

UN EVENTO:



Una Guía Práctica para el Manejo Eficiente del Nitrógeno en Palma Aceitera

MSc. Floria Ramírez Castrillo



JUNTOS CON PROPÓSITO, CULTIVAMOS PROGRESO

El nitrógeno es, probablemente, el nutriente que más limita la producción...

...es uno de los que más preocupa por su impacto ambiental

Un sistema que se mueve entre dos extremos... la deficiencia y el exceso

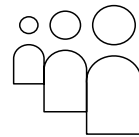
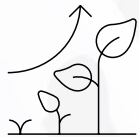
El problema no es sólo aplicar más N, si no evitar caer en los extremos

El principal desafío radica en gestionar el nitrógeno y manejar el balance para lograr que sea verdaderamente eficiente

...y la eficiencia no es una opción, es una responsabilidad

Temas

- Importancia del N
 - Funciones
 - Síntomas de deficiencia
- Manejo Eficiente del Nitrógeno en Palma Aceitera
 - Concepto 4 R aplicado a N en palma
 - BPA: Buenas prácticas agrícolas *procedimientos y estándares*



Estrategias para el Uso Eficiente del Nitrógeno

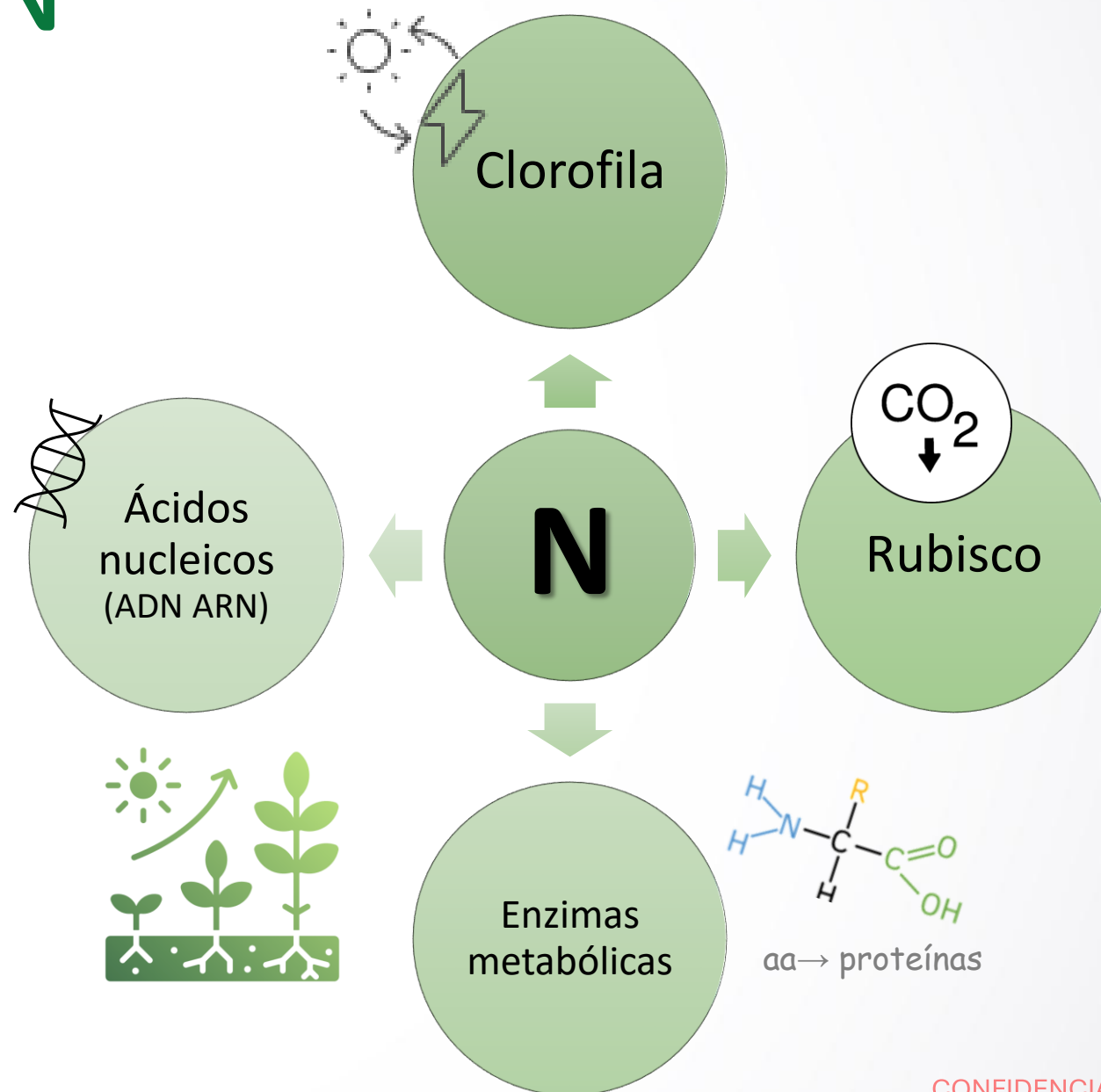


Importancia del N

Funciones

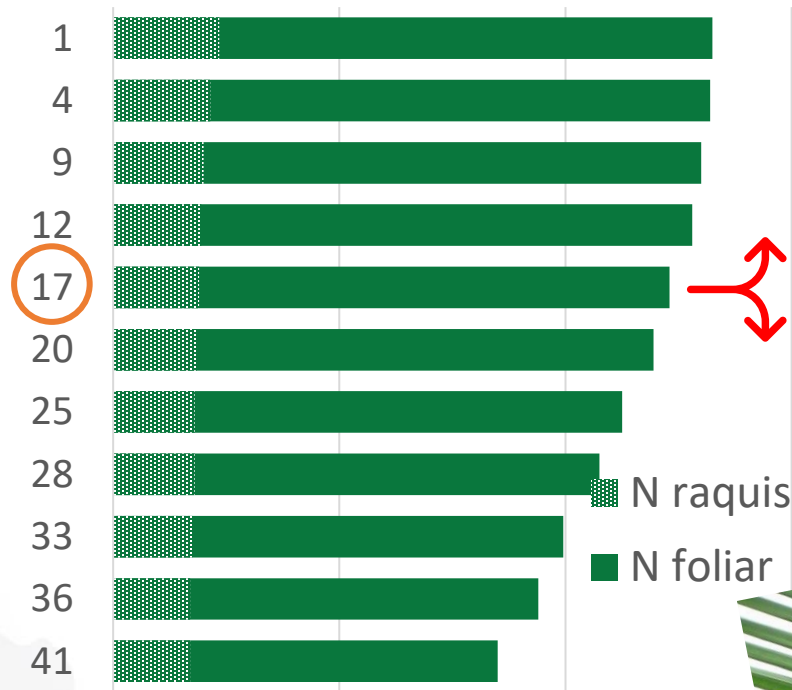
Es esencial porque forma parte de:

- **moléculas estructurales** que permiten que una planta capture carbono lo convierta en biomasa
- **moléculas funcionales** que sostienen el metabolismo.



Concentración foliar de N

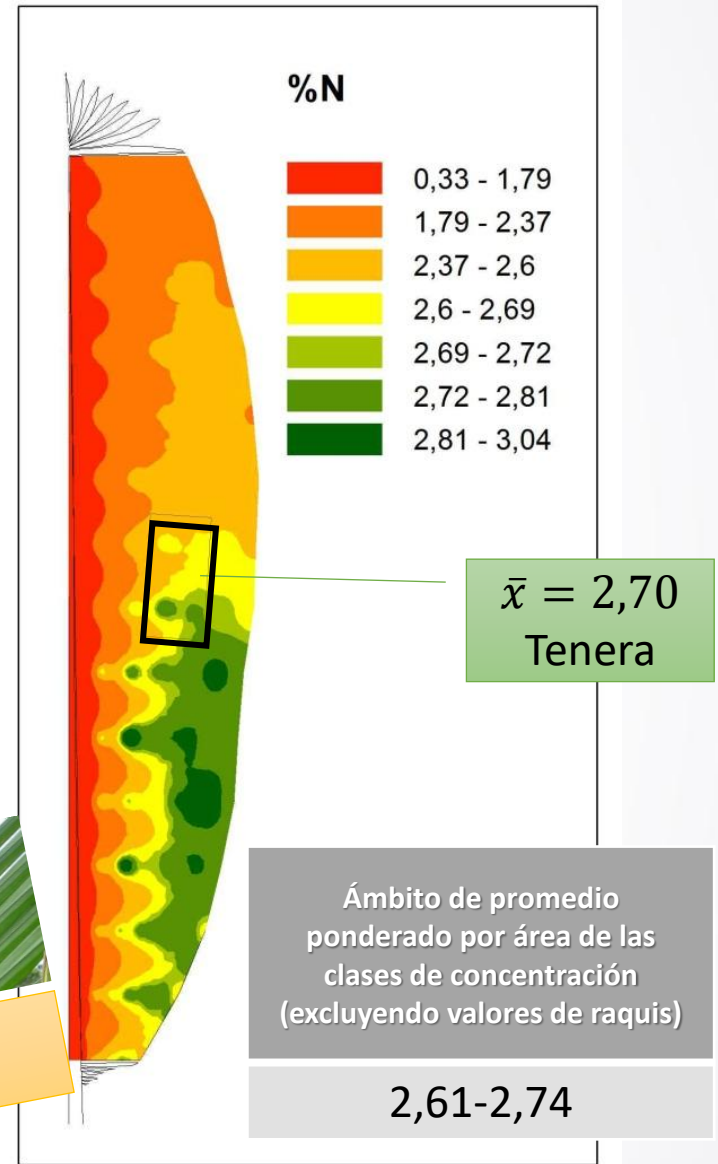
N > K > Ca > Mg > P ≈ S



Elemento móvil



OxG 2,13-2,27
NA Arias, 2025



Importancia del N

JUNTOS CON PROPÓSITO, CULTIVAMOS PROGRESO

Síntomas de deficiencia



Hojas viejas se vuelven amarillas

Color verde pálido que progresa a amarillento (clorosis)

Hojas cortas y folíolos delgados

Menor tasa de emisión foliar y menor área foliar

Producción de frutos se retrasa

Retraso del arranque de la producción



Necrosis en casos severos

Hojas viejas se necrosan

Raquis de color amarillento-

naranja

Raquis se vuelve naranja

Menor productividad

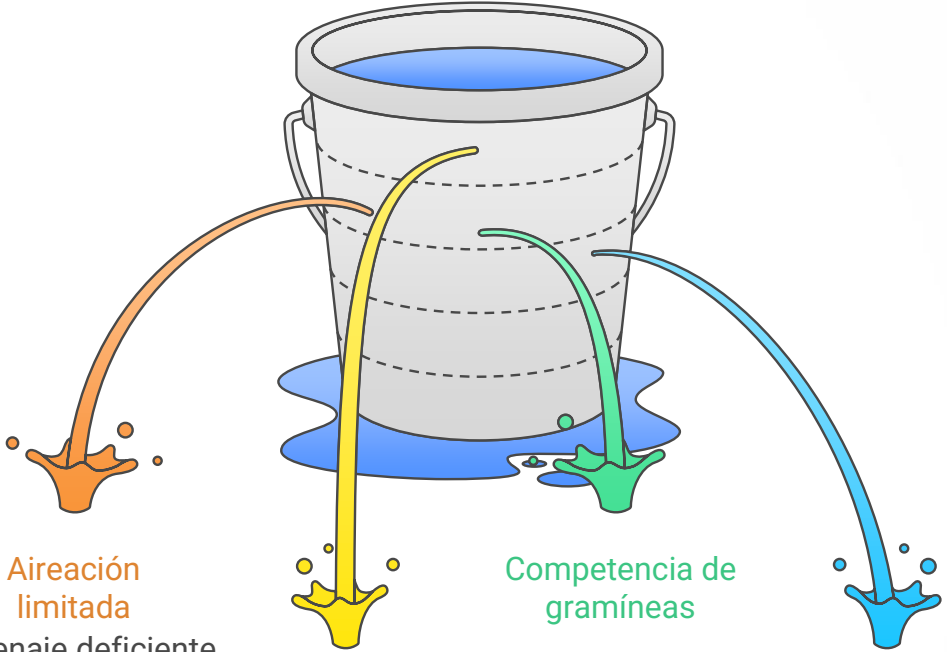
Disminución de peso y número de racimos



Condiciones que propician la deficiencia de N



Aireación limitada
El drenaje deficiente y la compactación



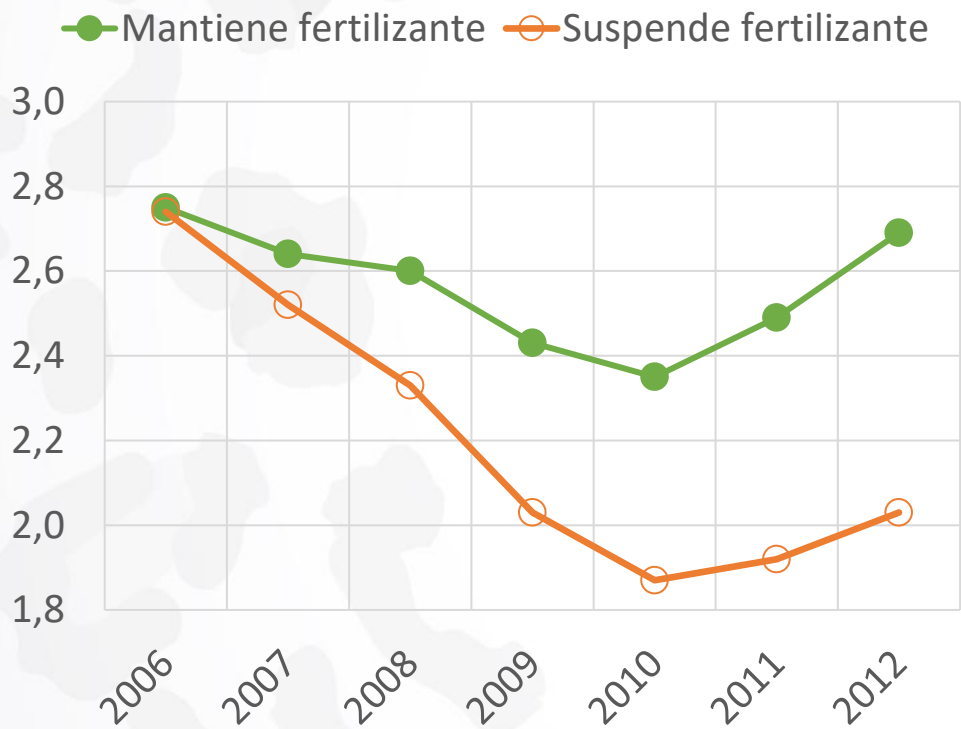
Manejo inadecuado de residuos orgánicos
Alta relación C/N



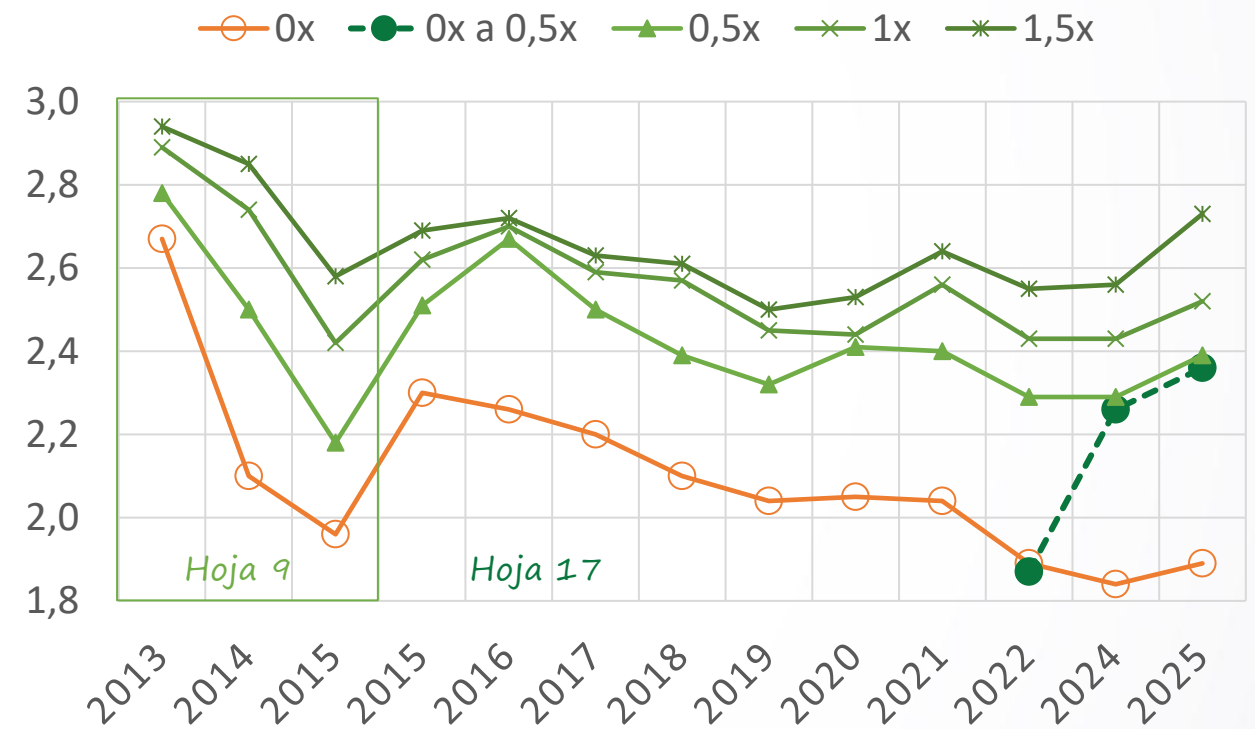
Suelos ácidos
Exceso de Al, Mn pobre nitrificación

%N foliar en ensayos de potencial de respuesta

Siembra 1997, Quepos Costa Rica



Siembra 2012, AIPA, Colombia



Cambios al retomar la fertilización

JUNTOS CON PROPÓSITO, CULTIVAMOS PROGRESO

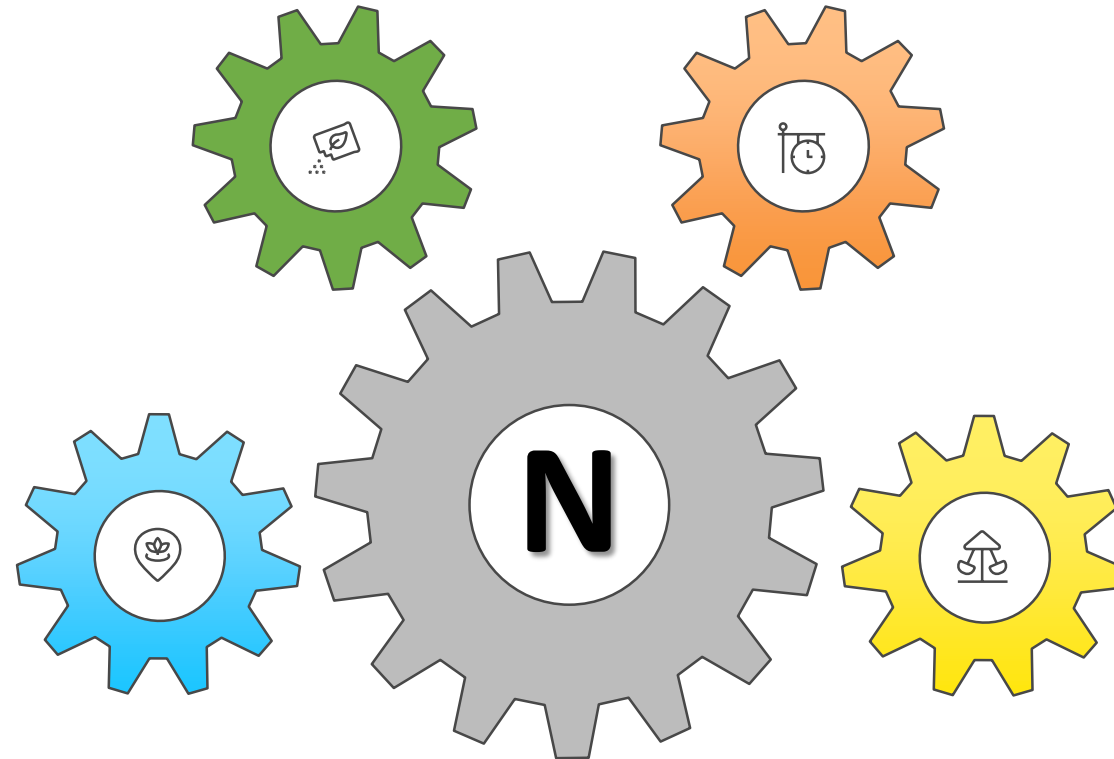
Raquis de hojas nuevas son verdes



Hojas significativamente más largas y verdes



Estrategias para el Uso Eficiente del Nitrógeno



Dosis

Adecuada

Asegurar que la cantidad de nitrógeno aplicada sea óptima para el crecimiento y productividad estimada

1. Dosis adecuada

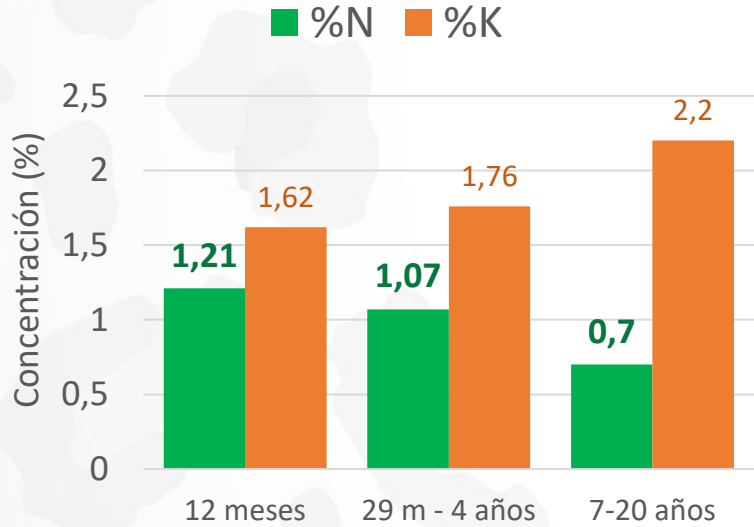
Plantas Jóvenes

Necesitan **Nitrógeno** para el **crecimiento general**, incluyendo follaje, raíces y tronco, además de la producción de fruta.



Palmas Adultas

Requieren **Nitrógeno** principalmente para la **producción de fruta** y el tronco, asumiendo un buen reciclaje de recursos.



Dosis Excesivas

Dosis Excesivas

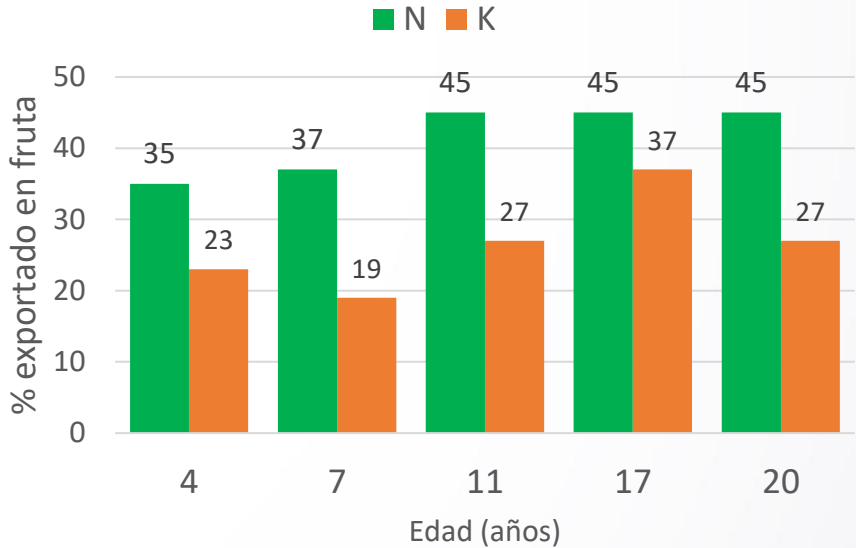
- > Pueden deprimir los rendimientos
- > aumentar la susceptibilidad a plagas y enfermedades
- > generar desbalances

>2 kg N/palma/año
>0,9 kg N/palma/aplicación

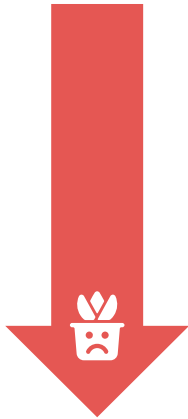
Dosis excesiva	Urea (46%N)	NAM (28% N)
kg/palma/año	4,5	7,0
kg/palma/aplicación	2,0	3,0

N>2,5%, K<1% y deficiencia de B

Proporción de N y K asignado a los racimos de palmas tenera de diferentes edades



Dosis Excesivas

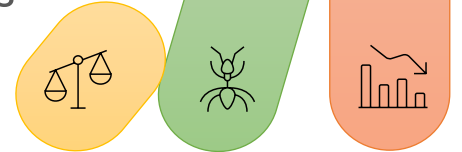


>2 kg N/palma/año
>0,9 kg N/palma/aplicación

Dosis excesiva	Urea (46%N)	NAM (28% N)
kg/palma/año	4,5	7,0
kg/palma/aplicación	2,0	3,0

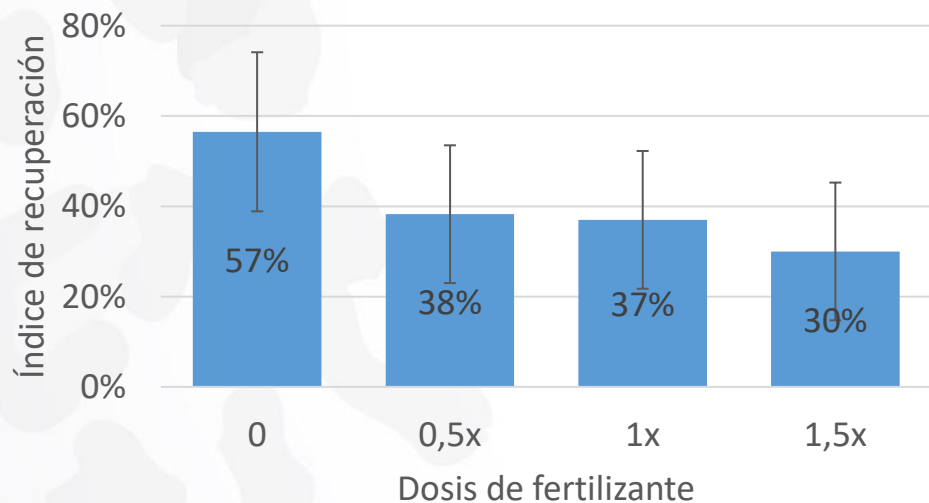
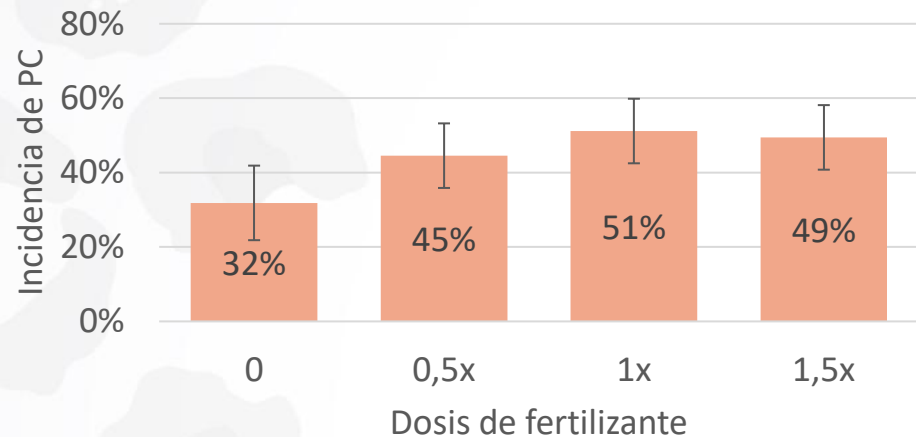
Lotte S. Woittiez, Mark T. van Wijk, Maja Slingerland, Meine van Noordwijk, Ken E. Giller, Yield gaps in oil palm: A quantitative review of contributing factors, European Journal of Agronomy, Volume 83, 2017, Pages 57-77

- Pueden deprimir los rendimientos
- aumentar la susceptibilidad a plagas y enfermedades
- generar desbalances

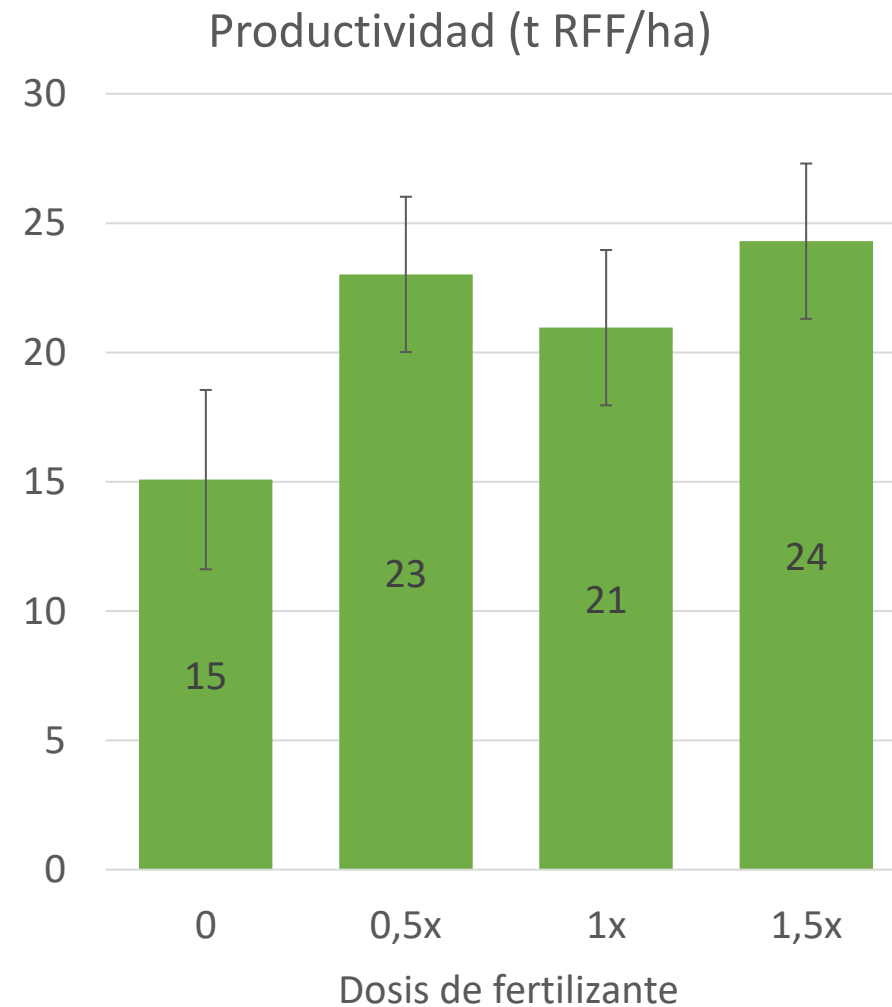
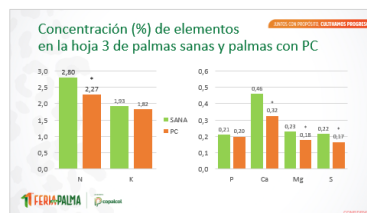


N>2,5%, K<1% y deficiencia de B

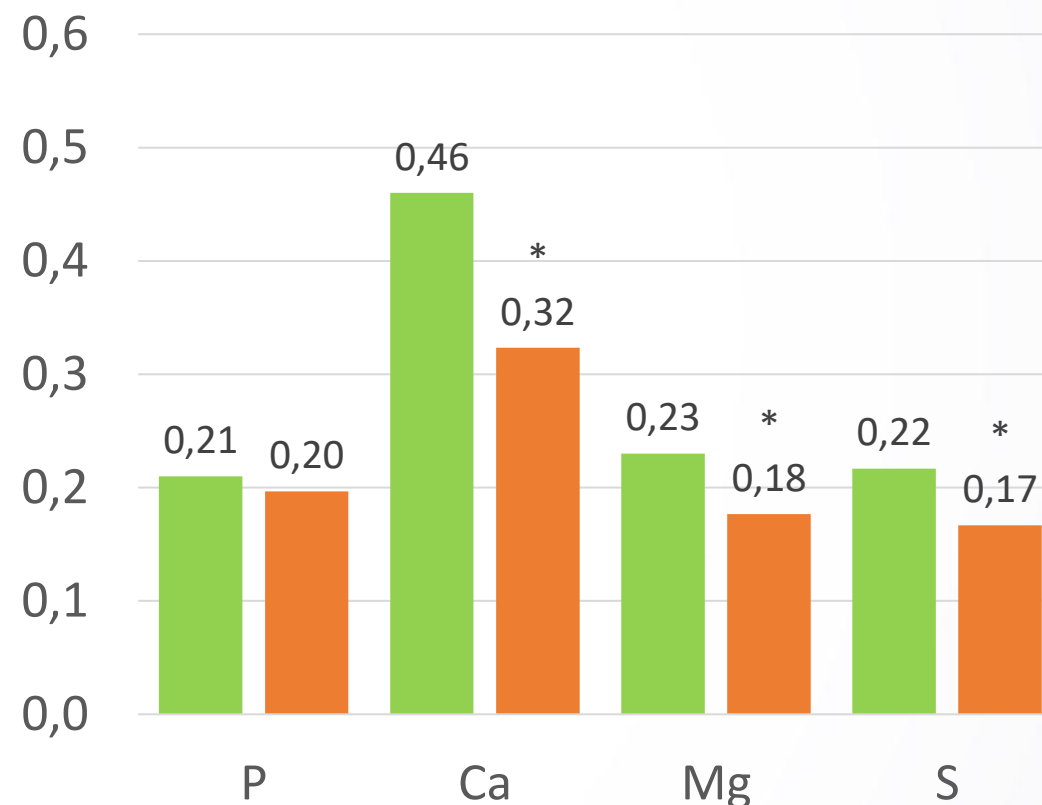
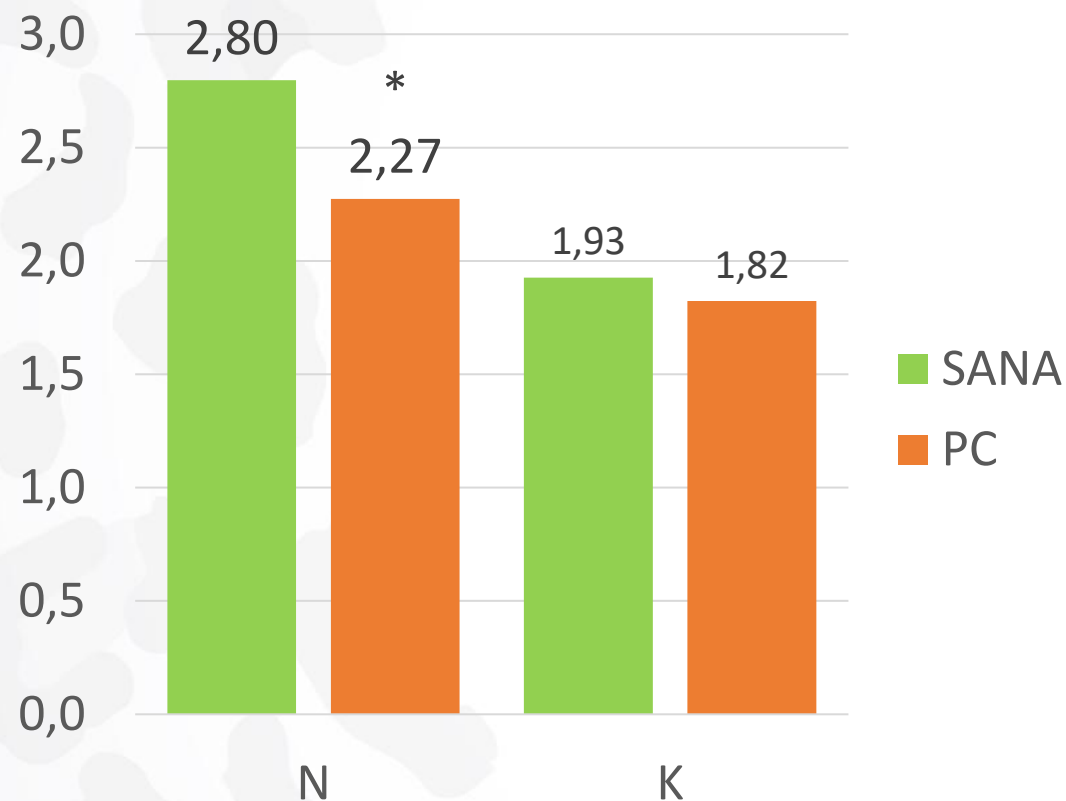
PC y cantidad de NPK aplicados



Dosis Insuficiente



Concentración (%) de elementos en la hoja 3 de palmas sanas y palmas con PC



Nitrógeno exportado por tonelada de fruta

Kg/t RFF	N	P	K	Ca	Mg	Referencia
OxG	3,11	0,42	3,70	0,55	0,59	NA Arias, 2025, Manejo de la nutrición y el agua en híbridos OxG, 21ª Conferencia Internacional sobre palma de aceite. FEDEPALMA, CENIPALMA
<i>E guineensis</i> tenera	4,74	0,79	6,35	2,3	1,31	Cheah See Siang, Siti Aishah Abd Wahid 1 and Christopher Teh Boon Sung. 2022. Standing Biomass, Dry-Matter Production, and Nutrient Demand of Tenera Oil Palm

32 t RFF/ha		
Material	N	K ₂ O
OxG	100	142
<i>E guineensis</i> tenera	152	244



7

11



Factores que se pueden considerar para estimar el requerimiento de N

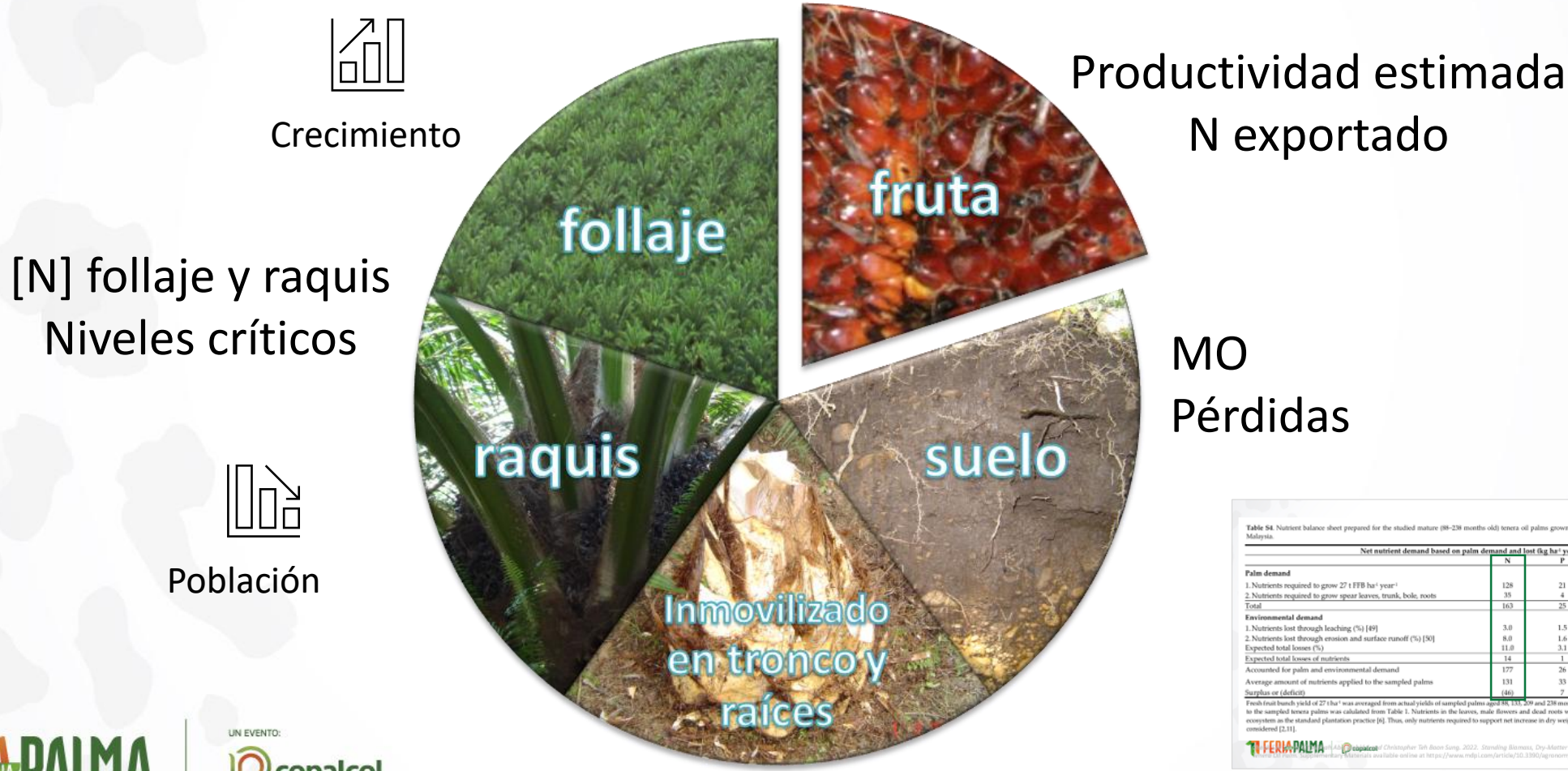


Table S4. Nutrient balance sheet prepared for the studied mature (88-238 months old) tenera oil palms grown on Hartinau Series soil (Typic Paleudal) in Malaysia.

	Net nutrient demand based on palm demand and lost (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)			
	N	P	K	Mg
Palm demand				
1. Nutrients required to grow 27 t FFB ha ⁻¹ year ⁻¹	128	21	171	35
2. Nutrients required to grow spear leaves, trunk, bole, roots	35	4	115	5
Total	163	25	286	40
Environmental demand				
1. Nutrients lost through leaching (%) [49]	3.0	1.5	2.0	15.5
2. Nutrients lost through erosion and surface runoff (%) [50]	8.0	1.6	15.3	7.6
Expected total losses (%)	11.0	3.1	18.2	23.1
Expected total losses of nutrients	14	1	52	9
Accounted for palm and environmental demand	177	26	338	49
Average amount of nutrients applied to the sampled palms	131	33	284	38
Surplus or (deficit)	(46)	7	(54)	(11)

Fresh fruit bunch yield of 27 (ha⁻¹) was averaged from actual yields of sampled palms aged 88, 133, 209 and 238 months. The average amount of nutrients applied to the sampled tenera palms was calculated from Table 1. Nutrients in the leaves, male flowers and dead roots were considered to be recycled in the oil palm ecosystem as the standard plantation practice [6]. Thus, only nutrients required to support net increase in dry weight of vegetative tissues and fruit bunches are considered [2,11].

Table S4. Nutrient balance sheet prepared for the studied mature (88–238 months old) tenera oil palms grown on Harimau Series soil (Typic Paleudult) in Malaysia.

Net nutrient demand based on palm demand and lost (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)				
	N	P	K	Mg
Palm demand				
1. Nutrients required to grow 27 t FFB ha ⁻¹ year ⁻¹	128	21	171	35
2. Nutrients required to grow spear leaves, trunk, bole, roots	35	4	115	5
Total	163	25	286	40
Environmental demand				
1. Nutrients lost through leaching (%) [49]	3.0	1.5	2.9	15.5
2. Nutrients lost through erosion and surface runoff (%) [50]	8.0	1.6	15.3	7.6
Expected total losses (%)	11.0	3.1	18.2	23.1
Expected total losses of nutrients	14	1	52	9
Accounted for palm and environmental demand	177	26	338	49
Average amount of nutrients applied to the sampled palms	131	33	284	38
Surplus or (deficit)	(46)	7	(54)	(11)

Fresh fruit bunch yield of 27 t ha⁻¹ was averaged from actual yields of sampled palms aged 88, 133, 209 and 238 months. The average amount of nutrients applied to the sampled tenera palms was calculated from Table 1. Nutrients in the leaves, male flowers and dead roots were considered to be recycled in the oil palm ecosystem as the standard plantation practice [6]. Thus, only nutrients required to support net increase in dry weight of vegetative tissues and fruit bunches are considered [2,11].

1. Dosis adecuada

Programa de palmas en desarrollo



Ámbitos de dosis de N, palma adulta

N kg/palma		Edad (años)		
		4-6	7-12	13-18
Producción t RFF/ha	< 15	0,40 - 0,70	0,50 - 0,80	0,45 - 0,80
	15-20	0,55 - 0,90	0,65 - 1,00	0,60 - 1,00
	20-25	0,70 - 1,10	0,85 - 1,20	0,80 - 1,10
	25-30	0,90 - 1,30	1,00 - 1,40	0,95 - 1,30

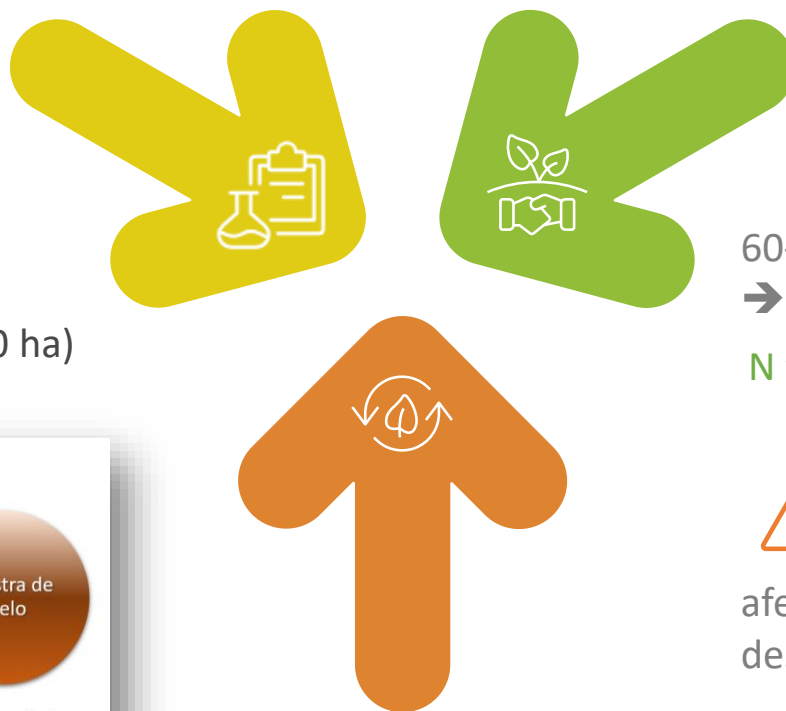
1. Dosis adecuada

JUNTOS CON PROPÓSITO, CULTIVAMOS PROGRESO

BPA

Diagnóstico nutricional

- ✓ Estaciones de monitoreo agronómico
- ✓ Medidas de crecimiento
- ✓ AQ: suelo, foliar y raquis por lote (~30 ha)



Fijación biológica de nitrógeno

60-80% cobertura leguminosa
→ 80-150 kg N/ha/año

N fijado se acumula en biomasa viva y hojarasca

⚠ Sincronización espacio-temporal

afectada por NO_3^- del suelo y la descomposición microbiológica



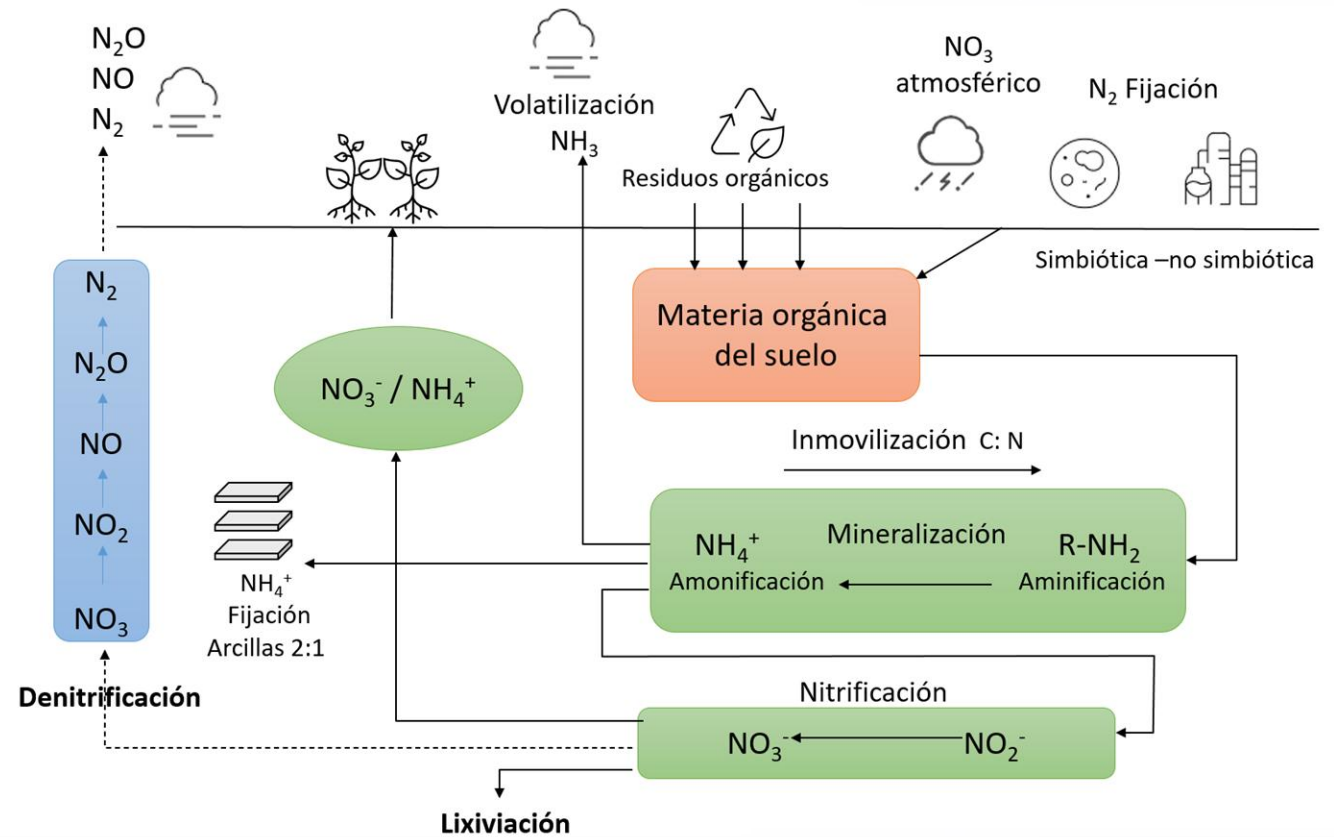
Manejo de residuos

~150 g de NPK/fronda
12 g de N por hoja en 24 semanas



Ciclo del N y la eficiencia

- El 78% de la atmósfera es N_2
- N_2 no puede ser utilizada por la mayor parte de los organismos
- Se requiere una gran cantidad de energía o microorganismos especializados para fijar el N y ponerlo a disposición de los organismos en el suelo
- Es un sistema dinámico que sufre pérdidas, tal vez **el elemento que sufre más pérdidas**



Entradas

 Fijación biológica

Fijación abiótica 

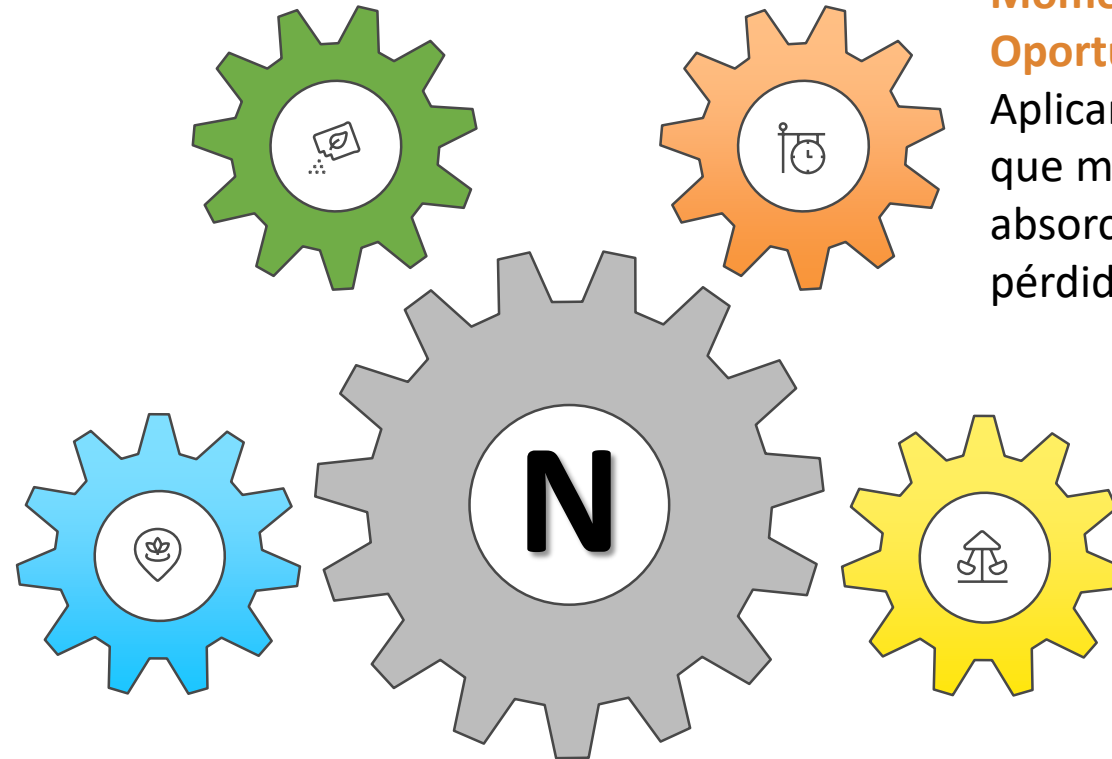
 Residuos orgánicos

Nitrógeno en el suelo

Pérdidas de fertilizante



Estrategias para el Uso Eficiente del Nitrógeno



Momento Oportuno

Aplicar N en momentos que maximicen la absorción y reduzcan las pérdidas.

Dosis

Adecuada

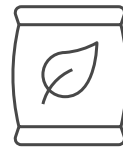
Asegurar que la cantidad de nitrógeno aplicada sea óptima para el crecimiento y productividad estimada

2. Momento oportuno

El momento adecuado es una de las formas más efectivas para reducir las pérdidas por escorrentía o lixiviación, por lo que es muy importante tanto económica como ambientalmente.



- ✓ Estación meteorológica (mm lluvia diarios, intensidad, duración)
- Aplicación de urea seguida de lluvias moderadas (10-20 mm/día)
- Aplicar N luego de enmiendas, para reducir la volatilización



Considerar las condiciones ambientales
Analizar patrones de lluvia y clima

Evaluar los requisitos nutricionales
Considerar la edad y la curva de producción



Implementar el fraccionamiento
Dividir las dosis y aplicarlas con frecuencia



2. Momento oportuno

Fraccionamiento del fertilizante

dosis más bajas pero frecuentes para reducir las pérdidas



Palmas en desarrollo
(c/8 semanas)



Suelos de textura
ligera, bajo CICE
($<5 \text{ cmol}^+/\text{l}$)

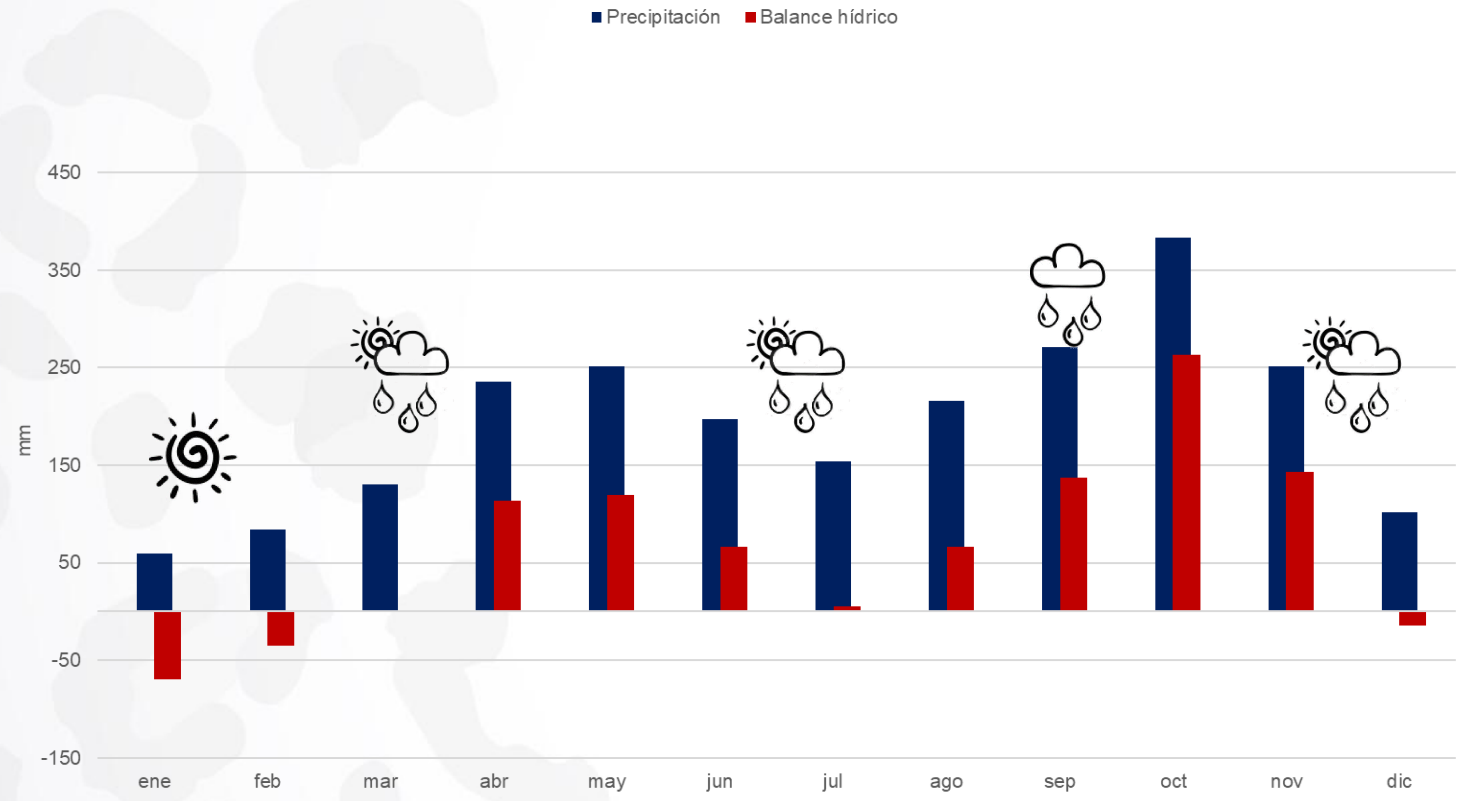


Precipitaciones
intensas y frecuentes



Dosis altas,
alta productividad

Ciclos de aplicación de fertilizante



Clima	Condición de suelo
-------	--------------------



2. Momento oportuno

BPA

Gestión adecuada en función del agua

Pérdida de Nitrógeno

El drenaje inadecuado aumenta la lixiviación y la desnitrificación



Déficit Hídrico

La falta de agua reduce la absorción de N y la eficiencia



Aplicación de Nitrógeno

Aplicar N para aumentar las reservas foliares antes de la sequía



JUNTOS CON PROPÓSITO, CULTIVAMOS PROGRESO



Gestión Agrícola para cumplir con la ventana de aplicación



Entrega de Materiales

Asegurar la entrega oportuna de fertilizantes de calidad



Mano de Obra

Colaboradores capacitados y con EPP adecuado



Equipo y Mantenimiento

Asegurar equipo suficiente y en buen estado

Estrategias para el Uso Eficiente del Nitrógeno

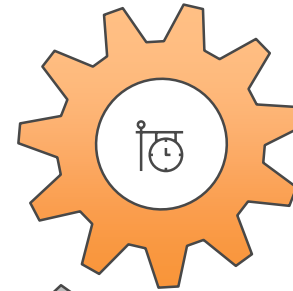
Fuente Adecuada

Seleccionar fuentes de N que sean eficientes para las condiciones



Momento Oportuno

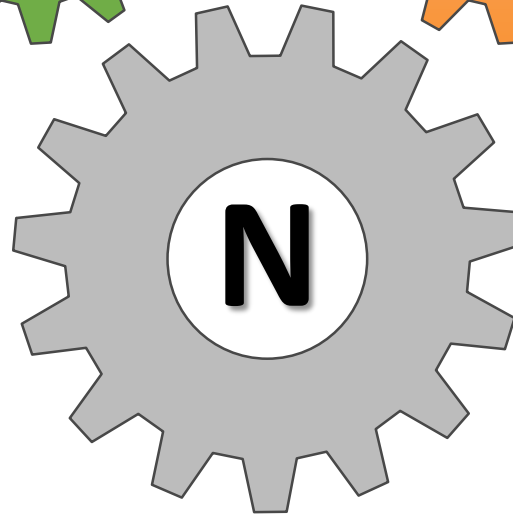
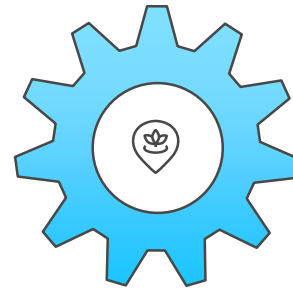
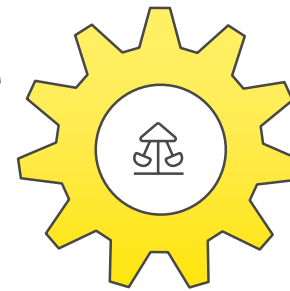
Aplicar N en momentos que maximicen la absorción y reduzcan las pérdidas.



Dosis

Adecuada

Asegurar que la cantidad de nitrógeno aplicada sea óptima para el crecimiento y productividad estimada

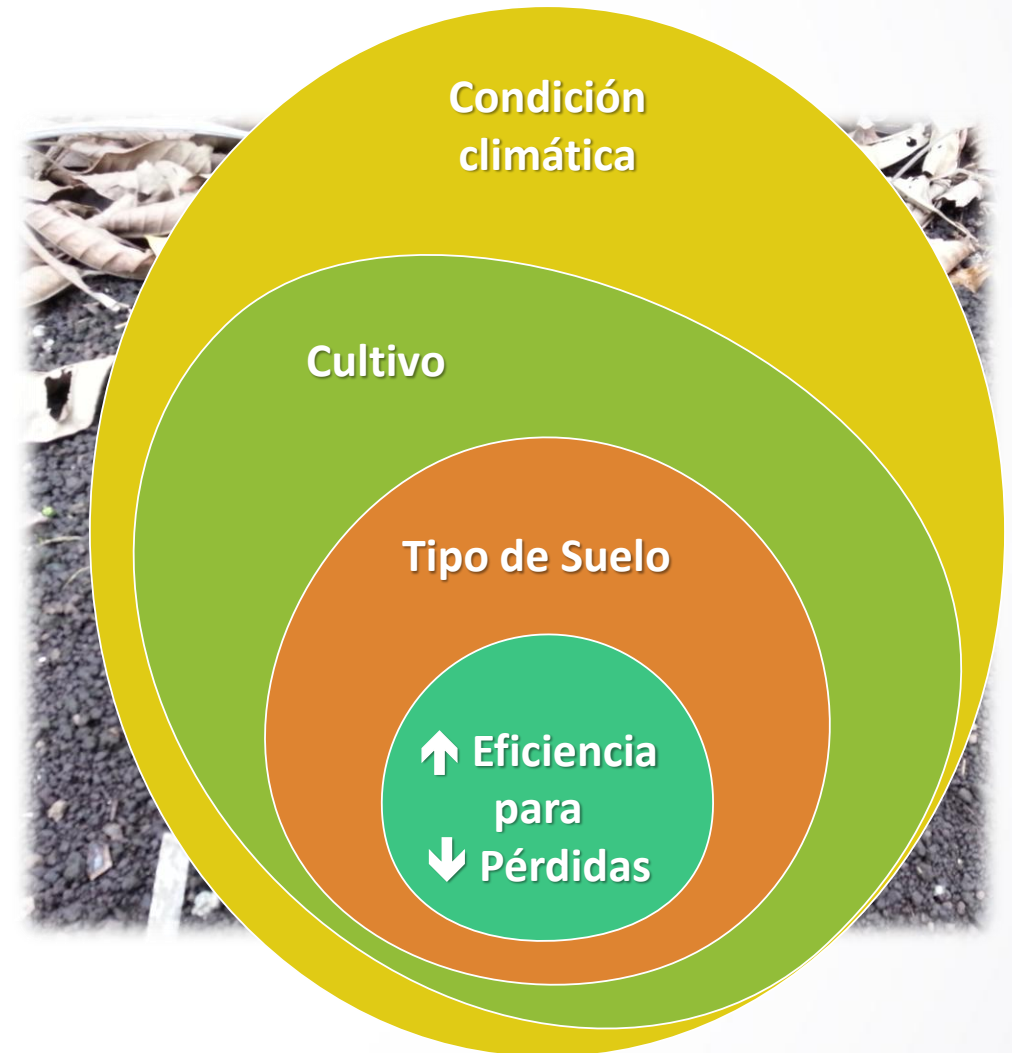
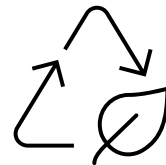


3. Fuente adecuada

la mayor parte del N en el suelo se encuentra en forma orgánica

Las principales fuentes de N son:

- ✓ Reservas del suelo (MO)
- ✓ Residuos de cosecha (hojas, AO)
- ✓ Plantas de cobertura con fertilizantes minerales
- ✓ **Fertilizantes minerales**



3. Fuente adecuada

98% del N se absorbe por flujo de masas (solución de suelo)

Las fuentes fertilizantes DEBEN:

- deben contener uno o más de los nutrientes esenciales
- la sustancia debe ceder los elementos a las plantas en una forma aprovechable



Fuentes minerales

JUNTOS CON PROPÓSITO, CULTIVAMOS PROGRESO

Urea


46-0-0

- Enzima ureasa en suelos y plantas, cataliza el paso a NH_4^+ ; gradualmente el NH_4^+ pasa a NO_3^-
- Baja lixiviación en suelo saturados
- **Alta volatilización como amoníaco (NH_3), en suelo seco y de pH alto**



Nitrato de amonio

33,5-0-0 (28%N)

- 50% NH_4^+ y 50% NO_3^- en mezcla con P, K, S 
- Poca volatilización en suelo seco
- **Alta lixiviación en suelo saturado (NO_3^-)**
- humedad crítica (HC) baja (60%)
- **NO se puede mezclar con UREA (HC baja a 18%)**

Nitrato de Calcio

15,5-0-0-26,5 (CaO)

- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- Aporta más **Ca** que N
- Efecto neutro sobre pH
- **Alta lixiviación en suelo saturado (NO_3^-)**
- Excelente para fertirriego



Sulfato de amonio

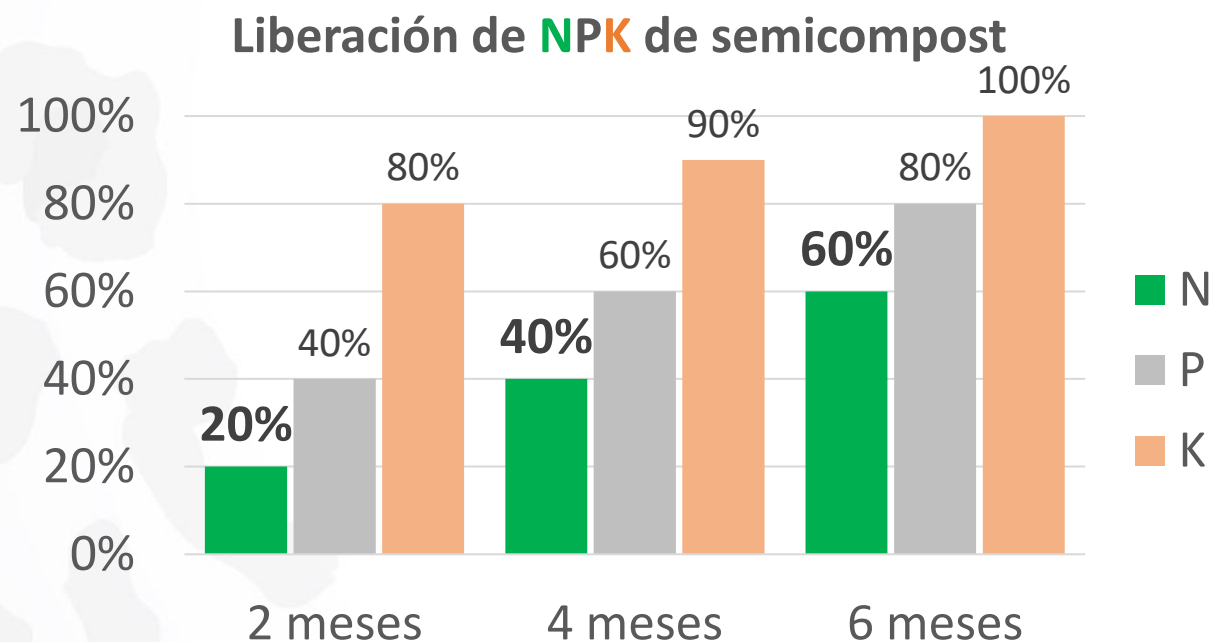
21-0-0-24 (S)

- NH_4SO_4
- Aporta más **S** que N
- **Altamente acidificante -112kg CaCO_3 /100 kg**
- Alta HC 80%
- Se puede mezclar con urea o NAM (N:S 10-8)

Fuentes orgánicas

Subproductos de la extracción de aceite de palma pueden sustituir el requisito de N con una aplicación anual

40 t/ha racimos vacíos frescos [$\sim 1,0\%N$] - 15 t/ha compost de 5 semanas [$\sim 2,2\%N$]

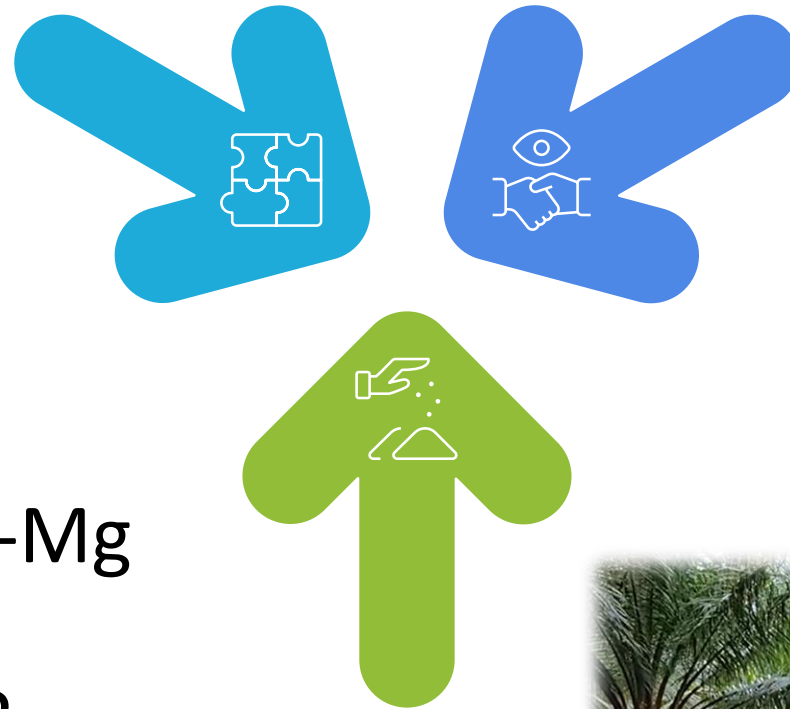
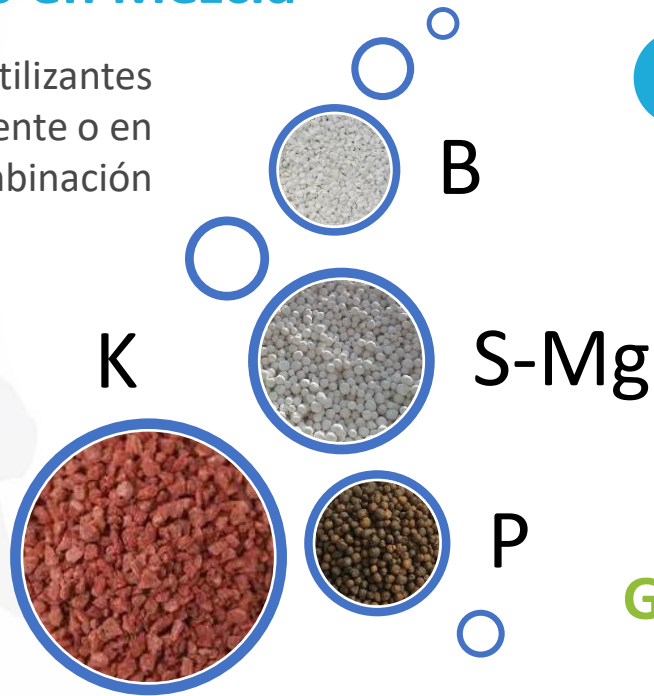


3. Fuente adecuada

BPA

Aplicación Independiente
o en Mezcla

Aplicación de fertilizantes
individualmente o en
combinación



Calidad de los
Materiales

Uso de proveedores y
materiales de calidad



Granulometría
Adecuada

Tamaño de partícula apropiado
para métodos de aplicación



Estrategias para el Uso Eficiente del Nitrógeno

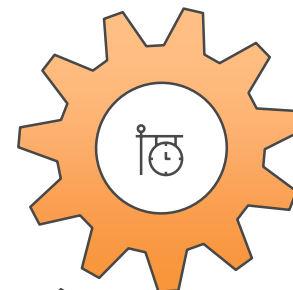
Fuente Adecuada

Seleccionar fuentes de N que sean eficientes para las condiciones



Momento Oportuno

Aplicar N en momentos que maximicen la absorción y reduzcan las pérdidas.



Lugar Correcto

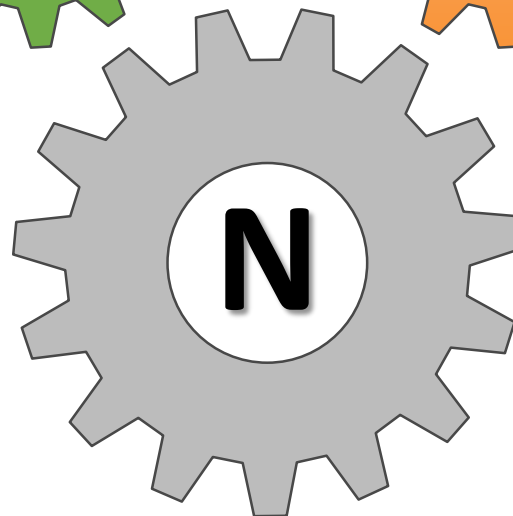
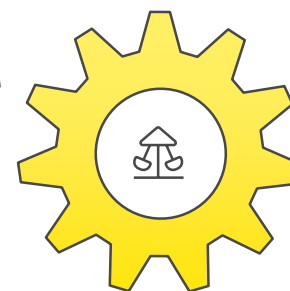
Distribuir el N en el área donde se encuentran las raíces de la palma



Dosis

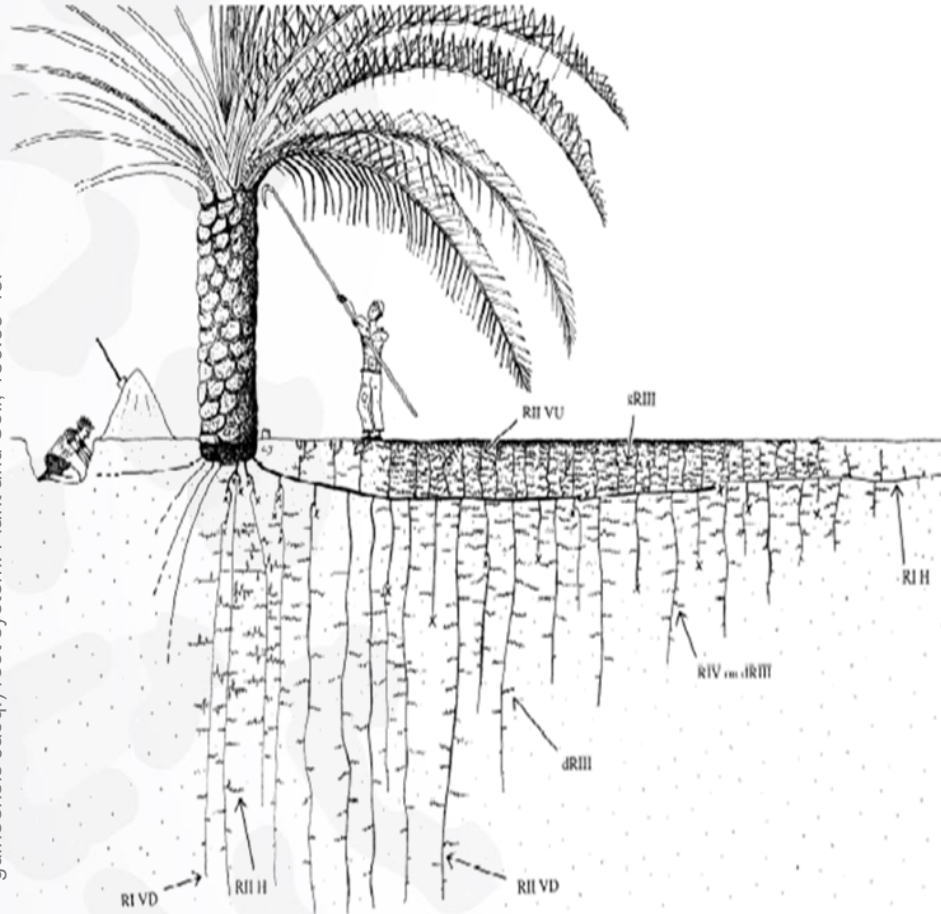
Adecuada

Asegurar que la cantidad de nitrógeno aplicada sea óptima para el crecimiento y productividad estimada



4. Lugar correcto

JOURDAN,C; REY, H. 1997. Architecture and development of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. Plant and Soil, 189:33-48.



- Mayor densidad de raíces absorbentes entre 0-30 cm y alrededor de la proyección de la copa
 - La absorción ocurre en ~23% la superficie de las raíces, específicamente en las puntas sin lignificar de las raíces I-II y III-IV
- La palma es una planta muy rústica y fuerte....pero sus raíces son tejidos frágiles
- El fertilizante en alta concentración daña las raíces



>80% de la superficie absorbente se encuentra en las raíces III-IV

4. Lugar correcto

La acidificación de los suelos es un proceso NATURAL, más acentuado en suelos viejos, muy meteorizados, pérdida de bases (Ultisoles, Oxisoles)

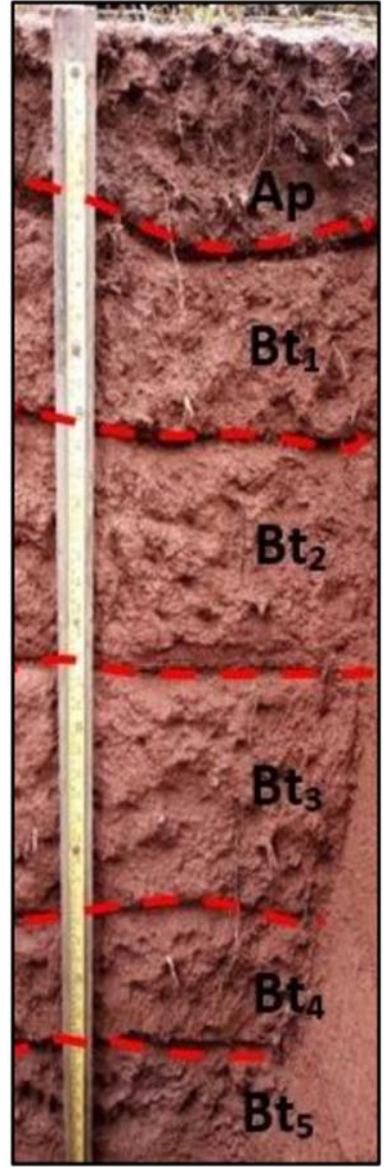
pH < 5,5	acidez >0,5	Σ (Ca+Mg+K) <5 cmol+/L	Mayor disponibilidad de Al ³⁺ , Fe y Mn	reduce la fijación de N ₂ 	fijación de fósforo
----------	-------------	-------------------------------	--	---	---------------------



Al > 1,5 cmol/l
daña raíces de palma

Fuentes amoniacales (NH₄) bajan el pH del suelo con el tiempo, al liberar H⁺

No aplicar fertilizantes nitrogenados de forma concentrada



Typic haplustults

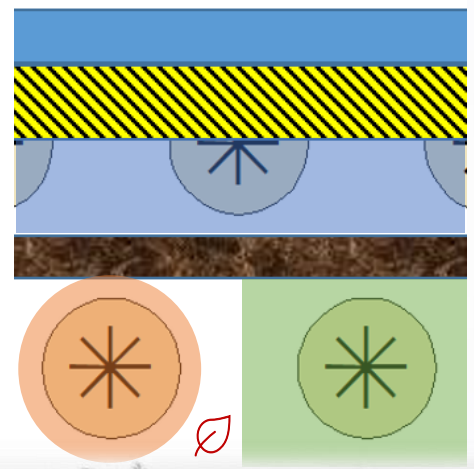
Método de aplicación



Palmas en desarrollo
sin estípites o sin traslape de hojas entre palmas



Palmas adultas
con estípites y con traslape de hojas entre palma



 La dosis no cambia según el área aplicada

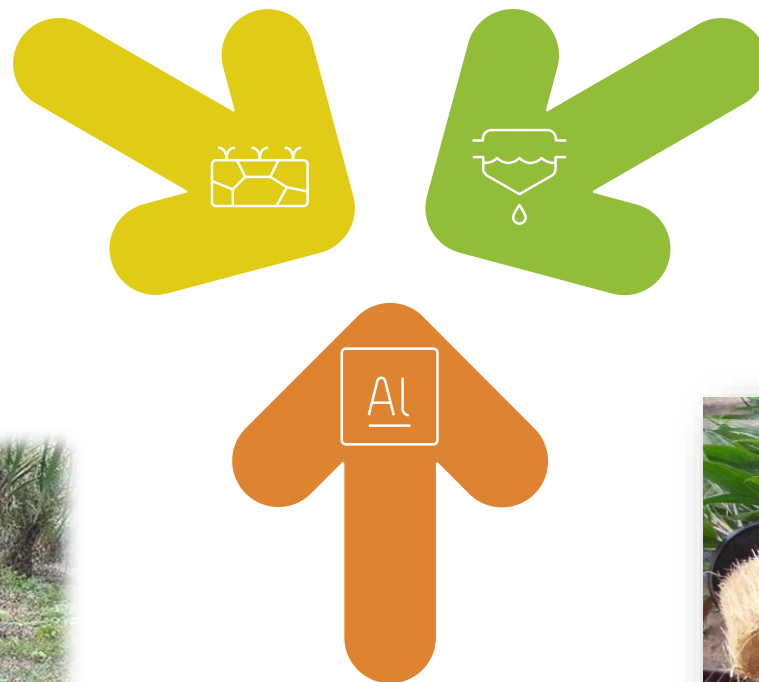
4. Lugar correcto

JUNTOS CON PROPÓSITO, CULTIVAMOS PROGRESO

BPA

Conservación del Suelo

- ✓ Protege el suelo y reduce la erosión
- ✓ Mejora la retención de humedad
- ✓ Aumenta la disponibilidad de N
- ✓ Favorece el desarrollo radicular



Drenaje Adecuado

- ✓ Mejora retención y absorción del N
- ✓ Reduce pérdidas por desnitrificación



Toxicidad de Aluminio

Manejo de la Acidez

- ✓ Enmiendas (cal, ceniza)
- ✓ Reduce la acidificación inducida
- ✓ Disminuye la toxicidad por Al
- ✓ Mejora la absorción de N, la nitrificación y la fijación de N



Resumen final

El nitrógeno es el motor del crecimiento y la productividad

- Está directamente ligado a fotosíntesis, biomasa y rendimiento.
- Su deficiencia impacta rápido: ↓ área foliar, ↓ emisión, retraso y ↓ producción.

El nitrógeno es altamente dinámico... y fácil de perder

- Es el nutriente con mayores pérdidas (lixiviación, volatilización, desnitrificación).
- La eficiencia no depende solo de cuánto se aplica, sino de **cómo se maneja**

La dosis correcta no es fija: depende del sistema

- Está estrechamente ligada al rendimiento (>70% dosis)
- Tanto exceso como déficit reducen productividad y generan desequilibrios.

El concepto 4R + BPA es la base de la eficiencia

- Dosis, fuente, momento y lugar correctos.
- Integrado con diagnóstico, manejo de residuos, cobertura y suelo.

La eficiencia del N es una decisión agronómica integral

- No se optimiza desde el fertilizante, sino desde el sistema: suelo, clima, raíces y manejo.

Conclusión

*El nitrógeno que no se aprovecha es costo, riesgo ambiental y rendimiento perdido.
La eficiencia no está en la dosis, está en las decisiones agronómicas.*

¡ GRACIAS !

 **FERIA PALMA**
DE LA

UN EVENTO:

 **copalcol**

JUNTOS CON PROPÓSITO, **CULTIVAMOS PROGRESO**