

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PASTURAS**

**SEMINARIO SOBRE FERTILIZACIÓN
NITROGENADA EN PASTURAS**

AUTORES:

**Alesandri Diego
Alesandri Gonzalo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2009**

TABLA DE CONTENIDOS:

1) <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1) CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL ELEMENTO.....	1
1.2) BREVE RESEÑA HISTÓRICA.....	1
1.3) IMPORTANCIA.....	2
1.4) APLICACIONES.....	2
1.5) PROCESO DE HABER – BOSCH.....	3
2) <u>DINÁMICA DEL NITRÓGENO</u>	5
3) <u>FIJACIÓN BIOLÓGICA DEL NITRÓGENO</u>	7
4) <u>FERTILIZANTES NITROGENADOS</u>	8
4.1) CONCEPTO E IMPORTANCIA.....	9
4.2) CUANTIFICACIÓN.....	9
4.3) MUESTREO.....	11
4.4) LOCALIZACIÓN DEL FERTILIZANTE.....	12
4.5) FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA AL NITRÓGENO.....	14
5) <u>LEGUMINOSAS COMO FUENTE DE NITRÓGENO</u>	15
6) <u>ESPECIES FORRAJERAS EN EL SISTEMA</u>	17
7) <u>APLICACIONES PRÁCTICAS</u>	18
7.1) RECOMENDACIÓN DE DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN SISTEMAS EXTENSIVOS: PASTURAS Y CULTIVOS.....	18
8) <u>INCONVENIENTES DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA</u>	20
9) <u>CONCLUSIONES</u>	22
10) <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	23

1- INTRODUCCIÓN:

El presente informe se enmarca dentro de los requisitos curriculares del curso de Pasturas, correspondiente al 4to año de la carrera de Ingeniero Agrónomo de la Universidad de la República.

En el mismo se expondrá información pertinente a la fertilización nitrogenada en pasturas, describiendo las características del elemento nitrógeno, su ciclo, su importancia, el proceso de fijación biológica y su rol en la producción de forraje, así como también la respuesta en los rendimientos de las pasturas a la fertilización nitrogenada, características de los fertilizantes y sus principales inconvenientes.

1.1 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL ELEMENTO:

El nitrógeno es un elemento químico, de símbolo N y número atómico 7, perteneciente al grupo 15 de la tabla periódica (grupo de los no metales) y que en condiciones normales forma un gas diatómico (nitrógeno diatómico o molecular) que constituye el 78,1% del volumen del aire atmosférico.

Tiene un punto de fusión de $-210,01\text{ }^{\circ}\text{C}$, un punto de ebullición de $-195,79\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una densidad de $1,251\text{ g/l}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 1 atmósfera de presión.

1.2 – BREVE RESEÑA HISTÓRICA:

Su etimología proviene del griego “nitro” y “geno” (generar). Fue aislado por el físico británico Daniel Rutherford en 1772 quien dio a conocer algunas de sus propiedades. Sin embargo, por la misma época también se dedicaron a su estudio Scheele que lo aisló, Cavendish, y Priestley. Fue reconocido en 1776 como gas elemental por el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier.

El nitrógeno es un gas no tóxico, incoloro, inodoro e insípido. Es un gas tan inerte que Lavoisier se refería a él como *azote* (o *ázoe*) que significa sin vida (o tal vez lo llamó así por no ser apto para respirar). Se clasificó entre los *gases permanentes*, sobre todo desde que Faraday no consiguiera verlo líquido a 50 atm y -110°C , hasta los experimentos de Pictet y Cailletet que en 1877 consiguieron licuarlo.

1.3 – IMPORTANCIA:

Además de la atmósfera, se encuentra ocupando el 3% de la composición elemental del cuerpo humano. En forma de aminoácidos es un componente importante de las fibras animales y es componente esencial de ácidos nucleicos, vitales para la vida y los seres vivos. Es además un elemento importante en la nutrición de las plantas. Las leguminosas son capaces de absorber el nitrógeno directamente del aire, siendo éste transformado en amoníaco y luego en nitrato por bacterias que viven en simbiosis con la planta en sus raíces. El nitrato es posteriormente utilizado por la planta para formar el grupo amino de los aminoácidos de las proteínas que finalmente se incorporan a la cadena trófica.

El Nitrógeno es un elemento primario de las plantas, se puede encontrar en los aminoácidos, por tanto forma parte de las proteínas, en las amidas, la clorofila, hormonas (auxinas y citoquininas, nucleótidos, vitaminas, alcaloides y ácidos nucleicos).

Las formas iónicas (inorgánicas) que una raíz puede absorber son el nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+). Como la mayor parte del N del suelo está en forma orgánica es necesaria una actividad microbiológica que lo convierta en amonio o nitrato (Nitrosomas y Nitrobacter son las bacterias más comunes en esta tarea). Si la planta absorbe nitrato tiene que reducirlo a forma amoniacal antes de que pase a formar parte de los compuestos orgánicos. El amonio no se acumula sino que se incorpora directamente a compuestos como la glutamina, procedentes del ciclo de Krebs.

La deficiencia de N en plantas disminuye el crecimiento, las hojas son pequeñas y tampoco se puede sintetizar clorofila, de este modo aparece clorosis (hojas de color amarillo). La clorosis empieza en las hojas de mayor edad, estas pueden llegar a caerse y si la carencia es severa puede aparecer clorosis en las hojas más jóvenes. Disminuye el tamaño de los frutos y su cuajado.

1.4 – APLICACIONES:

La aplicación comercial más importante del nitrógeno diatómico es la obtención de amoníaco por el proceso de Haber - Bosch. Se obtiene de la atmósfera haciendo pasar aire por conductos de cobre o hierro calientes; el oxígeno se separa del aire dejando el nitrógeno mezclado con gases inertes. El nitrógeno puro se obtiene por destilación fraccionada del aire líquido. Al tener el nitrógeno líquido un punto de ebullición más bajo que el oxígeno

líquido, el nitrógeno se destila antes, lo que permite separarlos. El amoníaco se emplea con posterioridad en la fabricación de fertilizantes y ácido nítrico.

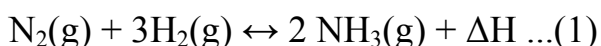
Las sales del ácido nítrico incluyen importantes compuestos como el nitrato de potasio (nitro o salitre empleado en la fabricación de pólvora) y el nitrato de amonio fertilizante.

El ciclo de este elemento es bastante más complejo que el del carbono, dado que está presente en la atmósfera no sólo como N₂ (78%) sino también en una gran diversidad de compuestos. Se puede encontrar principalmente como N₂O, NO y NO₂, los llamados NO_x. También forma otras combinaciones con oxígeno tales como N₂O₃ y N₂O₅ (anhídridos), "precursores" de los ácidos nitroso y nítrico. Con hidrógeno forma amoníaco (NH₃), compuesto gaseoso en condiciones normales.

1.5 - PROCESO DE HABER – BOSCH:

En química, el proceso de Haber - Bosch es la reacción de nitrógeno e hidrógeno gaseosos para producir amoníaco. La importancia de la reacción radica en la dificultad de producir amoníaco a un nivel industrial. Aunque alrededor del 78,1% del aire que nos rodea es nitrógeno, es relativamente inerte por los resistentes enlaces triples que mantienen las moléculas unidas. No fue sino hasta los primeros años del siglo XX cuando este proceso fue desarrollado para obtener nitrógeno del aire y producir amoníaco, que al oxidarse forma nitritos y nitratos. Éstos son esenciales en los fertilizantes.

Como la reacción natural es muy lenta, se acelera con un catalizador de hierro (Fe₃+), en el que óxidos de aluminio (Al₂O₃) y potasio (K₂O) también se utilizan. Otros factores que aceleran la reacción son que se opera bajo condiciones de 200 atmósferas y 450-500°C, resultando en un rendimiento del 10-20%.

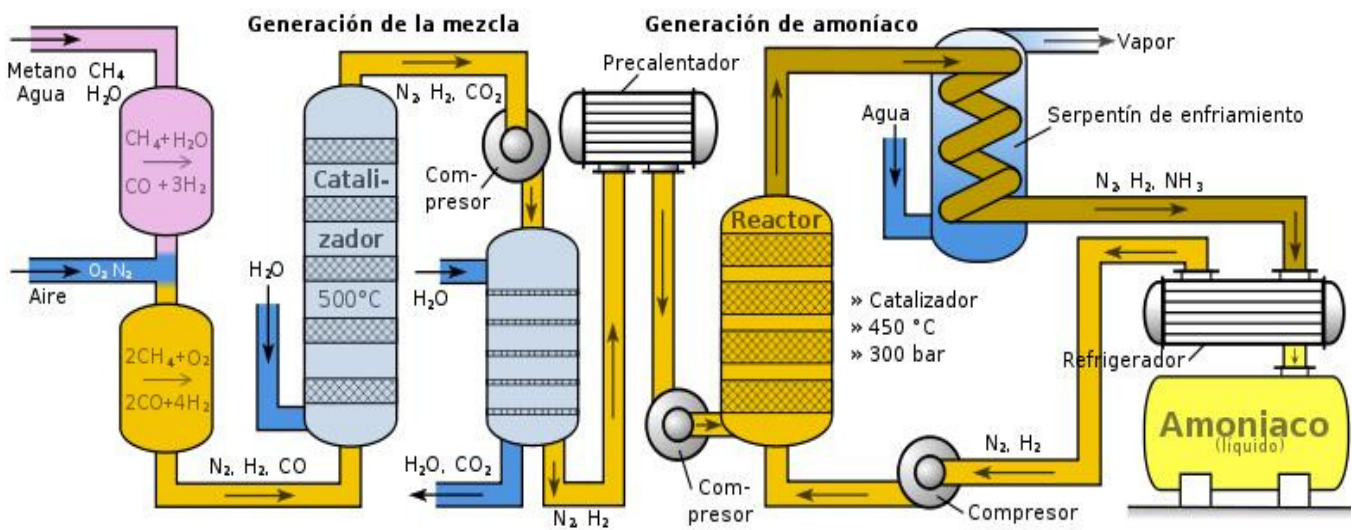


ΔH representa el calor generado, también llamado entalpía, y equivale a -92,4 kJ/mol. Como libera calor, la reacción es exotérmica.

El proceso fue patentado por Fritz Haber. En 1910, Carl Bosch comercializó el proceso y aseguró aún más patentes. Haber y Bosch fueron galardonados con el Nobel de Química en 1918 y 1931 respectivamente,

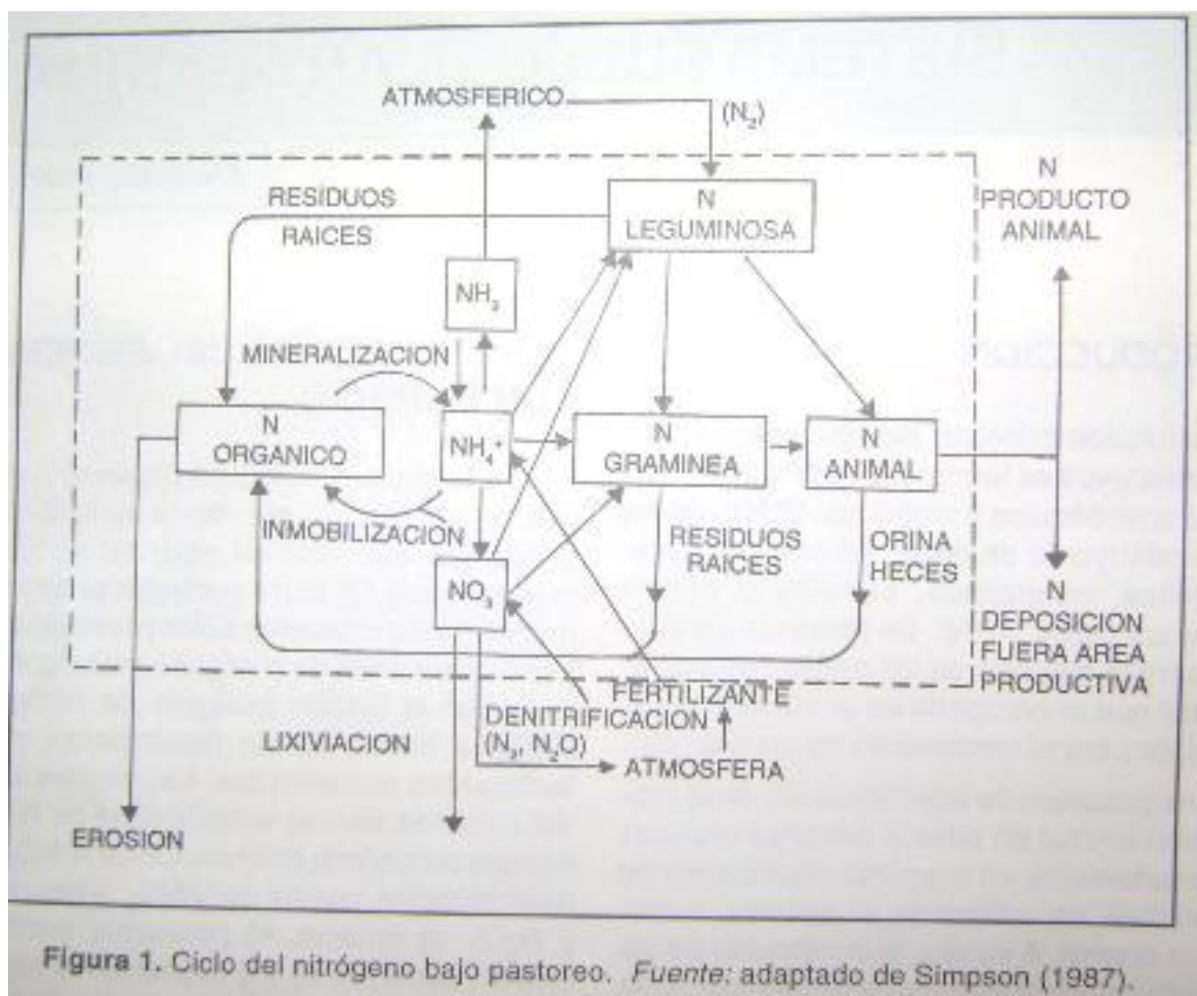
por sus trabajos y desarrollos en la aplicación de la tecnología en altas presiones y temperaturas. El amoníaco fue producido utilizando el proceso Haber (a un nivel industrial) durante la I Guerra Mundial para su uso en explosivos. Esto ocurrió cuando el abasto de Chile estaba controlado casi en un 100% por los británicos.

El proceso Haber produce más de 100 millones de toneladas de fertilizante de nitrógeno al año. El 0,75% del consumo total de energía mundial en un año se destina a este proceso. Los fertilizantes que se obtienen son responsables por el sustento de más de un tercio de la población mundial, así como varios problemas ecológicos.



2- DINÁMICA DEL NITRÓGENO:

En el siguiente esquema se exponen los principales componentes del sistema suelo - planta – animal, y se representan las entradas de nitrógeno, las salidas, y las principales reacciones que hacen al ciclo de este elemento bajo pastoreo.



Las dos entradas de nitrógeno más significativas al sistema suelo – planta – animal son mediante:

- Fijación biológica de nitrógeno.
- Agregado de fertilizantes nitrogenados.
- Ocasionales entradas por lluvias.
- Enmiendas

Por otra parte las salidas más importantes se deben a:

- Volatilización del nitrógeno bajo forma de amoníaco hacia la atmósfera

- Lixiviación de nitrógeno bajo forma de nitrato
- Denitrificación que es el pasaje de nitrato a gases (N_2 y N_2O)
- Erosión, productos animales (leche, carne, lana, etc)
- Deyecciones animales fuera del área de producción (camino, sala de ordeño).

La mineralización es el proceso biológico mediante el cual se transforma nitrógeno orgánico en inorgánico. Inmovilización es el proceso inverso.

El nitrógeno que desaparece de los residuos vegetales puede presentar dos caminos: inmovilización o mineralización, realizada por la biomasa microbiana del suelo, siendo los residuos con relaciones carbono / nitrógeno bajas las que rápidamente incrementen el nitrógeno mineral del suelo, por ejemplo un abono verde comparado con un rastrojo de maíz.

El 98 a 99% de nitrógeno total que se encuentra en el suelo está bajo forma orgánica. El nitrógeno disponible para las plantas se encuentra bajo forma de nitrato y nitrito, que son formas inorgánicas.

El nitrógeno de los materiales vegetales que pueden ser raíces y parte aérea que no sean consumidos por los animales y las deyecciones animales regresan al suelo para integrarse al proceso de descomposición.

La cantidad y calidad del sustrato así como factores ambientales (temperatura, humedad) determinan la cantidad de nitrógeno que se mineraliza. Según el tipo de suelo varía el tamaño de la biomasa microbiana encargada de descomponer estos residuos vegetales.

Los residuos vegetales frescos agregados al suelo tienen una velocidad de descomposición varias veces superior a la materia orgánica humificada y estabilizada del suelo. Según sean los orígenes de los rastrojos también va a variar la velocidad de descomposición.

3- FIJACIÓN BIOLÓGICA DEL NITRÓGENO:

La fijación biológica del nitrógeno es el proceso mediante el cual las bacterias del suelo reducen el N_2 a NH_3 . Este proceso es llevado a cabo mediante la asociación simbiótica rizobium – leguminosa.

Los organismos superiores no pueden utilizar la forma diatómica en la que se encuentra el nitrógeno de la atmósfera.

El 80% del N que entra en los sistemas de producción de la región se logra mediante el N biológico fijado por las leguminosas. Por este motivo es que dicho proceso es muy importante como fuente de N.

Sin embargo no se debería descartar la posibilidad del aporte de nitrógeno por intermedio de fertilizantes para reforzar la disponibilidad del nutriente, siempre y cuando el escenario en el que se encuentre lo amerite. El punto clave es determinar el balance óptimo entre el nitrógeno biológico y el del fertilizante, en las diferentes pasturas bajo las distintas situaciones que se pueden presentar en cada establecimiento.

Con baja disponibilidad de nitrógeno en el suelo la mayoría del nitrógeno en la planta proviene de la FBN, mientras que moderados niveles de disponibilidad de nitrógeno si bien disminuyen el porcentaje de nitrógeno derivado de la FBN, maximizan la cantidad de nitrógeno proveniente de la FBN. Los aumentos moderados de la disponibilidad de nitrógeno ayudan a desarrollar más rápidamente el área foliar de la leguminosa y por lo tanto la capacidad de enviar fotosintatos para el crecimiento y la actividad del nódulo (conjunto de células agigantadas donde se alojan las bacterias simbióticas).

Las diferentes asociaciones simbióticas presentan potenciales de fijación de nitrógeno muy variable. Esto atiende a la composición genética de la especie y a los materiales manejados. Es sabido además que hay diferentes niveles de especificidad por parte de la variedad del huésped frente a determinadas cepas de Rhizobium o Bradyrhizobium.

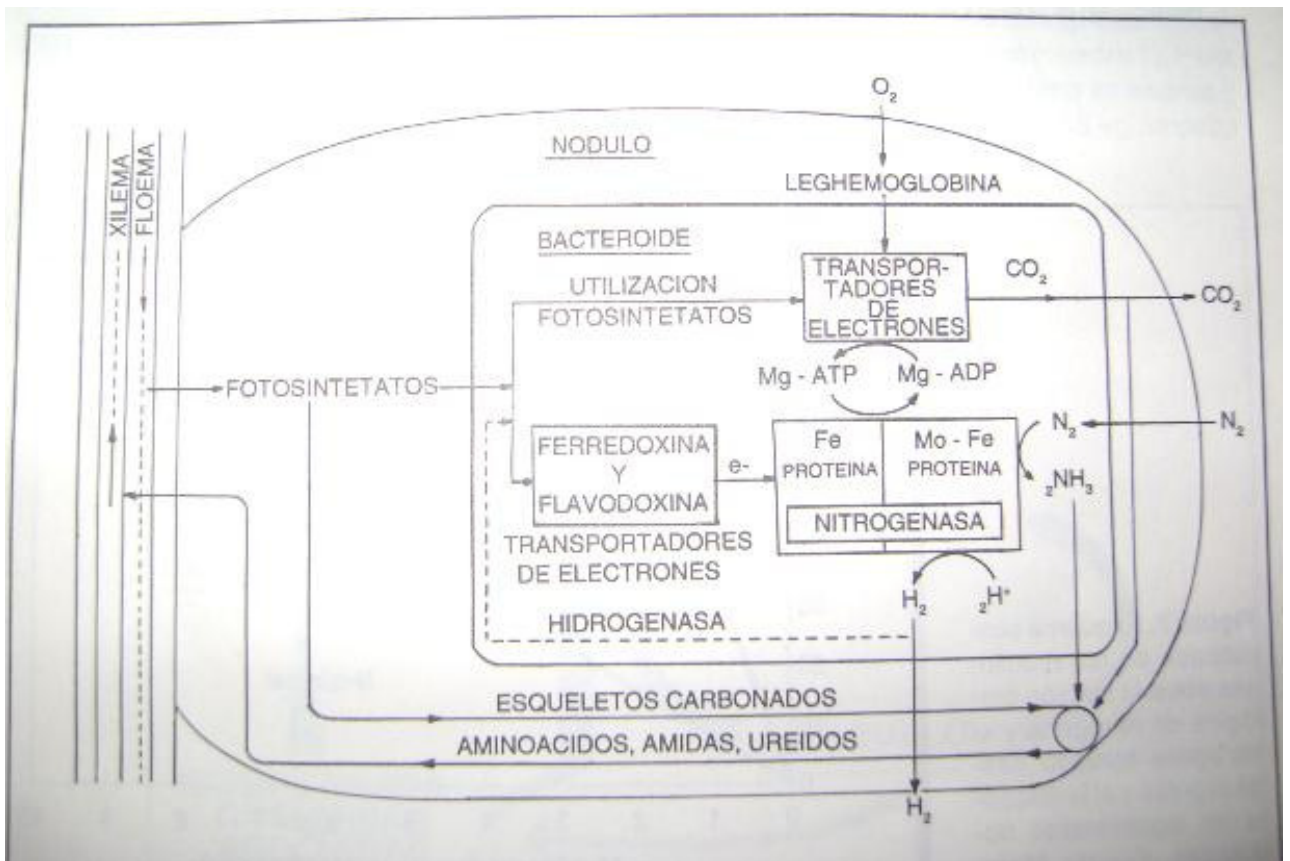
Para instalar una simbiosis exitosa la cepa deberá poseer:

- 1- Alta eficiencia fijadora de nitrógeno.
- 2- Amplio espectro de nodulación con las variedades de leguminosa.
- 3- Competitividad para la formación de nódulos.
- 4- Sobrevivencia en la rizósfera.

Es importante destacar además que la fertilización con fósforo influye sobre la simbiosis, ya que el déficit de este elemento limita el buen desempeño de la fijación biológica. La fertilización con fósforo incrementa el número de nódulos, su masa, la producción de materia seca del forraje y granos y la fijación de N_2 .

Con respecto a las condiciones climáticas, se puede decir que las altas temperaturas y baja humedad son drásticas para la sobrevivencia de los rizobios en el suelo o en los inoculantes, así como para los procesos que involucran la nodulación y la fijación. Actualmente se trabaja en investigación para desarrollar nuevas cepas que sean más resistentes a dichas condiciones climáticas.

En el siguiente esquema se resume la bioquímica de la fijación biológica del nitrógeno en leguminosas noduladas.



Fuente: Marschner (1986)

4 - FERTILIZANTES NITROGENADOS:

4.1 – CONCEPTO E IMPORTANCIA:

El nitrógeno es el elemento que mayormente limita los rendimientos en cualquier sistema productivo, y se hace más importante su consideración cuanto más intensiva se vuelva la producción.

Mediante la fertilización nitrogenada logramos entre otros aspectos, lograr buenos rendimientos, promoción de crecimientos de los cultivos más tempranos en el tiempo, con lo cual adelantamos la fecha del primer pastoreo y prolongar los períodos de crecimiento entre otras cosas. Además de esto, la utilización de fertilizantes nitrogenados permite maximizar la utilización de los recursos naturales con los que se cuenta, de manera que permite aumentar la producción de forraje manteniendo estable la superficie utilizada.

En los últimos años, y cada vez más frecuentemente, se realizan prácticas de manejo en las cuales se consideran no solamente alcanzar elevados rendimientos, si no también utilizar insumos menos contaminantes.

Fertilizante es aquella sustancia orgánica o inorgánica, de origen natural o sintético, que es agregada al suelo para suplementar uno o mas elementos esenciales para el crecimiento vegetal.

El término fertilizar significa complementar el aporte de nutrientes que realiza el suelo por sus mecanismos naturales mediante el agregado del nutriente deficitario al cultivo en cuestión, cuyo objetivo es obtener el rendimiento esperado con el menor costo y daño posible al medio ambiente. Para realizar una fertilización racional se debe conocer cual es el nutriente deficiente en el suelo y cuál es la fuente de fertilizante que lo aporta.

4.2 - CUANTIFICACIÓN:

El aporte de nutrientes que realiza el suelo lo podemos cuantificar mediante un análisis de suelo, que debería realizarse lo mas cercano posible al comienzo del ciclo productivo, incluso se recomienda realizar más de un análisis en distintas etapas del ciclo.

Los principales factores que influyen en la cantidad de nutriente a aplicar son:

- Características del cultivo
- Características del suelo
- Localización del fertilizante
- Clima
- Rendimiento esperado

La cantidad de nitrógeno inorgánico liberado por año a partir de la materia orgánica del suelo es medida mediante la cantidad de nitrógeno presente en el forraje cosechado en un suelo que no ha recibido fertilización nitrogenada. La misma varía en promedio entre 80 y 100 Kg/há/año, y esto dependerá del tipo de suelo, la edad de la pastura y si fue pastoreada o no.

Respecto al nitrógeno aportado por el suelo, el nitrógeno inicial o mineral, se haya principalmente bajo forma de nitrato o amonio. El contenido de amonio en general es despreciable pero bajo condiciones de excesivo humedad y bajas temperaturas puede acumularse.

A pesar del carácter transitorio del nitrato en el suelo por su vulnerabilidad a los procesos de pérdida, su contenido a la siembra está directamente relacionado con la respuesta a la fertilización y es imprescindible tenerlo en cuenta cuando se planifica la fertilización nitrogenada de un cultivo.

Tanto nitrógeno total como la materia orgánica presente en el suelo son pobres indicadores de la capacidad de mineralización. Es así que en la práctica es más útil, fácil y certero, estimar el nitrógeno proveniente de la mineralización, utilizando criterios un tanto subjetivos en los cuales se considere por ejemplo tipos de suelo, productividad, cultivo anterior, y el uso de leguminosas para el aporte que hace para el cultivo siguiente. Otra alternativa para definir el nitrógeno a aplicar es el estatus nutricional de la planta, que se basa en la asociación que existe entre el nivel de nitrógeno en la planta y el crecimiento.

Es por esto que se considera que ningún método analítico por sí sólo es suficiente para decidir el manejo de la fertilización nitrogenada. Para una correcta decisión, es necesario además considerar, como se mencionó anteriormente, otros factores que influyen en la oferta de nitrógeno por parte del suelo y la demanda por el cultivo. Entre estos se deben mencionar el clima, historia de la chacra, cultivo anterior, potencial de rendimiento del

cultivo en cuestión y finalmente algún método de laboratorio que nos aporte información sobre el status del N del suelo, como por ejemplo, contenido de N-NO₃.

En los últimos años, se ha incrementado el uso del contenido de NO₃ del suelo como indicador, en desmedro de otros indicadores usados anteriormente, como materia orgánica. El dato de N-NO₃ tiene más poder predictivo en la medida que se analice en momentos cercanos a la alta demanda por la planta, porque en este momento el contenido de NO₃, no sólo es un indicador de la cantidad de N disponible, sino que también se relaciona con la tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo.

4.3 - MUESTREO DE SUELOS:

Los análisis de suelo que se realizan actualmente en el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP) ofrecen nitrógeno bajo forma de nitrato.

A la hora de realizar un análisis de suelo, es importante que inmediatamente a su extracción, la muestra sea mantenida refrigerada (0-5°C), y que esta sea enviada al laboratorio lo más pronto posible (dentro de las 24-48 hs). De lo contrario, el proceso de mineralización puede continuar dentro de la bolsa, afectando el resultado. .

La toma de muestras de suelo es sin duda una de las etapas críticas en el proceso para obtener una recomendación de fertilización en base al análisis de suelo. Es necesario tener presente que cuando se envía al laboratorio una muestra de suelo para análisis, apenas unos pocos gramos del total serán sometidos a los análisis químicos. Estos pocos gramos sin embargo, deben representar las condiciones promedio de varias toneladas de suelo (1 ha de tierra a 20 cm. de profundidad pesa aproximadamente 2.500.000 Kg.). Por lo tanto si esa muestra no es realmente representativa de la chacra, la decisión que se tome a partir de los datos de análisis de suelo no servirá y el objetivo por el cual se hizo el análisis no se habrá cumplido.

Cada muestra de suelo debe representar un área de campo lo mas uniforme posible, en cuanto a nivel de fertilidad y potencialidad de producción. Por lo tanto, es necesario obtener muestras separadas de áreas que difieran en cuanto a:

a) Posición topográfica

- zonas altas
- laderas
- zonas bajas

b) Tipo de suelo

c) Grado de erosión

d) Manejo anterior: incluyendo antigüedad de la chacra, cultivos anteriores, fertilizaciones anteriores o cualquier otro factor que pueda modificar la disponibilidad de nutrientes.

Para realizar las tomas simples se pueden utilizar diferentes herramientas tales como taladro, calador o pala. En el momento de muestreo el suelo no debe tener un contenido de agua excesivo, lo que dificulta el procedimiento, ni estar demasiado seco. El segundo caso es especialmente grave ya que se puede perder la porción superior de la muestra de suelo que es generalmente la parte más rica en nutrientes.

Cuando se quiere determinar las necesidades en fertilización para cultivos o instalación de praderas, debe muestrearse a la profundidad de arada (aproximadamente 15 cm.).

4.4 – LOCALIZACIÓN DEL FERTILIZANTE:

Los factores que deberían considerarse para su decisión son:

- 1) uso eficiente de nutrientes desde la emergencia de la planta a la madurez.
- 2) prevención de daños por sales para el crecimiento inicial,
- 3) la oportunidad del manejo de todos los factores del cultivo para obtener el rendimiento potencial deseado.

Existen diferentes métodos de localización del fertilizante los cuales se pueden realizar en forma superficial o subsuperficial, antes, durante, o después de sembrar variando esto en función del tipo de cultivo, la rotación de los cultivos, la movilidad de nutrientes en el suelo, maquinaria disponible y análisis de suelo.

Antes de la siembra se puede realizar:

- Al voleo, el cual puede ser incorporado o no al suelo, la limitante es que si no se incorpora como en algunas forrajeras perennes y el sistema de cero laboreo se pueden dar pérdidas por volatilización.
- Banda subsuperficial. En este método la profundidad de localización varía entre 5 y 20 cm. dependiendo del cultivo y la fuente del fertilizante.
- Banda superficial. La limitante es que si no se incorpora y dan condiciones de escasa humedad en la superficie del suelo se reduce la absorción de los nutrientes.

A la siembra:

- Banda subsuperficial: El fertilizante se puede localizar cerca de la semilla de 2.5 a 5 cm. bajo la semilla.
- Bandeado con la semilla. Este método se usa básicamente como aplicación starter utilizada especialmente en suelos fríos y húmedos y para evitar daños en la germinación o emergencia se suelen usar bajas dosis.
- Bandas superficiales.

Post – siembra:

Se puede realizar de dos maneras diferentes:

- Cobertura. En este método la inmovilización de nitrógeno en sistemas de grandes cantidades de rastrojo superficiales puede reducir la eficiencia de uso de nitrógeno.
- Al costado de la semilla. Generalmente se usa en maíz y sorgo y es usado en países donde se dispone de equipos de inyección.

En cuanto al porcentaje de nutrientes que contienen los principales tipos de fertilizantes nitrogenados, se resume en la siguiente tabla la información más relevante.

Tabla: Porcentaje de nutrientes según tipo de fertilizante.

Fertilizante	Nitrógeno (%)	P2O5 (%)	K2O (%)	Otros (%)
Soluciones urea + nitrato de amonio	32			
Nitrato de amonio	34			
Nitrato de potasio	13			46 de potasio
Nitrato de magnesio	11			16 de magnesio
Nitrato de potasio y magnesio	12		43	4 de magnesio
Nitrato de amonio y calcio	27			6 de calcio
Nitrato sódico potásico	15		14 de potasio	
Nitrato de calcio	16			19 de calcio
Nitrato de zinc	5			12 de Zn
Fosfato monoamónico	12	52		
Ácido fosfórico	40 – 54			

4.5 – FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA AL NITRÓGENO:

La respuesta de las plantas al nitrógeno aportado por los fertilizantes depende de una serie de factores que limitan o promueven las posibilidades de alcanzar los máximos beneficios, entre ellos, factores climáticos, edáficos y de planta.

En lo que a factores climáticos respecta, se puede decir que la temperatura y la humedad son las variables que más inciden en la respuesta al fertilizante nitrogenado. La absorción de nitrógeno está íntimamente relacionada con la actividad de las plantas, y por tanto, si coexisten temperaturas excesivas o demasiado bajas, y/o deficiencias hídricas que

comprometan el crecimiento y desarrollo de las mismas, se verá impedida una utilización eficiente del nutriente.

Las estaciones que ofrecen las mejores condiciones en cuanto a temperatura son primavera y otoño. En tanto que las precipitaciones serán mejores cuanto más uniformemente estén distribuidas. Riegos oportunos si fueran necesarios pueden favorecer el mejor uso del nutriente.

Por otra parte, es importante tener en cuenta factores edáficos a la hora de fertilizar. Se debe tener en cuenta que la disponibilidad de otros nutrientes no sea limitante. En nuestro país es importante corregir las frecuentes limitantes de fósforo. Por lo que muchas veces la utilización de fertilizantes binarios (nitrógeno – fósforo) suele ser ventajosa.

Como se mencionó anteriormente, además de los factores climáticos y edáficos, interesa la especie vegetal de la que se trate. Las especies anuales pueden responder mejor al nitrógeno que las perennes. Según Salette (1988), citado de Carámbula (2002), a dosis no limitantes de nitrógeno las diferencias entre distintos genotipos (especies y cultivares) no son muy relevantes, pero sin embargo, a dosis bajas del nutriente pueden observarse diferencias importantes entre ellos. Estas diferencias, si bien no está comprobado científicamente, pueden deberse al factor genético de las plantas que hacen, por un lado, al desarrollo radicular que puedan alcanzar y asociado a ello su capacidad de exploración del suelo, y por otra parte a la eficiencia de absorción de nitrógeno de las raíces, aún en condiciones de baja humedad.

5 - LEGUMINOSAS COMO FUENTE DE N:

La gran mayoría del nitrógeno que constituye una entrada al sistema de producciones logra por intermedio de las leguminosas.

Dado que las plantas no pueden utilizar la forma diatómica en la que se encuentra el nitrógeno de la atmósfera, mediante la fijación biológica, las leguminosas producen nitrógeno con un muy bajo costo, debido al proceso de fijación biológica del nitrógeno mediante el cual las bacterias del suelo reducen el N_2 a NH_3 . Este proceso es llevado a cabo mediante la asociación simbiótica rizobium – leguminosa, y con una gran eficiencia, pero el mismo a veces no llega a cubrir los requerimientos de las pasturas

durante todo el año, es por eso que en estas situaciones se puede complementar con el aporte de los fertilizantes.

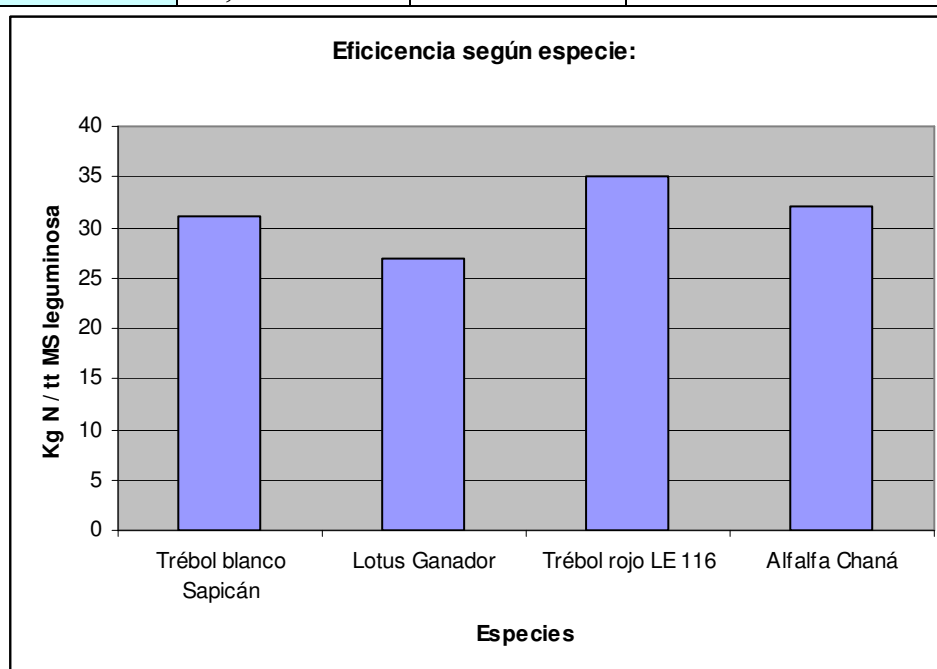
Es por esto que es imprescindible detectar y ajustar al máximo la necesidad de recurrir a la fertilización a los efectos de hacer el menor uso posible de la misma para lograr una buena eficacia.

Existen dos principales formas en las que se produce la transferencia del N desde las leguminosas a las gramíneas:

- directamente entre plantas vecinas, subterráneamente gracias a excreciones radiculares de las leguminosas
- indirectamente mediante la transferencia por intermedio de los animales con las deyecciones.

En las condiciones ambientales para Uruguay las leguminosas obtienen alrededor del 90 % del nitrógeno de la atmósfera.

	Forraje (MS tt/há)	N fijado (tt/há)	Eficiencia (Kg. N/tt MS leg)
Trébol blanco Zapicán	7,5	229	31
Lotus Ganador	8,3	226	27
Trébol rojo LE 116	8,8	308	35
Alfalfa Chaná	11,6	366	32



Por lo antes dicho, la presencia de leguminosas en pasturas son importantes en la medida que: aumentan los rendimientos de materia seca debido a que son fuente de nitrógeno, favorecen la producción de forraje de mayor calidad lo cual implica un mayor contenido de proteínas, aportan nitrógeno en forma gradual y aumentan el consumo de materia seca por parte de los animales.

6 – ESPECIES FORRAJERAS EN EL SISTEMA:

En nuestro país se siembran una gran variedad de especies forrajeras, distintos cultivares y combinación de los mismos, realizándose bajo distintos manejos culturales como lo son el método, densidad, fechas de siembra etc.

Otro factor que es de especial consideración es la ubicación geográfica donde se llevan a cabo dichos procesos, variando la composición mineral del suelo incidiendo directamente en las decisiones de fertilización de los sistemas productivos.

Entre un 30 % y un 70 % del nitrógeno agregado es recuperado por el cultivo, por lo tanto es importante establecer prácticas que incrementen la eficiencia del fertilizante de nitrógeno.

Para definir el mejor momento para aplicar el nitrógeno se debe tener en cuenta el patrón de absorción de nitrógeno por el cultivo.

A modo de ejemplo una pastura nativa que produce en promedio 2000 Kg. / há / año de materia seca conteniendo 2 % de nitrógeno requiere 40 Kg. / há / año de nitrógeno, mientras que una pastura mejorada, con un rendimiento promedio de 9000 Kg. / há / año de materia seca conteniendo 3 % de nitrógeno necesita 270 Kg. / há / año de nitrógeno. Esto significa que para prevenir un crecimiento limitado de este tipo de pasturas se necesitaría una alta fijación y posterior liberación de nitrógeno.

En un sistema de producción de pasturas mixtas, constituido por gramíneas como principales productoras de forraje y leguminosas como principal fuente de nitrógeno, las principales variables a manejar son el nitrógeno y el agua.

En este sentido, las especies C4 presentan ventajas comparativas frente a las C3 debido a poseer una gran eficiencia en convertir el nitrógeno

y agua en materia seca. A pesar de ello, las especies C4 presentan el inconveniente de la menor producción de forraje en invierno, debido a las bajas temperaturas y alta humedad que se registran, lo que afecta a la conversión de amonio (NH_4) en nitratos (NO_3), que se vuelve demasiado lenta, impidiendo una mineralización eficiente.

La inclusión de leguminosas en el sistema productivo es considerada como la manera más económica de suministrar nitrógeno, pero los beneficios en pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas estarán casi siempre limitados, a no ser que se utilicen fertilizantes nitrogenados. Si bien no es imprescindible su aplicación, en ciertas ocasiones resulta inevitable el uso suplementario del nitrógeno.

En las pasturas constituidas por mezclas de gramíneas y leguminosas la respuesta al nitrógeno será menor que cuando se trata de gramíneas puras.

La pastura natural es el principal recurso forrajero en las empresas ganaderas del Uruguay, presentando escasa frecuencia de especies invernales en particular las de tipo productivo tierno y fino (Berreta et al., 1998). La fertilización nitrogenada en otoño y fin de invierno estimula el crecimiento de estas especies y promueve el rebrote más temprano de las especies estivales (Berreta et al., 1998), generando mayor producción de forraje en invierno y, en consecuencia, en el año. Esto permitirá un aumento en la carga animal, que afectaría la dinámica de la defoliación, traduciéndose en incrementos en los niveles de productividad secundaria (Risso et al., 1998; Rodríguez Palma et al., 2004).

7 - APLICACIONES PRÁCTICAS:

7.1 - RECOMENDACIÓN DE DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN SISTEMAS EXTENSIVOS: PASTURAS Y CULTIVOS:

Para realizar la recomendación de dosis de fertilización para un cultivo, además del dato de análisis de suelo, es necesario considerar una serie de factores que ya se manejaron repetidas veces líneas arriba, pero los más importantes son:

- Cultivo a implantar
- Manejo anterior del suelo:
 - Cultivo anterior
 - Preparación del suelo
 - Fertilizaciones previas
 - Rastrojos
 - Edad de la chacra
- Tipo de suelo
- Potencial productivo
- Condiciones climáticas
- Lugar del cultivo en la rotación
- Sistema de laboreo
- Forma de aplicación de los fertilizantes
- Costo relativo de la fertilización
- Disponibilidad económica del productor

Características del N en fertilizantes y en leguminosas;

Nitrógeno del fertilizante	Nitrógeno de la leguminosa
Producciones intensivas en ambientes con alto potencial de producción	Producciones extensivas con bajo potencial de producción
Económicamente justificable cuando el producto animal tiene valor alto frente al costo del fertilizante	Utilizable en ambientes con variaciones importantes de humedad como única fuente de nitrógeno justificable
Ambiente con temperaturas bajas o lluvias inesperadas, la respuesta es más rápida	Respuesta más lenta
Provee cantidades predecibles de forraje	Provee cantidades variables de forraje sin poder ser definidas con precisión
Actúa más rápidamente pero su disponibilidad es transitoria y se aprovecha más cuando hay humedad en el horizonte superficial	Actúa más lentamente, pero su disponibilidad es más continua y se aprovecha más en épocas de sequía

8 - INCONVENIENTES DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA:

Los fertilizantes nitrogenados pueden ser una importante fuente de contaminación del suelo y de las aguas. Los compuestos que contienen iones de cianuro forman sales extremadamente tóxicas y son mortales para numerosos animales, entre ellos los mamíferos.

El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo – planta – animal presenta ineficiencias con pérdidas considerables de este elemento, las cuales son potenciales contaminantes del medio ambiente.

El aporte de excesivas cantidades de nitrógeno a los suelos y a las aguas tiene muchas consecuencias nocivas para el medio ambiente. Esto implica problemas que van desde afecciones a la salud humana hasta cambios que afectan a todo el planeta.

Se contaminan las napas de agua con nitratos, se nitrifican lagos y lagunas, los óxidos de nitrógeno reducen la capa de ozono de la atmósfera y varios de ellos son importantes gases de efecto invernadero.

Además de esto, el componente animal también influye en la medida que los animales en pastoreo consumen altas cantidades de nitrógeno, siendo muy bajos los volúmenes retenidos en los productos animales. Por lo tanto se registran grandes cantidades de nitrógeno entre orina y heces perdido por lavado y volatilización, volviendo ineficientes en el reciclaje del nitrógeno a los sistemas ganaderos.

Con respecto a la salud humana, se puede decir que elevados niveles de nitratos pueden originar metahemoglobinemia, una afección infantil mortal, también conocida como la enfermedad de los “niños azules”. Se le ha relacionado también epidemiológicamente con algunos cánceres. La lixiviación de los nitratos, que son muy solubles y pueden contaminar de manera importante tanto los suelos como las aguas superficiales, es un asunto que viene perturbando las regiones agrícolas desde hace muchos años. Las aguas subterráneas de muchas partes del mundo presentan una peligrosa acumulación de nitratos. Concentraciones que exceden límites legalmente autorizados aparecen no sólo en los arroyos que drenan las áreas de cultivo, sino también en ríos principales.

El nitrógeno que termina llegando a las lagunas y tajamares suele causar eutrofización, es decir, la abundancia anormal en las aguas de un

nutriente cuya concentración previa era escasa. El resultado es que las algas y las cianobacterias encuentran pocas restricciones para crecer y su posterior descomposición priva de oxígeno a otras criaturas y produce la reducción (o la eliminación) de determinadas especies de peces y crustáceos.

Mientras que los problemas de eutrofización se deben a las grandes distancias que pueden recorrer los nitratos disueltos, la persistencia en el suelo de productos nitrogenados provoca también problemas, pues contribuye a la acidificación de muchos suelos cultivables, junto con los compuestos azufrados que se forman durante los procesos de combustión y después precipitan desde la atmósfera. Si no se contrarresta esta tendencia mediante la aportación de cal, la acidificación excesiva puede originar un aumento de la pérdida de muchos oligonutrientes y la liberación hacia los acuíferos de los metales pesados del suelo.

El mal manejo de los fertilizantes, que implican un exceso en el uso de los mismos, no sólo perjudica al suelo y al agua, si no que además el uso creciente de abonos nitrogenados ha contribuido también a enviar más óxido nitroso a la atmósfera. Las concentraciones de este gas, generadas por la acción de las bacterias sobre los nitratos del suelo, son todavía relativamente bajas, pero se trata de un producto que interviene en dos procesos preocupantes. La reacción del óxido nitroso con el oxígeno excitado contribuye a la destrucción del ozono de la estratosfera (donde estas moléculas sirven de pantalla reflectora frente a los peligrosos rayos ultravioleta), mientras que más abajo, en la troposfera, promueve el calentamiento excesivo producido por el efecto invernadero. La vida media del óxido nitroso atmosférico es superior a un siglo, al tiempo que sus moléculas absorben la radiación unas doscientas veces mejor que las de dióxido de carbono. Aunque la deposición de productos nitrogenados procedentes de la atmósfera pudiera tener efectos fertilizantes beneficiosos en algunos bosques y praderas, dosis mayores podrían sobrecargar los ecosistemas sensibles.

Cuando se empezó a sacar partido de los fertilizantes nitrogenados artificiales no pudo preverse ninguna de estas afecciones al medio ambiente. Estas perturbaciones reciben muy poca atención en la actualidad, sobre todo comparada con la que se dedica al aumento del dióxido de carbono en la atmósfera, por lo que es de vital importancia que puedan explotarse al máximo todos los beneficios de la fertilización nitrogenada pero en un marco de protección y cuidado ambiental.

9 – CONCLUSIONES:

El nitrógeno es un macro nutriente esencial para la producción de pasturas, y en la mayoría de los casos es el nutriente más limitante para el crecimiento de las plantas.

En los últimos años el ciclo del nitrógeno ha recibido especial atención debido a que limita la productividad de las pasturas y tiene relación con la salud humana entre otras cosas.

Las principales fuentes de nitrógeno para las pasturas son: el reciclaje por mineralización del suelo y residuos vegetales y animales por parte de la biomasa microbiana del suelo, la aplicación de fertilizantes nitrogenados y la fijación biológica de nitrógeno de microorganismos asociados a las leguminosas mediante una relación simbiótica.

Son cada vez más necesarios sistemas de producción que posean tecnologías innovadoras para aumentar la eficiencia y los rendimientos de forraje obtenidos en los establecimientos, para de esta forma poder reducir costos de implantación y la disminución del tiempo en que el suelo se mantiene improductivo o con baja capacidad productiva.

Por lo tanto es necesario considerar a los sistemas en su globalidad y maximizar los beneficios de la fertilización nitrogenada en armonía con el cuidado y responsabilidad ambiental que esto conlleva.

Es necesario que los procesos de intensificación estén concatenados a un uso eficiente del nitrógeno. Para lograr ese objetivo es importante conocer las distintas partes y procesos que ocurren en el ciclo de este elemento y las transformaciones que sufre.

10 – BIBLIOGRAFÍA:

- CARÁMBULA M. 2002. PASTURAS Y FORRAJES. Potenciales y alternativas para producir forraje. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- CARÁMBULA M. 2002. PASTURAS Y FORRAJES. Insumos, implantación y manejo de pasturas. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- INIA. Serie técnica N° 51. 1994. NITRÓGENO EN PASTURAS.
- INIA. Serie técnica N° 42. 1994. MANEJO Y FERTILIDAD DE SUELOS.
- FACULTAD DE AGRONOMÍA. DEPARTAMENTO DE SUELOS Y AGUAS. CURSO DE FERTILIDAD Y FERTILIZANTES. CASANOVA, O; BARBAZÁN, M. 2002. MONTEVIDEO. URUGUAY.
- Apuntes del curso de Pasturas de 4° año 2009
- Apuntes del curso de Fertilidad de suelos de 3° año de Facultad de Agronomía