

REQUISITOS DE BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO EFICIENTE DE CORRECTIVOS DE SUELOS Y FERTILIZANTES

Solidaridad



**中粮国际
COFCO INTL**



REQUISITOS DE BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO EFICIENTE DE CORRECTIVOS DE SUELOS Y FERTILIZANTES

Realización: Cooperativa Colonias Unidas en el marco del Proyecto MejorAgro.

Con el apoyo de:
COFCO International
<https://www.cofcointernational.com>

Fundación Solidaridad Latinoamericana
www.solidaridadnetwork.org
www.solidaridadsouthamerica.org

ELABORADO POR:

Dr. Ing. Agr. Enrique Hahn Villalba
Sustentap
<http://www.sustentap.com.py/>

COLABORACIÓN:

Orlando Gallas, Cooperativa Colonias Unidas
Lorena Ramirez, Solidaridad
Yamila Seniuszka, Solidaridad
Diana Abegg, Cooperativa Colonias Unidas

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Rosario Abramo, Solidaridad

La Cooperativa Colonias Unidas es el titular de los derechos de la propiedad intelectual. Autoriza la reproducción total del documento con fines educativos, siempre que se conserve la integridad del mismo y se citen a las organizaciones participantes. Otros usos del documento requieren autorización escrita.

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos el crecimiento poblacional ha generado una gran demanda mundial por alimentos que viene en aumento año tras año, también suben las necesidades energéticas. Por otra parte, se reduce la expansión de superficie y disminuyen las fronteras para ampliar áreas de cultivos, se estudian cada vez más los impactos ambientales que generan la intensificación agrícola y se busca tornar esta actividad preponderante para la economía del Paraguay viable con el medio ambiente.

Ante este nuevo escenario, los aumentos de productividad en los alimentos tendrán que ocurrir con el limitante de la continua expansión del área agrícola, esto implica producciones mayores en la misma cantidad de superficie, por consiguiente el esfuerzo y la concentración estará ligada a la ciencia aplicada a la agricultura, por medio de técnicas modernas y conservacionistas, que además de ofrecer mayores rendimientos en los cultivos, no comprometan la relación suelo, agua y planta y de esa forma que la tecnología sea aliado para un entendimiento entre el Productor y su Medio Ambiente de Producción.

OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDAD



Los fertilizantes utilizados en forma eficiente son una parte muy importante de la solución para la seguridad alimentaria en el mundo y es prioritario para el sector agrícola que las prácticas de nutrición de plantas, sean realizadas en forma responsable.

Los cuatro requisitos están interconectados y dependen uno del otro.

La fertilidad del suelo es una necesidad básica para que las plantas crezcan en forma productiva, a pesar de esto no todos los suelos fértiles son productivos.

El mal drenaje, la sequía, los insectos, las enfermedades, material genético de siembra, entre otras variables pueden también limitar la producción. Los suelos con calidad estructural y con niveles óptimos de fertilidad permiten mayores resistencia al estrés en la planta y si los factores de manejo del cultivo son adecuados, la posibilidad de obtener altas productividades están vigentes y se crea un ambiente sustentable.

Estudios demuestran que el manejo EFICIENTE de la nutrición de plantas con fertilizantes y correctivos son responsables de aumentar el 50% de la producción de alimentos.



4C - REQUISITOS PARA LA EFICIENTE NUTRICIÓN DE PLANTAS

Fuente: Insituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI)



**FUENTE
CORRECTA**



**DOSIS
CORRECTA**



**MOMENTO
CORRECTO**



**LUGAR
CORRECTO**

LIMITANTES PARA LA PRODUCCIÓN



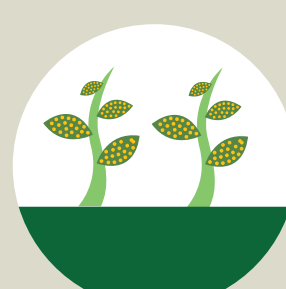
MAL DRENAJE



SEQUÍA



INSECTOS



ENFERMEDADES

Fuente Correcta

Consiste en utilizar las fuentes de fertilizantes en forma combinada con el requerimiento nutricional de cada cultivo y las propiedades del suelo donde se cultiva.

Debemos considerar las interacciones entre los elementos y el equilibrio entre nitrógeno, fósforo y potasio y los demás nutrientes, de acuerdo con el análisis del suelo y la expectativa de productividad que nos determinara la exportación o salida de los nutrientes.

Conocer el Contenido Nutricional de la Planta Cultivada es Fundamental para tomar decisiones para la fertilización. Comprender la fisiología de las plantas con sus nutrientes esenciales de desarrollo permite, basado en los resultados de análisis del suelo a ser cultivado y los requerimientos nutricionales, realizar un plan estratégico para elegir la FUENTE CORRECTA DE FERTILIZANTES.



La fertilización equilibrada en su fuente es un factor clave para aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes.



17 ELEMENTOS ESENCIALES PARA LAS PLANTAS

N Nitrógeno	P Fósforo	K Potasio	Ca Calcio	Mg Magnesio	S Azufre
-----------------------	---------------------	---------------------	---------------------	-----------------------	--------------------

MACRONUTRIENTES [son exigidos en cantidades relativamente altas y en kilos por hectárea]

Cl Cloro	Fe Hierro	B Boro	Mn Manganeso	Zn Zinc	Cu Cobre	Mo Molibdeno	Ni Niquel
--------------------	---------------------	------------------	------------------------	-------------------	--------------------	------------------------	---------------------

MICRONUTRIENTES [requeridos en menores cantidades y en gramos por hectárea]

MINERALES



NO MINERALES

Es importante que la planta tenga estos nutrientes en una forma balanceada y equilibrada para no tener limitantes e influencia de un elemento en la productividad final del cultivo.

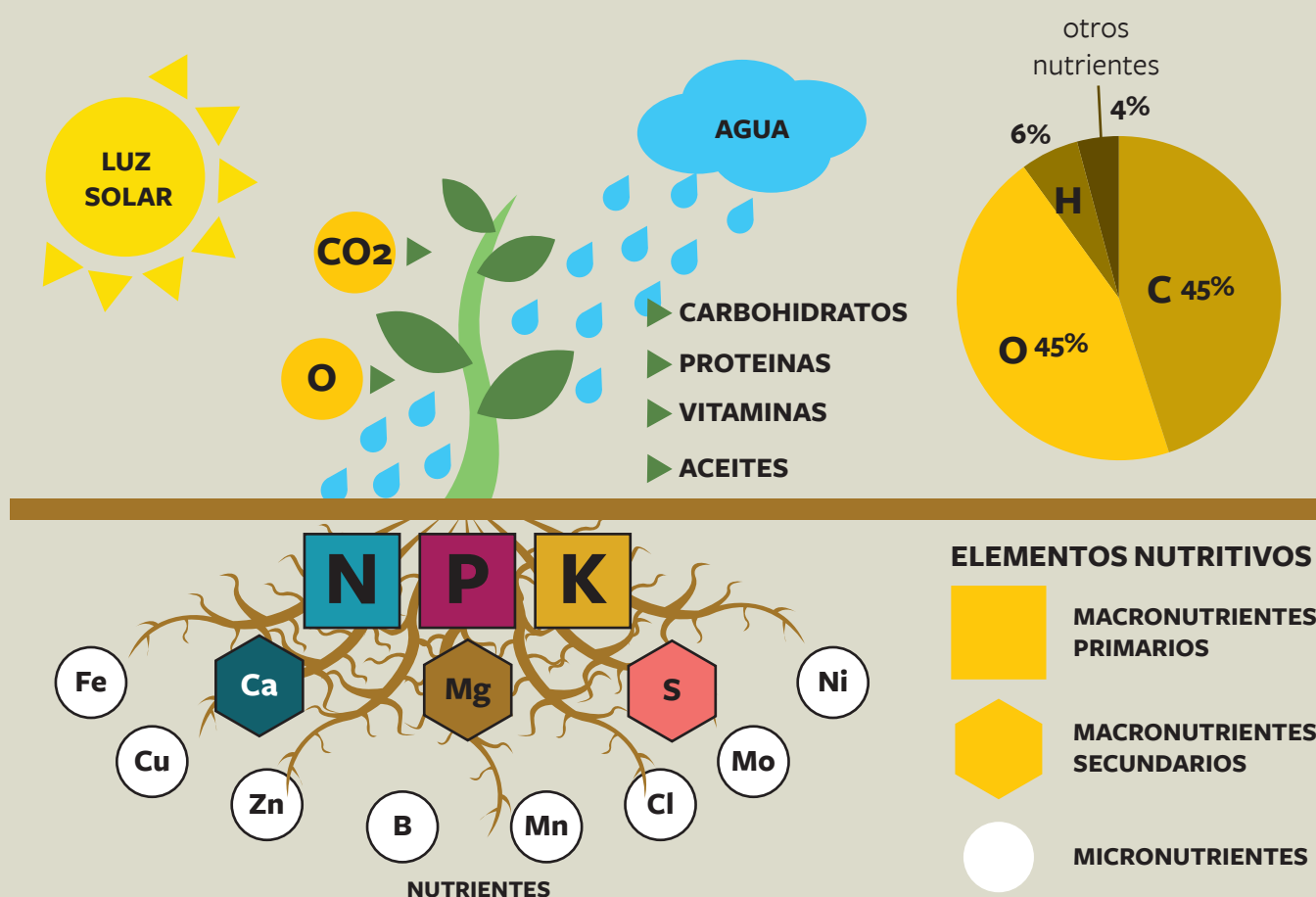
Si tenemos conocimiento sobre la necesidad de la planta y el suelo, nuestro costo de fertilizantes será una **INVERSIÓN** en el sistema de producción. Para ello las herramientas disponibles son:

- ▶ Análisis de suelos
- ▶ Análisis de los tejidos vegetales

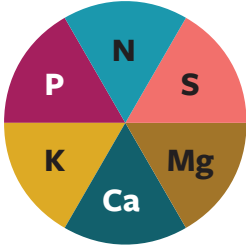
Las fuentes de correctivos de suelos y fertilizantes deben adaptarse a las propiedades de suelos:

- ▶ El tenor de materia orgánica en el suelo clave para el plan de nutrición en nitrógeno y azufre
- ▶ El fósforo de acuerdo al nivel de arcilla tiene una tasa de liberación y adsorción diferenciada
- ▶ El potasio, calcio y magnesio depende del equilibrio en la Capacidad de Intercambio Catiónico de los suelos
- ▶ Cada fuente tiene una liberación específica que puede ser gradual o total y así también su solubilidad en medios ácidos, agua, arena, arcilla, materia orgánica es variable que justifica su estudio y entendimiento

17 ELEMENTOS ESENCIALES PARA LAS PLANTAS



FUENTES DE FERTILIZANTES POR PRESENTACIÓN



fuentes de fertilizantes

FUENTE DE FERTILIZANTES SIMPLES

Ej: Superfosfato Simple, Fosfato Diamónico, Cloruro de Potasio, Sulfato de Amonio

FUENTE DE MEZCLA FÍSICA DE GRANULADOS

Mezclas de fertilizantes simples granulados para obtener fórmulas de nutrientes

FUENTE COMPUESTOS GRANULADO

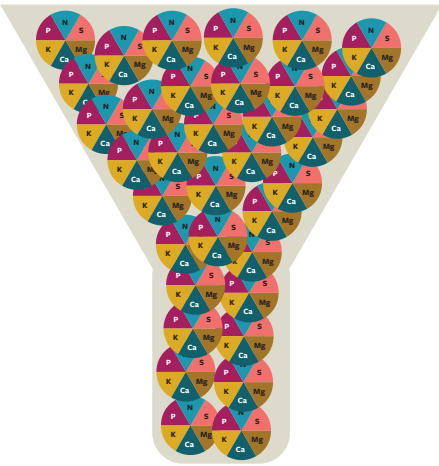
Mezcla de fertilizantes Simples en polvo para formar fórmula específica en el Gránulo

FUENTE CON ORGÁNICOS

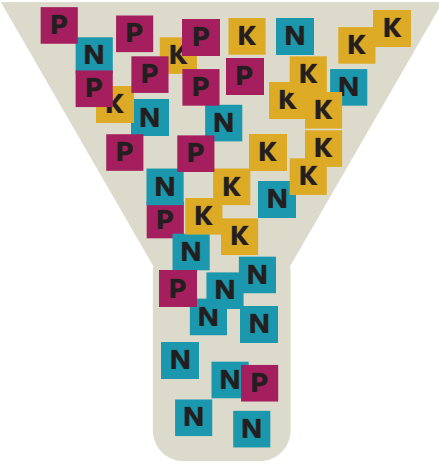
Ej: gallinaza de aves, estiércol de suinos y ganados, algas marinas, humus, entre otros

FUENTES DE ORGÁNICO Y MINERALES

Es una combinación de material orgánico con minerales que está siendo muy promocionado en los últimos tiempos por la liberación gradual de las fuentes simples solubles y por el aporte orgánico.



FUENTE COMPUESTOS GRANULADO



FUENTE DE MEZCLA FÍSICA DE GRANULADOS

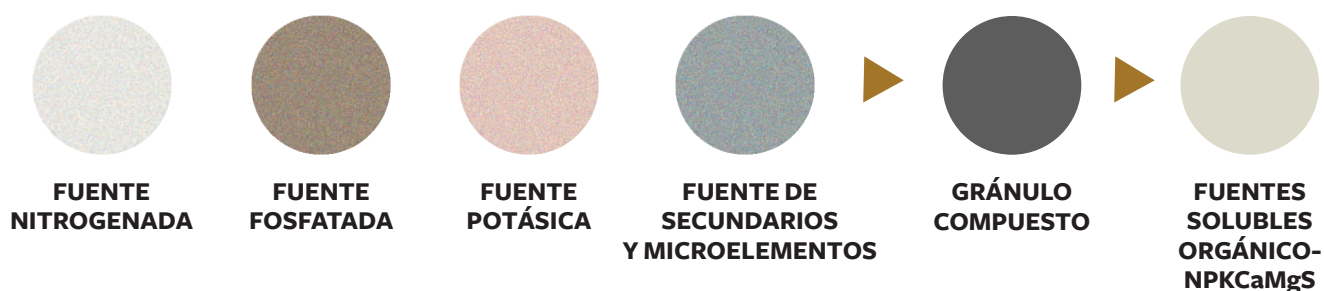
En Paraguay se usan aproximadamente 1.200.000 toneladas de fertilizantes, del total de las fórmulas de fertilizantes utilizadas, se consume cerca de 75% de fertilizantes de mezclas físicas NPK que poseen diferentes fuentes granuladas en la fórmula y solamente 25% de fertilizantes compuestos NPK que poseen los nutrientes mezclados en un mismo gránulo y formula

En los últimos tiempos a nivel mundial se discute mucho la eficiencia de la aplicación del fertilizante mezcla física, por los diferentes pesos y densidades de los nutrientes mezclados en las fórmulas, ensayos sobre la distribución en la aplicación demostraron alta variación en el ancho de trabajo de la aplicación.

Se recomienda aplicar al voleo una fuente simple o NPK granulado compuesto para obtener la dosis correcta de aplicar sin tener altas variaciones por efecto de las densidades las fuentes utilizadas.



GRANULACIÓN COMPUESTA



MEZCLA COMPUESTA



MEZCLA FÍSICA

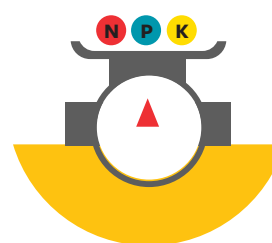


Desviaciones en el reparto al aportar 250 kg/ha de abonos NPK



Fuente: AIMCRA

Dosis Correcta



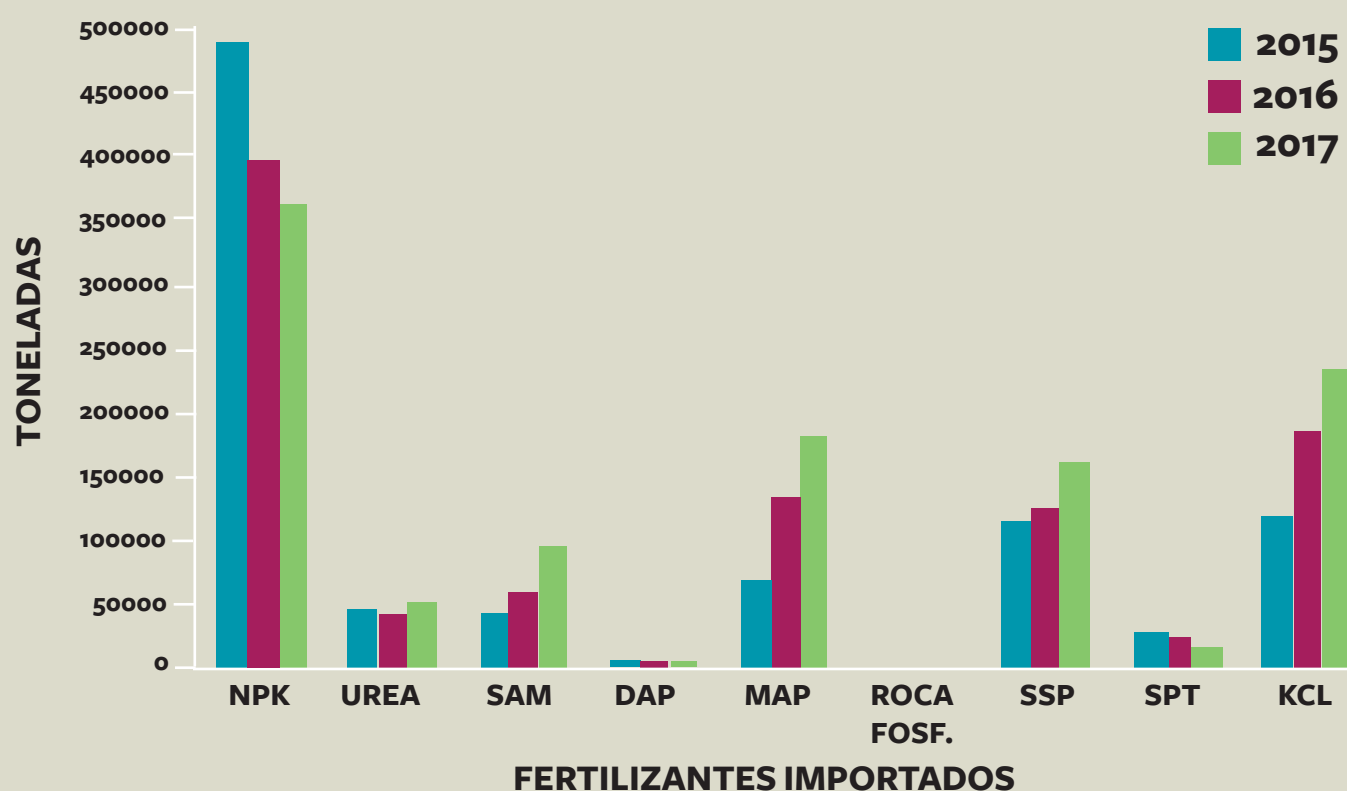
Consiste en realizar ajustes con la cantidad del fertilizante a ser aplicado basado en la necesidad del cultivo.

Un **EXCESO** de fertilizante resulta en pérdidas por lixiviación o contaminación de cauces hídricos por escurrimiento y hasta en toxicidad para la planta.

Una **DEFICIENCIA** por dosis menores a lo necesario resulta en menores rendimientos y en disminución de la calidad nutricional del producto, además de proporcionar baja cantidad de rastros que disminuye la protección y la calidad del suelo cultivado.

Para obtener la dosis correcta de fertilizantes lo básico es conocer la composición porcentual de las principales fuentes de fertilizantes importados y utilizados en Paraguay. Este porcentaje es variable y con este dato se puede calcular la cantidad de kilos a incorporar como nutrientes en el sistema de producción para que la dosis sea la correcta.

IMPORTACIÓN DE FERTILIZANTES Y CORRECTIVOS E SUELOS



Las recomendaciones de la dosis correcta deben guiarse por los tenores o niveles de los nutrientes determinados en el análisis del suelo.

Un análisis de suelo muestra las propiedades y características del suelo, entre ellas:

- ▶ Capacidad de Intercambio Catiónico
- ▶ % de Materia Orgánica
- ▶ Nivel de pH para conocer su ambiente ácido, neutro o alcalino
- ▶ Macronutrientes catiónicos y aniónicos
- ▶ Micronutrientes

Es muy importante que el productor pueda interpretar los resultados del análisis de suelo para tomar decisiones relacionadas a la fertilización y enmienda del cultivo.

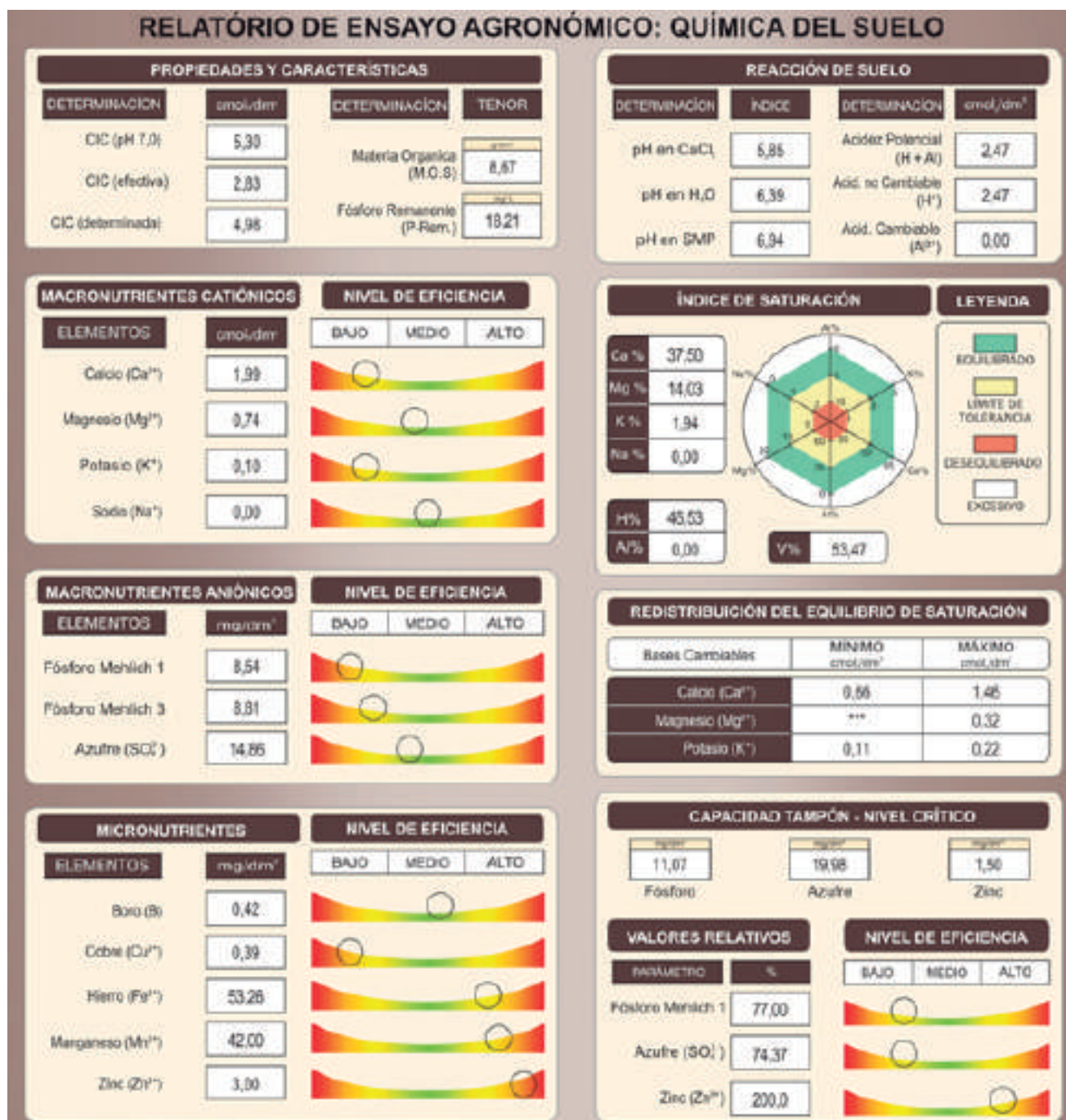


FUENTES FERTILIZANTES	ABREVIACIÓN	FORMA MOLECULAR	N%	P%	K%	S%
NITRATO DE AMONIO	NA	$\text{NH}_4(\text{NO}_3)$	34	0	0	0
UREA - NITRATO DE AMÓNICO	UAN	-	28-32	0	0	0
FOSFATO MONOAMÓNICO	MAP	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	12	54	0	0
FOSFATO DIAMÓNICO	DAP	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	18	46	0	0
SULFATO DE AMONIO	SA	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21	0	0	24
CLORURO DE POTASIO	MOP	KCl	0	0	60	0
SULFATO DE POTASIO	SOP	K_2SO_4	0	0	52	18
UREA	-	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46	0	0	0
SUPERFOSFATO TRIPLE	SPT	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	0	46	0	0
SUPERFOSFATO SIMPLE	SPS	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	0	20	0	15

Los Análisis de suelos presentan recomendaciones de dosis de fertilización generalmente de tres a cinco fajas, que van desde:

- ▶ Muy bajo (MB)
- ▶ Bajo (B)
- ▶ Mediano (M)
- ▶ Alta (A)
- ▶ Muy alta (MA)

EJEMPLO DE ANÁLISIS DE SUELOS



La dosis correcta de nutrientes que se puedan recomendar depende de:

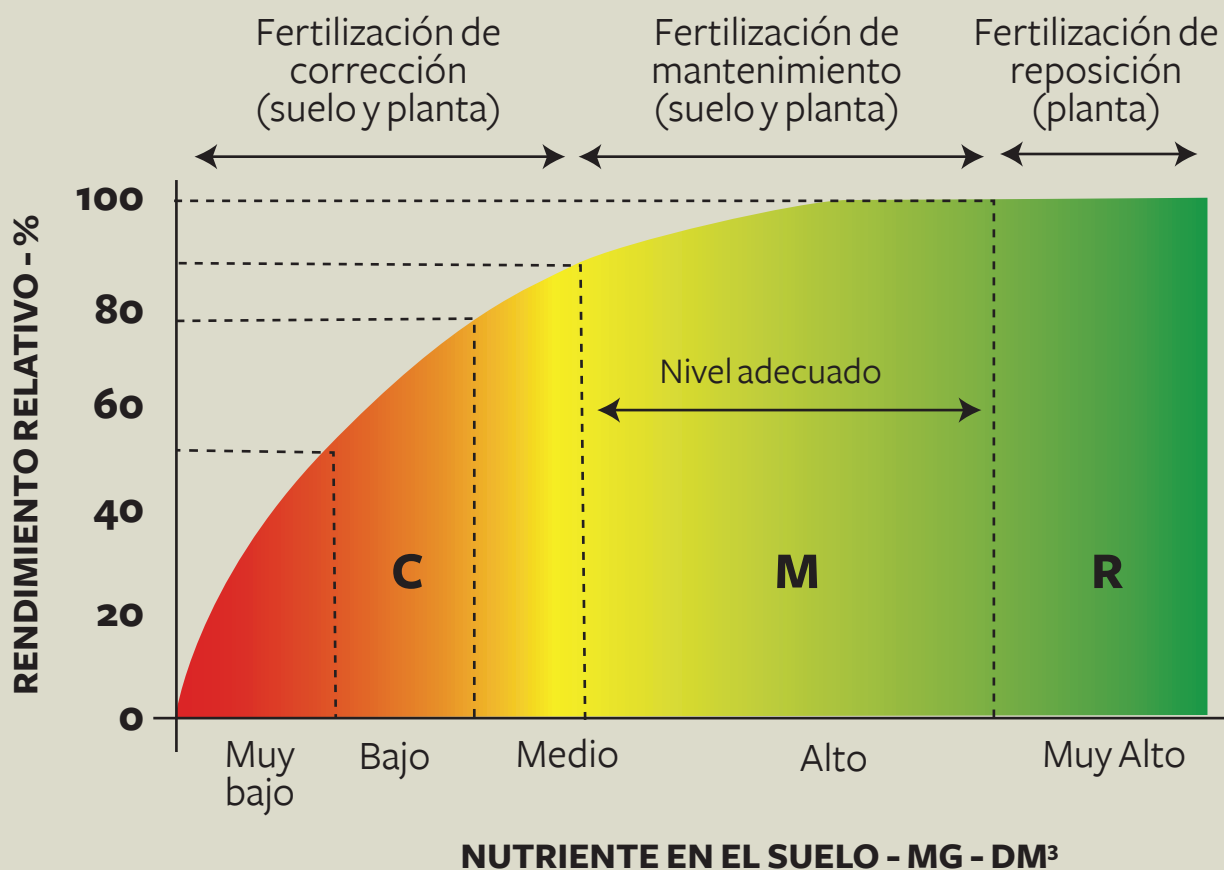
- ▶ Las características del suelo
- ▶ Del cultivo
- ▶ De las expectativas de rendimientos
- ▶ De la disponibilidad de recursos financieros para la inversión

Existe una curva de respuesta del cultivo al nutriente del suelo, para obtener la dosis correcta en cada región se realiza un estudio de calibración que genera 3 tipos de fertilización:

FERTILIZACIÓN DE CORRECCIÓN (C):

Considera la dosis para construir la fertilidad, adicionando lo exportado en el nutriente por el cultivo a implementar, donde el valor del nivel crítico encontrado en el suelo se divide en 3 partes para generar los niveles muy bajo, bajo y medio. En algunos casos éstas dosis de corrección se fraccionan en varios cultivos en sucesión.

Ejemplo: Si el tenor crítico del nutriente es $15 \text{ ppm} / 3 = 5$, significa que 5 sería el nivel muy bajo; 10 el bajo y 15 el medio



FERTILIZACIÓN DE MANTENIMIENTO (M):

Considera lo exportado por el cultivo según la expectativa de producción adicionando un porcentaje de pérdida que varía de 10 a 30% dependiendo del nutriente a aplicar (fuente, volatilización, clima, etc.). Se multiplica por 2 el tenor crítico del nutriente en el suelo para obtener los valores inferior y superior.

Ejemplo: Si el tenor crítico del nutriente es 15 ppm $\times 2 = 30$, significa que 15 es el valor inferior para mantenimiento y 30 el superior. Valores superiores a 30 son considerados muy alto.

FERTILIZACIÓN DE REPOSICIÓN (R):

Considera reponer lo que exporta el cultivo con su expectativa de producción, sin adición del porcentaje de pérdidas, ya que existe disponibilidad en el suelo en forma de reserva del nutriente en estudio y considerado como nivel muy alto.

La dosis correcta para construcción de la fertilidad de suelos está directamente relacionada al análisis de suelos.

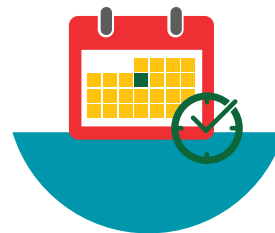
Para **REPONER** los nutrientes cosechados con el órgano comercial del cultivo practicado, debemos aplicar la cantidad estimada. Para **MANTENER** la fertilidad que se calcula según tablas de remoción de nutrientes principalmente ligados al nitrógeno, fósforo, potasio y azufre que son utilizadas en forma universal a través de tablas promedio de exportación o remoción expresadas en kilogramos por tonelada.



EXPOSICIÓN O REMOCIÓN EN KILOGRAMOS POR TONELADA

CULTIVOS	NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO	AZUFRE
Maíz Grano	12	6,3	4,5	1,4
Algodón Fibra	64	28	38	...
Avena	24	8,8	5,9	2,2
Arroz Grano	13	6,7	3,6	...
Canola	38	24	40	6,8
Trigo	19	8	4,8	1,7
Girasol	27	9,7	9	2,5
Caña de Azúcar	1	0,7	1,8	...
Soja Grano	55	12	20	3
Sorgo Grano	13	7,8	5,4	1,2
Tabaco	36	9	57	6

Momento Correcto



Consiste en ofrecer los nutrientes para los cultivos en los periodos de **MAYOR DEMANDA** para los cultivos implantados.

Los nutrientes son utilizados de forma más **EFICIENTE** cuando su disponibilidad es sincronizada y atendida basada en la demanda nutricional de cada cultivo, ya que cada especie necesita dosis diferenciadas durante su desarrollo vegetativo y reproductivo respectivamente.

Para manejar en forma el tiempo de aplicación debemos conocer el momento en que la planta lo requiere.

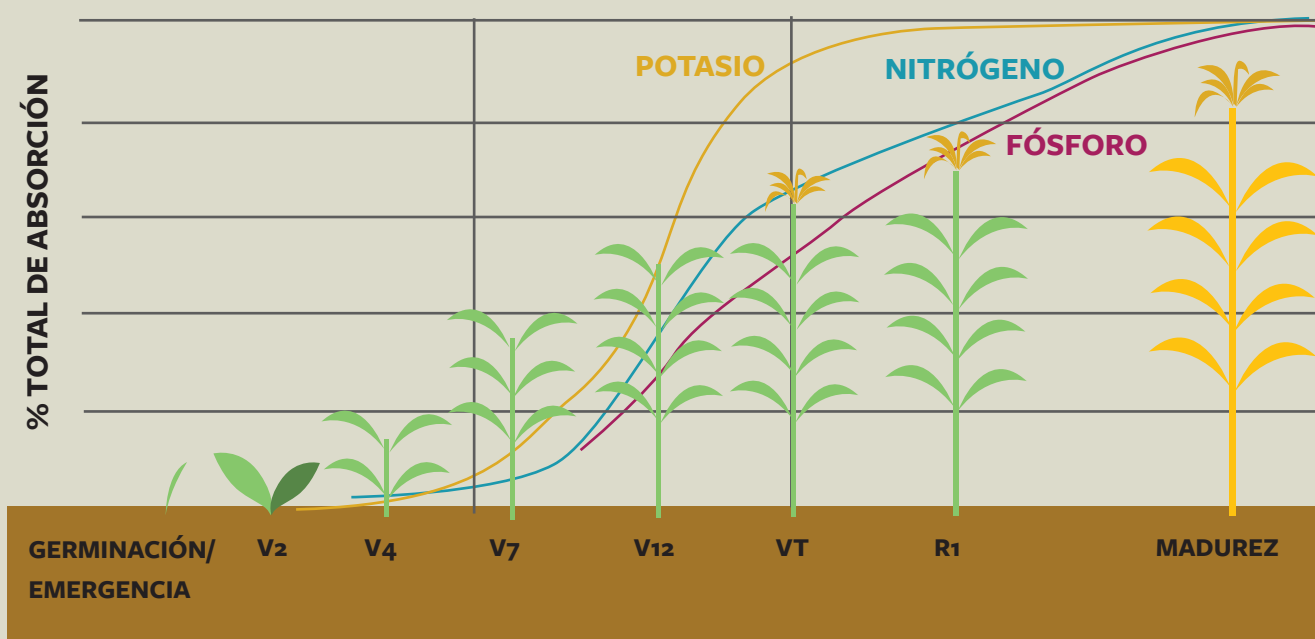
Ejemplo: Una planta de maíz absorbe nitrógeno y fósforo durante todo el cultivo, y absorbe el potasio desde el inicio de la fase reproductiva casi la totalidad de lo que necesita.

El fraccionamiento de los fertilizantes como urea, sulfato de amonio y cloruro de potasio son prácticas que se realizan para mejorar la eficiencia de absorción de nutrientes que se traslada a un mejor desarrollo de las plantas y por consiguiente en aumento en la productividad del cultivo.

Tener en cuenta el momento de aplicación es clave. La mayoría de los productores colocan los fertilizantes en la línea de siembra y en muchos casos en estadios superiores los nutrientes ya no están disponibles (Ej: nitrógeno y potasio que son móviles y sufren pérdidas en el suelo con condiciones desfavorables).



ESTADIOS DE DESARROLLO DEL MAÍZ



Es importante reconocer que cada cultivo tiene una curva de absorción de nutrientes y existen calibraciones sobre su absorción ligada a la alta productividad de cada cultivo.

Las herramientas modernas de diagnóstico como el Índice D.R.I.S. (Diagnosis and Recommendation Integrated System), que es un sistema de control del equilibrio nutritivo de las plantas y sirve para controlar la respuesta del cultivo a la fertilización de base y detectar los problemas que afectan al rendimiento a través de un análisis foliar para determinar la deficiencia nutricional en el momento correcto. Este tipo de tecnologías nos ayuda a tomar decisiones al momento de las aplicaciones de nutrientes esenciales.

El Índice D.R.I.S. es frecuentemente utilizado para mejorar la productividad con la aplicación de fertilizantes sólidos o foliares durante el desarrollo de los cultivos.

El ÍNDICE D.R.I.S tiene valores negativos y positivos, indicando que cuando los resultados están más próximo al 0 (cero) significa que ese nutriente analizado está más próximo al equilibrio. Valores distantes del rango 0 indican un desequilibrio, siendo los valores negativos deficiencia del nutriente y los valores positivos posibilidad de toxicidad en el cultivo por exceso del nutriente.

Se debe considerar que las aplicaciones de nutrientes al suelo pueden ser en 3 fases:

PRE – SIEMBRA:

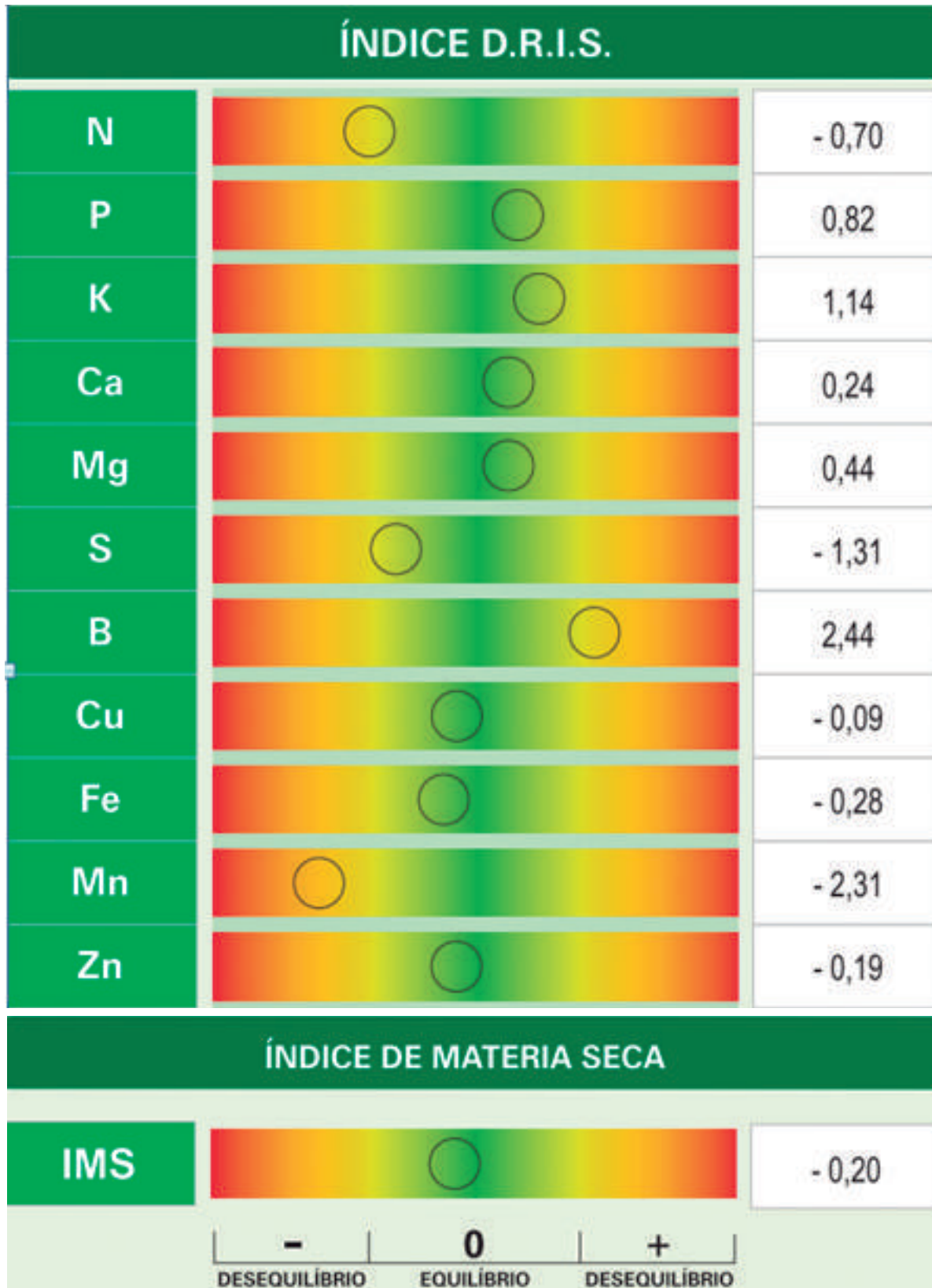
Se anticipa a la implantación del cultivo generalmente se usa para corrección de suelos buscando mejores rendimientos de cultivos.

EJEMPLOS:

- ▶ *Enmiendas para acidez y desequilibrio de bases como calcio, magnesio, potasio en el suelo siendo usadas fuentes como cal agrícola y cloruro de potasio.*
- ▶ *También se utiliza yeso agrícola, fosfato natural o superfosfato simple para levantar niveles de azufre y fósforo en el suelo. Últimamente se aplica el micronutriente Boro con fuente de ácido bórico, ulexita u otros.*

SIEMBRA:

Con la sembradora se incorporan fertilizantes en línea para cubrir los requerimientos de la planta según la expectativa de productividad.



EJEMPLOS

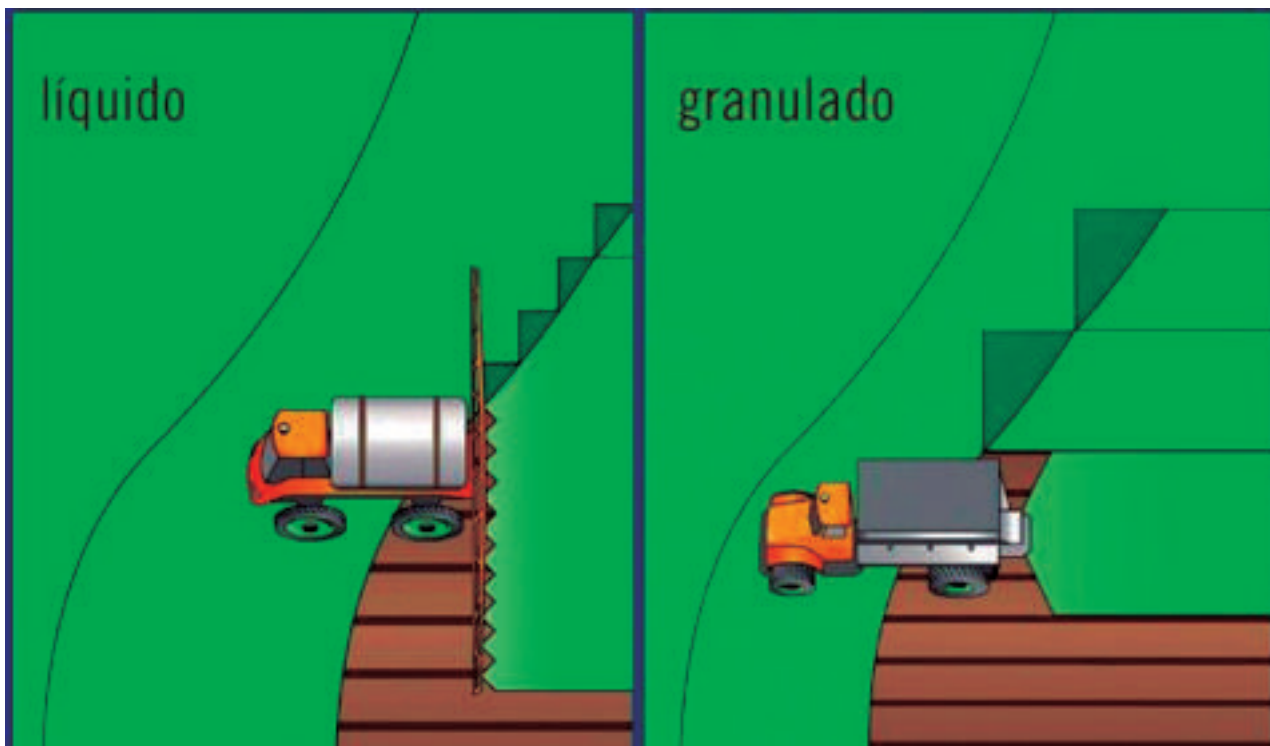
- ▶ Se utilizan formulaciones específicas de NPK.
- ▶ En la actualidad los avances en la industria de fertilizantes permiten otros nutrientes esenciales en las fórmulas como azufre, calcio, magnesio, boro, zinc, entre otros.

COBERTURA:

Los nutrientes se aplican sobre el cultivo implantado con el objetivo de cubrir la demanda nutricional durante el desarrollo y crecimiento de las plantas.

EJEMPLOS:

- ▶ Son utilizados fuentes sólidas como fuente de nitrógeno: urea, sulfato de amonio, cloruro de potasio en forma de gránulos.
- ▶ También fuentes líquidas combinando nutrientes, principalmente se aplican micronutrientes vía foliar con pulverizadoras.



Lugar Correcto

Consiste en colocar y mantener los nutrientes donde los cultivos pueden asimilar y nutrirse.

Los métodos de aplicación de los correctivos de suelos y fertilizantes son **CLAVES** para el uso eficiente de los nutrientes por las plantas.

Para fertilizar, existen diversos equipamientos y maquinarias:

- ▶ Lo más utilizado para la fertilización en línea son las tolvas de fertilizantes acopladas a una sembradora. De esta forma la fertilización se realiza al momento de la siembra del cultivo, ahorrando costos.
- ▶ Por otra parte la fertilización al voleo se realiza en pre-siembra para aplicar enmiendas de suelo o en cobertura de los cultivos para brindar los nutrientes cuando la planta más requiere.

La textura del suelo también tiene importancia con el lugar correcto de aplicación porque de esto depende la capacidad de intercambio catiónico y retención de nutrientes.



Es bueno conocer la distribución y profundidad de las raíces que son variables de acuerdo al tipo de cultivo a implantar. Se sugiere seleccionar diferentes estrategias de fertilización de acuerdo al tipo de raíz del cultivo en producción, ya sea en forma superficial como algunas pasturas o incorporadas como es el caso de la soja.



En suelos con mayor porosidad como los arenosos se recomienda aplicar durante la siembra una pequeña parte y en cobertura fraccionar y si es posible en más de una aplicación, con el objetivo de disminuir pérdidas de los fertilizantes en el sistema suelo – planta.

Los suelos rojos y con alto contenido de arcilla tienen capacidad de retener por más tiempo los fertilizantes aplicados y gran parte pueden ser aplicada en línea durante la siembra.

Todas las parcelas poseen lugares de alta, media y baja productividad que merecen ser tratados como zonas diferenciadas y así también la fertilidad de los suelos es variable.

Con el uso de la tecnología como la Agricultura de Precisión se busca realizar actividades por sitio específico. Racionalizar los fertilizantes para que sean utilizados eficientemente y de esta manera aumentar la productividad. La Agricultura de Precisión es una tecnología muy válida para aplicar de manera eficiente este requisito del lugar correcto del nutriente.

A través del diagnóstico de la fertilidad de suelos con grillas georeferenciadas de muestreo de suelos y mapas de aplicación de los fertilizantes en dosis variable, se han verificado un ahorro en torno del **15%** en el uso de fertilizantes y correctivos de suelos. También es destacable que esta práctica mejora la producción mínimamente en un 10% en suelos bien conservados y hasta 100% de aumento en producción en suelos degradados.

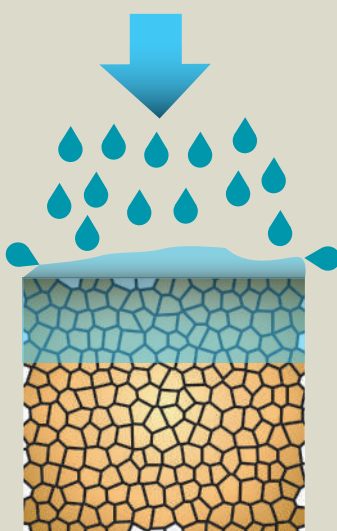
Los suelos que responden bien a la corrección, son los que tienen niveles bajos de nutrientes. Se recomienda realizar un plan estratégico de corrección basado en un muestreo georeferenciado de las parcelas, ya que se pueden obtener aumentos significativos en la producción



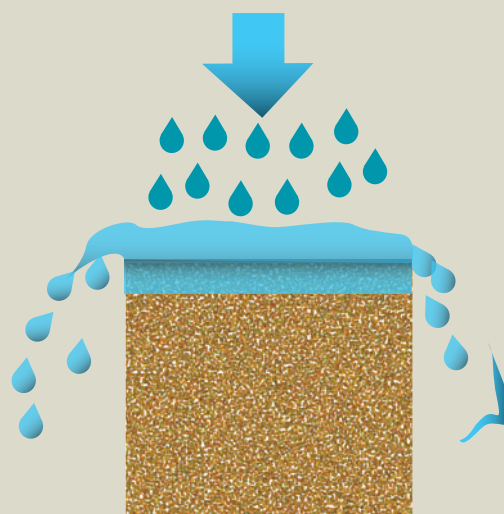
VARIACIÓN EN LA INFILTRACIÓN POR TEXTURA DEL SUELO



ARENA



LIMO

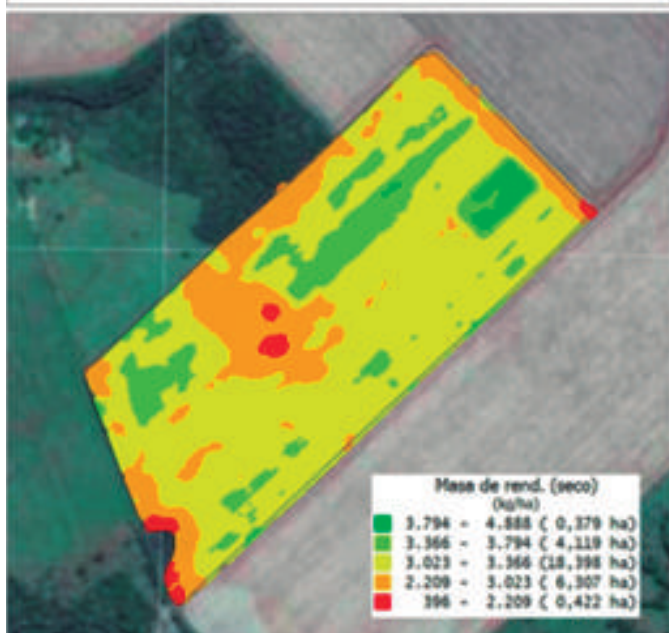


ARCILLA

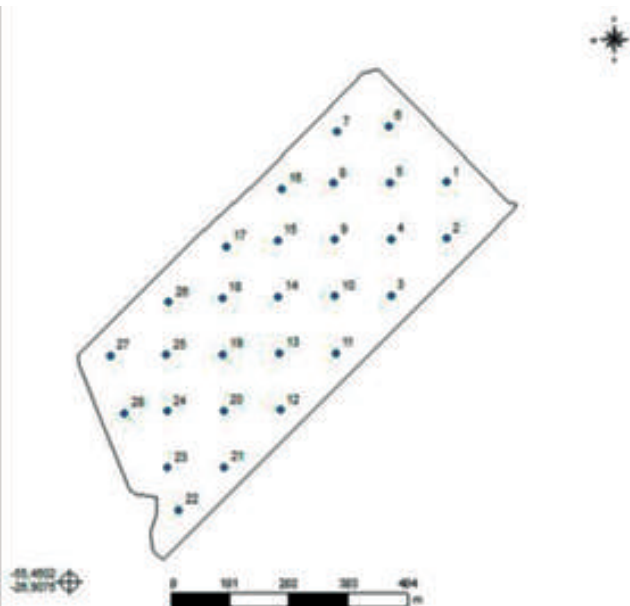
PLAN ESTRATÉGICO DE CORRECCIÓN

MAPA DE COSECHA

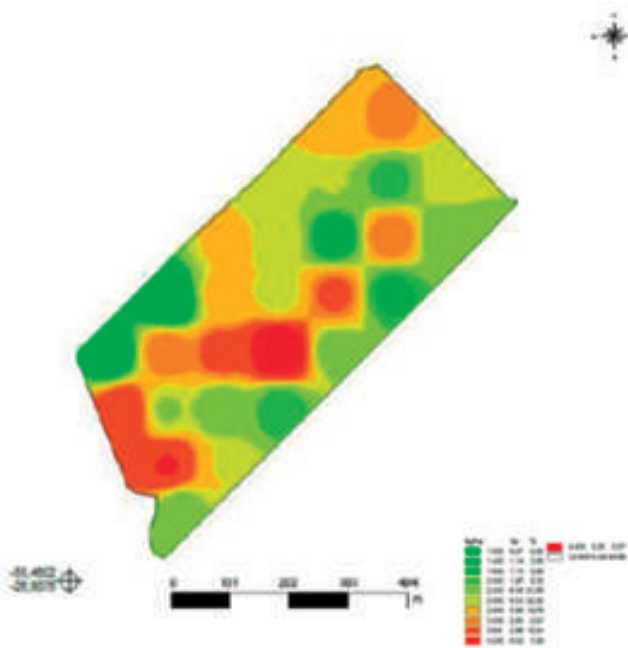
Zona de Manejo - Parcela 30 - Soja (2014-15-16)



GRILLA DE MUESTREO DE SUELO



APLICACIÓN DE CAL AGRÍCOLA



APLICACIÓN DE CLORURO DE POTASIO

