

Notas del Director

La palma de aceite, por su gran potencial de producción, tiene altos requerimientos de nutrientes. En dos o tres de las actuales cuatro zonas palmeras de Colombia, la baja disponibilidad de nutrientes se constituye en el factor limitante más común que afecta los rendimientos del cultivo. La fertilización es uno de los rubros que más pesa dentro de la estructura de costos en la producción de la palma de aceite, representando el 21% del costo total por tonelada de aceite y 33,4% promedio nacional de los costos variables del cultivo (Fedepalma, 2007).

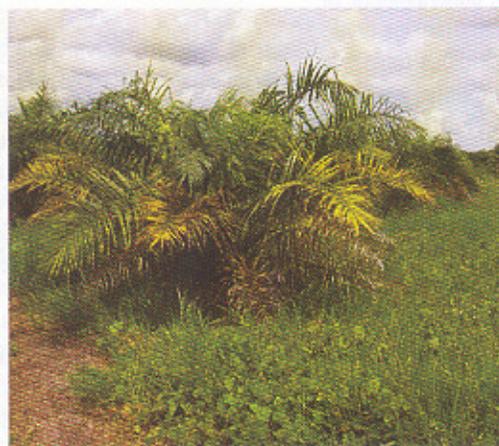
Los cultivos de palma de aceite establecidos en el país expresan con frecuencia síntomas foliares de deficiencia de (Mg) en sus diferentes etapas de desarrollo, lo cual ha motivado a los palmicultores a aumentar la fertilización con este nutriente, así como también, a buscar fuentes alternativas de fertilizantes magnésicos. Como práctica agronómica ello es lo adecuado, sin embargo, muchas veces estas fuentes se seleccionan por su bajo costo en el mercado, probablemente sin tener en cuenta aspectos técnicos relativos al fertilizante como son la solubilidad, composición química, estado físico, efectos secundarios sobre el suelo y el cultivo y su efectividad agronómica.

Las anteriores consideraciones aunadas a la revisión de los datos históricos de análisis de suelos y foliares de muestras tomadas en plantaciones de palma en todo el país y salvaguardados en la base de datos del laboratorio de análisis foliares y de suelos (LAFS) de Cenipalma dan las bases para deducir que hay una alta probabilidad de aumentar los rendimientos del cultivo mediante prácticas que permitan garantizar un adecuado y oportuno suministro de Mg al cultivo.

Desde el año 2001, Cenipalma viene adelantando una serie de experimentos con el objetivo de comparar la efectividad de diferentes fuentes de magnesio y cuantificar la respuesta del cultivo a diversas dosis del nutriente. Estas actividades se han desarrollado gracias a los aportes de recursos del FFP, plantaciones comprometidas en esta investigación y la cofinanciación de la empresa privada.

José Ignacio Sanz Scovino
Director Ejecutivo de Cenipalma

Importancia de la fertilización magnésica en el cultivo de la palma de aceite*



Introducción

La importancia del magnesio (Mg) en la productividad de los cultivos, incluido el de la palma de aceite, está asociada a las funciones que este elemento esencial cumple en el ciclo de vida de las plantas (Tabla 1), las cuales van desde varios roles específicos en la fotosíntesis hasta el transporte de los productos de dicho proceso a los racimos.

Cuantitativamente, el cultivo de palma de aceite tiene un alto requerimiento de magnesio; se ha estimado que por cada tonelada de racimos frescos cosechados se requiere reponer al cultivo 1,48 kg de Mg (Ng *et al.*, 1999), de lo cual se puede calcular que en un cultivo que rinda 30 toneladas por hectárea

dicha reposición se lograría con la aplicación de 310 g de Mg por palma equivalente a 2,1 kg de un fertilizante con el 15% de Mg (25% de MgO).

Tabla 1. Papel fisiológico del Mg en la palma de aceite.

Procesos	Función del magnesio
Fotosíntesis	- Átomo central de la molécula de clorofila (10 a 35% del Mg total). - Componente esencial de la enzima que cataliza la síntesis de la clorofila. - Coenzima de la carboxilasa (fijación de CO ₂)
Balace iónico y regulación turgencia de la	El Mg por ser altamente móvil y osmóticamente activo, regula la turgencia y el balance de cargas.
Síntesis de proteínas	Elemento puente entre subunidades de ribosomas, los sitios de la síntesis de proteínas.
Transferencia de energía	Elemento requerido en otros sistemas enzimáticos como los relacionados con transferencia de energía (ésteres Mg-ATP).
Partición y traslocación de carbohidratos	Esencial en los sistemas (bombas) que transportan sacarosa al foema y a los racimos.
Estructuración de la pared celular	Mantiene la integridad de las paredes celulares de cuya estructura hace parte como pectato (5 a 10% del Mg total)

Ross, 2004; Goh y Harder, 2003

Álvaro Cristancho. Programa de Suelos y Aguas, División de Agronomía, Cenipalma
Diego Luis Molina. Programa de Suelos y Aguas, División de Agronomía, Cenipalma
Edna Margarita Garzón. Programa de Suelos y Aguas, División de Agronomía, Cenipalma. Autor para correspondencia egarzon@cenipalma.org
Fernando Munévar. Programa de Suelos y Aguas, División de Agronomía, Cenipalma

Además de ser componente del átomo central de la molécula de clorofila, el magnesio ejerce un efecto importante en la formación de aceite. Ochs y Ollagnier (1977) observaron una reducción en la proporción aceite racimo, con la aplicación de mayores dosis de potasio; la aplicación conjunta de magnesio y potasio produjo una mayor relación aceite, racimo aún con la más alta aplicación de potasio, indicando la importancia de ambos nutrientes para la producción de racimos a través del potasio y alta formación de aceite a través del magnesio.

Entre otros criterios, se considera que existe deficiencia del elemento en el suelo cuando las concentraciones de Mg intercambiable son $\leq 0,3$ cmol.kg⁻¹ y en el follaje contenidos $\leq 0,20\%$ lo cual, generalmente se pone de manifiesto con la aparición de síntomas foliares (Rankine *et al.*, 1999); no obstante, varios estudios han reportado pérdidas reales de rendimiento en palmas que tienen bajos niveles de nutrientes antes de que aparezcan los síntomas de deficiencia (Chan *et al.*, 2001).

En las diferentes regiones productoras de Colombia, principalmente en las zonas Central y Oriental, se observan con regularidad síntomas foliares de deficiencia de Mg, lo cual coincide con lo registrado históricamente por el banco de datos de resultados de análisis del laboratorio de Análisis foliares y de suelos de (LAFS) Cenipalma que muestra una alta frecuencia de valores bajos de este nutriente tanto en el follaje como en el suelo (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de frecuencia para los datos de Mg en suelos y tejidos de palma de aceite registrados en la base de datos del LAFS (Cenipalma, 1998-2006).

Zona (muestras)	Baja	Media	Alta
Saturación de Mg en el suelo (%)			
Norte (486)	13	51	35
Central (577)	72	14	14
Occidental (53)	19	34	47
Oriental (1655)	71	25	4
Mg foliar (%)			
Norte (925)	18	20	62
Central (1432)	66	14	20
Occidental (484)	38	18	44
Oriental (2686)	55	17	28

Fuente: LAFS Cenipalma

Es de anotar que una vez determinada la necesidad de corregir una deficiencia de Mg en el cultivo, es trascendental elegir adecuadamente el fertilizante comercial portador de este elemento que ofrezca las mejores posibilidades para cumplir los objetivos del cultivador de palma, incluyendo en ello tanto los aspectos técnicos como los económicos. De igual manera, la decisión sobre la cantidad a aplicar debe tomarse sobre bases técnicas y guarda relación con diferentes factores, entre los cuales es relevante la fuente misma.

Entre otros factores, la baja cantidad y disponibilidad de nutrientes característicos en muchos suelos dedicados al cultivo de la palma determinan la necesidad de altas tasas de fertilización, las cuales, al combinarse con los altos costos de los fertilizantes hacen que dicha práctica represente el 21% del costo total por tonelada de aceite y, en promedio, el 33,4% de los costos variables a nivel nacional, con valores de 27,5; 33,4; 38 y 39,4% en las zonas Norte, Occidental, Central y Oriental respectivamente (Fedepalma, 2007). Para la zona Oriental, el costo del fertilizante magnésico a aplicar para alcanzar el nivel de referencia foliar (0,28% en la hoja 17) y suplir la extracción de una cosecha esperada, representa entre 12 y 25% de los costos totales de los fertilizantes según se apliquen fuentes de baja o alta solubilidad, respectivamente.

En el mercado colombiano hay disponibilidad de diversos fertilizantes portadores de magnesio, de los cuales algunos pueden considerarse como fuentes simples (por ejemplo óxido de magnesio y carbonato de magnesio), otros como el sulfato de magnesio portan un segundo elemento esencial (S), otros portan también potasio (K) y azufre (S) o calcio (cal dolomita); incluso el Mg se ha incorporado en bajas concentraciones en algunos fertilizantes complejos portadores prioritariamente de N, P y K. Más aún, al cultivador le ofrecen la incorporación de Mg en fertilizantes del tipo mezcla física.

Los fertilizantes antes mencionados, además de otros a los cuales el cultivador puede acceder, varían ampliamente en su composición química, su estado físico, sus efectos "secundarios" sobre el suelo y el cultivo y su efectividad agronómica. Más aún, en el comportamiento del fertilizante también influyen las características físico químicas del suelo al cual se aplica y el clima.

Dos de los aspectos más importantes a tener en cuenta al seleccionar un fertilizante portador de magnesio son los otros nutrientes o iones que lo acompañan y el efecto del producto sobre la reacción del suelo (pH). Si el fertilizante magnésico contiene otros nutrientes, la concentración de estos debe tenerse en cuenta con la finalidad de no causar desbalances al cultivo, pero si en una circunstancia particular dichos nutrientes acompañantes convienen al cultivo, su efecto debe considerarse en los estimativos de costos y beneficios de la fertilización. En cuanto al efecto en la reacción del suelo, debe tenerse en cuenta que algunos fertilizantes magnésicos (óxido, carbonato, silicato) tienen efecto encalante, mientras que otros son de reacción neutra.

Otra característica química relevante es su solubilidad, la cual varía ampliamente entre los diferentes productos comerciales; por lo tanto, la concentración total del elemento en el fertilizante no es criterio suficiente para su elección. Desde el punto de vista físico, el tamaño de las partículas (granulometría) en combinación con la naturaleza química del producto, determinan su solubilidad.

En conclusión, son múltiples los factores que determinan el comportamiento de un fertilizante magnésico y por ende, se requiere de experimentos de campo, llevados a cabo localmente, para tener bases sólidas que orienten su manejo.

Desde el año 2001, Cenipalma viene adelantando cinco experimentos en las diferentes zonas palmeras del país, tanto en palma joven como adulta, con el objetivo de evaluar el efecto relativo de fuentes de Mg con diferente grado de solubilidad y diferentes dosis sobre la producción de palma de aceite.

Tabla 3. Año de inicio, material de siembra y características edáficas y foliares de los cultivos en los cuales se establecieron los experimentos.

Características	Zona Oriental		Zona Central		Zona Occidental I
	Guaicaramo	La Cabaña	Brisas	Palmeras de Pto. Wilches	Palmeiras
Año de inicio	2003	2003	2001	2001	2003
Material/año de siembra	IRHO/96	IRHO/00	IRHO/97	Dami Papua/85	IRHO/96
Arena %	51	51	22	75	43
Limo %	28	21	44	14	31
Arcilla %	26	27	34	11	25
P ppm	26	4	11	10	16
K cmol(+) kg ⁻¹	0,45	0,10	0,14	0,34	0,82
Ca cmol(+) kg ⁻¹	1,06	0,20	0,17	0,89	2,96
Mg cmol(+) kg ⁻¹	0,16	0,04	0,12	0,12	1,12
Mg foliar %	0,2	0,15	0,2	0,2	0,19

Los experimentos se establecieron en las plantaciones Guaicaramo y Hacienda La Cabaña (Zona Oriental palmera), Palmas Oleaginosas Las Brisas y Palmeras de Puerto Wilches (Zona Central) y en Palmeiras de la Zona Occidental. En la Tabla 3 se muestra para cada uno de los sitios, la información relacionada con el año de inicio del experimento, material de siembra y características del suelo y tejidos al momento de establecer los ensayos.

En cada uno de los sitios experimentales se están evaluando tres fuentes comerciales de Mg con diferente grado de solubilidad aplicando tres dosis de cada una de ellas más un tratamiento testigo (sin aplicación de Mg), para un total de 10 tratamientos. Los experimentos tienen un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, para un gran total de 30 parcelas experimentales en cada plantación, donde cada parcela experimental está compuesta por 4 líneas de palma, cada una con 6 plantas. Las variables de respuesta se evalúan en las 8 palmas centrales. Los tratamientos evaluados en cada sitio se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Fuentes y dosis de Mg en evaluación en las diferentes plantaciones.

Fuente	Dosis	Plantación				
		Guaicaramo	La Cabaña	Brisas	P. Wilches	Palmeiras
Testigo MgO (88%)	0	X	X	X	X	X
	0,5				X	
	1,0	X			X	X
	1,5					X
	2,0				X	X
	3,0	X				
MgCO ₃ (38% MgO)	0,25		X			
	0,5		X	X	X	
	1,0		X	X	X	
	1,5					
	2,0			X	X	
Kieserita MgSO ₄ (25% MgO)	0,25		X			
	0,5		X	X		
	1,0	X	X	X		X
	1,5					X
	2,0	X		X		X
	3,0	X				
MgSO ₄ Agrícola (18% MgO)	0,25		X			
	0,5		X	X	X	
	1,0	X	X	X	X	
	2,0	X		X	X	
	3,0	X				

La dosis básica de Mg para cada fuente (1X) se calculó sumando el requerimiento estimado para llevar la concentración foliar de Mg al valor de referencia (0,28% en la hoja 17), más el requerimiento de nutriente estimado para compensar la extracción con la cosecha para un valor de rendimiento proyectado. A partir de esta dosis básica se calcularon las demás dosis.

En cada uno de los tratamientos se evalúan las siguientes variables:

- Peso y número de racimos
- Concentración foliar y edáfica de los nutrientes
- Síntomas de deficiencias nutricionales
- Potencial de extracción de aceite.

Con corte a esta publicación, los resultados parciales provenientes de los experimentos indican lo siguiente:

1. La alta frecuencia de deficiencias de magnesio y los altos requerimientos que tiene la palma de aceite por este elemento determinan una alta frecuencia de respuestas positivas significativas a la fertilización magnésica.
2. La respuesta a la fertilización se expresa en disminución de los síntomas de deficiencia, aumento en la concentración foliar de Mg, aumento en el número de uno o más de los componentes del rendimiento y aumento en el potencial y rendimiento de aceite.
3. En ausencia de aplicaciones de Mg los niveles foliares descendieron hasta 0,14% al tercer año de evaluación y la aplicación de dosis crecientes de Mg aumentó la concentración de Mg foliar hasta los niveles considerados óptimos (0,28% Mg en la hoja 17).
4. Existen diferencias en la eficiencia de las fuentes evaluadas, por lo cual el impacto agronómico y económico de su uso es diferente.
5. Para las condiciones en donde se han efectuado los experimentos, las fuentes Kieserita y óxido de magnesio han mostrado una mayor eficiencia agronómica y por tanto un beneficio económico notoriamente superior frente al sulfato de magnesio. El carbonato de magnesio ha tenido un comportamiento intermedio.
6. Dadas las diferencias en solubilidad de las fuentes, la Kieserita muestra una mayor efectividad en el corto plazo, pero en el largo plazo su efectividad puede ser igualada por el óxido de magnesio.

7. Como consecuencia de la fertilización magnésica, se registraron aumentos en el rendimiento de racimos de hasta 5 ton ha⁻¹ año⁻¹ y en el rendimiento de aceite de hasta 2 ton ha⁻¹ año⁻¹.

8. El incremento en el potencial de aceite de los racimos como consecuencia de la fertilización magnésica que se documentó en los experimentos, es una evidencia que aclara algunas confusiones que sobre el tema se han divulgado.

9. Con los resultados de los experimentos se pueden hacer los cálculos económicos necesarios para determinar el tratamiento (combinación de fuente y dosis) de mayor rentabilidad.

10. Según la situación particular de cada cultivo, podrían darse casos en los cuales para un manejo nutricional integrado sea conveniente la combinación de fuentes de rápida y lenta solubilidad.

11. En la fertilización a escala industrial debe tenerse en cuenta la relación entre las características físicas de cada fuente y la forma de aplicación del fertilizante (manual vs. mecanizada).

Bibliografía.

Chan, KW; Tarmizi, A; Wahid, O. 2001. Avances en el manejo de fertilizantes en la industria de la palma de aceite. *Palmas (Colombia)* 22(3): 42-48.

CENIPALMA, 2007. Resultados parciales de cinco experimentos sobre fuentes y dosis de Magnesio en las zonas palmeras Central, Oriental y Occidental. Programa de Suelos y Aguas (sin publicar).

CENIPALMA, 2007. Base de datos del Laboratorio de Análisis Foliare y de Suelos (LAFS) de Cenipalma. Análisis de frecuencia serie 1998-2006. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma). 2007. Estudio de actualización de costos. Bogotá DC.

Goh, KJ; Hardter, R. 2003. General oil palm nutrition. In: *Oil palm: management for large and sustainable yields.* (Fairhurst, T.; Hardter, R. Eds.). P. 191-230. Potash and Phosphate Institute. Oxford Graphic Printers.

Munévar M, F. 1998. Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia. *Palmas (Colombia)* 19(no. Especial): 218-228.

Ng, PHC. et al. 1999. Nutrient requirements and sustainability in mature oil palm an assessment. *The Planter*: 75: 331-345.

Ochs, R; Ollagnier, M. 1977. The effect of fertilizers on the yield and composition of lipids in some tropical crops. In: *Fertilizer Use and Production of Carbohydrates and lipids.* 13th Colloquium of the International Potash Institute, Basel, Switzerland, p. 269-293.

Rankine, I; Fairhurst, TH. 1999. Management of phosphorus, potassium and magnesium in mature oil palm. In: *Better Crop International. Special Edition: Oil Palm Nutrition Management.* v. 13 p. 1.

Ross, M. 2004. Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. *Palmas (Colombia)* 25(no. Especial) Tomo II 98-103.

Agradecimientos

Al personal de las plantaciones Palmeiras, Guacaramo, La Cabaña por la colaboración prestada. Las investigaciones de Cenipalma son financiadas por el Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma.



Director: **José Ignacio Sanz Scovino**

Revisión de textos: **Comité de Publicaciones de Cenipalma**

Coordinación editorial: **Oficina de Comunicaciones**

Diseño y diagramación: **Briceño Gráfico**

Impresión: **Molher Ltda. Impresores**

Esta publicación contó con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero