

YarAvances Agronómicos

YarAvances Agronómicos de Yara Colombia, es una iniciativa que apoya nuestro compromiso de compartir conocimiento con el sector agrícola colombiano. Este boletín está dedicado a temas específicos de interés agronómico, como resultados de investigación (locales e internacionales) relacionados con nutrición de cultivos, avances en innovación digital, novedades en sostenibilidad y finalmente recomendaciones para mejorar las prácticas de nutrición de cultivos en Colombia. A través de este boletín queremos ratificar nuestra apuesta por construir juntos un Futuro Alimentario Positivo para la Naturaleza

Nitrógeno, su realidad, reto y futuro – Parte 1

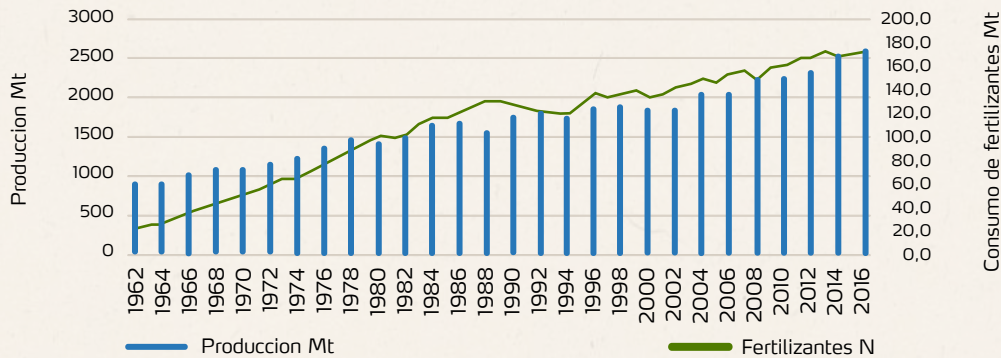
Nitrógeno y su impacto con la producción de alimentos

Se cree que la aplicación de fertilizantes fue responsable de al menos un 50% de aumento en el rendimiento de los cultivos en el siglo XX (Yousaf, et al.). En este sentido, el rendimiento promedio del maíz disminuiría en un 40 por ciento sin la aplicación de fertilizantes nitrogenados (N), mientras que los estudios a largo plazo confirman una disminución del rendimiento del 40 al 57 por ciento en el trigo sin la aplicación de fertilizantes. Por otro lado, se sabe que el consumo de fertilizantes N pasó de 18 Millones de toneladas métricas en 1965 a más de 100 millones de toneladas métricas, significando que el consumo creció 5.5 veces más en últimos 50 años. (Grafica 1). Esto confirma que el nitrógeno es uno de los nutrientes más influyentes para la seguridad alimentaria de planeta.

Nitrógeno y su impacto con la producción de alimentos

Correlacion entre producción y consumo de fertilizantes en cereales.

Grafica 1. Correlación entre producción y consumo de fertilizantes en cereales



Recordemos que los cereales nos proporcionan más del 60% de las calorías que requerimos (consumo directo o a través de consumo animal)

Dosis normal de aplicación-Todos los cultivos (kg/ha)

0 25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275 300 325 350

Absorción de raíz (%)

98% 2%

Flujo de masas ● Intercepción por crecimiento de raíz ○

Concentraciones normales de hoja (% de materia seca)

0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0

Periodo principal de requerimiento de nitrógeno

Crecimiento vegetativo Floración a fruto / semilla / formación de tubérculo Fruto / Grano / llenado de tubérculo

● Alto requerimiento ● Moderado requerimiento ● Bajo requerimiento

pH de suelo y disponibilidad

4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10

NITRÓGENO

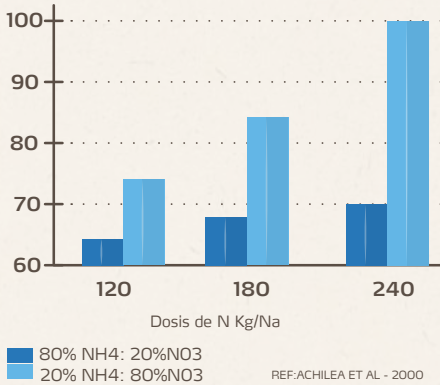
Importancia del N en plantas

El nitrógeno se encuentra en las proteínas vegetales y la clorofila. Según Taiz y Ziger, el nitrógeno es uno de los principales componentes de los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, y muchas enzimas que influyen directamente en el metabolismo de las plantas. Cuando las plantas están creciendo activamente, necesitan nitrógeno en grandes cantidades, para mejorar tanto la calidad como la cantidad de su crecimiento. El efecto obvio del nitrógeno reside en el rendimiento, por lo tanto, sin una nutrición con nitrógeno adecuada, este se ve afectado de manera significativa.

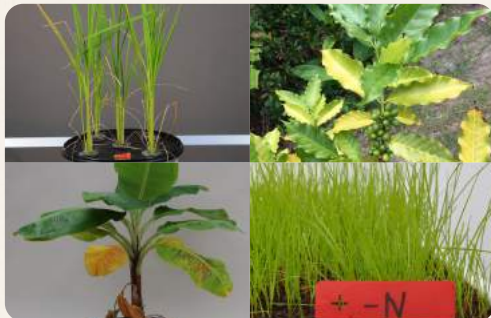
Las plantas prefieren absorber el nitrógeno en forma de nitrato. De hecho, más del 90% del nitrógeno que toman las plantas es N-Nitrato (NO₃). el otro 10% lo absorbe en forma de N-Amonio (NH₄). Las plantas no tiene la capacidad de absorber Urea, es por eso que se recomienda utilizar fuentes que la planta pueda aprovechar de manera rápida. Por ejemplo, la papa (y en la mayoría de cultivos, cuando no tienen condiciones de saturación de agua) tiene una respuesta en rendimiento muy positiva cuando la forma de Nitrógeno a aplicar es principalmente Nitratos. (Gráfica 2)

Gráfica 2. Eficiencia de las formas de N

Papa- Sudáfrica
%Rendimiento relativo



Con un suministro adecuado de nitrógeno, las plantas tienen un crecimiento fuerte y vigoroso. Sin embargo, si hay demasiado nitrógeno en las etapas posteriores del crecimiento, se pueden presentar problemas de enfermedades en los frutos, el desarrollo de las semillas y se corre un mayor riesgo de enfermedades foliares. Por otro lado, si las plantas no absorben suficiente cantidad de nitrógeno, la planta lo expresará con una variedad de síntomas de clorosis dependiendo de la especie. El nitrógeno es móvil en la planta, por lo tanto, las deficiencias aparecen primero en las hojas viejas.



(Figura 1. síntomas de deficiencias de nitrógeno en varios cultivos. De izq a derecha: arroz, café, banano, pastos)

El uso de fertilizantes nitrogenados

Existen varias fuentes de fertilizantes nitrogenados con diferentes porcentajes de aporte de nitrógeno. En la tabla 1, se detallan algunos fertilizantes que aportan nitrógeno con sus diferentes formas de químicas.

Tabla 1. Contenido de nutrientes (%) de fertilizantes comunes y de Yara

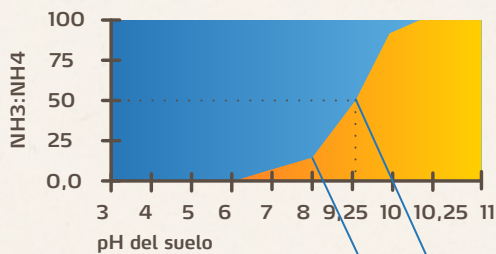
FUENTE DE N	N-TOTAL	N-Ureico CO(NH ₂) ₂	N-Amonio NH ₄	N-Nitrato NO ₃	P ₂ O ₅	S	MgO	CaO
Urea	46	46						
Sulfato de amonio	21		21					
Nitrato de amonio	33.5		16.6	16.9				
MAP	10-11		10-11		48-50			
DAP	16-21		16-21		46-53			
Nitrato de calcio	15.5		1.1	14.4				16
YaraBela Nitromag	21		10.5	10.5			7.5	11
Nitrox-S	28		17.5	10.5	4	6		
YaraVera Amidas	40	35	5				5.5	

Al momento de utilizar cualquiera de los fertilizantes nitrogenados, estos estarán expuestos a transformaciones en el suelo que dependen de microorganismos. Un ejemplo son los procesos que ocurren cuando se aplica Urea al suelo, los cuales se pueden resumir en dos partes: Hidrólisis y Nitrificación.

Hidrólisis: Cuando ocurre la hidrólisis, con ayuda de una enzima llamada ureasa, se liberan grupos OH- los cuales incrementan el pH de la solución del suelo y fomentan la producción de Amoniaco (NH₃) (Gráfica 3). El amoniaco, por tener una forma gaseosa, es la principal vía por cuál ocurren pérdidas de N hacia la atmósfera; este proceso de pérdidas es llamado volatilización. Se tiene información que, si las condiciones lo permiten, la urea se puede perder hasta un 60% por volatilización (Universidad de Montana, 2013). Así mismo, Leal et. al. 2007, encontró pérdidas por volatilización en cafetales de libre exposición de 35% en la zona cafetal en el centro de Colombia, bajo una condición de pH de suelos 5.2. Yara Colombia ha continuado estos estudios bajo la misma metodología y encontró 45% de pérdidas de aplicaciones de urea en condiciones similares (Yara Colombia, 2018). 'Gráfica 4'.

Nitrificación: La nitrificación es la formación nitratos a partir de amoniaco y los compuestos amoniacales. Las bacterias llamadas nitrosomonas y nitrobacter son responsables de este proceso, y el mismo libera iones H⁺ que disminuyen el pH del suelo volviendo más ácido.

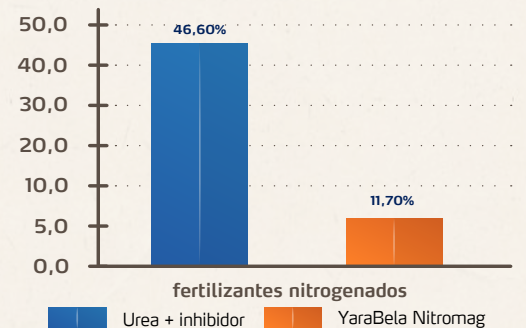
Gráfica 3. Influencia del pH en la proporción de NH₃ y NH₄⁺ en la solución del suelo. (Tisdale y Nelson, 2005)



Con pH del suelo de 8 la parte de NH₃ empieza a incrementar

Con pH del suelo de 9,25 la relación de NH₄ and NH₃ es 1.

Pérdidas acumuladas por volatilización de Nitrógeno N-NH₃ para dos fuentes en un periodo de 20 días (acumulado)



Gráfica 4. Medición de pérdidas de volatilización por el método Nomick, en dos fuentes de fertilizantes nitrogenados.

Nitrógeno y su reto con la eficiencia.

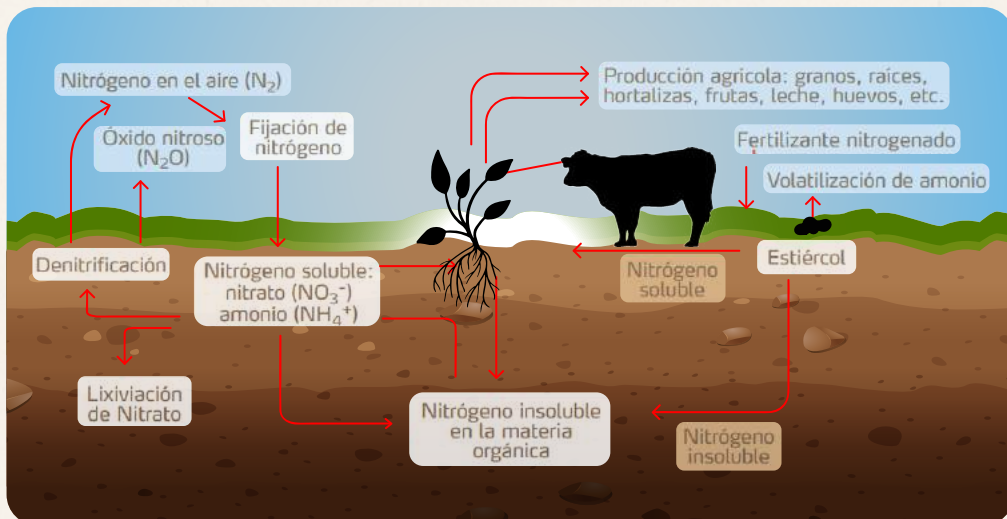
El Manejo del nitrógeno tiene sus retos importantes, debido a la complejidad de su ciclo (Figura 2). Debido a esto, el N sufre varias pérdidas desde el manejo agronómico o del suelo hacia el ambiente. En términos generales, el manejo de Nitrógeno busca alcanzar objetivos medioambientales y agronómicos (alto rendimiento en sistemas productivos de animales y cultivos, mejorar ingresos, etc.)

Un indicador para el manejo sostenible del N, es la "Eficiencia en el Uso del Nitrógeno" (EUN) o NUE por sus siglas en inglés. La EUN dependerá del sistema de producción y su manejo; sin embargo, en 2017 el Panel Europeo de Expertos en Nitrógeno, propuso la siguiente ecuación para cuantificar el indicador:

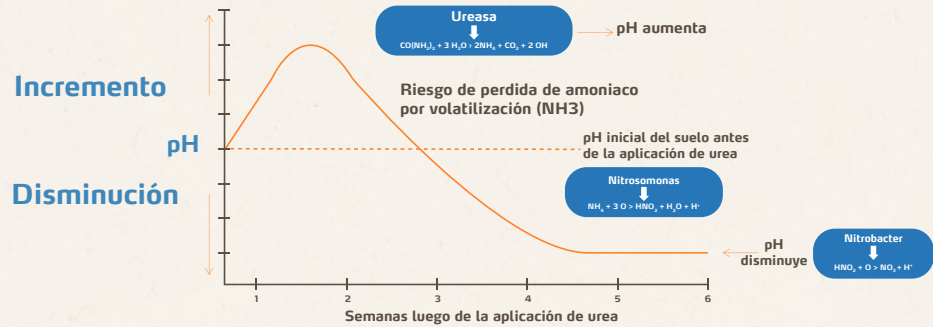
$$N \text{ removido en la cosecha} / N \text{ aplicado} * 100 = EUN (\%)$$

La EUN incrementa cuando el N removido en la cosecha aumenta y/o cuando el N aplicado disminuye, por lo que una alta NUE es mejor para el productor y para el medio ambiente. Sin embargo, una EUN muy alta (>90%) puede significar que se están minando el suelo y por el contrario, una EUN muy baja (<50%) puede significar que se están utilizando fuentes muy ineficientes.

Figura 2. Ciclo del N en el suelo.



Un resumen del proceso de la transformación de la Urea en el suelo, se presenta en la gráfica 5, donde se presentan los diferentes cambios de pH en el suelo dependiente del proceso.



Gráfica 5. Cambio del pH del suelo, en cada etapa del proceso de transformación de Urea a nitrato en el suelo. Tanto la urea como el sulfato de amonio requieren nitrificación para entregarle a la planta la forma preferida de absorción. El alcance de la acidificación del fertilizante nitrogenado varía según la cantidad de producto que se aplique y que la planta use.

La tabla 2 muestra la cantidad de carbonato de calcio necesaria para compensar el efecto acidulante de los fertilizantes nitrogenados comunes. Bajo ese concepto, el sulfato de amonio, es el fertilizante nitrogenado que más acidifica.

Producto	(kg CaO/100kg producto)	Demanda de cal	
		(kg CaO/100kg N)	(kg CaCO ₃ /100kg N)
Nitrato de calcio	- 12	- 80	140
CAN 22	0	0	0
CAN 27	13	48	86
Nitrato de amonio	34	100	180
Urea	46	100	180
Sulfonitrato	51	196	352
Sulfato de amonio	63	300	540

Tabla 2. Demanda de carbonato de calcio para neutralizar la reacción ácida de fertilizantes nitrogenados.

Tabla 3. Destino de N Aplicado en climas templados

Absorción del cultivo	40-80%
MO del suelo	20-50%
Minerales de arcilla	5-20%
Denitrificación/Volatilización	2-30%
Lixiviación	2-10%

Adaptado con datos del depto. de agricultura de Australia-1970

Al aplicar fertilizantes nitrogenados a los cultivos es importante tomar en cuenta en dónde terminará el nitrógeno que se está aplicando. Las cantidades a aplicar también deben de considerar la fijación inmediata en la materia orgánica del suelo y en el complejo de intercambio catiónico del suelo, así como también las pérdidas debido a la desnitrificación, volatilización o lixiviación. En la tabla 3 se muestra un ejemplo de los porcentajes de pérdida de N en climas templados.

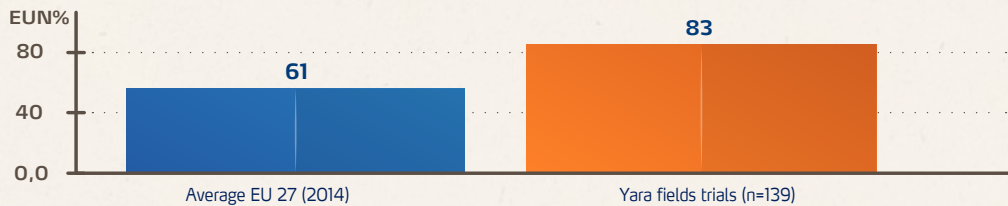


¿Cómo mejorar EUN?

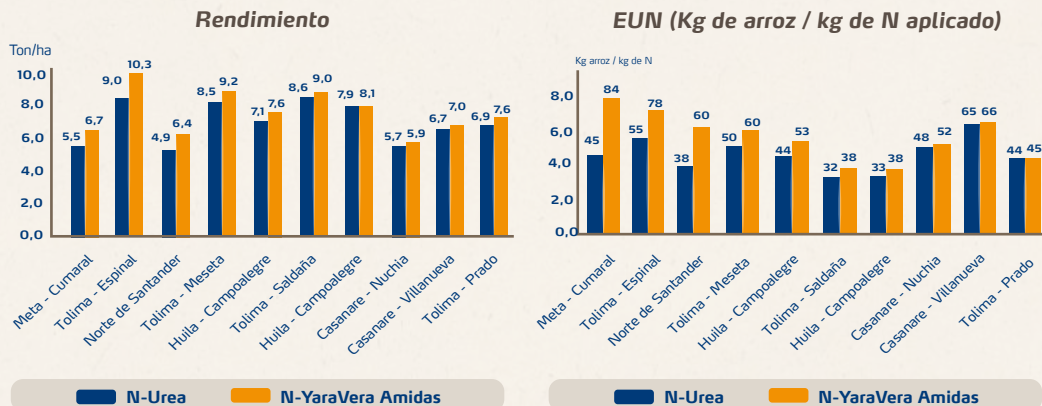
Programas de nutrición balanceados y específicos por cultivo. A medida que se aplica más nutrientes, la eficiencia de los nutrientes mejora. Utilizar fuentes de nitrógeno eficientes y fácilmente disponible para la planta. La aplicación de nitratos (= fertilizantes nitrogenados con al menos 50% NO₃-N) son más eficientes que otras fuentes de N debido a las bajas pérdidas por volatilización de amoníaco y una más rápida asimilación por la planta.

Ajustar la dosis de N durante la temporada de crecimiento a la demanda real del cultivo. Fraccionar las aplicaciones y utilizar herramientas de agricultura de precisión para ajustar la dosis de N a los requerimientos del cultivo. Tratamiento de residuos de cosecha y fertilizantes orgánicos en forma eficiente.

Aumentar la eficiencia de uso de N significa más N cosechado en el cultivo y menos N contaminando el medio ambiente. De esta manera se podrá obtener más kilos de alimento por cada hectárea cultivada (más rendimiento agrícola) y más kilos de alimento por cada kilo de N aplicado (más EUN).



Gráfica 6. Promedio del EUN de dos sistemas de manejo de N



Gráfica 7. Diferencia de Rendimiento y EUN entre manejo de Yara vs manejo Agricultor en 10 ensayos realizados en Colombia. Periodo 2019 – 2022, en el cultivo de arroz

El Nitrógeno en los productos de Yara.

Dependiendo del origen y la fórmula específica del nitrógeno en los productos YaraMila, NPKs, YaraBela y YaraRega, proveen un suministro balanceado de nitrógeno, los cuales pueden estar presentes en un 40-50% como nitrato-N y 50-60% como amonio N. Adicional Yara cuenta con YaraVera Amidas, fertilizantes nitrogenados a base de Urea altamente eficiente ideal para condiciones de saturación de agua.



Nitrato para inicio rápido

Fuente de N preferida fácilmente accesible, respuesta de crecimiento y verdor inmediato
Mejora la toma de Ca y Mg
Nitrato incrementa el pH del suelo

Amonio para entrega sostenida

Fuente secundaria de N Requiere la conversión a Nitrato antes de ser tomado por el cultivo

Consejos prácticos para un manejo eficiente del Nitrógeno

- Utiliza siempre fuentes que tengan menores pérdidas de volatilización como los productos a base de Nitratos.
- En condiciones de saturación de agua, utiliza productos especializados para esas situaciones como YaraVera™ Amidas™.
- Construye programas de nutrición balanceados y específicos por cultivo. A medida que se aplica más nutrientes, la eficiencia de los nutrientes mejora.
- Ajustar la dosis de N durante la temporada de crecimiento a la demanda real del cultivo.
- Fraccionar las aplicaciones en años con altas precipitaciones.
- Yara te ofrece el Servicio de diagnóstico y monitoreo (SD&M) para apoyarte en la toma de decisiones.

Nitrógeno: caso en arroz

En Yara Colombia se han realizado trabajos sobre N en varios cultivos y su efecto en variables vegetativas, así como mediciones del EUN. En el caso de arroz, se ha estudiado la respuesta de dosis crecientes de N en el número de macollos (Figura 3).

Adicional se analizó la diferencia de EUN del manejo nutricional Yara vs. Manejo tradicional en 10 ensayos en todo el país. (Gráfica 7). Los resultados indican que en promedio, el manejo de nutrición balanceada en arroz, utilizando una fuente de N eficiente como YaraVera Amidas, resulta en 23% mejor en el EUN.



Figura 3. Respuesta de N en arroz. Ensayo

• Bibliografía:

- Manual básico de nutrición vegetal y suelos. Yara
- Understanding Fertilizer and Its Essential Role in High Yielding Crops. Available online: <https://www.cropnutrition.com/resource-library/understanding-fertilizer-and-its-essential-role-in-high-yielding-crops> (accessed on 18 March 2022).
- Yousaf, M.; Li, J.; Lu, J.; Ren, T.; Cong, R.; Fahad, S.; Li, X. Effects of fertilization on crop production and nutrient-supplying capacity under rice-oilseed rape rotation system. *Sci. Rep.* 2017, 7, 1270. [CrossRef] [PubMed]
- Leal V., L.A.; Salamanca J., A.; Sadeghian KH., S. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en cafetales en etapa productiva. *Cenicafé* 58(3):216-226. 2007.
- Wageningen University, Netherlands. EU Nitrogen Expert Panel. Nitrogen use efficiency as an indicator for the utilization of nitrogen in agriculture and food systems. *Fertilizer focus*-January/February. 2017.
- Tisdale, S.; Havlin, J.; Nelson, W.; Beaton, J. *Soil Fertility and Fertilizers: an introduction to nutrient management*. 7th ed. 2005.
- Mulvaney, R. L.; Khan, S. A. and Ellsworth, T. R. Synthetic Nitrogen Fertilizers Deplete Soil Nitrogen: A Global Dilemma for Sustainable Cereal Production. *Journal of Environmental Quality* • Volume 38. 2009
- Taiz, L., Zeiger, P. E. E., Miller, P. E. I. M., & Murphy, P. A. C. A. (2018). *Fundamentals of plant physiology*. Sinauer Associates.
- Jones, C. et. al., Factors Affecting Nitrogen Fertilizer Volatilization. Montana State University extension. 2013