

**LA NACIÓN QUE  
DESTRUYE SUS SUELOS,  
SE DESTRUYE A SÍ  
MISMA**



**Ing. Erick Molieri Fonseca**  
Especialidades Agrícolas  
(ESAGRI)  
Tel.: 8518787  
Email edmolieri@yahoo.es

## EL AGOTAMIENTO DE NUESTROS RECUERSOS EDÁFICOS

- \* FERTILIZANTES NITROGENADOS
- \* PRINCIPIOS Y PRÁCTICAS DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

**E**l Nitrógeno es el nutriente que más demandan las plantas, porque contiene en la materia seca de sus hojas un 1,5% y en el suelo siempre es deficitario. La agricultura nicaragüense enfrenta el grave problema de la degradación de sus suelos debido a la erosión y el agotamiento de los nutrientes por la falta de restitución al no incorporar los residuos de los cultivos.

Algunos problemas recientes, como el cambio climático que, con su efecto más inmediato, el incremento de la temperatura, incidirá notablemente en la fisiología de las plantas, al aumentar la demanda de las agua y la respiración.

Acontecimientos recientes como la abrupta subida de precios del petróleo, la necesidad de disponer de fuentes energéticas alternas más limpias y la obligación de reducir las emisiones de

carbono, han provocado el auge súbito de biocarburantes como el etanol y el biodiesel, que han suscitado una espiral inflacionaria en los precios de los fertilizantes nitrogenados como la urea.

### 1. PRINCIPIOS

#### 1.1 Sistema suelo- planta - clima

El suelo sirve de apoyo físico para el sistema radicular y es el medio de donde las raíces retiran los elementos nutritivos que necesitan. El suelo y la planta constituyen un sistema continuo abierto, es decir, un sistema en el cual los nutrientes son extraídos de un extremo (suelo) y se acumulan en otro (la planta).

En las condiciones de cultivos anuales y perennes, extensivos e intensivos, a pesar de las pérdidas de nutrientes por exportación (parte cosechada), erosión, lavado, volatilización (amoníaco,  $NH_3$ ), la fertilidad del suelo puede ser mantenida por medio de los siguientes procesos:

- Fijación biológica del nitrógeno
- Liberación de nutrientes de las reservas del suelo
- Deposición del aire (lluvias y tormentas)
- Fertilizantes y correctivos de sue-

- lo
- Incorporación de residuos de los cultivos
- Aplicación de abonos orgánicos.

Los fertilizantes y las enmiendas correctivas, complementan la oferta natural del suelo, de acuerdo a las exigencias del cultivo (que varían en cada etapa de desarrollo), con el objeto de obtener mejores rendimientos.

Las bases técnicas de la fertilización nitrogenada deben ser establecidas tomando en cuenta:

- La extracción del cultivo por unidad de rendimiento
  - Condiciones del clima
  - Las transformaciones del N en el suelo
  - Las reservas del suelo
- El sistema suelo-planta-clima no está en equilibrio, en general presenta pérdidas constantes.

#### 1.2 Necesidades de los cultivos

Las exigencias de N en los cultivos, está relacionada con la velocidad de crecimiento, con el nivel de rendimiento, con los factores del ambiente (luz, temperatura, agua).

El cultivo que mayor demanda tiene de N, es el frijol, que consume 2.5 veces



**Tabla 1: extracción y exportación de N de algunos cultivos (lb/qq)**

Cultivo	Total	Cosecha	Residuos	% Cosecha	% Residuos
Frijol	6.8	3.6	3.2	53	47
Sorgo	3.0	1.8	1.2	60	40
Maíz	2.5	1.5	1.0	60	40
Arroz	2.1	1.3	0.8	62	38
Caña	3.9	2.2	1.7	55	45
Maní	6.9	4.4	2.5	64	36

lb/ton

más de N que el sorgo, maíz y arroz, cuyos consumos promedios fluctúan entre 2-3 lb de N/qq. Por suerte el frijol se autoabastece de N, por ser una leguminosa y fija el N del aire; no requiere fertilizantes nitrogenados aplicados al suelo, solo aplicación foliar de un estimulante energético y una Mo-enzima, para aumentar la nodulación.

El N es requerido por todos los granos básicos, en más de 25% que el potasio K, excepto arroz igual cantidad de N y K.

Los cultivos extraen del suelo el 60% del N en la parte cosechada y un 40% queda en los residuos, que al incorporarlos se restituyen al suelo. No así el potasio, que se restituye de un 60% a 80% de lo extraído del suelo, al incorporar los residuos.

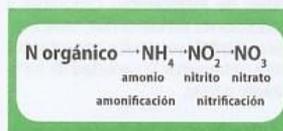
En relación a las hortalizas, éstas extraen en la parte cosechada alrededor del 60% del N consumido.

### 1.3- Contenido de N en el suelo

Está presente casi exclusivamente en combinación con la materia orgánica y con los minerales de arcilla en la fase sólida; por lo tanto, una fracción, en general menos del 0.1% del total, se encuentra de forma aprovechable para las plantas: nitrato y amonio intercambiable o en solución.

Solo un 5% del total de la materia orgánica es nitrógeno orgánico que se mineraliza a un ritmo de 2% anual. Las transformaciones del nitrógeno orgánico en formas minerales disponibles, se da en dos etapas, gracias ala intervención de microorganismos:

Esta primera etapa se conoce como amonificación. El ión amonio



puede ser absorbido por las raíces, o bien es retenido por la materia orgánica y arcilla o puede ser lavado con las lluvias fuertes. En la segunda etapa (nitrificación), el amonio se oxida y pasa a formar nitrito por actividad de la bacteria *nitrosomonas*. En la última etapa, el paso del nitrito a nitrato es por oxidación y la bacteria responsable es *nitrobacter*.

Ambas bacterias son aeróbicas (necesitan oxígeno) y por lo tanto exigen suelos aireados y bien drenados. En los suelos tropicales, el N siempre es una limitante, e invariablemente es deficitario, por lo que debe suplirse con fertilizantes minerales y orgánicos.

La preparación del suelo, la quema, la exposición directa del suelo al sol, los monocultivos y el uso irracional de agroquímicos matan la vida del suelo.

### 1.4- Contacto ión - raíz

El primer paso en el proceso de absorción del ión nitrato, presente en la solución del suelo, es el contacto con la raíz. El agua del suelo es una solución diluida conteniendo en concentraciones variables los nutrientes en formas iónicas. El ión se mueve en el agua de una zona de alta concentración (solución del

suelo) hacia una zona de baja concentración (superficie de la raíz). Se dice entonces que el ión alcanza la raíz por flujo de masa. Otro mecanismo que utiliza el N, es la intercepción directa de la raíz durante su crecimiento en el perfil del suelo.

Podemos concluir, que para una mayor eficiencia de los fertilizantes

**Tabla 2: Cantidad aproximada en libras absorbida de NPK**

Elemento	Lbs necesarias para 100 qq	Intercepción	Flujo masa	Difusión
N	374	4.4	369.6	0
P	77	2.2	4.4	72.6
K	385	8.8	77	299.2

nitrogenados, es fundamental una humedad adecuada, un suelo bien aireado y un sistema radicular bien desarrollado. Mayor eficiencia significa menor cantidad de fertilizantes a aplicar.

### 1.5 La raíz

La absorción de nutrientes es influenciada por la extensión, distribución y capacidad de las para hacerlo. El conocimiento del volumen de suelo ocupado por las raíces absorbentes, es un dato que se debe tener en cuenta cuando se piensa en el lugar en que se debe colocar el fertilizante, para garantizar un mayor aprovechamiento, lo que vale decir, aumentar la eficiencia de la fertilización. Veamos la distribución de las raíces de tres cultivos.

### 1.6 Absorción

Una vez efectuado el contacto del N con la raíz por flujo de masa principalmente, el ión está en condiciones de ser absorbido por la raíz. El ión nitrato y amonio, atraviesan la pared celular y llegan hasta la superficie externa de la membrana citoplasmática. Es un proceso reversible, se da a favor de un gradiente de concentración y no exige energía metabólica.

En la membrana citoplasmática se combinan con un transportador que los lleva



**Tabla 3: Distribución de raíces en %**

CULTIVO	% TOTAL,	PROFUNDIDAD
Café	50 %	en los 20cm superficiales
	65-95%	en los 30cm superficiales
Caña de azúcar	60 %	en los 30cm superficiales
	75%	en los 50cm superficiales
Soya	60-70%	en los 10cm superficiales

hasta la vacuola, donde se disocian, quedando libres. Este proceso es irreversible y requiere energía metabólica (ATP), que proviene de la fotosíntesis.

El nitrato (NO<sub>3</sub>) y el amonio (NH<sub>4</sub>), son los iones más rápidamente absorbidos por las raíces. Cuando una célula está en presencia de una sal, es normal que absorba uno de los iones más rápido que el otro. Aquí ocurre un cambio en el pH del suelo.

Cuando se aplica sulfato de amonio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, el ión NH<sub>4</sub> es absorbido más rápido que el SO<sub>4</sub> y el pH baja; la carga compensa la absorción preferencial del amonio, liberando el ión H<sup>+</sup>, que acidifica el suelo; esto permite mantener el equilibrio electrostático en el interior de la célula. Cuando se aplica urea, las raíces absorben NO<sub>3</sub> y liberan el anión HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, que sube el pH del suelo.

**2 USO DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS**

El fertilizante complementa lo que el suelo aporta, a fin de obtener los rendimientos esperados, satisfaciendo la demanda del cultivo.

Las plantas pueden asimilar nutrientes solo por las raíces, en forma de compuestos solubles en agua, pero también pueden asimilar algunos nutrientes a través de las hojas (método usual para corregir deficiencias de micronutrientes). Las plantas absorben iones, no fertilizantes.

**1.1 Cantidad**

Las necesidades (exportación) de nutrientes de los cultivos, el contenido de N en el suelo, determinado por análisis de suelo, la eficiencia

(pérdidas) del N, los residuos de cultivos anteriores incorporados, la aplicación de abono orgánico, así como las características físicas del suelo (PH, densidad, profundidad), químicas (materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico) y condiciones de clima (luz, temperatura, viento), son todos importantes para determinar la cantidad de fertilizante a usar.

Al aplicar un fertilizante nitrogenado, apenas de un 30 a 50 % del N aplicado es recuperado por la planta, el resto se pierde por lavado en forma de nitrato o por que los microorganismos lo transforman en nitrógeno gaseoso que se volatiliza y sale del suelo en forma de N<sub>2</sub> atmosférico (desnitrificación). Por eso la importancia de fraccionar la aplicación según las fases de crecimiento de cada cultivo.

**1.2 época de aplicación**

Las necesidades de N de las plantas varían según la etapa de desarrollo del cultivo y depende del volumen de rendimiento y factores climáticos y de suelo. La demanda varía por cultivo y variedades.

Analizando este cuadro, nota-

mos la gran diferencia en la absorción del N por cultivo y variedad, esto es una razón más que justifica el fraccionamiento de las aplicaciones y nos indica la necesidad de investigar este tópico en nuestras condiciones y con nuestras variedades, si realmente queremos aumentar significativamente la eficiencia de nuestra agricultura.

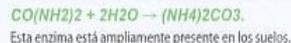
**1.3 Transformación en el suelo**

Todas las fuentes de N son intrínsecamente equivalentes. Todas entran al ciclo del N del suelo y son convertidas en nitratos en corto tiempo (1 a 2 semanas), es más rápida en suelos tropicales (cálidos) y más lenta en suelos ácidos. Las pérdidas que sufren los fertilizantes nitrogenados, originan las diferencias entre ellos.

**UREA: CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>**

Tiene el menor costo por unidad de N, su fabricación utiliza menos energía y es de manejo más sencillo. Es un compuesto orgánico que no causa irritación al trabajador. Se puede utilizar en aplicaciones foliares.

El principal problema económico de la urea es la pérdida de N una vez aplicada al suelo, por su higroscopicidad los gránulos tienden a disolverse rápidamente. Luego en 1 o 2 días, la enzima ureasa hidroliza la urea, convirtiéndola en carbonato de amonio.



**Tabla 4: Porcentaje de absorción de N en diferentes momentos**

Cultivo	variedad	40	60	75	88	105		
Papa	Atzimba	6	51	6	37			
	Idiap	9	17	22	2	51		
Cultivo	Variedad	10	20	30	40	50	70	110
Arroz	Fedearroz	50	6		12	17	22	44
	4338	23	14	12	38	12		
Cultivo	Variedad	15	30	45	60			
Frijol	Brunca	7	12	26	55			
	Bribri	2	6	70	23			



El carbonato de amonio tiene un  $PH > 9$  y se descompone en amoniaco y dióxido de carbono, ambos son gases. Las pérdidas de N de la urea son variables, pueden alcanzar hasta el 60 % del N aplicado. Aplicada en banda, la formación de amoniaco mantiene un PH de 8 - 9 durante 1 a 2 semanas, afectando la nitrificación (paso de amonio a nitrato) y causa la acumulación de un producto intermedio: nitrito, que puede causar daño a las semillas y plántulas.

Otro problema de la urea para las aplicaciones foliares es la formación de *biuret*, que es una sustancia tóxica para muchas especies de plantas y se permite un máximo de 0.3 %, y para aplicaciones al suelo un máximo de 1.5 %. En hortalizas, por ejemplo, usar urea a concentraciones no mayores de 0.5 - 0.75 %.

**NITRATO DE AMONIO: NH4NO**

Mediante golpes o calor puede explotar. Es el más higroscópico de los fertilizantes nitrogenados y se puede aplicar sobre la superficie del suelo.

La única circunstancia en que se mostrará inferior a la urea, es cuando llueve (mas de 25 mm) durante la primera semana después de la aplicación. La mitad del N viene en forma de nitrato, será lavado por debajo de la zona radicular en suelos francos o se perderá en forma de N gaseoso (desnitrificación) en los suelos pesados.

Para la práctica usual del pequeño agricultor de aplicar sobre el suelo, la mejor elección es usar nitrato de amonio, a menos que exista la certeza de lluvia inmediata.

**SULFATO DE AMONIO: (NH4)2SO**

Transformación en el suelo:  
 $(NH_4)_2SO_4 + O_2 \rightarrow 2NO_3 + 2H_2O + 4H^+ + SO_4$

El sulfato de amonio es el que más acidifica el suelo, por eso su índice de acidez es el más alto. Para mantener el PH del suelo, por cada kg de N aportado como sulfato de amonio, se necesita aplicar 7 kg de

carbonato de calcio comercial.

El tiempo que tarda el amonio en pasar a nitrato (forma iónica que absorben las raíces) es de aproximadamente una semana para el 70 % y tres semanas para el 100 %. Una nitrificación muy rápida puede causar la pérdida del N por lavado. De ahí que actualmente se usen en países más desarrollados, inhibidores de la nitrificación, que la retardan y prolongan la disponibilidad del N en el ciclo del cultivo, aumentando la eficiencia del fertilizante.

**Menor pérdida del N por volatilización, no supera el 15 %,**

El alto índice de acidez, es una ventaja en suelos alcalinos porque aumenta la disponibilidad del fósforo y de algunos micronutrientes. El amonio es un catión con un alto poder desplazante y el uso continuo en estos suelos contribuye al desplazamiento y neutralización del exceso de sodio.

**3 CÁLCULO DE LA FÓRMULA DE FERTILIZANTES**

Las fórmulas para el cálculo toman en cuenta la profundidad efectiva del sistema radicular, la densidad aparente del suelo, los índices de elementos extraídos por el cultivo, la eficiencia del fertilizante y la conversión de elementos puros a sus formas oxidadas presentes en los fertilizantes.

Para calcular la cantidad de nutrientes se debe restar lo que contiene el suelo de la cantidad que extrae el cultivo para un rendimiento determinado y se divide entre la eficiencia del nutriente.



Requerimientos de N =  $\frac{\text{requerimiento del cultivo} - \text{contenido en el suelo}}{\text{Eficiencia del nutriente \%}}$

**Ejemplo:**

La fertilización tradicional del maíz en Nicaragua es:

2 qq Urea =  $46 \times 2 = 92$  lb de N  
 2 qq 10-30-10 =  $10 \times 2 = 20$  lb de N  
**Total = 112 lb N**

Eficiencia de Urea 50% =  $112 \times 50\% = 56$   
 Requerimiento N x qq grano = 2 lb;  $56 / 2 = 28$  qq de maíz.  
 Costo = precio Urea \$ 21 x 2 = \$ 42

Si usamos otro fertilizante nitrogenado como el **nitrato de amonio-NA** (34-0-0), que tiene una mayor eficiencia (70%), el costo es el siguiente:

2 qq NA (34-0-0) =  $34 \times 2 = 68$  lb  
 Eficiencia de NA 70% =  $68 \times 70\% = 47.6$  lb  
 2 qq 10-30-10 =  $10 \times 2 = 20$  lb N.  
 Eficiencia 50% =  $20 \times 50\% = 10$  lb  
**Total N = 47.6 + 10 = 57.6 lb N**  
 Requerimiento N x qq grano = 2 lb;  $57.6 / 2 = 28.8$  qq de maíz.  
 Costo = precio NA \$ 15.5 x 2 = \$ 31.0

Si comparamos, nos damos cuenta de que es más barato producir con NA que con Urea. Con un ahorro de \$11 dólares producimos los mismos 28 qq de maíz, sin tomar en cuenta lo que contiene el suelo de nitrógeno en la materia orgánica. Si sembramos en un suelo que contiene 2% de materia orgánica, una densidad de 1,15 gr/cc y preparamos una cama de siembra de 25 cm de profundidad, el aporte del suelo en nitrógeno es de 29 lb; si lo dividimos entre el requerimiento del maíz de nitrógeno por cada quintal de grano, que es de 2 libras, tenemos que el suelo aporta para producir 14,5 qq. La producción total de grano es de 42 quintales, sin embargo, el rendimiento promedio nacional es de 22 qq. El resto se pierde por baja densidad del cultivo, cantidad de lluvia, plagas, enfermedades, malezas, momento de aplicación y colocación del fertilizante.

