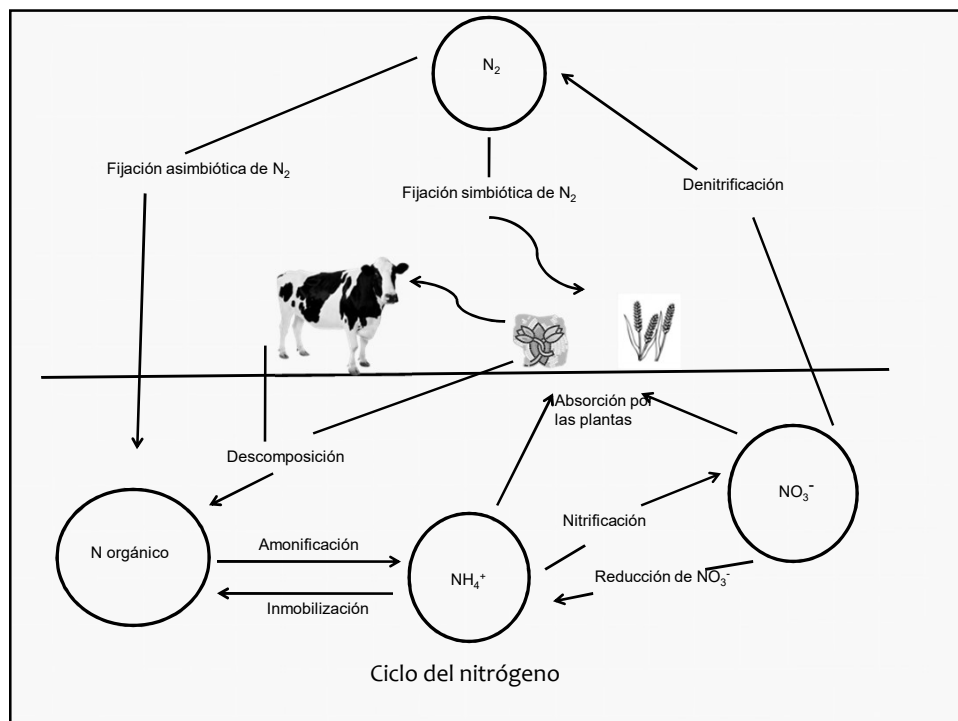


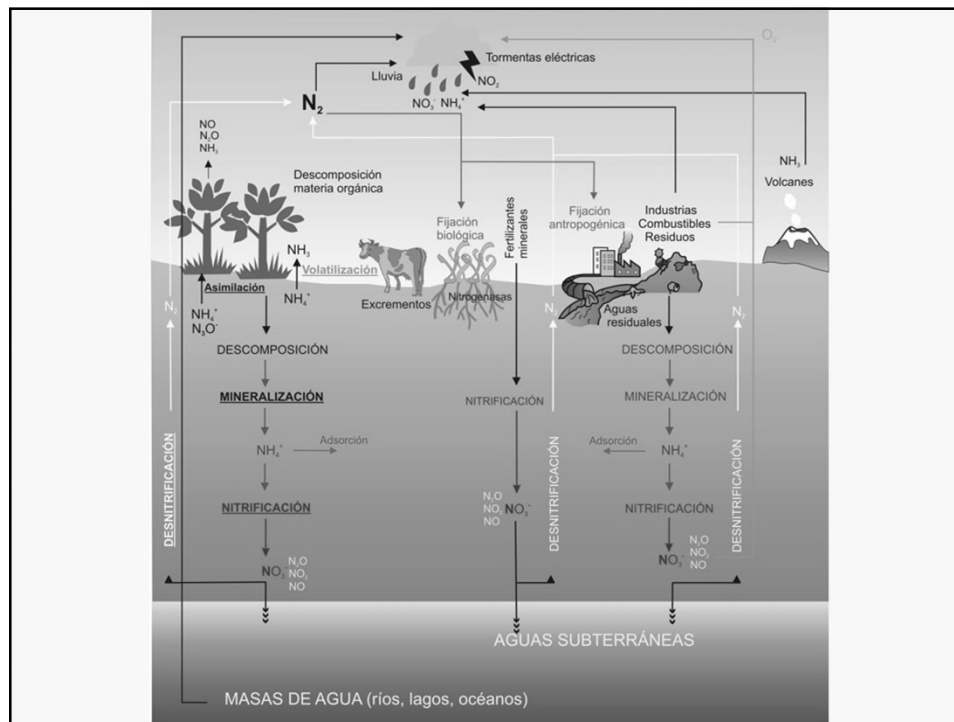
**AGRO 6612**  
**17de febrero 2017**  
**NITROGENO**

- **Es el nutrimento mas estudiado y el que mas limita los rendimientos en el trópico.**
- **La mayor parte de los terrenos cultivados son deficientes en N.**
- **Discutiremos la dinámica del N en los suelos del trópico, las reacciones de la fertilización nitrogenada y el manejo en relación a los cultivos del trópico.**

## Nitrógeno orgánico del suelo

- Adiciones de N al suelo
  - Lluvia, polvo
  - Fijación asimbiótica
  - Fijación simbiótica
  - Desechos animales y humanos
- Pérdidas de N
  - Volatilización
  - Lixiviación
  - Desnitrificación
  - Erosión
  - Absorción por las plantas



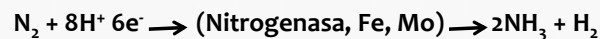


## N en la lluvia y el polvo

- La actividad eléctrica durante eventos de lluvia pueden contribuir de 4-8 kg N/ha al año en las regiones tropicales.
- Aquí se incluye lo que contribuye los polvos provenientes del Sahara.

## Fijación de nitrógeno

- Diferentes grupos de bacterias son capaces de fijar N.
- *Cyanobacteria* (antes algas verde-azules), algunos Actinomicetos y otros.
- Fijación de vida libre o asociaciones simbióticas con plantas.
- Fijación de N es la conversión del gas N<sub>2</sub> atmosférico a compuestos orgánicos con N
- Todos los microorganismos capaces de fijar N pasan por el mismo proceso bioquímico



## Fijación asimbiótica N

- Ocurre en el follaje, en la hojarasca, en el suelo y en la rizosfera. De 5-20 kg N/ha/año.
- El N atmosférico es “fijado” por poblaciones de *Beijerinckia spp.* y *Azotobacter spp.*
- La fijación asimbiótica de N por *Cyanobacteria\*\*\** es de gran importancia en la producción de arroz inundado.
- Se ha encontrado que en ciertos Oxisoles extremadamente ácidos con alto contenido de Al y Mn y bajos en P mientras disminuye ciertas poblaciones de flora microbiana las poblaciones de *Beijerinckia*, *Derxia* y *Azotobacter* aumentan bajo cultivos como caña de azúcar, y gramíneas forrajeras.

- La fijación asimbiótica es llevada a cabo por organismos de vida libre. Estos pueden ser aerobios, anaerobios, algas verde-azules
- Aerobios: *Azotobacter*, *Beijerinckia*
- Anaerobios: *Clostridium*
- Algas verde-azules: *Anabaena*, *Nostoc*
- Hay hongos capaces de fijar N: *Pillularia*

## Fijación simbiótica

- Mecanismo principal de adiciones de N en el trópico.
- La magnitud de la fijación dependerá de la cantidad de especies de leguminosas presentes. Si no hay leguminosas no existe fijación.
- La relación simbiótica ocurre entre leguminosas y bacterias del género *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*.
- La planta hospedera se beneficia del N mientras las bacterias reciben energía en forma de carbono de la planta.
- La cantidad de N fijado dependerá de que el suelo sea fértil, excepto en N.
- La cantidad N fijado depende del tipo de la relación hospedero-*Rhizobium*.\*\*\*\*\*

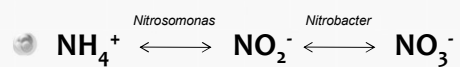
## Mineralización de N

- Es la descomposición de N orgánico del suelo a compuestos inorgánicos.
- Transformación de proteínas a aminos (aminización), transformación de aminos a amonio (amonificación) y transformación de amonio a nitrato (nitrificación).
- La cantidad y calidad de la MO en el suelo es de vital importancia para la fertilidad química de un suelo.
- La tasa de mineralización depende de temperatura, relación C:N, pH, tipo de arcilla y humedad.
- En el trópico la temperatura no es factor limitante.

- Bajo condiciones de acidez el carbono se mineraliza mas rápido que el N lo que disminuye el C:N.
- El factor mas importante que afecta mineralización de N en los trópicos es la humedad del suelo.
- Puede ocurrir a altas tensiones donde el agua no está disponible para las plantas pero si lo está para los microorganismos mineralizantes.
  - ¿Qué es mineralización de nitrógeno?
- La mineralización puede ocurrir bajo condiciones de inundación pero se detiene en la etapa de amonificación. La nitrificación es un proceso aeróbico.

- Los periodos alternos de humedad y sequía comunes en los suelos tropicales acelera la mineralización de carbono y de nitrógeno. Esto está asociado a una varias razones:
  - Población microbiana mas activa
  - Mayor accesibilidad de los microorganismos al humus
  - Contracción y expansión de los minerales de arcilla

- Es importante que los agricultores del trópico planifiquen sus siembras alrededor de las estaciones de lluvia y sequía.
- Durante la estación lluviosa el N es mineralizado a formas que la planta puede utilizar.
- En suelos ligeramente ácidos o neutrales el N- $\text{NH}_4$  es transformados a N- $\text{NO}_3$  por bacterias nitrificantes.
  - ¿Cuáles son las bacterias nitrificantes?



- **En suelos ácidos o suelos inundados (anaeróbicos) las bacterias nitrificantes están ausentes y se acumula  $N-NH_4$ .**
- **Las fluctuaciones en la concentración de nitrato en el suelo está asociado a la distribución e intensidad de la lluvia.**

- **Las concentraciones mayores de nitrato en la capa superficial del suelo ocurre justo antes de comenzar la época de lluvia.**
- **Según adelanta la época lluviosa tanto el nitrato como los cationes Ca, K y Mg se pierden por lixiviación y escorrentía si no han sido utilizados por la planta.**
- **La producción de nitrato está estrechamente relacionado al contenido de materia orgánica en el suelo.**
- **En suelos tropicales es usual una rápida conversión de  $N-NH_4$  a  $N-NO_3$  por lo que el contenido de amonio es bajo.**



## Reacciones entre fertilizantes nitrogenados y el suelo

- Suelos con bajo contenido de N mineral es necesario fertilizar con fuentes externas.
- Estas pueden ser orgánicas o inorgánicas .
- Dentro de las orgánicas se pueden mencionar estiércol de animales (ganado de leche, gallinaza, etc.), abono verde, residuos de cosecha, desechos municipales y desechos humanos.
- Dentro de las fuentes inorgánicas: urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio, etc.

## Urea

- La mas utilizada comúnmente en el trópico (46% N).
- Bajo costo y gran disponibilidad mundialmente.
- Hidrólisis de UREA
 
$$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{ureasa}} (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$$
- En presencia de agua el carbonato de amonio se disocia en iones de amonio y carbonato. La hidrólisis se completa de 1-4 días luego de su aplicación.
- El amonio a su vez se nitrifica para formar nitratos.
- Puede perderse por lixiviación o por denitrificación.

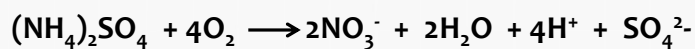
- **La hidrólisis de urea aumenta el pH del suelo alrededor del área aplicada. Si se aplica urea al voleo en un suelo alcalino puede perderse por volatilización en forma de amoníaco.**
- **Estas pérdidas se reducen drásticamente si el material se coloca debajo de la superficie o se riega justo después de la aplicación.**

## **Sulfato de amonio**

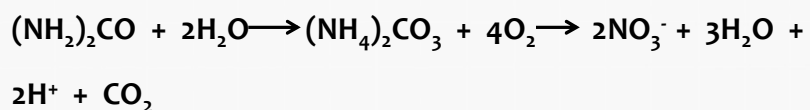
- **Una vez aplicado el sulfato de amonio la nitrificación y la distribución de ambas (nitrato y amonio) dependerá de las propiedades del suelo y las condiciones de humedad.**
- **Una vez ocurre nitrificación la lluvia puede mover el nitrato a través del perfil del suelo. Será utilizado dependiendo de la profundidad de las raíces del cultivo.**

## Acidez residual neta

### Sulfato de amonio



### Urea



### Fertilizantes nitrogenados

Fertilizantes	%N
Urea	46
Amonia líquida	82
Sulfato de amonio	21
Nitrato de amonio	33
Urea recubierta de S	39
Fosfato de amonio	13-16
Fosfato di-amónico	18-21

## Fósforo

- Existe en el suelo de forma orgánica e inorgánica.
- El P en la fase orgánica es mineralizado y liberado a la solución del suelo en forma del ion ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) el cual es fácilmente absorbido por las plantas.
- En la fase inorgánica existe como fosfatos de Fe y Al y no está disponible para las plantas.
- ¿Existe la mineralización del fósforo?

- En suelos meteorizados típicos del trópico el fosfato soluble reacciona con óxidos de Fe y Al liberados en mineralización o el aplicado en forma de fertilizante para formar fosfatos de Fe y Al poco solubles.
- Este proceso se conoce como “fijación de P”.
- Es un gran problema de fertilidad en suelos tropicales que limita producción.

- **Deficiencias de fósforo en suelos tropicales puede deberse a dos factores :**
  - **Alta fijación de P en suelos con alto contenido de óxidos de Fe y Al (forman sales y complejos químicos insolubles)**
    - **En suelos alcalinos se combina con calcio y magnesio para formar sales insolubles como fosfato tricálcico.**
  - **Bajo contenido de P total debido a bajo contenido de MO y alta meteorización.**

- **Residuos de cosecha, abono verde, estiércol animal, son algunas de las fuentes orgánicas de P. Mineralización importante en su disponibilidad.**
- **Superfosfato triple, fosfato de amonio, fosfato di-amónico, superfosfato simple son algunas fuentes comunes de fertilizantes fosfatados.**

Fertilizantes fosfatados comunes	
Fertilizante	Contenido de P (%)
Roca fosfatada	11-15
Superfosfato triple	20
Superfosfato simple	8.7
Fosfato de Amonio	21-24
Fosfato di-amónico	20-23

## Términos importantes

- Fijación asimbiótica de N – Fijación de N llevada a cabo por organismos de vida libre.
- Fijación simbiótica - La reducción de nitrógeno a amonio llevada a cabo por bacterias en simbiosis con algunas especies vegetales (leguminosas y algunas leñosas no leguminosas).
- Volatilización de N – Pérdida de N como amoniaco ( $\text{NH}_3$ )

- **Lixiviación de N – Pérdida de N mayormente en forma de nitrato a través del perfil del suelo.**
- **Desnitrificación - La desnitrificación es la conversión de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en gas nitrógeno inerte ( $\text{N}_2$ ).**
- **Amonificación - Conversión a ion amonio del nitrógeno, en la materia viva aparece principalmente como grupos amino ( $-\text{NH}_2$ ) o imino ( $-\text{NH}-$ ).**
- **Nitrificación - Es la oxidación biológica de amonio con oxígeno en nitrito, seguido por la oxidación de esos nitritos en nitratos.**

- **Mineralización de N- La mineralización es el cambio de N orgánico a amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).**
- **Inmovilización - La inmovilización es el proceso contrario a la mineralización. Como mineralización e inmovilización actúan en sentido opuesto, su balance se conoce como mineralización neta.**

- **Fijación de P – Es el paso de fósforo asimilable a sus formas insolubles y no asimilables. Esta fijación o inmovilidad la determinan las distintas reacciones químicas que se producen según el pH del suelo.**