (Kg/ha)	Prom. Total (gr/repollo)	Rend. Com. (Kg/ha)	Prom. Com. (gr/repollo)	N° rep. Com.
Al. corte					
<i>Inicio floración</i>	34150	1366	30016	1553	5.96
<i>Grano lechoso</i>	33837	1476	29496	1596	5.82
<i>Pr > F</i>	NS	NS	NS	NS	NS
<i>C.M.E.</i>	141866438.933	651528.097	220530304.844	169991.966	3.733
N al sorgo (N) (UN/ha)					
0	31116	1269	26807	1506	5.44
100	34471	1389	29801	1608	5.67
200	33338	1533	29653	1558	6.00
300	34840	1446	31345	1591	6.11
400	36154	1467	31174	1611	6.22
<i>Pr > F</i>	0.2090	0.3561	NS	NS	0.2968
<i>C.M.E.</i>	30902456.011	84750.113	79999422.289	16126.624	1.622
N al repollo (UN/ha)					
80	26360 c	1165 c	19530 c	1338 c	4.43 c
160	35400 b	1455 b	31370 b	1634 b	6.23 b
240	40220 a	1643 a	38370 a	1752 a	7.00 a
<i>Pr > F</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>C.M.E.</i>	8370568.336	97661.795	36338700.981	38457.817	0.981
<i>D.M.S.</i>	1389.0	150.0	2894.0	94.2	0.4756
<i>Gran Media</i>	33994	1421	29756	1575	5.89
<i>C.V. (%)</i>	14.12	21.78	23.16	11.19	21.52

Promedio con la misma letra no tienen diferencias significativas al 10 %
NS- No significativo

Para momento de corte y nitrógeno al sorgo, no existe respuesta significativa para las diferentes variables consideradas.

Como se vio anteriormente, el aporte por parte del suelo al cultivo de repollo es muy bajo, por lo tanto, las respuestas al agregado de nitrógeno son muy evidentes. Al aumentar la dosis nitrogenada, aumentan los rendimientos total y comercial, como también el número de repollos comerciales (repollos mayores a 1 Kg.).

Por otro lado, en canteros en que se agregó más nitrógeno pero no fueron evaluados, a simple vista se podía constatar que las cabezas cosechadas eran de mayor tamaño. Por lo antes mencionado, se plantea la incógnita de hasta que dosis nitrogenada existiría respuesta.

Según Kretch D.W. y Maddy G.E., citados por Limongelli, Juan C.H., 1979, estudiando varios niveles de nitrógeno (0 - 70 - 140 - 210 Kg. N/ha) obtuvieron incremento en el peso de las cabezas en relación con el mayor contenido de N.

4.2.3.- Cosecha por índice

4.2.3.1.- Efecto del momento de corte, nitrógeno al sorgo y nitrógeno al repollo

Cuadro N° 13. Tabla de medias y significancia del ANOVA

Variables	N hojas totales	Días a cosecha	Rend. total (kg/ha)	Prom. Total (g/repollo)	Rend. Com. (kg/ha)	Prom. Com. (g/repollo)	N° rep. Com.
M. corte							
Inicio floración	61.92	157.71	63527	1309	55250	1477	5.89
Grano lechoso	62.26	157.84	63633	1392	56349	1538	5.71
Pr > F	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.M.E.	7.811	17.244	910636756.078	637649.078	1439701672.011	240883.211	3.811
N al sorgo (N) (UN/ha)							
0	62.44	157.72	58100 d	1232	47760 d	1428	5.11 c
100	62.42	157.77	61570 c	1338	51520 c	1518	5.33 bc
200	60.83	157.45	64460 b	1387	57680 b	1504	6.06 ab
300	61.97	158.11	67700 a	1395	62490 a	1542	6.39 a
400	62.81	157.80	66070 ab	1400	59540 ab	1546	6.11 ab
Pr > F	0.3109	NS	0.0561	0.2123	0.0303	NS	0.0095
C.M.E.	6.315	3.163	100280020.49	54909.206	208351578.46	38182.489	1.517
D.M.S.	-----	-----	2250	-----	3244	-----	0.8752
N al repollo (UN/ha)							
80	59.70 b	158.7 a	52960 c	1126 c	39430 c	1364 c	4.57 c
160	62.57 a	158.3 a	61900 b	1328 b	54570 b	1490 b	5.80 b
240	64.02 a	156.4 b	75880 a	1597 a	73400 a	1669 a	7.03 a
Pr > F	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C.M.E.	12.703	3.046	86526463.72	50714.056	176312531.31	47239.381	1.550
D.M.S.	1.711	0.8380	4466	108.1	2016	104.4	0.5978
Gran Media	62.094	157.779	63580	1350	55800	1507.722	5.80
C.V. (%)	4.21	1.28	14.23	12.33	22.15	11.77	24.18

Promedio con la misma letra no tienen diferencias significativas al 10 %
NS - No significativo

En el cuadro N° 13 se muestra parte del ANOVA con los efectos promedio de fecha de corte de sorgo, N al sorgo y N al repollo.

Como se puede apreciar, no existen diferencias para las variables analizadas, respecto al momento en que fue enterrado el material.

Cuando se cosecha por índice, existe respuesta al nitrógeno agregado al sorgo en las variables rendimiento total, rendimiento comercial y número de repollos comerciales.

Las diferencias encontradas podrían deberse a que en este caso la forma de cosechar fue diferente a la anterior. En cosecha por arrase se decidió cosechar toda la parcela al mismo momento, mientras que para la cosecha por índice se cosechaba a medida que las cabezas cumplían con el índice antes mencionado (dureza de la cabeza); por lo tanto en este último caso,

posiblemente la competencia entre los repollos que quedaban era menor, logrando un mayor desarrollo al final del ciclo de la mayoría de las unidades.

Si se observan los rendimientos entre los 2 tipos de cosechas, se ve que los mayores valores corresponden a la cosecha por índice llegando en algunos casos a diferencias superiores a 20 toneladas por hectárea.

Cuando se aumenta la dosis de nitrógeno al sorgo, aumentan los rendimientos total y comercial. Los mayores valores se obtuvieron con dosis entre 300 y 400 UN/ha y los menores con dosis de 0 UN/ha. Para la variable número de repollos comerciales, la repuesta es similar, pero las diferencias entre los tratamientos no son tan marcadas.

Al igual que en la cosecha por arrase, existe una clara respuesta al agregado de nitrógeno al repollo en las diferentes variables.

A mayor dosis de nitrógeno, se acelera el ciclo y aumenta número de hojas totales por repollo, aumentando el peso; a su vez obtenemos un mayor número de repollos comercializables, por lo tanto los rendimientos total y comercial también son mayores. En este caso también quedaría la incógnita de hasta que dosis de nitrógeno agregada al repollo existiría respuesta por parte del cultivo para las variables analizadas.

4.2.4.- Contenido de nitrógeno

En los siguientes cuadros se promedian por momento de corte, nitrógeno al sorgo y nitrógeno al repollo los valores obtenidos en el análisis de laboratorio.

No se realizó ANOVA debido a que no se tomaron repeticiones, por lo tanto no se puede afirmar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro N° 14. Promedios de los contenidos de nitrógeno en repollo según los diferentes tratamientos.

M. Corte	N al sorgo	N al repollo	Cont. de nitrógeno (%)
1	-	-	1.95
2	-	-	1.82
-	0	-	1.92
-	1	-	1.94
-	2	-	1.87
-	3	-	1.83
-	4	-	1.86
-	-	1	1.69
-	-	2	1.78
-	-	3	2.20
1	0	-	2.12
1	1	-	1.95
1	2	-	1.97
1	3	-	1.82
1	4	-	1.89
2	0	-	1.73
2	1	-	1.94
2	2	-	1.78
2	3	-	1.84
2	4	-	1.84

Las tendencias más claras se ven en los tratamientos al repollo, las que indican que al aumentar las dosis aplicadas al mismo, aumentan los contenidos de nitrógeno en planta. Para momento de corte, nitrógeno al sorgo y sus interacciones, no se presentan tendencias claras.

4.3.- EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SORGO DURANTE EL CICLO EN PARCELAS DE OBSERVACIÓN

4.3.1.- Producción de materia seca

La evolución de la producción de materia seca del sorgo forrajero medida en cada fecha de muestreo se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 15. Producción de materia seca de los tratamientos

N al sorgo	38 días*	45 días	52 días	60 días	67 días	78 días
0	2992	4747	5282	7807	8602	8608
1	6374	7424	11859	13158	13266	16764
2	4770	6156	11487	13234	13697	13528
3	6878	11202	12106	12805	19773	20483
4	11496	12738	16318	20964	17368	21078

(*) - Días desde la siembra

Los valores de productividad presentados considera solamente la parte aérea de la planta. El cuadro incluye el peso total de las hojas, tallos y panojas; éstas últimas comenzaron a aparecer a partir del quinto corte (67 días desde la siembra) en todos los tratamientos excepto en el testigo (0 nitrógeno).

Con el incremento de las dosis de nitrógeno se eleva la producción de materia seca, siendo la diferencia más alta entre la dosis 0 nitrógeno y el resto de los tratamientos.

Existe tendencia a que con mayores dosis de nitrógeno se adelanta la producción de materia seca en el tiempo, es decir, a medida que las dosis de nitrógeno son mayores, más precoz es el desarrollo de la planta.

Para una mejor comprensión de estas tendencias, se ajustaron curvas polinómicas de segundo grado, a partir de los valores de materia seca obtenidos en cada tratamiento, lográndose lo siguiente:

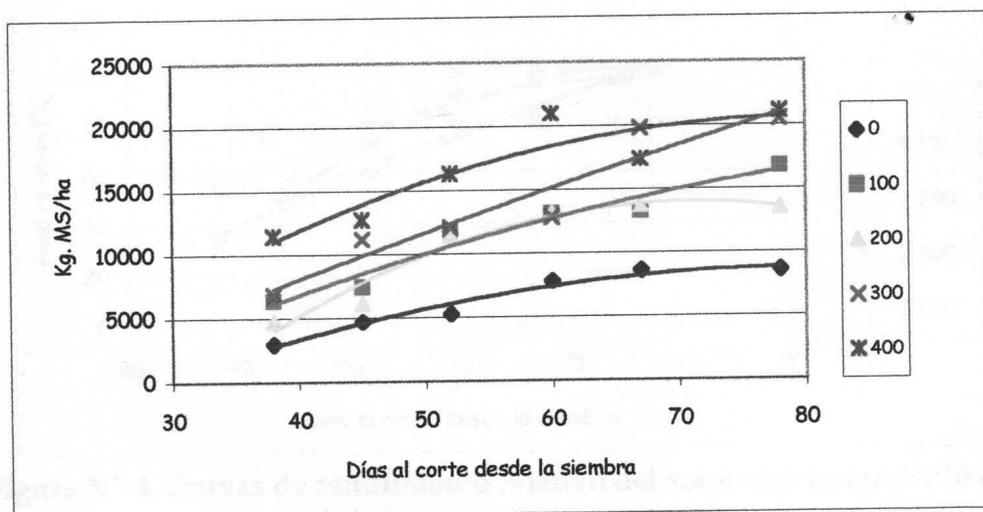


Figura N° 3. Evolución en el tiempo de la producción estimada de materia seca (Kg/ha) para las diferentes dosis de N (Kg/ha).

Las ecuaciones son las siguientes:

- Para Trat 0: $y = -3.26 X^2 + 528.2 X - 12537$; $R^2 = 0.9604$
- Para Trat 1: $y = -2.4348 X^2 + 539.17 X - 10822$; $R^2 = 0.9447$
- Para Trat 2: $y = -9.0462 X^2 + 1288.2 X - 31843$; $R^2 = 0.9490$
- Para Trat 3: $y = -0.7641 X^2 + 429.8 X - 7889.9$; $R^2 = 0.9064$
- Para Trat 4: $y = -5.3404 X^2 + 858.96 X - 13905$; $R^2 = 0.8299$

La figura N° 3 muestra la evolución de la producción estimada de la materia seca (Kg/ha) según dosis de nitrógeno y fechas de muestreo. Los valores de (y) corresponden a los rendimientos en kilos de materia seca por hectárea y los de (x) a los días desde la siembra al corte. Las curvas de tendencia de esta figura, como las de las siguientes, no están forzadas a pasar por 0.

Como tendencia general se puede ver que los tratamientos de 300 y 400 Kg/ha de N se encuentran por encima de los demás y aunque parten de valores diferentes, llegan al último muestreo con valores similares (20 y 21 tt/MS/ha, respectivamente).

Los tratamientos de 100 y 200 Kg/ha de N muestran valores similares en la mayoría de los muestreos.

El tratamiento testigo (0 Kg de N/ha) muestra valores inferiores al resto durante todo el ciclo, que no superan los 9000 kg/MS/ha. (Anexo N° 8).

Si se ajustan ecuaciones de segundo grado luego de convertir los datos observados en relativos del máximo rendimiento logrado al final del ciclo (tomado como 100 %) se obtiene lo siguiente:

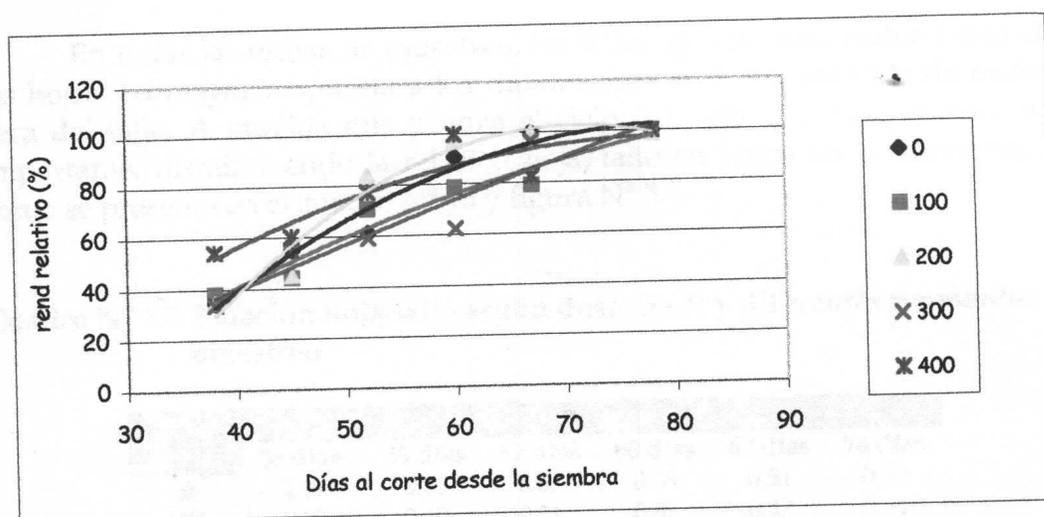


Figura N° 4. Curvas de rendimiento relativo del sorgo por tratamiento en función del tiempo

Las curvas de tendencias se ajustan a las siguientes ecuaciones:

- Para Trat 0: $y = -0.0379 X^2 + 6.1361 X - 145.64$; $R^2 = 0.9604$
- Para Trat 1: $y = -0.0145 X^2 + 3.2162 X - 64.556$; $R^2 = 0.9447$
- Para Trat 2: $y = -0.066 X^2 + 9.4049 X - 232.48$; $R^2 = 0.9490$
- Para Trat 3: $y = -0.0037 X^2 + 2.0983 X - 38.519$; $R^2 = 0.9064$
- Para Trat 4: $y = -0.0253 X^2 + 4.0751 X - 65.968$; $R^2 = 0.8299$

Los valores de "x" corresponden a días desde la siembra al corte y los valores de "y" a rendimientos relativos en porcentaje.

A pesar de las diferentes dosis de nitrógeno aplicadas, existe una tendencia similar en la evolución de los crecimientos relativos, de los diferentes tratamientos.

Para estudiar como influye el nitrógeno en el reparto de la materia seca producida en 2 de los órganos principales de la planta (hoja y tallo) se los analizó por separado.

Cuadro N° 16. Producción de materia seca en hoja y tallo para los diferentes momentos de muestreo y dosis de N

Tratamiento	Materia seca (kg/ha)											
	38 días*		45 días		52 días		60 días		67 días		78 días	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
0	1547	1746	2135	2597	1929	3351	2703	5089	2900	5686	2849	5713
100	2716	3699	2846	4584	4024	7872	4516	8675	4116	8953	4288	11850
200	2554	2176	2920	3221	4387	7071	4738	8562	4834	8662	3656	9001
300	3123	3842	4766	6496	4311	7822	4612	8059	6217	13122	5220	14101
400	4351	7236	5170	7517	5192	11071	7023	13920	5475	11537	6237	13877

(*) - Días desde la siembra

En todas las fechas de muestreo, los tallos aportan más materia seca que las hojas. La mayor respuesta a los tratamientos se da en los kilos de materia seca del tallo. A medida que avanza el ciclo del cultivo el tallo se hace más importante, disminuyendo la relación hoja/tallo en todos los tratamientos tal como se presenta en el cuadro N° 16 y figura N° 5.

Cuadro N° 17. Relación hoja/tallo según dosis de N y diferentes momentos de muestreo

Tratamiento	Relación Hoja/Tallo						
	38 días*	45 días	52 días	60 días	67 días	78 días	
0	1.07	0.82	0.57	0.53	0.51	0.50	
100	0.75	0.62	0.51	0.52	0.47	0.34	
200	1.17	0.92	0.62	0.55	0.56	0.41	
300	0.83	0.73	0.55	0.58	0.48	0.37	
400	0.61	0.69	0.46	0.51	0.48	0.45	

(*) - Días desde la siembra

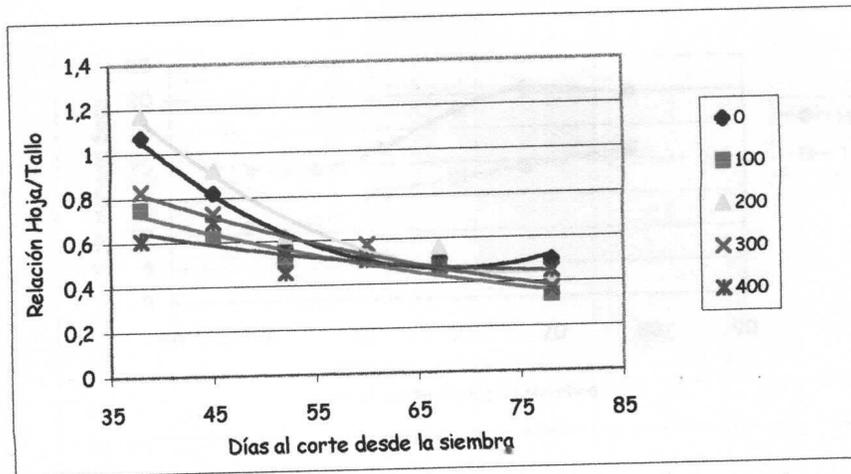


Figura N° 5. Evolución de la relación hoja/tallo de los tratamientos en función del tiempo

Las curvas de tendencias se ajustan a las siguientes ecuaciones:

- Para Trat 0: $y = 0.0006 X^2 - 0.0872 X + 3.4473$; $R^2 = 0.9716$
- Para Trat 1: $y = 0.00009 X^2 - 0.0194 X + 1.3307$; $R^2 = 0.9290$
- Para Trat 2: $y = 0.0005 X^2 - 0.0798 X + 3.4089$; $R^2 = 0.9548$
- Para Trat 3: $y = 0.0001 X^2 - 0.0247 X + 1.5861$; $R^2 = 0.9399$
- Para Trat 4: $y = 0.0001 X^2 - 0.0164 X + 1.1263$; $R^2 = 0.6027$

Los valores de "x" corresponden a los días desde la siembra al corte mientras que los valores de "y" a las relaciones hoja/tallo.

En la figura N° 5, se aprecia que a medida que avanza el ciclo, disminuye la relación hoja/tallo para todos los tratamientos. Los altos valores de éste parámetro a principio del cultivo, se dan probablemente por una menor elongación del tallo en relación a la hoja.

En los primeros cortes, la dosis de 0 y 200 presentan una relación mayor con respecto al resto de los tratamientos, pero a medida que transcurre el ciclo tienden a igualarse.

Como se mencionó anteriormente, al aumentar las dosis de nitrógeno se adelanta el ciclo y por lo tanto se adelanta el crecimiento del tallo alcanzando antes valores de relación hoja/tallo menores.

En la siguiente figura se grafican los datos de porcentaje de materia seca promedio de hoja y tallo de todos los tratamientos.

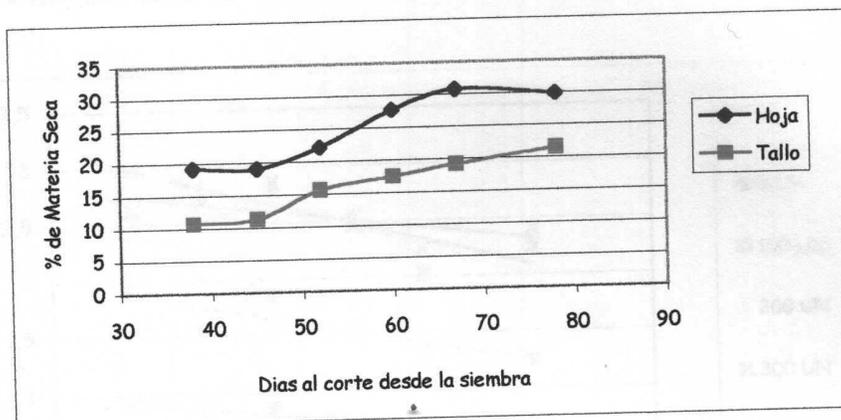


Figura N° 6. Evolución del porcentaje de materia seca de hoja y tallo en función del tiempo

De acuerdo a lo mencionado por Fribourg, 1974, y como se ve en la figura N° 6, el material cosechado en el último estado de madurez, contiene un mayor porcentaje de MS.

Si se estudia el porcentaje de materia seca en tallo y hoja durante la etapa de muestreo, vemos que las curvas son similares en su comportamiento, encontrando siempre a la hoja con un mayor porcentaje.

4.3.2.- Contenido de nitrógeno

El contenido de nitrógeno se presenta por separado para hoja, tallo y el total de la parte aérea.

4.3.2.1.- Nitrógeno en hoja

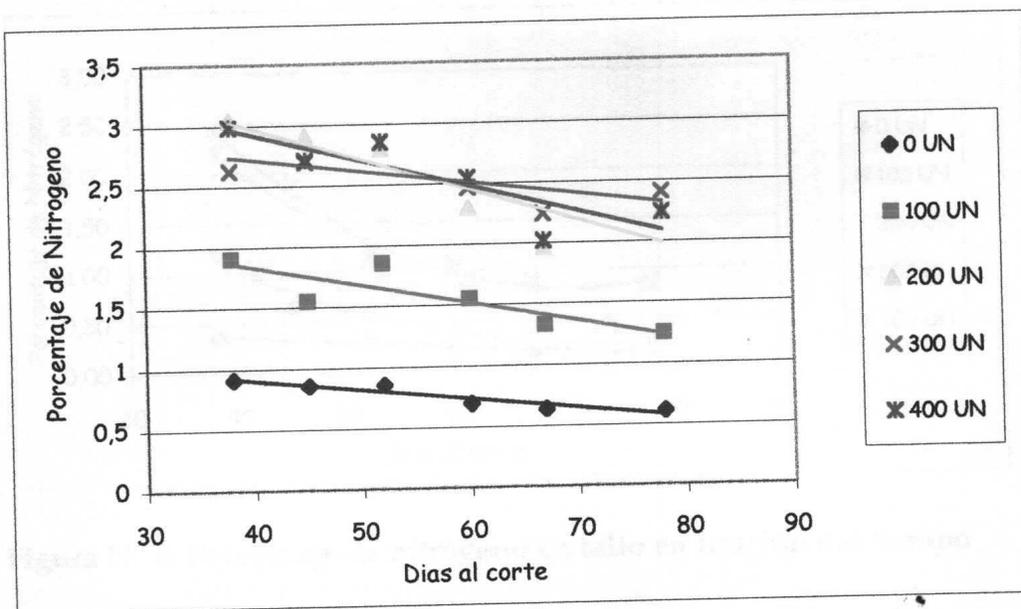


Figura N° 7. Porcentaje de Nitrógeno en hoja en función del tiempo

Las curvas de tendencias se ajustan a las siguientes ecuaciones:

- Para Trat 0: $y = -0.085 X + 1.2442$; $R^2 = 0.9159$
- Para Trat 1: $y = -0.0157 X + 2.4626$; $R^2 = 0.7354$
- Para Trat 2: $y = -0.0259 X + 4.0134$; $R^2 = 0.7788$
- Para Trat 3: $y = -0.0103 X + 3.1342$; $R^2 = 0.4746$
- Para Trat 4: $y = -0.218 X + 3.7988$; $R^2 = 0.7509$

Los valores de "x" corresponden a número de días desde la siembra al corte mientras que los de "y" a los porcentajes de nitrógeno.

La figura N° 7 muestra que a medida que transcurre el ciclo, el porcentaje de nitrógeno en hoja disminuye, con un comportamiento similar de las curvas. La respuesta al nitrógeno son muy notorias hasta dosis de 200 unidades, mientras que con valores superiores no se presentan grandes diferencias.

4.3.2.2.- Nitrógeno en tallo

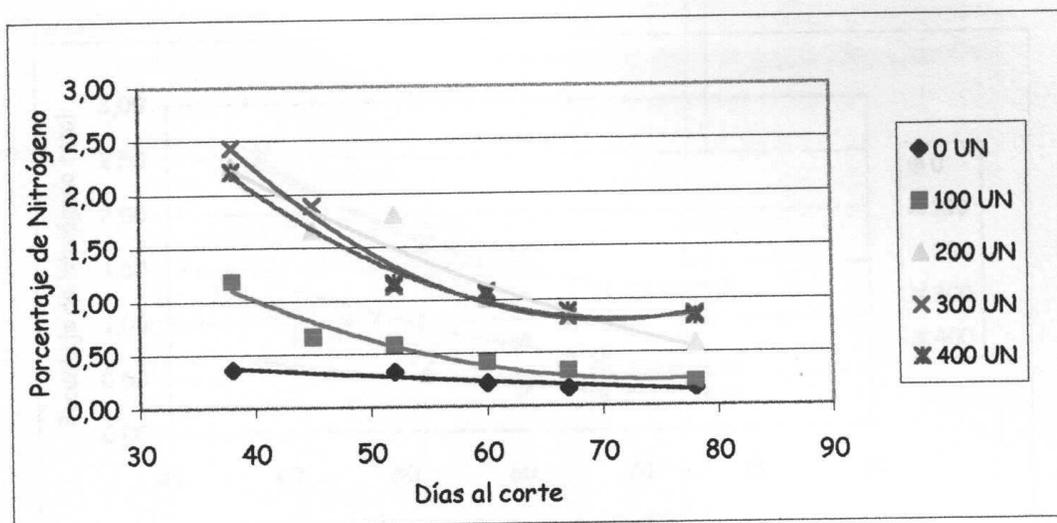


Figura N° 8. Porcentaje de nitrógeno en tallo en función del tiempo

Las curvas de tendencias se ajustan a las siguientes ecuaciones:

- Para Trat 0: $y = 0.00003 X^2 - 0.0093 X + 0.6819$; $R^2 = 0.8723$
- Para Trat 1: $y = 0.0007 X^2 - 0.0969 X + 3.8491$; $R^2 = 0.9456$
- Para Trat 2: $y = 0.0004 X^2 - 0.0932 X + 5.1518$; $R^2 = 0.9282$
- Para Trat 3: $y = 0.0016 X^2 - 0.219 X + 8.5181$; $R^2 = 0.9726$
- Para Trat 4: $y = 0.0012 X^2 - 0.1728 X + 7.0108$; $R^2 = 0.9817$

Los valores de "x" corresponden a número de días desde la siembra al corte mientras que los de "y" a los porcentajes de nitrógeno.

Al igual que en la figura anterior, el porcentaje de nitrógeno en tallo descende, en todos los tratamientos, en el transcurso del ciclo, denotándose la diferencia entre las dosis bajas (0 y 100 unidades) y altas (200, 300 y 400 unidades).

4.3.2.3.- Nitrógeno total de la parte aérea

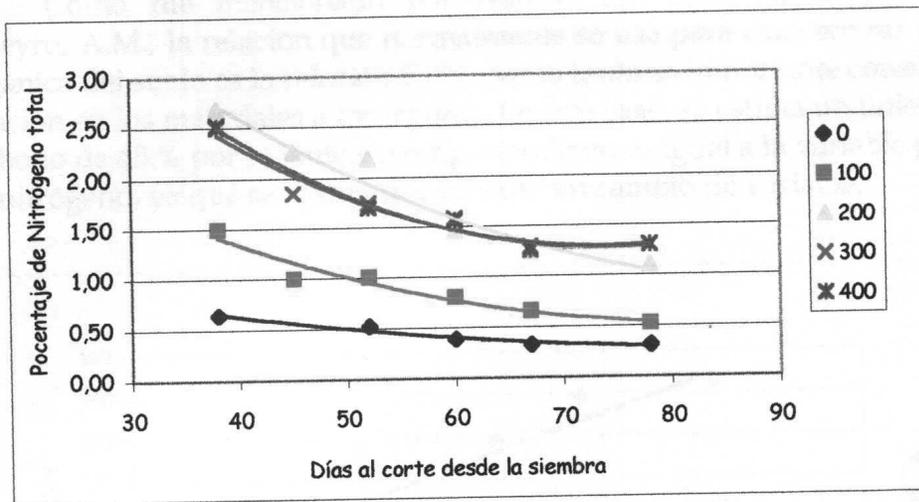


Figura N° 9. Porcentaje total de nitrógeno (hoja y tallo) en función del tiempo

Las curvas de tendencias se ajustan a las siguientes ecuaciones:

- Para Trat 0: $\hat{y} = 0.0001 X^2 - 0.026 X + 1.4354$; $R^2 = 0.9586$
- Para Trat 1: $y = 0.0004 X^2 - 0.072 X + 3.5312$; $R^2 = 0.9356$
- Para Trat 2: $y = 0.0006 X^2 - 0.1068 X + 5.9779$; $R^2 = 0.9562$
- Para Trat 3: $y = 0.0009 X^2 - 0.1306 X + 6.1141$; $R^2 = 0.9429$
- Para Trat 4: $y = 0.0009 X^2 - 0.1396 X + 6.4496$; $R^2 = 0.9850$

Al igual que las figuras N° 7 y 8, la figura N° 9 presenta iguales unidades para los valores de "x" e "y".

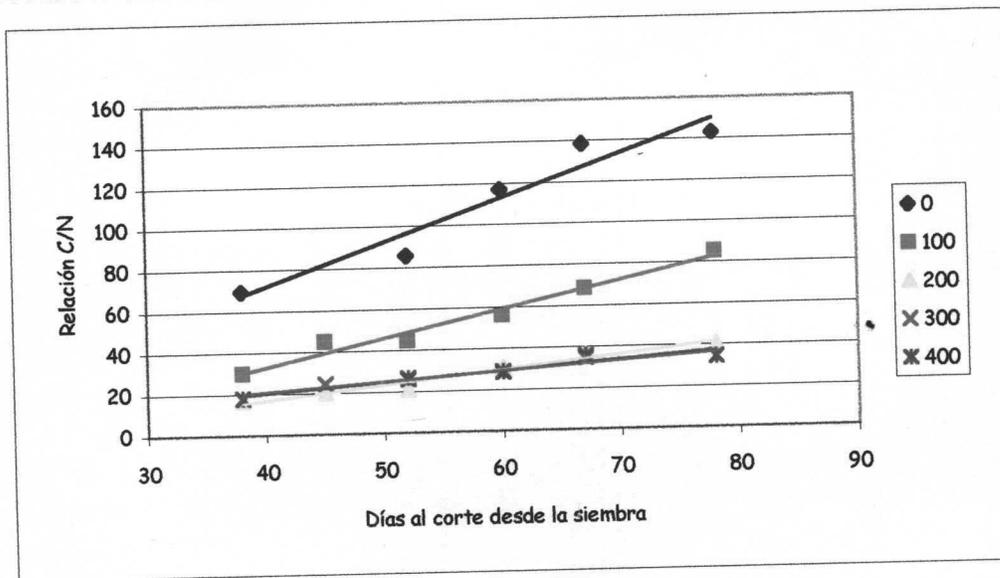
En la figura N° 9 y en concordancia con lo mencionado por Whitehead, 1970, se puede ver que a medida que transcurre el ciclo, se produce un declinamiento en el porcentaje de nitrógeno. La caída en el contenido de nitrógeno total es más acentuada en aquellas dosis mayores a 200 unidades.

Esta caída porcentual está explicada por un efecto de dilución del nitrógeno en una mayor cantidad de materia seca; el nitrógeno en términos absolutos aumenta, pero como porcentaje de la materia seca total disminuye.

Al igual que en las figuras 7 y 8, no existen grandes diferencias en cuanto a respuesta en el contenido de nitrógeno con dosis mayores a 200 unidades, lográndose valores aproximados a 1.5 % de nitrógeno en parte aérea al primer momento de corte y enterrado (56 días desde la siembra).

4.3.3.- Relación carbono/nitrógeno

Como fue mencionado por Haines, R.J. 1986, citado por Stanham Piñeyro, A.M., la relación que normalmente se usa para caracterizar la materia orgánica del suelo es la relación C/N, por lo tanto es importante considerar esta relación en los materiales a incorporar. En este caso, se estima un único valor de carbono de 45 % por lo tanto el comportamiento es igual a la variable porcentaje de nitrógeno, ya que se realiza únicamente un cambio de variable.



Se asume un valor de 45 % de carbono en la materia seca, para todo el ciclo

Figura N° 10. Estimación de la relación carbono/nitrógeno en función del tiempo

Las curvas de tendencias se ajustan a las siguientes ecuaciones:

- Para Trat 0: $y = 2.053 X - 10.333$; $R^2 = 0.9274$
- Para Trat 1: $y = 1.3149 X - 19.701$; $R^2 = 0.9677$
- Para Trat 2: $y = 0.6496 X - 9.3303$; $R^2 = 0.9536$
- Para Trat 3: $y = 0.4156 X + 3.9998$; $R^2 = 0.9075$
- Para Trat 4: $y = 0.4437 X + 2.5152$; $R^2 = 0.8893$

Los valores de "x" corresponden al número de días desde la siembra al corte mientras que los valores de "y" representan la relación carbono/nitrógeno.

La relación carbono/nitrógeno evidencia un aumento a lo largo del ciclo, más importante en los tratamientos de 0 y 100 unidades. Desde el primer corte el tratamiento de 0 nitrógeno tiene una relación mayor a 70/1. Por su parte, los tratamientos de 200, 300 y 400 unidades presentan una relación similar, la que no supera a 41/1; este material seguramente se degrade con mayor velocidad, y no requiera adicionar altas dosis de nitrógeno en comparación al anterior.

De acuerdo a lo mencionado por Silva, A., 1995, un valor próximo al ideal sería 32/1, relación que se estima aproximadamente al primer momento de corte y enterrado en los tratamientos de 200, 300 y 400 UN/ha.

Si consideramos solamente la relación carbono/nitrógeno para decidir la fertilización, con 200 unidades sería suficiente; pero esto se debe asociar también a la producción de materia seca, donde si bien las dosis de 300 y 400 unidades tienen una relación similar, la producción es claramente superior, aportando más material al suelo.

5.- CONCLUSIONES

- ✓ En los 2 momentos de corte del sorgo, la dosis de 0 Kg/ha de N presentó un rendimiento de materia seca significativamente menor al resto de los tratamientos; no existieron diferencias significativas entre las dosis 100, 200 300 y 400 Kg/ha de N.
- ✓ Los valores registrados en materia seca (promedio de los tratamientos) del momento de corte a grano lechoso, fueron significativamente mayores a los registrados a inicio de floración mientras que para los valores de nitrógeno y relación hoja/tallo, ocurre lo contrario.
- ✓ El contenido de nitrógeno se incrementa en la planta de sorgo con el aumento de las dosis de nitrógeno. Aunque no existen diferencias significativas entre 300 y 400 Kg/ha de N, se logran valores algo superiores a 1.5 % a inicio de floración lo que determina niveles muy buenos para la descomposición de los restos en el suelo sin la necesidad de aplicar nitrógeno adicional.
- ✓ Se puede decidir el enterrado del sorgo según su contenido de nitrógeno (relación C/N) a los efectos de no adicionar nitrógeno al suelo para su descomposición.
- ✓ Estimando el balance Mineralización/Inmovilización, se podría decir que se da menor inmovilización en el material enterrado a inicio de floración. En estas condiciones, con dosis de 300 y 400 UN/ha, posiblemente no sería necesario el agregado adicional de nitrógeno al incorporarse al suelo, ya que el balance es a favor de la mineralización. En el momento de corte a grano lechoso bajo ninguna de las dosis utilizadas se llegaría a darse un balance favorable a la mineralización sin el agregado de nitrógeno adicional.
- ✓ Analizando todas las variables en conjunto, se podría afirmar que, para el material que se incorpora a inicio de floración sería recomendable una dosis de 300 UN/ha sin el agregado de nitrógeno adicional, pero, en promedio se perderían 5000 Kg./MS/ha por adelantar el corte. Por otro lado, si el material es enterrado a grano lechoso, también sería recomendable una dosis del orden de 300 UN/ha pero adicionando nitrógeno al enterrado, asumiendo el riesgo de posible lavado del mismo.
- ✓ Los tratamientos aplicados al sorgo, en general no presentaron efectos significativos o de gran importancia sobre el cultivo de repollo. Por su parte, existió clara respuesta en los tratamientos aplicados directamente a este cultivo.

✓ Las curvas de crecimiento muestran la tendencia de con mayores dosis de nitrógeno adelantar la producción de materia seca en el tiempo. Para las dosis de 300 y 400 UN/ha se obtuvieron rendimientos en KgMS/ha del orden de 20 toneladas mientras que con dosis de 0 UN/ha los rendimientos fueron del orden de 8 toneladas.

6.- RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue ajustar el manejo del sorgo forrajero (SX 121) para su uso como abono verde en la zona hortícola de Salto, bajo suelos del tipo de los argisoles, característicos del lugar. El efecto del abono verde se evaluó a través de tomas de muestras y análisis del mismo y sobre un cultivo posterior que en este caso es repollo var. *Superette* Y.R. F1.

Los tratamientos al sorgo consistieron en diferentes dosis de nitrógeno (0, 100, 200, 300 y 400 UN/ha) y dos momentos de corte (inicio de floración y grano lechoso); para el repollo también se aplicaron diferentes dosis de nitrógeno (0, 80, 160 y 240) y se evaluó en dos modalidades de cosecha (por índice y de arrase).

Para el caso del sorgo, analizando las variables en conjunto, no se encontraron respuestas con dosis superiores a 300 UN/ha.

Se encontraron rendimientos en promedio de 15000 Kg.MS/ha para el primer momento de corte y de 20000 Kg.MS/ha para el segundo.

Para la cosecha por arrase, no existieron respuestas a los diferentes tratamientos al sorgo, sí hubo diferencias en los tratamientos al repollo. En la cosecha por índice, hubo respuestas a las dosis nitrogenadas aplicadas al sorgo como también a las aplicadas al repollo.

7.- SUMMARY

The aim of this work was to adjust the handling of the sorghum (SX 121) for its use as cover crop in the horticultural zone of Salto, under Argisoles soils type, characteristic of this place. The effect of the cover crop was evaluated through taking samples and analysis of the sorghum and on a later cultivation, that in this case was cabbage var. *Superette* Y.R. F1.

The sorghum was dealt with different nitrogen doses (0, 100, 200, 300 and 400 NKg/ha) and at two cutting moments (at the beginning of blooming and at milky grain); for the cabbage was also used different nitrogen doses (0, 80, 160 and 240 NKg/ha) and was tested by 2 harvest modes (by index and full harvest parcels at the same time).

In the case of sorghum, analyzing the variable in a whole, changes were not found with doses over 300 NKg/ha.

For the first cutting moment, the average yield was 15000 DMKg/ha and for the second cutting moment was 20000 DMKg/ha.

For the full harvest parcels, there were not found any responses to the different treatment applied to the sorghum, but there were differences on the cabbage. In the harvest by index, there were responses to the nitrogen doses to the sorghum as well as ones applied to cabbage.

8.- BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre, S.; Fructos, M. 1998. Efecto de distintos abonos verdes, estiércol de bosque y dosis de nitrógeno sobre el comportamiento productivo de cebolla dulce en suelos arenosos. Tesis Facultad de Agronomía. Universidad de la República Oriental del Uruguay.
2. Calegari, A.; Peñalva, M.. 1994. Abonos verdes: importancia agroecológica y especies con potencial de uso en el Uruguay. Canelones, MGAP (JUNAGRA) – GTZ. 151 p.
3. Carámbula, M.; Pizarro, E.. Efecto del nitrógeno y fósforo en la producción de forraje de sorgo. Paysandú, Uruguay. Facultad de Agronomía. Boletín técnico 5(1).1968. 20 p.
4. Cintra, F.L.D. 1980. Caracterização do Impedimento Mecânico em Latossolos do Rio Grande do Sul 89 fl. Dissert (Mestr.Agron.Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre. pp. 82.
5. Da Costa, B. 1993. Adubacao verde no sul de Brasil. Assessoria e Servicos a projetos em Agricultura Alternativa. 2ª ed. Rio de Janeiro, AS – PTA. 346 p.
6. Frioni, L. 1990. Ecología microbiana del suelo. Montevideo, Universidad de la República. 519 p.
7. García de Souza, M. 2000. Manejos de suelos en horticultura: uso de abonos orgánicos. Cátedra de Horticultura. Facultad de Agronomía. Universidad de la República Oriental del Uruguay. 24 p.
8. García Lamothe, A. 1994. El nitrógeno en ecosistemas agrícolas, su dinámica y disponibilidad en el sistema suelo – planta. IN: Manejo y fertilidad de suelos. INIA La Estanzuela. Montevideo. Serie Técnica N° 42. pp. 15 – 21.
9. Ilardia, A.L.; Meireles, F.O.1998. Efecto de dos materiales orgánicos y tres dosis de nitrógeno sobre la producción de frutilla. Tesis Facultad de Agronomía. Universidad de la República Oriental del Uruguay.
10. Kahnt, G. 1989. Abono verde. Montevideo, Hemisferio sur. 156 p.
11. Kiehl, E.J. 1985. Fertilizantes orgánicos. Sao Paulo, Agronómica Ceres. 365 p.
12. Limongelli, Juan C. H., 1979. El Repollo y otras crucíferas de importancia en la huerta comercial. Universidad de Buenos Aires. Argentina. 144 p.

13. Medina, M.; Bastianini, S.. 1987. Respuesta al nitrógeno del sorgo forrajero sx121 en suelos pesados del sur - II. Tesis Facultad de Agronomía. Universidad de la República Oriental del Uruguay. 147 p.
14. Moltini, C.; Genta, H.; Zamalvide, J.; Barros, C. 1998, 1999, 2000. Programa de manejo de recursos naturales y desarrollo del riego - PRENADER. Seminario de Investigación Aplicada. AUSID/INIA/Facultad de Agronomía/Dirección de Suelos y Aguas (MGAP).
15. Morón, A. 1996. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo - planta - animal. IN: Producción y manejo de pasturas. INIA Tacuarembó. Serie Técnica N° 80. pp. 21 - 31.
16. Pécora, E.J. 1965. Abonos orgánicos. La fertilización; Abonos y enmiendas. INTA. Buenos Aires. Publicación miscelánea N° 22. pp. 56 - 64.
17. Peñalva, M. 1992. Abonos verdes: Experiencias en el sur del país. Proyecto MGAP - GTZ. Montevideo. 52 p.
18. Restrepo Rivera, J. 1996. Aportes de los abonos verdes usados en la agricultura orgánica como cobertura. Boletín de divulgación (Colombia). 8 p.
19. Silva, A. 1995. La materia orgánica del suelo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 46 p.
20. Stanham, A.M. 1997. Efecto de la avena y la cebada como abonos verdes sobre la disponibilidad de nitrógeno. Tesis Facultad de Agronomía. Universidad de la República Oriental del Uruguay.
21. Suarez de Castro, F. 1980. Conservación de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 315 p.
22. Zabalveytia, D. ; Naveiro, S.. 1985. Respuesta al nitrógeno del sorgo forrajero sx121 en suelos pesados del sur. Tesis Facultad de Agronomía. Universidad de la República Oriental del Uruguay. 188 p.
23. Zamalvide, J.P. Fertilizantes. Montevideo, Ministerio de Agricultura y Pesca. Boletín de divulgación N° 1. 1982.

Anexos

ANEXO N° 1

Distancia entre hileras, densidad de siembra, ciclo y rendimiento en materia seca probable de algunas especies de abonos verdes

<i>Especie</i>	<i>Distancia entre hileras (cm)</i>	<i>Densidad de siembra (kg/ha)</i>	<i>Ciclo (días)</i>	<i>Materia seca (tt/ha)</i>
<i>Avena negra</i>	20-50	30-40	140-180	2-11
<i>Centeno</i>	20-30	50-60	140-170	4-8
<i>Vicia peluda</i>	40-50	25-30	200-240	3-5
<i>Vicia común</i>	40-50	25-40	180-210	3-5
<i>Arveja</i>				
<i>Forrajera</i>	35-45	40-45	140-160	2.5-7
<i>Chicharo</i>	40-100	20-60	130-180	-----
<i>Nabo</i>				
<i>Forrajero</i>	35-50	6-12	150-200	3-9
<i>Lupino Blanco</i>	40-60	25-70	160-180	3.5-5
<i>Lupino Azul</i>	40-60	25-50	160-180	3-6
<i>Lupino</i>				
<i>Amarillo</i>	40-60	25-50	180-200	-----
<i>Milheto</i>	80-100	5-8	120-150	3.5-10
<i>Caupí</i>	40-60	45-60	140-150	3.5-10
<i>Girasol</i>	40-60	15-20	90-150	4-8
<i>Crotolaria</i>				
<i>juncea</i>	40-50	20-30	160-240	2.5-8.5
<i>Mucuna ceniza</i>	80-100	15-35	210-240	2-5
<i>Frijol de</i>				
<i>cerdo</i>	60-100	60-100	140-200	-----
<i>Poroto mungo</i>	40-60	15-20	90-120	-----
<i>Guandú enano</i>	60-70	14-18	150-180	2-6.5

Fuente: Adaptado de Peñalva, 1995.

ANEXO N° 2
Diagrama del ensayo



1	-	-	-	-	-		
2	-	-	-	-	-	MS	
3	-	-	-	-	-		
4	-	-	-	-	-		
5	0	0	0	0	0		
6	1	3	2	1	2	3	M2
7	1	3	2	1	2	3	
8	-	-	-	-	-	-	Bloque 3
9	-	-	-	-	-	-	
10	3	2	1	3	1	2	M1
11	3	2	1	3	1	2	
12	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	
14	1	2	3	3	1	2	M1
15	1	2	3	3	1	2	
16	-	-	-	-	-	-	Bloque 2
17	-	-	-	-	-	-	
18	3	1	2	1	3	2	M2
19	3	1	2	1	3	2	
20	0	0	0	0	0	0	
21	-	-	-	-	-	-	
22	2	3	1	3	2	1	M1
23	2	3	1	3	2	1	
24	0	0	0	0	0	0	Bloque 1
25	-	-	-	-	-	-	
26	3	1	2	1	2	3	M2
27	3	1	2	1	2	3	
28	0	0	0	0	0	0	
29	-	-	-	-	-	-	

Sup. Total - 2688 m²

Referencias

Dosis de N al sorgo

	0 UN/ha
	100 UN/ha
	200 UN/ha
	300 UN/ha
	400 UN/ha

MS - parcela de destrucción

M1 y M2 - Momentos de corte del sorgo

N° 1-29 - Canteros

0,1,2,3 - Dosis de N al repollo (0,80,160,240 UN/ha)

- Repollo sin tratamiento

ANEXO N° 3

Picado del sorgo con maquina choper



ANEXO N° 4

Características del sustrato utilizado (Tref)

<i>Parámetros</i>	<i>Contenido</i>
Composición	Turba negra y rubia Arcilla Perlita Arena Otros
Estructura	Fina
Humedad	70 % +/- 10
Capacidad de retención de agua	5.2 g/g +/- 1
Porosidad total	7.5 % +/- 2
Ph en agua	5.8 +/- 0.3
Carbono orgánico (C)	28 %
Nitrógeno orgánico (N)	1 %
Materia orgánica sobre MS	85 %

ANEXO N° 5



FACULTAD DE AGRONOMIA
ESTACION EXPERIMENTAL
SALTO

Ruta 31, Km. 21 San Antonio
Fax (073) 2 60 23 - Tel. 07302039
Casilla de Correo 08136
Salto

San Antonio, 21 de mayo de 2002

CLINICA DE DIAGNOSTICO

Ing. Agr. Carlos Barros Mainardi
Presente

La muestra de plantines de repollo variedad Superette, trasplantados el 4 de mayo aproximadamente, de la tesis que Uds. están llevando a cabo en el predio del Ing. Agr. Miguel Baldassini, recibida el día de los corrientes presenta síntomas de fitotoxicidad. En primera instancia se descartó cualquier enfermedad de este grupo de plantas ya que esos síntomas no se corresponden con ninguna. Por otro lado la forma de distribución en el campo, generalizada, nos sugiere una enfermedad abiótica. Luego de algunas averiguaciones del manejo de los plantines se puede afirmar que son debidos a residuos del herbicida oxifluorfen (Goal). Este se aplicó pre-emergencia inmediatamente antes del trasplante de los plantines.

Para confirmar el ingrediente activo causante del problema, se conversó con la Ing. Agr. Ana C. Carrato encargada de las crucíferas en Green Frozen, quien manifestó que existen antecedentes de esta sintomatología en Bella Unión tanto en brócoli como en coliflor. Según ella contó, son síntomas pasajeros, mantienen la planta quieta por un tiempo y luego retoman el crecimiento normal.

La sintomatología queda registrada en diapositivas en mi Departamento, a las órdenes para lo que las necesiten.

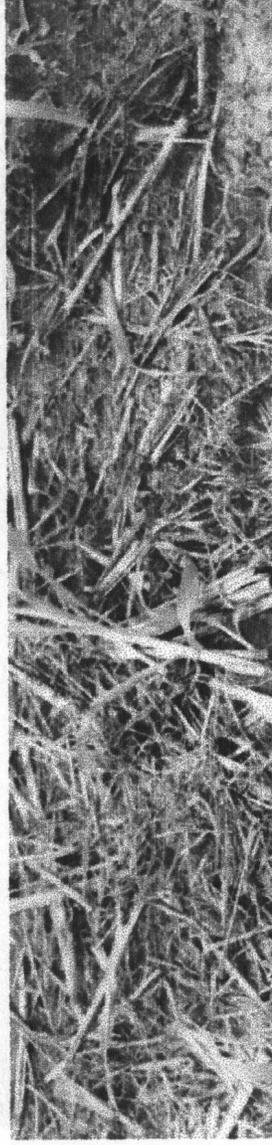
Quedo a sus gratas órdenes por cualquier ampliación de la información u otra consulta que surja,

C/c: Bachilleres Grasso y Silveira

Ing. Agr. María Emilia Cassanello
Departamento de Protección Vegetal
Grupo Disciplinario Fitopatología EEFAS

ANEXO N° 6

Estado del material del primer momento de corte al segundo momento de corte (24 días después)



ANEXO N° 7

Vista del tratamiento de 0 nitrógeno en contraste con los demás tratamientos



ANEXO N° 8

Contraste en materia seca del tratamiento 0 nitrógeno con respecto a los restantes tratamientos

