



WWW.GREPALMA.ORG/IICPAL2016



II CONGRESO PALMERO C//PAL

22 AL 24 DE AGOSTO DE 2016
SANTO DOMINGO DEL CERRO
LA ANTIGUA GUATEMALA

Seguimiento de los Resultados de Análisis Foliare y de Experimentos para Alcanzar los Rendimientos Potenciales del Sitio

Por:

Jose Alvaro Cristancho Rodriguez I.A. *Ph.D.*

24 de Agosto de 2016

Antigua Gautemala



CONTENIDO

1. Introducción – historia del muestreo foliar en palma,
2. Importancia de los análisis foliares (AF),
3. Factores que afectan los resultados de AF,
4. Como interpretar los AF y qué información adicional brindan,
5. Ejemplo de seguimiento a AF y su asocio con la productividad,
6. Importancia de adelantar experimentos en cada plantación para ajustar los planes de nutrición,
7. Tipos de experimentos más utilizados,
8. Ej. de la utilización de experimentos
9. Consideraciones finales
10. Preguntas y comentarios



IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS FOLIAR

1. Diagnóstico del estado nutricional del cultivo,
2. Determinar el contenido de nutrientes en el cultivo necesarios para el normal desarrollo de sus funciones,
3. Evaluación nutricional contrastando los contenidos con los rangos propuesto para cada edad y material,
4. Se pueden calificar en diferentes rangos de concentración: Deficiencia, Suficiencia y Toxicidad,
5. Existe una relación muy estrecha entre la concentración de nutrientes en el tejido vegetal y el crecimiento y/o rendimiento del cultivo,
6. Importante calibrarlo para cada sitio a través de experimentos de curvas de respuesta

FUNDAMENTOS PARA LA SELECCIÓN DE LA HOJA 17

1. Chapman y Gray (1949) fueron los primeros en proponer el uso de análisis foliares para el diagnóstico de deficiencias de nutrientes en PA,
2. La hoja 17 brindó mejores correlaciones de P y K con el rendimiento,
3. La hoja 17 dio el menor error estándar para N, P, K y Ca; comparado con la hoja 1 y 25,
4. Existe amplia información registrada para la H17,
5. Existen rangos de suficiencia – niveles críticos para calificar los resultados,
6. Se ha propuesto niveles críticos en el raquis de la H17.



OBJETIVOS DEL MUESTREO FOLIAR

1. Determinar el nivel nutricional del momento de un lote o bloque para ajustar los requerimientos de nutrientes,
2. Determinar la variabilidad de los contenidos de nutrientes en el tiempo y en el espacio,
3. Importante para asociar el nivel nutricional con incidencias y severidad de plagas y enfermedades,
4. Permite hacer seguimiento de la funcionalidad de los drenajes.



FORMA DE MUESTREO

1. Identificar y marcar el 1% de las palmas para el muestreo (~30 palmas por lote),
2. Seleccionar solamente palmas sanas y productivas,
3. Muestree la hoja 9 para palma joven (≤ 3 años de edad) y la hoja 17 palmas > 3 años de edad.,
4. Se deben marcar en el campo las palmas y en un mapa isométrico - SIG.
5. Se puede agrupar lotes para formar Unidades homogéneas ó UMAs
6. Una unidad homogénea es un área con características similares de edad, tipo de suelo, material, manejo de agua, condición sanitaria y nivel nutricional.



INFORMACIÓN MÍNIMA A TENER POR UNIDAD HOMOGÉNEA

- i. Tipo de suelo
- ii. Análisis de foliar de N, P, K, Mg, Ca, S, B y Mn (Algunas veces Cl, Cu y Zn),
- iii. Análisis en raquis de N, P, K y Mg



INFORMACIÓN ADICIONAL POR UNIDAD HOMOGÉNEA

1. Textura del suelo → % Arena, %Limo, % Arcilla (Una vez),
2. Evaluación de síntomas de deficiencia para N, K, Mg, B, Cu y S (anual),
3. Registro de parámetros de crecimiento → Sección transversal del peciolo, altura de la palma, emisión foliar y IAF (anual).



PRECAUCIONES

1. Chequeo cruzado entre laboratorios
2. Enviar muestras duplicadas para investigar el nivel de variabilidad,
3. Enviar muestras estándar o patrón para determinar el nivel de precisión,
4. Limpieza de datos para eliminar posibles errores,
5. Eliminar la información fuera de estándares

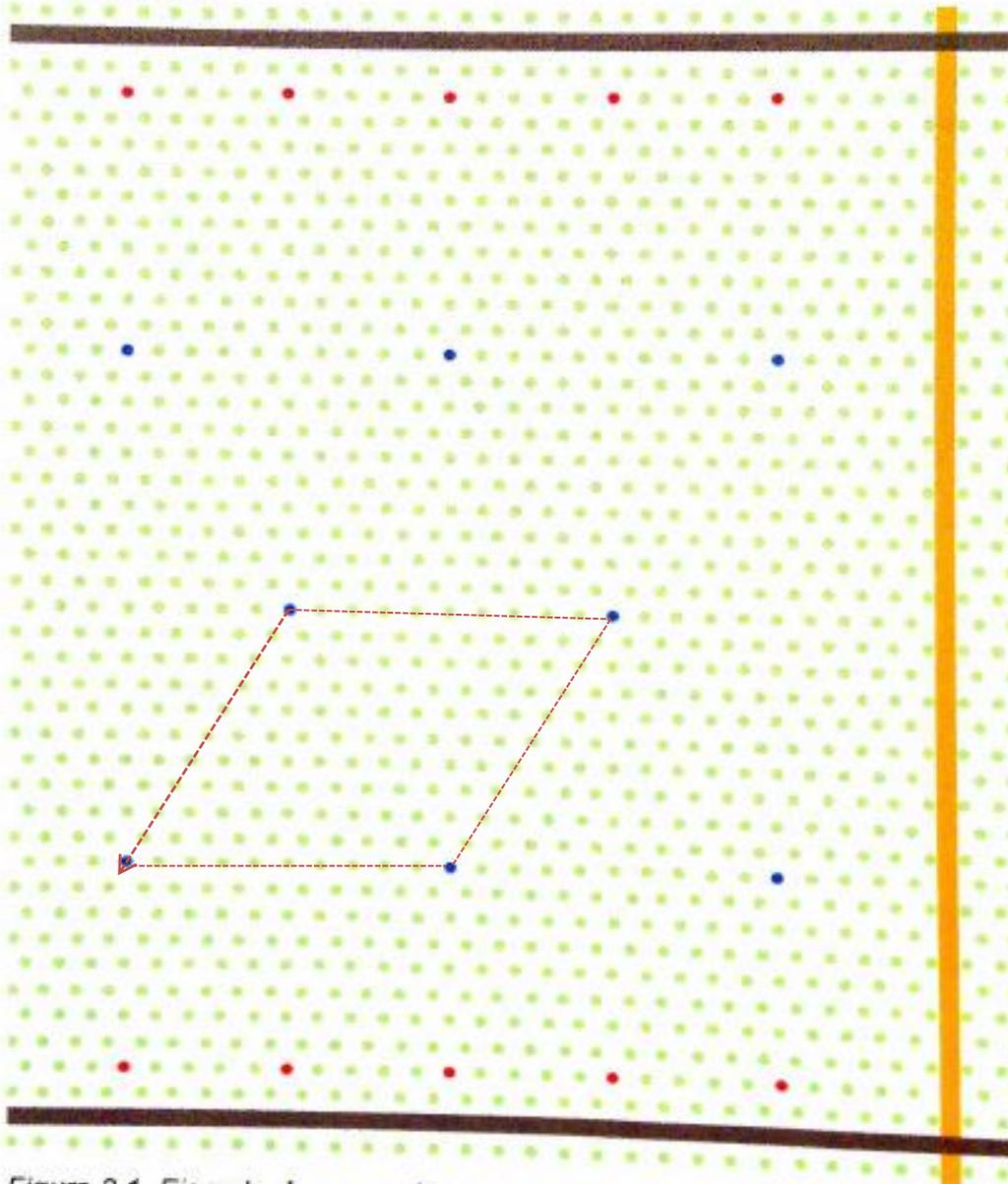
PREGUNTAS DURANTE EL MF

1. Es necesario parar la aplicación de fertilizantes por un periodo antes del muestreo?, que tan largo puede ser éste periodo?
2. Lavar los folíolos antes del análisis?
3. Cómo manejar los bloques con mucha variabilidad interna?
4. Qué parte se debe muestrear para hacer el análisis de raquis y de folíolos?
5. Porqué muestrear en la mañana?
6. Muestrear unos bloques para medir la fluctuación o variabilidad de los niveles foliares a través del año?



- Marcas en las palmas a los dos lados de las hileras designadas como UMF
- Palmas UMF

- Camino principal
- Camino de cosecha



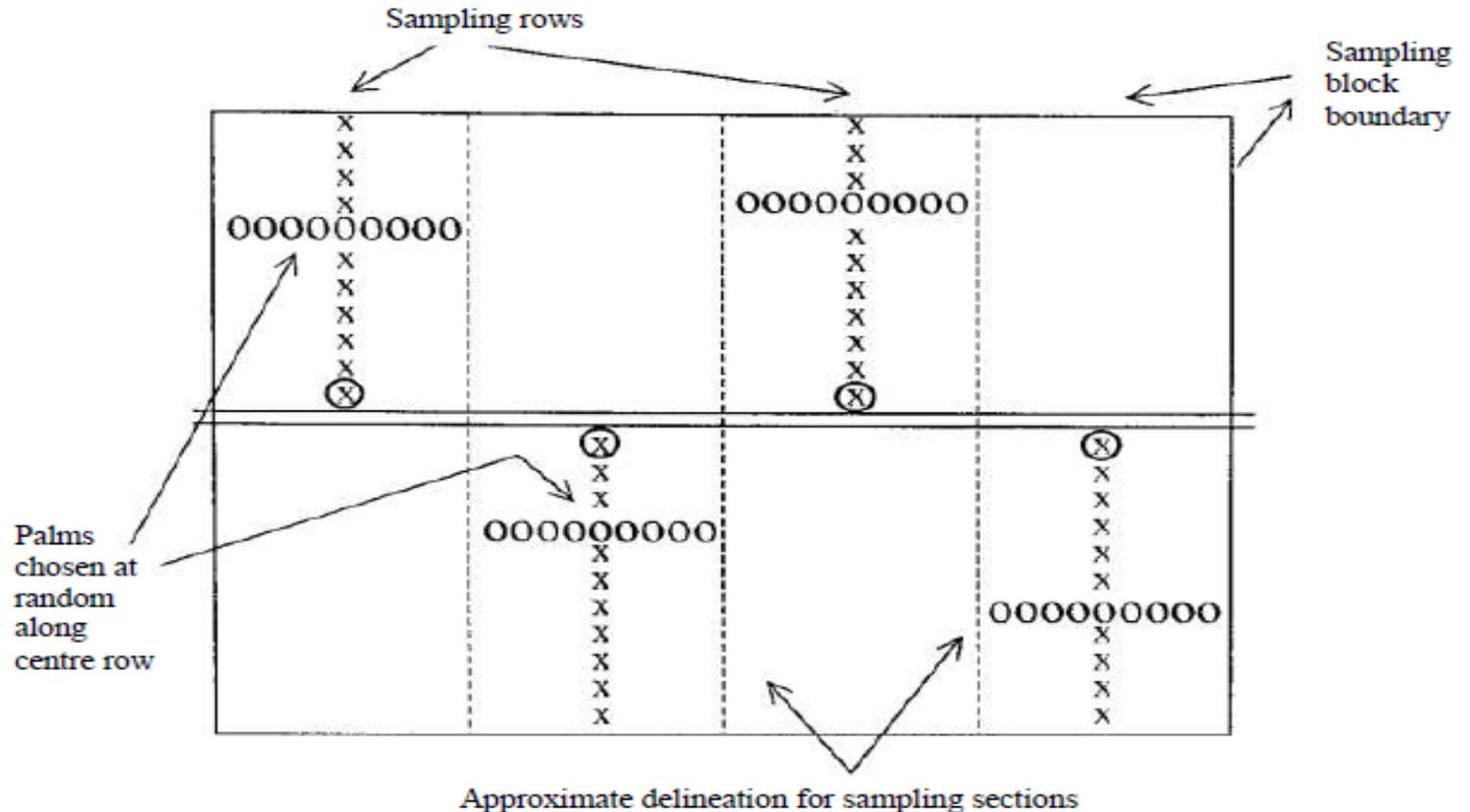
Ejemplo DE UBICACIÓN DE LAS PALMAS PARA EL MF (Caliman, 2004)

Se debe marcar y geo-referenciar las palmas

Figura 2.1. Ejemplo de marcación de palmas UMF.

EJEMPLO DEL ESQUEMA DEL MF PATRICK Y TEO 2010

Figure 1: Palm sampling scheme



- ⊗ Permanent marked centre palms in each sampling section
- Sampling palms



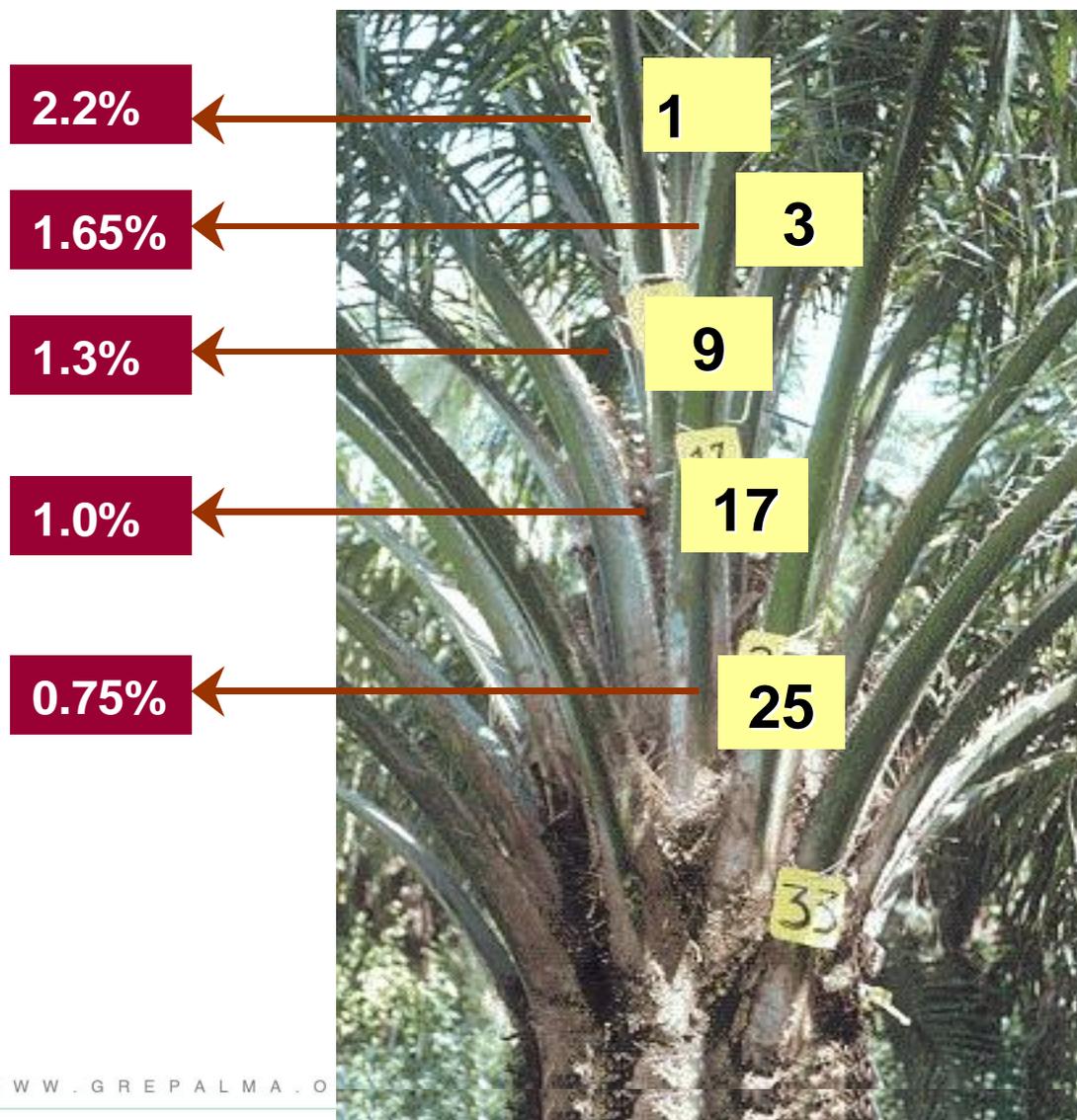
FACTORES QUE AFECTAN LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS FOLIAR

Fairhurst (1999)

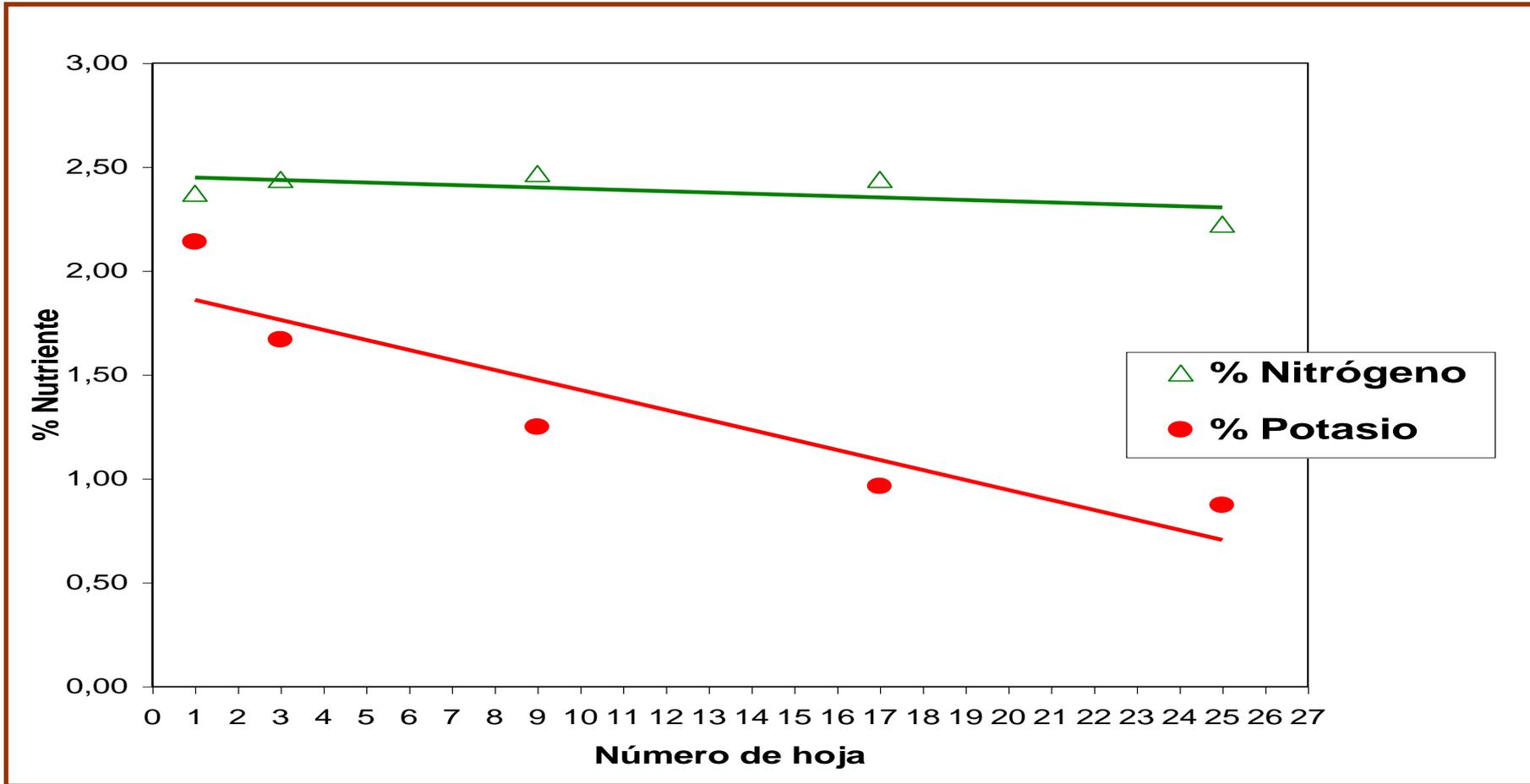


Riego, Drenaje, Posición del foliolo, densidad del muestreo,

VARIABILIDAD DE K



VARIABILIDAD DE N Y K



N

$$Y = -0,006X + 2,4553 \text{ n.s}$$

$$R^2: 0,35$$

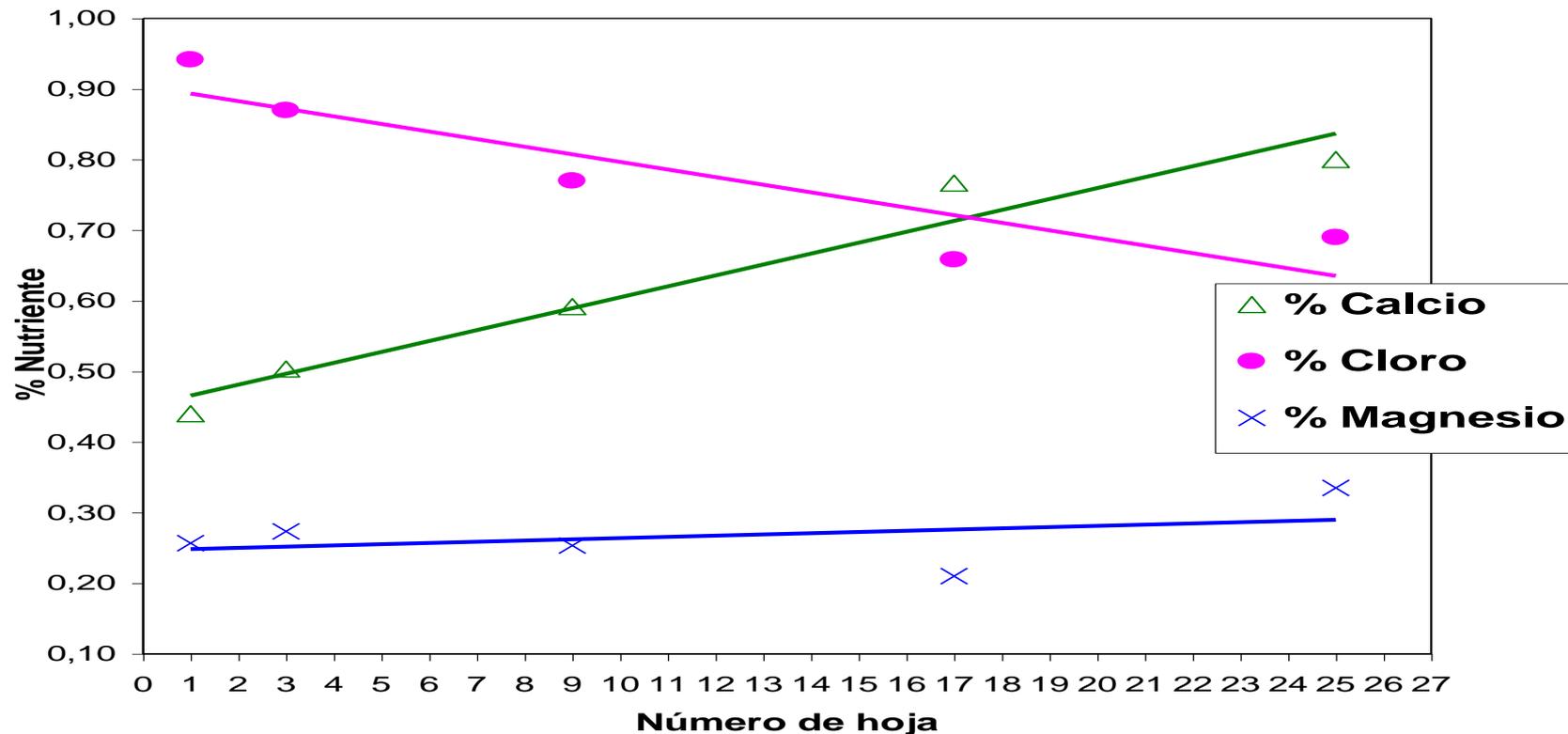
K

$$Y = -0,0481X + 1,9089^{**}$$

$$R^2: 0,84$$



VARIABILIDAD DE MG, CA Y CL



Mg

$$Y = 0,0017X + 0,2467 \text{ n.s}$$

$$R^2: 0,16$$

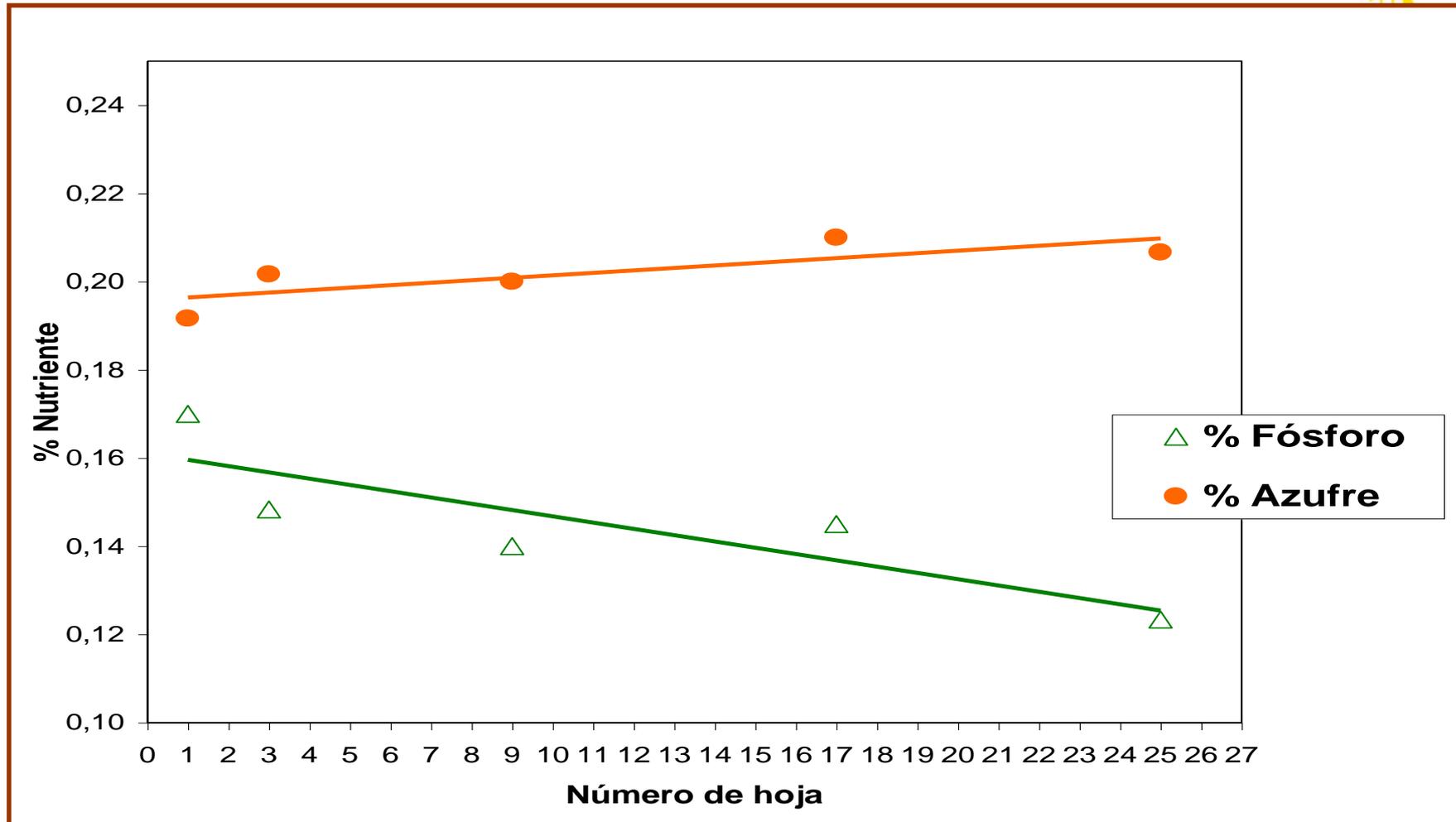
Ca

$$Y = 0,0155X + 0,451^{***}$$

$$R^2: 0,95$$



VARIABILIDAD DE P Y S



P

$$Y = -0,0014X + 0,161^*$$

WWW.GREPALMA.ORG/IICPAL2016

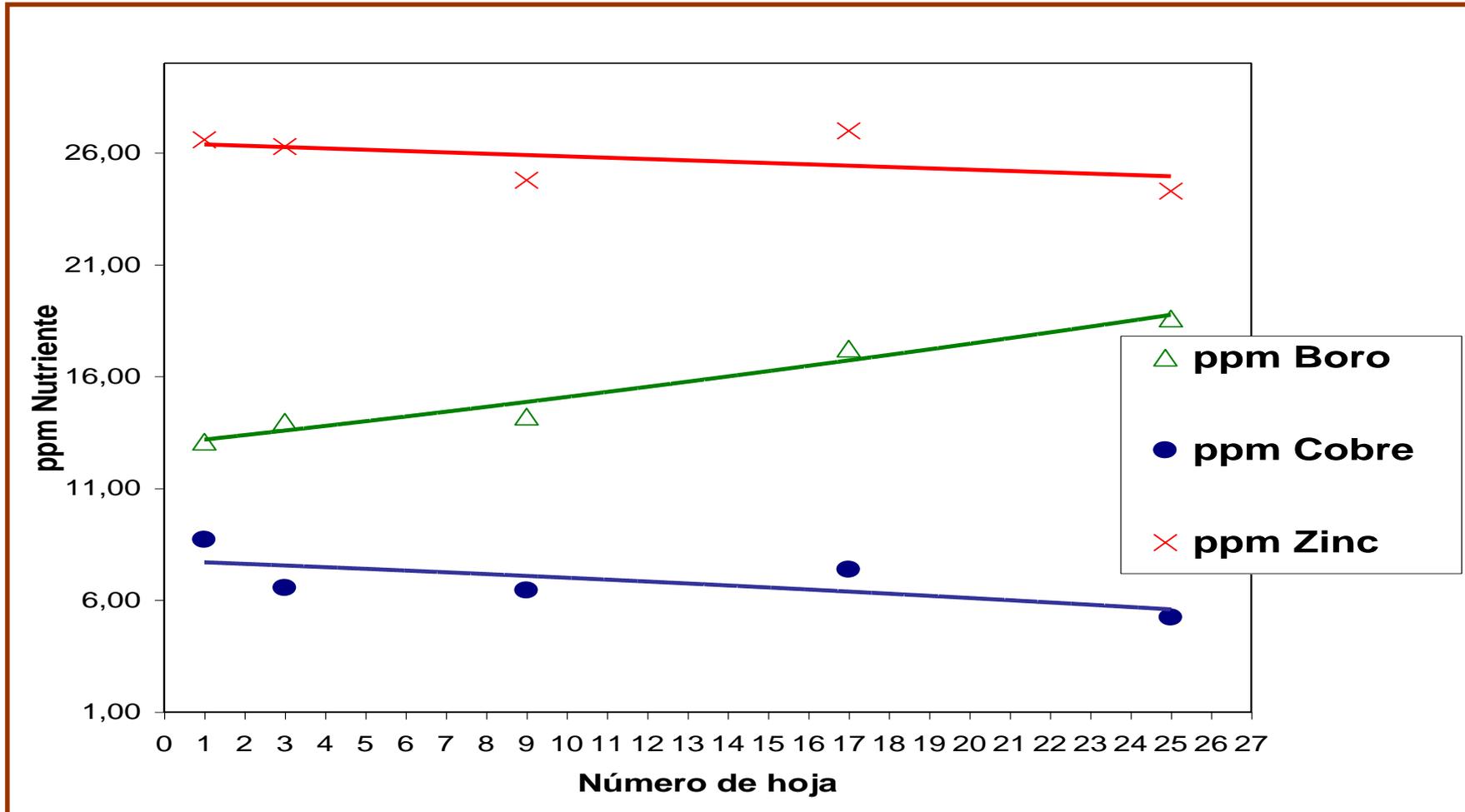
R²: 0,70

S

$$Y = 0,0006X + 0,1959^{***}$$

R²: 0,99

VARIABILIDAD DE B, ZN Y CU



B

$$Y=0,2318X + 12,866 ***$$

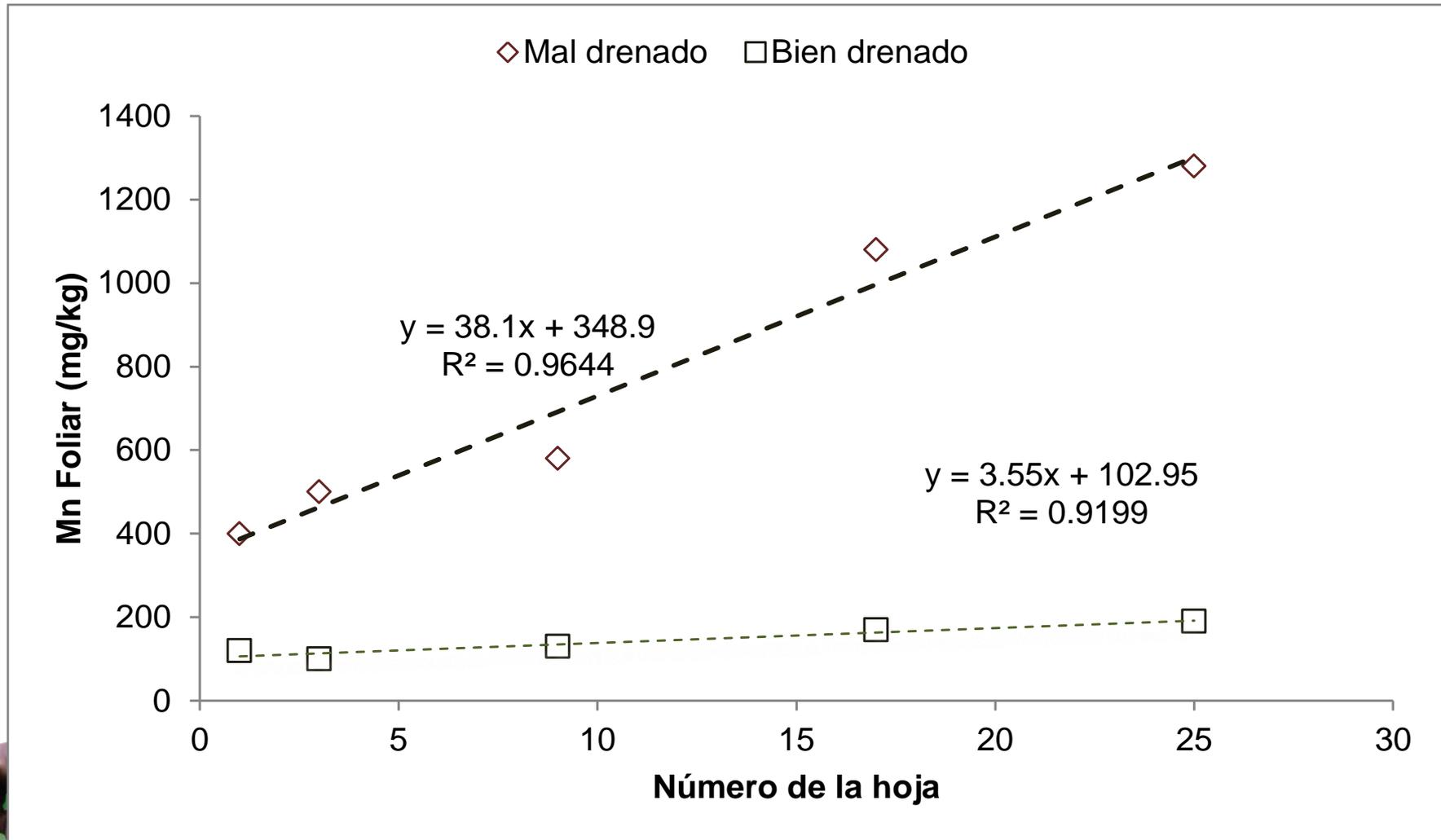
R²: 0,96



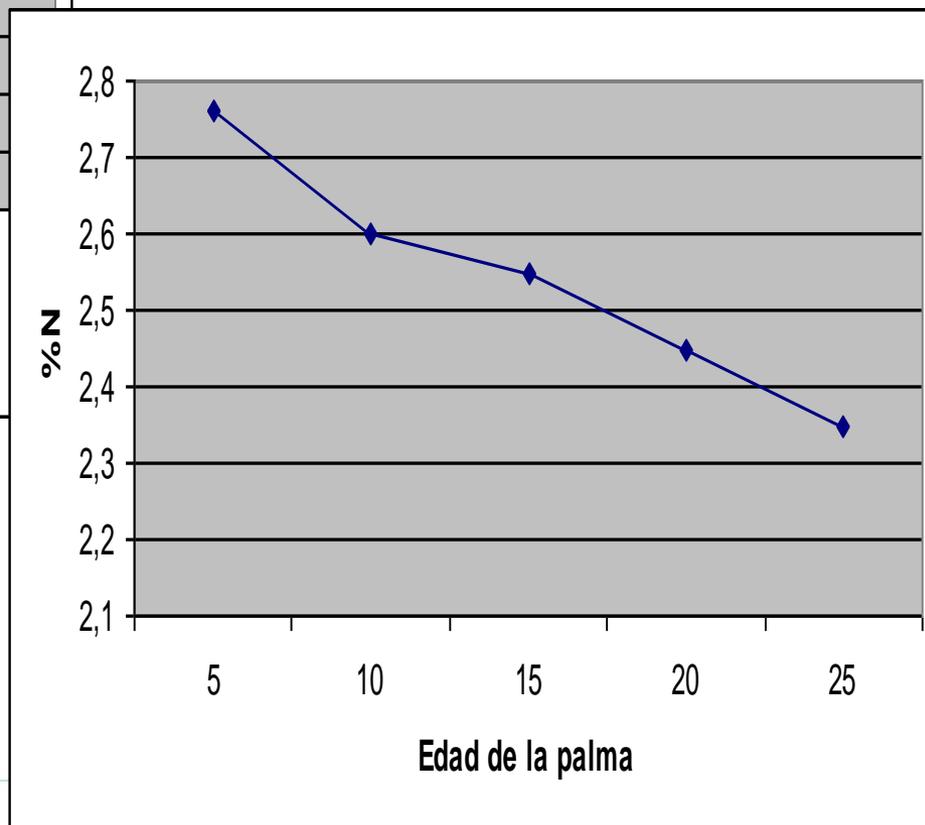
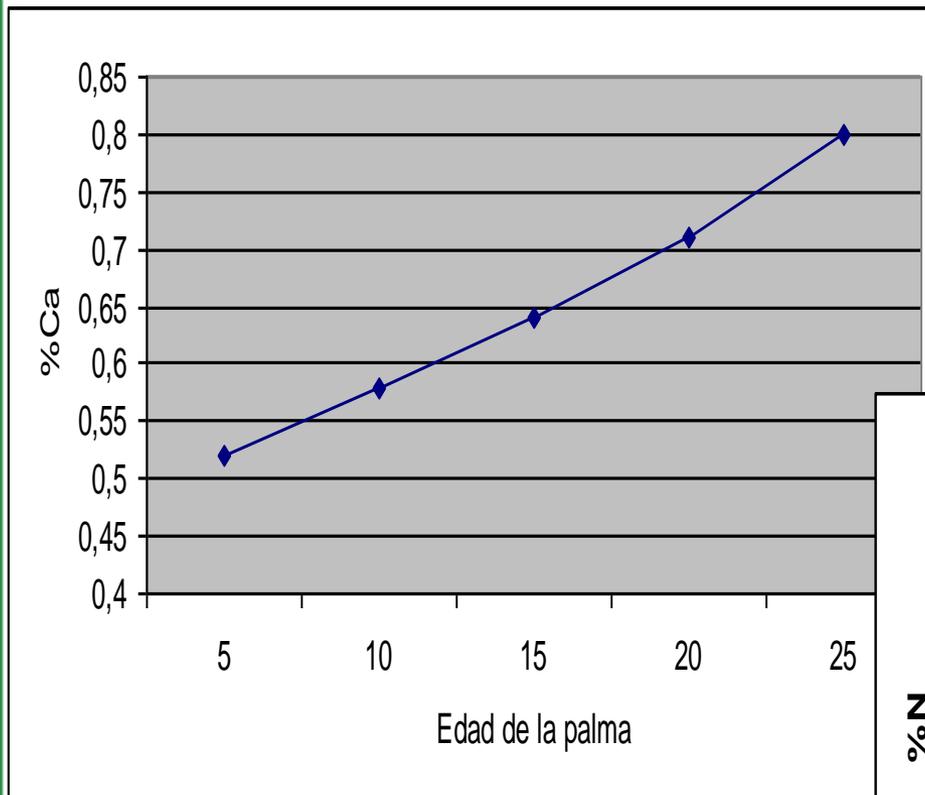
IMPORTANTE EL SEGUIMIENTO MN - FOLIAR



MN FOLIAR EN SUELOS CON DIFERENTE CONDICIÓN DE DRENAJE



VARIACIÓN DE NUTRIENTES CON LA EDAD



EFECTO DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN N, P Y K FOLLAR

- Alta correlación entre la humedad del suelo y los niveles foliares

Hacer muestreos foliares bimestrales (cada dos meses) en lotes o parcelas representativas,

- Ajustar los resultados que se hacen anualmente en un mes determinado

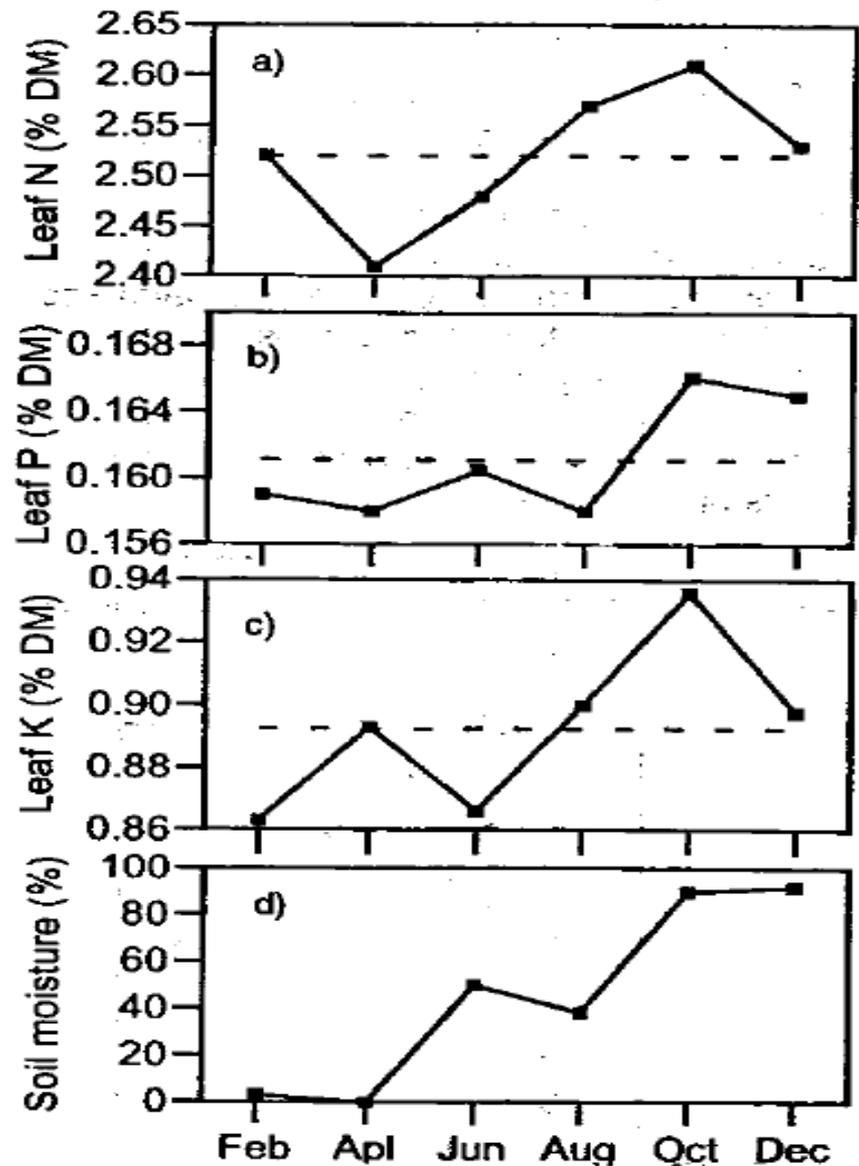
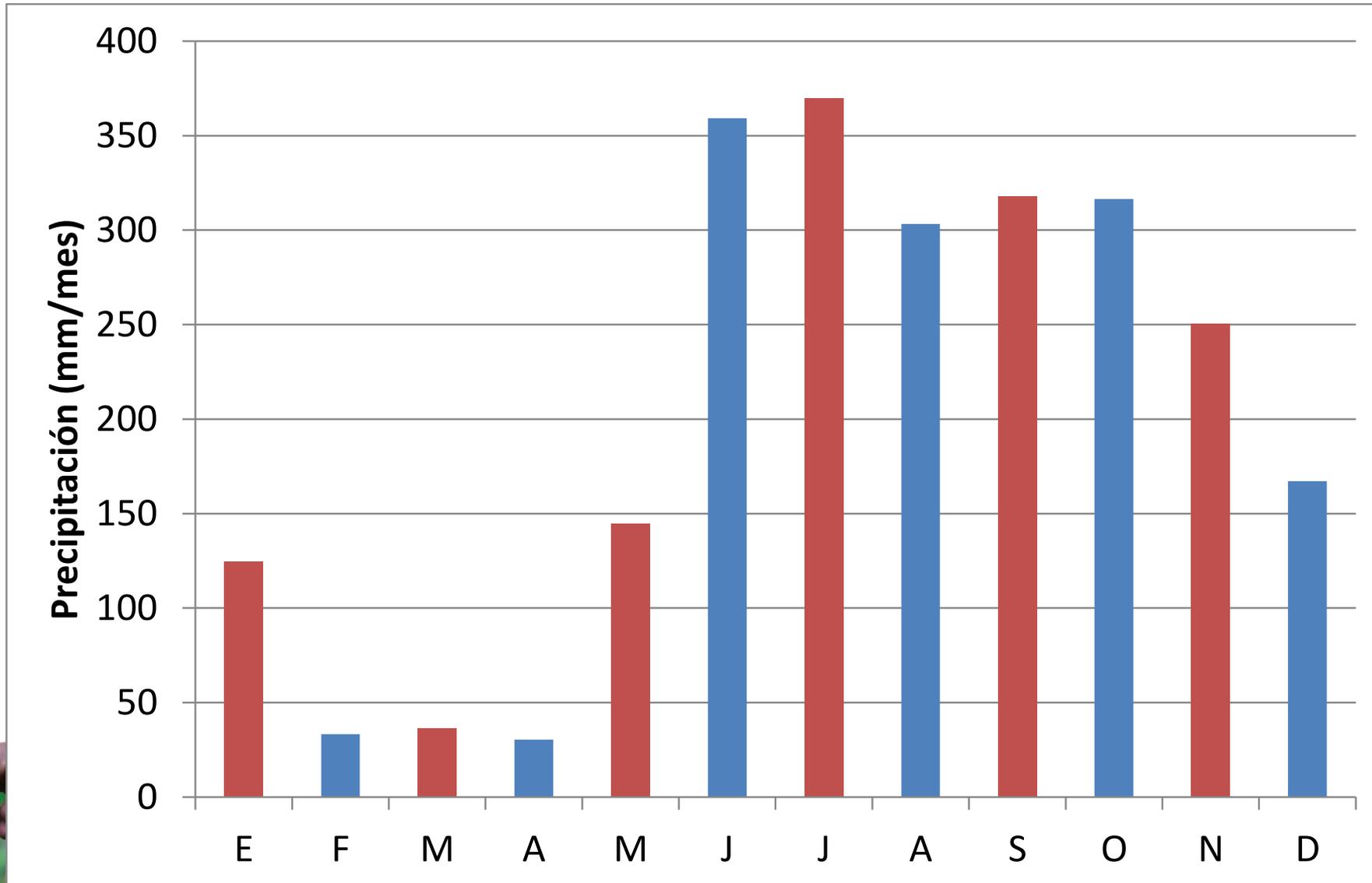


Figure 5. Average oil palm leaf nutrient levels for N (a), P (b), and K (c) and soil moisture status (d) measured in different months in Lonsum estates in North Sumatra. The dotted line indicates the annual mean)



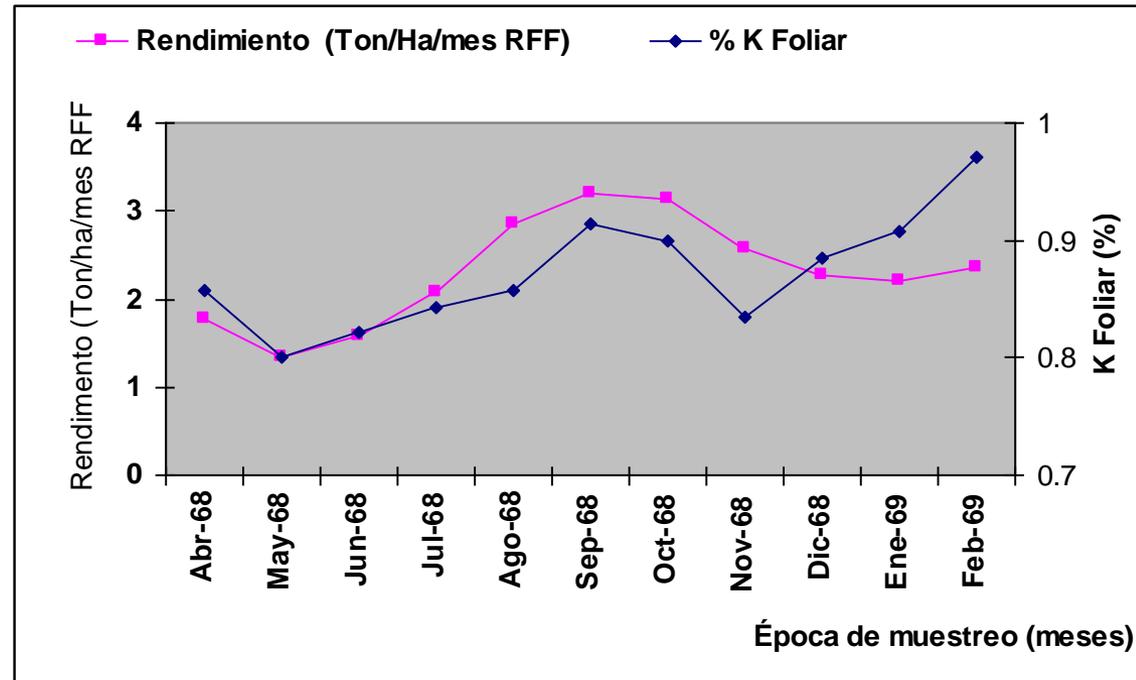
IMPORTANTE DEFINIR LOS MESES MB



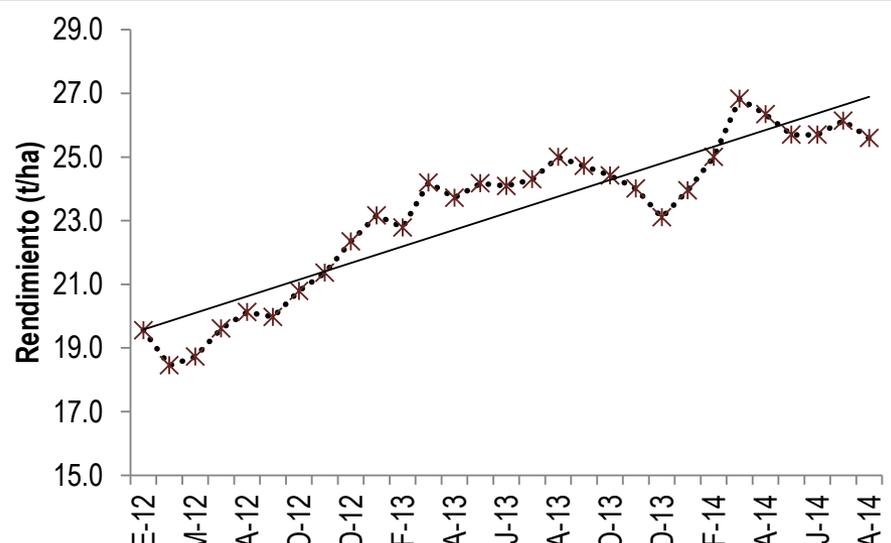
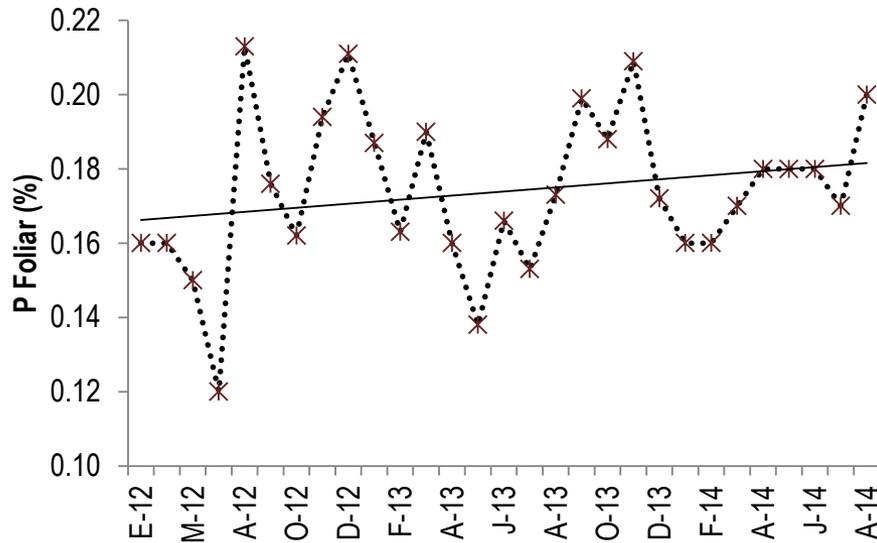
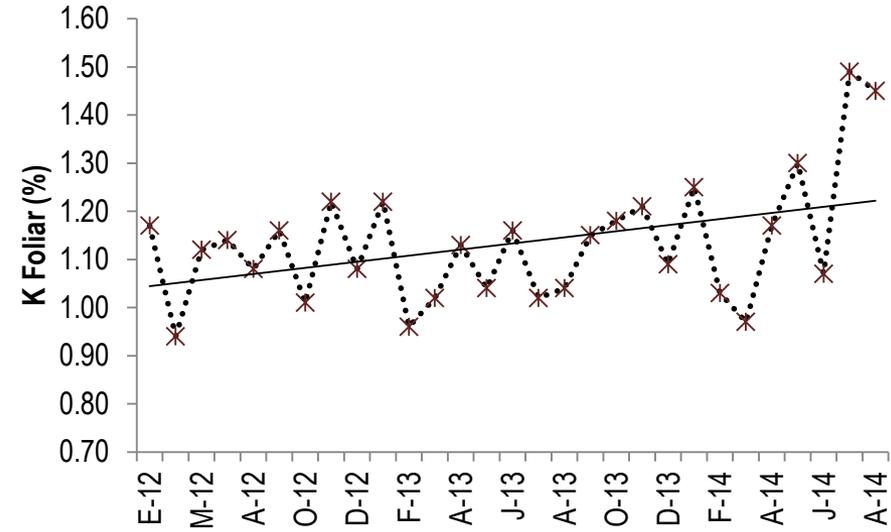
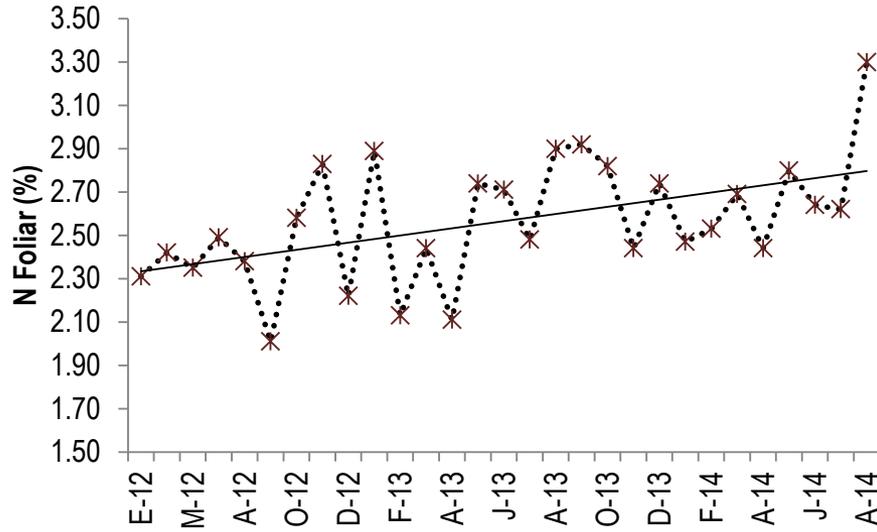
CORRELACIÓN DE NF CON LOS RENDIMIENTOS

En distintas regiones palmeras se ha registrado:

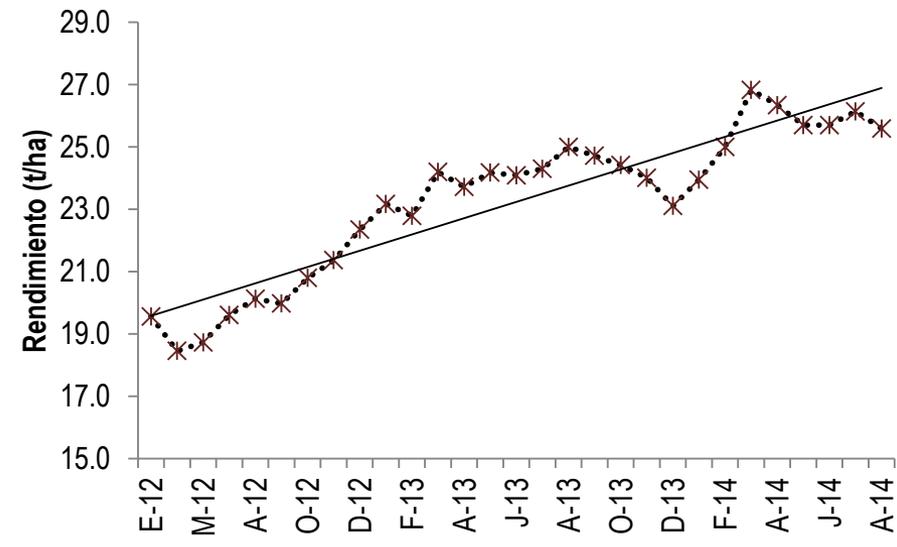
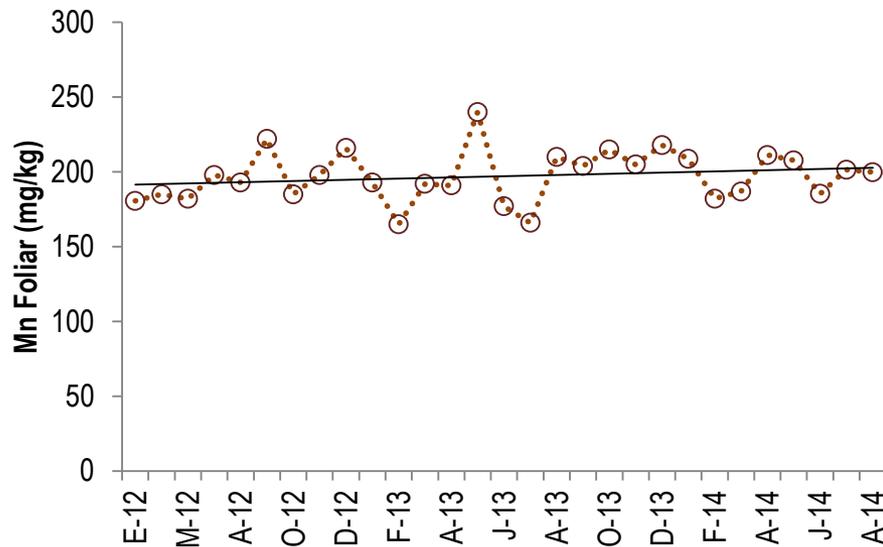
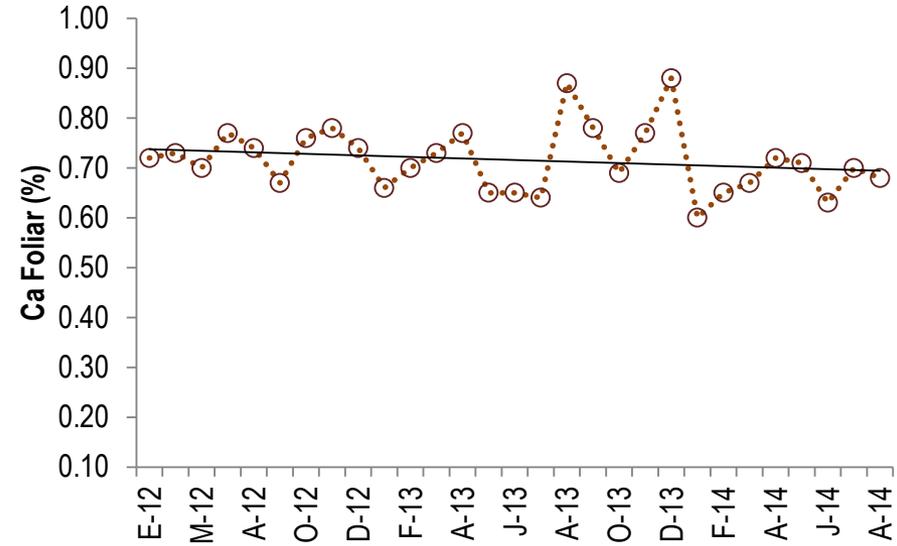
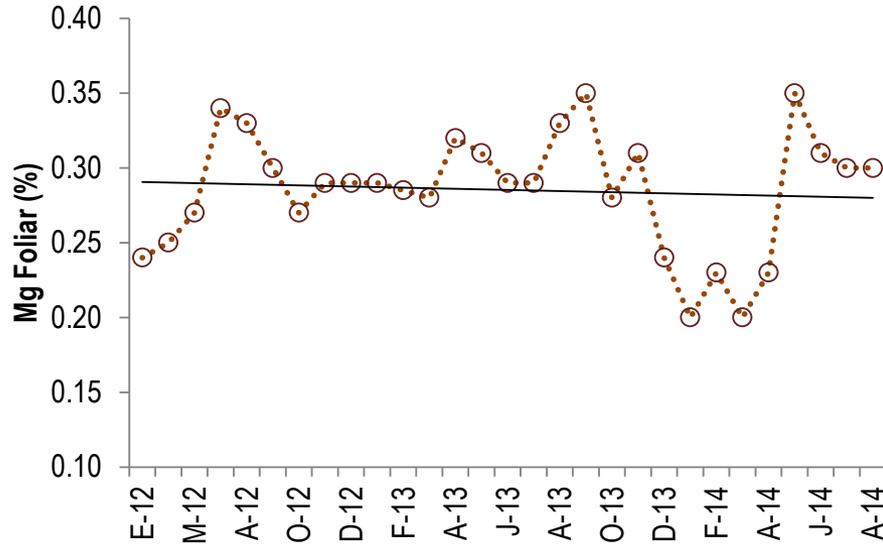
- Amplia variabilidad dentro del año
- Cierta relación con la variación en rendimiento



EJ. DE AJUSTES CONTINUOS DE N, P, K Y SU ASOCIO CON EL RENDIMIENTO

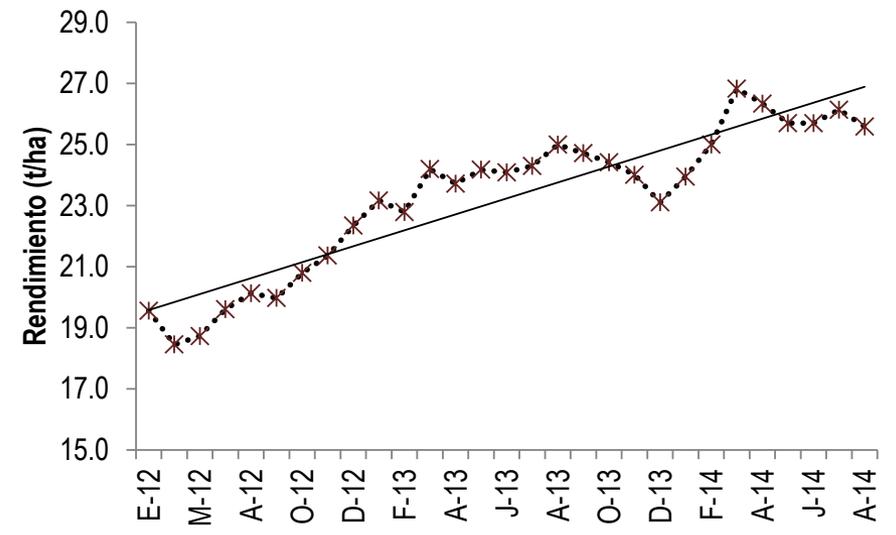
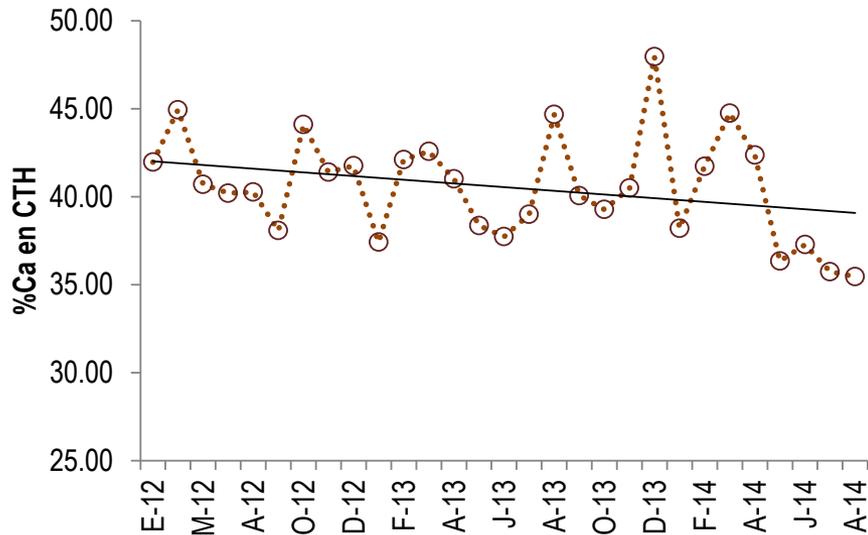
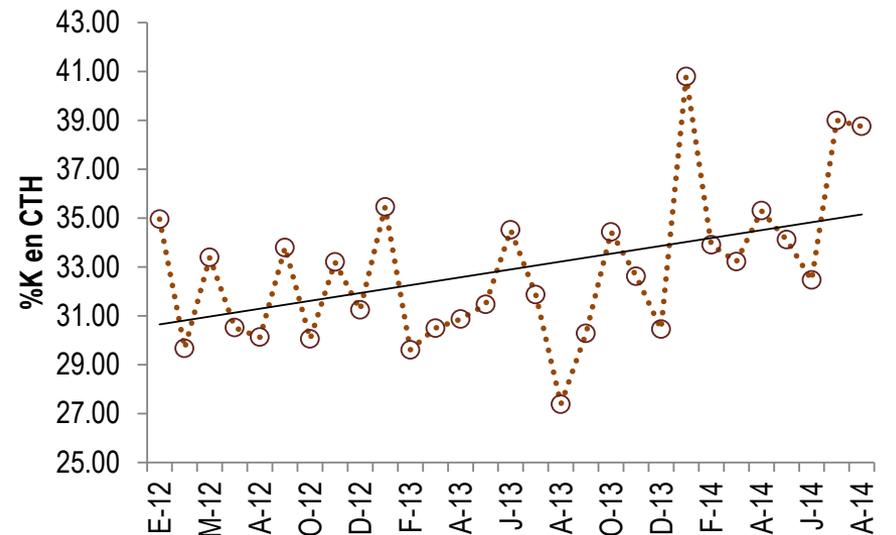
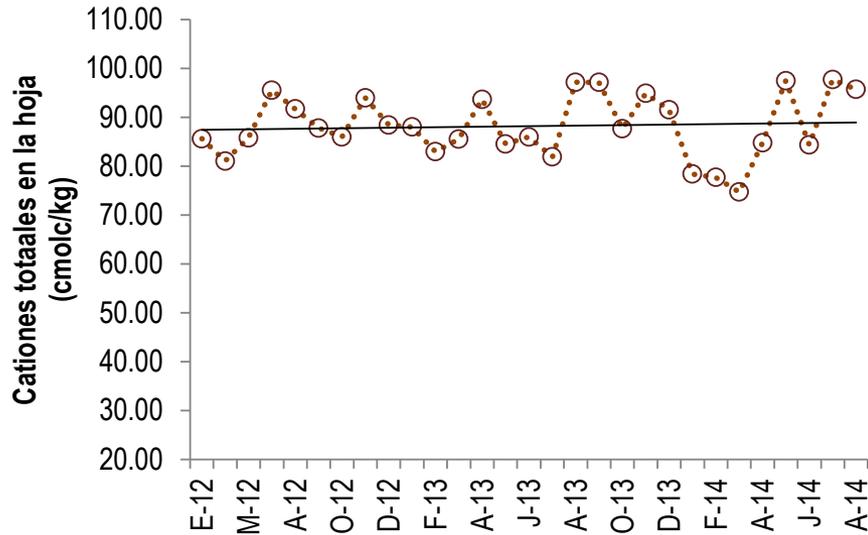


MANTENIMIENTO DE MG, CA Y MN EN PARA UNA MEJOR EXPRESIÓN DE LOS RENDIMIENTOS



MONITOREAR LAS BASES TOTALES EN H17

- IMPORTANTE AUMENTAR LA SATURACIÓN DE K

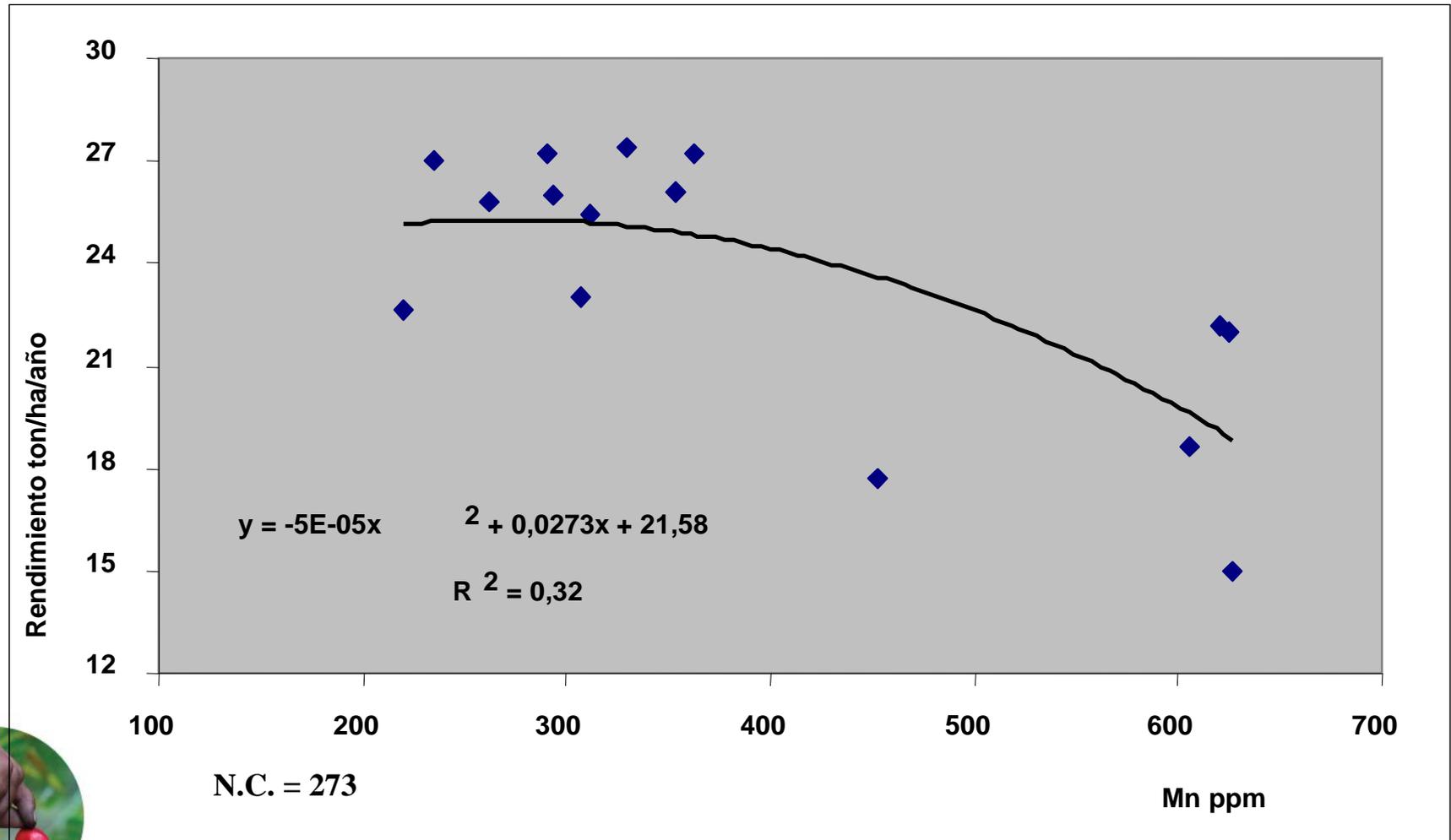


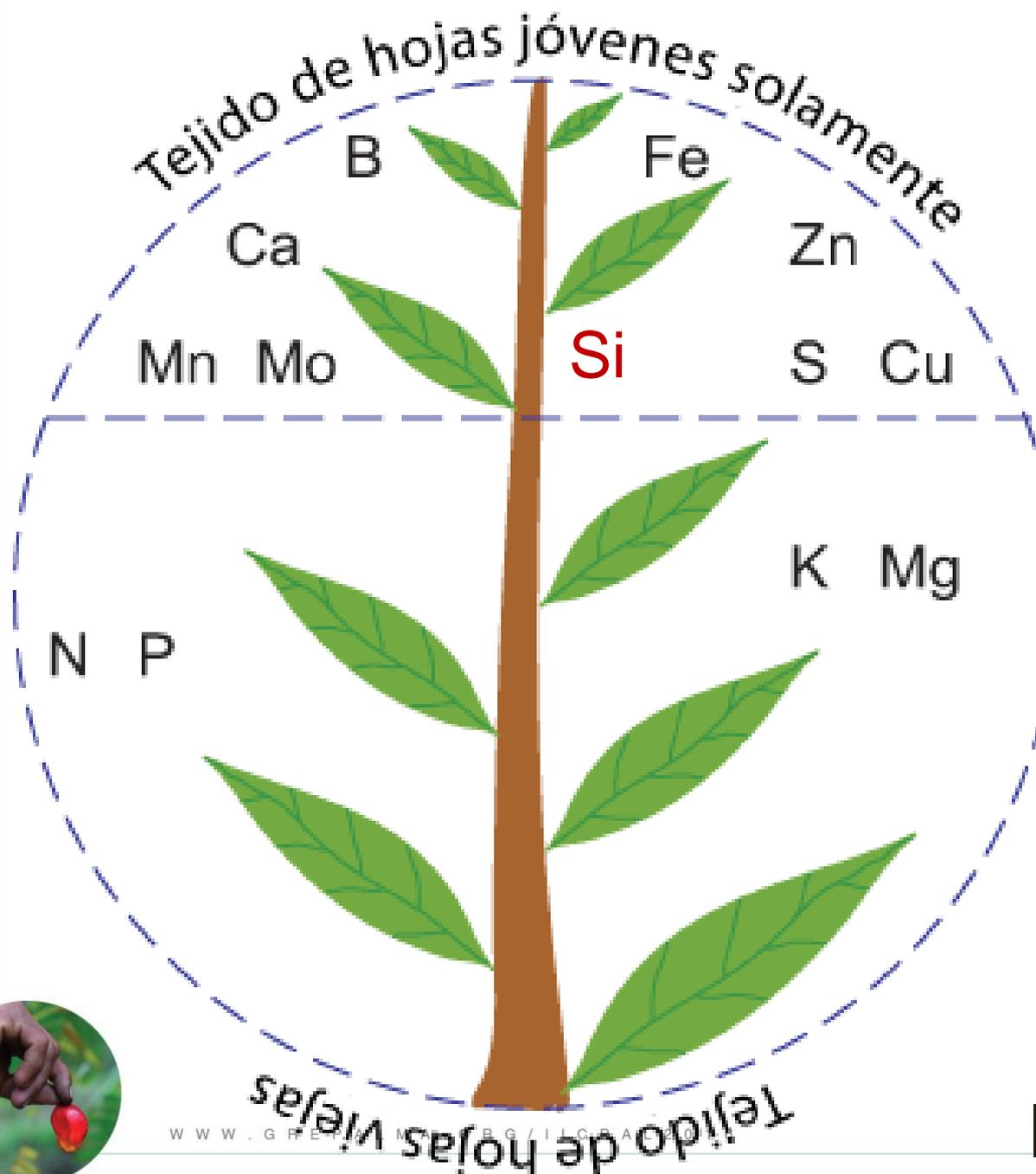
ESTABLECIMIENTO DE NIVELES ÓPTIMOS POR MATERIALES DE PALMA

Nutrientes	N. crítico		Niveles críticos por materiales					
	Cenipalma	Plantación X	A	E	D	B	C	F
N (%)	2.60	2.52	2.56	2.66	2.52	2.52	2.45	2.45
P (%)	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16
K (%)	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.1	0.9
Ca (%)	0.65	0.79	0.87	0.64	0.76	0.76	0.81	0.91
Mg (%)	0.28	0.25	0.21	0.24	0.31	0.28	0.24	0.25
B (%)	18	16	17	18	15	16	15	16



NIVEL CRÍTICO DE MN FOLIAR





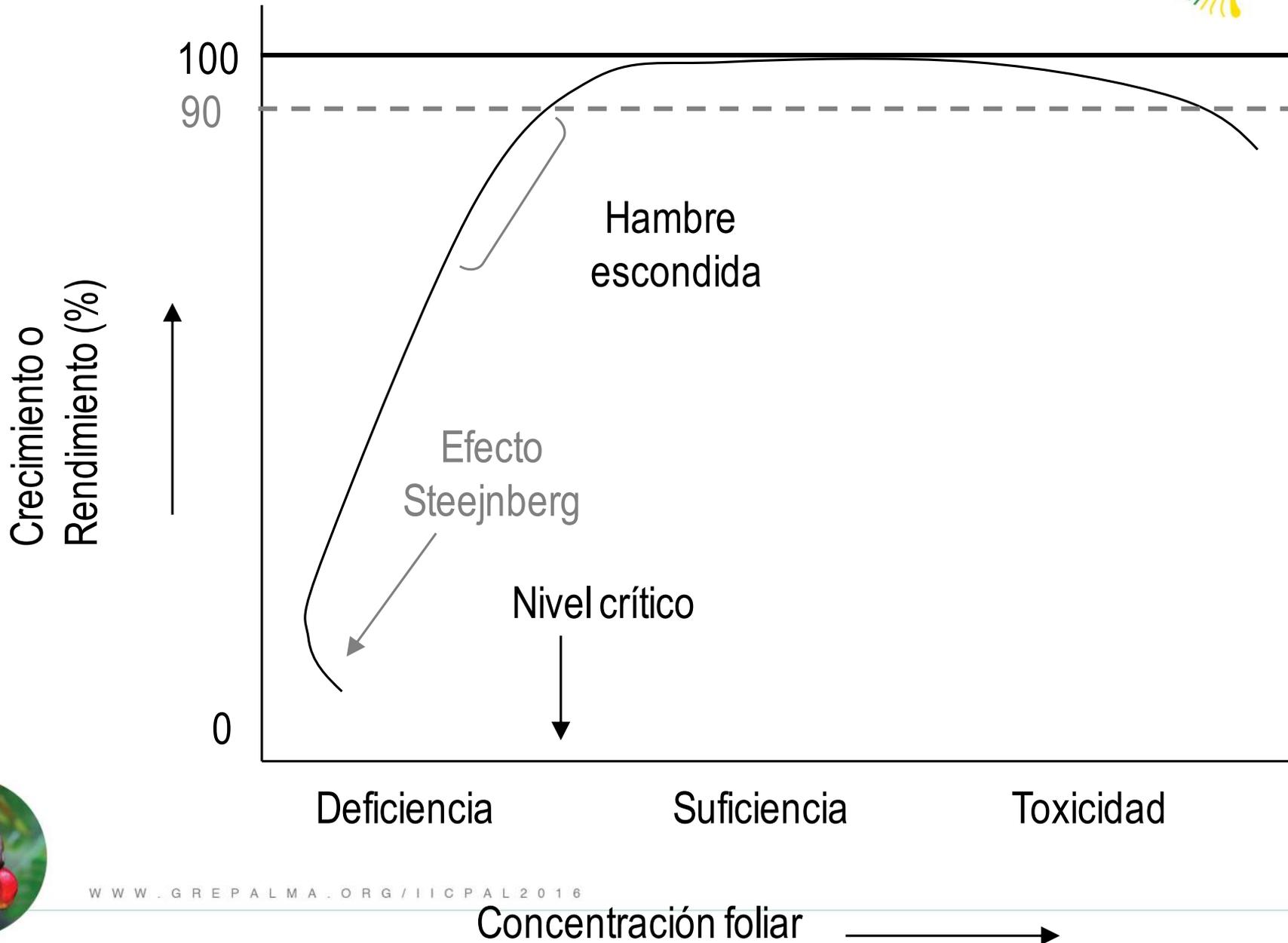
Inmóviles

Móviles

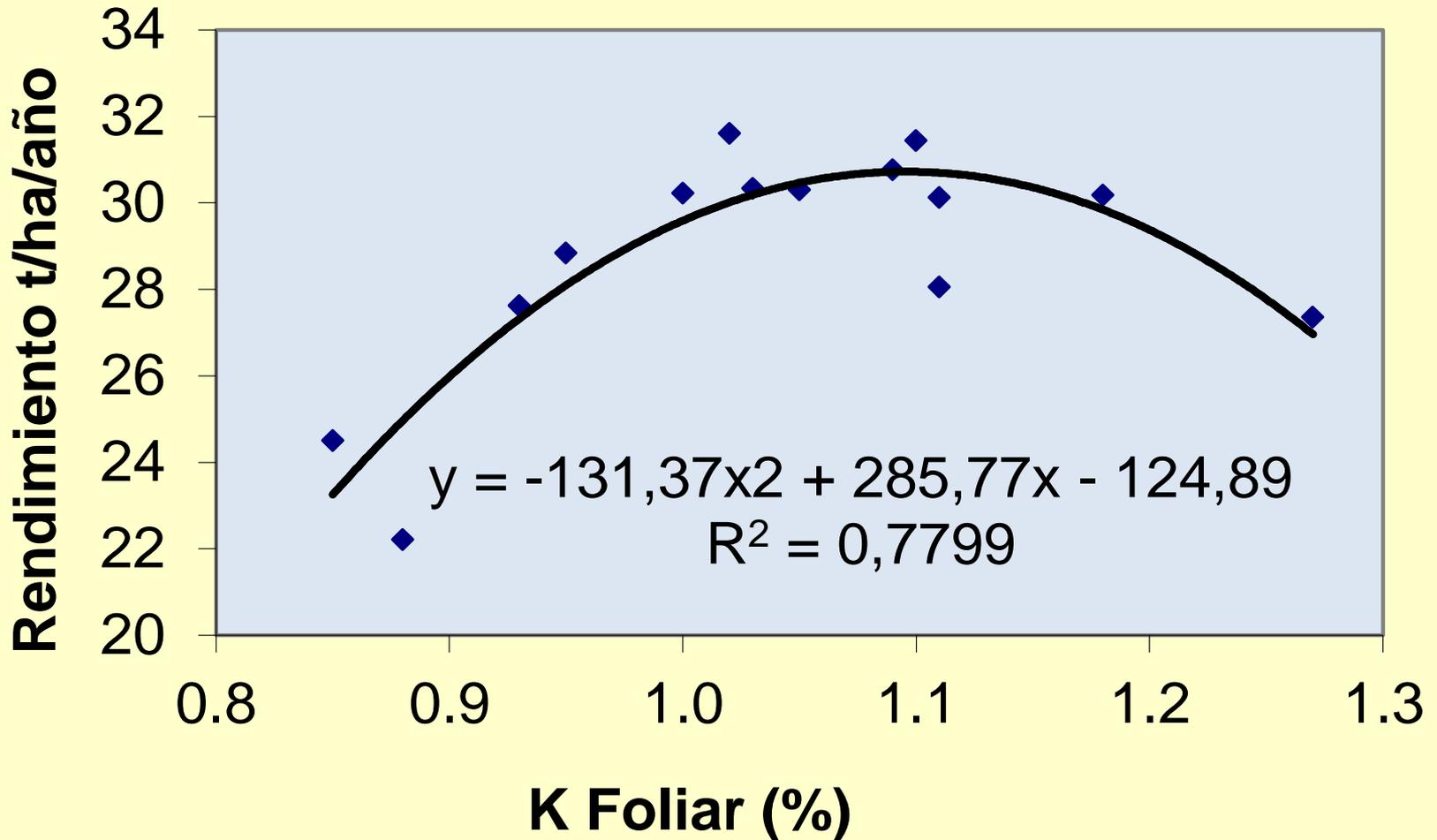
**Importante
conocer la
movilidad de
los nutrientes**



IMPORTANTE LA INTERPRETACIÓN



NIVELES CRÍTICOS DE K EN DOS MATERIALES



N.C. = 1,08



Rangos críticos para interpretar AF - H9, 17 y Raquis

Tejido	N	P	K	Ca	Mg	S	Si	B	Zn
	----- % -----							----- mg/kg -----	
Hoja 3 Vivero	3.40	0.19	1.50	0.35	0.55	0.35	1.25		
Hoja 9 D×P – Joven	2.85	0.19	1.35	0.60	0.28	0.32		25	18
Hoja 17 D×P – Adulta	2.60	0.17	1.10	0.65	0.26	0.25	2.85	18	15
Hoja 9 O×G – Joven	2.65	0.17	1.30	0.60	0.25	0.14		18	15
Hoja 17 O×G – Adulta	2.55	0.16	0.95	0.85	0.22	0.14	3.05	17	16
Hoja 17 Raquis D×P (%)	0.55	0.09	1.40		0.07				



IMPORTANCIA DE LOS EXPERIMENTOS EN LAS PLANTACIONES

1. Ayudan a refinar los rangos críticos locales,
2. Permiten contrastar fuentes en diferentes tipos de suelos,
3. Permiten identificar dosis óptimas agronómicas, fisiológicas, económicas y ambientales,
4. Permiten cuantificar los aportes por las reservas del suelo,
5. Ayudan a identificar interacciones entre nutrimentos,
6. Permiten identificar las eficiencias de los materiales



DISEÑOS EXPERIMENTALES UTILIZADOS EN PALMA DE ACEITE

- 1) Diseño Completo al Azar (DCA),
- 2) Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA),
- 3) Experimentos Factoriales**
- 4) Diseño de parcelas divididas (DPD),
- 5) Diseño Central Compuesto (DCC) rotado y bloqueado,
- 6) Diseños Sistemáticos (DS),

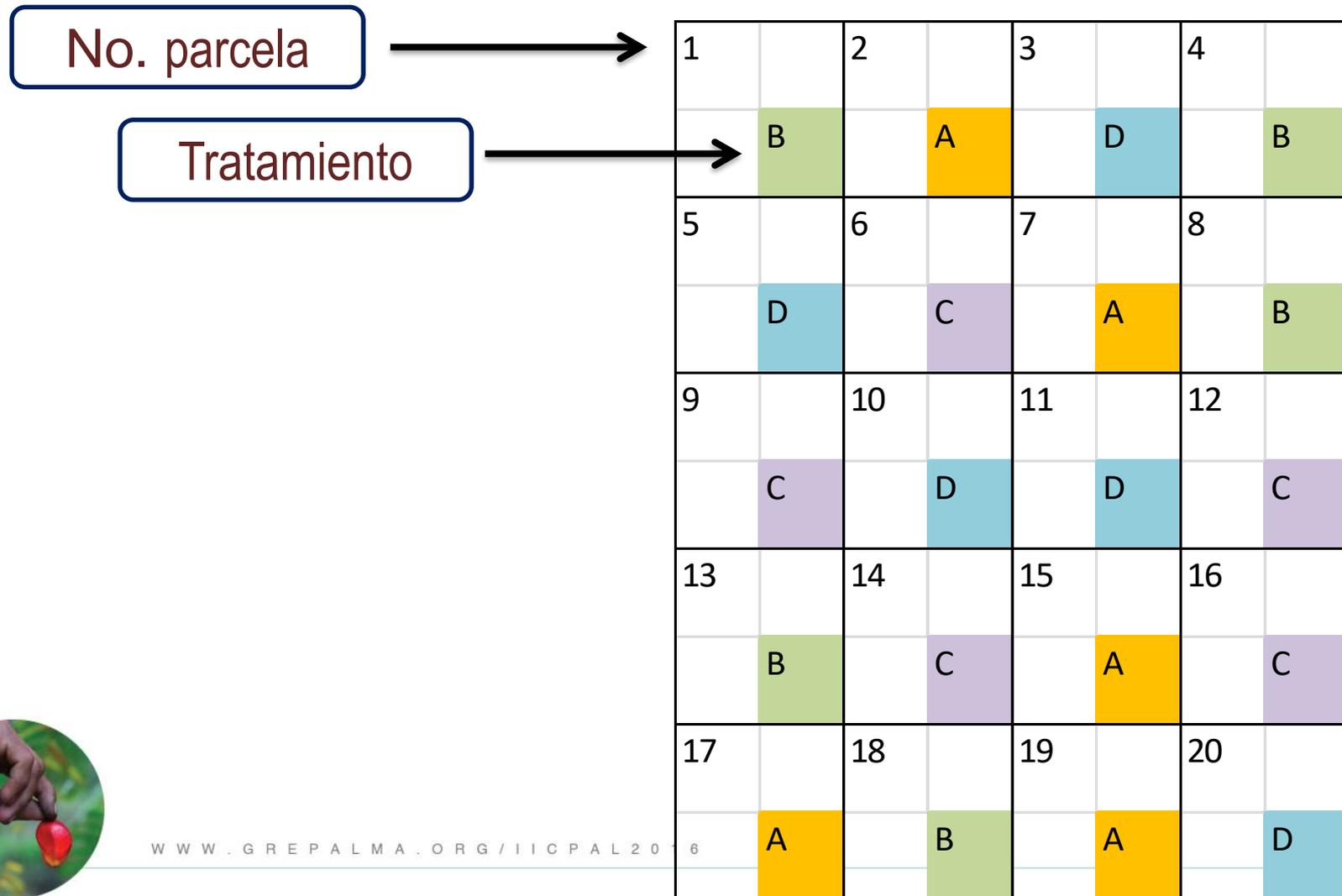
Diseño Completo al Azar

Es en el cual los tratamientos son asignados aleatoriamente, de tal forma que cada unidad experimental tiene la misma oportunidad de recibir cualquier tratamiento.

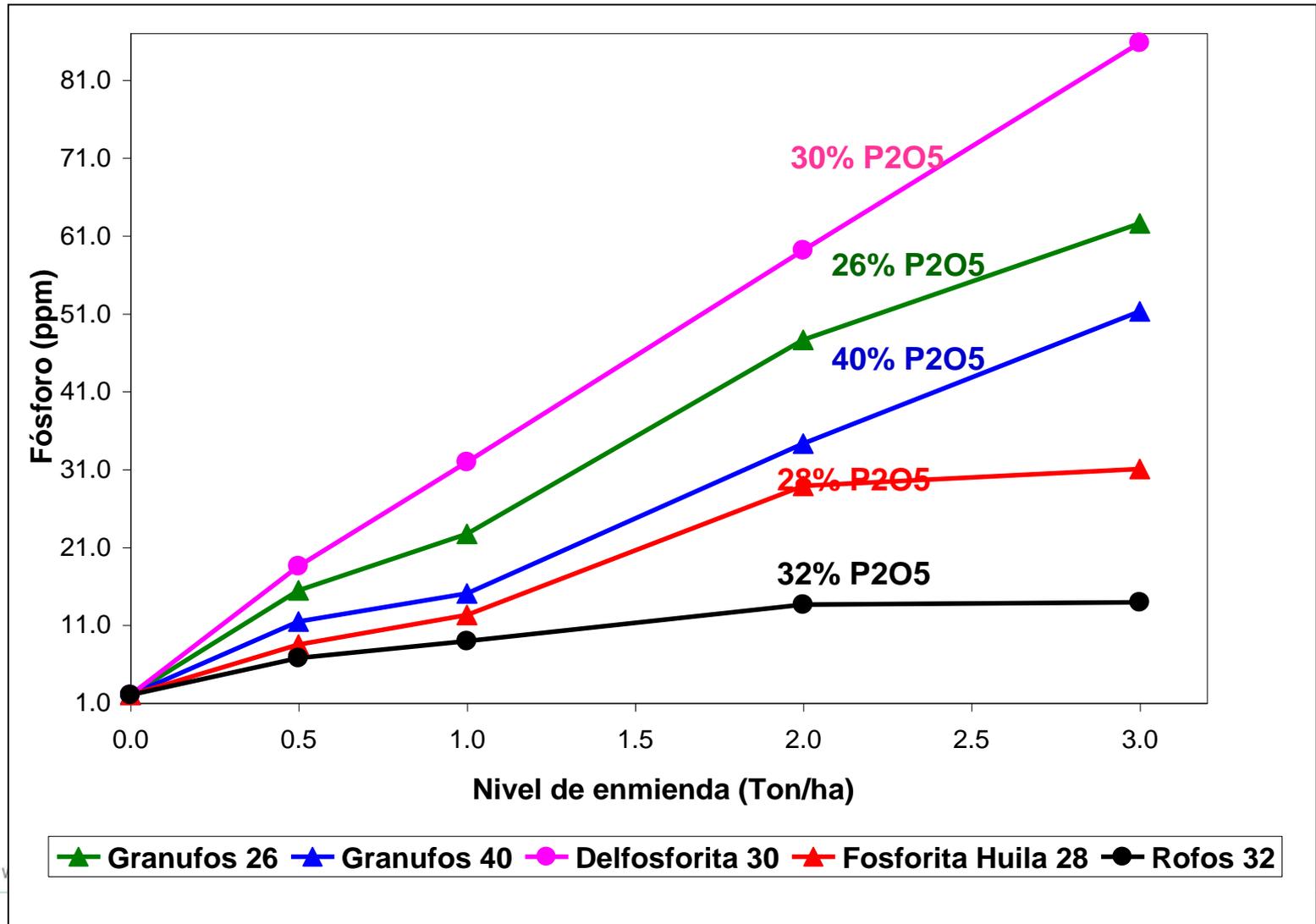
- ✘ Para el DCA, cualquier diferencia entre las UE que reciben el mismo tratamiento es considerado el Error Experimental
- ✘ Apropriado con unidades experimentales homogéneas,
- ✘ Experimentos de laboratorio,
- ✘ Para experimentos de campo donde existe una amplia variabilidad entre parcelas experimentales pocas veces se utiliza,
- ✘ Bueno para las pruebas de reactividad de enmiendas o pruebas con materas.



Ej. del esquema de un DCA con cuatro tratamientos (A, B, C y D) cada uno repetido 5 veces



Efecto de diferentes fuentes en el fósforo disponible del suelo - Incubación



Diseño de bloques completos al azar



Es uno de los más utilizados en la investigación agrícola,
Este diseño es utilizado para reducir el error experimental, en él las unidades experimentales quedan estratificadas en bloques de características homogéneas, cada bloque contiene todos los tratamientos,

Sugeridos para experimentos con bajo número de tratamientos,

El área experimental tiene un gradiente,

Bloqueo

Variabilidad de suelos,

Dirección de ataque de plagas o enfermedades,

Pendiente

Dirección del Drenaje, del Riego

Proximidad a bosques



Críticas a los experimentos de factor individual

La respuesta de un factor está limitada a un solo nivel del otro factor,



Experimentos de 2 factores o más

Interacción entre dos factores

Dos factores interactúan si el efecto de un factor cambia debido a los cambios del otro factor.

$N \times K$

$K \times Mg$

$N \times P$

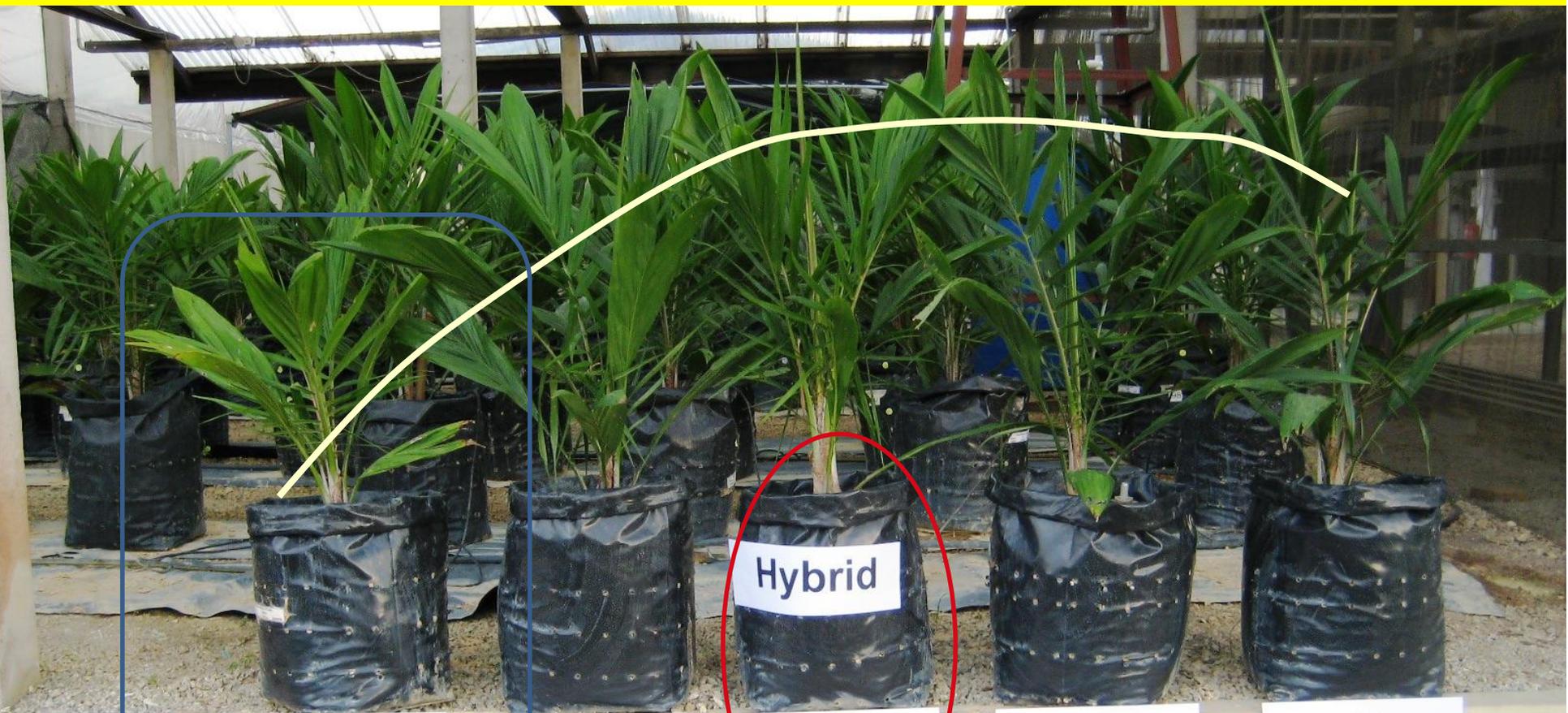
$Ca \times K$

$N \times K \times Mg$

$N \times P \times K \times Mg$



Impacto de neutralización de acidez en palma



	0	1.1	2.2	3.3	4.4
(t ha ⁻¹)*					
Al Sat. (%)	60.61	15.62	1.93	1.67	1.32
Soil pH	4.5	5.2	5.9	6.3	6.6
Chlorophyll**	44.98	54.9	57.8	54.58	54.62

Hybrid

↓ Mg
 ↓ N
 ↑ Al & Mn

↑ Mg
 ↑ N
 ↓ Al & Mn

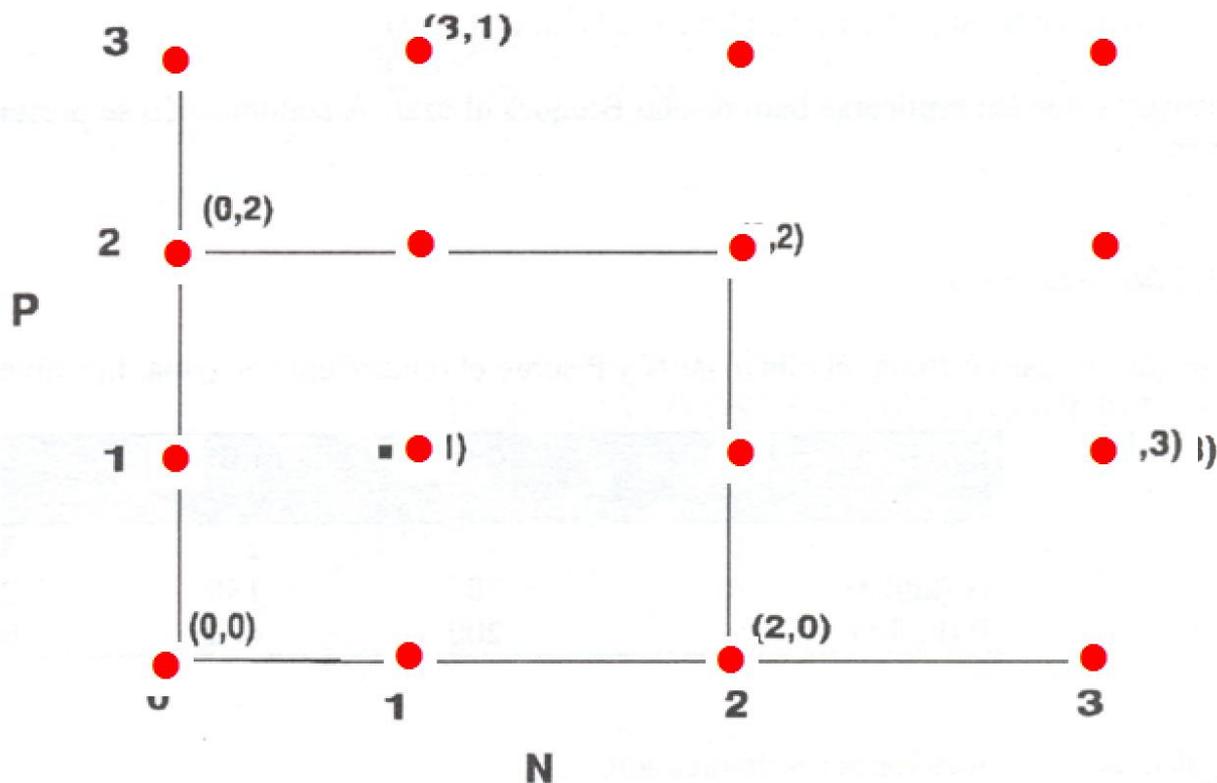
Niveles foliares de nutrientes sin colocar fertilizantes y los niveles críticos

	Expt. 1	Expt. 2	Expt. 3	Expt. 4
Leaf level at zero rate				
% N	2.42	2.53	2.64	2.77
% P	0.148	0.154	0.155	0.155
% K	0.62	0.58	0.74	0.73
Critical leaf level				
% N	2.63	2.68	2.90	2.77
% P	0.164	0.166	0.176	0.169
% K	1.07	1.12	0.89	0.90
Leaf TLC (cmol kg ⁻¹)	86.12	83.08	92.64	100.68

$$TLC = \left(\frac{\text{Leaf \% K}}{39.1/1} + \frac{\text{Leaf \% Mg}}{24.3/2} + \frac{\text{Leaf \% Ca}}{40.1/2} \right) \times 1000$$



Diseño Central Compuesto



- Diseño San Cristóbal (optimización)
- Utilizado en palma en Malasia, Colombia y Ecuador



Tratamientos	Bloque	N	P	K	Mg
1	2	1	-1	1	-1
2	2	1	1	-1	-1
3	2	0	0	0	0
4	2	1	1	1	1
5	2	0	0	0	0
6	2	1	-1	-1	1
7	2	-1	-1	-1	-1
8	2	-1	-1	1	1
9	2	-1	1	1	-1
10	2	-1	1	-1	1
11	3	2	0	0	0
12	3	0	0	2	0
13	3	0	2	0	0
14	3	0	0	0	0
15	3	0	0	0	0
16	3	0	-2	0	0
17	3	0	0	0	-2
18	3	-2	0	0	0
19	3	0	0	0	2
20	3	0	0	-2	0
21	1	-1	-1	1	-1
22	1	1	-1	-1	-1
23	1	-1	1	1	1
24	1	0	0	0	0
25	1	-1	-1	-1	1
26	1	0	0	0	0
27	1	1	1	1	-1
28	1	1	-1	1	1
29	1	-1	1	-1	-1
30	1	1	1	-1	1
31	0	-2	-2	-2	-2
32	0	-2	-2	-2	-2
33	0	-2	-2	-2	-2

Diseño central
compuesto y
rotado
Unidad
experimental 24
palmas y 8
efectivas



Diseño Central Compuesto Bloqueado y Rotado

Ejemplo para evaluar dosis creciente de N, P, K y B en plántulas de viveri



Respuesta a la fertilización de palma O×G



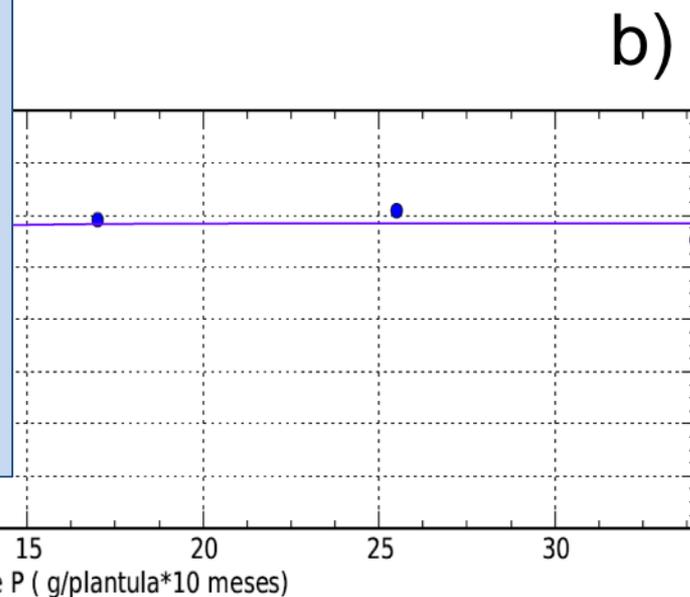
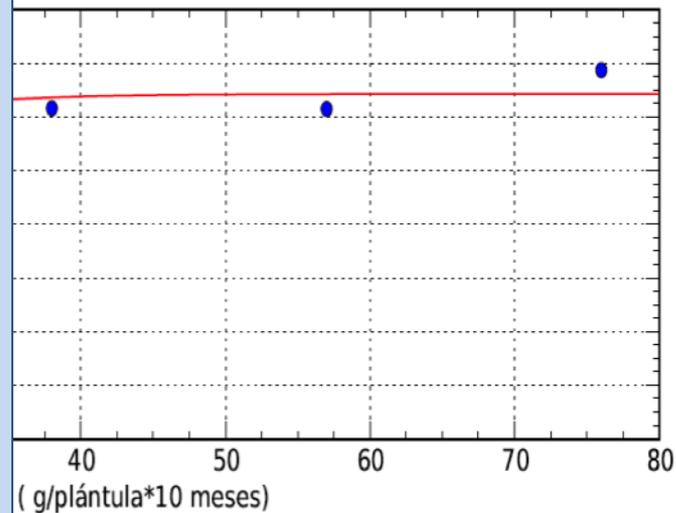
Resultados al décimo mes

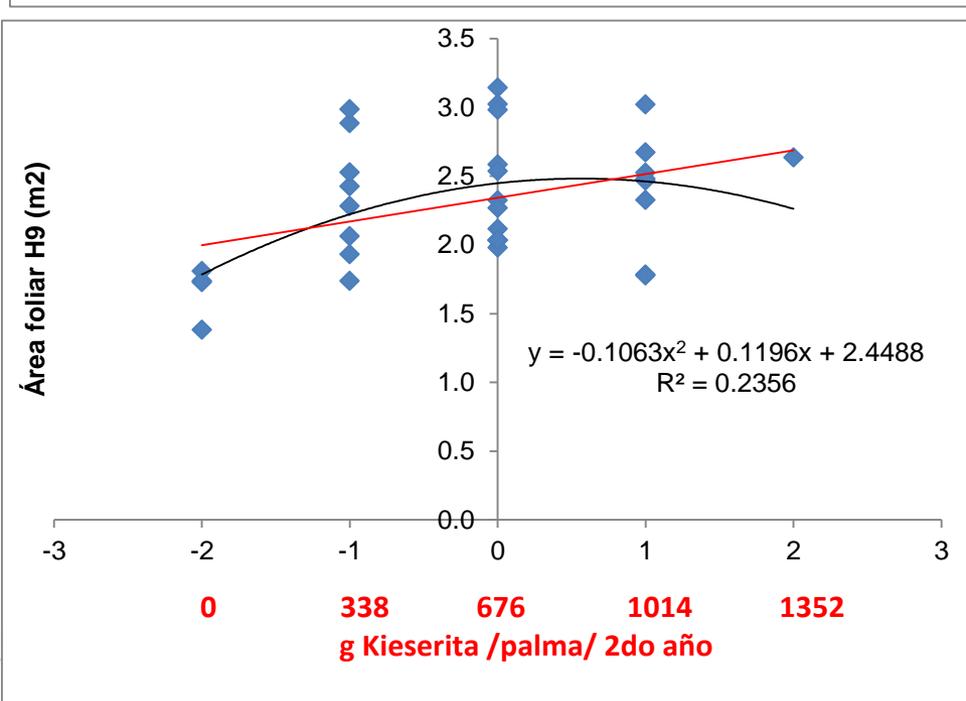
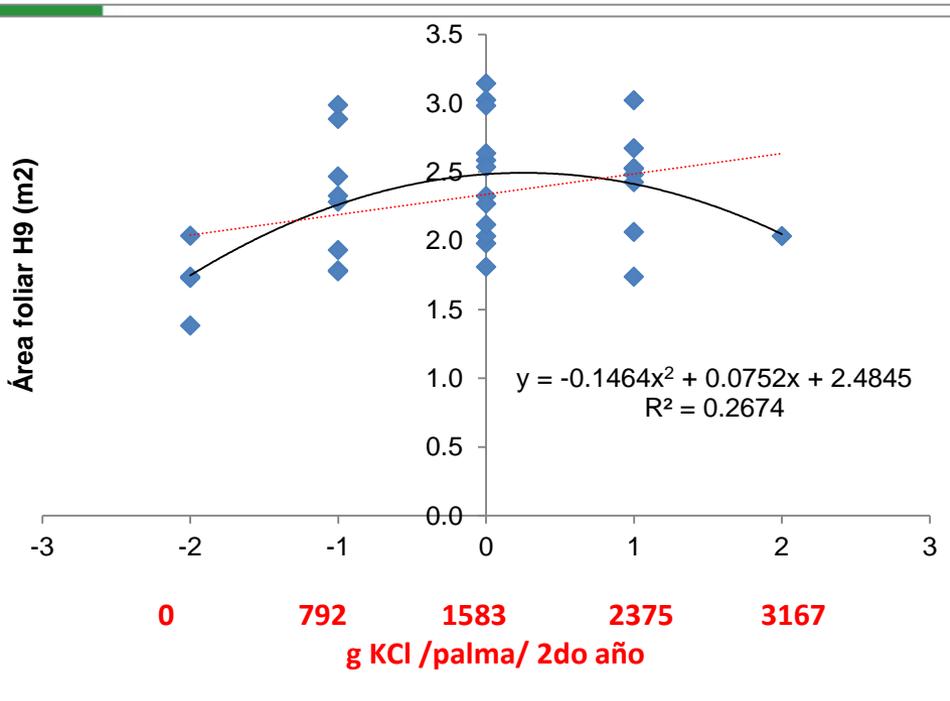
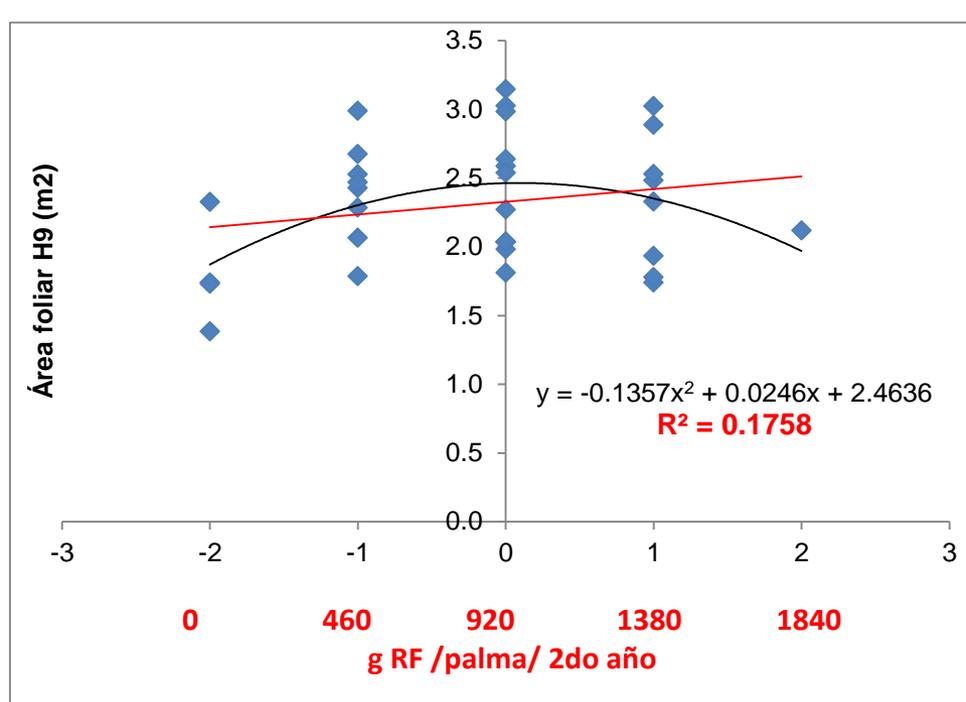
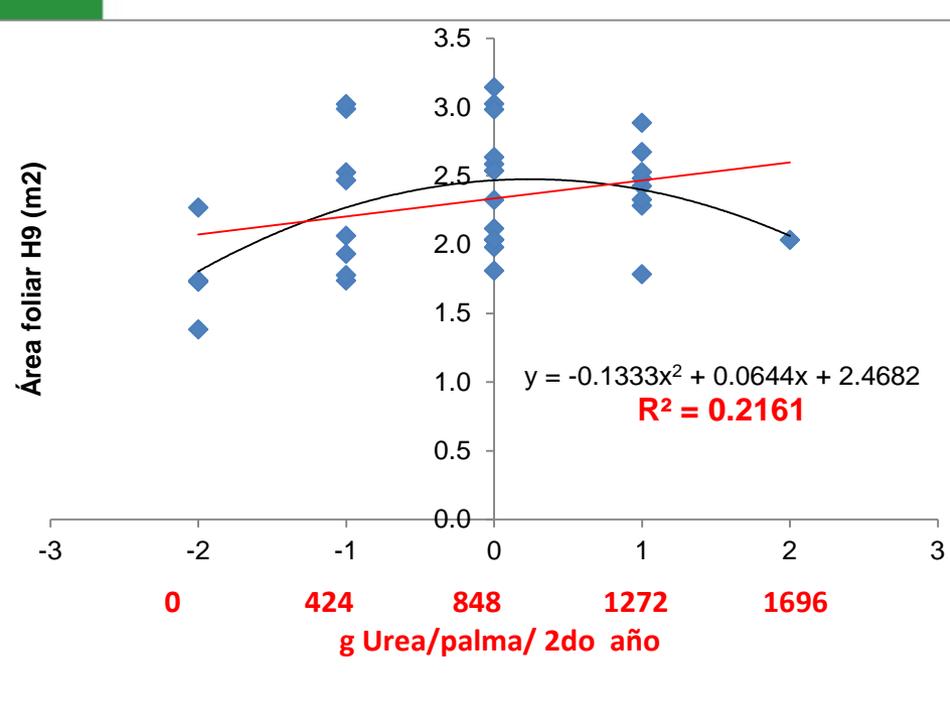
Variable / Nutrimiento	----- N -----		----- P -----	
	Unipalma	Cabaña	Unipalma	Cabaña
Áltura, 10m	**	*	*	ns
No. de Hojas, 10m	**	*	*	*
Díámetro del bulbo, 10m	*	*	*	ns
PSR, 10 m	**	*	*	*
PSA, 10 m	*	*	*	*
Tasa de fotosíntesis	-	**	-	ns
Valor relativo de Clorofila	-	**	-	ns
N y P H3	*	*	ns	ns
K y B H3	ns	ns	ns	ns
N, K en la palma	*	*	*	ns
P en la palma	*	*	*	*
B en la palma	ns	ns	ns	ns



Dosis óptimas para plántulas híbridas en vivero.

Nutrientes	g/plántula/10m
N	20 - 30
P	10
K	15
B	0.5





Consideraciones finales

1. El seguimiento de los resultados de AF, son una herramienta de vital importancia para el manejo integrado de la nutrición y la plantación,
2. Es importante identificar los niveles críticos locales, por material, edad y localidad,
3. Los ensayos de nutrición ayudan a identificar los NC y rendimientos potenciales de cada sitio.





Muchas Gracias

Sus preguntas y comentarios son bienvenidos
josecristancho78@yahoo.es

+57 3108374604