

EFICIENCIA DE USO DE NUTRIENTES: VERDADES Y MITOS

D. Dibb*

Introducción

El concepto de **Eficiencia de Uso de Nutrientes** es a menudo mal entendido o mal interpretado, particularmente si se lo discute como un proceso aislado y no en el contexto del sistema total de producción agrícola. Es importante recordar que la eficiencia y la viabilidad económica son parte del sistema total de producción y que cada uno de ellos tiene factores que necesitan ser optimizados para lograr la meta de producción propuesta.

Cuando se tiene acceso a los nutrientes requeridos por los cultivos, la tierra es a menudo el principal recurso limitante. Existen áreas donde se puede incorporar más tierra a la producción, pero en la mayoría de los casos esta es tierra marginal en términos de su potencial de producción. La explotación de estas tierras marginales generalmente trae consigo problemas de contaminación por erosión, pérdida de bosques y cobertura natural, pérdida de vida silvestre, etc. En otras palabras, la tierra más productiva está al momento siendo ya utilizada. Por esta razón, la forma más efectiva de mejorar la eficiencia de los sistemas agrícolas es a través de continuos incrementos en los rendimientos de los cultivos. Esto mejorará la eficiencia total del sistema debido a que el principal recurso limitante (tierra) es más productivo en términos de rendimientos por unidad de área cultivada.

El análisis de una curva clásica de respuesta demuestra como el concepto de **Eficiencia de Uso de Nutrientes** puede ser mal entendido o mal interpretado si se ignoran o se olvidan los valores y objetivos del sistema de producción. En la Figura 1 se presenta una curva de respuesta a la aplicación de un nutriente. El eje de las abscisas (Y) representa una medida del potencial de rendimiento, el cual puede llegar a 100% si todos los componentes necesarios están disponibles en cantidades óptimas. El eje de las ordenadas (X) representa los incrementos de aplicación de un nutriente en particular, asumiendo que los otros nutrientes y factores de manejo no son limitantes. Si algún otro nutriente o factor de manejo no se encuentra al óptimo, la curva puede parecer similar, pero llegará a su pico máximo con rendimiento menor y la pendiente podría ser de menor magnitud. Puede ser también que un nutriente cause toxicidad si se aplica en exceso, en este caso

* El Dr. Dibb, es el Presidente del Instituto de la Potasa y el Fósforo (Potash and Phosphate Institute). Suite 110, 655 Engineering Drive, Norcross, Georgia, USA. E-mail: ddibb@ppi-far.org

OCTUBRE 2000

No. 41

CONTENIDO

	Pág.
Eficiencia de uso de nutrientes: verdades y mitos	1
Efecto de niveles de N, P y K en la producción de cacao en Colombia	4
Boro: Se están aplicando las dosis suficientes para el adecuado desarrollo de las plantas?	8
Nueva Impresión: Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar	13
Reporte de Investigación reciente	14
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16
Editor: Dr. José Espinosa	

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

la curva puede virar inmediatamente después que la curva ha alcanzado su pico máximo. Existen algunas variaciones de modo que se pueden dibujar una familia de curvas que podrían estar bajo la curva de más alto rendimiento.

En la Figura 1, el punto C es el rendimiento producido cuando solamente la fertilidad natural del suelo suplementa los nutrientes a la planta. Ninguno de los nutrientes limitantes ha sido aplicado. El punto C representa la situación de muchos países en desarrollo en los cuales los rendimientos son bajos debido a que los suelos son infértiles producto de los procesos naturales de meteorización o porque han sido cultivados por muchos años sin reemplazar los nutrientes removidos. El punto A es el máximo rendimiento potencial en un sitio dado asumiendo que todos los insumos necesarios están al óptimo nivel. El punto B es en realidad un rango que depende de variables de costo de producción y valor del producto que definen la meta final del sistema de producción. Esta meta es aquel rango donde se encuentra la más alta **Eficiencia de Uso de la Tierra** y donde todos los otros insumos están interaccionado a su óptimo nivel. Este rango se encuentra justamente debajo del máximo rendimiento potencial. Dentro de este rango se localiza el máximo económico, punto donde se encuentra el máximo retorno a la inversión en insumos en un particular sistema de producción.

Si arbitrariamente se divide la curva de respuesta en cuatro áreas, se puede entonces discutir algunos aspectos generales de la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** y de la **Eficiencia de Uso de la Tierra** y se

pueden comparar estas dos en la agricultura de países desarrollados y en la agricultura de países en desarrollo. Es aquí donde se observa como aparecen las malas interpretaciones. Las áreas I, II, III y IV se distribuyen de abajo hacia arriba de la curva como se observa en la Figura 2.

Area I, parte baja de la curva de respuesta

Esta área se caracteriza por tener muy bajos rendimientos. Pocos nutrientes están disponibles en el suelo o se los aplica. A menudo, la única aplicación de nutrientes se hace a través de la incorporación de limitadas cantidades de residuos vegetales y animales que están disponibles en la finca, pero que no añaden los suficientes nutrientes para mover mucho la curva hacia arriba. Cualquier adición de un nutriente limitante produce una respuesta relativamente grande como lo indica la magnitud de la pendiente de la curva. Como los rendimientos son muy bajos, la **Eficiencia de Uso de la Tierra** es también muy baja. Las preocupaciones ambientales son significativas, ya que los cultivos crecen poco y lentamente, exponiendo al suelo a largos períodos de pérdidas por erosión hídrica y eólica. Paradójicamente, la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** puede ser muy alta debido a que una pequeña cantidad de nutriente aplicado puede proporcionar una alta respuesta en rendimiento. Si la meta es solamente buscar una alta **Eficiencia de Uso de Nutrientes**, es aquí donde se la puede lograr, sin embargo, las necesidades alimenticias no serán satisfechas porque los rendimientos totales son muy bajos. Muchos países se pueden ubicar en esta parte de la curva. Un buen ejemplo son los países del Sub-

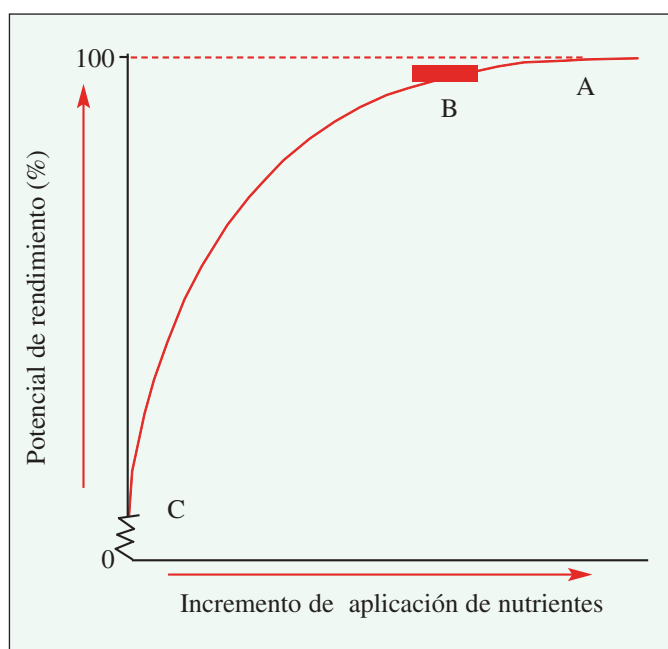


Figura 1. Curva clásica de respuesta a la aplicación de nutrientes.

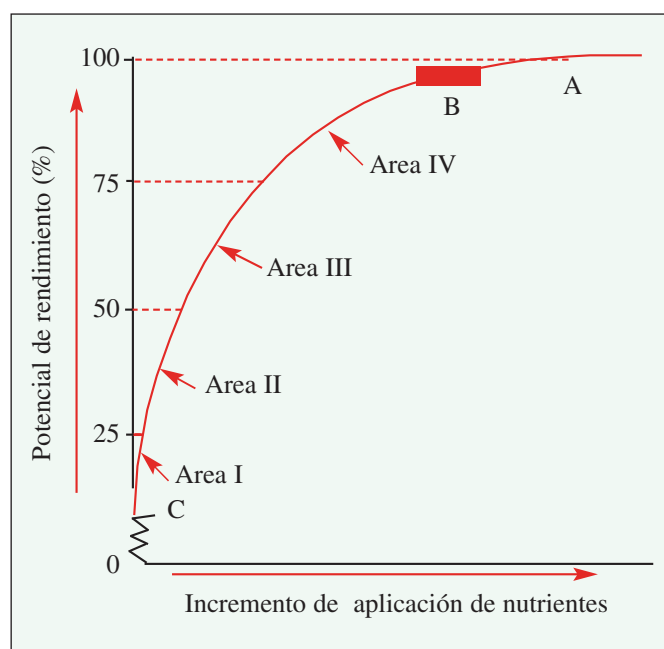


Figura 2. Compatibilidad entre Uso Eficiente de Nutrientes (UEN) y Uso Eficiente de la Tierra (UET).

Sahara en Africa. El Dr. Norman Borlaug ha descrito esta situación indicando que un modesto incremento de 20 a 30 kg/ha de nutrientes, junto con semillas mejoradas, puede incrementar el rendimiento dos, tres o cuatro veces. A pesar de esto, los rendimientos continúan siendo relativamente bajos y se encuentran todavía en la parte de mayor pendiente de la curva.

Area II, rendimientos un poco mejores

En esta parte de la curva los rendimientos son un poco mejores como resultado de la utilización de variedades de rendimiento más alto que responden eficientemente a la aplicación de nutrientes. En esta condición frecuentemente se presenta un desbalance porque se usa solamente nitrógeno (N) con la exclusión o déficit de otros nutrientes como fósforo (P) y potasio (K) que pueden promover una respuesta adicional. Aun cuando la magnitud de la pendiente de la curva es menor, la **Eficiencia de Uso de N** es todavía bastante alta, mientras que otros nutrientes como P, K y azufre (S) son extraídos del suelo. Sin embargo, la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** puede ser más baja que en el área I. Desde el punto de vista ambiental, el crecimiento del cultivo no es lo vigoroso que podría ser y la erosión hídrica y eólica continúan sido un problema. Además, debido a que el N es usado sin un balance adecuado con P y K el potencial de pérdida de N del sistema es también alto. La **Eficiencia de Uso de la Tierra** no es muy buena porque los rendimientos están muy por abajo del potencial existente. La India, que produce rendimientos promedios relativamente bajos en relación al potencial, puede estar localizada en el área II. Los niveles de nutrientes son solamente medios y existe un considerable desbalance de nutrientes debido a políticas gubernamentales y a problemas de disponibilidad de recursos para la compra de fertilizantes. Varios estados de la antigua Unión Soviética está cayendo para ubicarse en esta área de la curva, a medida que se extraen los nutrientes del suelo sin que éstos sean repuestos. Los niveles de nutrientes han bajado a cerca del 30% de lo que fueron anteriormente. Si en esta área de la curva se determina la **Eficiencia de Uso de Nutrientes**, solamente como la respuesta a los nutrientes aplicados, esta eficiencia puede ser bastante alta, sin embargo, los rendimientos declinan y la productividad futura se ve comprometida a medida que la **Eficiencia de Uso de la Tierra** se reduce.

Area III, parte de la curva donde todavía hay buena respuesta a la aplicación de nutrientes

En esta parte de la curva los rendimientos se incrementan, pero la magnitud de la pendiente es menor. Para lograr estos rendimientos es necesario

mantener un mejor balance de nutrientes, incluyendo la aplicación de nutrientes secundarios [calcio (Ca), magnesio (Mg) y S] y micronutrientes, en el caso de que éstos sean deficientes. Las interacciones positivas entre nutrientes empiezan a hacerse evidentes y la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** mejora. El crecimiento de la planta es más vigoroso, reduciéndose el potencial de pérdidas por erosión. Se producen más residuos que incrementan el contenido de materia orgánica. Debido a que todavía existe un desbalance a favor del N, existe una eficiencia del N menor de lo deseado. China es un ejemplo de un país que ha pasado, en los últimos 10 a 15 años, del área II al área III de la curva. En este caso se ha trabajado bastante para balancear apropiadamente las relaciones N-P-K incluyendo la atención necesaria a los nutrientes secundarios y los rendimientos se han incrementado concordantemente. China puede todavía ver incrementos en los rendimientos para alcanzar el potencial existente y claramente se encuentra moviéndose hacia arriba en la curva a medida que se mejora el balance de nutrientes. La **Eficiencia de Uso de Nutrientes** puede todavía mejorar, pero China ha mejorado dramáticamente su **Eficiencia de Uso de la Tierra** y el retorno económico que obtiene el sistema como respuesta a la aplicación de los insumos.

Es interesante el anotar que algunas áreas de producción en el mundo han sido bendecidas con suelos altamente fértiles y que se han iniciado en el área III de la curva al comienzo de su desarrollo agrícola. Ejemplos de estas condiciones son Las Pampas Argentinas y los suelos del Medio Oeste de los Estados Unidos. En ambos lugares, los cultivos crecieron por muchos años sin que se reemplacen los nutrientes extraídos en las cosechas. Al no prestar atención al efecto de extracción de nutrientes, los rendimientos se reducen y pasan del área III al área II de la curva. En los Estados Unidos se empezó a prestar atención a este déficit a principios de la década de 1950 a medida que las deficiencias nutricionales empezaron a ser observadas y corregidas en el campo. Argentina está al momento pasando por la misma transición y la aplicación de nutrientes se ha incrementado en este país.

Area IV, cima de la curva de respuesta

Al prestarse adecuada atención al balance de nutrientes la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** puede ser muy alta, aun cuando se encuentre en la misma cima de la curva de respuesta. La **Eficiencia de Uso de la Tierra** alcanza su más alto nivel. Los cultivos crecen vigorosamente y ayudan a proteger el suelo de la erosión hídrica

Continúa... Pág 7

(150-90-100), se observa que produce un ingreso adicional de \$115.250/ha, con una inversión adicional de \$37.300, lo que se traduce en una tasa de retorno marginal del 308%, considerado altamente rentable. Al compararse el mejor tratamiento con el tratamiento testigo, se observa un ingreso adicional de \$694.800/ha con una inversión marginal de solo \$115.200, lo que es altamente rentable.

Conclusiones

El experimento documentó claramente la necesidad de fertilizar plantaciones de cacao a plena exposición solar, debido a su intensa actividad fotosintética que se refleja en altos rendimientos. Se obtuvo una alta respuesta a la fertilización con N y K y en el tratamiento que produjo el mejor tratamiento se aplicó al suelo 150-90-200 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Los datos demuestran que la fertilización adecuada del cacao a plena exposición puede ser rentable y que los rendimientos se sostienen a través del tiempo.

Referencias bibliográficas

- Cabala, R. P. 1975. Exigencias nutricionales e fertilizacáo do cacauero. Centro de pesquisas Docacau. Itabuna, Brasil P:1-10.
- Llano, A. O. y Castaño M. C. 1977. Segunda etapa del ensayo sobre fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la hacienda Calamar. Tesis U. Caldas. Manizales (Colombia).
- Murray, D. B. 1982. Sombra y Nutrición. Cacao. 3ª edic. México. Edit. Continental. Pág. 13-159.
- Pinto, C. M. D. 1963. Requerimiento nutricional del Cacaotero durante un ciclo anual. Rev. Instituto Internacional de Ciencia Agrícolas.
- Quiroz, P. G. et al. 1981. Abonamiento del Cacao (*Theobroma cacao* L.) en fertilizantes compuestas en el corregimiento de Río Frío, zona bananera. I. A, Tesis (Resumen) 8ª conferencia Internacional de Cacao. Cartagena Oct. 18-24. 6 pág.

Eficiencia del uso de nutrientes.. cont.

y eólica. Se producen cantidades altas de residuos que enriquecen el suelo con materia orgánica. Si los rendimientos se localizan en el rango B, se logra el óptimo económico y esto ayuda a asegurar la sostenibilidad del sistema.

Se podría concluir que la agricultura en los países desarrollados, como Estados Unidos o Europa Occidental, caería en esta categoría y esto es probablemente cierto. Sin embargo, en estos países todavía se encuentran preocupaciones de tipo ambiental como las pérdidas de suelo por erosión y la acumulación de N y P en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así como con la viabilidad económica de la agricultura. A qué se debe esto? En parte se debe a que la mayoría de agricultores están en la parte superior del área III, o en la base del área IV de la curva, y todavía pueden mejorar. Los agricultores están tratando de introducir mejoras en el sistema, ya sea por medio de un mejor balance de nutrientes y adecuadas épocas y formas de aplicación de los fertilizantes, buscando elevar la **Eficiencia de Uso de Nutrientes**, por medio de un mejor manejo de los residuos del cultivo para reducir la erosión y mejorar la calidad del suelo, por medio de fajas de filtración que controlen la escorrentía superficial e intercepten los nutrientes que podrían perderse del campo hacia los

cuerpos de agua, y por medio de una gran cantidad de otras decisiones de manejo que buscan rendimientos más altos y mejor control ambiental.

Muy pocos agricultores logran rendimientos mayores al 75 u 80% del rendimiento potencial, aun en los países desarrollados. Por esta razón, se han empezado a utilizar nuevas herramientas en lo que hoy se conoce como Agricultura de Precisión o más objetivamente como agricultura de Manejo por Sitio Específico. Todo este nuevo manejo mejora la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** y lo lleva a niveles aceptables para una producción agrícola sustentable, que provea adecuada cantidad de alimentos, fibras y combustibles en todo el mundo. En este punto se logra una verdadera **Eficiencia en el Uso de Nutrientes**, un punto que reside en el área IV de la curva y no en las áreas I, II y III. La **Eficiencia de Uso de Nutrientes** se optimiza como parte del sistema total de producción y esto a su vez maximiza la **Eficiencia de Uso de la Tierra** y el retorno económico a los insumos utilizados, mientras que al mismo tiempo se protege el ambiente. Estos componentes definen y determinan la sostenibilidad de la agricultura al momento y en el futuro.