

Prácticas adecuadas de manejo de nutrientes: del enfoque global a las condiciones locales

José Espinosa¹



Resumen— Las prácticas adecuadas de manejo (PAM) de nutrientes son aquellas que se han desarrollado a través de investigación y que han sido probadas por los productores para lograr el óptimo potencial de rendimiento, eficiencia del uso de los insumos y protección ambiental. Para que las PAM sean útiles para tomar decisiones sobre el uso de nutrientes deben encontrarse en apropiado contexto con otras PAM agronómicas y de conservación. Las PAM son dinámicas y evolucionan a medida que la ciencia y la tecnología amplían la comprensión de cierto principio y sus oportunidades de uso. La experiencia práctica enseña al observador perspicaz lo que funciona bajo las condiciones específicas del sitio. El uso de estas PAM asegura la indispensable reposición de los nutrientes al suelo para mantener una producción rentable, agronómicamente posible, ambientalmente amigable y socialmente aceptable.

¹ José Espinoza, Docente de Posgrados, Universidad Tecnológica Equinoccial

Abstract— Good practice management (PAM) of nutrients are those that have been developed through research and have been tested by producers to achieve optimal yield potential, efficiency of input use and environmental protection. For the PAM is useful for making decisions about the use of nutrients must be in proper context with other PAM agronomic and conservation. The PAM are dynamic and evolve as science and technology expand the understanding of certain principles and opportunities of use. Practical experience teaches what works astute observer operates under the specific conditions of the site. The use of these PAM ensures replenishment of essential nutrients to the soil to maintain profitable production, agronomical possible, environmentally friendly and socially acceptable.

Palabras clave— ambiente, investigación, manejo, nutrientes, rendimiento

Introducción

Para desarrollar una discusión acerca de las Prácticas Adecuadas de Manejo (PAM) de nutrientes es necesario primero definir las en el enfoque global. El primer reto es definir que son las PAM. Se han ofrecido muchas definiciones en las últimas dos décadas sobre las PAM, con variaciones que dependen del interés del encargado en definir las. Varios ejemplos se presentan a continuación.

Las PAM incluyen prácticas de conservación de suelo y agua, otras técnicas de manejo y acciones sociales que se implementan en una región en particular como herramientas acciones diseñadas para ahorrar dinero usando el historial del lote y el análisis de suelo para reducir el gasto en fertilizantes y mantener el rendimiento (Retos de las PAM; Anónimo, 2006).

Métodos de producción agrícola que aseguran el óptimo crecimiento de las plantas y minimizan los efectos ambientales negativos (Universidad de Carolina del Norte; Lilly, 1991).

Prácticas desarrolladas a través de investigación que han sido probadas a través de implementación por los productores para lograr el óptimo potencial de rendimiento de sitio, eficiencia del uso de los insumos y protección ambiental (Instituto de la Potasa y el Fósforo; Griffith y Murphy, 1991).

La primera definición claramente enfatiza la protección ambiental, sin mencionar producción o rentabilidad. La segunda es más explícita refiriéndose a la mejor forma posible de usar los insumos, pero el significado específico de la definición no es claro. La tercera definición es parte de un programa diseñado a reducir el uso de fertilizantes, pero admite también que lo mejor que puede esperar al seguir estas prácticas es mantener el y no mejorar el rendimiento, objetivo que no llena las expectativas de las futuras demandas de la agricultura. La cuarta definición explícitamente menciona la necesidad de prácticas que promuevan la nutrición óptima del cultivo conjuntamente con la protección ambiental. La última definición hace un fuerte énfasis en la productividad obtenida PAM e incluye además la eficiencia del uso de los insumos y la protección ambiental. Las últimas dos definiciones incorporan un objetivo primario en el uso de fertilizantes: la producción económica óptima basada en buena investigación.

Límites en la amplitud técnica del marco global que no limiten la utilidad de las PAM

Otro reto en delimitar el carácter global del las PAM de nutrientes es definir la amplitud técnica del marco global. Mucha investigación en el mundo han demostrado los méritos de una adecuada fertilización y los méritos de otras tecnologías de producción y conservación. El reto es de llegar a PAM de

nutrientes específicas que al mismo tiempo se conjuguen con la variedad de PAM de agronómicas y de conservación apropiadas para el cultivo.

La ciencia y la experiencia claramente muestran que el impacto de las PAM en el rendimiento, calidad y rentabilidad del cultivo y en el control de la pérdida de nutrientes al agua o al aire está fuertemente influenciado por prácticas agronómicas (población, cultivar, labranza, manejo de plagas, etc.) y prácticas de conservación (terrazas, cultivo en fajas, manejo de residuos, cobertura, etc.). Las prácticas definidas con suficiente especificidad, para que sean útiles para tomar decisiones sobre el uso de nutrientes en el campo, son a menudo prácticas adecuadas solamente cuando se encuentran en el apropiado contexto de otras las PAM agronómicas y de conservación. La mejor práctica de manejo de nutrientes puede ser totalmente ineficiente si el sistema de cultivo en el cual se está empleado tiene otras deficiencias relacionadas con el manejo del cultivo.

Límites en la profundidad técnica del marco global que no limiten la utilidad de las PAM

Un aspecto importante en la creación de un marco global de trabajo es conocer que tan profunda o detallada debe ser la versión global. Por un lado, mucho detalle puede restringir apreciablemente la especificidad las PAM de nutrientes y generar implicaciones tecnológicas que no pueden ser generalizadas a escala global. Por otro lado, un cuadro de trabajo muy general no provee suficiente uniformidad a los resultados de la utilización de las PAM para poder demostrar los beneficios de estas prácticas.

Determinación de la audiencia

La descripción de las PAM de nutrientes ocurre a todo nivel y escala de especificidad. Por un lado, existen publicaciones que describen en forma general las PAM (se deben aplicar fertilizantes de acuerdo a las recomendaciones basadas en los análisis de suelo, no aplicar más fertilizantes de lo recomendado, aplicar fertilizantes solo a cultivos en crecimiento, etc.), mientras que otras publicaciones describen detalladamente la forma, tipo y época de utilización específicos de las PAM (Lilly, 1991). Claramente, la audiencia para la primera publicación es la misma que para la segunda. Las dos tienen utilidad, pero la primera sirve para comunicar los aspectos generales de las PAM a una audiencia no técnica, sin práctica diaria en el quehacer agronómico, mientras que la segunda es específica para agricultores, técnicos de campo y consultores.

Para ser más efectivo, el marco global de las PAM de nutrientes debe dirigirse a una audiencia específica. Un marco global completo puede desarrollarse con suficientes detalles para servir de estructura para prácticas locales detalladas, de sitio específico, donde la audiencia son los agricultores, técnicos

de campo y consultores. Sin embargo, una presentación mucho más simple y visual del mismo marco global puede ser útil para presentar el proceso al público con poco conocimiento tecnológico y a las autoridades que toman decisiones.

Fundamento del marco global de las PAM

Los principios deben basarse en ciencia.

El marco global de las PAM debe basarse en principios científicos que permitan desarrollar las mejores prácticas de manejo. Los principios servirán como guía para escoger las prácticas con mayores probabilidades de alcanzar los objetivos del manejo de nutrientes. La aplicación del insumo apropiado, en la dosis apropiada, en el momento adecuado y en el lugar correcto. Estas prácticas deben ofrecer la mayor probabilidad de alcanzar los objetivos,

Manejo de nutrientes...

Sistema complejo que implica incertidumbre

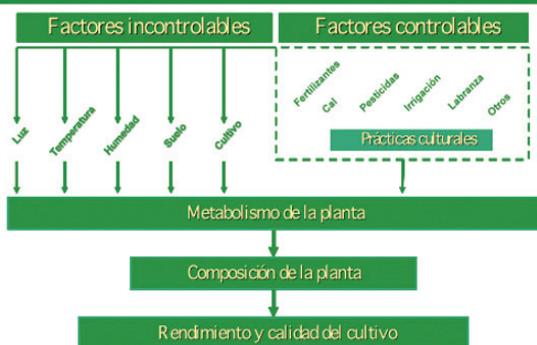


Figura 1. Complejidad del manejo de nutrientes en sistemas agrícolas (Fixen, 2005).

antes que garantizar que los objetivos van a ser alcanzados. La Figura 1 ilustra la complejidad del manejo de nutrientes en los sistemas agrícolas. Muchos factores influyen marcadamente el crecimiento y metabolismo de la planta y por esta razón, las necesidades de nutrientes no son totalmente controlables resultando en considerable incertidumbre de cuales serán las dosis, sitio y época de aplicación en un sitio específico y en una determinada época del año. Lo mejor que puede hacer el encargado de manejo de nutrientes es emplear aquellas prácticas disponibles que tienen la mayor probabilidad de llevarle hacia la correcta decisión de manejo de nutrientes. La ciencia permite definir estas prácticas.

Las prácticas deben probarse a través de implementación por los agricultores

Los conocimientos basados en ciencia ofrecen solamente parte del fundamento del marco global de trabajo de las PAM de nutrientes. La parte complementaria se encuentra en la definición 5 de las PAM mencionadas arriba en este artículo, es decir: las PAM deben ser probadas a través de implementación

por los agricultores. En ocasiones, la ciencia puede llegar a desarrollar prácticas que simplemente no pueden ejecutarse en el campo. Puede ser, por ejemplo, que el requerimiento de tiempo o trabajo sea muy alto, o que una aparente PAM entre en conflicto con otra PAM. Por lo tanto, la facilidad de ejecutar la práctica en forma simple debe ser parte del fundamento y la evaluación más segura de esta facilidad se logra probando la PAM en lotes de agricultores.

Flexibilidad del marco de trabajo

El conocimiento científico no es estático y cambia a medida que se expande. De igual manera, las PAM son dinámicas y evolucionan a medida que la ciencia y la tecnología amplían la comprensión de cierto principio y las oportunidades de uso. La experiencia práctica enseña al observador perspicaz que funciona y que no funciona bajo las condiciones específicas del sitio.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente como las herramientas de decisión, basadas en principios científicos, pueden facilitar la integración de múltiples factores,



Figura 2. Proceso de toma de decisiones en manejo de nutrientes (Fixen, 2005).

específicos del sitio, en una predicción del tipo de insumo, dosis, época y sitio correcto de aplicación. Esa predicción lleva a una decisión de manejo y una acción asociada. Con el tiempo se conoce el impacto económico, agronómico y ambiental de la acción y esa experiencia sirve para retroalimentar el proceso y afinar las decisiones de manejo, permitiendo así mejores predicciones en el futuro.

Al considerar los varios posibles factores que pueden influenciar la naturaleza de las PAM de nutrientes es evidente la necesidad de la flexibilidad. Algunos de estos factores y sus repercusiones en manejo local de nutrientes se describen a continuación:

Cultivo: Generalmente se considera el potencial del rendimiento y el valor del cultivo. En algunos casos el contenido de nutrientes en los tejidos o el color de las hojas. También se incluyen varias prácticas culturales que pueden influenciar el

manejo de nutrientes.

Suelo: A menudo se relacionan con los índices de suplemento de nutrientes del suelo u otras propiedades físicas, químicas o biológicas que influyen en el ciclo de nutrientes y el crecimiento del cultivo.

Agricultor: Pueden incluir el tipo de tenencia de la tierra, disponibilidad del capital, oportunidad de costos, experiencia/educación del agricultor y de los técnicos y consultores locales y los objetivos filosóficos del manejo de nutrientes.

Insumos: Incorporan información sobre fuentes de nutrientes disponibles como fertilizantes comerciales o residuos de corral, compost y otros materiales que aportan nutrientes, costo de estos materiales y costo de aplicación.

Calidad del agua: Pueden incluir restricciones en la aplicación de nutrientes en zonas cercanas a cuerpos de agua o consideraciones debidas a la calidad de la tabla de aguas.

Clima: Se pueden usar modelos de simulación para definir las prácticas de manejo de acuerdo a las condiciones climáticas, pero también se puede usar información en casi tiempo real para un ciclo de crecimiento específico y pronósticos de clima de corto plazo.

Tecnologías relevantes: Disponibles en el sitio y que puedan acertadamente tener influencia en la definición de las mejores prácticas de manejo. Por ejemplo, el afinamiento de las dosis y épocas de aplicación de N durante el ciclo de crecimiento puede lograrse con tecnologías de sensores electrónicos en unos sitios y en otros con tablas de comparación de colores.

La naturaleza dinámica, de sitio específico, de las PAM de nutrientes y la importancia de la flexibilidad local condicionan la adopción de estas prácticas.

Ejemplo de un marco global de trabajo para implementar PAM de nutrientes en dos situaciones diferentes.

En el marco global de trabajo, considerando los retos y características discutidas anteriormente, se pueden diseñar diversas posibilidades y una de ellas se presenta en la Figura 3. Este marco de trabajo tiene 5 partes: metas, objetivos, principios, prácticas y evaluación. Las primeras tres partes son consideradas globales mientras que la cuarta y la quinta son consideradas locales. A continuación se describen cada una de las partes de este marco propuesto.

Metas del marco global de las PAM de nutrientes: Es importante indicar adecuadamente estas metas en el marco global. A menudo solo se consideran tres categorías, pero en este caso se incluyen las metas agronómicas teniendo en

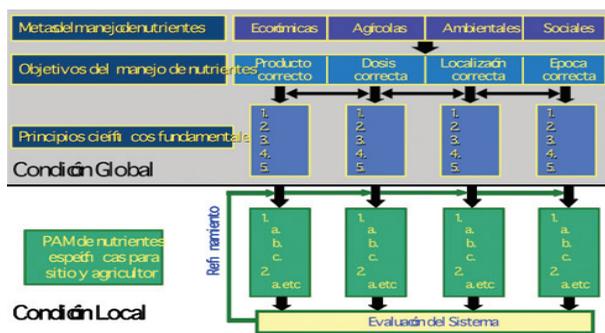


Figura 3. Marco de trabajo del cual se pueden adoptar PAM de nutrientes (Fixen, 2007).

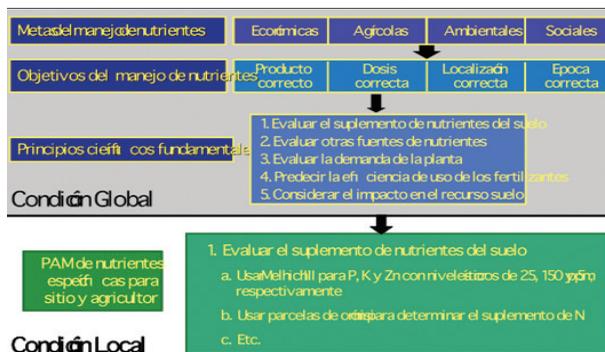


Figura 4. Ejemplo de un marco global de trabajo con PAM de nutrientes (Fixen, 2007).

cuenta las interacciones de manejo de nutrientes con otros factores de la producción.

Objetivos del manejo de nutrientes: El objetivo fundamental es aplicar el producto adecuado a la dosis, localización y época adecuados. Las flechas horizontales conectando los objetivos del manejo de nutrientes ilustran que existen considerables interacciones entre los cuatro objetivos. Por ejemplo, la época y sitio de localización de nutrientes a menudo están influenciados por el material a utilizarse. La dosis será correcta solo si el material, sitio, localización y época de aplicación son los apropiados. Los cuatro objetivos se logran (o no) como un grupo, debido a que en el campo existe un sistema de producción.

Principios científicos fundamentales: Estos principios se discutieron anteriormente en este artículo y en este marco global sirven de enlace entre el segmento global del marco y las PAM específicas para el sitio donde está localizado el productor. La literatura actual que discute las PAM, en su mayoría, no relaciona las PAM con principios científicos. Este es un vacío crítico en el concepto, ya que estos principios básicos son el fundamento que los técnicos y consultores locales usan para ajustar las PAM a las condiciones locales. Esencialmente mantienen la flexibilidad para crear unas verdaderas PAM específicas para el sitio y el agricultor. La intención del marco global es presentar los principios de modo que su aplicación sea esencialmente universal para definir las PAM cualquiera sean las condiciones locales.

PAM de nutrientes para sitio y agricultor específicos: Estas son acciones que pueden ser practicadas por los agricultores, técnicos locales, consultores y proveedores de servicios. Por esta razón, son muy específicas y van más allá del segmento global del marco de trabajo. En la Figura 4 se muestran un par de ejemplos de PAM relacionadas con el objetivo dosis correcta. Se enlistan cinco principios bajo el casillero de dosis correcta, siendo el primero el evaluar el suplemento de nutrientes nativos del suelo. Un criterio universal para determinar la dosis correcta es algún procedimiento para determinar la habilidad del suelo de suplir nutrientes. Si existe suficiente investigación de soporte para los análisis de laboratorio (suelos y tejidos) y existe fácil acceso al servicio, buenos análisis de laboratorio son una PAM que se basan en ese principio. En otros casos, se pueden usar parcelas de omisión para determinar el suplemento de nutrientes del suelo y éstas pueden ser más apropiadas como PAM. El apropiado nivel tecnológico de las PAM está influenciado por varios factores específicos del suelo y del agricultor.

Evaluación: Como lo indica el proceso delineado en la Figura 2, la retroalimentación local es importante para el refinamiento de las PAM específicas para sitio y agricultor. Debido a que los objetivos de manejo de nutrientes se alcanzan (o no) en conjunto, lo que se evalúa es el sistema antes que las prácticas asociadas con objetivos individuales de manejo. En muchas regiones existe la necesidad de una guía clara sobre la apropiada evaluación para determinar el progreso alcanzado en la búsqueda de manejo global de nutrientes.

Ejemplo de PAM en la producción de palma aceitera en plantaciones con buen soporte técnico.

En los últimos años, se han logrado sustanciales progresos en el desarrollo de PAM de manejo del cultivo y de nutrientes en palma aceitera. Esto permite alta productividad y rentabilidad con el uso eficiente y efectivo de los insumos y recursos disponibles (Witt et al., 2005). Para mantener la ventaja en la producción de aceite de palma, en comparación con la producción global de otros aceites vegetales, la fuerza gerencial y laboral deberá emplear tecnología avanzada para cumplir con su responsabilidad.

Actualmente, uno de los factores importantes en la producción de palma aceitera es el mayor escrutinio público demandando una producción respetuosa del ambiente. En el futuro, los incrementos en la producción deben lograrse mediante la intensificación del manejo del cultivo en áreas ya establecidas y con la cuidadosa expansión a áreas con condiciones ambientales favorables en términos de calidad de los recursos e infraestructura.

Se sugiere, como en el ejemplo de la Figura 3, que el marco global de trabajo para la implementación de las PAM de manejo de nutrientes en la producción de palma aceitera debe

tener cuatro componentes: económico, agronómico, ambiental y social. Las PAM de nutrientes en la producción de palma son conocidas y se han publicado en diferentes sitios. Estas prácticas, que consideran los cuatro factores descritos arriba, se enumeran a continuación:

- Evaluación del nivel de nutrientes en las hojas.
- Determinación de las relaciones entre cationes (K:Mg:Ca; N:P; N:K:B.)
- Determinación de la presencia de síntomas de deficiencia en le campo.
- Rendimiento por hectárea o por palma.
- Crecimiento vegetativo (grosor de peciolo, incrementos en el tamaño de la planta, tasa de producción de hojas).
- Vegetación de cobertura (plantas indicadoras, síntomas de deficiencia en la leguminosa de cobertura).

Todo esto determinará la dosis de nutrientes a aplicarse. La época (fraccionamiento de la dosis utilizada) estará determinada por la dinámica de las lluvias en el sitio donde se encuentre la plantación y el sitio de aplicación deberá definirse entre aplicación al plato o aplicación al voleo entre hileras. Esto también dependerá de las condiciones de la plantación. Existe la suficiente flexibilidad para diseñar las PAM de manejo de nutrientes para la plantación, tomado en cuenta aun variaciones entre lotes de producción. Sin embargo, es interesante el enlace de estas PAM de nutrientes con otras PAM del cultivo para lograr observar el efecto total del manejo integrado en el rendimiento y en los factores incluidos en el marco global.

Cuando se utilizan efectivamente las PAM de nutrientes y las PAM del cultivo, el rendimiento debería estar limitado solamente por el clima, el material sembrado y la condición específica del suelo como textura, profundidad de enraizamiento o agua. A continuación se enumeran las PAM del cultivo en palma que se complementan con las PAM de nutrientes para optimizar el rendimiento a volúmenes cercanos al potencial de producción del sitio (Witt et al., 2005).

Recolección completa de la fruta suelta y tiempo más corto entre rondas de cosecha.

Mantenimiento óptimo del crecimiento de las palmas y de la producción de racimos a través de un manejo cuidadoso del material vegetativo de las palmas (deshoje, remoción de palmas improductivas).

Mantenimiento de un óptimo sistema radicular para absorción de nutrientes por medio de adecuada disponibilidad de agua (drenaje, conservación de agua).

Mejoramiento de contenido de materia orgánica y del suplemento de nutrientes nativos del suelo a través de la cobertura con leguminosas, utilización de residuos del

cultivo (racimos vacíos, residuos de la procesadora), control de erosión, óptima eficiencia de uso de los fertilizantes a través de plataformas libres de malezas y correcta colocación de los fertilizantes.

El efecto de el marco global de trabajo en las PAM de nutrientes, enlazadas con las otras PAM del cultivo se demostró con trabajo de campo en Indonesia, donde se compararon los efectos de las PAM (nutrientes y cultivo) en lotes selectos, frente a lotes con manejo tradicional. Estos efectos se presentan en la Figura 5.

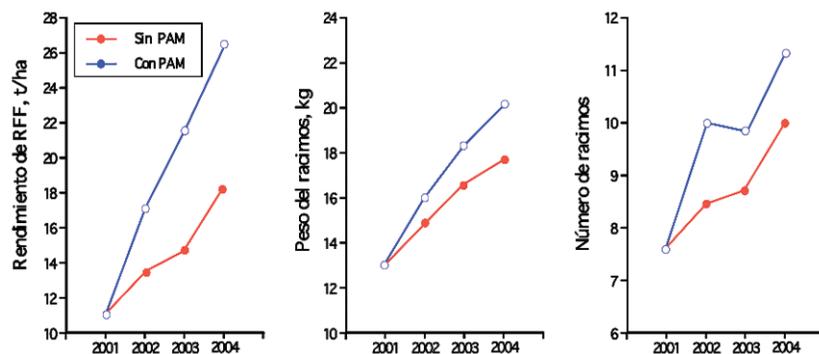


Figura 5. Efecto de las PAM (nutrientes y cultivo) en el rendimiento y componentes del rendimiento de lotes de palma aceitera (Witt, et al., 2005).

Ejemplo de PAM en la producción de café con pequeños productores.

Gran parte de la producción de café de Perú se localiza en el Nororiente de país, en fincas pequeñas localizadas en suelos moderadamente fértiles, ubicados en pendientes pronunciadas. Los bajos rendimientos son denominador común en la producción de café en esta zona debido al agotamiento de los nutrientes del suelo en los campos de producción que, en su mayoría, son fertilizados solamente con residuos de plantas y residuos de corral. Casi no se usan fertilizantes minerales en la producción de café en la zona. En estas condiciones, los rendimientos bajan a menos de 10 quintales de café pergamino seco por hectárea. El agotamiento de los suelos produjo, además de los bajos rendimientos y baja rentabilidad, efectos secundarios que eran visibles. Desde el punto de vista económico, la baja rentabilidad no permitía ahorro y en consecuencia los productores no podían pensar en ninguna inversión para mejorar las parcelas. Esta condición incrementaba el malestar familiar y los problemas sociales asociados con la pobreza. Desde el punto de vista ambiental, es claro el deterioro de los suelos debido al balance negativo de nutrientes. La producción de biomasa era baja y la cobertura pobre, lo que expone al suelo a problemas graves de erosión.

La necesidad de un marco global de trabajo para el diseño de PAM de nutrientes para mejorar rendimientos era evidente debido a que el principal factor limitante de la producción era el desgaste progresivo del suelo por la continua producción de café sin reponer los nutrientes exportados en la cosecha. Los insumos producidos en las fincas (material vegetal de las podas, residuos del beneficio del café y residuos de corral) no eran suficientes para mantener rendimientos altos y rentables (Zapata y Espinosa, 2006). Las metas del marco global de trabajo siguen siendo económicas, agronómicas, ambientales y sociales.

La necesidad de determinar la dosis correcta de nutrientes en los objetivos del marco de trabajo debía cambiar radicalmente si se compara con la condición explicada anteriormente para palma aceitera, debido a que los productores de café no tienen acceso a análisis de suelos o análisis foliar. Las dosis de nutrientes a aplicarse provienen de la combinación de datos de extracción de nutrientes publicados en la literatura y de estudios de absorción de nutrientes conducidos en la zona. Basándose en esta información, y conociendo las condiciones de los productores, se fijó una

meta de rendimiento de 40 – 60 quintales de café pergamino seco por hectárea. Esta es una meta de rendimiento realista para café creciendo con 30 - 50% de sombra, condiciones dominantes en el área. El estudio presentado en la Figura 6 se diseñó para probar el efecto de la aplicación de una dosis definida de nutrientes en un periodo de tres años. Conociendo que los suelos estaban desgastados se esperaba respuesta efectiva en rendimiento en el segundo y tercer ciclo de producción. Era importante demostrar la respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes, sin embargo, era más importante aun demostrar que, debido al deterioro de las plantas, se observan respuestas en rendimiento luego que las plantas han logrado reponer la biomasa perdida por el agotamiento constante de los nutrientes del suelo. Esta biomasa es la que soporta el rendimiento posterior de la planta. Se determinó entonces que la PAM para la dosis de nutrientes era la aplicación de 100 g por planta de la fórmula 20-7-20-3Mg-4S + micros dos veces al año. Se determinó también que la PAM para lograr el objetivo de la época correcta aplicación de fertilizante sugería la aplicación de la dosis una vez al inicio de las lluvias y otra a mediados de la época lluviosa. Se definió que la PAM para sitio de aplicación de fertilizante era la aplicación del material en la parte superior de la corona del árbol para evitar el arrastre por erosión. Estas PAM de nutrientes están diseñadas para cumplir con las metas del marco global de trabajo.

Con estas PAM se asegura la indispensable reposición de los nutrientes al suelo para mantener una producción

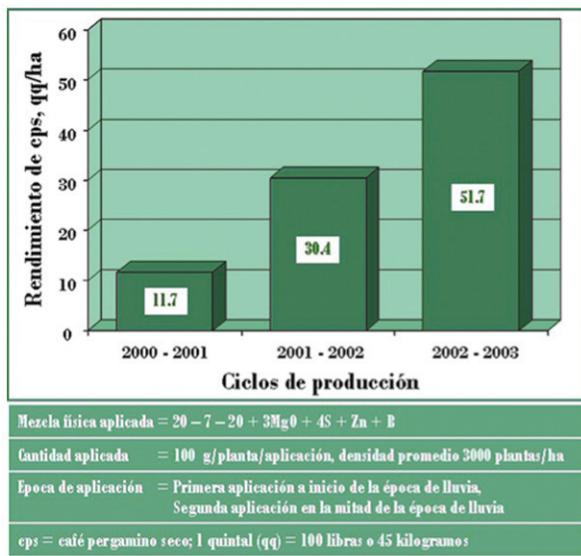


Figura 6. Efecto de las PAM (nutrientes y cultivo) en el rendimiento de de café en lotes de pequeños productores en el Nororiente de Perú (Zapata y Espinosa, 2006).

rentable, agrónomicamente posible para el sitio, ambientalmente amigable y socialmente aceptable. Sin embargo, estas metas deben cumplirse con el complemento de las PAM del cultivo como el manejo de la poda de la planta de café y manejo eficiente de la sombra.

Bibliografía

Anónimo. (2006). Take the BMP Challenge. En línea en http://mbpchallenge.org/Nutrient_BMP_CHALLENGE.htm.

Darst, B.C. and L.S. Murphy. (1994). Keeping agriculture viable: Industry viewpoint. *J. Soil and Water Conservation* 46(2):8-14.

Fixen, P.E. (2005). Decision support systems in integrated crop nutrient management. *Proceedings* N° 569. International Fertilizer Society, Cork, UK. 1-32.

Fixen, P.E. (2007). Can we define a global framework within which fertilizers BMPs can be adapted to local conditions. *Proceedings of the IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices*, Brussels, Belgium, March 7-9, 2007.

Griffith, W.K. and L.S. Murphy. (1991). The development of crop production systems using best management practices. Potash and Phosphate Institute.

Lilly, J.P. (1991). Soil facts: Best management practices for agricultural nutrients. North Carolina Cooperative Extension Service. AG-439-20.

North Carolina State University (NCSU). (2007). Best

management practices. On line at [http://www.Ces.ncsu.edu/gaston/environment\(bmps.htm#farm](http://www.Ces.ncsu.edu/gaston/environment(bmps.htm#farm)

Sharpley, A.N., T. Daniel, G. Gibson, L. Bundy, M. Cabrera, T. Sims, R. Stevens, J. Lemunyon, P. Kleiman, and R. Parry. (2006). Best management practices to minimize agricultural phosphorus impacts and water quality. USDA-ARS 163, Washington, D.C.

Tandon, H.L.S. and R.N. Roy. (2004). Integrated nutrient management – A glossary of terms. FAO-UN and Fertilizer Development Consultation Organization, Rome, Italy.

Witt, C., T. Fairhurst, and W. Griffiths. (2005). The need to increase profitability in oil palm plantations: Matching crop and nutrient management principles with evolving strategies. *Proceedings of the 5th National Seminar, Johor Bahru, Malaysia, June 2005*.

Zapata, R., y J. Espinosa. (2007). Entrenamiento agronómico y crédito para fertilizantes como generadores de cambios sociales y ambientales en el cultivo de café en el Nororiente de Perú. *Informaciones Agronómicas* 64:1-7.



José Espinosa nació en Quito el 2 de diciembre de 1948. Se graduó de Ing. Agrónomo en la Universidad Central del Ecuador, obtuvo su Maestría en Fertilidad de Suelos en la Universidad Estatal de Michigan y su Doctorado en Fertilidad y Manejo de Suelos en la Universidad de Kentucky.

Trabajó por 14 años como investigador en suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y en 1989 fue nombrado Director de la oficina para el Norte de América Latina del Instituto Internacional de Nutrición de Plantas con sede en Quito.

El Dr. Espinosa ha publicado una abundante cantidad de artículos y ha sido autor y editor de varios libros en nutrición y manejo de cultivos. Su trabajo ha sido reconocido por diferentes Universidades, Institutos de Investigación y Asociaciones de Productores en toda América Latina.