

# Balance y Eficiencia del uso del nitrógeno y su relación con la extensificación de la producción ganadera en Europa

Ing. Agr. MSc. Dr. Francisco Dieguez  
Plan Agropecuario

La producción ganadera, como cualquier actividad humana, afecta de alguna manera al medioambiente, sobre todo en sistemas de producción intensivos. La realidad de producción europea -contrastante en muchos aspectos a nuestros sistemas de producción- requirió que se tomaran medidas debido a los altos niveles de contaminación que genera la ganadería. Asimismo, el público en general prefiere, cada vez más, carne “natural” y una producción “respetuosa del medioambiente”, donde los sistemas extensivos –como los nuestros- tienen una ventaja comparativa. En este artículo presentamos algunos resultados de la extensificación de sistemas criadores en Bélgica, haciendo hincapié en su eficiencia de utilización del nitrógeno como medida de impacto ambiental.



Foto: Plan Agropecuario

## El porqué de la extensificación en el contexto europeo.

En los años 50 la utilización de agroquímicos tuvo un crecimiento explosivo a nivel mundial, debido al aumento de la productividad por hectárea. Esto se da ya sea por aportar nutrientes limitantes para el crecimiento de especies forrajeras (fertilizantes), como por eliminar la competencia de malezas, o el daño de las plagas y enfermedades (herbicidas, plaguicidas, funguicidas...). El problema surge unas décadas después, cuando se observó que los agroquímicos pueden producir un impacto desfavorable en el ambiente, si se usan desmesuradamente.

Dentro de los impactos negativos de agroquímicos se encuentran:

- La reducción de la biodiversidad de los sistemas de producción, es decir la reducción de especies animales y vegetales que se encuentran en el suelo.
- La generación de especies resistentes a los productos químicos utilizados, lo que implica que se deban

utilizar dosis más altas de producto o la utilización de otras fórmulas.

- La eliminación de otras especies no perjudiciales, e incluso beneficiosas para la producción, como insectos polinizadores.
- La afectación del ecosistema en general, como por ejemplo por el exceso de nutrientes que produce la eutricación del agua favoreciendo el crecimiento de ciertas algas.

En la década del 70 se comienza a trabajar sobre el control biológico, aprovechando y fomentando las relaciones naturales que existen entre especies, como es el caso del control de ciertos insectos por arañas. Asimismo, se intentó fomentar el uso de rotaciones de pasturas con cultivos y posteriormente la siembra directa para mantener las propiedades físicas del suelo reduciendo los laboreos y favoreciendo la persistencia de especies perennes que mejoran la agregación de materia orgánica al suelo por acción de las raíces, así como su fertilidad, por el aporte de nitrógeno por

parte de las leguminosas.

A partir de los años 90 se definió en la Política Agrícola Común (PAC) de la Comunidad Económica Europea, una serie de normas de “buenas prácticas agrícolas” con el fin de disminuir el impacto negativo que puede tener la producción animal en el medio ambiente.

Estas normas incluyen, entre otras, el manejo de efluentes y camas de animales -ya que en algunos países como Bélgica, gran parte del año los animales están en establo debido a las condiciones climáticas-, estableciéndose también normas de épocas y dosis de fertilizaciones químicas. También, se definieron primas a la extensificación, donde los productores que declararan una carga anual promedio inferior a 1,4 Unidades Ganaderas/hectárea serían beneficiarios de un subsidio estatal, límite que refleja las altas dotaciones que presentan algunos sistemas ganaderos europeos.

Hacia el año 2000, la producción animal intensiva en su conjunto fue cuestionada por la opinión pública europea, cuyos detonantes fueron casi simultáneos: crisis de la aftosa, aparición de casos de “enfermedad de la vaca loca” y contaminación con dioxinas en raciones animales.

Los consumidores europeos demandaron mayores garantías en la seguridad alimentaria, hecho que se traduce hoy en día con el establecimiento de la trazabilidad en la cadena de producción cárnica, así como la demanda de una producción de tipo “natural”. Actualmente, el apoyo de la PAC, con primas y subsidios está tendiendo a disminuir y desaparecer, pero presenta un precedente del interés de los Estados europeos en establecer normas de control de la producción en lo que refiere a su impacto ambiental.

En el presente artículo revisaremos algunos aspectos del impacto ambiental de la producción desde el punto de vista del ciclo del nitrógeno, que en grandes rasgos, se puede definir como un elemento fundamental para la producción ganadera ya que

es uno de los limitantes en la formación de músculo y por ende en la producción de carne.

### El ciclo del nitrógeno en sistemas ganaderos en pastoreo

El movimiento del nitrógeno dentro de los sistemas en pastoreo es relativamente complejo, donde se diferencian ciertos “puestos” que interaccionan entre sí, conformando lo que se llama “eje suelo-planta-animal”.

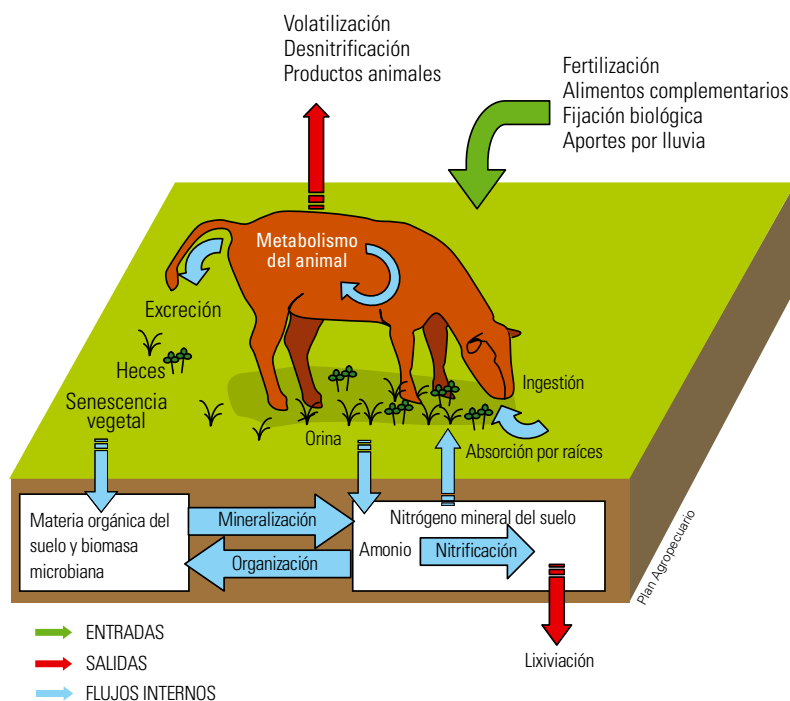
En una descripción sencilla, un puesto es el animal, que consume nitrógeno de los alimentos y excreta parte de él en orina y heces; otro puesto es el suelo, que sirve como reservorio de nitrógeno mineral para la utilización de los vegetales y sirve como medio físico para varias reacciones químicas de transformación del nitrógeno que implica la actividad de los microorganismos del suelo. Un tercer puesto son los vegetales, que aportan nutrientes a los animales e interactúan con el suelo. Dentro de los vegetales componentes de una pastura diferenciamos las de gramíneas y las compuestas de leguminosas, ya que estas últimas tienen la posibilidad de fijar nitrógeno del aire en sus raíces, por acción de bacterias que

**La fijación biológica de nitrógeno en praderas que contengan leguminosas (como trébol, lotus o alfalfa...) es del orden de 30 a 100 kg de nitrógeno por hectárea por año, dependiendo de la proporción de leguminosas que existan en la pradera.**

**Las principales entradas de nitrógeno al sistema corresponden con:**

- 1) La fertilización nitrogenada,
- 2) La fijación biológica por leguminosas y bacterias del suelo,
- 3) Los aportes de nitrógeno por la lluvia
- 4) El nitrógeno que existe en los alimentos, si se complementa con ración.

Figura 1. Ciclo del nitrógeno en sistemas de producción ganadera en pastoreo.



Las Salidas de nitrógeno del sistema corresponden con:

**1) las pérdidas de nitrógeno:**

- a. volatilización, sobre todo en fertilizantes en base a urea, donde se libera a la atmósfera amonio gaseoso.
- b. desnitrificación, donde se elimina a la atmósfera nitrógeno gaseoso y/o nitrato.
- c. lixiviación o lavado de nitrato soluble en agua, que va hacia las corrientes de agua superficiales y aguas profundas.

**2) el nitrógeno retenido en el producto, sea carne o lana, que también sale del sistema en algún momento.**

Se entiende por Balance de Nitrógeno a la diferencia entre las Entradas y las Salidas de nitrógeno. Cuando el Balance de Nitrógeno es positivo ocurre que las Entradas son mayores que las Salidas, cuando el Balance de negativo, sucede lo inverso.

La Eficiencia de Utilización del Nitrógeno es la relación entre las Salidas y las Entradas de nitrógeno. Si las Entradas de nitrógeno son muy superiores a las Salidas se espera que la Eficiencia de Utilización sea baja.

alojan en sus nódulos. También existen bacterias fijadoras de nitrógeno que habitan libres en el suelo.

Al proceso de transformación del nitrógeno del aire en compuestos químicos solubles por intermedio de la acción de bacterias se le denomina "fijación biológica de nitrógeno."

Se definirá un sistema, poniéndole un límite que puede ser una hectárea o un establecimiento entero, por lo que habrá Entradas y Salidas de nitrógeno a dicho sistema, así como Flujos Internos (ver figura 1).

El límite del sistema es arbitrario ya que este sistema formará parte de uno mayor, por ejemplo la localidad, y a su vez de otro mayor... un país, una región, un continente.

El flujo de nitrógeno es global, pero a los efectos prácticos nos interesará definir y delimitar un sistema productivo.

Dentro de las interacciones entre puestos o Flujos Internos, mencionaremos: la ingestión del nitrógeno alimentario (ya sea de la pastura o de la ración); el metabolismo del rumiante que implica movimiento de nitrógeno en órganos del animal, como el rumen, hígado, músculos... y resulta en la formación de proteína animal (carne, lana) y en la excreción de nitrógeno en orina y heces.

Este nitrógeno en heces, junto con el nitrógeno de la senescencia –muerte- vegetal se devuelve al suelo formando parte de su materia orgánica, siendo el nitrógeno en orina principalmente inorgánico.

La acción de los microorganismos del suelo produce un equilibrio dinámico entre el nitrógeno orgánico e inorgánico, con procesos de mineralización, organización y nitrificación en el suelo. Además, todos los procesos son afectados por el clima, principalmente las transformaciones químicas en el suelo y el crecimiento vegetal, afectadas por las lluvias y temperatura.

En rasgos generales, debido a la alta solubilidad del nitrógeno en agua y a que la mayor cantidad de transformaciones químicas son llevadas a cabo por microorganismos, dichas transformaciones se llevarán a cabo con mayor velocidad en condiciones de temperaturas medias a altas y con suficiente humedad en el suelo. Condiciones de seca o muy bajas temperaturas "inmovilizan" el nitrógeno en el suelo y lo hacen menos disponible para el crecimiento vegetal.

**Balance y Eficiencia del uso del nitrógeno en sistemas en pastoreo**

Los sistemas de producción gana-

dera en pasturas son intrínsecamente ineficientes, es decir que existen grandes pérdidas de nitrógeno al ambiente y poco del nitrógeno que entra a los sistemas es retenido en los productos animales.

Estas pérdidas ocurren siempre y son inevitables, por lo que se maneja el concepto de producción óptima en contraste con la producción máxima.

Para sistemas productivos en los que se aplica fertilización nitrogenada, se estima que la eficiencia de utilización del nitrógeno es del orden del 30%, es decir que el 70% restante del nitrógeno que se aplica sale del sistema, se pierde hacia el ambiente.

Este exceso de nitrógeno que se pierde en forma gaseosa aumenta la concentración de gases en la atmósfera lo que provoca el "efecto invernadero". El exceso de formas solubles en agua provoca la contaminación por nitrato (tóxico para humanos) y la eutricación del agua.

Como la fertilización nitrogenada es uno de los ingresos principales de nitrógeno a los sistemas intensivos, la reducción de la fertilización lleva a una reducción de las pérdidas hacia el ambiente y un aumento en su eficiencia de utilización.

### Resultados de una experiencia

En el cuadro N°1 se presentan los protocolos de la experiencia realizada en vacas de cría con ternero al pie de raza Blanco Azul Belga, realizado en la Facultad de Veterinaria de Lieja, Bélgica.

Los diferentes niveles de intensificación corresponden con:

- Un tratamiento "Normal" con niveles de fertilización y dotación habituales para esos sistemas productivos.

- Un tratamiento "Nitrógeno Reducido", con una reducción de un tercio en la fertilización nitrogenada e igual dotación que el tratamiento Normal.

- Un tratamiento "Cero Nitrógeno", sin aplicación de fertilizante químico y con dotación reducida.

Todos los años se pastorearon praderas compuestas principalmente por Raigrás y Trébol Blanco, desde abril a octubre (primavera a otoño en el hemisferio norte), épocas de pastoreo habituales ya que en invierno se congela el suelo y los animales entran a establo.

Las vacas fueron complementadas con silo de maíz, consumiendo en promedio 180 kg/cabeza durante todo el período y los terneros fueron complementados con ración comercial, consumiendo en promedio 20 kg/cabeza también durante todo el período.

El gráfico 1 presenta los resultados obtenidos para la ganancia de peso vivo por hectárea y por cabeza, según los tres niveles de intensificación de los sistemas.

La producción de forraje, expresada como toneladas de materia seca por hectárea es similar entre los sistemas Normal y Nitrógeno Reducido, diferenciándose ambos del tratamiento Cero Nitrógeno (ver cuadro 2).

Los resultados de ganancia de peso vivo indican que en el sistema Cero Nitrógeno, la producción individual presenta mayores valores, mientras que la producción por hectárea es menor, como consecuencia de la menor dotación.

Para los sistemas con aplicación de fertilizante nitrogenado, la produc-



Foto: Plan Agropecuario

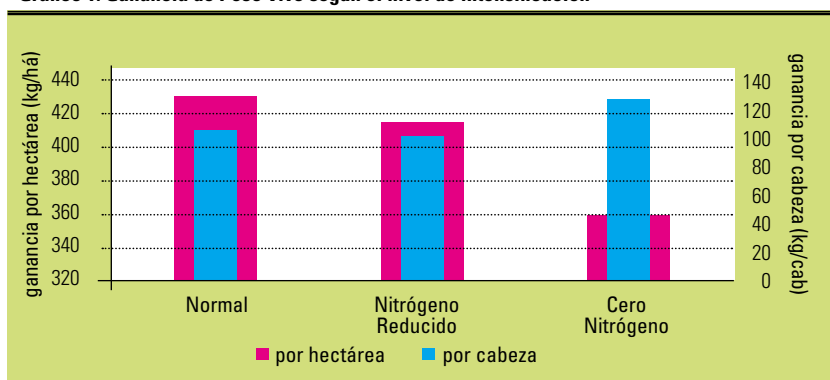
**Cuadro 1**

#### Dotación y dosis de fertilizante nitrogenado según nivel de intensificación

Protocolo del ensayo	Normal	Nitrógeno Reducido	Cero Nitrógeno
Fertilización (kg N/ha/año)*	202	135	0
Dotación Total (UG/há)	4,7	4,7	3,5

\*Nitrato de amonio 27%, fraccionada en 4 aplicaciones

**Gráfico 1. Ganancia de Peso Vivo según el nivel de intensificación**



**Cuadro 2**

Producción de Materia Seca/hectárea según el nivel de intensificación.

	Normal	Nitrógeno Reducido	Cero Nitrógeno
Ton MS/há	11,7	11,4	9,5

**Cuadro 3**

#### Entradas, Salidas y Balance de nitrógeno según nivel de intensificación.

		Normal	Nitrógeno Reducido	Cero Nitrógeno
		kg N/há/año		
ENTRADAS DE NITRÓGENO	Lluvia	10	10	10
	Fertilización	202	135	0
	Fijación Biológica	52	49	53
	Alimento	13	13	13
	Entradas Totales	277	206	76
SALIDA DE NITRÓGENO*		12	14	1
BALANCE		265	192	63

\*Nitrógeno en carne, no se evaluaron pérdidas por volatilización, desnitrificación ni lixiviación

ción individual y por hectárea son similares, sin existir diferencias significativas; ambos sistemas sí se diferencian significativamente del Cero Nitrógeno.

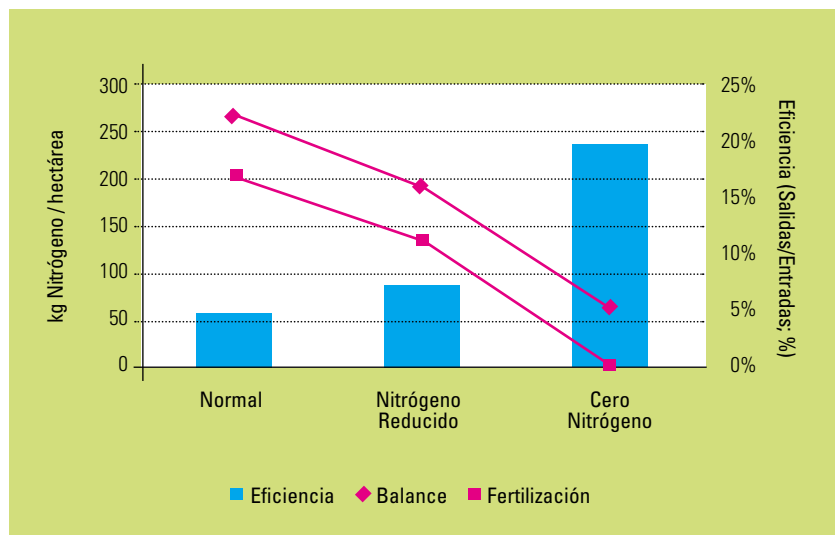
Estos resultados permitirían concluir que se puede realizar una reducción de un tercio de la fertilización nitrogenada, esperando los mismos rendimientos de carne por hectárea.

En el sistema más extensivo, la supresión de la fertilización y reducción de dotación concomitante, redundaría en mayores ganancias de peso individuales, pero menores rendimientos por hectárea.

Desde el punto de vista del Balance de nitrógeno (ver cuadro 3), los resultados obtenidos muestran que la fertilización nitrogenada es una de las mayores entradas de nitrógeno a los sistemas, representando el 73% de dichas entradas para el sistema Normal y 65% para el sistema de Nitrógeno Reducido.

Para el sistema "Cero Nitrógeno" la entrada relativa de nitrógeno por fijación biológica de las leguminosas cobra mayor importancia al no existir fertilización química. Para este sistema la fijación biológica representa 70% de las entradas de nitrógeno, contra 19% y 24% para los sistemas Normal y Nitrógeno Reducido, respectivamente. Los Balances, propiamente dichos, son más favorables para el sistema Cero Nitrógeno, mientras que los sistemas con fertilización química presentarían un exceso de nitrógeno que potencialmente se podría eliminar hacia el sistema en forma lavado (lixiviación) de nitratos, volatilización de amonio o desnitrificación de nitrógeno gaseoso.

**Gráfico 2. Balance de Nitrógeno, Fertilización química y Eficiencia de utilización del nitrógeno según nivel del intensificación.**



### A modo de conclusión...

El gráfico 2 recapitula el aporte por la fertilización química y el Balance de nitrógeno, expresado en kilogramos de nitrógeno/hectárea/año, y la Eficiencia de utilización del nitrógeno, expresada como la relación porcentual entre las salidas de nitrógeno en producto animal y las entradas totales de nitrógeno al sistema.

Los sistemas de producción ganadera en pastoreo directo son relativamente ineficientes en el uso de nitrógeno, considerando la relación entre el nitrógeno que sale del sistema en producto animal (es decir en carne) y el nitrógeno que entra a los sistemas.

Esta ineficiencia es intrínseca, inevitable, pero puede ser reducida en la medida que se reduzca el aporte de

fertilización química a los sistemas.

El exceso de nitrógeno es asimismo proporcional al nivel de fertilización química, y su magnitud representa un riesgo potencial de pérdidas de nitrógeno hacia la atmósfera o a corrientes de agua superficiales y profundas.

Los sistemas analizados en este estudio son ampliamente más intensivos que los sistemas criadores tradicionales de nuestro país.

Considerando las exigencias de los consumidores de productos más "naturales" y el interés general por incentivar sistemas "respetuosos del medioambiente", nuestra producción tendría ciertas ventajas comparativas que pueden ser explotadas a la hora de posicionar nuestra carne en mercados europeos.

### Más información sobre este tema...

Estos resultados forman parte de una investigación de tesis de Doctorado, donde se evaluaron protocolos similares para invernada de novillos y vacas lecheras, publicándose artículos científicos que se podrán ver en las siguientes direcciones de Internet (en idioma francés e inglés):

[http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2000\\_systeme\\_07\\_diegue.pdf](http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2000_systeme_07_diegue.pdf)

<http://www.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2001/04/diegue.pdf>

[http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2001\\_paturage\\_08\\_diegue2001.pdf](http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2001_paturage_08_diegue2001.pdf)

<http://www.afpf-asso.org/file.php?fichier=/documents/articles/articles/165-Diegue.pdf&num=117>

<http://www.afpf-asso.org/main.php?url=/fourrages/articles/liste/acces.php&num=117>

<http://www.edpsciences.org/10.1051/animres:2006007>

<http://www.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2006/02/z204101.pdf?access=ok>