

Experiencias de NaturAceites en el uso del raquis de la hoja de palma de aceite como tejido de reserva de nutrientes

MSc. Jorge Mario Corzo

Noviembre, 2018

Temario

1. Introducción
2. Resultados y experiencias en NaturAceites
3. Conclusiones

1. Introducción

- La hoja de palma aceitera
- Tasa de emisión de hojas
- Contenido de nutrientes en las hojas
- ¿Qué tejido elegir para el muestreo?
- Muestreo foliar
- ¿Por qué elegir la hoja No. 17?
- ¿Qué sabemos sobre el raquis?
- Interacción de nutrientes
- Y nosotros ¿qué hacemos?
- Macro ensayos en nutrición vegetal

La hoja de palma aceitera

- ✓ La hoja madura es pinnada simple. Divide en dos zonas: el pecíolo y el raquis (Ng, S. K, et al., 2003).
- ✓ Mide hasta 10 m de largo.
- ✓ Apariencia “desordenada” → ángulo irregular de inserción de los folíolos (Hartley, 1988). Diferencia de la palma del cocotero o de *E. oleífera*.



Raquis:

- ✓ Puede alcanzar hasta 8 m de largo.
- ✓ Asimétrico transversalmente.
- ✓ Proporciona sostén para los folíolos (Ng, S. K, et al., 2003).

Pecíolo:

- ✓ Mide hasta 2 m de largo.
- ✓ Parte de la hoja entre el **estípite** y el punto de inserción del primer folíolo verdadero.
- ✓ Provisto de espinas (Ng, S. K, et al., 2003).



Foliolos:

- ✓ División de una hoja entera durante su alargamiento del eje foliar.
- ✓ Hasta 400 folíolos por hoja madura.
- ✓ Pueden medir hasta 1.5 m de largo y 8 cm de ancho.
- ✓ En la parte distal de la hoja hay un par de folíolos (Ng, S. K, et al., 2003).



Tasa de emisión de hojas

- ✓ Puede ser tan alta como de 36 a 40 hojas palma/año en palmas jóvenes (2-3 años).
- ✓ Disminuye rápidamente y se estabiliza en 20 a 26 hojas/año en palmas adultas.

¿Cuántas hojas deben retenerse en cada palma?

Una palma adulta podada adecuadamente tiene alrededor de 35-45 hojas.

- ✓ Ensayos en Malasia → la remoción excesiva de hojas reduce el rendimiento (Hartley, 1988).

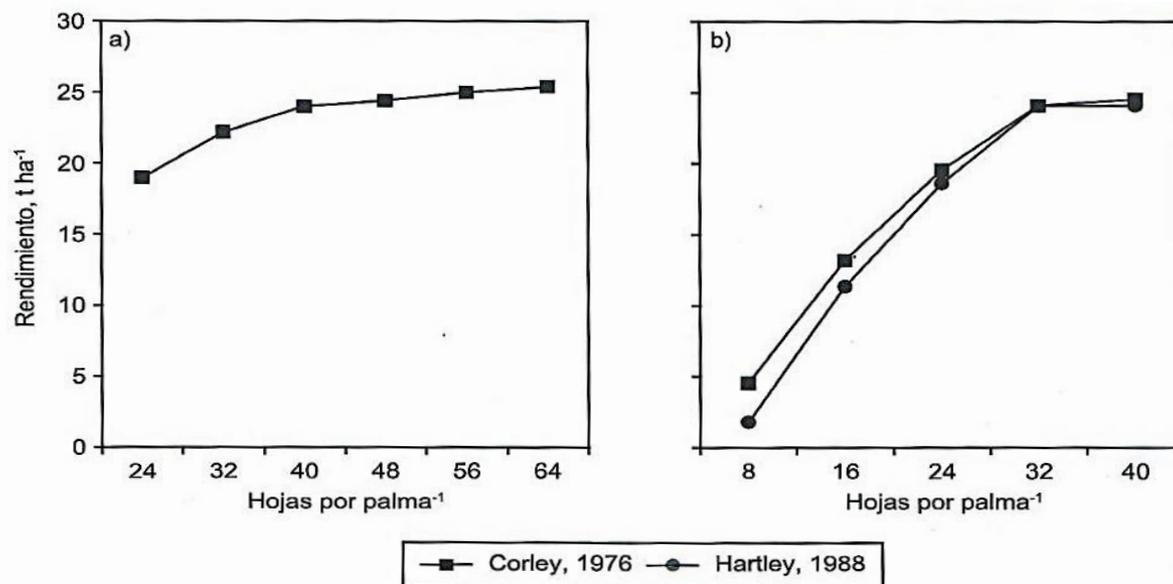
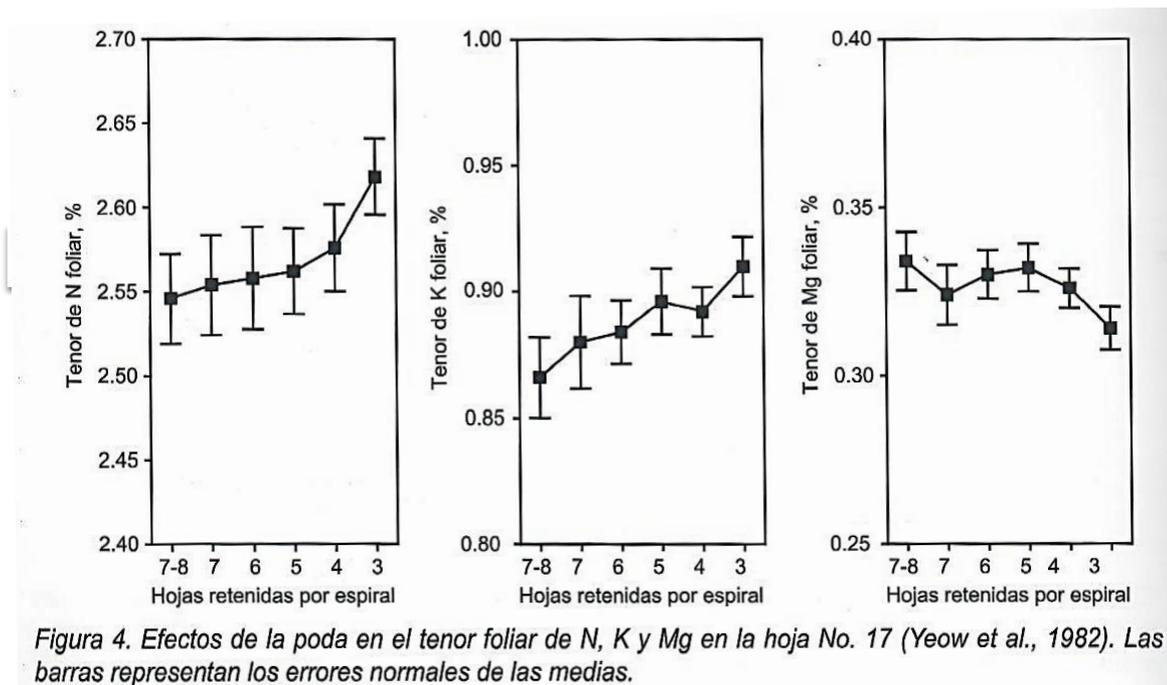


Figura 3. Relación entre el rendimiento de racimos y número de hojas de palmas de suelos costeros (Hartley, 1988). a) En suelos del interior con promedios de datos de cuatro años (Corley, 1976) y b) Con promedio de periodos de dos años (Hartley, 1988).

- ✓ Palmas de 8-12 ADT en suelos menos fértiles, los rendimientos se redujeron significativamente con <32 hojas palma/año (Hartley, 1988)

Contenido de nutrientes en las hojas

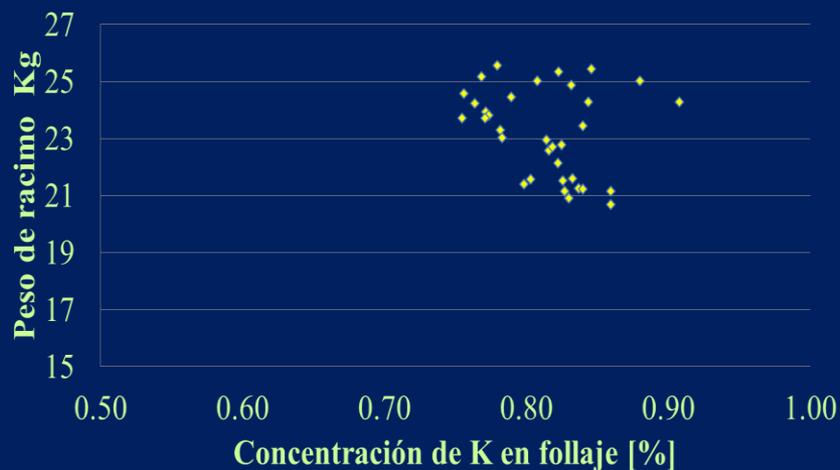
- ✓ La remoción excesiva de hojas implica que los valores aparentes de N y K foliares serán mayores y el Mg será menor (Yeow et al., 1982)



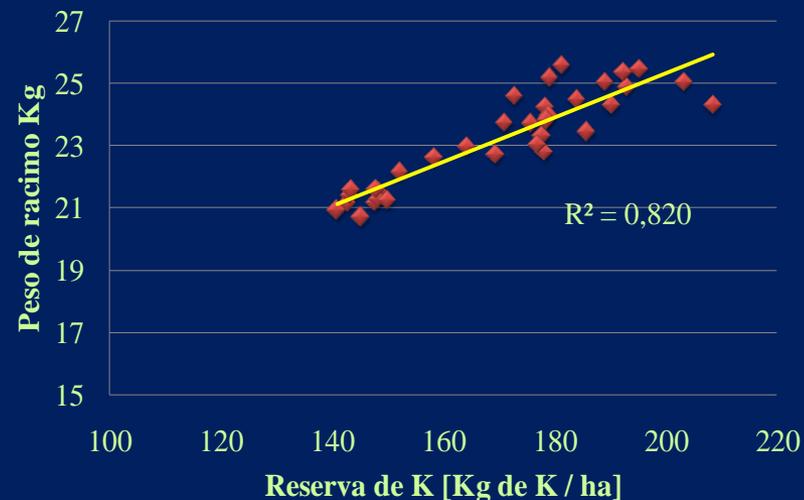
- ✓ Esto puede conducir a una evaluación exagerada o baja de la condición nutricional de la palma (Yeow et al. 1982)

Es muy importante el buen manejo del área foliar

Relación entre Potasio foliar % y peso de racimo



Relación entre Reserva de potasio / ha y Peso de racimo



- ✓ El peso de racimo se define de acuerdo a la reserva de K/ha y no por el nivel de K foliar (Acosta, 2014)

¿Qué tejido elegir para el muestreo?

Tronco, pecíolo, raquis, folíolos, raíces e inflorescencias

- ✓ Puede proporcionar información adicional sobre la absorción y condición de los nutrientes individuales que pueden usarse para mejorar la evaluación de los requerimientos de fertilizantes (Foster, 2003).
- ✓ La cantidad de algunos elementos en los folíolos es muy baja comparada con la cantidad total en la palma (Foster, 2003).

Concentración media de los nutrientes en los tejidos de palmas de 8-15 años de edad cultivadas en Malasia

Componente	N	K	P	Mg	Ca	S
	%					
Folíolo	2.50	0.88	0.128	0.233	0.356	0.174
Raquis	0.37	1.49	0.074	0.193	0.213	0.182
Flecha	1.33	1.70	0.140	0.198	0.187	0.157
Cogollo	2.86	4.06	0.550	0.920	0.422	0.409
Tronco	0.54	1.54	0.070	0.168	0.179	0.311
Raíces	0.32	0.80	0.027	0.083	0.048	0.308
Palma total	0.54	1.60	0.078	0.160	0.180	0.296

Ng et al. (1968, p 388)



Nutrientes disponibles en las hojas podadas (Kee y Chew, 1997)

Parte de la planta	N	P	K	Mg
	Kg/ha/año			
Folíolos	66	4	29	6
Raquis	10	2	49	3
Pecíolo	6	1	24	2
Total	82	7	102	11

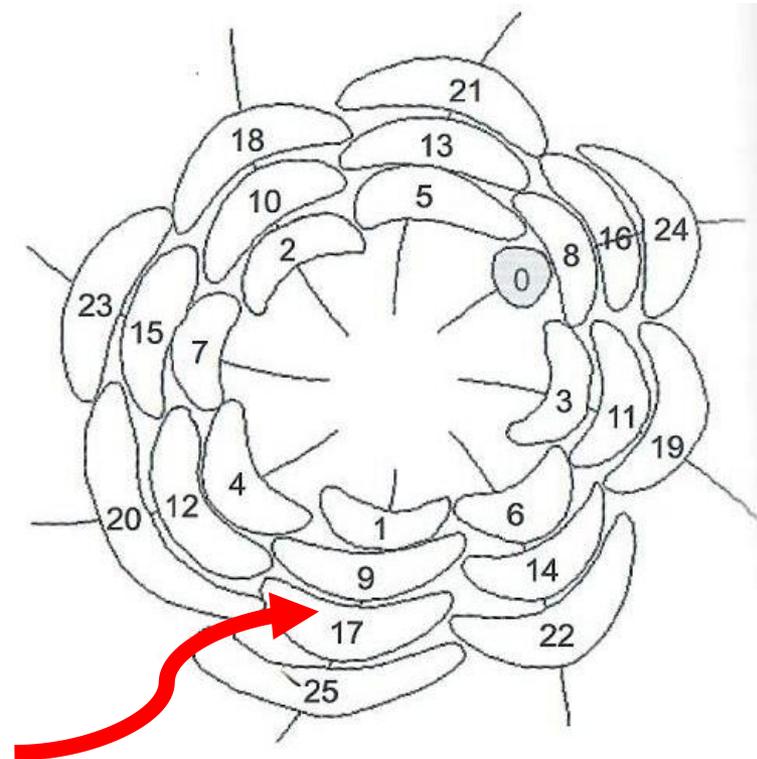
Muestreo foliar

✓ Práctica convencional **muestreo foliar**:

1. Teóricamente elección obvia.
2. Sitio de la fotosíntesis en donde se producen los carbohidratos para la producción de racimos.
3. Práctica más común en plantaciones de palma aceitera.

(Foster, 2003)

- ✓ Gradientes de nutrientes en las hojas. (Ng, S. K, et al., 2003).
- ✓ Necesario usar una hoja como referencia normal para el muestreo foliar (Ng, S. K, et al., 2003).
- ✓ Entre mayor sea la tasa de producción de hojas, menor será la edad fisiológica de las hojas (Ng, S. K, et al., 2003).
- ✓ Procedimiento normal, muestreo de folíolos de hoja No. 17 (Ng, S. K, et al., 2003).



Entonces, ¿por qué hacer el muestreo en el follaje?

La condición de los nutrientes de las hojas es de importancia fundamental, porque allí es donde se fabrican los carbohidratos requeridos para el crecimiento vegetativo y la producción de racimos.

¿Por qué elegir la hoja No. 17?

- ✓ Mayor correlación entre los niveles foliares de nutrientes y el rendimiento de racimos en la hoja No. 17 (Chapman y Gray, 1949).
- ✓ El muestreo foliar de la hoja No. 17 parece adecuado para todos los nutrientes y probablemente es el mejor acuerdo (Rajaratnam et al., 1980).
- ✓ Una hoja más joven sería más apropiada para nutrientes particulares como el K (Broeshart, 1954).
- ✓ Interpretación basada en resultados de ensayos que emplean la hoja No. 17 → hay **muy pocos datos** de investigación **para otras hojas** (Foster, 2003).

¿Qué sabemos sobre el raquis?

Proporción del raquis y el follaje en relación al peso seco de la hoja

Raquis	Foliar
54%	46%

- ✓ Malasia → K en **el raquis** de la hoja No. 17 es un indicador **más sensible** de absorción del K que en el nivel foliar (Teoh y Chew, 1988).

Clasificación de la propuesta para la condición del K basada en el análisis del tejido del raquis de la hoja No. 17

Clasificación	% K en el tejido del raquis
Alto	>1.60
Adecuado	1.31-1.60
Marginal	1.01-1.3
Bajo	1.01

- ✓ Indonesia → La respuesta de rendimiento al fertilizante de K en situaciones marginales se indicaba mejor por el K del raquis, pero la magnitud de la deficiencia del K está mejor indicada por los niveles del nutriente en los folíolos (Foster y Prabowo, 1996).

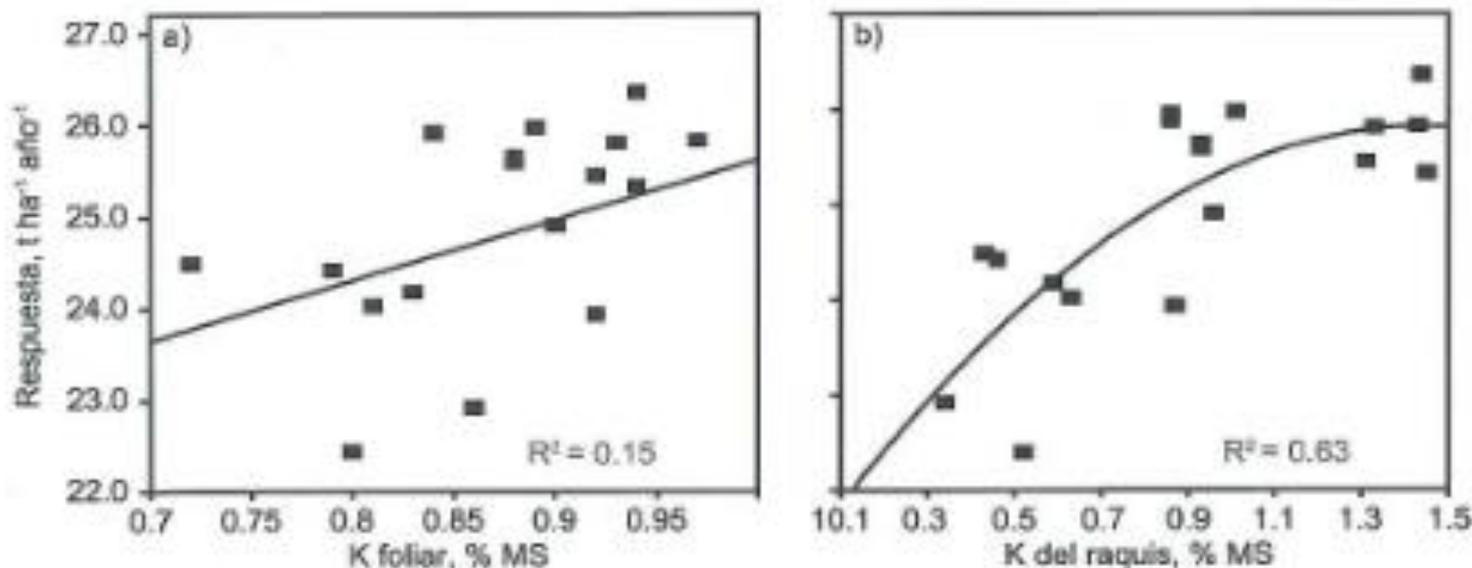


Figura 14. Comparación de la relación entre el rendimiento y la concentración de K foliar (a) y tejido del raquis (b) en un experimento de fertilización en suelo volcánico en el Norte de Sumatra (Foster y Prabowo, 1996a).

- ✓ El análisis de los folíolos parece ser el procedimiento más valioso, aunque el análisis del raquis a veces proporciona información adicional ventajosa, particularmente en relación con las reservas del K (Foster, 2003).
- ✓ El K del raquis refleja indudablemente la absorción del K por la palma, mientras que el K foliar a menudo no lo hace, debido a las interacciones con otros nutrientes (Foster, 2003).
- ✓ No hay evidencia de que la concentración de **otros nutrientes** en el raquis sea un indicador más confiable que el análisis de los folíolos (Foster, 2003).

Podríamos decir que:

Raquis

Reserva de
nutrientes

Foliar

Fabrica de
asimilados

Interacción de nutrientes

Los nutrientes no actúan aisladamente, las interacciones ocurren cuando la aplicación de un nutriente influye en el suministro, la absorción o la incorporación de otro.

(Goh & Hårdter, 2003)

Las más significativas en palmas de aceite cultivadas comercialmente:

N y P

N y K

K y Mg

En ausencia de N, un aumento en la cantidad de K aplicado dio como resultado una disminución del rendimiento, pero no tuvo efecto en el crecimiento vegetativo de la palma (Chan 1982c), sin embargo, cuando se aplicó N, el fertilizante de K aumentó significativamente tanto el rendimiento como la producción de materia seca vegetativa.

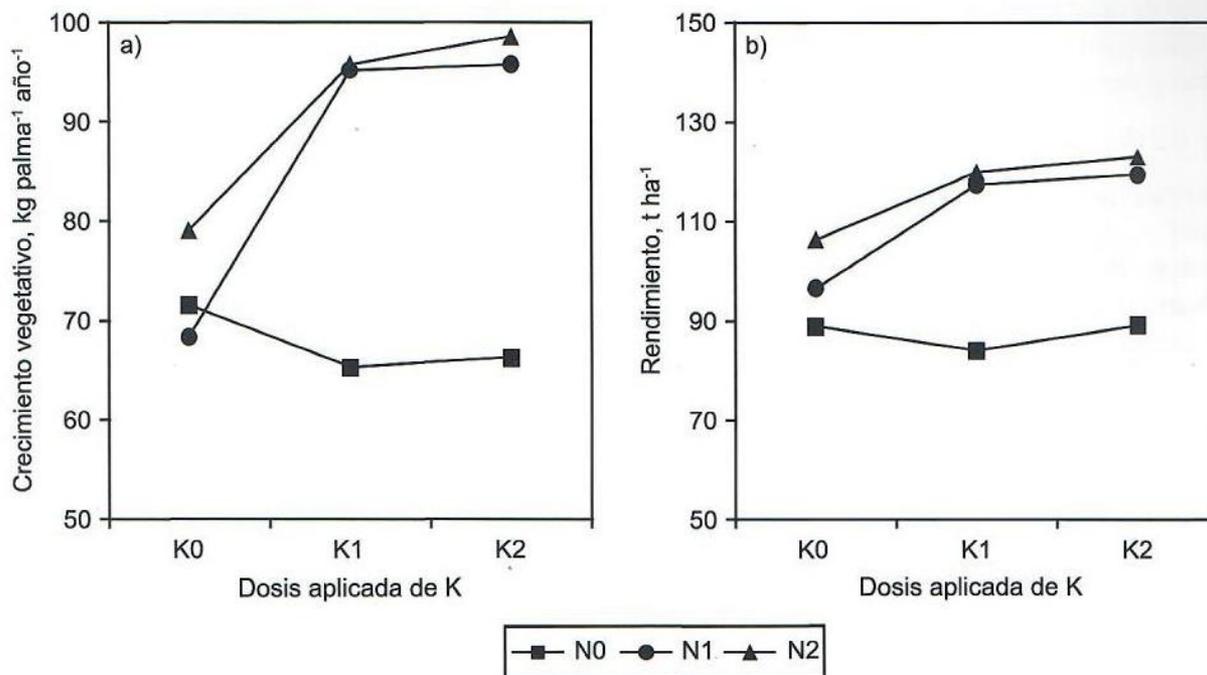
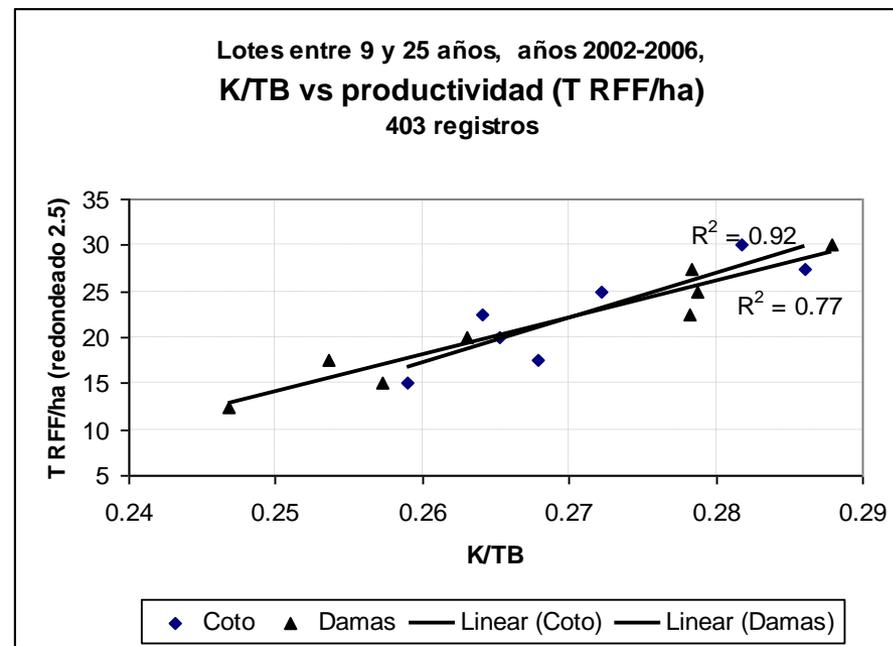
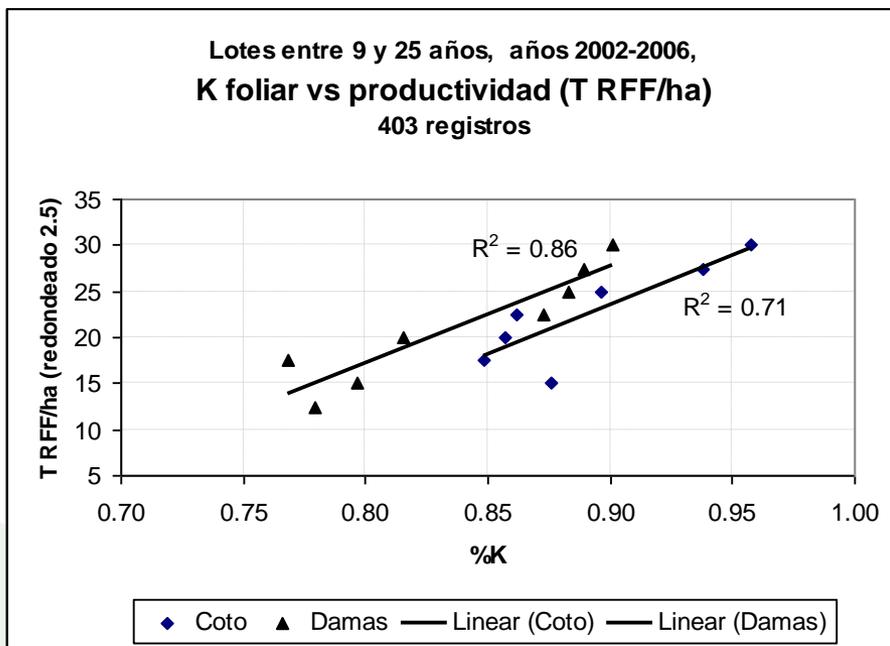


Figura 12. Efecto de los fertilizantes de N y K en el crecimiento vegetativo y rendimiento en palmas de aceite en un suelo de la serie Rengam (Typic Paleudult) en Malasia (Chan, 1982a).

Niveles críticos variables Potasio



La respuesta de la producción a la concentración de potasio en el follaje es variable dependiendo de la zona, sin embargo, la respuesta de la producción es mas estable cuando es referida a la concentración relativa de K sobre el total de bases en follaje. Esta concentración óptima para los lugares estudiados es de 0,3.

Y nosotros ¿qué hacemos?

- ✓ Estricto seguimiento del estado nutricional del suelo, follaje y raquis para su uso en el programa de fertilización.
- ✓ Seguimiento del crecimiento vegetativo de las plantaciones.
- ✓ Hasta el 2014 únicamente uso de datos foliares y de suelo para interpretación.
- ✓ El programa de fertilización se respalda de resultados experimentales locales.

- ✓ Nueve años de experimentación en campo: regiones Polochic y Franja Transversal del Norte. Cinco años en región San Luis, Petén.
- ✓ Experimentos dinámicos para definir el máximo potencial de respuesta de las plantaciones y la interacción de nutrientes en diferentes niveles de N, P y K.
- ✓ En 2014 se profundizó en el tejido del raquis debido a la respuesta a interacción de nutrientes más evidente que en follaje.
- ✓ Hallazgos permiten innovación del manejo en la transferencia de nutrientes del tejido de reserva al follaje para el máximo aprovechamiento.

Macro ensayos en nutrición vegetal

a.) Balance de nutrientes N-P-K

Región 1

13 años			
Niveles	gr/palma		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1		100	
-1	300	291	300
0	750	592	1350
1	1350	876	2727
2			3900

Región 2

10 años			
Niveles	gr/palma		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1		100	
-1	300	175	300
0	600	350	1200
1	900	520	2100
2			3000

Región 3

6 años			
Niveles	gr/palma		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1		100	
-1	0	175	300
0	450	350	1200
1	900	520	2100
2			3000

✓ 48 interacciones N-P-K.

b.) Potencial de respuesta

- ✓ Fraccionamiento de la fertilización comercial del lote.

0% - 50% - 100% - 150% y 200%

- ✓ Esto permite determinar el máximo potencial de respuesta a la fertilización.
- ✓ Hacer ajustes a nivel comercial de acuerdo a dicha respuesta.
- ✓ Resultados de los primeros años imprecisos y variables, el efecto de tratamientos esperaron alrededor de 3 años para establecerse.

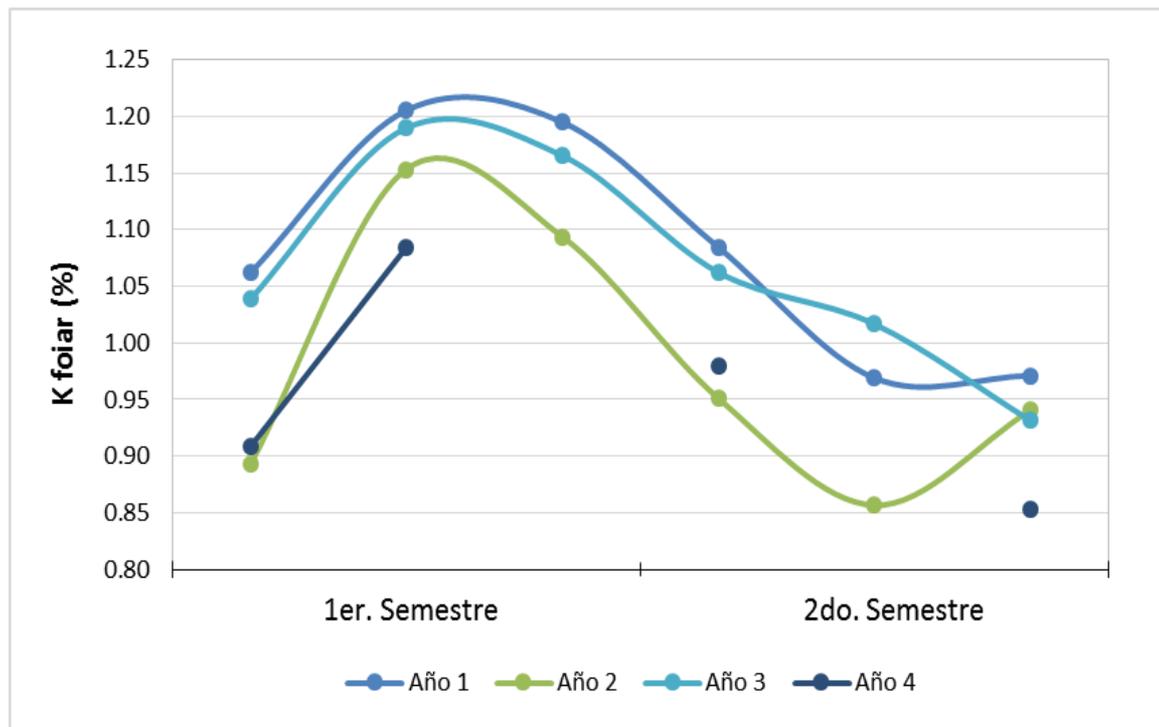
2. Resultados y experiencias en NaturAceites

✓ La concentración de Potasio en follaje es mayor en el período más seco del año.

✓ Aunque haya aplicaciones de Potasio durante el segundo semestre a nivel de follaje no se observa respuesta a dichas aplicaciones.

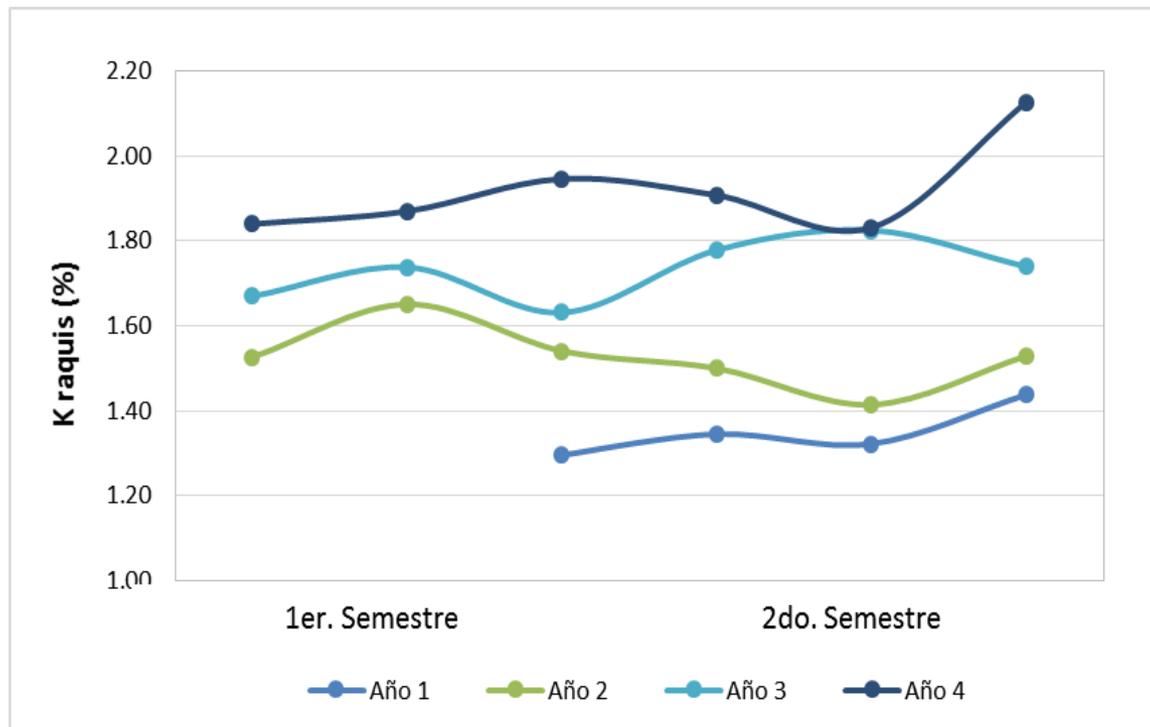
✓ La reducción del K en follaje puede deberse a la demanda incremental del K para el llenado de frutos antes del pico de cosecha y el consumo de las reservas en follaje.

Comportamiento del K foliar



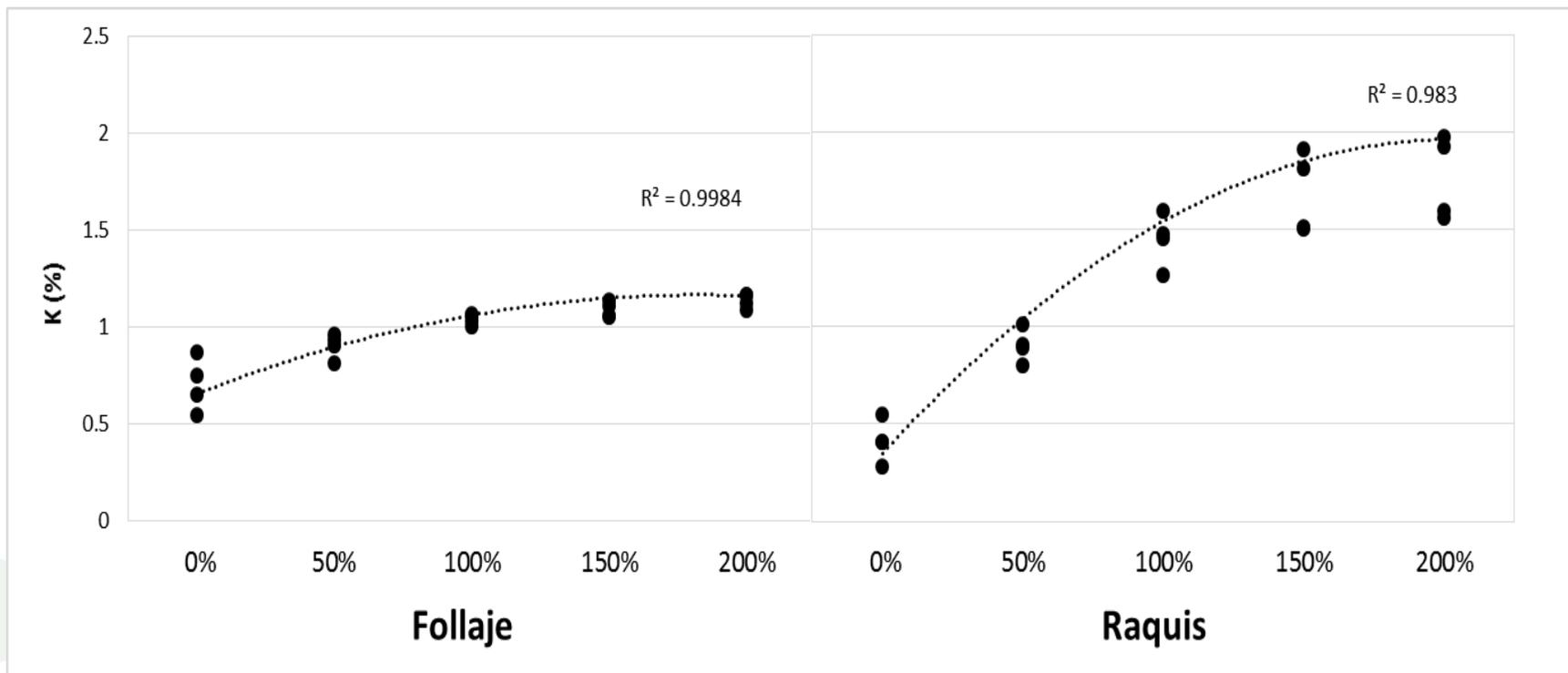
Comportamiento del K en raquis

- ✓ La concentración de potasio en raquis no corresponde a la estacionalidad de la cosecha como sucede en el tejido foliar.



- ✓ La acumulación de potasio en raquis ocurre del año 1 al 4 considerándose un tejido de reserva al igual que el estípite de la palma.

Comparación de la respuesta de K en tejido foliar y raquis

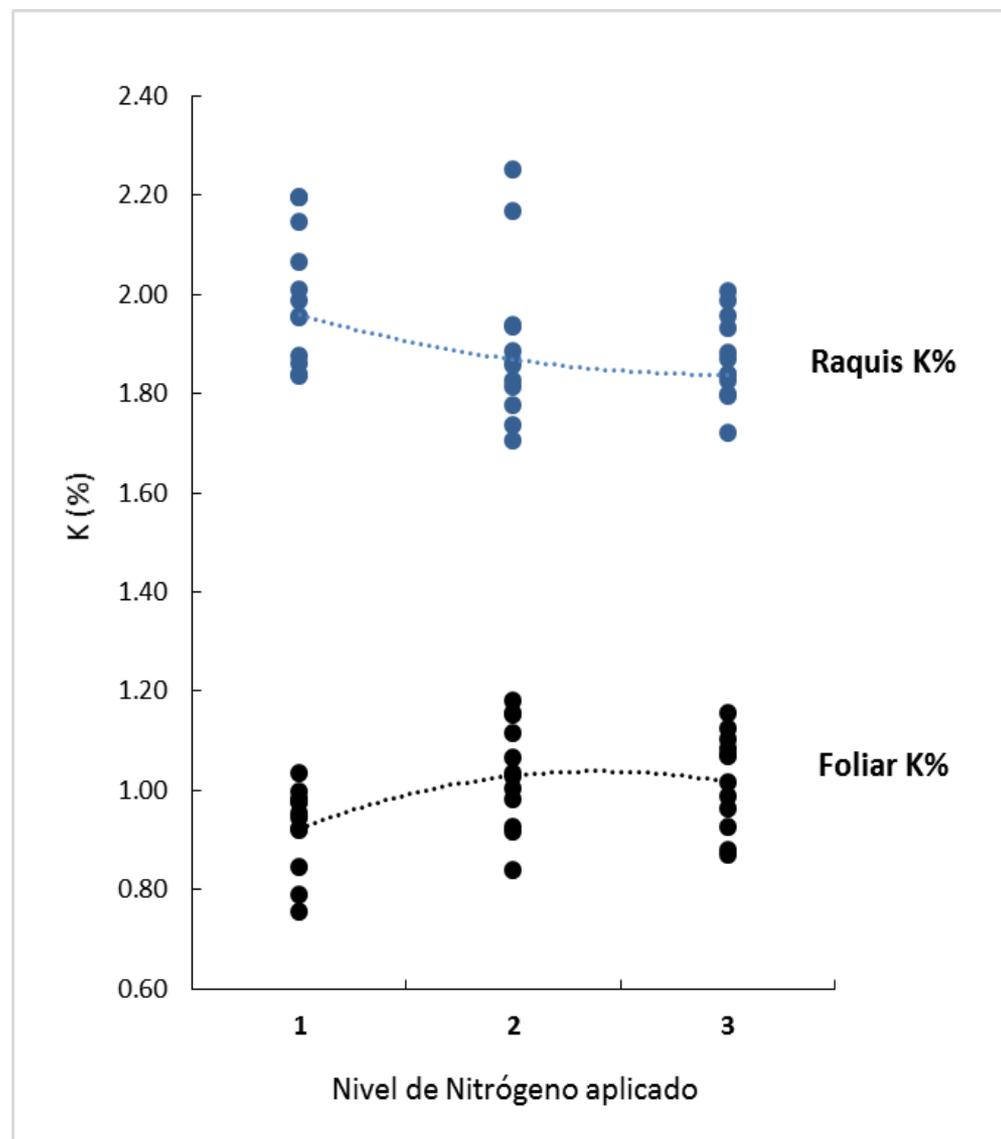


El raquis es el tejido más sensible a la respuesta sobre incremento de fertilización.

Los puntos hacen referencia a años de seguimiento

Relación entre el K en raquis y follaje con el Nitrógeno aplicado

Un aumento de la cantidad de N aplicado dio como resultado una disminución del K en raquis, como consecuencia un aumento en la concentración del follaje por movilización.



Si los niveles de P o K en la hoja son más deficientes que los niveles de nutrientes del raquis, entonces la fertilización con Nitrógeno debe aumentarse para estimular la transferencia de nutrientes a partir de tejidos de reserva en las hojas (raquis).

(Foster, 2006)

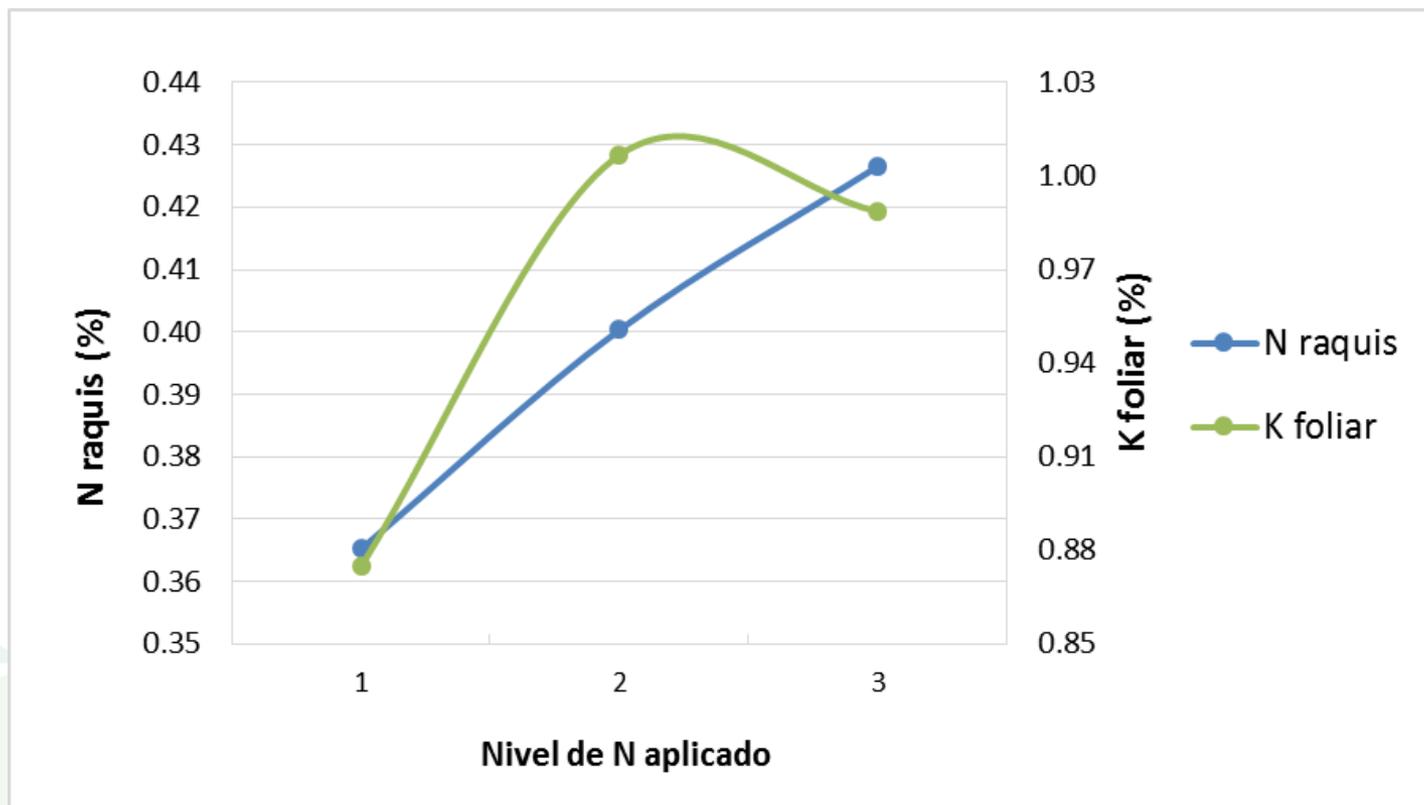
Efecto de la interacción de niveles de N - K aplicados sobre el K foliar

		Potasio			
		muy bajo	bajo	medio	alto
Nitrógeno	Bajo	0.84	0.89	0.90	0.88
	Medio	0.92	0.95	1.08	1.08
	Alto	0.96	0.97	1.02	1.00

Un incremento del nivel de Potasio aplicado no impacta la concentración de **K en follaje** cuando el Nitrógeno aplicado es bajo.

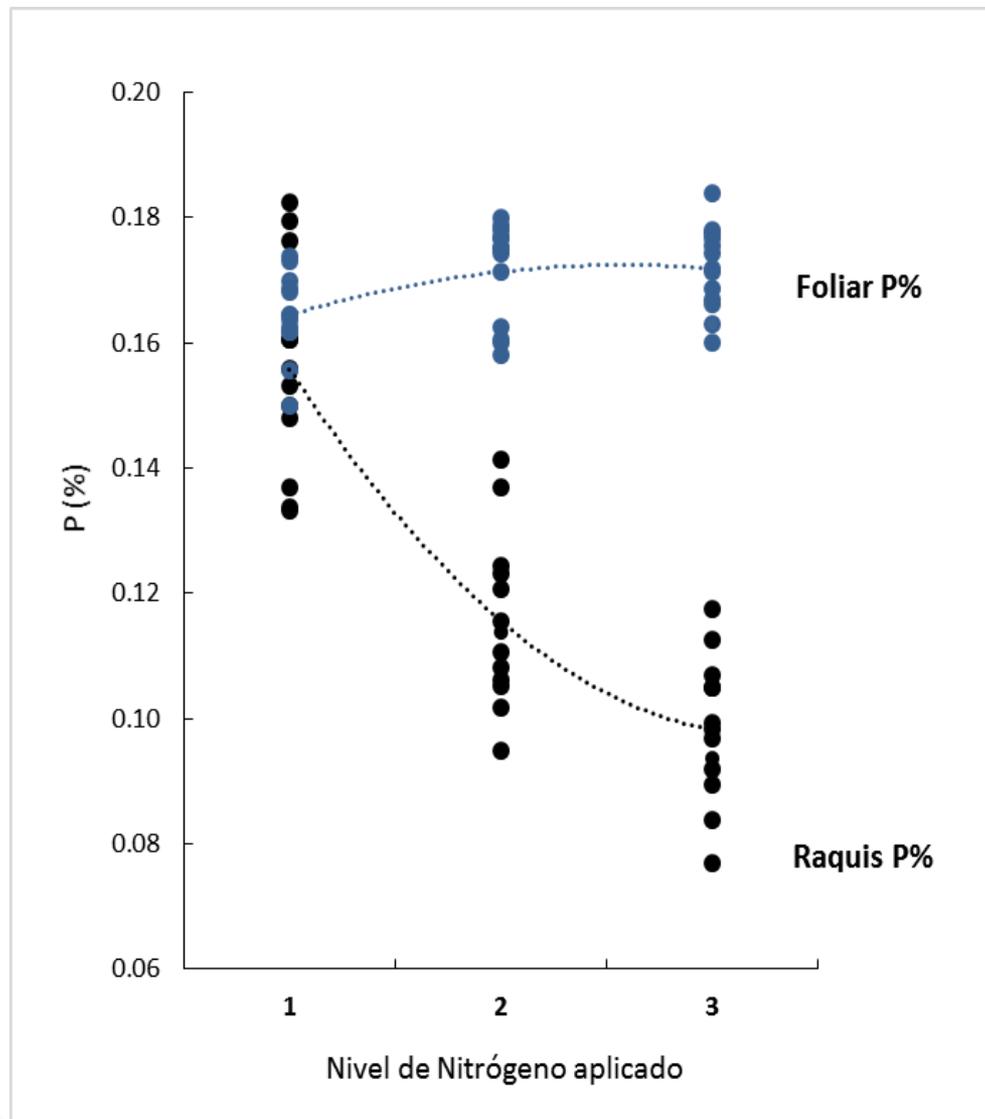
- ✓ Luego de 3 años la palma empezó a responder a tratamientos.
- ✓ Durante 3 años consecutivos la respuesta a esta interacción no se ha modificado.

Relación entre la concentración de N de raquis y el flujo K hacia el follaje



- ✓ Parece ser necesario tener los niveles correctos de Nitrógeno en raquis para que este pueda ayudar a que el Potasio pase al follaje.

Relación entre el P en raquis y follaje con el Nitrógeno aplicado



Para incrementar los niveles deficientes de P de la hoja, si el nivel de P en raquis es satisfactorio, un aumento en la fertilización con N o K es generalmente efectiva, dependiendo cual de los dos es más deficiente.

(Foster, 2006)

Raquis

		Fósforo			
		Muy bajo	bajo	medio	alto
Nitrógeno	bajo	0.15	0.13	0.16	0.18
	medio	0.12	0.12	0.13	0.11
	alto	0.10	0.10	0.10	0.11

Folíolos

		Fósforo			
		Muy bajo	bajo	medio	alto
Nitrógeno	bajo	0.166	0.169	0.165	0.164
	medio	0.175	0.175	0.176	0.180
	alto	0.177	0.179	0.170	0.180

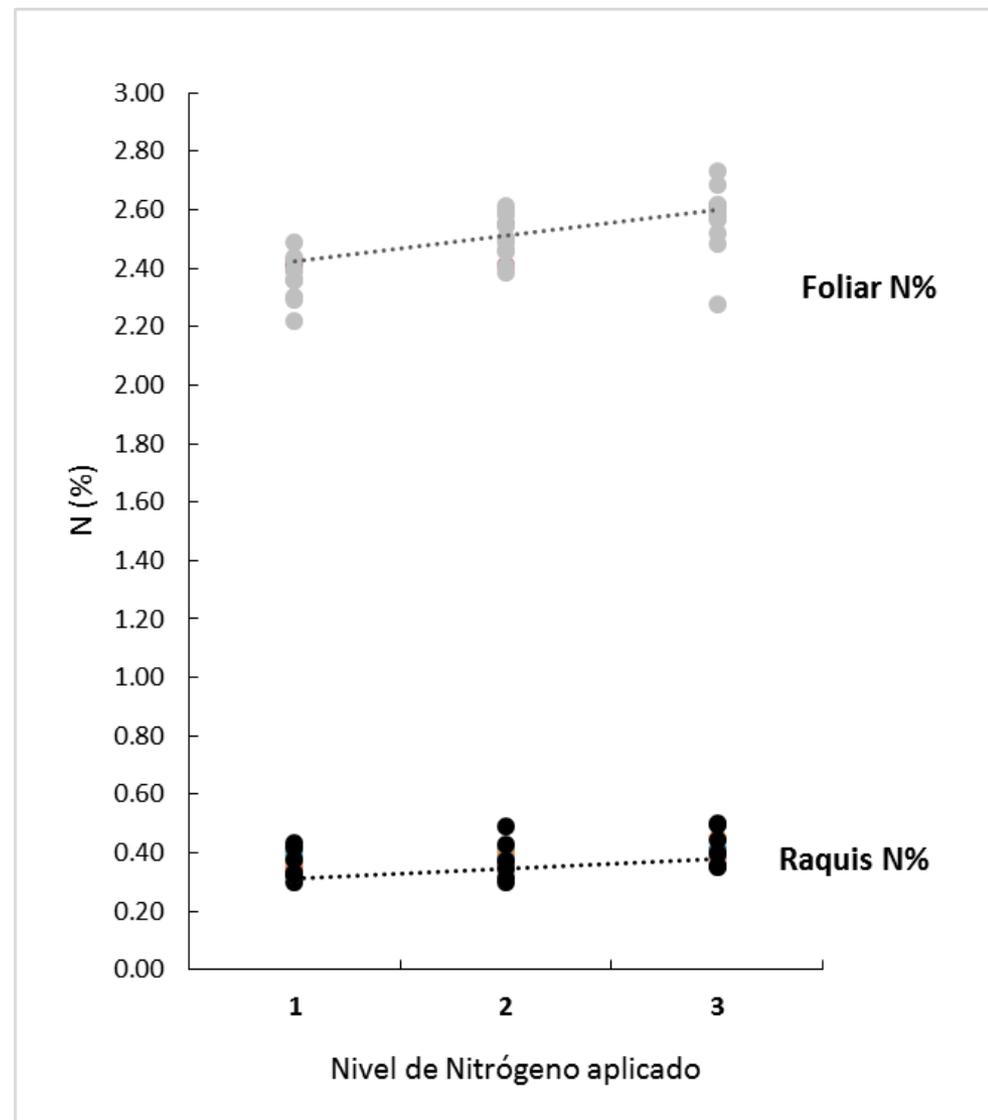
Desde el primer año del ensayo la respuesta del raquis es estable.

El fósforo en raquis responde inmediatamente a las aplicaciones de N, niveles más altos de Nitrógeno promueven la

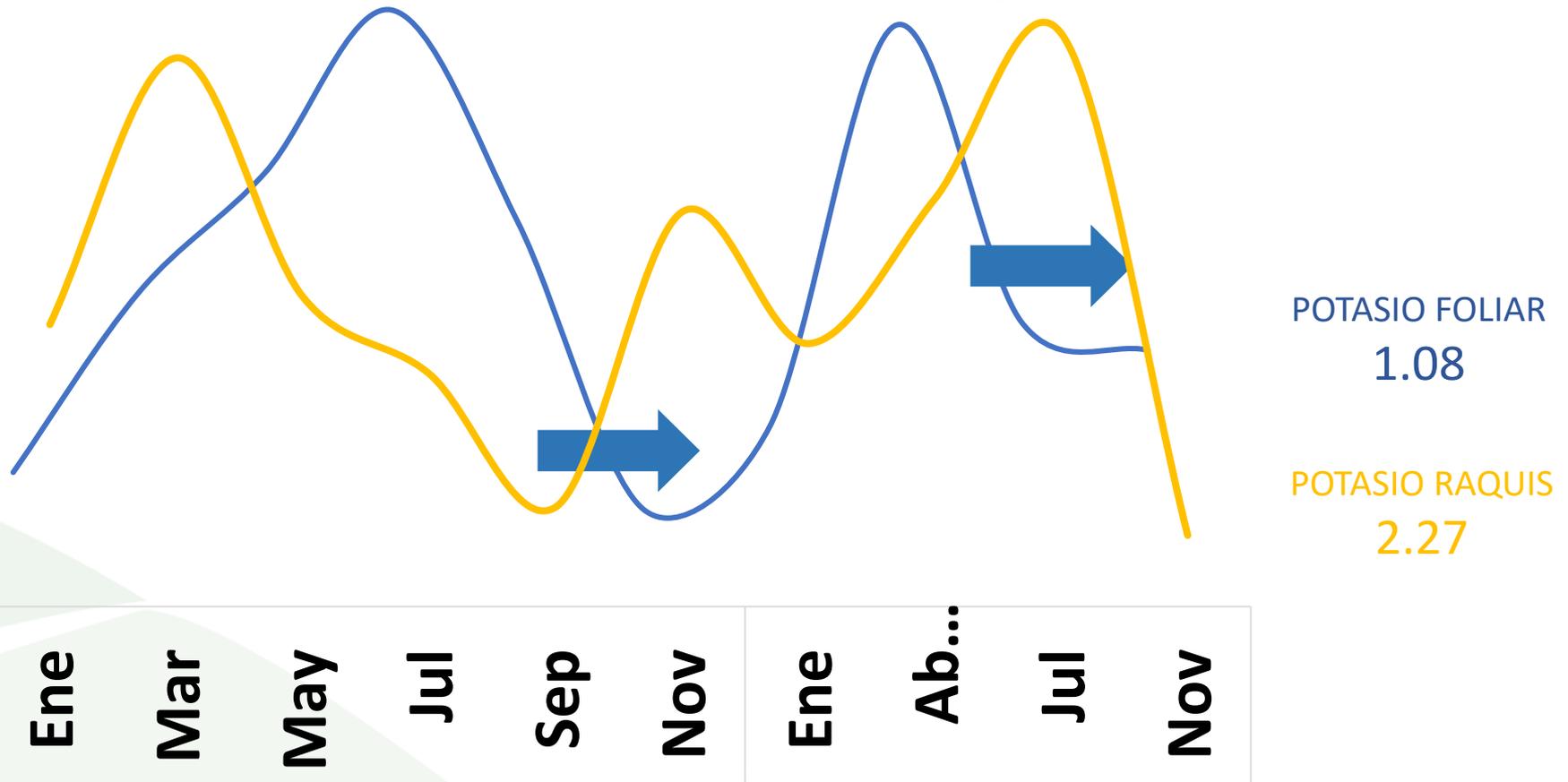
disminución del P del raquis ¿qué sucede con ese P?

El N en raquis y follaje incrementa en ambos tejidos con el aumento de N aplicado.

Para incrementar los niveles de N o Mg foliar, generalmente un incremento de N o Mg en fertilizante es efectivo (Foster, 2006).



Uso de reserva de K en raquis



- ✓ Con el incremento del 46% del N aplicado y la disminución del 19% de K, se logró mantener los niveles de los picos del potasio foliar.

A considerar:

- ✓ Muchas enfermedades de la palma PC (Munevar, Acosta, Gómez, Nieto, y otros), Pestalotiopsis (Calvache, Reyes y otros), Vascular Wilt (Turner), así como desarrollo de plagas de defoliadores (Calvache) están asociados a desbalances nutricionales.
- ✓ La demanda de nutrientes en la palma es tan dinámica como la distribución de los picos de producción.
- ✓ La sincronía entre la oferta de nutrientes y la demanda define la estabilidad de los balances nutricionales.
- ✓ Esta “reserva” sin duda ayudado a mantener la sanidad de los cultivos en los últimos años.
- ✓ El consumo de dicha “reserva” elimina el “Buffer” dejando el cultivo mas expuesto a problemas fitosanitarios. La alternativa de consumir la reserva no es sostenible a largo plazo.

3. Conclusiones

- ✓ El análisis del raquis permite comprender mejor la condición de reserva del cultivo, sin embargo, la sensibilidad estacional del tejido foliar permite actuar oportunamente para mantener los niveles foliares y conservar la reserva para los períodos de mayor consumo.
- ✓ Las altas concentraciones de K en el raquis, incluso mayores a los rangos establecidos en ensayos previos corroboran la funcionalidad de tejido de reserva del raquis.
- ✓ Aplicaciones de nitrógeno al suelo pueden promover la transferencia de K y P del raquis de la hoja a los folíolos.
- ✓ La “reserva” de nutrientes en el raquis de la hoja permite amortiguar la asincronía que se presenta entre la oferta y la demanda.

¡Gracias por su atención!

jmcorzo@naturaceites.com