

Nuevas tecnologías de fertilización de la palma de aceite

New oil palm fertilization technologies

AUTOR



Eyal Ronen, PhD.

Haifa- Israel
eyalr@haifachem.com

Palabras CLAVE

Palma de aceite, fertilización,
fertigación, polímeros

Oil palm, fertilization, fertigation,
polymers

Resumen

Existen nuevas tecnologías para la aplicación de fertilizantes que podrían ser utilizadas en el cultivo de palma de aceite, para lograr una nutrición más completa y poder aumentar la productividad de la palma. Se presenta un análisis de cuánto del fertilizante utilizado absorbe la planta y ofrece nuevas tecnologías como la fertigación, que consiste en mezclar agua y fertilizantes solubles; y la nueva generación de fertilizantes recubiertos con polímeros de liberación controlada, que a su vez son biodegradables con el tiempo.

Abstract

There are new fertilizer application technologies that could be used in the cultivation of oil palm for better plant nutrition and for increasing oil palm productivity. This paper presents an analysis of how much of the fertilizer applied is absorbed by the plant, and presents new technologies such as fertigation, which consists of mixing water with soluble fertilizers, and the new generation of biodegradable polymer-coated controlled- release fertilizers.



Nosotros en Israel no tenemos plantaciones de palma de aceite. Estoy aquí no para dar una conferencia de cómo manejar la palma de aceite, sino porque en Israel tenemos tecnologías que se pueden utilizar en Colombia de una forma muy exitosa. Básicamente lo hemos hecho en más de cien países en todo el mundo y no hay ninguna razón por la cual Colombia no pueda unirse al grupo para aprovechar ese tipo de tecnología, mejorar el rendimiento y que toda la industria pueda disfrutar de un crecimiento más exitoso de la palma.

El primer aspecto se refiere a por qué necesitamos los fertilizantes o tenemos que alimentar la planta.

¡La demanda por más!

La Figura 1 muestra que hay dos cosas que son limitadas en los suelos. Pido disculpas a los que creen en la fertilización orgánica, pero si nos confiamos solamente en la utilización de sustancias orgánicas, no podríamos alimentar a toda la población que está sobre la tierra. Si se va a cualquier sitio web para investigar esta situación, la población está creciendo 70 millones por año, entonces esto llegará a 8.000 millones de personas en el año 2020 y será más alta para el año 2050; de tal manera que su crecimiento obliga a aumentar la productividad.

La pregunta es, ¿cuánto se tiene que fertilizar y cuánto absorbe la planta? En esta conferencia ya se ha hablado de qué se debe fertilizar, cuál debería ser la cantidad y dónde se debe colocar? Pero la otra pregunta es ¿cuánto de lo que se aplica es tomado por la planta?

En ocasiones lo que se piensa que le dan a la planta es tomado por otras cosas pero no por la planta, es decir que falta eficiencia en la forma cómo se hace la fertilización.

Comencemos con el nitrógeno:

Esta es una descripción muy simple del ciclo del nitrógeno en el suelo. Básicamente, los cuadros en gris oscuro se refieren a todo tipo de pérdidas, como pérdidas en la superficie, por erosión y también por denitrificación, lo cual se aborda más adelante (Figura 2).

En los trópicos la mayor pérdida de nitrógeno ocurre por la lluvia. Cuando se vive en condiciones de 2000 mm en promedio de lluvia, no hay duda de que la mayor parte del nitrógeno no va a quedar en el suelo, sino que se va a lixiviar hacia las aguas subterráneas y entonces la planta no va a obtener nada de esto. También se tienen pérdidas de nitrógeno por volatilización; es decir, parte del nitrógeno se puede convertir en gas y se evapora del suelo.

En sus condiciones, la lixiviación es el factor principal que afecta la disponibilidad de nitrógeno. En la Figura 3 se puede observar que hay dos vectores de movimiento del agua en el suelo: horizontal y vertical.

Obviamente la textura del suelo cambia; puede ser liviana como arenas, mediana o pesada, dependiendo del contenido de "CC". A más alta textura se tendrá una mayor capacidad de intercambio de cationes. Con relación al nitrógeno, se debe recordar que hay diferentes formas de nitrógeno. El catión es el amonio

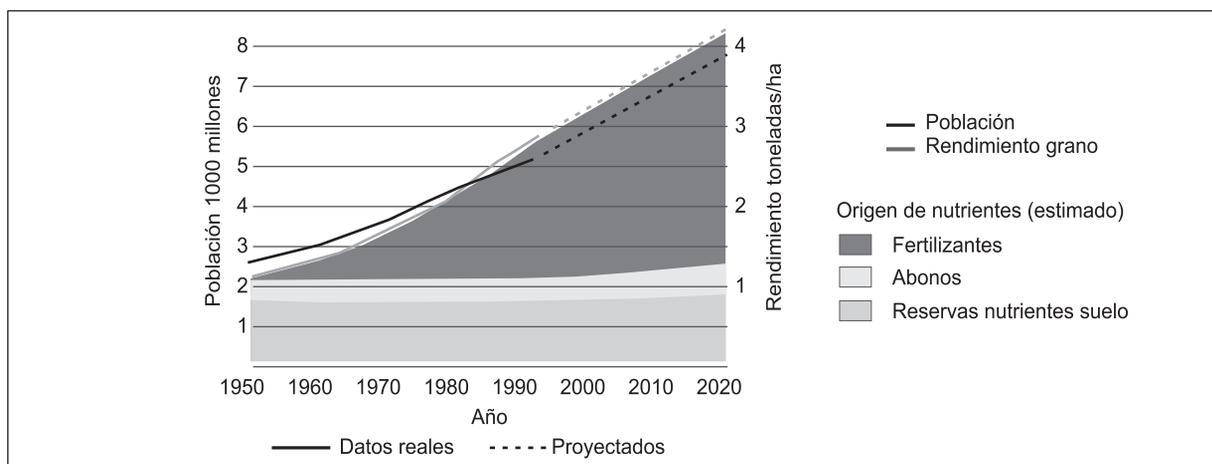


Figura 1. Tendencia de crecimiento de la población mundial, rendimiento de granos y origen de nutrientes vegetales.

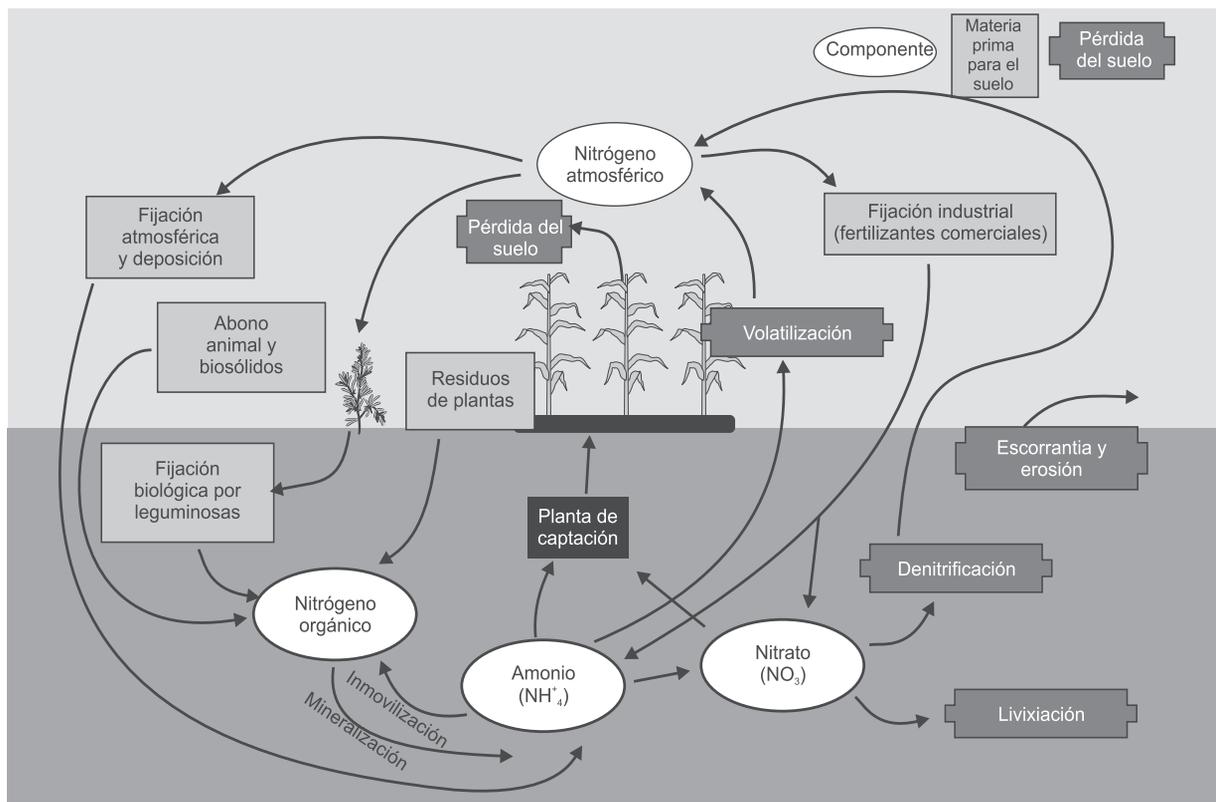


Figura 2. Ciclo del nitrógeno.



Figura 3. Movimiento descendente del nitrógeno - NO_3^- .

y el nitrato que es un anión, y hay otra fuente, que es la urea y que no la capta la planta como tal.

El nitrato tiene una carga negativa y las partículas que están en el suelo también tienen carga negativa; por tanto, no hay interacción entre ellas, así que cuando se aplican los fertilizantes, ya sea una fuente de nitrato o urea en un suelo liviano, pasará por debajo de las

raíces activas, contaminará las aguas subterráneas y no estará disponible para la planta.

He tomado algunas condiciones climáticas de dos áreas; tal vez no sea el punto exacto en el que se cultiva la palma, pero son sitios cercanos en donde se cultiva, para mostrar brevemente la densidad pluviométrica anual.

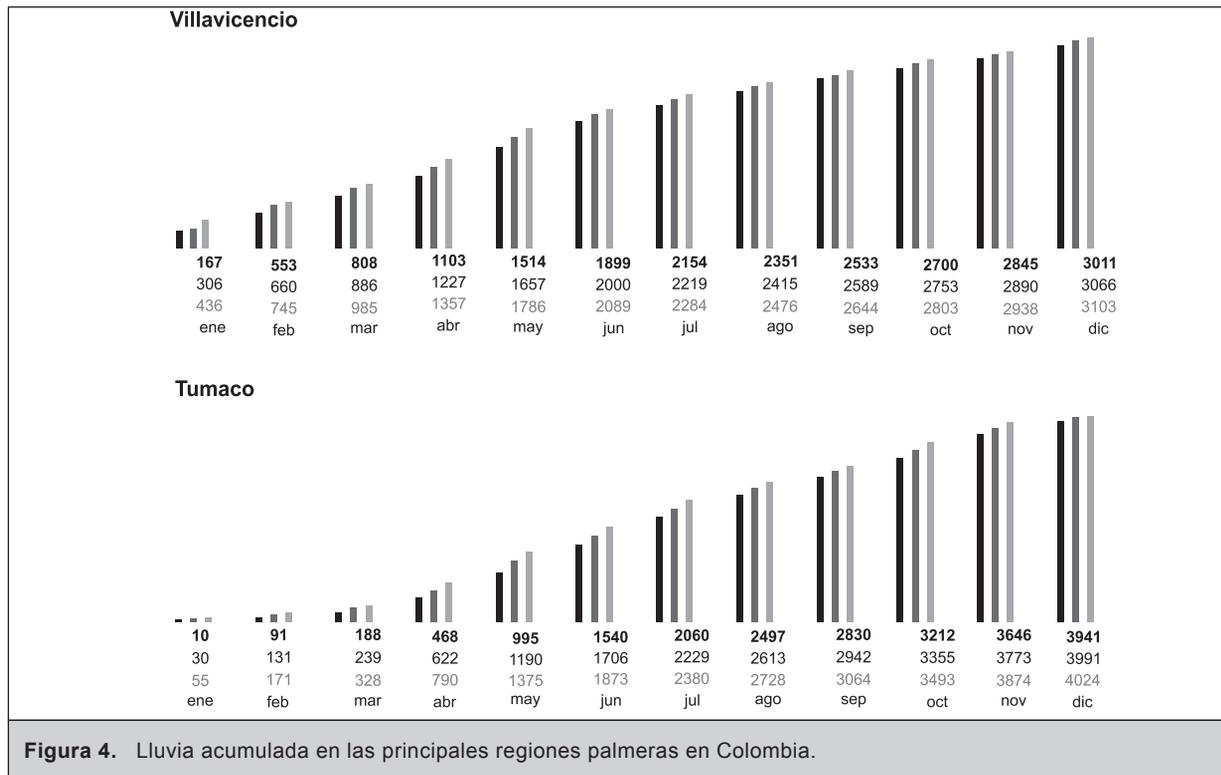


Figura 4. Lluvia acumulada en las principales regiones palmeras en Colombia.

Aquí se puede observar que en Villavicencio se tiene un promedio de 3.000 mm de lluvia por año y Tumaco tiene cerca de 4.000 mm de lluvia. Tener esta cantidad de agua no es necesariamente bueno (Figura 4). Como se ha visto con el nitrógeno, esto está ocasionando una cantidad de trastornos a la planta, sin mencionar el nitrógeno que no permanece en el suelo con este tipo de lluvia tan fuerte.

De muchos trabajos que he revisado, uno que se hizo en Nigeria me llamó la atención, pues sirve para demostrar en cifras cuánto de lo que se aplica a las plantas se pierde.

Este fue un trabajo que se realizó en Nigeria con aceite de palma, con lluvias más o menos de 1.900 mm, mostrando en porcentaje cuánto nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, azufre, y cloro es aplicado a las raíces activas, pero que no es disponible para la planta. Aquí se percibe que es más de 100; es decir, que no solamente el fertilizante aplicado, sino que también la reserva que estaba en el suelo se estaban lixiviando (Figura 5).

Entonces si se aplican 900 kg de nitrógeno simple, 34% de esto desaparece, no va a ser interceptado

Lixiviación

Pérdida de nutrientes por lixiviación en plantaciones de palma de aceite determinada por lisímetros de tensión, Omoti et al, 1983 Chemistry Division, NIFOR, PMB. 1030, Benin City, Nigeria

Condiciones y resultados del experimento

Precipitación anual de 1923 mm.

Pérdidas promedio por lixiviación de los nutrientes

aplicados: 11 kg N (34%),

10 kg K (18%),

43 kg Ca (172%),

14 kg Mg (60%),

12 kg SO₄-S (14%)

77 kg Cl (141%) por hectárea

Figura 5. Pérdida de nutrientes.

por la planta. Si se considera esta gran cantidad de lluvia, también se tiene que tener en cuenta que el nitrógeno que suministramos, ya sea en forma de nitrato o proveniente de una amida como la urea, o de un amonio, se puede convertir a diferentes formas y en esta conversión hay algunas cosas que son positivas, es decir, que se pueden convertir en otra forma que la planta va a captar; pero en otras condiciones se crean elementos tóxicos o elementos que se pueden perder mediante la evaporación, como se verá más adelante.



En este caso, cuando se habla de un alto índice pluviométrico y el suelo está a su máxima capacidad, o sea que no puede recibir más agua, está llegando a un punto de saturación. Entonces, el equilibrio en este momento entre el agua y el aire favorece al agua. Esto quiere decir que se tiene menos oxígeno y bajo estas condiciones, el potencial en el suelo se disminuye, o sea que todo tipo de microorganismos están buscando oxígeno, porque ya no lo tienen en el agua, entonces lo toman del nitrato que se le suministra a la planta, de tal manera que el nitrato se convierte en un receptor electrónico y ocurre la reducción de nitrato a nitrito y luego a N_2O y N_2 que ambos son una forma de gas.

Entonces cuando hay mucha lluvia no solamente hay susceptibilidad a la lixiviación, sino también a nitrificación y pérdida de nitrógeno como gas. El potencial de pérdidas puede llegar a 22.5 kg de nitrógeno por hectárea por día. Si se acumula todo el período, se está hablando de una cantidad enorme de nitrógeno que se está suministrando, pero que no llega a la planta (Figura 6).

Otra pérdida posible es la volatilización de amonio. No sé si ustedes cuando esparcen la urea en el campo y la riegan sienten el olor a amoníaco que es un olor muy específico y proviene del hecho de que la urea que se aplica al suelo pasa por un proceso de hidrólisis y se convierte en carbonato de amonio y este carbonato de amonio normalmente sube el pH de los suelos, entonces existe la posibilidad de que se convierta en dos moléculas de amonio y en algunas condiciones,

bajo cierto pH, se convierte en amoníaco. Entonces, el nitrógeno que se suministra como urea se está perdiendo por la volatilización del amonio.

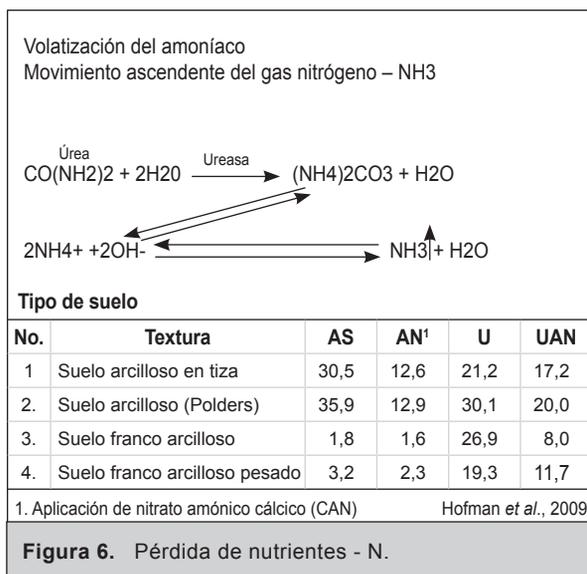
Esto no ocurre todo el tiempo, pero sí cuando se utiliza urea y no se incorpora en el suelo. La incorporación se puede hacer utilizando un tractor o la lluvia para que la empuje dentro del suelo. El problema con la urea es que aunque es una fuente común de nitrógeno relativamente barata, es muy susceptible a la pérdida por volatilización como gas.

La urea es diferente al caso de las sales que tienen iones y cationes con cargas positivas y negativas, son apolares, es decir que no tienen carga ni positiva ni negativa entonces no reacciona con el suelo; la urea requiere convertirse y descomponerse en amonio y luego pasar a nitrato por nitrificación y cualquier cantidad de agua por encima de 20, 30 ó 40 mm produce el lixiviado por debajo del suelo y cuando se pierde como gas no interactúa con el suelo. Las pérdidas de nitrógeno pueden llegar al 30% por no incorporar los fertilizantes en el suelo y en términos económicos es bastante significativo.

Otro problema se relaciona con el fósforo. Obviamente que el fósforo es más susceptible al pH y hay todo tipo de reacciones en el suelo. Con el fósforo se debe considerar la posibilidad de que se precipite. Si se está en el borde superior del pH, como es el caso de Colombia, el fósforo va a reaccionar con el calcio y magnesio y se precipita. Esto quiere decir que cuando se precipita no está disponible en la solución del suelo y la planta no lo puede utilizar. Lo mismo pasa con un pH bajo. En este caso la precipitación se da entre el fósforo y el manganeso y no puede ser utilizado por la planta (Figura 7).

Sin embargo, se tiene que considerar que el fósforo viene en todo tipo de formas; es decir de los monovalentes, el $H_2PO_4^-$ es la forma ideal, porque es la que absorbe la planta, pero puede cambiar a otras formas diferentes, dependiendo del pH que no solamente influye en la solubilidad del fósforo sino que también influye en la forma, y la forma preferida por la planta es la forma monovalente.

El fósforo disponible que la planta puede realmente utilizar está en un rango muy estrecho de pH, entre 6,0 y 6,5 y bajo una concentración muy baja con



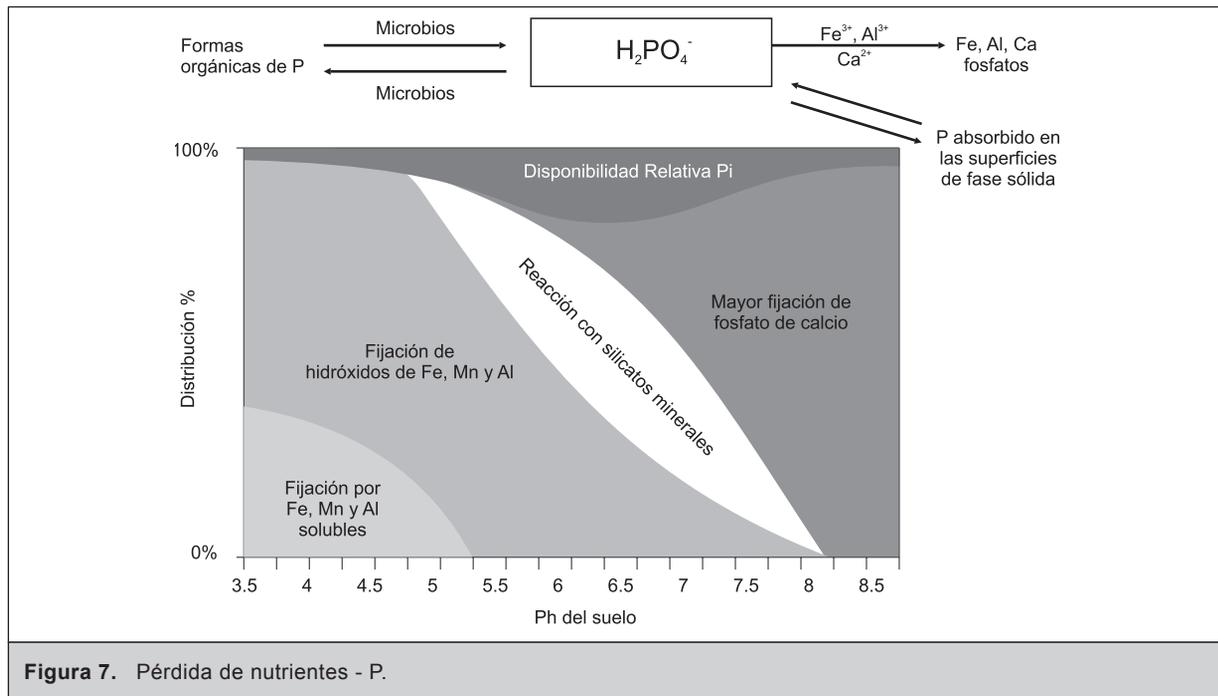


Figura 7. Pérdida de nutrientes - P.

relación a lo que se suministra, porque gran parte de esto se precipita y viene en una forma que la planta no puede utilizar, de tal manera que en eventualmente también se suministra mucho más de lo que la planta utiliza (Figura 8).

La situación con el potasio es similar. Con el potasio se tiene como una especie de reserva en el suelo y la interacción entre el suelo y el potasio es más fuerte que la interacción entre el potasio y el sistema radicular, es decir que si se está aplicando potasio, primero interactúa con el suelo, con las partículas de arcilla y cuando reaccionan con estas partículas de arcilla, después de que lleguen a la saturación plena cualquier cosa que quede después de la saturación estará disponible, pero como se observa en la Figura 8, gran parte del potasio que entra al suelo, cerca del 95% queda fijado entre las capas de arcilla y lo único que queda disponible es el potasio intercambiable alrededor de las partículas de arcilla y el que existe en la solución del suelo.

Gran parte del potasio que se aplica queda capturado entre las partículas de arcilla y el problema con el potasio es que nos confiamos en la ecuación de liberación entre las partículas de arcilla y la solución.

En los suelos pesados se tiene un gran yacimiento pero la lixiviación es muy lenta, entonces no cumple con los requisitos de la planta y en los suelos más

livianos se tiene un yacimiento más pequeño y se tiene disponible todo el tiempo. Con el potasio también se tiene que tener en cuenta que gran parte es capturado por las partículas de arcilla y no queda disponible para la planta.

Aplicación de nutrientes

El crecimiento de biomasa en cualquier cultivo comienza lentamente y en la medida en que va aumentando el follaje, aumenta la demanda por nitrógeno, fósforo, potasio, etcétera.

En el sistema normal de fertilización, parte del nitrógeno, el fósforo y el potasio, aproximadamente un 30%, se aplica antes del cultivo, entonces va a ocurrir una liberación muy fuerte al principio y luego una liberación más leve que va desapareciendo, mientras que todavía existe demanda por parte del cultivo, de ahí que la solución se hace con la combinación entre aplicación basal y lateral y esto ayuda a las liberaciones en este tipo de aplicaciones.

Como se observa en la Figura 9, los triángulos que pasan por encima de la curva están liberando nutrientes cuando no hay demanda. Por otro lado, los triángulos en gris claro muestran el lugar donde la planta si necesita de nutrientes; sin embargo, en este momento no se le está dando apoyo.

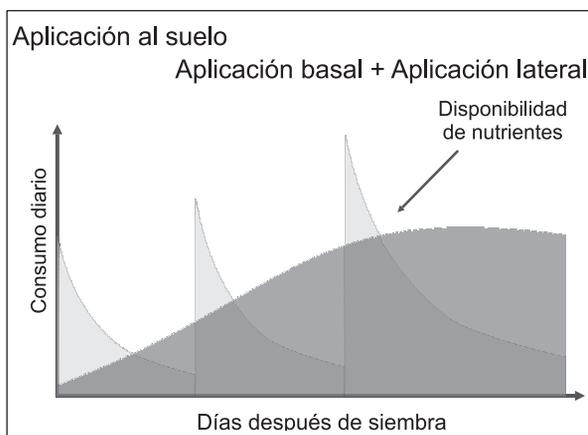
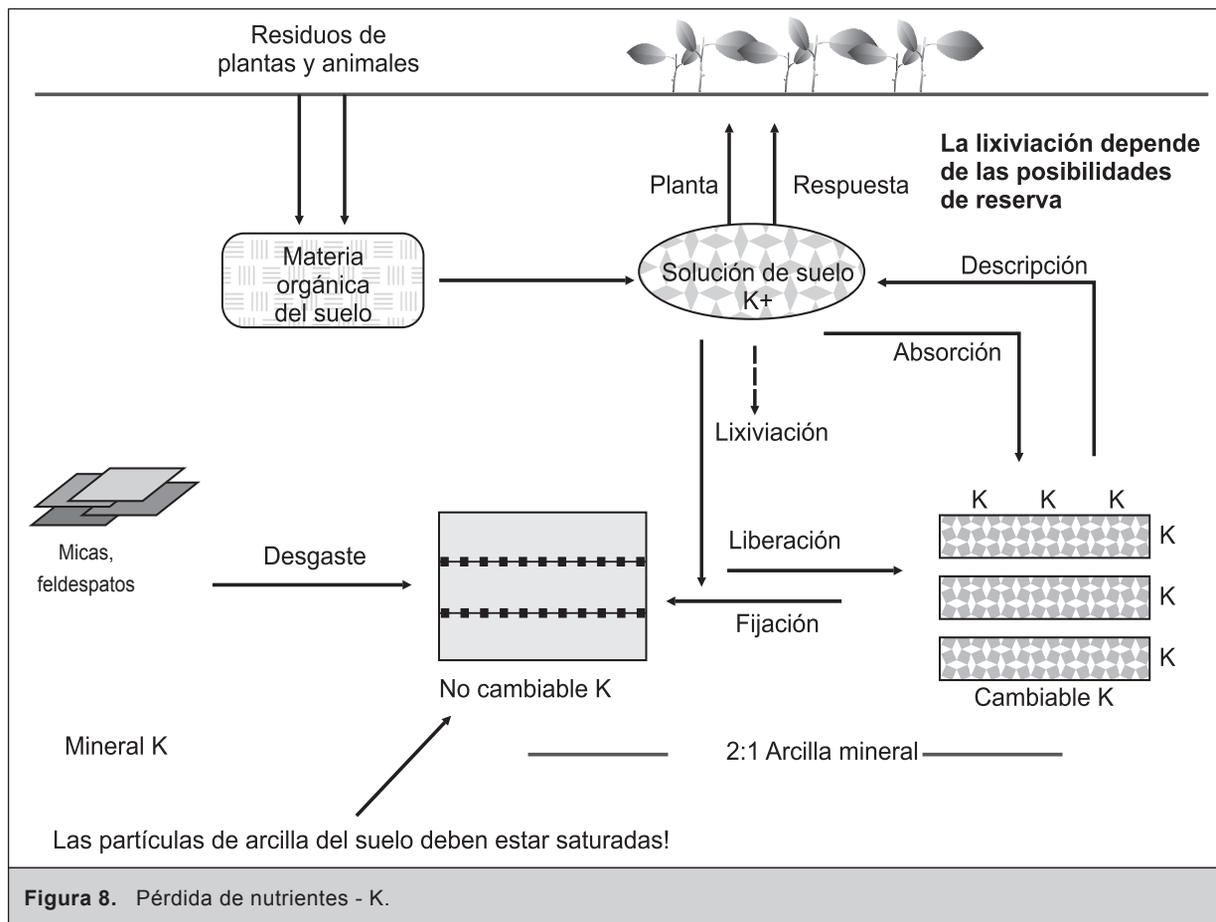


Figura 9. Limitaciones en la aplicación de nutrientes.

Un granjero normal en Colombia, o en cualquier parte del trópico, que cada dos o tres semanas viene a aplicar su fertilizante está enfrentando este tipo de fenómeno; quiere decir que se le está suministrando fertilizante simplemente para cumplir con este trabajo pesado, pero la planta no está recibiendo lo que

realmente necesita y uno debería estar ahí fertilizando cuando la planta lo necesita. Obviamente no se puede hacer este tipo de cubrimiento lateral todos los días, pero hay que buscarle una solución.

En resumen las desventajas de este tipo de aplicación se tiene:

- Baja precisión.
- Disponibilidad en forma sólida. Es decir que debe pasarse a una forma líquida.
- Falta de uniformidad.
- Pérdidas de nutrientes: lixiviación y volatilización de nitrógeno, fijación de fósforo y absorción de potasio.
- Aplicación laboriosa.
- Aumento de malezas y competencia porque estamos dando libertad a las malezas para que se desarrollen.

- Daño a las raíces por el paso de maquinaria para la aplicación de fertilizantes.
- Compactación del suelo, por el ingreso de maquinaria, que interfiere con la relación agua-aire y esto afecta los nutrientes.

Fertigación

Otra forma de aplicar nutrientes es mediante la fertigación, que también trata de proporcionar una solución con una aplicación cuantitativa. La fertigación es la mezcla de agua y fertilizantes solubles que se inyectan y se aplican con rociadores.

Si esto se mira de manera proporcional, quiere decir que cualquiera sea la cantidad de agua que se entrega, cada gota de agua es seguida por un nutriente en el sitio; entonces, se está aplicando no solo el agua sino una solución, una mezcla de H₂O más nitrógeno, fósforo, potasio, etcétera. Con la parte proporcional se logra una mayor precisión, pero no se está fertigando todos los días, ni cada segundo ni cada momento, de manera que aquí también se tienen algunos intervalos que crean fluctuaciones o altos y bajos dentro de la curva de la demanda.

Al considerar que se está en el trópico, con una precipitación de 2.000 mm, sería inadecuado que les dijera que hagan fertigación, porque ustedes no necesitan agregar agua con esta cantidad de lluvia que tienen aquí en Colombia.

Este tipo de equipo requiere de alto mantenimiento y presenta un alto nivel de desperdicio en suelos livianos porque allí hay que irrigar mucho y la capacidad de retención de agua del suelo es mínima, entonces para poder mantener suficiente cantidad de agua para que no se sequen las plantas hay que irrigar todo el tiempo y se desperdicia una gran cantidad de fertilizante. Entonces la fertigación es buena, pero no es lo mejor.

La implementación de mejores prácticas de manejo significa que se trata de maximizar el rendimiento dentro de la limitación de tierras que se tiene, buscando la mejor calidad, tratando de reducir los costos de producción y de mano de obra y de agroquímicos y se está tratando de proteger el ambiente, especialmente cuando se habla de fertilizantes.

Si se mira el concepto, se trata de encontrar la época, la dosificación y la ubicación precisa, esto dará la

protección para el ambiente, un cultivo más exitoso, mejor rendimiento y mejor calidad.

Siguiente generación de fertilizantes

La nueva generación de fertilizantes va a llegar Colombia como ha llegado a otras partes del mundo. Se trata de una tecnología de fertilizantes recubiertos con polímeros de liberación controlada. Esta tecnología va a llegar muy pronto y tiene muchas ventajas como se abordan más adelante.

Este tipo de tecnología consiste en un núcleo recubierto por polímeros, o sea un tipo de plástico, en este caso poliuretano, y dentro de este núcleo se tienen todo tipo de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, microelementos, magnesio, etcétera (Figura 10).

El polímero es exclusivo por el hecho de ser permeable, es decir que el agua lo puede penetrar y disuelve parte del núcleo, luego lo difunde hacia afuera y al salir suministra los nutrientes que se han disuelto en el núcleo. Después de un tiempo el núcleo queda totalmente vacío.

La tasa de liberación se refiere a la longevidad del producto. A diferencia de otras tecnologías, aquí se está hablando de un solo factor que es la temperatura que influye en la tasa de difusión y que influye también en la delgada capa de agua que cubre el polímero, como se explicará más adelante.

Después de cierto tiempo, cuando los nutrientes ya han sido liberados completamente, el polímero se degrada sin dejar residuos en el suelo, o sea que es biodegradable. Obviamente la biodegradabilidad se inicia después de que los nutrientes han salido totalmente, aproximadamente en un período de dos años.

En esta vista microscópica del polímero se pueden ver los gránulos de fertilizante y el recubrimiento. En la imagen se puede apreciar que el polímero tiene toda clase de orificios por donde puede penetrar el agua, disolver los nutrientes y sacarlos. Esta tecnología está basada en la permeabilidad del polímero en ambas direcciones (Figura 11).

La curva de liberación deberá concordar con cualquier biomasa de cualquier cultivo. Comienza con una liberación muy lenta, sigue con una liberación lineal

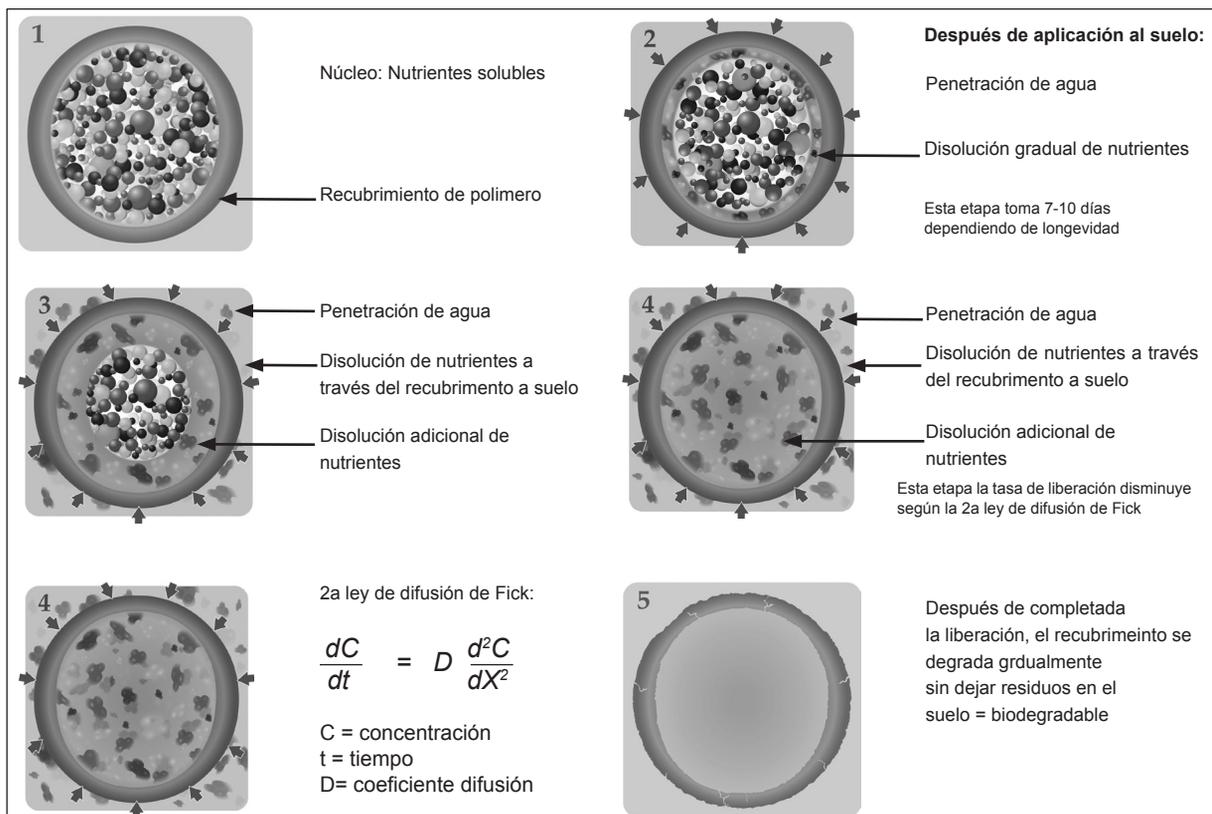
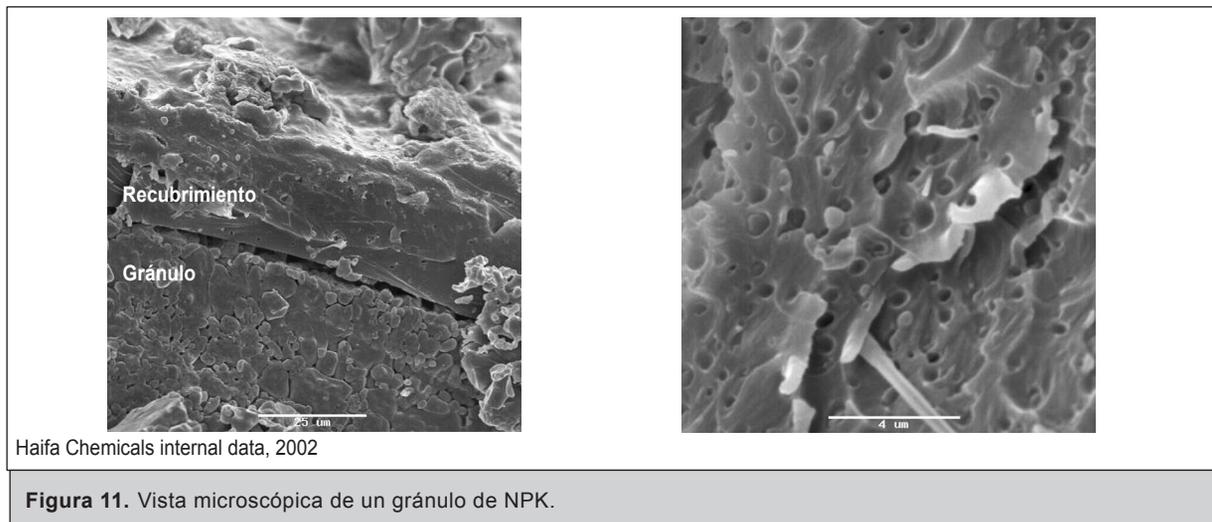


Figura 10. Tecnología de recubrimiento con polímeros.



hacia la mitad del crecimiento y hacia el final termina la liberación y el polímero se degrada sin dejar residuo (Figura 12).

A diferencia de otras tecnologías, la temperatura aquí es uno de los factores que más influye en la tasa de liberación. Por tanto, se puede saber con mucha precisión cuál va a ser la longevidad o por

cuánto tiempo va a ser funcional en el suelo, y si se hace referencia a la demanda de nutrientes con base en temperatura, como ustedes saben, el sistema radicular está activo más o menos entre 10° y 45° y la temperatura óptima estaría entre 24° y 25°, pero en la medida en que la temperatura aumenta, la liberación del polímero también aumenta,

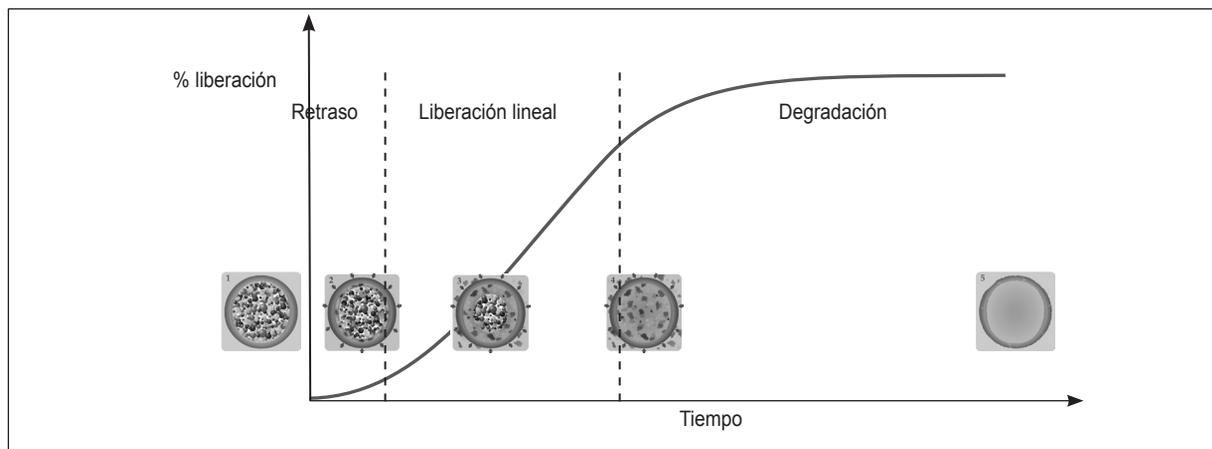


Figura 12. Curva típica de liberación.

entonces hay una concordancia completa entre la demanda y la liberación porque ambos se basan en temperatura. El sistema radicular respira mucho más, es mucho más activo en la medida en que sube la temperatura

La referencia de liberación de nutrientes se basa en una temperatura de 21°. Cuando baja la temperatura la longevidad se extiende; en un suelo frío la longevidad puede pasar de seis meses a ocho o diez meses y si la temperatura es alta como en el trópico, un producto de seis meses puede durar menos (Tabla 1).

La Tabla 1 condensa el cambio de longevidad con la temperatura. Cuando la temperatura sube, la longevidad se acorta y cuando la temperatura baja, se extiende.

Si se observa la aplicación, esta llega a la concordancia completa porque cuando se está fertigando se tienen intervalos, aquí el polímero se activa dentro de un rango de agua disponible. Agua disponible es un término que indica la diferencia entre capacidad de campo y el índice de marchitez. Entonces esta cantidad de agua en un cultivo intensivo siempre existe en el suelo, o sea que el agua que interactúa con el polímero está liberando nutrientes constantemente y esta es la mejor

Tabla 1. Longevidad. Tiempo de liberación a diferentes temperaturas del suelo.

	15° C (60 °F)	21 ° C (70 °F)	30 ° C (86 °F)
P.C 4	6 meses	4 meses	2 meses
P.C 6	7-8 meses	6 meses	3-4 meses
P.C 8	9-10 meses	8 meses	5-6 meses
P.C 12	15-16 meses	12 meses	7-8 meses
P.C 16	20-22 meses	16-18 meses	9-10 meses

forma de fertilizar porque los nutrientes están disponibles en todo momento (Figura 13).

Con esta tecnología no se requiere “irrigación técnica.” En sus plantaciones de palma no tienen que instalar sistemas ni equipos de irrigación por goteo; si ustedes solamente se confían en la lluvia, pueden utilizar esta tecnología en mejor forma. No hay necesidad de preparar soluciones ya que, como ya se mencionó, la solución está sincronizada con la temperatura, cuando aumenta la temperatura, aumenta la demanda y aumenta la liberación.

Una de las principales ventajas de esta tecnología es que se puede tomar toda la capacidad de toda la estación y colocar ciertos gránulos una sola vez, porque el producto está protegido y como los nutrientes están encapsulados se evitan todas las pérdidas de nitrógeno, fósforo, potasio que ya se mencionó porque los elementos están protegidos y no reaccionan con el ambiente y se mantienen como una reserva disponible para la

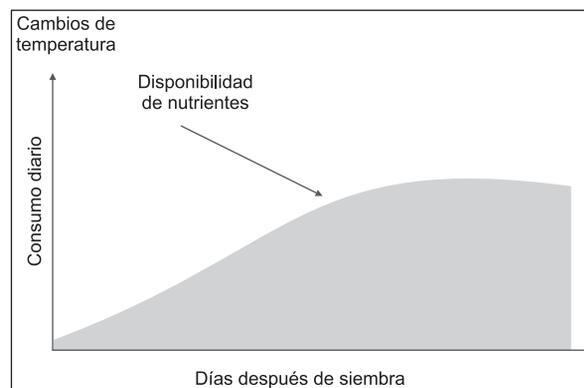


Figura 13. Ventaja de la aplicación.



planta, y debido a la eficiencia del sistema, se puede reducir la tasa de aplicación.

Además, en vez de tener que ir cada dos o tres semanas a aplicar los fertilizantes que requiere mucha mano de obra, solamente se hace una vez durante la estación, o sea que se aplican los fertilizantes, se mantienen encapsulados y con una sola aplicación se cubre todo el período.

Esto puede sonar como ciencia ficción para algunas personas, pero esta tecnología ha existido en el mundo por más de veinte años. Nosotros la hemos utilizado durante quince años y aunque sea difícil de creer, funciona muy bien. Una sola aplicación reemplaza todas esas aplicaciones que tienen que hacer con la fertilización convencional.

Algunas personas podrían decir, “nosotros estamos fertilizando con diferentes clases de elementos, estamos aplicando diferentes relaciones de fósforo, potasio, nitrógeno, etc”, pero esta tecnología no solo se refiere al nitrógeno o a la urea, esta es una tecnología que proporciona una liberación controlada para el nitrógeno, fósforo, potasio, el magnesio, microelementos, o sea que cubre todo el rango.

Esto es importante porque en todo cultivo se presentan tres etapas. Al comienzo hay mayor demanda de nitrógeno, hacia la mitad se requiere más fósforo y al final cuando se va a la etapa de reproducción se necesita más potasio (Figura 14).

Con los componentes que les mostré, con esta tecnología se puede crear una mezcla de todos estos componentes a una relación diferente para que concuerde con la demanda exacta del cultivo. Esto es, si necesito algo que se libere al principio, como urea recubierta con polímeros de dos meses para que vaya siendo liberada en los primeros meses y luego se puede tomar nitrato

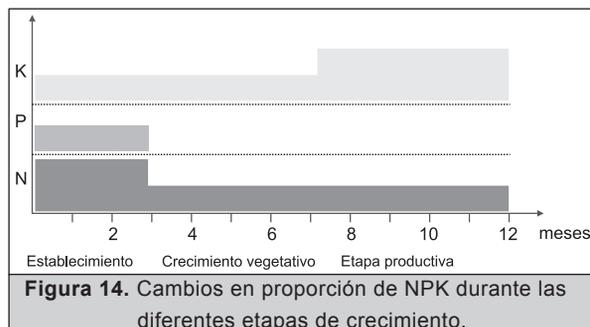


Figura 14. Cambios en proporción de NPK durante las diferentes etapas de crecimiento.

de potasio que se va liberando en ocho meses, o sea que el pico se alcanza hacia el final.

La tecnología es muy flexible y puede ajustarse a la demanda de nutrientes requerida.

Si se miran las recomendaciones actuales, todas estas recomendaciones son historia antigua y tienen que ser reevaluadas; las recomendaciones de hace veinte años, tal vez en este momento no sean pertinentes, no solo porque las variedades han cambiado sino también por la eficiencia.

Con esta tecnología se puede alcanzar una reducción del 30 al 50% del NPK recomendado. Es decir, si la recomendación es aplicar 100 kg de nitrógeno o superfosfato o cualquier tipo de fertilizante, con esta tecnología se puede reducir de 30 a 50% del NPK recomendado, porque se tiene una mayor eficiencia, no se pierde nada, nada se volatiliza, nada se lixivia y esa eficiencia se puede traducir en una tasa más baja de fertilizantes. Obviamente con una tasa más baja de fertilización no estoy afectando ni el rendimiento ni la calidad, se logran los mismos resultados con una sola aplicación y además se reduce la cantidad de fertilizante aplicado. Esto es una realidad y está ocurriendo en muchos cultivos. En Malasia, un 50% de las plantaciones ya están utilizando esta tecnología en palma de aceite.

Aquí se tienen dos métodos de producción. En uno se utiliza un vivero de una etapa que es el más popular en Malasia y en Indonesia. Ya no se utilizan los granulares porque han entendido que con precipitaciones de 2.000 o 4.000 mm no van a poder resistir todas esas pérdidas que ya se mencionaron desde un principio (Figura 15).

Estas figuras muestran las aplicaciones que se hacen para un vivero de etapa simple y para un vivero de doble etapa. Se hace referencia a 5 g que cubren toda la demanda del cultivo (Figura 16).

Aquí en el vivero principal se pasa a 50 g porque hay más biomasa y más demanda (Figura 17). Para el momento del trasplante se puede colocar el fertilizante recubierto y se deja que el árbol lo utilice por un período prolongado desde dos meses hasta doce o dieciséis meses, donde la planta está siendo alimentada continuamente por estos fertilizantes. No es necesario pensar en la lluvia, no hay que aplicarlo varias veces, se aplica solo una vez y en cantidad reducida (Figura 18).

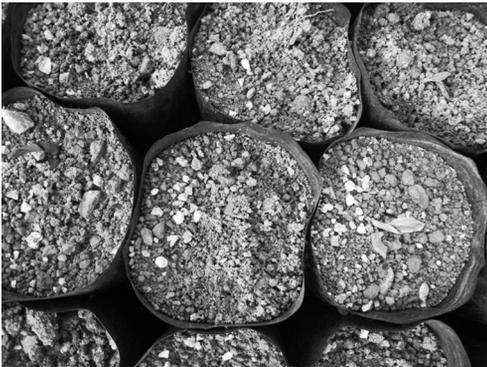
Vivero simple



Tamaño de bolsa de polietileno	Plántulas en vivero	Revestimiento de polímero	Proporción / Bolsa de polietileno
15"x18"	12 meses	19-10-13+2.5MgO+TE	55 g

Figura 15. Aplicaciones realizadas para vivero en Malasia.

Pre-Vivero - Vivero de dos etapas



Tamaño de bolsa de polietileno	Plántulas en vivero	Revestimiento de polímero	Proporción / Bolsa de polietileno
6"x9"	3 meses	19-10-13+2.5MgO+TE	5 g

Figura 16. Aplicaciones realizadas para vivero en Malasia.

Vivero de doble etapa - Vivero principal



Tamaño de bolsa de polietileno	Plántulas en vivero	Revestimiento de polímero	Proporción / Bolsa de polietileno
15"x18"	9 meses	19-10-13+2.5MgO+TE	50 g

Figura 17. Aplicaciones en vivero principal.

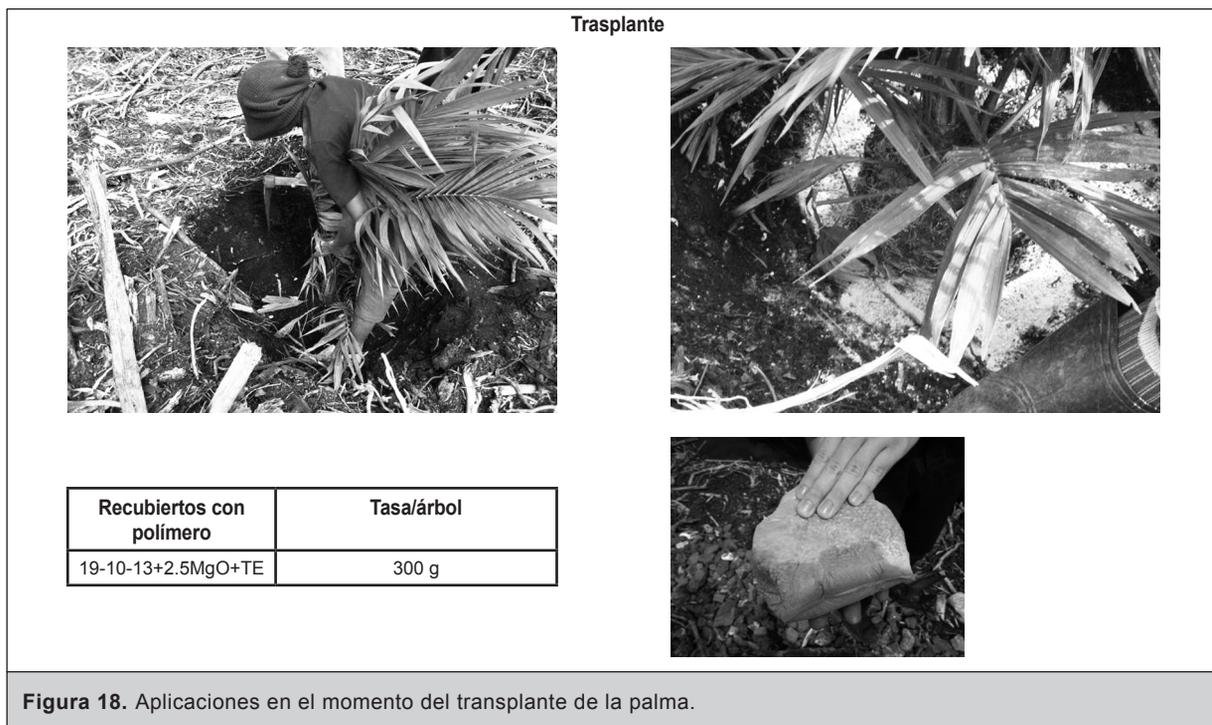
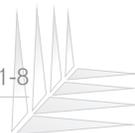


Tabla 2. Resultado del análisis de tejido de plantas de 12 meses con NPK recubierto vs. granular

-	Ash	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	B ppm
Recubierto [400 gr]	-	2,76 optima	0,169 optima	1,54 optima	0,40	0,29	12
NPK [3000 gr]	-	2,70	0,150	1,21	0,45	0,37	11

Lab : BSSB , Tawau . L.Pinawantai, 2007

Aquí se ilustra una comparación del análisis de tejido del contenido de NPK entre aplicaciones de fertilizante recubierto *vs.* granular (Tabla 2). Se aprecia que con la aplicación de 400 g de NPK recubierto y 3.000 mg de NPK granular, el análisis de tejido después de doce meses refleja resultados óptimos con una sola aplicación de 400 g. Sin embargo, de los 3.000 gramos de NPK granular una pequeña parte es tomada por la planta y una gran parte va a contaminar el ambiente o se pierde como gas, se lixivia o es fijado en el suelo o capturado por las partículas de arcilla o se precipita.

En Colombia ya se comienzan unos estudios y estas tecnologías están comercializadas, es decir que no se tienen que demostrar. Se inician las pruebas de estas tecnologías en viveros y se considera la posibilidad de pasarlos a campo abierto, haciendo mediciones de las cantidades (Figura 19).



Figura 19. Ensayos en curso en viveros en Colombia.

El polímero tiene un color entre café claro y anaranjado y es perlado. La aplicación se puede hacer en la parte superior porque en los viveros generalmente se riega con rociadores y el agua viene de arriba; se puede colocar en forma circular

alrededor del tallo de la plántula o se puede incorporar en el suelo o lo que utilicen de sustrato, que puede ser fibra de coco y los trabajadores llenan las bolsas con ese sustrato que ya tiene el polímero incorporado.