



# NITRATOS EN PRADERAS DE CLIMA FRIO

**Francisco Hernando Orozco P.**  
Profesor Asociado, D. Nacional.

# INTRODUCCION

El problema de acumulación de nitratos en pastos es poco estudiado y tiene diferentes causales tales como: ciertos fenómenos climáticos, edad del pasto, pero sobre todo, las aplicaciones de N que superan la demanda para una síntesis adecuada de proteína. Es mayor el efecto cuando este suministro se hace a partir de abonos orgánicos de origen animal.

Manejar niveles adecuados de  $\text{NO}_3$  es una labor delicada, específicamente por que el proceso de nitrificación que es llevado a cabo por bacterias desde forma amoniacal a nitratos, no es estable y aunque existe una acumulación detectable de estos, en el suelo, se encuentran grandísimas variaciones de contenido debidos a cambios climáticos, así que el riesgo se convierte en un hecho potencial y no actual. Otro inconveniente en el manejo de información al respecto es la falta de niveles críticos confiables, pues los datos varían mucho según las metodologías empleadas. Kralova et al 1978, Alcaraz et al 1975, entre otros, han probado diferentes métodos de determinación y han reportado diferentes inconvenientes.

En suelos que fueron tratados con fuertes dosis de "Porquinaza" se pudo observar efecto de acumulación de nitratos a través del tiempo. En el primer horizonte y según la época de muestreo, se observó una variación grande en contenido tanto en pastos como en suelos tratados.

Los valores alcanzados con el método empleado (reducción en cadmio y determinación colorimétrica en flujo continuo por Kemp and Geurink), en 1978, los cuales analizaron 746 muestras de pastos fertilizados, dan promedios del orden de 6400 ppm más o menos 4100; valores hasta de 15000 ppm, dicen ellos podrían ser tolerables. Los valores encontrados en pasto kikuyo de dos lecherías del Norte de Antioquia con fertilizaciones de 45 kg de N aproximadamente por mes, en forma de "porquinaza" se ajustan a esos valores reportados. Sin embargo por el método del fenol disulfónico, muy empleado en nuestro medio y recomendado por el ICA se encuentran valores de  $\text{NO}_3$  en pasto hasta 25.000 ó más ppm.

Los controles son importantes tanto en pasto como en suelo, podrían y deberían ser practicados por lo menos diez días antes

de pastorear un potrero. Con base en una muy alta correlación encontrada entre el  $\text{NO}_3$  en suelo versus  $\text{NO}_3$  en pasto, se abre la posibilidad de emplear por lo menos un análisis en el suelo ya que es de menor costo y los datos encontrados no presentan una variabilidad tan grande con valores entre 1 y 30 ppm para suelos no fertilizados y valores entre 20 y 50 para fertilizados con porquinaza. Hay circunstancias climáticas en las que los contenidos se disparan muy por encima de 50 ppm y deberían por lo menos alertar al técnico ó ganadero.

## NITRATOS EN EL SUELO

Este ión es de gran solubilidad, debido a ello es susceptible de profundizar y alejarse de la zona radicular, según el tipo de suelo. En otras circunstancias, la carga aportada a las aguas de drenaje son motivo de preocupación.

El ión amonio ( $\text{NH}_4$ ) por el contrario, se considera con mayor posibilidad de retenerse en los coloides y ser sometido a intercambio con la solución del suelo.

Los nitratos ( $\text{NO}_3$ ) llegan al suelo por aporte directo o partir del amonio mediante un proceso llamado nitrificación el cual es llevado a cabo por bacterias especializadas en producir Nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y otras que transforman estos a nitratos ( $\text{NO}_3$ ) (el estado de nitritos es muy fugaz en el suelo). Esta última vía es la más importante y es una fase posterior al proceso de mineralización de la materia orgánica.

Los suelos de zonas lecheras en Antioquia son en su mayoría de carácter humíferos ó andicos y en ambos se detectan aspectos importantes respecto del nitrógeno mineral: hay un mayor movimiento del ión  $\text{NH}_4$  y posibilidad de acumulación de  $\text{NO}_3$ , aunque el proceso de mineralización de la materia orgánica es muy lento según Munevar 1983. De acuerdo con Andreux, 1983, la nitrificación es todavía mas lenta debido a la producción de compuestos nitrosofenoles que complejan los nitritos producidos como fase intermedia del proceso, además de una recombinación y estabilización del ión  $\text{NH}_4$ .

En esas condiciones, aún cuando se aplica urea se ha observado un mínimo contenido de nitratos.

Las causas limitantes de la nitrificación allí no son bien conocidas pero si se sabe que la alofana no es propiamente la responsable pues ocurre igualmente en los suelos humíferos no andosólicos (Andreux, 1983) (Tabla 1).

Se observa en la tabla 1 y figuras 1 y 2 que la aplicación de dosis más fuerte de abonos orgánicos de origen animal favorecen el proceso. Este mismo efecto ha sido observado por Westerman et al 1987 en un ultisol y Fried et al 1985. La razón no se conoce; especulando un poco, se supone la presencia de elementos, sustancias o microorganismos especiales dentro de esos abonos que sean limitantes del proceso en los suelos.

Las figuras 1 y 2 muestran el efecto sobre nitratos acumulado en el tiempo como respuesta a diferentes frecuencias y concentraciones de aplicación de porquinaza en dos suelos diferentes. El primero de carácter humífero y el segundo de carácter andico. En ambos el tratamiento mensual muestra un área mayor que denota el proceso acumulativo, lo mismo que una diferencia significativamente importante del tratamiento mensual sobre el bimensual, trimensual y tes-

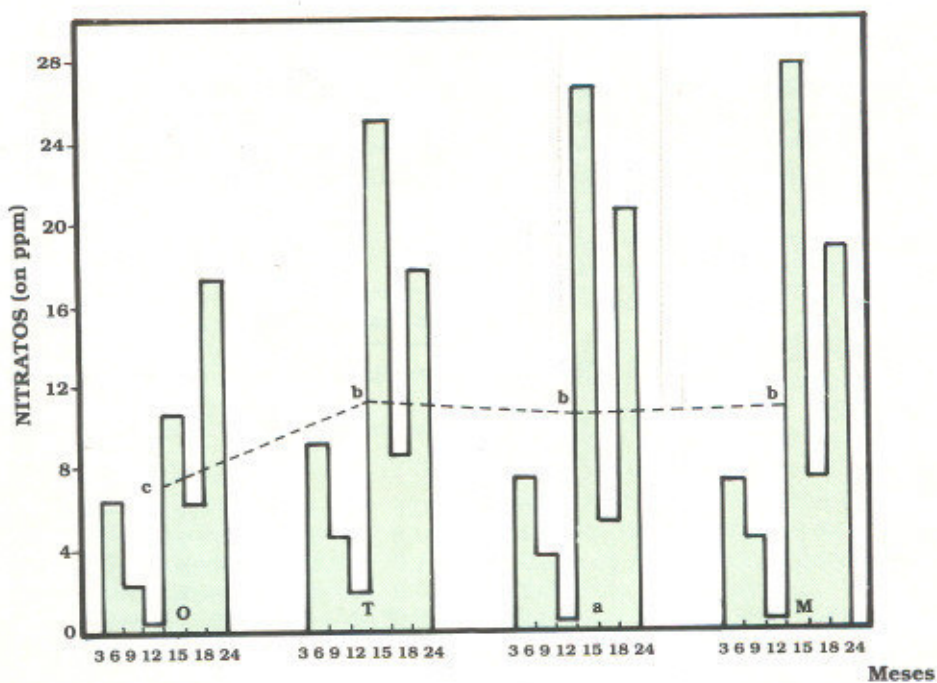
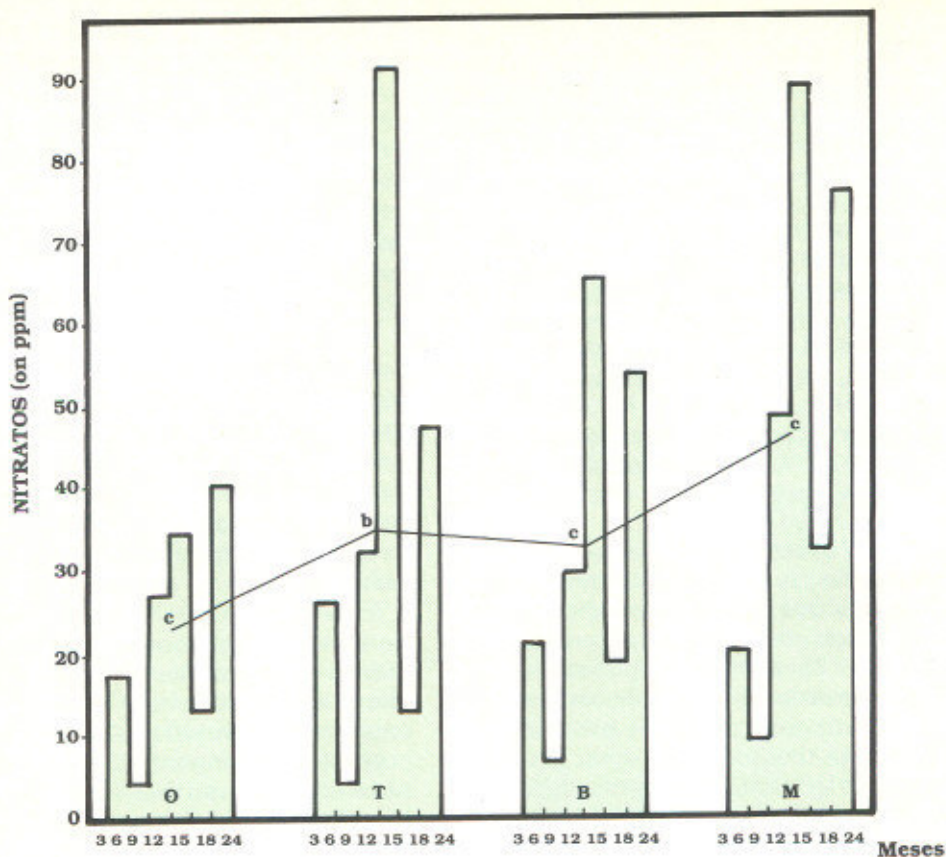
tigo en el primer horizonte, con muy bajo efecto por debajo de 30 cms de profundidad, lo que denota el bajo movimiento del ión a través del perfil. Diferente a lo encontrado con un tratamiento similar en un ultisol por Westerman 1987 quien encontró menor incremento en la concentración, pero un efecto marcado después de dos años a 45 cm de profundidad, lo que indica un mayor movimiento del ión en otros tipos de suelos.

Las barras alcanzaron valores mas altos en los muestreos practicados a los 12, 15 y 24 meses de comenzado el tratamiento. En general estas fechas de muestreo coinciden según las estaciones meteorológicas de Empresas Públicas de Medellín instaladas en la zona a tiempo de muy bajas precipitaciones.

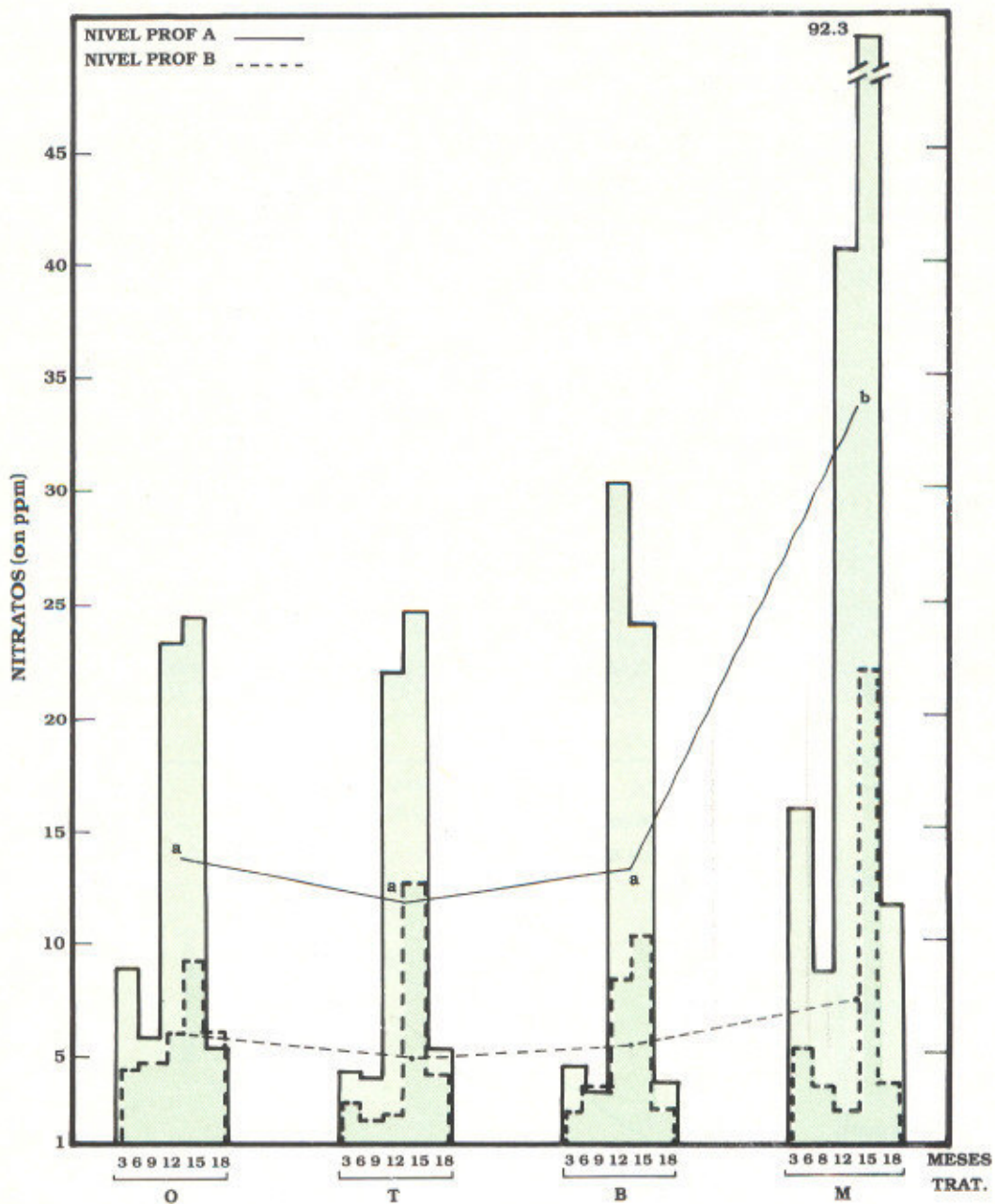
Se observa un aumento de  $\text{NO}_3$  con el aumento del tratamiento en una forma proporcional en ambos sitios, es decir una relación causa-efecto importante.  $R = 0.76$  ( $P 0.001$ ) cuando se comparó el efecto de la porquinaza en el primer horizonte en el suelo uno, con el efecto en el mismo horizonte del suelo 2.

**TABLA 1.** Nitratos en ppm determinados a 30 cms de profundidad en dos suelos, un Humitropept y un Distrandept, como respuesta al efecto acumulado de aplicaciones de porquinaza líquida a razón de 340 kg de N / ha / año para el primero y 540 al segundo. Cada dato es promedio de 3 replicaciones y letras diferentes indican significancia al 99% de probabilidades. (Adaptada de Orozco, 1988).

| Tratamientos             | Fechas de muestreo (tiempo de tratamiento) |                     |                       |                       |                      |                      |                               |
|--------------------------|--|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
|                          | Sep. /85<br>6 meses                        | Nov. /85<br>9 meses | Marzo /86<br>12 meses | Junio /86<br>15 meses | Sep. /86<br>18 meses | Mayo /87<br>24 meses | Promedio<br>de<br>tratamient. |
| <b>HUMITROPEPT</b>       |  |                     |                       |                       |                      |                      |                               |
| Mensual                  | 15.80                                      | 8.6                 | 40.5                  | 92.3                  | 11.30                |                      | 33.78 <sup>a</sup>            |
| Bimensual                | 4.57                                       | 3.4                 | 30.3                  | 24.0                  | 3.70                 |                      | 13.18 <sup>b</sup>            |
| Trimensual               | 3.77                                       | 3.5                 | 21.9                  | 24.7                  | 5.30                 |                      | 11.84 <sup>b</sup>            |
| Testigo                  | 8.83                                       | 5.7                 | 23.3                  | 24.3                  | 5.30                 |                      | 13.51 <sup>b</sup>            |
| Promedio                 | 8.30 <sup>c</sup>                          | 5.3 <sup>c</sup>    | 29.0 <sup>b</sup>     | 41.3 <sup>a</sup>     | 6.50 <sup>c</sup>    |                      |                               |
| <b>DISTROPEPT</b>        |  |                     |                       |                       |                      |                      |                               |
| Mensual                  | 20.20                                      | 9.5                 | 48.3                  | 88.7                  | 32.00                | 82.0                 | 46.77 <sup>a</sup>            |
| Bimensual                | 20.90                                      | 6.7                 | 29.0                  | 65.7                  | 18.30                | 54.7                 | 32.55 <sup>b</sup>            |
| Trimensual               | 23.00                                      | 4.6                 | 32.3                  | 91.0                  | 12.4                 | 47.30                | 35.16 <sup>b</sup>            |
| Testigo                  | 22.30                                      | 4.1                 | 26.7                  | 34.4                  | 10.4                 | 40.70                | 23.12 <sup>c</sup>            |
| Promedio del<br>muestreo | 21.60 <sup>d</sup>                         | 6.2 <sup>c</sup>    | 34.1 <sup>c</sup>     | 70.0 <sup>a</sup>     | 18.30 <sup>d</sup>   | 56.2 <sup>b</sup>    |                               |



**FIGURA 1.** Concentración de N-NO<sub>3</sub> en un Hemitropept por efecto de 4 frecuencias de aplicación de "porquinaza". O: cero, T: trimensual, B: bimensual, M: mensual. Las barras indican el efecto acumulado y la variación en el tiempo y las curvas el efecto de los tratamientos. Arriba se presenta el efecto en la superficie y abajo el efecto en profundidad. Las letras diferentes indican significativas al 95% de probabilidad.



**FIGURA 2.** Concentración de  $N-NO_3$  en un Distrandepit por efecto de cuatro tratamientos con "porquinaza" O: cero T: trimensual, B: bimensual y M: mensual a dos profundidades, las barras indican la acumulación y la variación en el tiempo y las curvas indican el efecto de los cuatro tratamientos (las letras diferentes en la curva señalan diferencia significativa a nivel 95%).

# NITRATOS EN EL PASTO

El pasto kikuyo se ha caracterizado por ser un gran acumulador de nitratos, sin embargo ello va a depender en una gran proporción del contenido del suelo como lo establece la línea de regresión de la Figura 3. También depende del Nt acumulado por el pasto, así, a medida que este aumenta, aumenta la concentración de  $\text{NO}_3$  (Figura 4) y también de la madurez como lo reportaron en varias especies (Murphy and Smith, 1967).

Orozco, 1983, con base en estudios de Stewart y Mathers, establece que a medida que aumentan los rendimientos de N, se incrementan los nitratos en el tejido y que el máximo con el menor riesgo se logra al 90% de rendimiento; a partir de allí, por una unidad de incremento en la producción, el aumento de  $\text{NO}_3$  es demasiado grande.

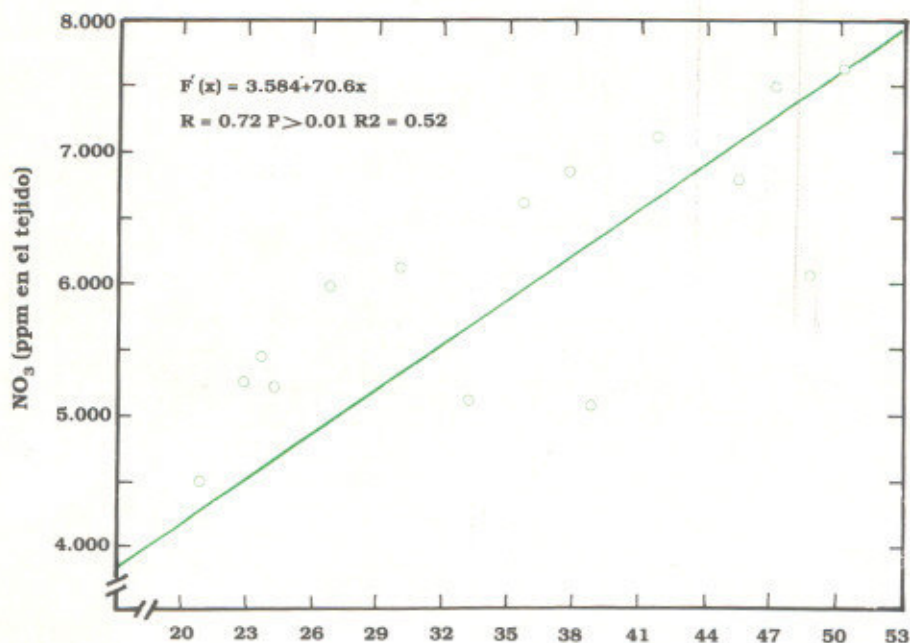
Con aplicaciones mensuales de aproximadamente 45 kg de N / ha, dado como porquinaza líquida, se observa tanto para un suelo húmifero, como un distrandept, que con el

acumulado de dos años se alcanzan valores de Nt en el pasto, que no llegan a maximizar los rendimientos y que con muy rara excepción no superan 0.7%  $\text{NO}_3$  en la materia seca (Tabla 2).

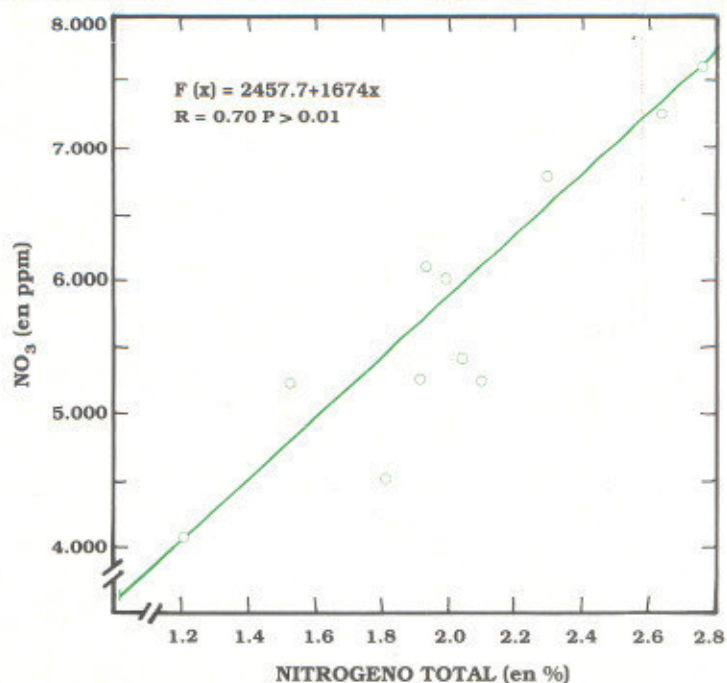
Basados en Kemp and Geurink, 1978 y otros los valores de la Tabla 2 no representan alto riesgo (el valor estimado por estos como riesgoso es de 1.5%). Burns et al, 1987 encontraron datos de  $\text{NO}_3$  en una mezcla de pastos subtropicales, como respuesta a los tratamientos que se especifican en la misma Tabla 3, que fluctúan mucho de año en año, similar a lo que sucedió con los valores de cada tres meses (Tabla 2).

La metodología empleada por estos investigadores consistió en una reducción de los  $\text{NO}_3$  mediante una suspensión bacterial de nódulos de soja (*Glycine max L. Merr.*) y evaluación colorimétrica, como lo proponían Lowe and Hamilton, 1967.

Estos valores comparativamente, con los de la Tabla 2 son muy bajos, aún tomando los tratamientos mas intensos; sin embargo son considerados por los autores como de alto riesgo. Garner 1958, citado por Murphy and Smith 1967, sostiene que concentraciones de 700 ppm en pastos son de cuidado para



**FIGURA 3.** Relación de  $\text{NO}_3$  en el suelo y  $\text{NO}_3$  en pasto KIKUYO *Pennisetum clandestinum* (Hoechst) creciendo en un distrandept.



**FIGURA 4.** Incrementos en el contenido de  $\text{NO}_3$  en función de aumentos en Nt como respuesta del pasto KIKUYO *Pennisetum clandestinum* (Hoechst) a diferentes dosis de "Porquinaza" en un distrandep.

rumiantes. Ellos encontraron que la concentración de nitratos dependía de la variedad del pasto, y su madurez. Pero fundamentalmente, de la fertilización nitrogenada (N mineral), y por el método del fenol disulfónico, eliminando interferencias, hallaron valores hasta de 9000 ppm desde 0 para pastos no fertilizados.

El incremento del  $\text{NO}_3$  en los pastos según los trabajos de Murphy and Smith 1967, Kemp and Geurink 1978, Burns et al 1987, Sommerfeld and Chang 1987 y Orozco 1988, correlacionan estrechamente con el nitrógeno suministrado al suelo independientemente de si es orgánico o mineral, con una tendencia a ser mayor cuando el origen es orgánico.

**TABLA 2.** Contenido de nitratos (ppm) en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) por efecto de aplicaciones de nitrógeno como "porquinaza líquida" en dos suelos. (Cada dato corresponde al promedio de tres replicaciones).

| Tratamientos       |   | Fecha de muestreo (tiempo de tratamiento) |                        |                         |                        |                     |
|--------------------|---|---|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
|                    | Suelo y frecuencia de aplicación<br>N kg / ha / año | Marzo / 86<br>12 meses                    | Junio / 86<br>15 meses | Sepbre. /86<br>18 meses | Dcbre. /86<br>21 meses | Promedio<br>tratam. |
| Suelo HUMITROPEPT  |   |   |                        |                         |                        |                     |
| Mensual            | 340   | 4800                                      | 5000                   | 5400                    | 5200                   | 5100                |
| Bimensual          | 170   | 3600                                      | 4200                   | 5000                    | 5000                   | 4450                |
| Trimensual         | 85  | 5000                                      | 5600                   | 5600                    | 4800                   | 5250                |
| Testigo            | 0   | 2200                                      | 5400                   | 5400                    | 7000                   | 5000                |
| Promedio muestreos |   | 3900                                      | 5050                   | 5350                    | 5500                   |                     |
| Suelo DISTROPEPT   |   |   |                        |                         |                        |                     |
| Mensual            | 560   | 5000                                      | 7600                   | 6800                    | 8600                   | 7000                |
| Bimensual          | 280   | 5400                                      | 6200                   | 6400                    | 5800                   | 5950                |
| Trimensual         | 140   | 4600                                      | 6400                   | 6400                    | 6600                   | 6000                |
| Testigo            | 0   | 4800                                      | 5400                   | 4400                    | 5600                   | 5050                |
| Promedio muestreos |   | 4950                                      | 6400                   | 6000                    | 6650                   |                     |

**TABLA 3.** Concentración de nitratos en una mezcla de pastos subtropicales como repuesta a un tratamiento acumulado de N mineral y porquinaza (ppm). (Adaptada de Kemp and Geurink 1978).

| Tratamiento<br>N kg / ha / año | Forma                    | Año  |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------------|------|------|------|------|
|                                |                          | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 |
| 201                            | $\text{NH}_4\text{NO}_3$ | 370  | 1280 | 784  | 230  |
| 540                            | Porquinaza seminol.      | 470  | 860  | 3320 | 2680 |
| 600                            | Porquinaza efluen.       | 1250 | 1470 | 2150 | 1310 |
| 1200                           | Porquinaza efluen.       | 2040 | 2600 | 2820 | 3410 |





## NITRATOS EN AGUA

Probablemente mas riesgosa que el consumo de pasto abonado con dosis de 45 kg N / ha en porquinaza aplicada mensualmente, propuesta por el autor, sea la concentración de  $\text{NO}_3$  en las aguas que beben los animales a voluntad, debido al aporte tan grande del ión que pueden recibir las fuentes por aguas de escorrentía y de drenaje proveniente de granjas con vocación de uso similar, localizados cauce arriba.

De acuerdo con el departamento Nacional de Salud y Bienestar de los EE.UU., citado por Orozco 1983, se establece como límite de 10 ppm de N- $\text{NO}_3$  el máximo de concentración permisible en el agua para consumo animal o lo que es lo mismo 45 ppm de  $\text{NO}_3$ .

Los suelos afectan distintamente el aporte de  $\text{NO}_3$  a las aguas según sea su capacidad

de acumular. Por ejemplo, Westerman 1987 con ratas de aplicación de N desde 325 hasta 4400 kg por ha / año, encontró importantes aportes de  $\text{NO}_3$  a las aguas circundantes, en todas las dosis cuando se aplicaron a un typic Quartzipsament (suelo arenoso rico en cuarzo). Mientras que con aplicaciones de 335 kg N / ha / año durante 4 años no encontró efecto sobre las aguas, cuando se aplicaron en un ultisol (suelo arcilloso).

Varios autores recomiendan que las dosis no excedan de 430 kg / N / año para prevenir contaminación de las aguas.

En la mayoría de suelos dedicados a lecherías en zonas frías de Antioquia el movimiento de nitratos en profundidad al igual que los fenómenos de erosión, no son (con excepciones) grandes, sin embargo la concentración de granjas que usan abonos orgánicos es tan alta que sólo un estudio muy

detalla lo de las aguas permitirá establecer el impacto contaminante de los nitratos.

## NITRATOS EN LOS RUMIANTES

Los rumiantes poseen una flora bacteriana que incluye bacterias nitrato-reductoras, lo que les permite usar alguna cantidad de nitratos en el alimento mediante la transformación de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$  proteína, proceso totalmente inverso al ocurrido en el suelo. Mientras que en el suelo la etapa intermedia de nitritos ( $\text{NO}_2$ ) es muy fugaz pues raramente este se acumula como tal, en los rumiantes si se puede acumular cuando grandes cantidades de  $\text{NO}_2$  (nitritos) son producidos y no asimilados rápidamente pues estos reemplazan el oxígeno de la hemoglobina produciendo el compuesto metahemoglobina.

Kemp and Geurink 1978, sostiene sin embargo, que mientras no se supere el 50% de hemoglobina como metahemoglobina no aparecen los síntomas de intoxicación que son: decoloración de la piel y membranas mucosas, temblores musculares, pulso y respiración acelerados, algunas veces ceguera. Los altos contenidos de metahemoglobina pueden aparecer en la sangre después de 3 a 5 horas del animal haber terminado de comer, pero la eliminación es mas lenta, lo que permite que el efecto se acumule si no se cambia de dieta.

## CONSIDERACIONES GENERALES

1. Los valores de nitratos cambian mucho según la época de muestreo tanto en suelos como tejidos y por ello se requiere de un control permanente.
2. Alta correlación del contenido de nitratos en el suelo con nitratos en el pasto permite la opción del análisis del suelo en forma sencilla y mas económica (3 a 4 veces menor costo).

3. Existe una correlación entre el Nt acumulado por el pasto y el contenido de  $\text{NO}_3$ , independiente de si la fertilización se hace con N mineral u orgánico, aunque hay evidencias que indican que en la mayoría de suelos dedicados en Antioquia a lechería, se favorece el proceso de nitrificación con aplicaciones de "porquinaza".
4. Aplicaciones de porquinaza de 45 kg de N / ha mensual, durante dos años aumentó el contenido de Nt a valores máximos de 2.8% en el pasto de lo cual sólo el 0.7% aproximadamente es de nitratos lo que es todavía muy tolerable según varios autores.
5. El riesgo por nitratos es mas potencial que actual, y se presentan los mayores valores en tiempos mas secos lo que invita a poner cuidado sobre todo en esas épocas.
6. Existe un vacío en metodologías de determinación de nitratos y de límites críticos en contenido lo que obliga a un conocimiento muy preciso de la metodología usada para una correcta interpretación de los valores.
7. El peligro por intoxicación de nitratos puede ser mas alto por el agua que beben los animales que por el mismo pasto, ya que la actividad porcícola se concentra muchas veces sobre una misma cuenca. Urge un estudio de contaminación de aguas por nitratos en zonas de alta incidencia de la actividad.

---

### AGRADECIMIENTOS:

Por su magnífica colaboración en el trabajo reportado en este escrito:

A COLANTA por su apoyo financiero.

A ARTURO PARIS, HERNAN RODRIGUEZ, al doctor HERNAN GOMEZ L. y a JORGE I. HERNANDEZ, por prestar algunos datos de su trabajo de tesis.

## BIBLIOGRAFIA

1. ALCARAZ C. LOPEZ ANDREW F.J y BENET E. 1975. Extracción y determinación de nitrato en hojas de citrus. *Anales de Edafología y Agrobiología*. 1049-1058.
2. ANDREUX, F. 1983. Evolución de materia orgánica en Andosoles. *Suelos Ecuatorianos XIII - 1*, 36-57.
3. BURNS, J.C. WESTERMAN P.W., KING, L.D., OVERCASH M.R. and CUMMINGS G.A. 1987. Swine manure and lagoon effluent applied to a temperate forage mixture. I. persistence, yield, quality and elemental removal. *J. J. Environ. Qual.* V. 16 No. 2, 99:105.
4. FRED A.N. and DUKE H.R. 1985. Soil profiles: nitrogen conversion and salt mobility. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 49, 658-663.
5. KEMP A. and GEURINK J.H. 1978. Grassland farming and minerals in cattle. *Neth. J. Agric. Sci.* 26: 161-169.
6. KRALOVA et al. 1978. Evaluation of methods for determining nitrates and nitrites in soil extracts. *Scientia Agricultura Bohemoslovaca* 10 (XXVII) No. 3. 155-159.
7. MUNEVAR F. and WOLLUM A.G. 1983. Factores físicos, químicos y biológicos que influyen en la mineralización de materia orgánica en andosoles.
8. MURPHY L. S. and SMITH G.E. 1967. Nitrate accumulations in forage crops. *Agronomy J.V.* 59. 171-174.
9. OROZCO, P.F.H. 1983. Uso de la "porquinaza" como materia orgánica para los suelos: Bondades y riesgos. II Curso Internacional de Porcicultura (memorias).
10. 1988. Efecto de las heces del cerdo "porquinaza" sobre la materia orgánica el N y elementos tóxicos y en diferentes suelos y pastos (*Penisetum clandestinum* Hoechst).
11. SOMMERFELDT T.G. and CHANG C. 1987. Soil-water properties as affected by Twelve annual applications of cattle feedlot Manure. *Soil Sc. Am. J.* Vol. 51. 7-9.
12. WESTERMAN P.W, KING L.D., BURNS J.C. CUMMINGS G.A. and OVERCASH. M.R. 1987. Swine manure and lagoon effluent applied to a temperate forage mixture. II. Rainfall runoff and soil chemical properties. *J. Environ. Qual.* Vol. 16 No. 2: 106-112.

