

Marco global del manejo de nutrientes

Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes¹

Satisfacer la creciente demanda de requerimientos de alimentos, forrajes, fibras y bioenergía para la población mundial implica un cada vez más eficiente uso de nutrientes orgánicos y minerales. Al mismo tiempo, y ante nuevas expectativas, es importante preservar el medio ambiente. Alcanzar la sostenibilidad en el manejo de nutrientes es una importante preocupación de una amplia variedad de interesados. Las diversas expectativas entre y dentro de los grupos de intereses pueden integrarse y reconciliarse parcialmente con el desarrollo de buenas prácticas de manejo de fertilizantes, que aumenten simultáneamente la productividad la rentabilidad y cuiden el medio ambiente, satisfaciendo así los objetivos de desarrollo sostenible.

El concepto de sostenibilidad se construye alrededor de tres pilares: económico, social y ambiental. Cualquier opción sostenible debe mantener un adecuado balance entre estos tres pilares. La combinación correcta depende significativamente del contexto y del interés individual. También difiere ampliamente entre las regiones.

A causa de las múltiples interacciones del suelo con la producción de alimentos, el ambiente y el desarrollo económico, se requiere de un enfoque integrado para su manejo y el de los nutrientes. Los productores son actores esenciales, ya que son quienes deberían realizar el esfuerzo de velar por la productividad de los suelos, así como la industria de fertilizantes es fundamental como proveedor de nutrientes para los cultivos que repongan e incrementen las reservas de nutrientes del suelo.

Tanto los productores como los integrantes de la cadena comercial de fertilizantes deben colaborar con las demás partes para desarrollar soluciones que mejoren los resultados y provean los mayores beneficios para todos. Al final, todos son socios del suelo y necesitan del trabajo conjunto para definir e implementar acciones tendientes a mantener o aumentar su fertilidad en una manera sustentable.

Las opciones que combinan mejor las expectativas económicas, sociales y ambientales de las diferentes partes

¹ Este documento fue producto de sucesivas versiones creadas y modificadas por un grupo de trabajo específico de IFA, que incluye además de Empresas, a Institutos de Investigación y de Promoción. Traducción R. Melgar

interesadas pueden llamarse, “mejores prácticas de manejo de fertilizantes” (MPMFs).

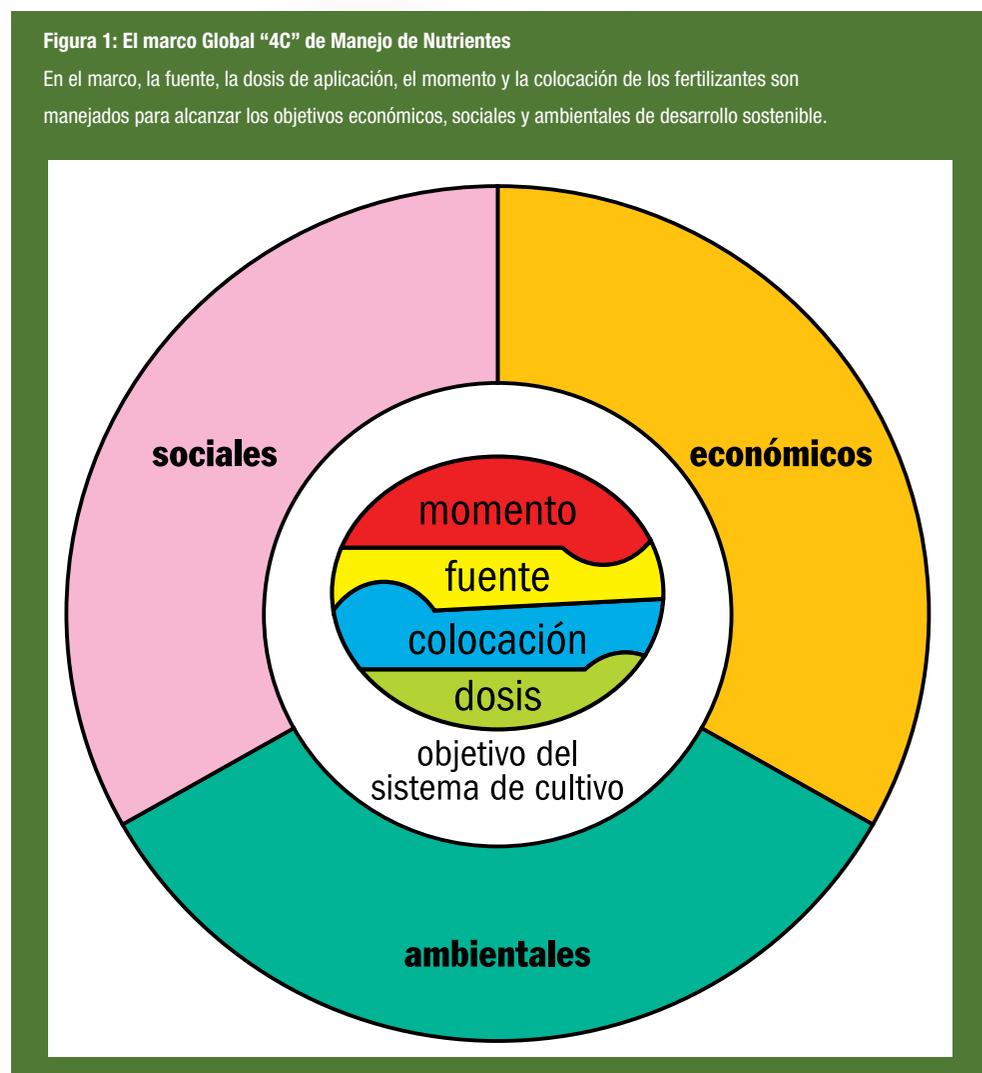
Este trabajo describe el marco global (guía) diseñado para facilitar el desarrollo de prácticas de manejo de fertilizantes sitio-específicas y cultivo-específicas basadas en hechos científicos.

El Marco Global de Manejo de Nutrientes “4C”

Las mejores prácticas de manejo de fer-

tilizantes (MPMFs) pueden describirse adecuadamente como la aplicación de la fuente (o producto) correcta a la dosis correcta en el momento correcto y en el lugar correcto. Bajo el marco global de manejo de nutrientes, las “4C” abarcan conceptualmente como pueden manejarse las aplicaciones de fertilizantes para alcanzar los objetivos económicos, sociales y ambientales. El marco asegura que las MPMFs sean desarrolladas considerando un enfoque apropiado en las áreas de desarrollo sustentable (Figura 1).

Los objetivos de los actores intervini-



tes son sitio-específicos de suelo, clima, cultivo, sistema de manejo y logística, todos con impacto significativo en el manejo de los fertilizantes y deben considerarse cuando se eligen las MPMFs para un caso específico.

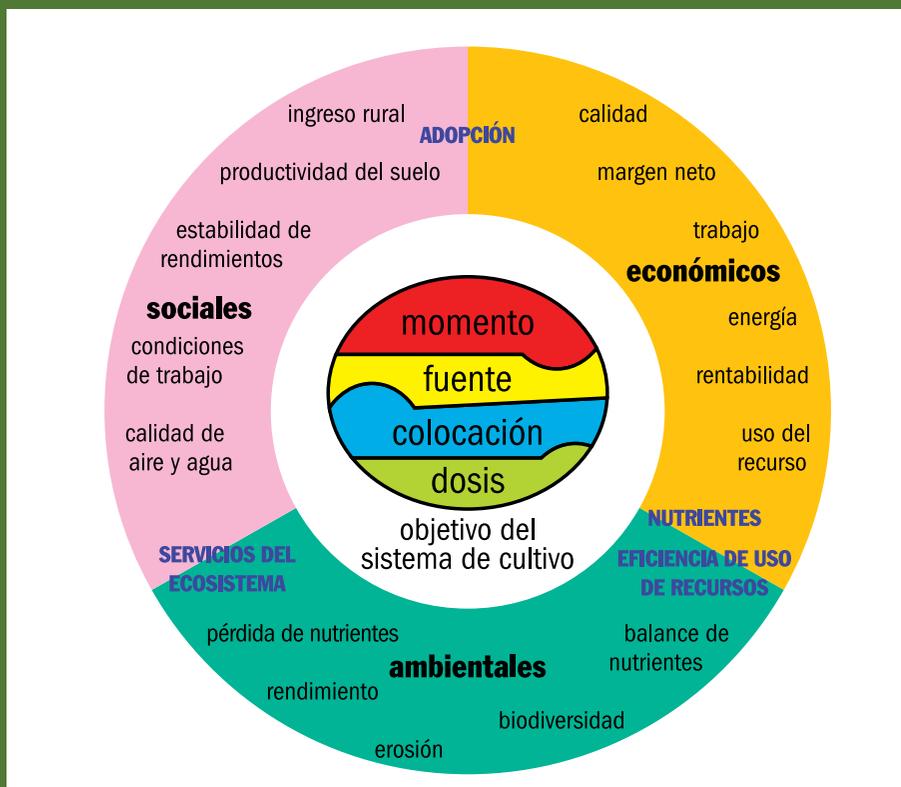
Enfocando los esfuerzos en la fijación de objetivos de resultados

Si bien hay muchos indicadores económicos, sociales y ambientales de resultados que pueden afectarse al marco de

las “4 C”, es prudente enfocar los esfuerzos en unos pocos objetivos clave y establecer indicadores de resultados relacionados. Los indicadores elegidos y los objetivos pueden variar dependiendo de condiciones sitio-específico y casos individuales. Algunos de los indicadores posibles de sostenibilidad considerados dentro del marco “4R” se ilustran en la figura 2. Es importante observar que el resultado de la puesta en práctica de las MPMF o de combinaciones específicas de fuente, dosis, momento y lugar, se expresan en el funcionamiento del sistema de cultivo. El funcionamiento de sis-

Figura 2: Un Marco Global para las MPM Dentro del Sistema de Cultivo

Las MPM de uso de nutrientes —aplicar la fuente de nutrientes correcta, al momento correcto, a la dosis y lugar correctos— se integran junto con las MPM agronómicas elegidas para lograr objetivos de manejo de cultivos. Un set balanceado de indicadores de performance refleja la influencia de las MPM de uso de nutrientes en el manejo del cultivo a nivel de establecimiento, y con objetivos más amplios económicos, ambientales y sociales. La participación individual en los indicadores de resultados es parte esencial del proceso del desarrollo sustentable.





tema de cultivo puede incluir objetivos tales como productividad en términos de rendimiento logrado, rentabilidad al productor, mantenimiento de la productividad del suelo a largo plazo, y niveles aceptables de impacto en la calidad del aire y del agua del ambiente circundante (caja 1). Los indicadores de resultados para el sistema de cultivo reflejan el resultado de ejecutar las 4C, pero además son influidos por otros aspectos del manejo del cultivo. La evaluación del resultado de las prácticas de manejo de la fertilización, por lo tanto, no puede ser independiente de la de las prácticas de producción de cultivos en general.

Caja 1: Integrando los objetivos de Sustentabilidad y Objetivos de Manejo del Sistema de Cultivos

Debido a que los nutrientes se manejan como uno de varios conjuntos de insumos dentro de los sistemas de cultivo, las metas de la sustentabilidad deben traducirse a términos que en sí mismos sean entendidos por los que manejan los sistemas de cultivo. Las mejores prácticas de manejo son las que logran esos objetivos lo más de cerca posible.

A nivel de campo, es difícil relacionar prácticas de manejo específicas de cultivo directamente con los tres pilares de la sustentabilidad. Por lo tanto, es útil visualizar los objetivos del sistema de cultivo como un vehículo que conecta con las prácticas de sustentabilidad. Los objetivos del sistema varían con la región, sector y, a veces, con el tiempo conside-

rado, y dependen de objetivos individuales, incluyendo productores, consumidores, residentes rurales, ciudadanos y otros. Sin embargo, los cuatro objetivos prácticos comunes de manejo a nivel de lote o establecimiento son: productividad, rentabilidad, durabilidad del sistema de cultivo y salud ambiental.

Las MPM de los fertilizantes caen dentro de un contexto más amplio de manejo de nutrientes, de cultivo y de establecimiento. Abarcan un subconjunto ligado a las MPM del manejo de cultivos. Para que una práctica de manejo de fertilización sea considerada “mejor”, debe armonizar, en un contexto dado, con las otras prácticas agronómicas al proveer una combinación óptima de objetivos de manejo a nivel de establecimiento. Así, el desarrollo, la evaluación y el refinamiento de las MPM a nivel de establecimiento deben considerar estos objetivos, así como la selección de indicadores que reflejan su impacto combinado en diversas escalas, desde el lote a niveles más globales.

El sistema de objetivos de manejo de sistemas del cultivo a nivel de campo o de establecimiento mencionado anteriormente puede ser definido y medido como sigue:

- **Productividad.**

Para los sistemas de cultivo, la medida primaria de productividad es el rendimiento por unidad de área y por unidad de tiempo. La calidad de la producción es parte de la medida de productividad. Ambos pueden influir la rentabilidad, con mayor volumen y valor, respectivamente. Las eficiencias múltiples pueden y deben

calcularse para evaluar la productividad con exactitud.

- **Rentabilidad.**

Se determina por la diferencia entre el valor y el costo de la producción. Su medida primaria es el margen o beneficio neto por unidad de área por unidad de tiempo. El impacto de la rentabilidad de una práctica de manejo específica se relaciona con su eficiencia económica y el aumento en valor de la producción en respuesta al costo de la práctica.

- **Durabilidad del sistema de cultivo.**

Se refiere a la influencia del tiempo en los recursos implicados. Un sistema de producción durable es uno en el cual la calidad (o la eficiencia) de los recursos usados no disminuye en el tiempo, de modo tal que la producción de un sistema de cultivo dado, no disminuya cuando no se aumenten los insumos. Un atributo importante de los sistemas de producción es que la productividad del recurso del suelo del cual dependen, puede aumentarse o disminuirse cambiando los rendimientos de los cultivos, dado que los asimilados proporcionados por la fotosíntesis contribuyen a la materia orgánica de suelo, que a su vez contribuye a muchas características del suelo que realzan o disminuyen el crecimiento de los cultivos.

- **Salud ambiental.**

Los sistemas de producción de cultivos tienen un amplio rango de efectos sobre los ecosistemas con pérdidas de materiales en el agua y en el aire. Estos impactos pueden sen-

tirse a nivel local, nacional, continental o global. Los efectos específicos pueden ser limitados o controlados por las prácticas diseñadas para optimizar la eficiencia de uso del recurso. Sin embargo, no todos los efectos se controlan al mismo nivel. La salud ambiental y la durabilidad del sistema de cultivo están interrelacionados.

Satisfaciendo los Objetivos de Sustentabilidad usando las 4Cs

La clave del marco de las “4C” es la selección de las MPMF para asegurar que la fuente correcta de nutrientes sean aplicados a la dosis correcta, y en el momento y lugar correctos para satisfacer los objetivos de sustentabilidad. Las MPMF están basadas en principios científicos e investigación aplicada. La aplicación de estos principios científicos puede diferir ampliamente dependiendo del sistema de cultivo específico (combinación de región y cultivo) y del contexto socioeconómico bajo consideración (Por Ej. Disponibilidad de equipamiento o niveles de ingreso).

Las fuentes, dosis, sincronización y la colocación de los nutrientes son interdependientes y también se ligan con el sistema de prácticas de manejo agronómicas aplicadas al sistema de cultivo. Además, los objetivos de manejo variarán según condiciones locales e individuales. Estos objetivos influenciarán perceptiblemente lo que se define como “correcto” en términos de fuente, dosis, momento, y lugar.

En la siguiente sección se discuten y es-

quematan los principios científicos utilizados en el desarrollo de las MPMF y para cada área del funcionamiento.

Principios Científicos Rectores

1) Todas las MPM de Fertilizantes

- a) Ser consistentes con los mecanismos de los procesos implicados (las disciplinas científicas de fertilidad de suelos, nutrición vegetal, física y química de suelos, hidrología, agro-meteorología, etc)
- b) Reconocer las interacciones con los otros factores del sistema de cultivo
- c) Considerar las interacciones entre fuentes de nutrientes, dosis, momento y colocación
- d) Evitar los efectos dañinos en las raíces, hojas, y plántulas
- e) Reconocer los efectos en la calidad del cultivo así como en el rendimiento.

2) Fuentes Fertilizantes

- a) Suministro de nutrientes en formas disponibles para las plantas
- b) Adecuarse a las propiedades físicas y químicas de los suelos
- c) Reconocer las interacciones entre elementos y fuentes de nutrientes
- d) Considerar la compatibilidad de las mezclas
- e) Tener en cuenta la sensibilidad de los cultivos a elementos asociados
- f) Controlar los efectos de los elementos no nutritivos.

3) Dosis de Fertilizantes

- a) Calcular el suministro de los nu-

trientes del suelo

- b) Evaluar todas las fuentes de nutrientes disponibles
- c) Estimar la demanda del cultivo
- d) Predecir la eficiencia de uso de fertilizantes
- e) Considerar la variabilidad de año a año en la demanda de nutrientes
- f) Tener en cuenta los balances de nutrientes
- g) Considerar las dosis óptimas económicas específicas

4) Momento de la fertilización

- a) Estimar la sincronización con la absorción del cultivo

Depende de la fecha de siembra, características de crecimiento del cultivo, sensibilidad a las deficiencias durante un estadio en particular del crecimiento, etc. El suministro de nutrientes debe sincronizarse con los requerimientos de nutrientes del cultivo, que típicamente sigue una curva sigmoidea (de forma de S).

- b) Evaluar la dinámica del suministro de nutrientes

La mineralización de la materia orgánica del suelo suministra una gran cantidad de algunos nutrientes, pero si las necesidades de absorción del cultivo preceden a la liberación por la mineralización, las deficiencias pueden limitar el rendimiento.

- c) Calcular la liberación de nutrientes y disponibilidad de los productos fertilizantes

La dosis de liberación y disponibilidad de los nutrientes de los fertilizantes son influidos por las condiciones meteorológicas y la humedad del suelo al momento de la aplicación, resultando en una pérdida potencial significativa de nutrientes y de ren-

dimiento si no se sincronizan con los requerimientos del cultivo.

- d) Reconocer los factores meteorológicos que influyen en las pérdidas de nutrientes
- e) Evaluar las operaciones logísticas y de campo.

5) Ubicación de los Fertilizantes

- a) Reconocer la dinámica de la rizósfera

La colocación de los fertilizantes necesita asegurar que los nutrientes sean interceptados a medida que los necesiten.

- b) Manejar la variabilidad espacial del suelo dentro del lote y entre establecimientos
- c) Ajustar las necesidades al sistema de labranza
- d) Limitar el transporte potencial de nutrientes fuera del campo.

El número de principios científicos aplicables a una situación práctica dada es considerable. Ajustarlo a un conjunto práctico de MPMF apropiados requiere el compromiso de individuos calificados en estos principios y expertos en su implementación. En distinto grado, productores y consultores necesitan información sobre las MPMF y en sus principios científicos subyacentes.

Caja 2: Consideraciones del Sistema de Cultivo

Las siguientes prácticas, pragmáticas y profesionales deben considerarse cuando se integren las MPMF y los objetivos del sistema de cultivo para alcanzar metas de sustentabilidad.

- Buscar una validación práctica

y cuantificada

- Reconocer y adaptarse al riesgo
- Definir los indicadores de resultados y puntos de referencia
- Asegurar una retroalimentación de dos vías entre niveles globales y prácticos
- Considerar los factores económicos.

Efectiva Diseminación de las MPMFs

La transferencia eficaz del conocimiento y de las tecnologías es una parte integrante, si no la más desafiante, de las MPMF. Para ser consideradas las “mejores” prácticas de manejo de los fertilizantes, deben ser identificadas, adaptadas y aceptadas por los productores para asegurar su más amplia adopción. Es importante que las prácticas recomendadas y mecanismos de transferencia se ajusten al ambiente socioeconómico y cultural de los receptores. Esta estrategia es válida para todas las categorías de productores, pero es más comprometida en el caso de los pequeños productores que practican agricultura de subsistencia.

Para lograr su adopción, las MPMF deben desarrollarse a través del diálogo con todas las partes, involucrando a productores, representantes de la industria de los fertilizantes, investigadores, extensionistas, los responsables políticos, ONG's ambientales y a otros grupos relevantes. Sin esa estrategia participativa que involucre a los representantes de los productores, las MPMF recomendadas pueden no ser aceptables ni adoptadas por las comunidades agrícolas.

Medición y Mejora Continua

Los indicadores de resultados necesitan reflejar la influencia de las MPMF en las metas de sustentabilidad. Para ser “la mejor”, una práctica de manejo debe tratar considerar más de uno, y preferiblemente los tres pilares del desarrollo sostenible.

La eficiencia de uso de nutrientes se emplea con frecuencia como el primer indicador de resultado o el más importante. Si bien hay diversas medidas de eficiencia de uso de nutrientes, cualquiera de ellas describen solo parte del rol de manejo de los fertilizantes en el resultado del sistema de cultivo. Por ejemplo, un elevado balance parcial de nutrientes de 1.0, que refleja que la remoción de N es igual a su agregado, no es ni sostenible ni deseable si el suelo está perdiendo grandes cantidades de N por la mineralización, según lo que reflejen indicadores de productividad del suelo y de pérdida de nutrientes.

La cuantificación de estos indicadores o de la definición de sistemas complementarios de indicadores está más allá del alcance de este trabajo. Hay ciertamente más indicadores para la medición de la sustentabilidad que podría describirse y desarrollarse, y la participación del interesado en este proceso es esencial. El sistema de indicadores y de términos de referencia que describe el impacto completo de las MPMF varía dependiendo de la escala de consideración, y de los intereses de las partes.

La definición de un sistema de indicadores para una condición local específica debe implicar a todos los participantes relevantes para asegurar que el sistema

elegido refleja el progreso hacia las tres metas del desarrollo sostenible. Los productores y agrónomos son algunos, pero no todos los participantes importantes cuyos intereses deben ser representados. Los esfuerzos están en curso para agregar claridad y desarrollar una guía más específica para el proceso de comprometer interesados, definir objetivos de manejo e indicadores de resultados

Conclusión

Con la puesta en práctica de las MPMF bajo el marco global de manejo de nutrientes “4C”, los productores pueden mejorar continuamente su funcionamiento y continuidad. El proceso de la ejecución práctica, consistente en combinaciones específicas de fuente, dosis, momento y lugar, deben guiarse por un fuerte sistema de bases científicas. Esos principios, cuando se consideran como parte del marco global, demuestran que el sistema más apropiado de MPMFs puede identificarse solo a nivel local, donde se conoce por completo el contexto agronómico y socioeconómico de cada práctica.

El marco global de las MPMF también demuestra la necesidad de emplear un complemento completo de indicadores convenidos colectivamente para medir con precisión las mejoras de los resultados logrados con la adopción de las prácticas recomendadas, así como para identificar las áreas de mejora continua y de fomento de la investigación.