

Segunda parte



Foto: Hugo Arias.

Métodos de aplicación de fertilizantes

<https://doi.org/10.56866/9789588360997.02>

Jhonatan Eduardo Camperos-Reyes, Sonia Sánchez, Néstor Pulido,
María Celina Estupiñán y Mauricio Mosquera-Montoya



La labor de fertilización de cultivos de palma de aceite está asociada al uso de equipos y métodos de aplicación que buscan distribuir uniformemente los fertilizantes en el campo. Por lo tanto, el método de aplicación elegido repercute tanto en la eficiencia de la aplicación, como en la toma de nutrientes por parte de la planta.

En el cultivo de la palma de aceite se han reportado diferentes métodos de aplicación de fertilizantes adaptados a las condiciones edafoclimáticas presentes en las cuatro zonas palmeras del país. El método de aplicación más utilizado es el manual, representando entre el 66 y 96 % de los métodos implementados (Tabla 5). Para el caso de la Zona Oriental, los métodos semimecanizados ocupan el segundo lugar con una participación del 24,78 %. Por otro lado, el sistema mecanizado es el segundo más utilizado en la Zona Norte con 33,76 % (Mosquera-Montoya, *et al.*, 2023a; Mosquera-Montoya, *et al.*, 2023b).

Tabla 5. Participación del método de aplicación de fertilizante por zona palmera.

Sistema	Zona Central	Zona Norte	Zona Oriental
Manual	96,00 %	66,24 %	75,22 %
Semimecanizado	0,00 %	0,00 %	24,78 %
Mecanizado	4,00 %	33,76 %	0,00 %

Aspectos generales de los métodos de aplicación

A continuación, se presentan los aspectos generales de los métodos de aplicación de fertilizantes en Colombia, utilizados por empresas que, por su alta productividad, son referentes en el sector y son catalogadas como *benchmark*. Además, se dan a conocer los equipos con los que se lleva a cabo la fertilización, al igual que la manera de estimar el personal requerido. El método más adecuado para cada plantación dependerá del área en la cual se aplicará el fertilizante, las condiciones físicas del suelo, la altura del cultivo, la ventana de aplicación, la disponibilidad de maquinaria y de personal, entre otros.

Abastecimiento del fertilizante a campo

En todos los métodos de aplicación del fertilizante es necesario transportar los insumos desde el almacén o bodega hasta los lotes. El método de transporte depende principalmente de la cantidad de fertilizante y las condiciones de las vías. Para este fin, generalmente, se utilizan camiones o carretas haladas por tractores que se encargan de dejar los fertilizantes en diferentes puntos de distribución cercanos a los lotes. Pueden ser puntos principales o intermedios (Figura 19).



Figura 19. Método de transporte de fertilizantes al lote. Tractor con carretas o remolques articulados. Foto: Hugo Arias.

La cantidad de fertilizantes que se debe llevar a campo en una jornada se determina con la Ecuación 1. Esta cantidad puede ser transportada en carretas o en un camión, dependiendo de la logística establecida por la plantación.

$$\text{Número de bultos a transportar a campo} = \frac{\# \text{ Palmas a aplicar} * \text{Dosis por palma} \left(\frac{\text{kg}}{\text{palma}} \right)}{\text{Peso del bulto} \left(\frac{\text{kg}}{\text{bulto}} \right)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

En donde:

- # Palmas a aplicar → Cantidad de palmas que se fertilizarán en la jornada, ya sean de uno o varios lotes.
- Dosis por palma → Cantidad de fertilizante a aplicar por palma en un fraccionamiento (kg).
- Peso del bulto → Peso del fertilizante en su presentación comercial (kg/bulto).

Distribución del fertilizante en el lote

La distribución del fertilizante en el lote depende principalmente del método de aplicación, la dosis por palma y el número de palmas por calle. Generalmente, en los métodos de aplicación semimecanizados y mecanizados, el fertilizante se ubica en un punto de distribución principal o intermedios, ubicados a lo largo del lote al borde de la vía (Figura 20).

Para el caso del método de aplicación manual, la disposición en puntos de distribución intermedios funciona cuando se aplican dosis bajas de fertilizante por palma, ya que el operario de aplicación carga el fertilizante suficiente para entrar en una calle de tráfico y salir por la siguiente calle de tráfico sin realizar recargas intermedias.

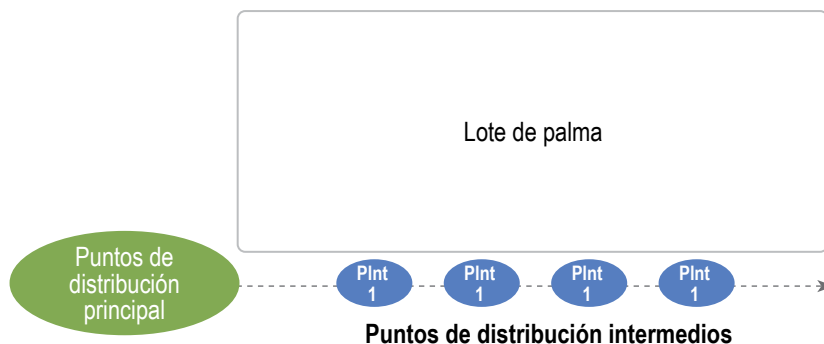


Figura 20. Tipos de distribución de fertilizante en el lote en punto de distribución principal o puntos de distribución intermedios.

Distribución del fertilizante al interior del lote

Para el caso de la aplicación manual de dosis altas se requiere que el fertilizante se ubique al interior del lote cada cierto número de palmas. En este caso, un operario se desplaza junto con una carreta (zorrillo o carromato) que es halada por un semoviente o por un tractor, descargando un bulto cada número determinado de palmas (Figura 21). Para definir ese número de palmas (Ecuación 2) se considera tanto el contenido de fertilizante por bulto (peso del bulto) como la dosis por palma. La planeación de la distribución del fertilizante en campo y al interior del lote es responsabilidad del supervisor de fertilización.

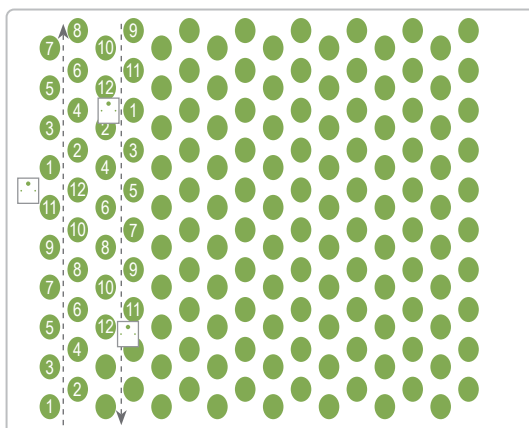


Figura 21. Ejemplo de distribución del fertilizante al interior del lote.

$$\text{Distancia entre bultos (palmas)} = \frac{\text{peso del bulto} \left(\frac{\text{kg}}{\text{bulto}} \right)}{\text{dosis por palma} \left(\frac{\text{kg}}{\text{palma}} \right)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Métodos y equipos para la aplicación de los fertilizantes

Método de aplicación manual

Este se caracteriza porque la aplicación del fertilizante es realizada por operarios de campo quienes, a su vez, cargan el fertilizante en un recipiente de plástico que se adapta al torso, comúnmente denominado “timbo”. En otros casos los operarios cargan los bultos de fertilizantes en el hombro.

Los operarios que realizan la aplicación de fertilizantes se desplazan al interior del lote, generalmente en zigzag por la calle de cosecha, aplicando el fertilizante en forma de abanico en dos o más puntos de la palma con la ayuda de una “tara” o dosificador (Figura 22). Al terminar el fertilizante que llevan en el timbo (o bulto), los operarios se desplazan al punto de acopio más cercano para recargar más fertilizante y continuar con la labor.



Figura 22. Método de aplicación manual de fertilizante en forma de abanico en dos puntos de la palma.
Foto: Hugo Arias.

Equipos, maquinaria y herramientas utilizadas

Para el método de aplicación manual, principalmente se emplea una “tara” y un timbo.

- **Tara (dosificador):** recipientes generalmente de plástico y de fabricación artesanal. Para su elaboración es necesario una balanza o gramera adecuada, recipientes plásticos y muestras de los productos que se aplicarán en campo (Figura 23). Es importante que se encuentren en buen estado y sean resistentes para las condiciones de trabajo en campo. En caso de reutilizar envases de agroquímicos es necesario verificar las condiciones de lavado adecuado y que las certificaciones sobre producción de aceite sostenible permitan su uso.

Es importante que la calibración de la tara no exceda 600 gramos para que se pueda lograr una mejor distribución del producto en el área seleccionada para la palma. Mayores cantidades en las taras pueden implicar inexactitudes en la dosis deseada porque dificulta su maniobrabilidad.



Figura 23. Tarado de fertilizante granular con balanza (gramera) previo a la aplicación de fertilizantes.

- **Timbo:** recipiente plástico con capacidad de 20 litros, modificado con unas correas que se ajustan al torso del operario que ejecuta la aplicación. La máxima capacidad de carga de fertilizantes en estos recipientes es de 25 kg aproximadamente (Figura 24). Para su fabricación se emplean bidones que normalmente son usados para contener agua, gasolina u otros insumos.



Figura 24. Operario con timbo o recipiente para cargar el fertilizante. Foto: Hugo Arias.

Método de aplicación semimecanizado

El fertilizante es transportado al interior de los lotes en carretas (zorrillos o carromatos) que son haladas por tractores o semovientes y los operarios de aplicación se desplazan junto, o sobre estas, realizando la aplicación del fertilizante con taras (Figura 25). Este método permite abarcar mayor área en una jornada laboral y disminuye el tiempo dedicado a la recarga de fertilizante. No obstante, se requieren de equipos adicionales (tractor, semovientes, carromatos y/o carretas), además de calles de cosecha en buenas condiciones con suelos sin problemas de compactación.



Figura 25. Aplicación semimecanizada de fertilizante. Aplicación desde la carreta con tractor.
Foto: Jhon Jiménez.

Equipos, maquinaria y herramientas utilizadas

Al igual que con el método manual, en la aplicación semimecanizada se emplean taras, sin embargo, no se utiliza el timbo. En este caso, el transporte del fertilizante al interior de los lotes para ser aplicado se hace con una carreta, zorrillo o carromato que, a su vez, es halado por un semoviente o tractor.

- **Carromato:** es una especie de carreta de menor tamaño que se acopla a un semoviente. Esta es cargada con el fertilizante, evitando que el operario de aplicación cargue el fertilizante (Figura 26).



Figura 26. Carromato para cargar el fertilizante en campo. Foto: Hugo Arias.

- **Carreta:** es un tráiler generalmente con uno o dos ejes, en el cual se ubican canecas o recipientes llenos de fertilizantes (Figura 27).



Figura 27. Carreta para el transporte y carga de fertilizante en campo. Foto: Hugo Arias.

- **Semoviente:** El uso de animales (Figura 28) es importante en el cultivo de palma de aceite, especialmente para aquellas zonas en donde hay restricciones para la mecanización de labores. Los búfalos son los semovientes más frecuentes en la agroindustria de la palma de aceite. Son más costosos que los bueyes y las mulas por sus ventajas comparativas (López y Mosquera-Montoya, 2017).



Figura 28. Semoviente (mulo) con carreta para la fertilización. Foto: Hugo Arias.

- **Tractor:** son vehículos potentes que permiten el arrastre de equipos como carretas, maquinaria, equipos de aplicación, entre otros. Para la labor de fertilización no se requieren tractores de gran potencia dado que solo son utilizados para el arrastre de carretas que llevan el fertilizante. Dependiendo de las condiciones del lote, el tractor puede ser de tracción simple o de doble tracción (Figura 29).



Figura 29. Tractor empleado para el transporte de fertilizante en campo. Foto: Hugo Arias.

Método de aplicación mecanizado

Consiste en la aplicación de fertilizantes al suelo a través de máquinas conocidas como voleadoras o abonadoras que son haladas y accionadas por la toma de fuerza del tractor (Alfonso *et al.*, 2009) (Figura 30). Para tener un mejor rendimiento, un operario de campo va abasteciendo la voleadora al mismo tiempo que esta va realizando la aplicación. A mayor dosis por palma se deben hacer más recargas de la máquina. Estos equipos permiten cubrir grandes áreas y en algunos casos incorporar los fertilizantes al suelo para evitar las pérdidas por escorrentía y volatilización (Alfonso *et al.*, 2011; Mosquera-Montoya y Sánchez, 2006). El rendimiento con las esparcidoras mecánicas supera entre 5 y 10 veces al sistema de aplicación con búfalos que solo alcanza entre 8 y 10 ha/día (Alfonso *et al.*, 2009).

La aplicación de fertilizantes a través de métodos mecánicos debe ser efectuada en ausencia de charcos o lluvias. Existe un alto riesgo de que el tractor y/o maquinaria quede atascada en los caminos, se dañen los carreteables o se pierda el fertilizante por arrastre del agua de escorrentía.



Figura 30. Equipo para aplicación mecanizada de fertilizantes. Foto: Archivo Fedepalma.

Criterios para la selección de los métodos de aplicación de fertilizante

A continuación, se darán a conocer pautas o criterios para seleccionar el método de aplicación que se ajusta a las condiciones particulares de una plantación. Se consideran las características del suelo, del cultivo, el tipo de fertilizante, entre otros. Algunos de los criterios ya fueron descritos en la primera parte de este boletín; no obstante, ahora se presentan resumidos:

Características del suelo

Anteriormente se mencionaron las condiciones de humedad del suelo adecuadas para la aplicación del fertilizante. Sin embargo, para la selección del método se deben considerar las siguientes características:

- **Estabilidad estructural del suelo:** los suelos con baja estabilidad estructural son propensos a presentar problemas de compactación, por lo tanto, no permiten el uso de maquinaria, carretas o equipos pesados al interior del lote. Los métodos semimecanizados, por su parte, se admiten bajo el criterio técnico del responsable de la fertilización. El método manual es el más adecuado bajo esta condición.

- **Pendiente del suelo:** para el caso de suelos con pendientes entre 9 y 25 grados la aplicación mecanizada y semimecanizada se deja bajo el criterio del técnico responsable. En suelos con pendientes mayores a 25 grados no es recomendable la siembra de palma de aceite según el manual de la RSPO (2013). El método de aplicación manual no presenta restricciones con respecto a la pendiente de suelo.

Características del cultivo

Las características del cultivo se dividen en dos categorías: la altura de la palma y la disposición de biomasa.

- **Altura de la palma:** es importante contemplar la altura de la palma, debido a que el roce de las hojas puede ocasionar daños en los equipos o lesiones al personal. En cultivos donde el dosel de la palma es bajo, los métodos de aplicación mecanizada y semimecanizada se restringen. El método semimecanizado puede ser implementado en cultivos bajos, siempre y cuando el operario de aplicación no se suba sobre la carreta. Por otro lado, el método manual no tiene limitación con respecto a la altura de la palma.
- **Disposición de biomasa:** si en el cultivo se ha incorporado biomasa en el plato de la palma, la recomendación es emplear el método manual o el semimecanizado. Estos dos métodos permiten disponer la totalidad del fertilizante en el plato de la palma sobre la biomasa.

Tipo de fuente

Algunas fuentes fertilizantes como cales, escorias y polvos son corrosivas. Por lo tanto, se recomienda usar métodos mecanizados de aplicación para fuentes de esta naturaleza. En caso de no poder mecanizarlo es necesario que el personal utilice los elementos de protección personal adecuados para evitar lesiones o abrasiones.

Resumen de criterios para la selección del método de aplicación

Como herramienta práctica para la toma de decisiones en relación con la selección del método de aplicación más adecuado para su plantación (Tabla 6), se presenta a continuación el resumen de los criterios relacionados con las características del suelo, del cultivo y del tipo de fuente fertilizante.

Tabla 6. Criterios para la selección del método de aplicación.

			Método de aplicación		
			Manual	Semimecanizado	Mecanizado
Características del suelo	Estabilidad estructural	Mala	X	X*	
		Buena	X	X	X
	Pendiente	< 9°	X	X	X
		Entre 9 - 25°	X	X*	X*
Características del cultivo de palma de aceite	Edad	Joven	X	X*	
		En desarrollo	X	X*	
		Adulta	X	X	X
	Altura	Baja	X	X*	
		Alta	X	X	X
Fertilizante	Tipo de fuente	Corrosiva	X*	X*	X
		No corrosiva	X	X	X

Nota: *La aplicación de la metodología depende del criterio técnico del profesional.

Personal requerido para la labor

El recurso humano en el sector rural en Colombia es escaso. Por esta razón es fundamental optimizar el uso de la mano de obra en las labores que más impactan el costo de producción del cultivo de palma de aceite (fertilización, cosecha y polinización artificial) (Ruiz-Álvarez *et al.*, 2022). Para determinar el total de personal necesario para el desarrollo de la labor, se debe conocer el rendimiento de los trabajadores aplicando diferentes dosis de fertilizante por palma, el área total a fertilizar y la ventana de aplicación. En la Tabla 7 se presentan los rendimientos observados para los tres métodos de aplicación en diferentes plantaciones de palma de aceite en Colombia.

Tabla 7. Rendimientos observados de la labor de fertilización (ha/jornal).

Método	Dosis (kg/palma)				
	0,1	0,5	0,6	1,75	2,0
Manual*	11,78	10,44	8,52	6,71	6,78
Mecanizado	-	40	-	30	-

Nota: *Rendimientos registrados en Palmas Monterrey S.A.S. (Zona Central).

Estimación del personal requerido para la labor de fertilización

La estimación del personal requerido, considerando únicamente a los aplicadores (no tractoristas o cargadores de fertilizantes), para los métodos de aplicación manual y semimecanizado, se ilustra a continuación:

- **Requerimiento de personal:** para estimar la cantidad de personal para la aplicación primero se debe calcular el total de jornales que se requieren para aplicar el área deseada (Ecuación 3). Luego, teniendo en cuenta la ventana de aplicación, se estima el total de personal necesario por día (Ecuación 4):

$$\text{Jornales totales} = \left(\frac{\text{Área total}}{\text{Rendimiento de la labor}} \right) \quad \text{(Ecuación 3)}$$

En donde:

- Área total → Área total de aplicación del fertilizante, (ha).
Rendimiento de la labor → Rendimiento observado de la labor, (ha/jornal).

$$\text{Total de personal} = \left(\frac{\text{Total de jornales}}{\text{Ventana de aplicación}} \right) \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde, la *ventana de aplicación* es igual al tiempo en días disponible para aplicar una fracción del fertilizante.

Bibliografía

- Alfonso, O., Botero, R. y Romero, H. (2009). Diagnóstico de la mecanización del cultivo de la palma de aceite en Colombia. *Palmas*, (30)4, pp. 9-19. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1461/1461>
- Alfonso, O.A., Castiblanco, J.S. y Romero, H.M. (2011). Incorporación de fertilizantes con abonadoras para siembra directa. *Palmas* (32)1, pp. 71-79. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1591/1591>
- López, D. y Mosquera-Montoya, M. (2017) El búfalo en la agroindustria de la palma de aceite. *El Palmicultor*, (546) pp. 14-16. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/12167>
- Cenipalma. (20 de febrero de 2023) Colombia Palmera en Línea febrero 2023. [Archivo de video] Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=ppjAlri-4qI&t=6403s>
- Mosquera-Montoya, M., Ruiz-Álvarez, E., Munévar, D.E., Estupiñán Villamil, M.C. y Sinisterra, K.X. (2023). Índice de Costos para la Palma de Aceite (ICPA). *Palmas* (en proceso de publicación).
- Mosquera-Montoya, M., Ruiz-Alvarez, E. y Munévar-Martínez, D.E., 2023. ICPA, la herramienta para el monitoreo oportuno de los costos de producción de palma de aceite. *Colombia Palmera en Línea* [en línea]. S.l.: s.n., Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=ppjAlri-4qI&t=6403s>.
- Mosquera-Montoya, M. y Sánchez, A. (2006). Sistemas de aplicación de fertilizantes químicos en plantaciones colombianas de palma de aceite. *Palmas*, (27)3, 11-20. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1185>
- Ruiz-Álvarez, E., Mosquera-Montoya, M., Munévar, D.E., Vargas, L.E. y Vélez, J.C. (2022). *Boletín Técnico No. 43. Productividad laboral en plantaciones de palma de aceite en Colombia*. Cenipalma. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/article/view/13970/13836>
- RSPO. (2013). *Principios y criterios para la producción de aceite de palma sostenible*. RSPO. <https://www.rspo.org/file/021013P&C2013SPANISHFINAL.pdf>