

# Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite

## The Role of Magnesium for Sustainable High Yields of Oil Palm

**Marcus Ross<sup>1</sup>**

### Resumen

Debido a los normalmente bajos niveles de magnesio en los suelos tropicales de América Latina, se ha creado conciencia de la necesidad de una adecuada fertilización de magnesio en palma de aceite. Se discuten las funciones más importantes del magnesio en el metabolismo de las plantas, incluyendo fotosíntesis y síntesis de proteínas - almidones, y también otras funciones esenciales en absorción de nutrientes y traslocación de carbohidratos dentro del sistema de la planta. Se presentan resultados de ensayos de campo con énfasis en fertilización de magnesio incluyendo los diferentes parámetros de rendimiento de RFF, y proporción aceite/racimo. La fuente de magnesio juega un papel esencial. A este respecto, el kieserite demostró ser claramente superior a la dolomita, aunque esta última puede ser un importante correctivo para suelos ácidos, complementando el efecto del kieserite.

### Summary

The generally low inherent soil magnesium levels of tropical soils on oil palm in Tropical Latin America has led to an increasing awareness of the necessity of an adequate magnesium fertilization of oil palm. Its major functions in the plants' metabolism, including photosynthesis, protein- and starch synthesis, however also its essential functions in nutrient uptake and carbohydrate translocation within the plant system are briefly discussed. Results of field trials focussing on Mg fertilization including different yield parameters such as FFB, oil to bunch ratio are presented. The source of magnesium plays an essential role. In this respect kieserite proved to be clearly superior to dolomite though the latter Mg carrier may be an important soil amendment for acid soils complementing the effect of kieserite.

### Palabras Clave

Palma de aceite,  
Fertilización,  
Magnesio.

1. Coordinador Agronómico para América Latina K+S KALI GmbH, Germany.  
E-mail: [Marcus.ross@kali-gmbh.com](mailto:Marcus.ross@kali-gmbh.com)  
Nota: Traducido por Fedepalma.



## Introducción

La palma de aceite está entre los 10 cultivos más fuertemente fertilizados en el mundo (Soh, 1997). Esto puede ser explicado por el hecho de que los requerimientos cuantitativos de magnesio en la palma de aceite son altos excediendo casi en el doble los requerimientos de fósforo. En el pasado, en las plantaciones de palma, al magnesio no se le dio la importancia necesaria como fertilizante. Esto condujo a una deficiencia de magnesio generalizada, por el uso continuo de grandes dosis de fertilizantes (nitrógeno, fósforo y potasio) aplicadas para obtener material mejorado y más productivo, lo que implica mayores remociones debido al aumento en rendimiento. Además, las pérdidas por lixiviación de suelos, que por su avanzado estado de desgaste eran inherentemente pobres en magnesio, llevaron a un acelerado agotamiento de este nutriente. Hoy día, un alto rendimiento de aceite de palma no se puede lograr sin un suministro adecuado de este nutriente por medio de fertilización. Sin embargo, parece ser insuficiente el conocimiento general de la dinámica del magnesio en el sistema suelo/planta y sus funciones en el metabolismo de las plantas, aunque es vital para el manejo apropiado de este nutriente en una plantación para alta eficiencia y máximo beneficio.

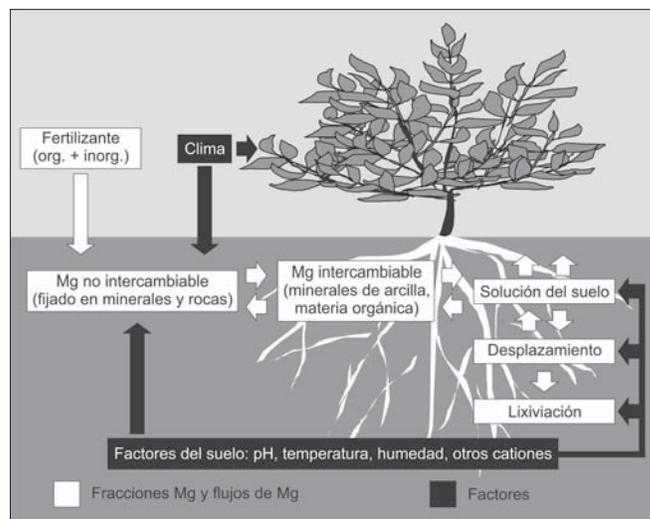
El objetivo de este documento es revisar el papel del magnesio en la palma de aceite con respecto a las interacciones suelo/planta. Se discute la respuesta del rendimiento a aplicaciones de magnesio y su interacción con otros cationes, particularmente en la formación de aceite, compartiendo así los últimos resultados en ese campo.

## Magnesio en el suelo

Las principales fracciones de magnesio en los suelos son:

- Magnesio no intercambiable (fijado en minerales y rocas)
- Magnesio intercambiable (absorbido por superficies cargadas negativamente de minerales de arcilla y materia orgánica)
- Magnesio en la solución del suelo.

El estado del magnesio en el suelo se caracteriza por un proceso dinámico, influenciado por varios



**Figura 1** Dinámica del magnesio en el suelo

**Tabla 1** Contenido y distribución de magnesio en un andisol volcánico (Sumatra Occidental) con una plantación de palma de aceite de 10 años (148 plantas/ha)

	Matriz magnesio (ligado a minerales)	Magnesio intercambiable
Kg/ha (0-60 cm)	106,245	155
% del total	99,8	0,2

factores como el clima, pH del suelo, temperatura y humedad del suelo, y presencia de otros cationes (Fig. 1). Del magnesio total del suelo, el que se encuentra en rocas y minerales primarios representa entre 90 y 99% de la reserva total y está presente en cantidades mucho mayores que las absorbidas por las plantas. Sin embargo, esta es sólo la reserva de donde el magnesio se vuelve disponible por la acción de los elementos naturales (Tabla 1). El magnesio intercambiable, que generalmente llega hasta el 5% del magnesio total, es absorbido por superficies de minerales de arcilla y materia orgánica, y por tanto fácilmente liberado por otros cationes como  $K^+$  y  $Ca^{2+}$ . La liberación de magnesio por esta fracción generalmente es muy lenta e insuficiente para suplir la demanda de cultivos en rápido crecimiento. La cantidad de esta fracción disponible suministrada a la planta depende en gran parte de la capacidad de intercambio

catiónico (CIC), y por tanto del potencial de un suelo para absorber y liberar magnesio y otros cationes de su complejo absorbente. Este último está definido principalmente por la textura y tipo de suelo. En consecuencia, los valores para un suministro adecuado de magnesio del suelo se deben siempre ajustar, para lo cual puede servir como guía la siguiente franja de niveles (Tabla 2).

Tanto el magnesio intercambiable como el magnesio en la solución del suelo conforman el magnesio disponible para la planta. Las plantas absorben el magnesio exclusivamente de la solución del suelo que es reabastecida por magnesio de la fracción intercambiable.

En general, los suelos de América Latina tropical están muy desgastados y con bajo pH y capacidad de intercambio catiónico; por tanto, tienen bajo potencial para almacenar magnesio disponible. Un alto porcentaje de la tierra apta para palma de aceite consta de suelos ácidos, generalmente con contenido de magnesio intercambiable por debajo de  $40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $0,16 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), donde la saturación con aluminio es alta (60% de la CIC).

## Magnesio en la planta

La función más prominente del magnesio en la planta es su papel como el átomo central de la

molécula de clorofila. Sin embargo, la cantidad ligada a la clorofila (15% del total) es relativamente pequeña y depende en gran parte del suministro. Además de ser una parte integral de la clorofila, el magnesio participa en la reacción de carboxilasa de la fotosíntesis, como una coenzima en la fijación de  $\text{CO}_2$ . Como un catión bivalente cargado, el magnesio está involucrado en el balance catión-anión, es responsable de la regulación de pH y del ajuste de turgencia de las células de la planta. Entre 5 y 10% del magnesio está ligado al pectato y allí sirve como elemento estructural de la pared celular. El resto del magnesio, no fijado en estructuras como la clorofila y paredes celulares, presenta alta movilidad dentro de la planta y fácilmente se trasloca entre tejidos y hojas viejas y jóvenes, como por ejemplo granos, frutos, etc. Esta es una de las razones por las que los síntomas visuales de deficiencia de magnesio siempre ocurren primero en las hojas más viejas. Debido a sus funciones en la transferencia de energía durante la síntesis de almidones, ésta se ve impedida en condiciones de suministro insuficiente de magnesio (Tabla 3).

Por otro lado, la deficiencia de magnesio también inhibe, en las hojas más viejas, la degradación de almidones, que son la fuente principal de

Tabla 2

Rangos para contenido óptimo de magnesio disponible (magnesio/kg) en relación a la textura del suelo

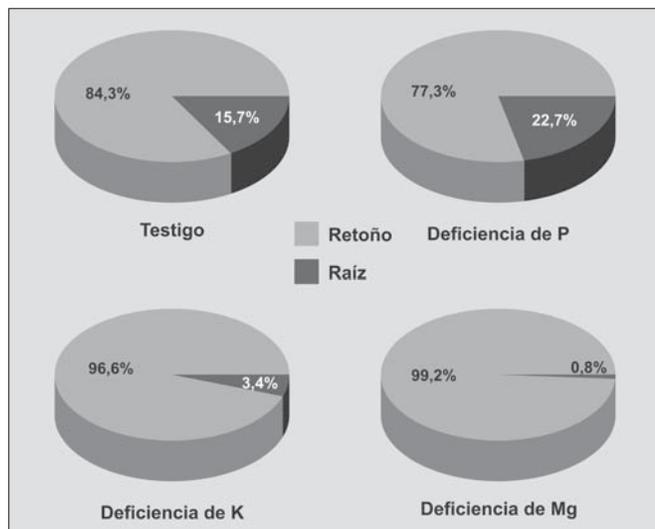
Tipo de suelo	Suelos arenosos	Franco arenoso	Franco arcilloso	Arcilloso	Suelos de turba
Magnesio/kg	60-70	70-90	90-110	110-140	70-90
Cmol/kg	0,25-0,30	0,30-0,37	0,37-0,45	0,45-0,57	0,30-0,37

Tabla 3

Importancia del magnesio en la producción de plantas

Proceso metabólico	Función del magnesio
Fotosíntesis	Átomo central de la molécula de clorofila Coenzima de carboxilasa en fijación de $\text{CO}_2$
Balance catión-anión y regulación de turgencia	Magnesio como sustancia de alta movilidad y osmóticamente activo regulador de turgencia y balance de cargas
Transferencia de energía	Elemento puente entre sustrato y enzima
Síntesis de proteínas	Elemento de ribosomas, síntesis de proteína
Partición y traslocación de carbohidratos	Elemento esencial de bombeo de iones para transportar sucrosa al floema
Formación de pared celular	Elemento estructural de paredes celulares

energía para tejidos en crecimiento y órganos de almacenamiento. En consecuencia, el transporte de carbohidratos a lugares de alta demanda se inhibe si la cantidad de magnesio en la planta es inadecuada. Por tanto, la deficiencia de magnesio conduce al aumento de almidones y contenido de materia seca en las hojas más viejas, acompañado por deficiencias de suministro de carbohidratos a frutas, granos y particularmente a las raíces (Fig. 2).



Fuente: Cakmak et al., 1994

**Figura 2** Distribución relativa de los carbohidratos en una planta afectada por deficiencias de fósforo, potasio y magnesio

La inhibición del suministro de carbohidratos a las raíces impide su crecimiento y causa que la absorción de nutrientes sea restringida, especialmente de aquellos de poca movilidad en el suelo, como fósforo y potasio. Bajo las condiciones de suelos ácidos generalmente observadas, la nutrición de magnesio y el crecimiento de la raíz reciben una dimensión adicional. Esto se explica por el hecho de que en suelos minerales ácidos el aluminio toma una forma soluble y tóxica cuyo efecto primario es impedir el crecimiento de la raíz. Este efecto se puede contrarrestar con el suministro adecuado de magnesio. Por tanto, la aplicación de magnesio mejora el acceso de las raíces a nutrientes de baja movilidad e incrementa la absorción de agua y nutrientes a mayor profundidad. De modo que se podría decir que el magnesio mejora la eficiencia nutritiva de cultivos que crecen en condiciones de suelos ácidos.

Los síntomas visibles de deficiencia de magnesio incluyen la clorosis de las hojas más viejas, conocida como “hojas naranja”. Las expresiones más fuertes de los síntomas visibles de deficiencia normalmente se encuentran durante la época seca cuando la radiación es alta y en hojas expuestas a la luz solar (Fig. 3). A menudo los cultivadores denominan estos síntomas “quemadura de sol” inducida por calor y rara vez los asocian con deficiencias de magnesio. La causa de los efectos, sin embargo, es que bajo condiciones secas, la movilidad del magnesio en el suelo es reducida y, consecuentemente, su absorción también. Un bajo suministro de magnesio reduce la traslocación y aumenta la acumulación de fotosintetizados en las hojas y la activación de  $O_2$ , que causa la formación de radicales tóxicos de oxígeno responsables de la clorosis y necrosis de las hojas expuestas a la luz solar. La quemadura de sol es, por tanto, una expresión de una deficiencia latente de magnesio bajo condiciones de alta intensidad de luz.

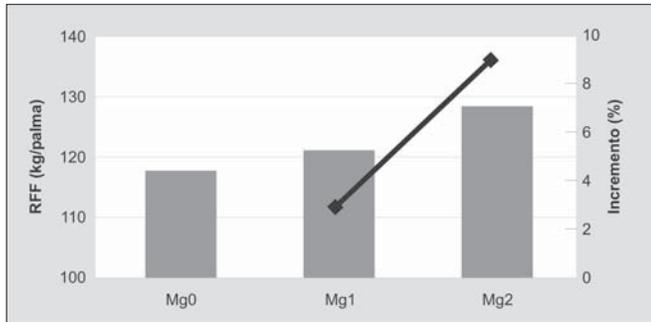


**Figura 3** Hojas bajas de una palma de aceite con deficiencia severa de magnesio

### Magnesio para la palma de aceite

En palma de aceite, después del potasio y el nitrógeno, el magnesio es cuantitativamente el nutriente más importante. Aproximadamente 98 kg MgO/ha son absorbidos por una plantación que rinde 24 t/RFF/ha, donde se requiere sólo 62 kg/ha de  $P_2O_5$  para producir el mismo volumen (Ng y Tamboo, 1967).

Una investigación anterior realizada por Corley y Mok (1972) en suelos de Malasia (serie Rengam) mostró que el rendimiento de racimos aumentó entre 3,4 y 10,6 kg/palma con la aplicación de magnesio (Fig. 4).



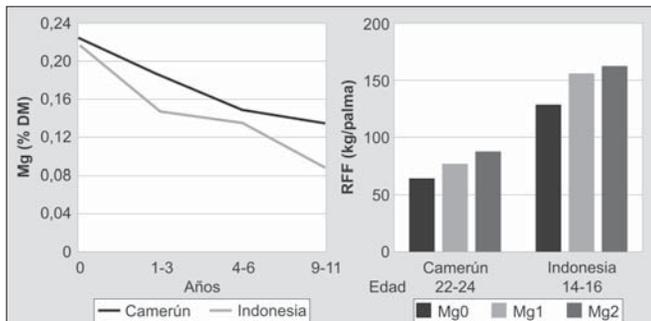
Fuente: Dubos et al., 1999

**Figura 4** Efecto de la aplicación de magnesio en rendimiento de RFF en un suelo resemeado serie Rengam en Malasia

Omitir la aplicación de magnesio durante el período inmaduro puede conducir a una drástica reducción en producción de RFF, a pesar de que observaciones anteriores indican sólo efectos menores.

En una publicación más reciente, Dubos y colaboradores (1999), encontraron que los niveles de magnesio en las hojas se reducen drásticamente si no se aplica magnesio. Aunque los dos sitios varían drásticamente en su potencial de rendimiento, la respuesta al magnesio es muy clara en ambos (Fig. 5).

En los sitios respectivos, el magnesio claramente aumentó los rendimientos de RFF, aunque en ambos los rendimientos más altos ya se habían

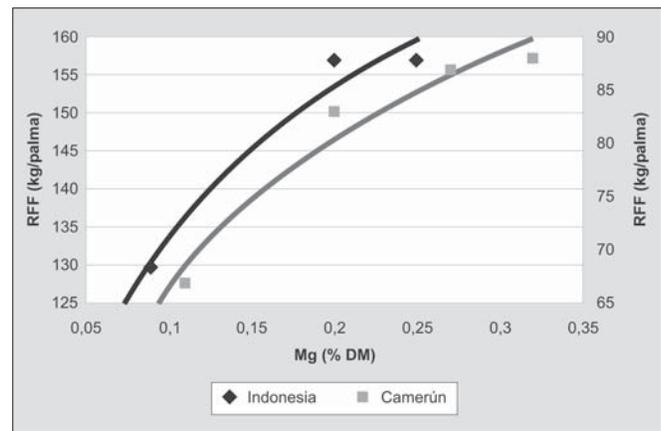


Fuente: Dubos et al., 1999

**Figura 5** Cambios en niveles de magnesio en hojas de palma que no reciben ninguna fertilización de magnesio (izquierda) y respuesta a dos niveles de magnesio (derecha)

cosechado con Mg1. El nivel más alto de magnesio de 600 gramos de kieserite/palma en Camerún presentó un ligero incremento, mientras que la aplicación de Mg2 (1000 gramos de kieserite/palma/año) no incrementó los rendimientos en Indonesia.

En los mismos experimentos, la relación entre contenido de magnesio y rendimiento de RFF establecida para estos sitios, indica que se puede esperar drásticas reducciones en rendimiento si los niveles de magnesio están por debajo de 0,2% de materia seca en palmas maduras (Fig. 6).



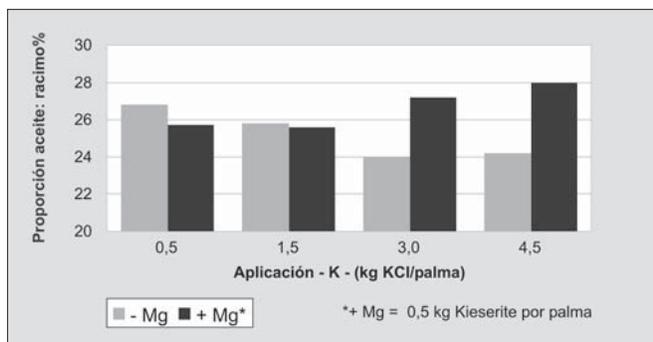
**Figura 6** Relación entre contenido de magnesio (% MS) en la hoja 17 y RFF (kg/palma)

En el sitio evaluado en Indonesia, parece no haber diferencia en rendimiento después de exceder el nivel de 0,2%. Sin embargo, en Camerún aparentemente los rendimientos se incrementan aún más a niveles de 0,25% y superiores. La razón de esta diferencia puede deberse a las disimilitudes en la disponibilidad de agua y en la proporción de nutrientes, especialmente potasio y calcio, o también puede ser explicado por variación genética.

### Magnesio y extracción de aceite

Ochs y Ollagnier (1977) hicieron una observación similar para estudiar el efecto de la nutrición en la formación de aceite. Sus resultados claramente indican una disminución en la proporción aceite/racimo con la aplicación de mayores dosis de potasio (Fig. 7). Sin embargo, la aplicación conjunta de magnesio y potasio produjo proporciones más altas de aceite/racimo, aun





Fuente: Mohd Hussin et al., 1998

**Figura 7** Efecto de potasio y magnesio en la proporción aceite/racimo (%) en palma de aceite

con la más alta aplicación de potasio, indicando la importancia de ambos nutrientes para alta producción de racimos (a través de potasio) y alta formación de aceite (a través de magnesio).

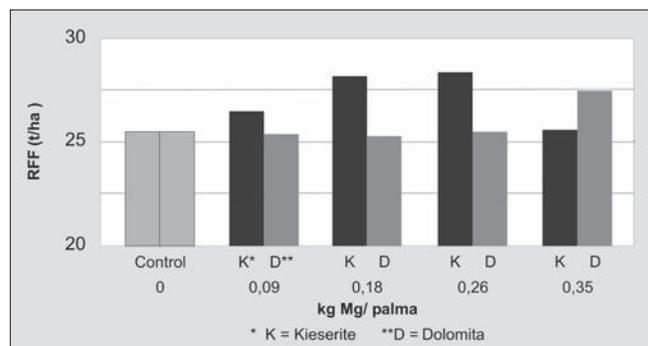
### Fuentes de magnesio y su efecto en la productividad de palma de aceite

En principio, existen tres formas diferentes para aplicar el magnesio al suelo: en forma de óxido (en óxido de magnesio y piedra caliza), en forma de carbonato (en magnesita y dolomita), y en forma de sulfato (en kieserite y otros sulfatos de magnesio). Las propiedades fisicoquímicas son cruciales para su uso en plantaciones de palma, siendo su solubilidad en agua probablemente el factor más importante con relación a la respuesta del cultivo a la aplicación de magnesio. Los óxidos y carbonatos tienen muy baja solubilidad, y normalmente liberan el magnesio sólo estando en estrecho contacto con un medio ácido, como por ejemplo suelo ácido.

Al contrario de estas dos fuentes de magnesio, el kieserite libera sus nutrientes (magnesio + azufre) independientemente del pH del suelo y la técnica de aplicación (no requiere mezcla con suelo ácido para liberación). Sin embargo, especialmente la dolomita, aunque no es una fuente primaria de magnesio debido a la lenta liberación, cumple una función importante como correctivo del suelo. Si se aplica en grandes dosis (>1,5 t/ha) aumenta las cargas dependientes del pH (CIC) de los altamente desgastados suelos tropicales, elevando el pH, y también ayuda a precipitar el aluminio tóxico que inhibe el crecimiento de la

raíz. Por otro lado, los efectos antagónicos por exceso de calcio pueden conducir a una menor absorción de magnesio y potasio.

Esto puede explicar los ensayos de campo llevados a cabo por Mohd Hussin y colaboradores (1998) para investigar el efecto de la dolomita y el kieserite en los rendimientos de RFF en palma de aceite en un período de siete años (Fig. 8). Durante el período de observación (1990-97) las dosis normales de entre 0,12-0,36 kg MgO equivalente a 0,5-1,5 kilogramos de kieserite/palma/año, claramente superaron en rendimientos a los tratamientos equivalentes basados en dolomita. Sólo a la alta tasa de 0,48 kg/palma/año la dolomita parece tener una ventaja sobre el kieserite. Esto se puede explicar por una sobreaplicación de magnesio soluble sin ajustar los niveles de potasio en el suelo y por tanto, creando efectos antagónicos al potasio, disminuyendo la absorción en la superficie de la raíz. ☼



**Figura 8** Rendimientos promedio de RFF (t/ha/a<sup>1</sup>) en un suelo serie Rengam (Malasia) con aplicaciones de kieserite y dolomita (promedio de siete años)

### Bibliografía

- CAKMAK, I.; HENGELER, C.; MARSCHNER, H. 1994. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *J. Exp. Bot.* 45, 278, p.1245-1250.
- CORLEY, R.H.V.; MOK, C.K. 1972. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium on growth of the oil palm. *Experimental Agriculture*, 8, p.347-353.

- DUBOS, B.; CALIMAN, J.P.; CORRADO, F.; QUENCEZ, P.; SUYANTO, S.; TAILIEZ, B. 1999. Importance of magnesium nutrition in oil palm - results of several years experiments. Proceedings of the 1999 PORIM International Palm Oil Congress (Agriculture).
- MOHD; HUSSIN, N.S.; FOONG, S.F.; ISMAIL, H. 1998. Comparison of the efficacy of Kieserite and ground magnesium limestone in promoting oil palm yield. *Kemajuan Penyelidikan Bil.* 31, p.29-34.
- NG, S.K.; THAMBOO, S. 1967. Nutrient contents of oil palms in Malaysia: I. Nutrients required for reproduction; fruit bunches and male inflorescences. *Malay. Agric. J.* 46, p.3-45.
- 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.
- SOH, K.G. 1997. Fertilizer use by crops. IFA Agroecconomics Meeting, Beijing, China.