

TENDENCIAS EN EL MANEJO SOSTENIBLE DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

José Espinosa¹

INTRODUCCION

La complejidad e incertidumbre del manejo de los sistemas suelo-planta-nutrientes ha sido reconocida a través del tiempo. La **Figura 1** desarrollada por Beaufils (1973) y modificada por Fixen (2006) muestra los factores controlables e incontrolables que influyen el metabolismo de las plantas. El metabolismo de las plantas determina su composición y define eventualmente el rendimiento total y la calidad del cultivo. Las prácticas culturales pueden influenciar los factores incontrolables, pero en forma muy limitada. Nuestra destreza para predecir el clima es la que finalmente limita nuestra habilidad de predecir las necesidades de manejo de nutrientes. Esta limitación es la que produce la inherente incertidumbre de la efectividad de las prácticas de manejo de nutrientes. Si bien se reconoce esta incertidumbre, también se reconoce la necesidad imperiosa de mejorar la predicción de las necesidades de nutrientes. A medida que aparece nueva tecnología y se van logrando rendimientos más altos es también aparente la estrecha relación entre balance de nutrientes y la necesidad de manejar bien los nutrientes. Las preocupaciones sobre el impacto ambiental en el sitio y fuera del sitio, que van desde la calidad del suelo y del agua hasta el secuestro de C y su relación con los cambios climáticos, obligan a encontrar métodos confiables de manejo de nutrientes. Nunca antes ha estado en las manos de científicos, técnicos y agricultores tanta tecnología, sin embargo, nuestro mayor reto continua siendo el de integrar estas tecnologías en un eficiente paquete de manejo de nutrientes.

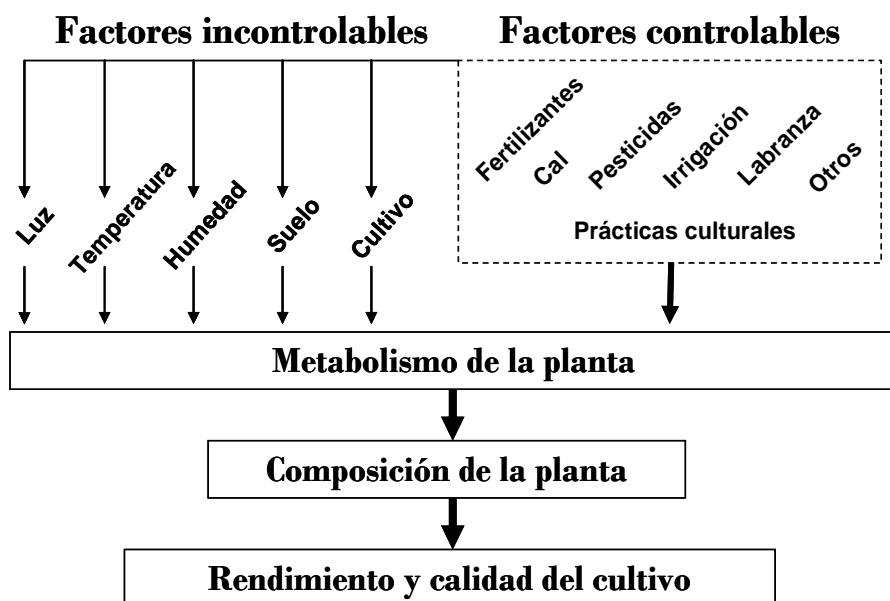


Figura 1. Factores controlables e incontrolables que influyen el comportamiento de la planta (Fixen, 2005).

¹ INPOFOS Oficina para el Norte de Latinoamérica. Quito, Ecuador. Correo Electrónico: jespinosa@ppi-ppic.org

Toma de decisiones para manejo de nutrientes

La toma de decisiones de manejo de nutrientes puede esquematizarse en la forma que se observa en la **Figura 2** (Fixen, 2005). En este esquema los factores que potencialmente influyen las decisiones de manejo de nutrientes sirven de plataforma para diseñar un esquema en la toma de decisiones. Este esquema propone un tipo de manejo que es el que se considera en la toma de decisiones y finalmente se traduce en la metodología de manejo de campo a utilizarse. La experiencia del uso de la metodología propuesta sirve para retroalimentar el sistema e influencia las decisiones futuras. De esta forma se refina el manejo hasta llegar a manejo por sitio específico.

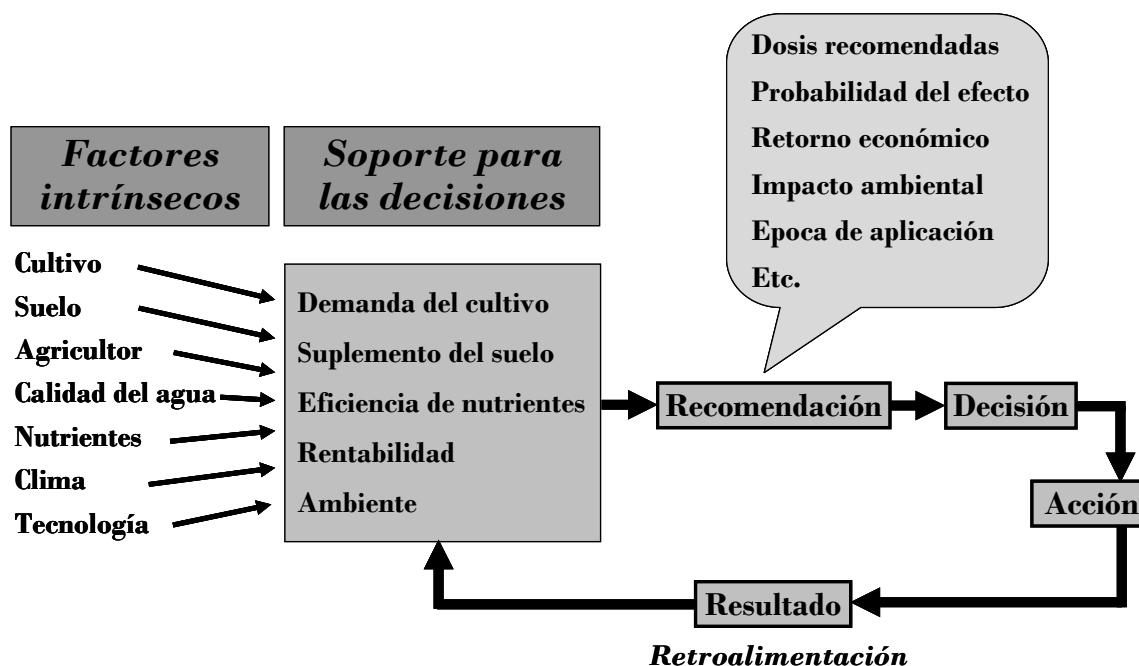


Figura 2. Proceso de toma de decisiones en el manejo de nutrientes (Fixen, 2006).

Factores intrínsecos

Cultivo: Dentro de los factores intrínsecos el factor cultivo es quizá uno de los más importantes para determinar el manejo de nutrientes. El rendimiento potencial del cultivo en un sitio y clima particular puede ser un indicador claro de la demanda total de nutrientes, sin embargo, este factor está estrechamente relacionado con el clima. Esta condición adquiere más importancia en los trópicos donde se pueden lograr dos o tres cosechas al año si existe provisión de agua. Se han desarrollado programas de simulación simples que permiten determinar el rendimiento potencial basándose en datos climáticos. Ejemplos son el desarrollado por el IRRI para arroz (Witt, et al., 2005) o el desarrollado por la Universidad de Nebraska para maíz (Dobermann, et al., 2005). Estos programas de simulación permiten conocer cual es la mejor fecha de siembra para obtener el mayor rendimiento potencial, pero además permite determinar cual es el rendimiento potencial a través del año (**Figura 3**). Como en los trópicos se pueden obtener dos o tres cultivos al años, esto permitiría saber el cambiante potencial de rendimiento e indirectamente el requerimiento de nutrientes para los diferentes ciclos del cultivo durante el año. Con esta información se pueden delinear

esquemas de manejo de nutrientes que cubran los reales requerimientos del cultivo a través de los diferentes ciclos en el año. En el caso del ejemplo de la **Figura 3** las siembras de diciembre y enero tienen el mayor potencial de rendimiento, mientras que las demás fechas de siembra el rendimiento potencial se reduce significativamente.

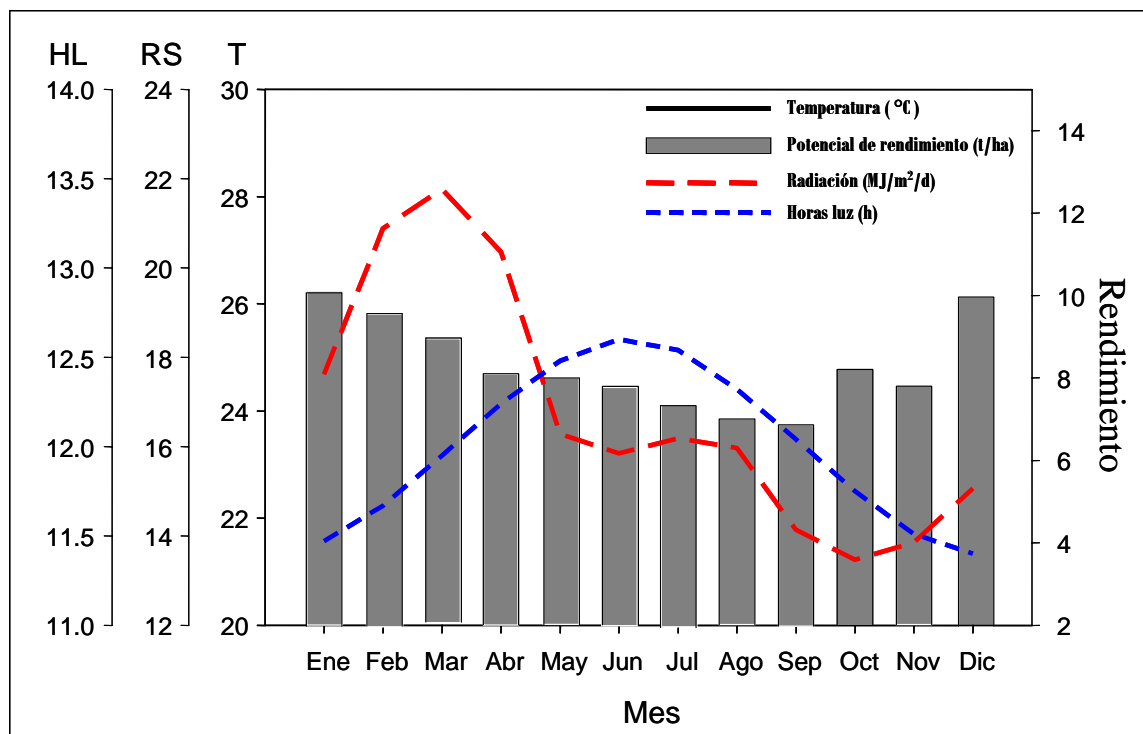


Figura 3. Determinación del potencial de rendimiento para arroz en Costa Rica usando el modelo de simulación del IRRI (Witt, 2005).

Meta de rendimiento: Como se ha discutido, los rendimientos del cultivo son específicos para el sitio y para la época del año en la que se cultivan y dependen del clima, del cultivar utilizado y del manejo del cultivo. En general, esta meta de rendimiento puede ser un porcentaje (70 - 80 %) del rendimiento potencial demostrado para el sitio, ya sea por los modelos de simulación, por investigación o por el rendimiento obtenido en lotes de productores con muy buen manejo. La cantidad de nutrientes absorbida por el cultivo está directamente relacionada con el rendimiento.

Suelo: Los suelos que soportan agricultura en América tropical son muy variables. Esta variabilidad está dada por el material parental, la altitud y el manejo. El manejo es quizá el factor que más afecta la variabilidad a tal punto que se puede observar diferencia entre fincas en una misma área. Estas diferencias finalmente afectan el suplemento de nutrientes nativos del suelo y pasan a ser específicas de cada sitio. Los nutrientes nativos del suelo son capaces de mantener un rendimiento dado, sin embargo, casi siempre es necesario utilizar más nutrientes para llegar a la meta de rendimiento para el sitio. La determinación del efecto de los nutrientes del suelo en la acumulación del rendimiento es importante para poder definir cuanto nutriente extra es necesario par lograr los rendimientos buscados. El análisis de suelos debería determinar de manera indirecta el efecto de los nutrientes nativos del suelo en el rendimiento.

Agricultor: En América tropical existe una variada gama de agricultura que define en un alto porcentaje el tipo de agricultor. Las empresas agrícolas tienen una condición diferente a la de los medianos y pequeños productores. En muchos casos, el nivel de inversión determina la meta de rendimiento. Los productores con alta inversión tienen la posibilidad de acercarse al potencial de rendimiento y pueden establecer una meta de rendimiento realista para sus condiciones. Por lo tanto la decisión de aplicar nutriente deberá tener en cuenta los requerimientos de nutrientes para lograr estos rendimientos. En el caso de los productores con menor capacidad de inversión (y otras limitaciones), quizá rendimientos menores sean una meta realista que todavía produzca adecuada rentabilidad. En este caso solo se debe añadir los nutrientes suficientes para lograr esta condición.

Esta breve discusión de los factores intrínsecos sirve como preámbulo para presentar una forma diferente de determinar la demanda de nutrientes del cultivo como soporte para la toma de decisiones de manejo de nutrientes. Esta metodología, que toma más en cuenta la planta que el suelo, se describe a continuación.

Manejo de nutrientes por sitio específico

El crecimiento vegetativo y la necesidad de suplementar nutrientes varía apreciablemente entre lotes, entre épocas climáticas dentro del año y entre años de producción. Esto resulta en diferentes condiciones de crecimiento y manejo del cultivo y en diferencias en el suelo y clima que no pueden ser detectadas por el análisis de suelos. Por esta razón, el manejo de nutrientes requiere de una nueva forma de manejo que permita los ajustes en la aplicación de nutrientes para acomodarse a las necesidades específicas de cada lote en producción y en cada época del año. Esta forma de manejo se conoce como “Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE)”.

La experiencia de trabajo de campo en los últimos años ha permitido determinar que las recomendaciones de fertilización basadas en el análisis de suelos no logran satisfacer adecuadamente las necesidades nutritivas de los cultivos para lograr rendimientos altos y competitivos. Estas recomendaciones a menudo consisten en una dosis predeterminada de nutrientes para una vasta área de producción. Estas recomendaciones asumen que la necesidad de nutrientes de los cultivos es constante en el tiempo y es igual para grandes áreas de producción. Se conoce que los rendimientos son diferentes según la época de siembra, pero estas diferencias no se toman en cuenta cuando se fertiliza un lote en particular en una época del año. El uso de estas recomendaciones no es suficiente para lograr los rendimientos que se conoce pueden ofrecer las diferentes zonas de producción de una zona o región (Fairhurst and Witt, 2002; Witt et al., 2005).

El MNSE, es una alternativa que busca entregar nutrientes a la planta como y cuando los necesita. Esta forma de manejo permite ajustar dinámicamente el uso de fertilizantes para llenar afectivamente el déficit que ocurre entre la necesidad total de nutrientes para obtener rendimientos altos y el aporte de los nutrientes provenientes de las fuentes nativas del suelo. Este déficit debe ser compensado con la aplicación de fertilizantes. Con esta forma de manejo se busca aplicar los nutrientes en dosis óptimas y al momento adecuado para obtener altos rendimientos y alta eficiencia de uso de los nutrientes por el cultivo. Con esto se busca cosechar la mayor cantidad de grano por unidad de fertilizante utilizado.

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

1. Establecimiento de la meta de rendimiento obtenible

La meta de rendimiento para un sitio y temporada de un año en particular se estima del rendimiento de grano obtenible cuando las limitantes de nutrientes (N, P, K, Mg y S) son eliminadas. Esta meta de rendimiento puede ser un porcentaje (70 – 80 %) del rendimiento potencial demostrado para el sitio. Conociendo que la cantidad de nutrientes absorbida por el cultivo está directamente relacionada con el rendimiento, la meta de rendimiento obtenible indica la cantidad total de nutrientes que el cultivo debe absorber para obtener ese rendimiento. En otras palabras, esto establece la demanda de nutrientes (N, P, K, Mg, S y micros) para obtener la meta de rendimiento.

2. Determinación del aporte de nutrientes provenientes del suelo

El MNSE hace un uso efectivo de los nutrientes nativos del suelo. 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 el suplemento de nutrientes nativos del suelo por su acumulación en el 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 limite el rendimiento.

3. Determinación de las dosis de nutrientes necesarias para completar el déficit entre las necesidades del cultivo y el suplemento de nutrientes nativos del suelo.

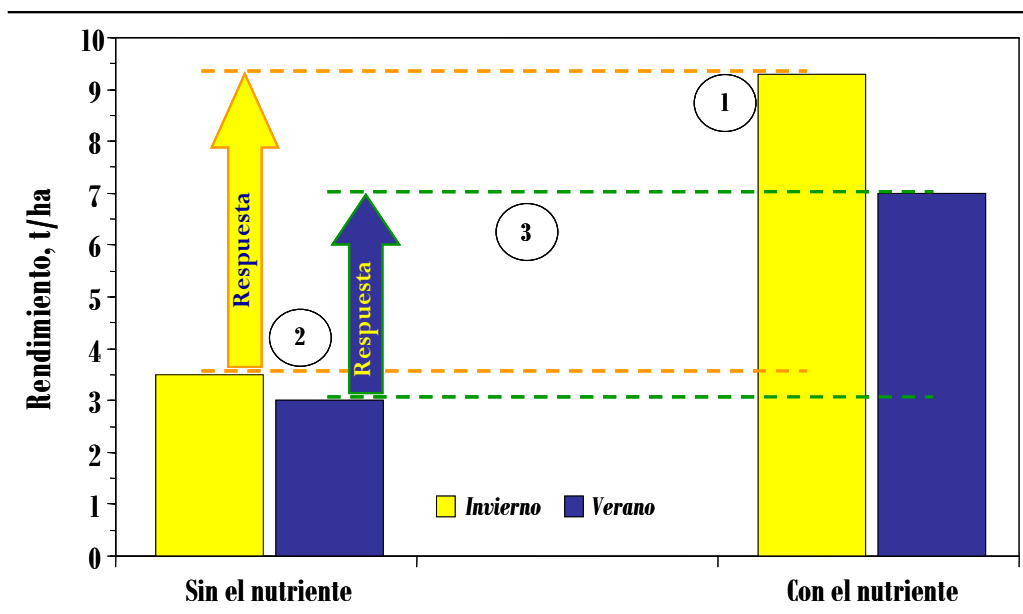
Es necesario aplicar fertilizantes para completar los requerimientos de nutrientes del cultivo que no son satisfechos por los nutrientes nativos del suelo para obtener la meta de rendimiento. La dosis total de un nutriente aplicado con los fertilizantes depende del déficit entre la necesidad total del 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 4** resume los pasos para obtener los parámetros necesarios para implementar un programa de MNSE.

Búsqueda de mejor eficiencia del nitrógeno

El manejo de N es el más difícil en todos los sistemas de cultivo. El MNSE permite un manejo dinámico de este nutriente que busca incrementar la eficiencia, aplicando N en épocas críticas para el cultivo. En cada época crítica el color de la hoja indica la necesidad de aplicar N y es necesario buscar un método que permita hacer esta medición en la hoja. En este estudio se utilizará la tabla de comparación de colores desarrollada para arroz por el IRRI (Internacional Rice Research Institute) (Witt et al., 2002). El color de la hoja determina el estado de N en la planta y permite determinar si se necesita aplicar o si es necesario ajustar las dosis de N predeterminadas en épocas particulares durante las primeras etapas del ciclo del cultivo (**Figura 5**). Esta forma práctica de determinar la época y la cantidad de aplicación de

N ha sido extensamente utilizada en arroz en Asia y este proyecto la probará con híbridos de maíz y determinará si es posible utilizar la tabla para el mismo propósito en este cultivo.



- 1.- Establecer la meta de rendimiento (estima la necesidad total de nutrientes del cultivo)
- 2.- Determinar el aporte de nutrientes nativos del suelo al rendimiento
- 3.- Determinar las dosis de nutrientes para satisfacer el déficit entre el requerimiento total y el aporte de nutrientes del suelo

Figura 4. Esquema de manejo de nutrientes por sitio específico (Faihurst and Witt, 2002).

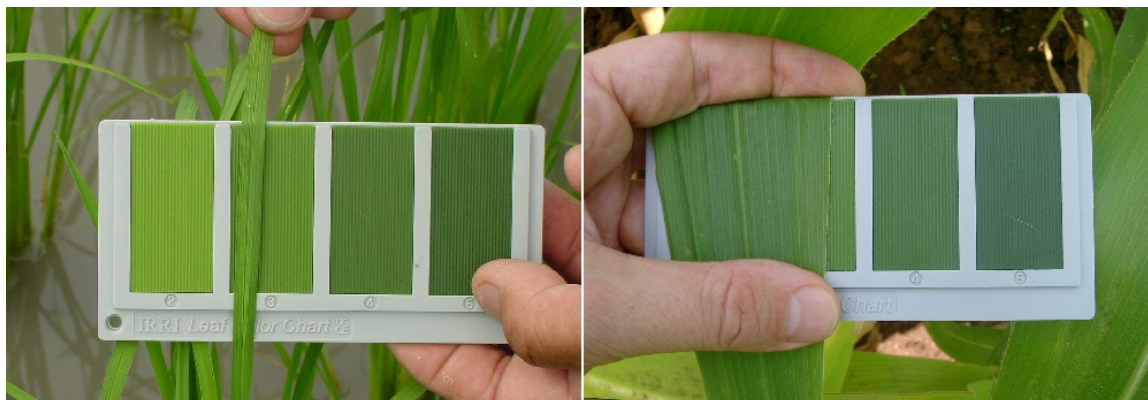


Figura 5. Tabla de comparación de colores para arroz y maíz (Faihurst and Witt, 2002; Witt et al., 2006).

BIBLIOGRAFIA

Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and an extension of the physiological diagnosis techniques. Soil Sci. Bulletin No. 1, University of Natal, Pietermaritzburg.

- Dobermann A., K.C. Cassman, D.T. Walters, C. Witt. 2005. Balancing short-term and long-term goals in nutrient management. *Better Crops with Plant Food*. 89 (4): 16-18.
- Dobermann A, Witt C, Dawe D, editors. 2004. Increasing productivity of intensive rice systems through site-specific nutrient management. Enfield, N.H. (USA) and Los Baños (Philippines): Science Publishers, Inc., and International Rice Research Institute (IRRI). 410 p.
- Fairhurst, T. and C. Witt (eds.). 2002. Rice: a practical guide for nutrient management. Singapore: Potash & Phosphate Institute/Potash & Phosphate Institute of Canada; and Los Baños: International Rice Research Institute. 89 p.
- Fixen, P. 2005. Decision support systems in intergraded crop nutrient management. Proceedings of the International Fertilizer Society. Cambridge, England. December 15, 2005.
- Fixen, P., and F. Garcia. 2006. Effective nutrient management decision: looking beyond the next harvest. Proceedings of the XIV AAPRESID Congress. Rosario, Argentina. August 8-11, 2006.
- Witt, J.M. Pasuquin, and A. Dobermann. 2006. Toward a site specific nutrient management approach for maize in Asia. *Better Crops with Plant Food*. 90 (2): 28-31.
- Witt, C., J.M.C.A. Pasuquin, and R. Mutters. 2004. New Leaf Color Chart for Effective Nitrogen Management in Rice Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, 26 Sep. 1 Oct 2004.