FERTILIZACION AEREA DE LA PALMA ACEITERA

P. J. Caliman, E. Togatorop, B. Martha, y R. Samosir*

El dramático crecimiento de las áreas sembradas con palma aceitera en los últimos 15 ha llevado esta expansión a áreas marginales, incluyendo suelos de turba y tierras con topografía inclinada. En algunas de estas áreas no es posible la mecanización con vehículos terrestres debido a las pendientes agudas, al mal drenaje y al potencial de causar daños inaceptables al suelo con los vehículos. Además, se han desarrollado áreas adecuadas para palma aceitera en lugares remotos donde la disponibilidad de fuerza laboral es baja y la aplicación manual de fertilizantes resulta difícil.

La palma aceitera requiere de significativas cantidades de fertilizante mineral (500 a 1 000 kg/ha), que usualmente se lleva al campo a hombro o en carretilla. Cada palma debe recibir una cantidad específica de fertilizante que los trabajadores aplican manualmente con medidas calibradas para entregar la cantidad de fertilizante requerida por cada palma. La mala supervisión es una de las razones por las cuales los fertilizantes no se aplican apropiadamente y las dosis de aplicación se reducen a mediada que los lotes se alejan de los caminos. Esto resulta en variabilidad espacial de los síntomas de deficiencia nutrientes (como se muestra en la **Foto 1**), resultando en una baja producción y rentabilidad. Un segundo problema es la substracción de fertilizante debido a la alta diferencia entre el valor del fertilizante y el costo de la mano de obra.

En palmas inmaduras, el fertilizante se debe aplicar dentro del círculo proyectado por copa de la palma debido al poco desarrollo radicular durante los 3 primeros años después de la siembra. Sin embargo, las raíces de las palmas maduras se desarrollan completamente en todo el volumen del suelo entre las hileras de plantas hasta una profundidad de 40 a 70 cm. Por esta razón, no es sorprendente que no se hayan detectado diferencias significativas en rendimiento entre tratamientos que compararon la aplicación de fertilizantes al voleo entre las hileras de palmas y la aplicación concentrada en el círculo de fertilización alrededor de la planta (Foster y Dolmat, 1986). Trabajos antiguos de investigación han demostrado que las pérdidas de nutrientes por lixiviación se reducen cuando los fertilizantes se aplican al voleo entre las hileras (Ochs, 1965).

La fertilización mecánica en plantaciones maduras, usando vehículos terrestres, es muy efectiva en términos de aplicación uniforme y rápida del material en el campo y en términos reducción del uso de mano de obra. Los aplicadores montados en tractores pueden usarse en suelos minerales planos, pero la fertilización aérea es la única forma posible de fertilizar mecánicamente suelos de turba y zonas de pendiente escarpada donde la preparación del campo para permitir el acceso del tractor tendría un costo muy alto.

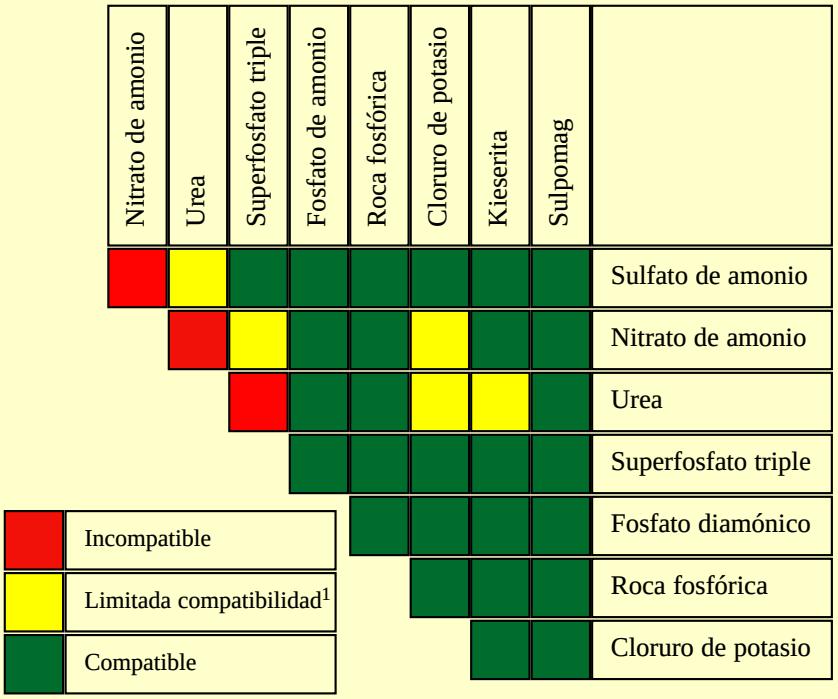
Foto 1. Parches de color claro en la parte central de los lotes causados por una desigual distribución de los fertilizantes.

La fertilización aérea se ha utilizado por años en Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda, pero las primeras pruebas comerciales en palma aceitera fueron hechas por FELDA en Malasia (Wood et al., 1973; Tan et al., 1977; Lee, 1977). Se han probado varios tipos de aviones agrícolas, con capacidades que varían de 800 a 1 000 kg. Algunos de los modelos más modernos tienen capacidad para 2 000 kg.

La principal requerimiento de infraestructura para fertilización aérea es la pista de aterrizaje (una para cada 3 000 a 5 000 ha), equipado con dos contenedores con capacidad de 70 toneladas cada uno, para recibir

Foto 2. El fertilizante es transferido al avión con un cargador.

* **Tomado de: Caliman, J.P., E. Togatorop, B. Martha and R. Samosir. 2022. Aerial fertilization of oil palm. Better Crops Internacional, 16(2): 1-14.**



[1]Significa que se debe mezclar justo antes de la aplicación
Fuente: Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes, 1992

Figura 1. Compatibilidad de los fertilizantes utilizados en palma aceitera.

los fertilizantes. El equipo requerido para la fertilización aérea incluye los siguientes ítems: avión, cargador de fertilizante, Sistema de Posicionamiento Global (GPS), mezcladora portátil y balanzas. Se puede usar un camión de concreto para mezclar dos o más fertilizantes y de esta forma incrementar la dosis de aplicación y mejorar la eficiencia de la operación. Una cargador especial, equipado con un mecanismo hidráulico o un indicador del peso, provee un control lo suficientemente exacto de las cantidades de fertilizantes aplicados (**Foto 2**).

Los fertilizantes que van ha ser mezclados deben ser compatibles en términos de propiedades físicas y químicas (**Figura 1**). Los fertilizantes compatibles pueden mezclarse sin que se produzcan pérdidas por formación de gases, se reduzca la disponibilidad de los nutrientes o se peguen los materiales debido a reacciones químicas. Los fertilizantes físicamente compatibles tienen similar tamaño y densidad de gránulos para que cuando se transporten no exista segregación (International Fertilizar Industry Association, 1992).

Los Sistemas de Información Geográfica (GIS) se utilizan para preparar mapas que indiquen las dosis de fertilizantes requeridas en cada lote individual en la finca (**Figura 2**). Estos mapas son necesarios para que el piloto pueda preparar su programa de trabajo y son más útiles que las tablas de recomendaciones de fertilización. El desarrollo de los Sistemas Diferenciales de Posición Global (DGPS) y otras herramientas relacionadas para guiar la trayectoria de los aviones han reemplazado las banderas para dirigir al avión. El sistema también provee de un récord computarizado de cada vuelo con todas sus características (altura, velocidad y ancho de cobertura), parámetros requeridos para la aplicación precisa de fertilizantes (**Figura 3**).

Existen muchas ventajas asociadas con las aplicación aérea de fertilizantes. Los fertilizantes son aplicados uniformemente sobre el área requerida. Las adecuada distribución lateral puede lograrse ajustando el ancho de cobertura basándose en pruebas hechas en áreas abiertas. Se puede ajustar un simple modelo matemático para cada tipo de fertilizante, dependiendo principalmente de su número específico de guía y del índice de uniformidad. Esto reduce la posibilidad de substracción de fertilizantes. La supervisión en el campo es mínima ya que la entrega de fertilizantes se hace a los contenedores en la pista de aterrizaje. La aplicación de fertilizantes se supervisa mediante las guías de recorrido de la nave y por recorridos periódicos en el campo. El sistema computarizado de recolección de datos, junto con el sistema DGPS de seguimiento, provee de una guía automática y precisa para que el piloto vuele en líneas de aplicación paralelas. La cantidad de fertilizantes aplicados se monitoriza por medio de la balanza colocada en el sistema de carga. Un programa de fertilización se puede completar en menos tiempo que un programa manual de aplicación. Esto puede reducir las pérdidas de nutrientes ya que se puede coordinar las aplicaciones con los patrones de clima local.

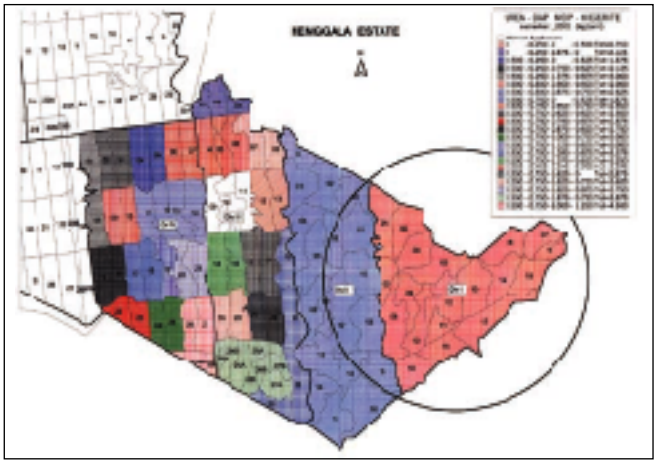


Figura 2. El fertilizante se aplica con avión en la División I y la División II donde la topografía hace que la aplicación manual de fertilizantes sea difícil e ineficiente.

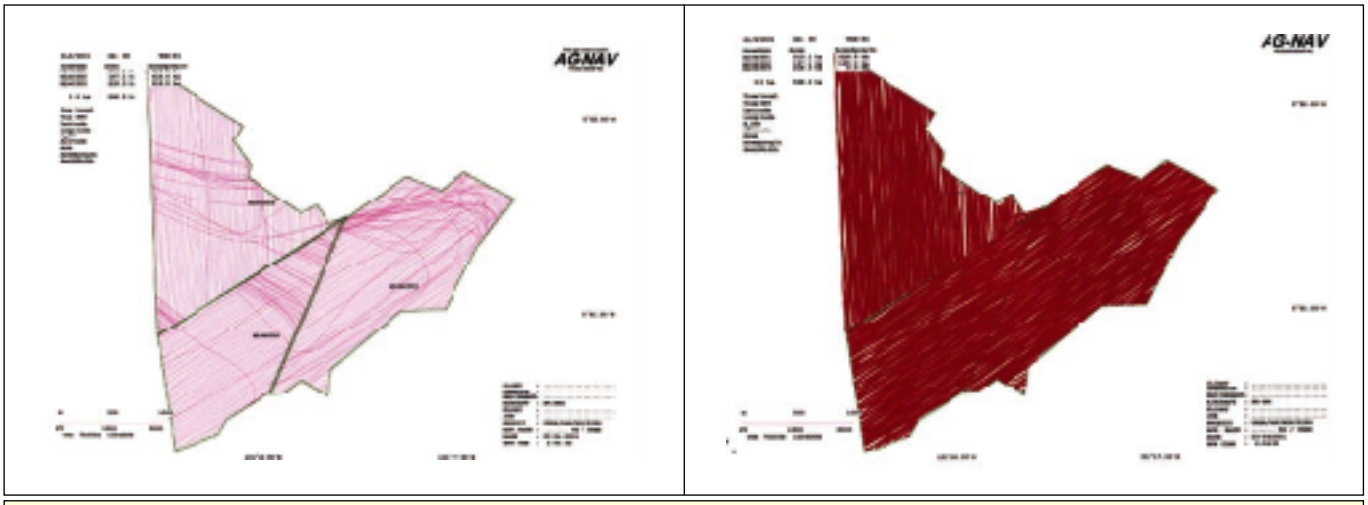


Figura 3. Impresión de computadora que muestra los detalles del vuelo (izquierda) y la proporción cubierta del campo (derecha). El piloto logra una buena cobertura del campo usando GPS.

Con el uso de fertilización aérea, los trabajadores solo intervienen en los procesos que resultan caros ya que no han sido todavía mecanizados (por ejemplo la cosecha). Esto es muy importante en lugares remotos donde la mano de obra es escasa, o en terrenos muy inclinados donde las aplicaciones manuales son difíciles de supervisar.

La adecuada aplicación aérea de fertilizantes no tiene ningún impacto adverso. Un monitoreo continuo de agua superficial y subterránea ha demostrado que la pérdida de nutrientes es pequeña (Satyoso et al., 1997; Liwang et al., 2000), en parte debido a que se aplica una cantidad más pequeña de nutrientes por metro cuadrado, reduciendo de esta forma la pérdida de nutrientes por lixiviación y escorrentía (Ochs, 1965).

Varios factores son críticos para una exitosa aplicación aérea. Todo el proceso de adquisición de los fertilizantes debe ser coordinado con el programa de aplicación en el campo. La calidad física de los fertilizantes debe ser óptima para asegurar la distribución uniforme sobre el terreno y se deben usar fertilizantes granulados de calidad (urea, fosfato de amonio, cloruro de potasio, sulpomag). Se debe controlar de cerca la operación cuando se mezclan dos o más fertilizantes al mismo tiempo. La entrega de gasolina, aceite y repuestos debe organizarse para evitar el costoso tiempo del avión sin operación. Se debe arreglar eficientemente las autorizaciones de vuelo y los requerimientos administrativos del piloto, nave y pista de aterrizaje.

Estos requerimientos pueden lograse con el siguiente personal: un coordinador de fertilización aérea, responsable por todas las operaciones de logística, del programa de trabajo, de la coordinación con el encargado de manejo de la finca, del control de la preparación y aplicación de los fertilizantes, del control de las operaciones de seguridad y de los reportes de progreso a la finca y a los servicios agronómicos contratados; un ingeniero para el mantenimiento de la nave y el manejo del inventario de repuestos; un piloto experimentado por nave; un grupo para manejo del cargador de fertilizante (uno por nave). Con una nave de capacidad de carga de una tonelada, un piloto experimentado puede aplicar de 70 a 150 toneladas por día, dependiendo de las dosis de aplicación.

El costo de la aplicación aérea es de dos a cinco veces más alto que la aplicación manual, dependiendo del valor local del fertilizante y del manejo. Este costo adicional debe balancearse con el incremento en la eficiencia de los fertilizantes, debido a la reducción en las pérdidas de nutrientes, lo que permite mantener la producción (Loong. et al., 1990).

Además, el costo de aplicación está relacionado con las dosis de aplicación (**Figura 4**). Dosis altas de aplicación en una sola pasada sobre el área de trabajo resultan en

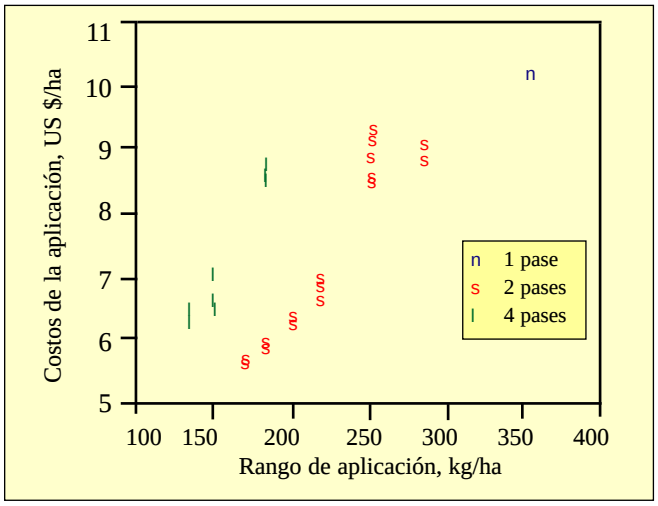


Figura 4. Costo de la aplicación de fertilizantes y cantidad aplicada.

costos relativamente más bajos. Sin embargo, si el número de pasadas aumenta (de 2 a 4 por ejemplo) por usar dosis bajas de aplicación o por el tamaño pequeño de los bloques, el costo aumenta significativamente.

Se hace inevitable encontrar un compromiso entre la necesidad de aplicar los fertilizantes en forma precisa en cada sitio (reduciendo la productividad del avión) y la necesidad de aumentar el trabajo efectivo de la nave (reduciendo la especificidad de la aplicación por sitio a un aceptable nivel). En un futuro cercano, el desarrollo tecnológico mejorará la aplicación aéreas de fertilizantes. Existen medidores electrónicos para medir el flujo fertilizantes sólidos que se pueden incorporar al proceso y se espera que las compañías de GPS integren DGPS y GIS de modo que se puedan introducir mapas de recomendación de fertilización la computadora de la nave. Estos avances harán que en los próximos años la fertilización aérea sea una herramienta atractiva para la agricultura de precisión en cultivos perennes.

Bibliografía

Foster, H. L. and Mohd. Tayeb Hj. Dolmat. 1986. The effect of different methods of placement and frequency of application of fertilizer to oil palm on an inland soil in Peninsula, Malaysia. PORIM Bulletin, 12, p. 1-11.

International Fertilizer Industry Association. 1992. IFA World Fertilizer Use Manual. IFA, Paris, 632 p.

Lee, A. K. 1977. Economics of large-scale aerial manuring of oil palm. (Preprint). In Seminar on Agricultural Aviation, January 6-8, 1977. Rubber Research Institute of Malaysia and Agricultural Institute of Malaysia.

Liwang, T., S. Suyanto, and T. Widodo. 2000. Informas¡ terkini pengalaman penerapan tekhnik pemupukan melalui udara di perkebunan kelepa sawit PT SMART Tbk periode 1996-1999. Seminar Kelapa Sawit 1, PPKS, Medan, Indonesia, April 25-26, 2000. 14 p.

Loong, S. G., M. Nazeeb, and A, Letchumanan. 1990. A, (ommercial Trial Showing the Promise of Acrial Application of Fertilizers to Oil Palms. The Planter, 66, p. 125132.

Ochs, R. 1965. Contribution a I'étude de la fumure potassique du palmier a huile.
otéagineux, 20, (6), p. 365-501.

Satyoso, H., S. Azhari, and E. S. Neo. 1997. Pemupukan kelapa sawit melalui udara, pengalaman penerapannya selama 1996-1997 di kebun PT SMART Corp. Pertemuan tecknis kelapa sawit, Medan. August 26, 1997. Pusat Penclitian Kelapa Sawit.

Tan, K. Y., A. K. Lee, C. W. Leong, and A. H. Ling. 1977. Large scale aerial manuring ofoilpalm in FELDA. (Preprint). In Seminar on Agricultural Aviation, january 6-8, 1977. Rubber Research Institute of Malaysia and Agricultural Institute of Malaysia.

Wood, B. J., C. J. Piggott, Phang Siew, and D.P. Nesbit. 1973. Aerial application in oil palms. In Wastie, R.L., and D.A. Earp (eds). Advances in Oil Palm Cultivation: Proceedings of the International Oil Palm Conference. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia, November 16-18, 1972, p. 167-183.