

# **Sinergismo, Antagonismo y Balance de los Nutrientes y su Impacto en la Fertilidad.**

**Humberto Jiménez G.**

# DESBALANCE CATIÓNICO DE Ca-Mg-K en PALMA ACEITERA DEL ECUADOR

Autor: Angel Marcelo Calvache Ulloa

- **Los estudios sobre amarillamiento-secamiento en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) llevados a cabo por más de veinte años en el Ecuador, han demostrado cierta relación entre las deficiencias nutricionales y el problema señalado.**
- **ANCUPA (Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera) y la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador, ejecutaron el estudio de cinco años (Julio 2006 - Junio 2011).**



Fotos 1, 2, 3 y 4: Trastorno nutricional amarillamiento-secamiento en plantaciones del Bloque Occidental.

**Cuadro 1. Contenidos de Ca, Mg, y K en análisis de suelo de plantaciones ubicadas en el Bloque Occidental.**

Zona	Elemento			Balance Catiónico			Total %
	Ca meq/100g	Mg meq/100g	K meq/100g	Ca %	Mg %	K %	
Quinindé	5,00	1,00	0,37	78,49	15,70	5,81	100,00
Puerto Quito	3,30	0,80	0,23	76,21	18,48	5,31	100,00
La Unión	2,60	1,10	0,08	68,78	29,10	2,12	100,00
La Concordia	3,40	0,88	0,35	73,43	19,01	7,56	100,00
Santo Domingo	2,70	0,75	0,25	72,97	20,27	6,76	100,00
Quevedo	8,30	0,96	0,57	84,45	9,74	5,80	100,00

*Fuente: Base de datos de análisis de suelo de ANCUA*

## CALCULO DEL BALANCE CATIONICO

1	2	3	4	5	6	7	8
			1+2+3	$(100/4)*1$	$(100/4)*2$	$(100/4)*3$	5+6+7
meq/100 g			$\Sigma$	%			%
Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	TOT.
5	1	0.37	6.37	78.49	15.70	5.81	100.00

**Cuadro 2. Interacciones para el estudio de diferentes relaciones de Ca, Mg y K, con y sin riego.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Interacciones</b>	<b>Descripción</b>
t1	$a_1r_0$	Ca: 60%, Mg: 30% y K: 10%, sin riego
t2	$a_1r_1$	Ca: 60%, Mg: 30% y K: 10%, con riego
t3	$a_2r_0$	Ca: 70%, Mg: 20% y K: 10%, sin riego
t4	$a_2r_1$	Ca: 70%, Mg: 20% y K: 10%, con riego
t5	$a_3r_0$	Ca: 80%, Mg: 15% y K: 5%, sin riego
t6	$a_3r_1$	Ca: 80%, Mg: 15% y K: 5%, con riego

**Cuadro 3. Área foliar anual para las tres relaciones catiónicas en estudio.**

Relación catiónica	Área foliar (m <sup>2</sup> )				
	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011
a1 (60%Ca-30%Mg-10%K)	68,87 ±8,61	97,90 ±7,03	189,67 ±23,15	232,60 ±23,71 <sup>b</sup> <sup>1</sup>	247,68 ±38,04
a2 (70%Ca-20%Mg-10%K)	63,98 ±5,77	89,36 ±10,43	177,20 ±18,14	245,89 ±59,18 a	231,63 ±32,90
a3 (80%Ca-15%Mg-5%K)	64,36 ±11,41	87,19 ±11,86	169,79 ±24,50	200,60 ±38,55c	218,70 ±29,12

*Fuente: Autores*

*Prueba de significación de Tukey al 5%*

<sup>1</sup> *Letras diferentes indican rangos distintos*

*Área foliar: expresada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>)*

**Cuadro 5. Rendimiento anual de fruta fresca para las tres relaciones catiónicas en estudio.**

Relación catiónica	Rendimiento anual (t/ha/año <sup>1</sup> )				
	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011
a1 (60%Ca-30%Mg-10%K)	1,25 ±0,79 <sup>2</sup>	14,41 ±2,23	18,14 ±1,11a <sup>3</sup>	24,03 ±6,76	16,37 ±1,76
a2 (70%Ca-20%Mg-10%K)	1,10 ±0,57	11,94 ±1,85	14,92 ±0,81b	21,53 ±3,29	15,28 ±4,51
a3 (80%Ca-15%Mg-5%K)	1,16 ±0,53	11,87 ±3,04	12,37 ±0,69c	20,27 ±4,10	14,82 ±3,82

*Fuente: Autores*

*Prueba de significación de Tukey al 5%*

<sup>1</sup> *Toneladas/hectárea/año*

<sup>2</sup> *Desviación estándar*

<sup>3</sup> *Letras diferentes indican rangos distintos*

**Cuadro 6. Rendimiento acumulado de fruta fresca para las tres relaciones catiónicas en estudio.**

Relación catiónica	Rendimiento acumulado (t/ha <sup>1</sup> )				
	2006-2007	2006-2008	2006-2009	2006-2010	2006-2011
a1 (60%Ca-30%Mg-10%K)	1,25 ±0,79 <sup>2</sup>	15,66 ±2,28	33,80 ±3,04a <sup>3</sup>	57,83 ±9,02a	74,20 ±10,07a
a2 (70%Ca-20%Mg-10%K)	1,10 ±0,57	13,04 ±2,07	27,96 ±1,80b	49,49 ±4,51b	64,77 ±8,10b
a3 (80%Ca-15%Mg-5%K)	1,16 ±0,53	13,03 ±3,27	25,39 ±3,59b	45,66 ±7,13b	60,48 ±9,40b

*Fuente: Autores*

*Prueba de significación de Tukey al 5%*

<sup>1</sup> *Toneladas/hectárea/año*

<sup>2</sup> *Desviación estándar*

<sup>3</sup> *Letras diferentes indican rangos distintos*

**Cuadro 7. Análisis del Suelo (Relación catiónica 60%Ca-30%Mg-10%K) al comienzo y al final de estudio.**

<b>Elemento</b>	<b>Año 2006</b>		<b>Año 2011</b>	
	<b>(meq/100 g)</b>	<b>Relación Catiónica (%)</b>	<b>(meq/100 g)</b>	<b>Relación Catiónica (%)</b>
<b>Calcio (Ca)</b>	8,5	84,92%	4,3	62,32%
<b>Magnesio (Mg)</b>	1,3	12,99%	2,1	30,43%
<b>Potasio (K)</b>	0,2	2,10%	0,5	7,25%

*Fuente: Autores*



Fotos 5 y 6: Palmas sometidas a la relación catiónica al (60%Ca-30%Mg-10%K). Nótese que no se presenta el amarillamiento secamiento de las hojas.



Fotos 7 y 8: Palmas sometidas a la relación catiónica 80%Ca-15%Mg-5%K.  
Nótese la típica sintomatología del amarillamiento-secamiento de las hojas.

## Cuadro 9. Relación Beneficio/Costo (B/C) para las relaciones catiónicas en evaluación.

### Relación Beneficio / Costo (B/C)

Relación catiónica	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
a1 (60%Ca-30%Mg-10%K)	1,56	1,76	3,05	2,12
a2 (70%Ca-20%Mg-10%K)	1,28	1,13	2,60	1,99
a3 (80%Ca-15%Mg-5%K)	1,48	1,01	3,07	2,02

*Fuente: Autores*

# CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio de cinco años, y complementariamente los análisis de suelos (contenidos de Ca-Mg-K) de zonas dentro del Bloque Occidental palmero, permiten concluir de manera contundente:

Que la principal causa del problema amarillamiento-secamiento de la palma aceitera, es el desbalance catiónico calcio-magnesio-potasio en el suelo, como un complejo tripartito.

La relación calcio-magnesio-potasio apropiada resultó ser la **60-30-10**, ya que las plantas pertenecientes a lotes con suelos inducidos a esta relación, no mostraron los síntomas característicos del problema, como son: la clorosis de las hojas bajas, el amarillamiento generalizado de la palma, y el secamiento y necrosis foliar.

# **Interacción de Nutrientes Guardando un Correcto Equilibrio**

**Dr. Fernando Munevar**

**En muchas ocasiones dos elementos pueden comportarse como sinérgicos o antagónicos en función de sus proporciones relativas, de esta forma si guardan un correcto equilibrio se muestran como sinérgicos.**

# INTERACCIONES NUTRICIONALES

Nivel de K		Nivel de Mg		
		0	1	2
0	Rend (kg/palma/año)	107	115	118
	% K foliar	0.75	0.51	0.41
	% Mg foliar	0.175	0.301	0.437
1	Rend (kg/palma/año)	121	141	140
	% K foliar	0.85	0.89	0.71
	% Mg foliar	0.144	0.207	0.276
2	Rend (kg/palma/año)	134	145	158
	% K foliar	1.17	1.19	1.04
	% Mg foliar	0.112	0.172	0.256

# **Correlación entre los Contenidos Nutricionales y Diferentes Niveles de Incidencia de las Enfermedades**

**CFT – N**

**Relación en N – P en Tejido Foliar**

## Aporte del Análisis de Tejido Foliar a las Enfermedades de la Palma

**Relaciones de Nutrientes *Foliales* que por encima de los cuales las enfermedades de la Pudrición del Cogollo y Pestalotiopsis es más Severa.**

Relaciones	Enfermedad
<b>N/K &gt; 2.5</b>	<b>Suceptible a la Pudrición del Cogollo (PC)</b>
<b>(Ca+Mg)/K &gt; 0.8</b>	<b>Suceptible a la Pudrición del Cogollo (PC)</b>
<b>Ca/B &gt; 370</b>	<b>Suceptible a la Pudrición del Cogollo (PC)</b>
<b>Mn &gt; 300 ppm</b>	<b>Suceptible a la Pudrición del Cogollo (PC)</b>
<b>N/K &gt; 2.3</b>	<b>Suceptible a la Pestalotiopsis</b>
<b>Ca/Mg &gt; 2.3</b>	<b>Suceptible a la Pestalotiopsis</b>
<b>Ca/K &gt; 0.6</b>	<b>Suceptible a la Pestalotiopsis</b>
<b>(K+Mg)/Ca &lt; 2.3</b>	<b>Suceptible a la Pestalotiopsis</b>

## Banda Blanca

(desbalance N/K)

- Causas:
  - Relación Foliar N:K > 2.5
  - Deficiencia de Boro
  - Excesiva aplicación de N
- La faja blanca no debe confundirse con la Quimera, que es un defecto genético.

6

### Banda Blanca (desbalance N/K)



#### Foto

Este desorden se caracteriza por la presencia de bandas de color blanco amarillento localizadas a lo largo de la nervadura central (1). Bandas blancas a lo largo de los folíolos (2).

# CFT – N

## Cationes Foliare Totales - Nitrógeno

**En la investigación de 50 ensayos de fertilización en palma de aceite efectuados por diferentes organizaciones en Malasia Peninsular, se combinaron todos los datos para mostrar la variación de los NIVELES ÓPTIMOS de N, K y Mg y se encontró lo siguiente:**

**CFT = Cationes Foliare Totales**

$$\text{CFT} = \left( \frac{\text{K foliar}}{39.1/1} + \frac{\text{Mg foliar}}{24.3/2} + \frac{\text{Ca foliar}}{40.1/2} \right) \times 1000 \text{ Cmol/Kg}$$

**Se encontró que los rendimientos máximos se lograron con valores foliares de N de la tabla 1, con los valores de CFT de la misma tabla.**

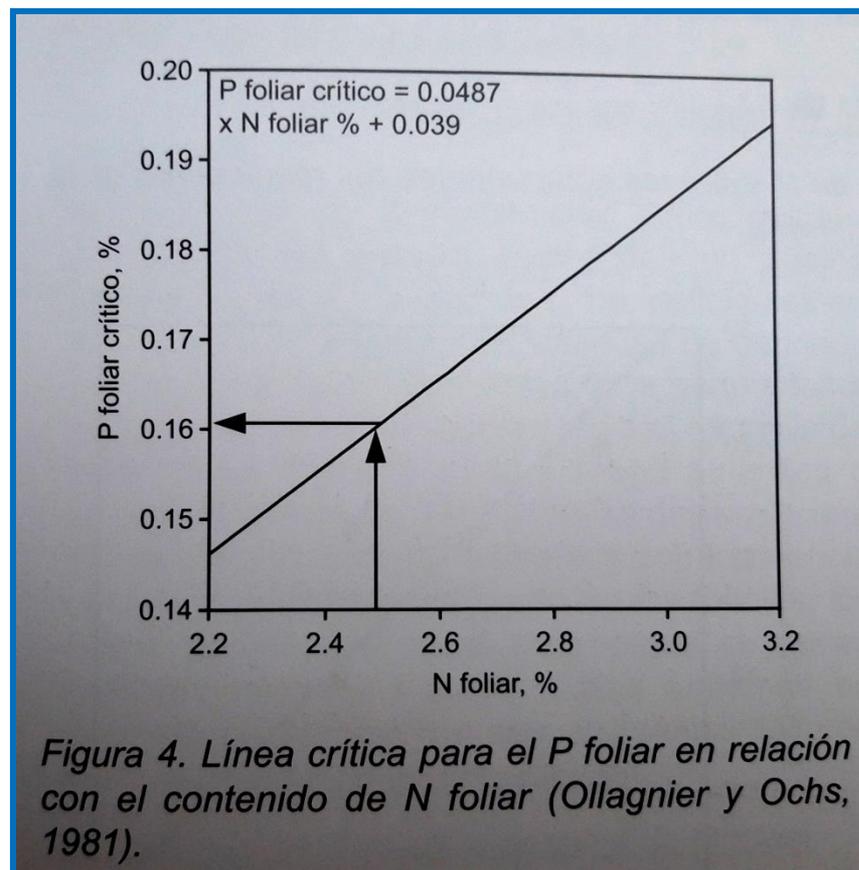
**Tabla 1**

<b>% Nitrógeno</b>	<b>TBfoliar=CFT</b>
<b>2.55</b>	<b>60</b>
<b>2.70</b>	<b>70</b>
<b>2.78</b>	<b>80</b>
<b>2.95</b>	<b>90</b>

**Fuente: Fairhurt, T y Hardte, R 2012. Palma de aceite. Manejo para rendimientos altos y sostenibles.**

# Concentración óptima de P foliar

- Al momento de interpretar el P foliar, siempre se debe tener en cuenta el nivel de N foliar, debido a la sinergia existente entre la asimilación de N y P. El crecimiento y el rendimiento de la palma se reduce cuando  $P < 0.15\%$  y cuando el P es menor que el nivel crítico calculado por la figura 4. Ej. El valor de  $P > 0.15\%$  es deficiente si la concentración de N foliar  $> 2.5\%$  (ver figura 4).



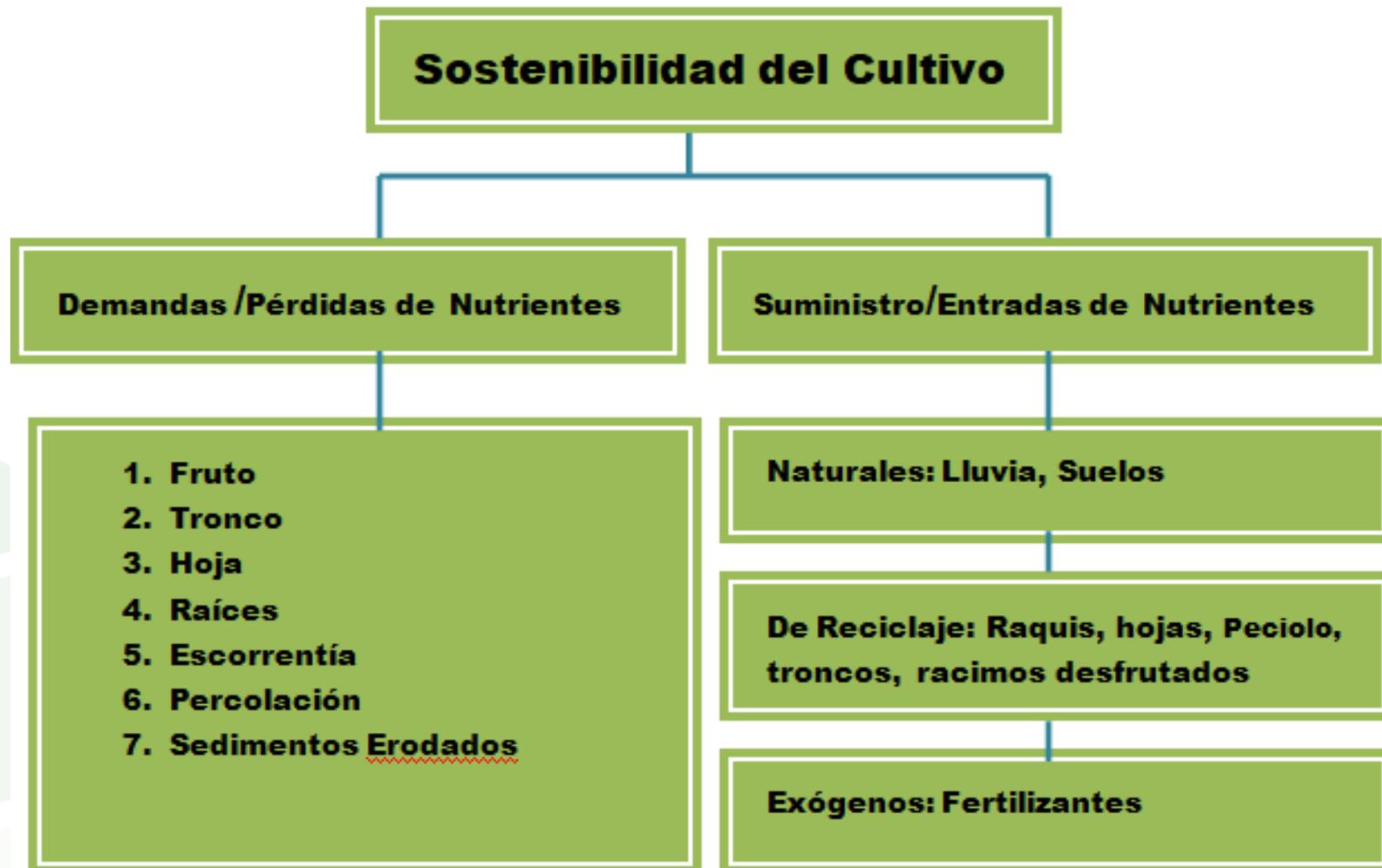
# ANALISIS FOLIAR

## HOJA No. 17

Número LAB.	1		2
	Nitrógeno	Fósforo	P-Ecuación
Nivel adecuado	2.3 - 2.9	0.13-0.19	
17.504	2.77	0.15	0.17

$$P\text{-foliar crítico} = 0.0487 * N + 0.039$$

# Modelo del Balance Nutricional



<b>Parte de la Planta</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Mg</b>
	<b>Kg/ha/año</b>			

<b>Foliolos</b>	<b>66</b>	<b>4</b>	<b>29</b>	<b>6</b>
<b>Raquis</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>49</b>	<b>3</b>
<b>Peciolo</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>2</b>

<b>Total:</b>	<b>82</b>	<b>7</b>	<b>102</b>	<b>11</b>
---------------	-----------	----------	------------	-----------

Fuente: Faihurt T y Härder R. 2003. Palma de Aceite Manejo para Rendimientos Altos y Sostenibles.

<b>Parte de la Planta</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Mg</b>
	<b>Kg/ha/año</b>			

<b>Troncos</b>	<b>250</b>	<b>25</b>	<b>350</b>	<b>60</b>
<b>Hojas</b>	<b>150</b>	<b>15</b>	<b>150</b>	<b>30</b>

<b>Total:</b>	<b>400</b>	<b>40</b>	<b>500</b>	<b>90</b>
---------------	------------	-----------	------------	-----------

Fuente: Faihurt T y Härder R. 2003. Palma de Aceite Manejo para Rendimientos Altos y Sostenibles

## **Contenido de Nutrientes (%Materia Seca) para los Racimos Desfrutados**

<b>Nutriente</b>	<b>Corley et. Al 1971</b>	<b>Gurmith Singh et. Al. 1989</b>	<b>BRLS 1998</b>	<b>Media</b>
<b>N</b>	<b>0.35</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>	<b>0.62</b>
<b>P</b>	<b>0.012</b>	<b>0.096</b>	<b>0.038</b>	<b>0.05</b>
<b>K</b>	<b>1.9</b>	<b>2.41</b>	<b>1.46</b>	<b>1.92</b>
<b>Mg</b>	<b>0.11</b>	<b>0.18</b>	<b>0.09</b>	<b>0.13</b>
<b>Ca</b>	<b>0.11</b>	<b>0.18</b>	<b>0.22</b>	<b>0.17</b>

\* Se supone una densidad de plantación de 136 plantas/ha, 50 t/h RD y humedad en el RD 65%

Fuente: Fairhurst, T y Härdter, R . 2012. Palma de Aceite, manejo para rendimientos altos y sostenibles.



## **CASO 1: ANTAGONISMO CALCIO - MAGNESIO**

**APLICACIÓN DE CAL DOLOMÍTICA EN UNA PLANTACIÓN DE PALMA ACEITERA DE VARIEDAD IRHO (sembrada en el 2004), CAUSO SINTOMA DE DEFICIENCIA DE MAGNESIO EN LOS FOLIOLOS.**

### **LOCALIZACION DE LA PLANTACIÓN:**

**Empresa: Atlantida**

**Finca: El Prado**

**Lote: 2**

### **CANTIDAD DE CAL APLICADA y DENSIDAD DE SIEMBRA**

**Cal Dolomítica: 2 Kg/planta**

**Densidad de Siembra: 143 plantas/ha**

**Cal Dolomítica/ha = 286 Kg**

**Año de Aplicación: 2009**

## PASO AÑOS EN CORREGIRSE EL PROBLEMA, CUANTO DE MAGNESIO SE NECESITO PARA CORREGIRLO?

La cantidad de 286 Kg/ha corresponden haber aplicado **57.2 Kg de Ca** y **28.6 Kg de Mg**. Cuanto de Ca en  $\text{Cmol}_{(c)}/\text{Kg}$  y de Mg en  $\text{Cmol}_{(c)}/\text{Kg}$  corresponden 286 Kg de Cal Dolomítica/ha?

$$\begin{array}{r}
 \frac{286 \text{ Kg Cal Dol.}}{\text{ha}} \quad * \quad \frac{20 \text{ Kg Ca}}{100 \text{ Kg Cal Dol.}} \quad * \quad \frac{1 \text{ Cmol}_{(c)} \text{ Ca}}{\text{Kg}} \\
 \hline
 \frac{400 \text{ Kg Ca}}{\text{ha}} =
 \end{array}$$

**= 0.143  $\text{Cmol}_{(c)} \text{Ca}/\text{Kg}$**

$$\frac{\cancel{286 \text{ Kg Cal Dol.}}}{\cancel{\text{ha}}} * \frac{\cancel{10 \text{ Kg Mg}}}{\cancel{100 \text{ Kg Cal Dol.}}} * \frac{1 \text{ Cmol}_{(c)}\text{Mg}}{\text{Kg}} = \frac{244 \text{ Kg Mg}}{\text{ha}}$$

= **0.12 Cmol<sub>(c)</sub>Mg/Kg**

**No existe registro de un análisis en el suelo en el año de aplicación, pero probablemente la relación Ca/Mg se encontraba fuera del límite superior del rango (2 – 5) mayor de 5, y con una cantidad aplicada de 0.143 Cmol<sub>(c)</sub>Ca/Kg estimulo la deficiencia de Magnesio a un nivel de presentarse los síntomas de deficiencia, eso demuestra que la variedad IRHO es muy susceptible a Mg.**

## CORRECCIÓN

Con 2 Kg Kieserita/planta o 286 Kg Kieserita/ha/año en un período de 4 años (2010 al 2013) se corrigió la deficiencia, la cantidad en  $\text{Cmol}_{(c)}\text{Mg}/\text{Kg}$  que corrigió la deficiencia de Mg es:

Kieserita es Sulfato de Magnesio Monohidratado  $\text{MgSO}_4\text{H}_2\text{O}$ , que contiene:

**MgO = 27%**

**Mg = 16.3%**

**S = 17%**

$$\begin{array}{r}
 \frac{286 \text{ Kg Kieserita}}{\text{ha}} * \frac{16.3 \text{ Kg Mg}}{100 \text{ Kg Kieserita}} * \frac{1 \text{ Cmol}_{(c)}\text{Mg}}{\text{Kg}} = \\
 \frac{244 \text{ Kg Mg}}{\text{ha}}
 \end{array}$$

$0.19 \text{ Cmol}_{(c)}\text{Mg}/\text{Kg} * 4 \text{ años} = 0.76 \text{ Cmol}_{(c)}\text{Mg}/\text{Kg}$  aplicados en 4 años.

## CONCLUSION

La cantidad de **0.88 Cmol<sub>(c)</sub>Mg/Kg** (0.76 + 0.12) fue suficiente para desaparecer los síntomas visuales de Magnesio y corregir su deficiencia.

## Antagonismo Ca/Mg en el lote de Palma Africana Variedad IRHO

### ANALISIS DE SUELOS DESPUES DE LAS APLICACIONES DE CAL DOLOMÍTICA Y KIESERITA

		Calcio	Magnesio	Ca/Mg
<b>Número LAB.</b>	<b>Nivel adecuado</b> →	<b>4 - 10</b>	<b>1 - 5</b>	<b>2 - 5</b>
	<b>Fecha de Muestreo</b>			
<b>8757</b>	4 - Oct. - 2016	<b>4.21</b>	<b>2.28</b>	<b>1.85</b>
<b>LSP17-12371</b>	27 - Oct. - 2017	<b>3.40</b>	<b>1.42</b>	<b>2.39</b>

**Diferencia:**

**0.81**

**0.86**

## CASO 2: Antagonismo Ca - K y Ca - Mg

**Antagonismo Ca/K y Ca/Mg en los suelos de la empresa REPSA, Sayaxché, Petén**

	Cmol <sub>(c)</sub> /Kg			Ca/K	Ca/Mg
	Calcio	Potasio	Magnesio		
Nivel adecuado →	4 - 10	0.2 - 0.6	1 - 5	5 - 25	2 - 5
Promedio de					
<b>1516 Resultados</b>	<b>21.84</b>	<b>0.55</b>	<b>3.72</b>	<b>39.71</b>	<b>5.87</b>

**La Relación Ca/K mayor de 25**

**La Relación Ca/Mg mayor de 5**

**SON INDICADORES**

**Que MUESTRAN que los REQUERIMIENTOS de Potasio y Magnesio son MAYORES que lo que la planta DEMANDA de estos NUTRIENTES por el ANTAGONISMO con el Calcio**

**COMPARANDO la aplicación se REPSA versus COSTA SUR**

<b>REPSA</b>	<b>COSTA SUR</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Kg K<sub>2</sub>O/ha</b>		
<b>362</b>	<b>212</b>	<b>150</b>
<b>Kg Mg/ha</b>		
<b>53</b>	<b>33</b>	<b>20</b>

**Los 362 Kg K<sub>2</sub>O/ha y 53 Kg Mg/ha aplicados en REPSA corresponden en 'Cmol<sub>(c)</sub>/Kg de Potasio y Magnesio**

### Cmol<sub>(c)</sub>K-Mg/Kg y la Relación Ca/K y Ca/Mg despues de la aplicación

(7)=(6)/(5)

(1) Kg K <sub>2</sub> O/ha	(2) = (1)/1.2 Kg K/ha	(3) = (2)/782 Cmol <sub>(c)</sub> K/Kg	(4)Valor Original Cmol <sub>(c)</sub> K/Kg	(5) = (3) + (4) Cmol <sub>(c)</sub> K/Kg	(6) Cmol <sub>(c)</sub> Ca/Kg	(7) 5 - 25 Ca/Mg
362	302	0.39	0.55	0.94	21.84	23.34

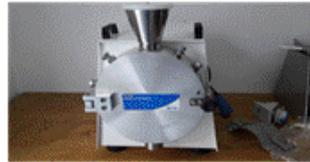
### Cmol<sub>(c)</sub>/Kg de Magnesio y la Relación Ca/Mg despues de la aplicación

(6)=(5)/(4)

(1) Kg Mg/ha	(2) = (1)/244 Cmol <sub>(c)</sub> Mg/Kg	(3)Valor Original Cmol <sub>(c)</sub> Mg/Kg	(4) = (2) + (3) Cmol <sub>(c)</sub> Mg/Kg	(5) Cmol <sub>(c)</sub> Ca/Kg	(6) 2 - 5 Ca/Mg
53	0.22	3.72	3.94	21.84	5.55

### Producción promedio en 9 años (2010 - 2018)

REPSA	COSTA SUR	Diferencia
tRFF/ha		
21	29	8



**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**

