
BÚSQUEDA DE EFICIENCIA EN EL USO DE NUTRIENTES EN BANANO

José Espinosa¹ y Francisco Mite²

Introducción

El uso eficiente de nutrientes es un aspecto de gran relevancia debido al incremento en los costos de los fertilizantes y la continua preocupación por el impacto ambiental asociada con el uso inapropiado de nutrientes. En banano es necesario incrementar el rendimiento y la eficiencia de la producción para lograr satisfacer la demanda de fruta de calidad. Para lograr esto, es necesario desarrollar estrategias que produzcan rendimientos más altos, pero que a su vez integren la conciencia ambiental y la rentabilidad del cultivo. Se conoce que la respuesta a la aplicación de nutrientes en todos los cultivos es específica para el sitio donde se cultiva. El banano no es la excepción, y por esta razón, una recomendación de fertilización precisa necesita información sobre la respuesta particular del cultivo a los nutrientes en cada sitio (Prabowo et al., 2002). Los dos nutrientes más importantes en la producción de banano son el nitrógeno (N) y el potasio (K) (López and Espinosa, 1995; Soto, 1992), pero las estrategias de manejo de estos dos nutrientes han cambiado poco a través de los años y se presume que su eficiencia de uso es muy baja. La determinación exacta de la cantidad total de nutrientes requerida por el cultivo depende de la cantidad total de nutrientes absorbida por un rendimiento determinado y del suministro de nutrientes nativos del suelo. Por otro lado, la absorción total de nutrientes está determinada por la oferta ambiental (o las condiciones de la plantación) que son las que finalmente determinan el rendimiento obtenible en cada sitio. Las recomendaciones de N y K en banano no toman en cuenta completamente los rendimientos obtenibles en diferentes condiciones ambientales, ni la contribución de los nutrientes nativos del suelo y son frecuentes recomendaciones de cantidades fijas para áreas muy grandes de producción.

Evaluación de la dosis de N

El N aplicado al suelo y que no es absorbido por la planta o inmovilizado en la materia orgánica o en la biomasa microbiana es muy susceptible a pérdidas por volatilización, desnitrificación y lixiviación. En banano existen pocos estudios que hayan cuantificado estas pérdidas y la recomendación de fertilización busca aplicar suficiente N para satisfacer las necesidades del cultivo más allá de las pérdidas esperadas. La determinación de la dosis óptima económica de N es relativamente sencilla y normalmente se lo hace partiendo de una curva de respuesta a la aplicación de dosis crecientes de este elemento en experimentos de campo. La dosis máxima económica es aquella a la cual no se encuentra más incremento en el retorno neto del cultivo manejado con un paquete tecnológico específico. Se asume entonces que la predicción de la dosis máxima económica de N calculada de los datos de la curva produce una recomendación que puede ser usada en áreas grandes y variadas condiciones. Sin embargo, la curva de respuesta a N depende de las condiciones climáticas, de la influencia del suelo y de las operaciones de manejo del cultivo (Fageria et al., 2008). En general, son pocos los estudios publicados que hayan determinado la dosis máxima económica de N en banano y la recomendación de fertilización de N es muy general y comúnmente se encuentra en el rango de 300 a 400 kg N ha⁻¹. Profesionales con experiencia varían la dosis de N basándose en el potencial de rendimiento del lote sujeto a recomendación. Abundante información generada recientemente en cultivos como arroz y maíz indica que la magnitud y forma de la curva de respuesta a N varía dependiendo del rendimiento potencial del cultivo (ROB, rendimiento obtenible sin limitaciones), del rendimiento sin aplicación de N (RON), rendimiento obtenido sin aplicación de N, pero sin otras limitantes nutricionales y de manejo) y de la eficiencia agronómica

¹ International Plant Nutrition Institute - IPNI. Northern Latin America Program. Quito-Ecuador.
Correo electrónico: jespinosa@ipni.net

² Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. fmite@pichilingue-iniap.gov.ec

del N aplicado (EA) que representa los kg de incremento en rendimiento por kg de N aplicado (Cassman et al., 2002; Espinosa and García, 2008). No habría razón para pensar que en banano ocurra lo mismo. El cultivar, el clima, el suelo y el manejo afectan estos tres parámetros y por esta razón es difícil manejar una recomendación universal de N. La determinación de la dosis de recomendación de N en varios cultivos ha evolucionado hacia la determinación de la respuesta esperada en rendimiento (delta rendimiento, ΔR) como base para generar una recomendación de N más ajustada al sitio específico donde se encuentra el cultivo. El ΔR se define como la diferencia entre el rendimiento obtenible en el sitio sin limitaciones nutricionales y con el mejor manejo posible (ROB) y el rendimiento obtenido con el mismo manejo pero sin aplicación de N (RON). En una plantación de banano en plena producción, se puede asumir que el reciclamiento de nutrientes proveniente de las podas y de los pseudotallos satisface el requerimiento de nutrientes para la biomasa de la planta y lo que se extrae del campo (y que debe ser repuesto) son los nutrientes que salen en los racimos. El cálculo de la dosis de N se logra utilizando la siguiente relación (Dobermann and Fairhurst, 2000):

$$\text{Dosis N} = \Delta R / \text{EA}; \text{ Dosis de N} = (\text{ROB} - \text{RON}) / \text{EA}$$

La EA de N (EAN) depende de la eficiencia de recuperación del N (ERN) que se define como el porcentaje del nutriente proveniente del fertilizante recuperado en la biomasa de la planta durante cierto periodo de crecimiento (Cassman et al., 2002). Se estima que la ERN bajo condiciones favorables estaría entre 50 y 70%, sin embargo, la ERN en banano podría ser menor en determinadas condiciones. Sin datos publicados y con la información disponible en muchas plantaciones se podría establecer como punto de partida que la EAN de banano estaría en un rango de 140 a 200 kg de racimo por kg de N aplicado, asumiendo una ER de 50%. Esta información debe ratificarse con investigación.

Como es conocido, es difícil medir el contenido de N disponible en el suelo y correlacionar esta medición con el rendimiento del cultivo, particularmente en ambientes tropicales de mucha precipitación donde el N tiende a moverse rápidamente en el perfil del suelo. Por esta razón, no es

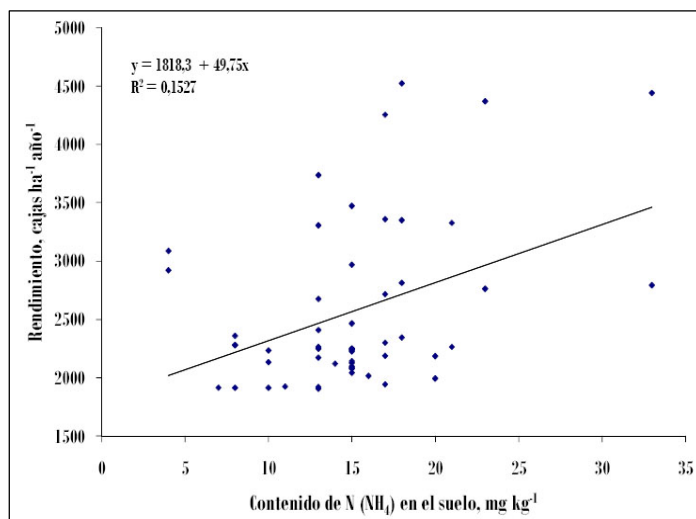


Figura 1. Correlación entre el contenido de N en el suelo y el rendimiento de banano.

aconsejable usar el contenido de N en suelo como un parámetro sobre el cual se base la recomendación de N para banano. Los datos de la **Figura 1** muestran la muy baja correlación entre el contenido de N en forma de amonio (NH_4) en el suelo y el rendimiento.

En las condiciones actuales de producción se hace necesario buscar un método rápido y sólido que permita mejorar la recomendación y la eficiencia de utilización de N en los diferentes sitios donde se produce banano en América Latina. Este método se basaría en la determinación del ΔR en diferentes condiciones de

producción de banano. Esta metodología buscaría desarrollar información para entregar nutrientes a la planta como y cuando los necesita y permitiría ajustar dinámicamente el uso de fertilizantes, para llenar afectivamente el déficit que ocurre entre la necesidad total de nutrientes para obtener rendimientos altos (ROB) y el aporte de los nutrientes provenientes de las fuentes nativas del suelo

(RN0). Con este manejo se busca aplicar las dosis óptimas de nutrientes al momento adecuado para obtener altos rendimientos y con una alta eficiencia de uso de los nutrientes por el cultivo. Es decir lograr la mayor cantidad de fruta por unidad de fertilizante utilizado. Esta metodología se conoce como Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE) (Witt, 2003).

El desarrollo de un programa simple de investigación para implementar un proceso de MNSE requiere de tres pasos:

1. Establecimiento del R_{OB}

Como se ha discutido, los rendimientos de banano son específicos para el sitio y dependen del clima, del cultivar utilizado y del manejo del cultivo. El R_{OB} para un sitio y temporada de un año en particular se estima del rendimiento de fruta obtenible cuando eliminan las limitaciones nutricionales (N, P, K, Mg y S) y de manejo. En el primer año del estudio, esta meta de rendimiento puede ser un porcentaje (70 – 80 %) del demostrado para el sitio, ya sea por investigación o por el rendimiento obtenido en lotes de productores con muy buen manejo del cultivo. Al final del primer año del estudio el R_{OB} pasa a ser la meta de rendimiento para el siguiente año. En el segundo y tercer año se ajusta el manejo para que esta meta de rendimiento mejore. El determinar el R_{OB} (meta de rendimiento) es importante porque la cantidad de nutrientes absorbida por el cultivo está directamente relacionada con el rendimiento. En otras palabras, la meta de rendimiento determina el requerimiento total de nutrientes que el cultivo debe absorber para obtener ese rendimiento.

2. Determinación del aporte de nutrientes provenientes del suelo (R_{0N})

El suplemento de nutrientes nativos del suelo es aquel que proviene de otras fuentes menos los fertilizantes (materia orgánica, residuos del cultivo, agua de riego, etc.). La evaluación del aporte de los nutrientes nativos del suelo se logra mediante la técnica de las parcelas de omisión. Esta técnica determina en rendimiento el suplemento de nutrientes nativos del suelo determinando el rendimiento del cultivo sin fertilizar con el nutriente de interés, pero fertilizado en cantidades suficientes con los otros nutrientes para asegurarse que la ausencia de éstos no limiten el rendimiento.

3. Determinación de la dosis necesaria para completar el déficit entre las necesidades del cultivo (R_{OB}) y el suplemento de nutrientes nativos del suelo (R_{0N}).

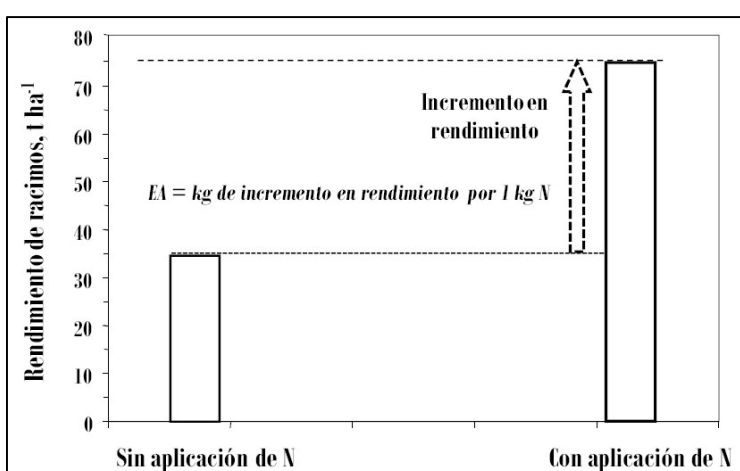


Figura 2. Pasos para iniciar un programa de manejo de nutrientes por sitio específico

La dosis total del nutriente depende del déficit entre la necesidad total del nutriente para obtener la meta de rendimiento y el suplemento del nutriente proveniente del suelo, determinado en la respectiva parcela de omisión. El esquema presentado en la **Figura 2** resume los pasos para obtener los parámetros necesarios para implementar un programa de MNSE.

Luego de la evaluación del primer año se tendría información para afinar la dosis de de N a aplicarse el si-guiente

año para la meta de rendimiento establecida. Se buscaría además mejorar la eficiencia con el manejo de la dosis real de N para el sitio.

Evaluación del Potasio

El K es el nutriente más importante en la producción de banano (Halliday and Trenkel, 1992; López and Espinosa, 1995) y ésta es quizá la razón más importante para el consumo y demanda de la fruta en el mundo. La absorción de K por la planta es muy alta y la biomasa de una producción de 70 t ha⁻¹ sobrepasa los 1200 kg de K₂O ha⁻¹, pero los nutrientes extraídos en el racimo solamente llegan a alrededor de 420 kg de K₂O ha⁻¹ (Halliday and Trenkel, 1992). Si se asume nuevamente que el reciclamiento del material de poda y los pseudotallos que quedan en el campo es suficiente para mantener el crecimiento vegetativo, habría que suplementar K teniendo en cuenta el $_R$ y EA de potasio (EAK, kg de racimos por cada kg de K₂O aplicado). Este parámetro estaría en un rango de 270 a 310 kg de racimo por kilogramo de K₂O aplicado, asumiendo una ER de 70%. Estos parámetros deberán ser confirmados con investigación. El cálculo de la dosis de K₂O se lograría utilizando la siguiente relación (Dobermann and Fairhurst, 2000):

$$\text{Dosis K}_2\text{O} = _R/\text{EAK}; \text{ Dosis de K}_2\text{O} = (\text{ROB} - \text{RK}_0)/\text{EAK}$$

La recomendación de fertilización general de 500 a 700 kg ha⁻¹ de K₂O generada de la curva de respuesta a la aplicación del elemento proveniente de investigación de campo conducida en muchos sitios en América Latina fue un buen punto de partida para las condiciones del momento (Espinosa and Míte, 2002; López and Espinosa, 1982). Sin embargo, esta recomendación se volvió general

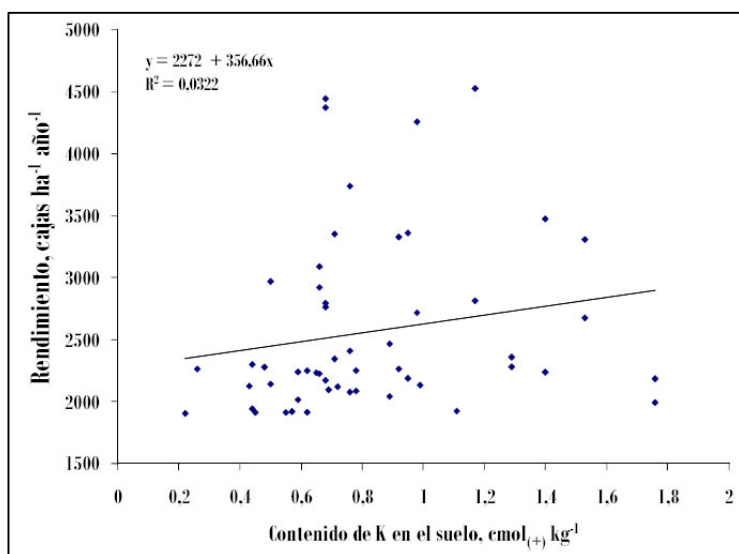


Figura 3. Correlación entre el contenido de K en el suelo y el rendimiento de banano.

para todos los suelos y condiciones climáticas y altas cantidades de K han sido aplicadas desde entonces en un alto porcentaje de suelos bananeros. Estas aplicaciones han enriquecido considerablemente el suelo con K y en algunas circunstancias han provocado desbalances con otros nutrientes, particularmente con magnesio (Mg).

Al momento, es difícil encontrar en plantaciones de banano de alta producción suelos con contenidos bajos de K. Además, tampoco se encuentra correlación entre el contenido de K en el suelo y el rendimiento como se puede observar en los datos la **Figura 3**. Esto no indica que las herramientas de diagnóstico como el análisis de suelos y el análisis foliar hayan dejado de ser útiles, simplemente indica que son necesarias más herramientas para afinar el diseño de las recomendaciones de fertilización y para hacer un uso más eficiente de los nutrientes utilizados.

Optimización de la eficiencia de uso de los nutrientes

Existe tecnología para incrementar la eficiencia del uso de los nutrientes, éstas han sido evaluadas extensivamente, sin embargo su adopción no ha sido completa por parte de los agricultores. Entre las mejores prácticas de manejo (MPM) en la nutrición de cultivos se encuentran cuatro prácticas fundamentales que son la aplicación de dosis, fuentes, época y localización correctas de los nutrientes. Estas prácticas son críticas para lograr óptima eficiencia de uso de los nutrientes (Roberts, 2006).

Dosis correcta: El rendimiento de la mayoría de los cultivos es específico del sitio y época del año y dependen del cultivar, prácticas de manejo, clima, etc. Por esta razón, es crítico que se establezcan metas de rendimiento reales y que se apliquen los nutrientes necesarios para lograr esta meta. La aplicación de cantidades menores o mayores a las necesarias resulta en una pobre eficiencia de uso de los nutrientes o en pérdidas en el rendimiento y calidad del cultivo. El análisis de suelo sigue siendo una de las mejores herramientas para determinar la capacidad del suelo para suplementar nutrientes, pero para ser útil en el diseño de adecuadas recomendaciones de fertilización es necesario que el análisis de suelos sea calibrado con experimentación de campo. Sin embargo, es necesario incluir nueva metodología para determinar la meta de rendimiento y el aporte del suelo como se indicó anteriormente en este artículo.

Epoca y fuentes correctas: Es necesario lograr una mayor sincronización entre la demanda del cultivo y el suplemento de nutrientes del suelo para mejorar la eficiencia de uso de los nutrientes, especialmente N. Un mayor fraccionamiento de las aplicaciones de N durante el año, con más énfasis en las épocas más lluviosas es una práctica efectiva para incrementar la eficiencia de uso de N. El análisis foliar es un método muy conocido para determinar el contenido de N en los cultivos en crecimiento, pero también existen otras herramientas de diagnóstico como el medidor de clorofila y tabla de comparación de colores que permiten usar el índice de verdor como parámetro para ajustar la recomendación de N (Witt, 2003).

Otra estrategia para mejorar la sincronización entre la aplicación y la absorción de N es el uso de fertilizantes con mayor eficiencia. Dentro de esta clase de fertilizantes se incluyen aquellos fertilizantes nitrogenados solubles rodeados por una barrera física o recubrimiento que impide la liberación (urea recubierta con polímeros o con azufre) y los fertilizantes nitrogenados estabilizados. Los materiales estabilizados son fertilizantes nitrogenados tratados con inhibidores de ureasa o nitrificación. En el primer caso se reduce la conversión del amonio (NH_4) a nitrato (NO_3) en el proceso de la nitrificación y en el segundo caso se reduce el riesgo de volatilización del amoníaco (NH_3) al inhibir la acción de la ureasa en la hidrólisis de la urea. Cuando las condiciones ambientales y de suelo son favorables para pérdidas de NO_3 o para la volatilización del NH_3 , el uso de un estabilizador tiene el potencial para incrementar la eficiencia de N (Frye, 2005; Grant, 2005; Robbins, 2005).

Localización correcta: La colocación de fertilizantes siempre ha sido una importante consideración en el manejo de nutrientes. El determinar el lugar correcto puede ser tan importante como determinar la dosis correcta de aplicación. Existen numerosas opciones de localización, pero la mayoría generalmente se relacionan con aplicaciones superficiales o subsuperficiales de nutrientes ya sea en banda o al voleo. En general, la eficiencia de recuperación de nutrientes tiende a ser mayor en las aplicaciones en banda ya que se reduce el contacto con el suelo y la posibilidad de pérdida de nutrientes debido a lixiviación o reacciones de fijación. Las decisiones de localización del fertilizante dependen de las condiciones de suelo, además de la disponibilidad de equipos y productos. En banano ha existido una eterna controversia sobre la localización del fertilizante contrastando la aplicación localizada frente al hijo de sucesión y aplicación al voleo entre las hileras

(Espinosa and Mite, 2002). Esto también necesita investigación que ajuste la localización con otras prácticas agronómicas en banano.

Conclusión

El uso de nutrientes en banano, particularmente N y K debe ser más eficiente por razones agronómicas, ambientales y económicas. Las herramientas utilizadas hasta el momento para diseñar recomendaciones de fertilización parecen limitadas en las condiciones actuales y se hace necesario desarrollar nuevas técnicas que permitan un manejo eficiente y rentable de los nutrientes en banano. Se propone una nueva metodología que deberá ser probada en campo en los diferentes ambientes donde se produce banano.

Bibliografía

- Cassman, K.G., A. Dobermann, and D.T. Walters. 2002. Agroecosystems, Nitrogen-use Efficiency, and Nitrogen Management. *Ambio* 31(2):132-140.
- Dobermann, A., and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient disorders & nutrient management. First ed. IRRI-PPI-PPIC.
- Espinosa, J., and F. Mite. 2002. Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano, pp. 397-407, *In* S. Belacazar, (ed.) XV Reunión Internacional ACORBAT. ACORBAT, Cartagena de Indias, Colombia.
- Espinosa, J., and J.P. García. 2008. High fertilizer prices: what can be done. *Better Crops* 92(3):8-10.
- Fageria, N.K., V.C. Baligar, and Y.C. Li. 2008. The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. *Journal of plant nutrition* 31(6):1121-1157.
- Frye, W. 2005. Nitrification inhibition for nitrogen efficiency and environment protection, pp. 8 IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers. IFA, Frankfurt, Germany.
- Grant, C. 2005. Policy aspects related to the use of enhanced-efficiency fertilizer: Viewpoint of the scientific community, pp. 11, *In* IFA, (ed.) International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers. IFA, Frankfurt, Germany.
- Halliday, D.J., and M.E. Trenkel. 1992. IFA World Fertilizer Use Manual IFA, Paris - Francia.
- López, A., and J. Espinosa. 1982. Banana response to potassium in Costa Rica. *Better Crops* 56(346):1-5.
- López, A., and J. Espinosa. 1995. Manual de Nutrición y Fertilización del Banano, Quito - Ecuador.
- Prabowo, N., L. Tohiruddin, T.H. Fairhurst, H.L. Foster, and N. Evi. 2002. Efficiency of fertilizer recovery by oil palm in Sumatra, pp. 9 International Oil Palm Conference, Nusa Dua, Bali.
- Robbins, J. 2005. Slow-release fertilizers as tools, pp. 3, *In* IFA, (ed.) International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers. IFA, Frankfurt, Germany.
-

Roberts, T. 2006. Improving nutrient use efficiency, pp. 7, *In* IFA, (ed.) *Optimizing Resource Use Efficiency for Sustainable Intensification of Agriculture*. IFA, Kunming, China.

Soto, M. 1992. *Bananos Cultivo y Comercialización*, Costa Rica.

Witt, C. 2003. Fertilizer use efficiencies in irrigated rice in Asia, pp. 16, *In* IFA, (ed.) *Regional conference for Asia and the Pacific*. IRRI, Philippines, Cheju Island, Republic of Korea.
