



**IPNI**  
INTERNATIONAL  
PLANT NUTRITION  
INSTITUTE

INSTITUTO INTERNACIONAL  
DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

WWW.IPNI.NET

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR



JUNIO  
2008

CONTENIDO

- MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO DE LOS FERTILIZANTES
- FERTILIZACIÓN N Y S EN CEBADA CERVECERA
- FERTILIZACIÓN COMPUESTA (N-P-S) DE TRIGO EN UNA ROTACIÓN
- COLOR EN TRIGO EN REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA
- COLOR EN TRIGO: EFECTO DE LA DOSIS Y RESPUESTA VARIETAL
- FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN AVENA

**UN MARCO GLOBAL PARA LAS MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO (MPM) DE LOS FERTILIZANTES**

Tom W. Bruulsema, Christian Witt, Fernando García, Shutian Li, T. Nagendra Rao, Fang Chen, y Svetlana Ivanova  
IPNI - Grupo de Trabajo de MPM

*Este trabajo describe el marco designado para facilitar el desarrollo y la adopción de las mejores prácticas de manejo (MPM) para la utilización de los fertilizantes, y para avanzar en la comprensión de como estas prácticas contribuyen a los objetivos del desarrollo sustentable. El marco guía la aplicación de principios científicos para determinar cuáles de las MPM pueden ser adoptadas, a un nivel práctico, para las condiciones locales.*



**Figura 1.** Marco Global para las mejores prácticas de manejo (MPM) para el uso de los fertilizantes. Las MPM para el uso de los fertilizantes - aplicando la fuente correcta a la dosis, momento y ubicación correctos - se integran con las MPM agronómicas seleccionadas para alcanzar los objetivos del manejo del cultivo de productividad, rentabilidad, sustentabilidad y salud ambiental. Un balanceado complemento de los indicadores es necesario para reflejar la influencia de las MPM de los fertilizantes sobre los cuatro objetivos de manejo del cultivo a nivel de campo, y sobre los objetivos económicos, ecológicos y sociales para el desarrollo sustentable, en una escala amplia para las políticas públicas regionales.



Director: Dr. Fernando O. García

INSTITUTO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN DE PLANTAS  
PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR

Av. Santa Fe 910

(B1641ABO) Acassuso – Argentina

Tel/Fax (54) (011) 4798-9939

E-mail: [fgarcia@ipni.net](mailto:fgarcia@ipni.net)

Sitio Web: [www.ipni.net](http://www.ipni.net)

Propietario: International Plant  
Nutrition Institute

ISSN 1666 - 7115

No. de Registro de Propiedad Intelectual en trámite

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.

Diseño: [www.agroeditorial.com.ar](http://www.agroeditorial.com.ar) - [amatthiess@amatthiess.com.ar](mailto:amatthiess@amatthiess.com.ar)  
Impresión: Grancharoff Impresores



## Contenido:

Un marco global para las Mejores Prácticas de Manejo (MPM) de los fertilizantes	1
Fertilización nitrogenada y azufrada en cebada cervecera cv. Scarlett	5
Fertilización compuesta (N-P-S) de trigo en una rotación: Respuesta productiva y desarrollo radicular	12
Cloro en trigo: Resultados de las experiencias en la región pampeana argentina. Años 2001 a 2006	17
Fertilización con cloro en el cultivo de trigo: Efecto de la dosis y respuesta varietal	22
Fertilización nitrogenada en avena	25
Publicaciones de IPNI	27
Congresos, Cursos y Simposios	28

A nivel de establecimiento productivo o campo, los sistemas de cultivos son manejados para múltiples objetivos. Las mejores prácticas de manejo (MPM) son aquellas que alcanzan, con mayor probabilidad, los objetivos planteados. El manejo de los fertilizantes usualmente se incluye, dentro del gran contexto agronómico del manejo de los sistemas de cultivos. Un marco es de gran ayuda para describir cómo las MPM para el uso de los fertilizantes se ajustan y complementan con las prácticas del sistema agronómico. Los objetivos del desarrollo sustentable, en sentido general, incluyen igualmente el énfasis en los aspectos económicos, sociales y ecológicos (Brundtland, 1987). Este desarrollo es esencial para proveer las necesidades de las generaciones actuales y futuras. A nivel de establecimiento, sin embargo, es difícil relacionar las prácticas de manejo específicas de los cultivos con estos tres aspectos generales. Cuatro objetivos de manejo son aplicables al nivel de campo en todos los sistemas de cultivos (Witt, 2003). Estos cuatro objetivos son **productividad**, **rentabilidad**, **sustentabilidad** del sistema de cultivos, y un **ambiente social y bio-físico favorable** (PRSA). Las relaciones entre ellos se puede observar en la Figura 1. Las MPM de uso de los fertilizantes comprenden un subgrupo interconectado de las MPM del cultivo. Para que una práctica de utilización de los fertilizantes sea considerada como la “mejor”, esta debe armonizar con otras prácticas agronómicas brindando una combinación óptima para los cuatro objetivos, PRSA. Por lo tanto, el desarrollo, la evaluación y el refinamiento de las MPM a nivel de campo, deben considerar los cuatro objetivos, como así también, la selección de indicadores que reflejen el impacto combinado a nivel regional, nacional y global. El uso de indicadores apropiados a diferentes escalas es discutido en la sección posterior de “indicadores funcionales”.

## Objetivos de Manejo del Sistema de Cultivos

**Productividad.** La medición primaria de productividad para sistemas de cultivos es el rendimiento por unidad de área cultivada por unidad de tiempo. La productividad debe ser considerada en término de todos los recursos, o factores de producción involucrados. Numerosos indicadores, que describen la producción y la eficiencia de uso de recursos e insumos, son probablemente requeridos para evaluar adecuadamente la productividad.

**Rentabilidad.** La rentabilidad es determinada por la diferencia entre el valor y el costo de producción. Su medición primaria es el beneficio neto por unidad de área cultivada por unidad de tiempo. La ganancia en rentabilidad de una práctica de manejo específica es el incremento en el ingreso que genera, menos los costos marginales.

**Sustentabilidad.** Sustentabilidad—a nivel del sistema de cultivo—se refiere a la influencia del tiempo en los recursos involucrados. Un sistema de producción sustentable es aquel en el cual la calidad (o eficiencia) de los recursos utilizados no disminuye con el transcurso del tiempo, por lo cual “los resultados (*outputs*) no disminuyen cuando los insumos (*inputs*) no se incrementan” (Monteith, 1990).

**Ambiente (social y bio-físico).** Los sistemas de producción de cultivos tienen un amplio rango de efectos en los ecosistemas vecinos, a través de la pérdida de material a las aguas y al aire. Los efectos específicos pueden ser limitados, en cierta medida, a través de prácticas designadas para optimizar la eficiencia de uso de los recursos. Las opciones de manejo a nivel de campo, cuando son consideradas en conjunto, también ejercen una influencia en el ambiente social a través de la demanda laboral, condiciones de trabajo, cambios en los servicios del ecosistema, etc.

## Objetivos del Manejo de los Fertilizantes

Las MPM de uso de los fertilizantes, esencialmente, sustentan los cuatro objetivos identificados para el manejo del sistema de cultivos, y pueden ser apropiadamente descritas como la selección de la fuente correcta para ser aplicada en la dosis, ubicación y momento correctos (Roberts, 2007). La fuente del fertilizante, dosis, momento y ubicación son interdependientes, y se encuentran también interconectadas con el set de prácticas de manejo agronómicas aplicadas en los sistemas de cultivos, como puede observarse en la Figura 1.

## Principios Científicos

Principios científicos específicos fundamentan las MPM de cultivos y uso de fertilizantes, en grupo e individualmente. Estos principios son globales y también aplicables al nivel práctico de manejo en el campo. La aplicación de estos principios científicos puede diferir ampliamente, dependiendo del sistema específico de cultivo que se encuentre bajo consideración. Los principios específicos relevantes a cada categoría de las MPM son listados a continuación.

### 1) Manejo del Cultivo

- a) Buscar medidas prácticas de validación.
- b) Reconocer y adaptarse a los riesgos.
- c) Definir indicadores funcionales.
- d) Asegurar la retroalimentación entre los niveles globales y práctico de campo.

### 2) Manejo del Fertilizante

- a) Ser consistentes con los mecanismos de los procesos conocidos.
- b) Reconocer las interacciones con otros factores del sistema de cultivos.
- c) Reconocer interacciones entre fuente de nutrientes, dosis, momento y ubicación.
- d) Evitar efectos detrimentales sobre las raíces de las plantas, hojas y plántulas.
- e) Reconocer los efectos en la calidad del cultivo como en el rendimiento.
- f) Considerar los resultados económicos.

### 3) Fuente

- a) Suministrar nutrientes en formas disponibles para las plantas.
- b) Ajustarse a las propiedades físicas y químicas del suelo.
- c) Reconocer sinergismos entre nutrientes y fuentes.
- d) Reconocer compatibilidad de mezclas.
- e) Reconocer beneficios y sensibilidades a los elementos asociados.
- f) Controlar el efecto de los elementos no-nutritivos.

### 4) Dosis

- a) Utilizar métodos adecuados para evaluar la disponibilidad de nutrientes en suelo.
- b) Evaluar todas las fuentes de nutrientes nativos del suelo disponibles para el cultivo.
- c) Evaluar la demanda de nutrientes de la planta.
- d) Predecir la eficiencia de uso del fertilizante.
- e) Considerar los impactos en el recurso suelo.
- f) Considerar las dosis específicas económicas.

### 5) Momento

- a) Evaluar la dinámica de absorción del cultivo.

- b) Evaluar la dinámica del nutriente en el suelo.
- c) Reconocer el momento en que los factores climáticos influyen la pérdida de nutrientes.
- d) Evaluar la logística de las operaciones a campo.

### 6) Ubicación

- a) Reconocer la dinámica suelo-raíz.
- b) Manejar la variabilidad espacial dentro y entre los campos.
- c) Ajustar las necesidades al sistema de labranza.
- d) Limitar el transporte potencial de nutrientes fuera del campo.

El número de principios científicos aplicables para una situación específica a nivel de campo es considerable. La elección de las MPM apropiadas a nivel práctico requiere de la participación de individuos calificados: productores y técnicos, quienes entienden estos principios y su aplicación. Más detalles acerca de estos principios se encuentran disponibles en IPNI (2008).

## Indicadores Funcionales

Los indicadores funcionales necesitan reflejar la influencia de las MPM sobre los cuatro objetivos de manejo de los sistemas. La eficiencia de uso de los nutrientes (EUN, rendimiento o absorción de nutriente por unidad de nutriente de fertilizante) es, a menudo, considerada como el principal indicador relacionado con la utilización de los fertilizantes. Sin embargo, como se muestra en la Figura 1, este se relaciona más directamente con la rentabilidad y productividad, más que con la sustentabilidad y la salud ambiental. Existen otros indicadores de eficiencia de uso de nutrientes (Dobermann, 2007; Snyder y Bruulsema, 2007), que difieren en cómo se relacionan con los cuatro objetivos. Por ejemplo, uno de los más importantes indicadores funcionales para N es la eficiencia agronómica, el incremento en el rendimiento en grano por unidad de fertilizante aplicado. Sin embargo, una baja eficiencia agronómica puede ser aceptable para nutrientes tales como P y K, para los cuales una medida diferente de la eficiencia- balance parcial de nutrientes- puede ser más relevante para evitar una disminución o un incremento excesivo de los niveles de los nutrientes en el suelo.

La lista parcial de indicadores, que se puede observar en la Figura 1, es descrita posteriormente en la Tabla 1. El set de indicadores funcionales que describen el impacto total de una combinación de MPM de uso de fertilizantes varía dependiendo la escala de consideración. Todos los usuarios deben contribuir a la selección de indicadores para alcanzar el óptimo de los cuatro objetivos de manejo, PSRA. El marco conceptual que proponemos, es de gran utilidad para garantizar que el set de indicadores elegidos provea un balance de los cuatro objetivos, en armonía con los objetivos de desarrollo sustentable.

## Conclusión

Las mejores prácticas de manejo para el uso de los fertilizantes son aquellas que sostienen el logro de forma exitosa de los principales objetivos del manejo de sistemas de cultivos: **productividad, rentabilidad, sustentabilidad, y salud ambiental.** Un fuerte conjunto

de principios científicos guiando el desarrollo y la implementación de las MPM de uso de los fertilizantes, ha surgido a partir de una larga historia de investigación agronómica y de fertilidad de suelos. Aquellos principios – cuando se ven como una parte del marco global- muestran que el conjunto de las MPM más apropiado, puede solamente ser identificado a nivel local, cuando el contexto total de cada práctica es conocido. El marco global para las MPM, también muestra la necesidad del empleo de un complemento balanceado de indicadores para describir adecuadamente los beneficios y riesgos del uso de los fertilizantes en el contexto del desarrollo sustentable.

## Referencias bibliográficas

**Brundtland G.H.** 1987. Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development.

**Dobermann A.** 2007. Nutrient use efficiency – measurement and management. pp 1-28. In Fertilizer Best Management Practices. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices (FBMPs). 7-9 March, 2007. Brussels, Belgium.

**IPNI.** 2008. A global framework for best management practices for fertilizer use. IPNI Concept Paper #1. Norcross, GA.

**Monteith J.L.** 1990. Can sustainability be quantified? Indian J. Dryland Agric. Res. Dev. 5:1-5.

**Roberts T.L.** 2007. Right product, right rate, right time, and right place...the foundation of best management practices for fertilizer. pp. 29-32. In Fertilizer Best Management Practices. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices (FBMPs). 7-9 March, 2007. Brussels, Belgium.

**Snyder C.S. y T.W. Bruulsema.** 2007. Nutrient Use Efficiency and Effectiveness in North America: Indices of Agronomic and Environmental Benefit. International Plant Nutrition Institute. Reference # 07076.

**Witt C.** 2003. Fertilizer use efficiencies in irrigated rice in Asia. Proceedings of the IFA Regional Conference for Asia and the Pacific, Cheju Island, Republic of Korea, 6-8 October 2003. [online]. Disponible en [www.fertilizer.org](http://www.fertilizer.org) (last update 2003; accessed 27 Sept. 2005). Paris: International Fertilizer Association.

## Agradecimientos

*El Dr. Paul Fixen contribuyo con la generación del concepto de marco, y su aporte a través del proceso de desarrollo es muy apreciado. <*

**Tabla 1.** Indicadores funcionales para las MPM de uso de los fertilizantes relacionados con los objetivos de manejo del cultivo.

Objetivo de Manejo	Indicador Funcional	Descripción
Productividad	Rendimiento	Cantidad de cultivo cosechado por unidad de área cultivada por unidad de tiempo.
	Calidad	Cantidad de componentes del cultivo cosechados (azúcar, proteína, minerales, etc.) u otros atributos que agregan valor al producto cosechado.
	Eficiencia de Uso de los Nutrientes	Rendimiento o absorción de nutrientes por unidad de nutriente aplicado.
	Eficiencia del Uso del Agua	Rendimiento por unidad de agua aplicada o disponible. Relevante para los sistemas de producción irrigados o en secano.
	Eficiencia de Uso del Trabajo	Demanda y suministro de mano de obra están críticamente relacionados con el número y momento de operaciones de campo.
Rentabilidad	Eficiencia de Uso de la Energía	Rendimiento del cultivo por unidad de energía consumida.
	Beneficio Neto	Refleja el volumen y el valor del cultivo producido, por unidad de tiempo, relativo a todos los costos de producción. Limitación es la falta de capacidad para manejarse con las externalidades que no presentan un valor económico.
	Inversión o Retorno	Similar al beneficio neto, adicionando en la consideración el capital de inversión y las amortizaciones.
Sustentabilidad del Sistema de Cultivos	Adopción	Proporción de productores que utilizan MPM específicas. A menudo, medibles con facilidad, pero el contexto es importante.
	Productividad del Suelo	Refleja cambios en los niveles de fertilidad del suelo, materia orgánica, y otros indicadores de calidad del suelo.
	Estabilidad de los Rendimientos	Resiliencia de los rendimientos de los cultivos a variaciones en el clima y las adversidades (plagas, malezas y enfermedades).
	Ingresos del campo	Mejoras relacionadas a la subsistencia.
Ambiente Saludable	Condiciones de Trabajo	Calidad de Vida.
	Calidad del agua y del aire	Concentración y carga de nutrientes en los cuerpos de agua y aire en las cuencas de los sistemas agrícolas. Limitada habilidad para monitorear a escala de campo; el monitoreo a nivel de cuenca, escala regional y global es un servicio público importante.
	Servicios del Ecosistema	Difícil de cuantificar. Importante de identificar. Puede incluir la dependencia del cultivo de depredadores y polinizadores, relacionado con la recreación deportiva, caza, pesca, etc.
	Biodiversidad	Difícil de cuantificar- puede ser descriptivo.
Social y BioFísico	Erosión del Suelo	Grado de cobertura del suelo por cultivos en activo crecimiento y con residuos de cultivos anteriores.
	Pérdida de Nutrientes	Pérdidas específicas de nutrientes al agua o al aire. Hay muchas vías de pérdida, razón por la cual son difíciles de cuantificar a nivel de campo.
	Balace de Nutrientes	Medida total de ingreso y egreso de nutrientes, a nivel de la superficie del suelo o del campo. El requerimiento de ingreso de nutrientes es, a menudo, relacionado con el incremento en la remoción de nutrientes por la cosecha de los cultivos, a medida que los rendimientos se incrementan.