



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Agricultura sostenible. Balance de nutrientes para un sistema integrado de diagnóstico y recomendación de abonado

Autor: Javier González Paloma

Institución: Fertiberia, S.A.
E-mail: fjp@fertiberia.es



RESUMEN:

La situación actual que vive la agricultura, está directamente relacionada con la necesidad de alimentos a nivel mundial, la cual se puede ver modificada por un aumento de la superficie cultivada, lo que no siempre es posible, o por el aumento de rendimientos en las explotaciones agrícolas. Para conseguir este aumento de rendimientos, es necesaria una correcta fertilización mineral, ya que es imprescindible para mantener la fertilidad de los suelos y conseguir los techos productivos de los cultivos practicados. Sin embargo, actualmente existe una gran preocupación por los problemas medioambientales que pudieran derivarse de un mal uso de los fertilizantes. Desde todas las instituciones europeas y nacionales, en línea con los principios de Desarrollo Sostenible, se está instando a los agricultores a hacer un uso correcto de los fertilizantes e incluso, en las zonas designadas como 'Vulnerables', se exige la puesta en práctica de una serie de principios de actuación que minimicen el impacto ambiental derivado de la fertilización. A pesar de que el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación ha establecido una metodología oficial de análisis de suelo – agua – planta, no existe una metodología oficial de interpretación de esos datos y en consecuencia de aplicación de fertilizantes por cultivos y comarcas agrícolas. El propio Ministerio de Agricultura, en su Libro Blanco, reconoce la 'falta de un procedimiento de carácter general que oriente a los agricultores sobre el uso racional del abonado' a través de el 'mejor conocimiento de las características de los suelos.....estableciendo las recomendaciones de abonado de ámbito comarcal...'. Por otra parte, las Comunidades Autónomas han publicado los correspondientes Códigos de Buenas Prácticas Agrarias, que en las zonas en las que son de obligado cumplimiento, limitan la aplicación de fertilizantes nitrogenados en las formas y momentos determinados en cada caso. También los sistemas de producción integrada (P.I.) que se están desarrollando tanto a nivel comunitario como nacional, contemplan como práctica previa al abonado, el análisis suelo-agua-planta de manera que se determinen las necesidades de nutrientes en cada caso. A pesar de todo lo expuesto, la responsabilidad final sobre el uso de fertilizantes recae sobre los propios agricultores. Históricamente, Fertiberia ha ofrecido de manera gratuita a sus clientes, un servicio de asesoramiento técnico a través de su Servicio Agronómico, consistente en la determinación de las dosis de abono adecuadas para maximizar sus rendimientos y minimizar los riesgos medioambientales utilizando como base los resultados de los análisis de suelo – tierra – agua realizados por su Laboratorio Agronómico. Con la idea de perfeccionar y automatizar este sistema de recomendación, que habitualmente se venía realizando desde el Servicio Agronómico de Fertiberia, se ha desarrollado un programa informático en colaboración con la universidades Miguel Hernández de Elche, Alicante, Politécnica de Valencia y el Centro de Edafología y Biología Aplicada del seguro (CEBAS-CSIC), que permitirá incorporar a la experiencia del Servicio Agronómico de Fertiberia, la aplicación de los más novedosos sistemas de diagnóstico en el ámbito del tratamiento estadístico e interpretación de los análisis de suelo, agua y vegetales, lo que ha exigido una importante tarea de investigación agronómica que se ha desarrollado en el marco de este proyecto y que a día de hoy ya es extensivo a numerosos cultivos. La implementación de esta solución informática basada en las tecnologías de la información y comunicación, permitirá realizar un asesoramiento a los agricultores españoles sobre una optimización de la fertilización y una contribución práctica a una agricultura sostenible, respetuosa con el medio ambiente y competitiva económicamente.



La situación actual que vive la agricultura, está directamente relacionada con la necesidad de alimentos a nivel mundial, la cual puede verse modificada por un aumento de la superficie cultivada, lo que no siempre es posible, o por el aumento de rendimientos en las explotaciones agrícolas. Para conseguir este aumento de rendimientos, entre otras cosas, es necesaria una correcta fertilización mineral, ya que es imprescindible para mantener la fertilidad de los suelos y conseguir los techos productivos de los cultivos practicados. Sin embargo, actualmente existe una gran preocupación por los problemas medioambientales que pudieran derivarse de un mal uso de los fertilizantes.

Desde todas las instituciones europeas y nacionales, en línea con los principios de Desarrollo Sostenible, se está instando a los agricultores a hacer un uso correcto de los fertilizantes e incluso, en las zonas designadas como “Vulnerables”, se exige la puesta en práctica de una serie de principios de actuación que minimicen el impacto ambiental derivado de la fertilización.

El Ministerio del Medio Ambiente, Medio Rural y Marino ha establecido una metodología oficial de análisis de suelo – agua – planta, pero a pesar de ello no existe una metodología oficial de interpretación de esos datos y en consecuencia de aplicación de fertilizantes por cultivos y comarcas agrícolas. El propio Ministerio de Agricultura, en su Libro Blanco, reconoce la “falta de un procedimiento de carácter general que oriente a los agricultores sobre el uso racional del abonado” a través del “mejor conocimiento de las características de los suelos.....estableciendo las recomendaciones de abonado de ámbito comarcal....”

Por otra parte, las Comunidades Autónomas han publicado distintos Códigos de Buenas Prácticas Agrarias, que en las zonas en las que son de obligado cumplimiento, limitan la aplicación de fertilizantes nitrogenados en las formas y momentos determinados en cada caso.

También los sistemas de producción integrada (P.I.) que se están desarrollando tanto a nivel autonómico como nacional, buscando un equilibrio entre la racionalización de los medios de producción y la productividad de las explotaciones, contemplan como práctica previa al abonado, el análisis suelo-agua-planta de manera que se determinen las necesidades de nutrientes en cada caso.

A pesar de todo lo expuesto, la responsabilidad final sobre el uso de fertilizantes recae sobre los propios agricultores, dejando constancia en la reforma de la PAC del año 2003 que la percepción de ayudas esta condicionada a la realización de buenas prácticas agrícolas y medioambientales.

Históricamente, Fertiberia ha ofrecido de manera gratuita a sus clientes, un servicio de asesoramiento técnico a través de su Servicio Agronómico, proponiendo los equilibrios más adecuados de nutrientes; aquellos que permiten maximizar los rendimientos de los cultivos y conservar la fertilidad del suelo, mejorando la rentabilidad de la actividad



agraria, al tiempo que se evitan aplicaciones por exceso, cuidando de esta manera del medio ambiente, utilizando como base los resultados de los análisis de suelo – tierra – agua realizados por su Laboratorio Agronómico.

Fertiberia dispone de una base de datos de más de 80.000 análisis realizados por su laboratorio agronómico a lo largo de su historia en todas las regiones agrícolas españolas. Aproximadamente más de 50.000 de estos análisis están informatizados. El procesamiento informático de toda la información generada por estos análisis, se puso en marcha hace diez años. Se realizaban mediante un programa interno llamado Servian, el cual por la época de su concepción, estaba limitado en el tratamiento estadístico de la información de una manera inmediata, realizado en un lenguaje informático mas antiguo propio de la época y con algunas dificultades de conexión con los clientes, siendo necesario para ello una VPN (red privada virtual). El Servian no ayudaba en el cálculo de las recomendaciones de abonado, por lo que éstas eran realizadas a mano por los técnicos del Servicio Agronómico de Fertiberia y el estudio estadístico de los datos generados por todos estos resultados analíticos tenía que ser desarrollado fuera del programa, con la consiguiente complicación del manejo de ese gran volumen de datos.

Con la idea de perfeccionar y automatizar este sistema de recomendación, que habitualmente se venía realizando desde el Servicio Agronómico de Fertiberia, se ha desarrollado un programa informático en el marco de colaboración de un Convenio de Investigación y Desarrollo entre Fertiberia, S.A. y las Universidades de Alicante (UA), Miguel Hernández (UMH) y Politécnica de Valencia (UPV) para desarrollar este moderno y ambicioso proyecto llamado Sistema de Diagnóstico y Recomendación de Fertilización (**SIDDRA**). El programa SIDDRA integra todos los parámetros que intervienen en el complejo suelo-agua-planta, lo que permite incorporar a la experiencia y conocimientos del Servicio Agronómico de Fertiberia, la aplicación de los más novedosos sistemas de diagnóstico en el ámbito del tratamiento estadístico e interpretación de los análisis de suelo, agua y vegetales. Todo esto ha exigido una importante tarea de investigación agronómica y que a día de hoy ya es extensiva a numerosos cultivos.

La implementación de esta solución informática basada en las tecnologías de la información y comunicación, permitirá realizar un asesoramiento a los agricultores españoles sobre una optimización de la fertilización y una **contribución práctica a una agricultura sostenible**, respetuosa con el medio ambiente y competitiva económicamente, teniendo siempre como referencia los resultados analíticos.

La integración de estas técnicas, se basa en establecer un valor de referencia para un nutriente o bien un valor de referencia para la relación entre uno o varios nutrientes, según la tabla de interpretación que tomemos, de forma que cuando el análisis del laboratorio informe de la concentraciones de nutrientes en hoja o en suelo, se identifique y cuantifique el desequilibrio nutricional de la planta y el programa por defecto nos recomiende el momento óptimo de aplicación, la forma de hacerlo, la formulación química más adecuada y el óptimo (mínimo necesario) aporte mineral que tendremos que realizar para corregir ese posible desequilibrio nutricional y asegurarnos la cosecha esperada, de esta forma nos aseguramos aumentar la eficiencia de los medios de producción de una manera sostenible, siendo respetuosos con el medio ambiente.



Mediante el programa SIDDRA hemos conseguido los siguientes objetivos:

- Integración de los distintos sistemas de interpretación de la nutrición vegetal, análisis de tierra, análisis de agua y análisis foliares.
- Integrar todos los conocimientos sobre fertilización que dispone Fertiberia, acumulados a lo largo de los años, para poder elaborar tablas actualizadas de interpretación de los suelos. Las tablas de interpretación utilizadas hasta ahora tenían sólo tres texturas, a partir de ahora tendremos al menos cinco texturas. Además se han ampliado las tablas a cuatro tipos de cultivo, lo que suponen 20 tablas de interpretación de suelos (5 texturas por 4 tipos de cultivo = 20 tablas):
 - Tablas de interpretación de suelos en Secanos
 - Tablas de interpretación de suelos en Secanos Frescos
 - Tablas de interpretación de suelos en Regadíos Extensivos
 - Tablas de interpretación de suelos en Regadíos Intensivos
- Establecer una metodología para la interpretación de los análisis foliares de los distintos cultivos, empezando con los más comunes y continuando en años venideros con otros cultivos, pudiendo particularizar tanto por variedad en cultivos herbáceos como por variedad y patrón en cultivos leñosos, además de poder diferenciar un cultivo tanto a nivel provincial o comarcal.
- Establecer un periodo concreto para llevar a cabo la toma de muestras foliares y que éstas sean representativas, es decir, con niveles de nutrientes lo más estables posible para que el diagnóstico sea totalmente fiable, en los siguientes cultivos:

Tabla 1: Cultivos y variedades estudiados en la primera fase del proyecto SIDDRA

ALBARICOQUERO	MAIZ	VID
BULIDA	DKC6575	BOBAL
MONIQUÍ	JARABA	C. SAUVIGNON
ALCACHOFA	JARAL BT	CENCIBEL PAULSEN
BLANCA DE TUDELA	P-67	CENCIBEL R110
ALMENDRO	MANZANO	CHARDONNAY
FERRADUEL	GOLDEN	CRIMSON
FERRAGNES	MELOCOTÓN	GARNACHA
GUARA	CATHERINA	MACABEO
CEBADA	RICH LADY	MALBEC
BELEN	RUBY RICH	MERLOT
EPONA-R1	SEVILLA II	MONASTRELL
GRAPHIC	SUMMER LADY	PETIT VERDOT
PEWTER	NECTARINA	SYRAH
SCARLET	BIG TOP	TEMPRANILLO
VOLLEY	RED GOLD	TINTORETA
CIRUELA	RED JIM	VERDEJO
ANGELENO	VENUS	

CÍTRICOS	ZINCIA
CLEMENTINA	OLIVO
CLEMENULES	ARBEQUINA
CLEMENVILLA	CORNICABRA
FORTUNE	PICUAL
HERNANDINA	PARAGUAYO
LANELATE	UFO3
MARISOL	PERAL
NAVEL	BLANQUILLA
NAVELATE	TRIGO
NAVELINA	ARTHUR NICK
ORTANIQUE	BERDUN
VALENCIA LATE	DIABLÓN
LIMONERO	DURO
FINO	GALEÓN
	GAZUL

Para la obtención de las normas de interpretación foliar para la realización de tablas interpretativas foliares, se han seguido los siguientes métodos de trabajo:

- Rangos de normalidad o suficiencia (RN)
- Índice de Desviación Estándar (IDS)
- Sistema Integral de Diagnóstico y Recomendaciones (DRIS)
- Sistema Integral de Diagnóstico y Recomendaciones Modificado (M-DRIS)
- Diagnóstico de la Composición de Nutrientes (CND)

Las principales características de los diferentes sistemas de interpretación son las siguientes:

- **Rangos de normalidad o suficiencia (RN)**

El rango de normalidad se define como el rango de valores dentro de los cuales la planta obtiene sus máximos rendimientos. Cuando el nivel de un elemento se encuentra por encima de dicho rango éste se interpreta como excesivo o tóxico, y cuando se encuentra por debajo de dicho rango se interpreta como un nivel deficitario del elemento.

Tabla 2: Ejemplo de una tabla con rangos de normalidad para los distintos nutrientes

Nutriente	muy bajo	bajo	normal	alto	muy alto
N	< 2,05	2,05 – 2,20	2,21 – 2,54	2,55 – 2,71	> 2,71
P	< 0,12	0,12 – 0,13	0,14 – 0,16	0,17 – 0,18	> 0,18

K	< 0,95	0,95 – 1,20	1,21 – 1,72	1,73 – 1,98	> 1,98
Ca	< 1,15	1,15 – 1,33	1,34 – 1,73	1,74 – 1,92	> 1,92
Mg	< 0,39	0,39 – 0,46	0,47 – 0,64	0,65 – 0,72	> 0,72

Este sería la interpretación clásica. A partir de unos valores medios calculamos los diferentes rangos de normalidad (muy bajo, bajo, normal, alto y muy alto), que dependerán en gran medida del tipo de población en la que hemos realizado el estudio. Si la población es muy homogénea podremos ajustarnos más en la interpretación.

- **Índice de Desviación Estándar (IDS)**

El Índice de Desviación Estándar es un método estático. Según Walworth y Sumner (1987) la Desviación Estándar permite determinar el rango por encima y por debajo de la norma en el cual se considera que el nutriente se encuentra en un balance correcto.

El IDS es un parámetro muy útil para evaluar la exactitud en el laboratorio y se obtiene participando en un programa de intercomparación, permitiéndonos ubicar un dato en función de la curva de Gauss conforme al número de desviaciones estándar que se alejan de la media.

Este método se puede calcular mediante una sencilla fórmula y nos permite hacernos una idea del estado nutricional del cultivo.

$$I.D.S. = \frac{Valor_{muestra} - Valor_{media}}{Desv.Std.} \times 10$$

El IDS puede ser tanto positivo como negativo, normalmente se toma el valor absoluto. Ofrece rangos de normalidad entre -10 y 10. El numerador de la fórmula es el error sistemático.

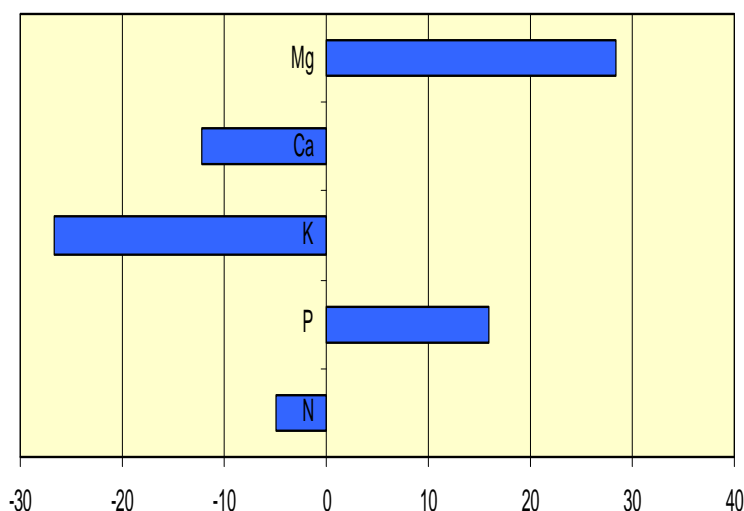


Figura 1: Ejemplo de interpretación gráfica del IDS

Así, viendo el gráfico sabemos que el elemento más limitante es el K, seguido del Ca (todos ellos por defecto). Luego tendríamos el Mg seguido del P, por exceso. El N estaría dentro del rango de normalidad.

Evidentemente, para el técnico de campo es mucho más fácil este sistema de interpretación que el de los Rangos de Normalidad, que lógicamente presentan gran cantidad de números interpretativos.

- **Sistema Integral de Diagnóstico y Recomendaciones Modificado (DRIS)**

El sistema DRIS (Beaufils, 1973) permite desarrollar una serie de normas de diagnóstico, las cuales ajustan de forma general la composición de los tejidos de la planta, la composición del suelo, las condiciones ambientales y las prácticas culturales, así como el rendimiento de un cultivo en concreto (Malavolta *et al.*, 1997)

El DRIS usa índices para cada nutriente obtenidos de la media aritmética de las relaciones de los pares de elementos en los que interviene el elemento considerado (Walworth y Sumner, 1987). Dichas relaciones están establecidas de tal forma que la variación dependiente de la edad de la hoja sea mínima, por lo que, aunque normalmente es el cociente entre los elementos, puede ser también el producto.

En el cálculo de las funciones interviene el coeficiente de variación de la norma, que es una medida de variabilidad entre distintos componentes de un grupo y de la relación entre los elementos. Si dicho coeficiente es bajo, indica que los elementos están bien relacionados fisiológicamente entre sí y la función tendrá mucha repercusión en los



cálculos de los índices. Si por el contrario es elevado, ambos tendrán poca relación y su influencia en el índice será mínima.

El rendimiento del cultivo está relacionado con el sumatorio de todos los índices en valor absoluto, considerando dicho sumatorio como un índice de la producción, siendo además representativo el balance global de todos los nutrientes implicados en la nutrición de la planta. Se demuestra así que para obtener producciones elevadas es más importante un buen balance que mantener el nivel adecuado de cada nutriente por separado (Rodríguez y Rodríguez, 1997).

El sistema DRIS permite minimizar errores en el diagnóstico de la concentración de nutrientes en los tejidos de hojas y pecíolos.

Este método presentaba el inconveniente de que existían pocas normas y sólo eran válidas para algunos elementos, además sólo se utilizaban los elementos esenciales, perdiendo exactitud dicho método por tratarse de un balance global de nutrientes. Este problema ya se ha solventado gracias al empleo de programas informáticos en los que se pueden incluir todos los elementos esenciales y pasar, por ejemplo, de 3 funciones para 3 elementos a 79 funciones para 13 elementos (Beaufils, 1973; Rodríguez y Rodríguez, 1997; Walworth y Sumner, 1987, 1988)

Las principales ventajas del sistema DRIS sobre otros métodos es su habilidad para realizar diagnósticos foliares independientemente de la edad, variedad y parte de la planta utilizada (Sumner, 2000). Esto se debería a la utilización de una amplia base de datos (varios cientos de miles de análisis) en la obtención de las normas DRIS. Sin embargo, para mejorar la precisión de este diagnóstico será necesario establecer normas provenientes de estudios regionales y locales que tengan en cuenta la variabilidad de los nutrientes y cultivos estudiados (características climáticas, nivel de producción, etc.). Por otro lado, el déficit que afecta al crecimiento o rendimiento del cultivo pueden interferir significativamente en los resultados obtenidos.

○ **Sistema Integral de Diagnóstico y Recomendaciones Modificado (M-DRIS)**

Para poder llevar a cabo el método de M-DRIS, debemos calcular el índice de materia seca (IMS) y lo haremos a través de la siguiente fórmula (Walworth *et al.*, 1986):

$$\text{Índice}_{MS} = \frac{-f(A/MS) - f(B/MS) - f(C/MS) \dots - f(n/MS)}{n}$$

De manera que:

$$\text{Índice M-DRIS (media)} = \text{Índice DRIS (media)} - \text{Índice MS}$$



○ **Diagnóstico de la Composición de Nutrientes (CND)**

En la técnica del CND (Cadahía, 2005) se considera que la composición del tejido vegetal forma un arreglo (SD) dimensional de nutrientes; es decir, el tejido está compuesto de d nutrientes más un valor o nutriente de relleno R_d que representa los nutrientes no determinados químicamente:

$$SD = [(N, P, K \dots R_d): N > 0, P > 0, K > 0, R_d > 0, N + P + K + \dots + R_d = 100]$$

donde 100 es la concentración de materia seca (%); N, P, K, \dots son las proporciones de nutrientes y R_d es el nutriente de relleno estimado al considerar el 100% y la suma de las d proporciones de nutrientes:

$$R_d = 100 - (N + P + K + \dots)$$

Esas proporciones se hacen invariables en escala después de ser divididas por la media geométrica G :

$$G = [N \times P \times K \times \dots \times R_d]^{1/(d+1)}$$

Posteriormente se determinan los logaritmos de las proporciones centradas para cada observación:

$$V_N = \ln(N/G), V_P = \ln(P/G), V_K = \ln(K/G), V_{Ca} = \ln(Ca/G), V_{Mg} = \ln(Mg/G), V_{R_d} = \ln(R_d/G)$$

De manera que

$$V_N + V_P + V_K + V_{Ca} + V_{Mg} + \dots + V_{R_d} = 0,$$

donde V_x es la expresión del logaritmo de la proporción centrada para el nutriente X . Se debe tomar nota de que estas expresiones son proporciones múltiples, ya que involucran a todos los nutrientes considerados, incluyendo al complemento o relleno (R_d).

Por definición, la suma de los componentes de un tejido es 100% y la suma de los logaritmos de las proporciones centradas de los d nutrientes y de R_d debe ser 0. Esta



operación permite asegurar que las estimaciones se han hecho correctamente (Cadahía, 2005; Holland, 1966).

Así, tendremos cinco sistemas de interpretación foliar para cada cultivo, que serán utilizados según criterio del técnico de cada zona, o dependiendo de la época del año en la que se realice la toma de muestras foliares. Por citar un ejemplo, con el DRIS en olivo podremos interpretar los análisis foliares en diferentes épocas del año, es decir, tenemos tablas interpretativas para olivo en Julio y en Octubre-Noviembre, cuando actualmente sólo existen tablas para el mes de Julio.

Con todos los sistemas de interpretación funcionando e integrados, conseguimos además, la agilización en la interpretación y la realización de recomendaciones de abonado, que es para lo que se concibió el Laboratorio Agronómico y el antiguo programa informático que se manejaba desde la empresa (Servian).

Además, por la forma en que se ha diseñado el SIDDRA, ya no es necesaria la utilización de una VPN (red privada virtual), por lo tanto tampoco será necesario la instalación de programas-cliente en los sistemas de los usuarios del sistema pudiéndose abrir el sistema a todos los clientes de Fertiberia con mucha más facilidad de conexión, manejo y mayor rapidez en la obtención de los resultados, recibándose éstos vía correo electrónico.

En definitiva el programa tiene como finalidad aportar mejoras a la hora de realizar una recomendación de abonado, que sus resultados sean más precisos para tomar decisiones referidas a la nutrición del cultivo, consiguiendo de esta forma evaluar, optimizar y recomendar de la forma más sostenible para el medio ambiente, con la consiguiente mejora de la rentabilidad de explotación agrícola estudiada.

Para obtener los valores referenciales se han realizado cerca de 10.000 análisis de vegetales, de suelos y de aguas de los cultivos más relevantes en las principales zonas agrícolas de España. Las muestras se han tomado en aquellas fincas en las que los cultivos presentan un estado nutricional óptimo y que, por tanto, pueden ser tomadas como referencia para valorar el estado del resto de las explotaciones de la zona. Los resultados analíticos se tratarán estadísticamente con el objetivo de obtener unas tablas interpretativas. **La validez de estos valores de referencia estará limitada al área en que se han tomado las muestras y a la variedad de la planta en cuestión.** Esto da una idea de la precisión del sistema a la hora de hacer una recomendación, ya que tendremos tablas de interpretaciones puntuales o comarcales para cada cultivo y zona, en vez de basarnos en tablas de carácter general como, se viene haciendo de manera habitual.

Esta información junto con el resto de variables consideradas (tipo de planta, climatología de la zona, rendimiento esperado, prácticas culturales, etc.) se utilizan para plantear las ecuaciones que conducen a obtener la cantidad de nutrientes que se necesitan aportar en el abonado:

- nitrógeno
- fósforo
- potasio



- elementos secundarios (Mg, S, Ca, Na)
- microelementos

Otra gran ventaja de este proyecto realizado por Fertiberia, se basa en el gran dinamismo que posee el programa, consiguiéndose una continua entrada de información al sistema, con la que podemos ampliar nuestros conocimientos sobre otros cultivos y zonas, a la vez que conseguimos perfeccionar las tablas de interpretación que poseemos actualmente, por tener más datos sobre los que realizar los estudios estadísticos que el sistema es capaz de realizar. En definitiva, gracias al programa SIDDRA, a los análisis solicitados por nuestros clientes y los realizados por el grupo de investigación que componen el equipo técnico que configuran el programa, conseguimos ahondar un poco más en el conocimiento de la nutrición vegetal, para poder hacer más eficientes los medios de producción agrícolas, dentro del marco de la sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA:

- **Beaufils, ER 1973.** Diagnosis and Recommendation Integrated Systems (DRIS). University of Natal, Pietermaritzburg, Soil Science Bulletin N° 1, 132 pp
- **Cadahía, C. 2005.** Fertirrigación. Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- **Holland, D. A. 1966.** The interpretation of leaf analysis. Journal of Horticultural Science 41: 311-329.
- **Malavolta, E., G. Vitti y S. A. de Oliveira. 1997.** Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Potafos. Piracicaba, SP.
- **Rodríguez, V. y O. Rodríguez 1997.** Normas foliares DRIS para el diagnóstico nutricional del plátano (Musa AAB subgrupo plátano cv. Harton). Revista de la Facultad Agronomía (LUZ) 14(3): 285-296.
- **Sumner M.E. 2000.** Diagnóstico de los requerimientos de fertilización de cultivos extensivos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur, 9: Archivo agronómico N° 5. INPOFOS, Acasusso, Buenos Aires, Argentina.
- **Walworth, J, W. S. Letsch, y M. E Sumner. 1986.** Use of boundary lines in establishing diagnostic norms. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:123-127.
- **Walworth, J. y M. E. Sumner. 1987.** The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Adv. Soil. Sci. 6:149-188. 23.
- **Walworth, J.L. y M.E. Sumner. 1988.** Foliar Diagnosis. A Review. Adv. Plant. Nutr. 3:139-241.