

Documento:

Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. Una revisión

Document:

Development, determination and interpretation of DRIS norms for nutritional diagnosis in plants. A review

O. Rodríguez y V. Rodríguez¹

Resumen

La palabra DRIS es el acrónimo de Diagnosis and Recommendation Integrated System. Este sistema consiste en un conjunto de normas de diagnóstico, las cuales representan calibraciones de la composición de los tejidos, la composición del suelo, parámetros ambientales y prácticas de manejo en función del rendimiento de un cultivo en particular. En la presente revisión, se presenta una breve descripción del sistema, los cultivos en los cuales ha sido utilizado y han sido desarrolladas normas DRIS, las vías de desarrollo de las normas de diagnóstico en el escenario internacional así como también, las vías de desarrollo de esas normas generadas en Venezuela. Para la realización de un diagnóstico nutricional DRIS, es imprescindible contar con los datos de análisis de tejidos y con las normas de diagnóstico desarrolladas para un cultivo. Finalmente, se indican varias de las ventajas como herramienta de diagnóstico, que han sido reportadas para el sistema DRIS.

Palabras clave: rendimiento, nutrientes, deficiencias, excesos, balance, ventajas.

Abstract

DRIS is shorthand for Diagnosis and Recommendation Integrated System. It consists of an integrated set of norms representing calibrations of plant tissue composition, soil composition, environmental parameters and farming practices as function of yield of a particular crop. In this review a brief description of the system, common international ways of diagnostic norms development as well as the ways of norms development in Venezuela are presented. To make a diagnosis using the DRIS system, it is necessary to have access to nutrient composition

Recibido el 14-12-2000 ● Aceptado el 1-4-2001

1 Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Apartado 400. Barquisimeto, Venezuela. Fax: 58-251-629840. email:orodrigu@telcel.net.ve

data and established DRIS norms. Finally, some of the reported DRIS advantages as a diagnostic tool are reported.

Key words: yield, nutrients, deficiencies, balance, advantages.

Introducción

El sistema DRIS (Diagnosis and recommendation integrated system), fue propuesto originalmente por Beaufils (11), a partir de trabajos sobre fisiología y nutrición vegetal, primero con el cultivo del caucho (10) en Vietnam y posteriormente con maíz y caña de azúcar en Sur África (9, 10, 12, 13). Dicho trabajo (11) es un clásico, una obra totalmente original en los estudios sobre nutrición vegetal y con un enfoque holístico de la investigación, por lo cual, se recomienda su lectura a los interesados en este tema.

Beaufils (11), presenta al DRIS como una alternativa al método clásico experimental de campo consistente en comparar el efecto de varios tratamientos, en razón de las dificultades y limitaciones que introducen en estos experimentos, la acción de numerosos factores incontrolables y no evaluados, los cuales son meramente incluidos como estimaciones de error experimental. Como ejemplo de esas limitaciones en los experimentos con fertilizantes señala Beaufils (11) lo siguiente: a) Los efectos observados como consecuencia de las respuestas de las plantas a los fertilizantes, constituyen el resultado de una compleja cadena de reacciones, generalmente no definidas o conocidas. b) Dichas reacciones son determinadas por las características particulares del sitio de experimentación, las cuales nunca podrían ser exactamente

reproducidas en el tiempo y en el espacio, características que si podrían ser reproducidas, bajo las condiciones de un experimento de laboratorio. Debido a estas dificultades los resultados y condiciones logradas en un determinado sitio experimental, muy raramente pueden ser extrapoladas. c) Debido a que solo muy pocos factores pueden ser variados simultáneamente en los experimentos de campo (usualmente N, P y K en forma de fertilizante compuesto), los resultados y conclusiones obtenidos podrían estar tergiversados, debido a la actuación de un factor desconocido, no determinado, descartado o insospechado, que actuase como un factor limitante. d) La ocurrencia de un factor adverso accidental, que reste valor a la información. e) los requerimientos de repetición en el tiempo y en el espacio, propio de los experimentos de campo, hacen que estos sean numerosos y consumidores de mucho tiempo.

Como conclusión a todas esas limitantes, Beaufils (11), indica que estas podrían alterar los resultados y restringir la experimentación. Como consecuencia, una gran proporción de los experimentos de campo, no tendrían utilidad o aun peor, causarían más desorientación que una adecuada referencia (11).

Plantea entonces Beaufils (11), que debido a la importancia de sortear

las limitaciones expuestas, se requeriría de un método capaz de minimizarlas, siendo esta la razón por la cual fue desarrollado y propuesto el método denominado DRIS. Señala a continuación que, la principal idea de esta metodología estriba en “reproducir las condiciones de campo en una computadora, es decir, de forma similar a lo que podría hacerse en un laboratorio, de manera tal que se facilite el estudio de la influencia de un gran número de factores condicionantes del rendimiento bajo un conjunto de circunstancias deseadas preseleccionadas”

La aproximación experimental propuesta por Beaufile (11), se fundamenta en las siguientes premisas.

1. Desde el punto de vista de la respuesta de la planta, cualquier cambio en las condiciones que sobre ellas actúen, bien sean estas deliberadamente provocadas por el hombre o no, resultan en la realidad en un tratamiento. De allí que deben estudiarse sin discriminación ambos tipos de influencias sobre las plantas.

2. Debido a que tales tratamientos pueden influenciar cualquier factor de cualquier naturaleza, implicado en el sistema dinámico planta-ambiente a través de una cadena de reacciones; entonces, de ser posible, todos y cada uno de estos factores deben ser estudiados sin discriminación.

3. Debido a que cualquier conjunto de observaciones obtenidas en un sitio determinado, bien bajo condiciones provocadas o no, solo representan una determinada muestra del fenómeno total a ser observado,

cualquiera de esas observaciones y cualquiera que sea su origen y localización necesitan ser estudiadas sin discriminación.

De las consideraciones expuestas, Beaufile (11), propuso el siguiente esquema:

“La observación de cualquier componente de un sistema, es considerada análoga a la replicación de un experimento tradicional de observaciones ilimitadas, (si es suficientemente grande el número de observaciones) y localizadas al azar en el cultivo, (si las observaciones están suficientemente dispersas en el espacio)”. Por tal razonamiento, recomendó la recolección de la información mediante la metodología del “survey” o censo parcial de un cultivo (11).

El sistema así diseñado permite estudiar las siguientes relaciones, (presentadas de una manera esquemática) (11).

- a. Propiedades del suelo ®
Respuesta de la planta ® Rendimiento
- b. Condiciones climáticas ®
Respuesta de la planta ® Rendimiento
- c. Prácticas agronómicas ®
Respuesta de la planta ® Rendimiento
- d. Tratamientos al suelo ®
Propiedades del suelo ® Respuesta del suelo
- e. Respuesta del suelo +
Condiciones climáticas + Prácticas Agronómicas®
Respuesta de la planta.
- f. Respuesta de la planta
(sumatoria de caracteres internos) ®
Rendimiento

Agrega Beaufile (11), que dichas relaciones pueden ser progresivamente establecidas y progresivamente

recalibradas. Por ejemplo, si la diversidad de condiciones en las hojas, etc. son identificadas conjuntamente con el rendimiento y posteriormente reproducidas en el laboratorio, este proceso permitiría estudiar la relación y la influencia de cualquier de esos factores sobre el rendimiento. Continúa Beaufils (11), señalando que con suficiente información aleatoria, se facilitan las siguientes acciones:

a. Preseleccionar todas las observaciones obtenidas, que se corresponden con la condición deseada por el investigador, utilizando clases o intervalos para cada parámetro o factor en consideración.

b. Estudiar el efecto de las variaciones de cada factor, utilizando diseños estadísticos clásicos.

c. Reajustar un factor o una condición cada vez que sea necesario, utilizando técnicas de aproximación sucesivas y simultáneas.

d. Recomponer el diseño a voluntad para estudiar mas particularmente determinado factor.

e. Establecer un sistema de calibración mediante el uso de coeficientes de regresión u otro factor calibrador, para formular cualquier tipo de relación casual que pueda ocurrir bajo las condiciones analizadas.

Beaufils (11), expresa que la idea principal del DRIS es la de reproducir bajo techo (por ejemplo en una computadora) las condiciones de campo, en una vía similar a la forma como podría hacerse en un laboratorio, de manera tal que pudiese estudiarse simultáneamente, la influencia de un gran número de factores limitantes del rendimiento de las plantas, bajo un predeterminado conjunto de

condiciones preseleccionadas.

Según Sumner (96), el DRIS consiste en un conjunto integrado de normas, desarrolladas para evaluar el estado nutricional de un cultivo. Estas normas representan las calibraciones de la composición del tejido de la planta, la composición del suelo, los parámetros del medio ambiente y las prácticas culturales, como funciones de la producción obtenida por un cultivo en particular (96). Por lo tanto, el DRIS integra más íntimamente el balance nutricional de la planta y el suelo e incorpora aún, otros factores tales como, la edad de la planta y el clima en el diagnóstico, permitiendo así hacer recomendaciones confiables sobre el manejo de los cultivos (96).

Evaluar el estado nutricional consiste en realizar una comparación entre una muestra cualquiera y un patrón o estándar de comparación, el cual ha sido denominado como norma (62). La muestra puede estar constituida por una sola planta o por un grupo de plantas y las normas son definidas como los contenidos de los elementos nutrientes en la planta o conjunto de plantas "normales" desde el punto de vista de su estado nutricional (62). Malavolta et al (62), definen como plantas "normales" a aquellas que teniendo en sus tejidos todos los elementos en cantidades y proporciones adecuadas, son de alta producción y presentan una apariencia externa sana.

La razón de esta definición parte de la situación que las plantas bajo condiciones anormales (limitantes), no pueden expresar su óptimo potencial productivo (3, 11, 62, 111). Dicho en otras palabras, altos niveles de

producción solo pueden conseguirse cuando todos los factores que determinen la productividad, entre ellos los factores nutricionales, se encuentran en condiciones normales (3, 11, 62, 111).

Munson (64), expresa que una premisa conceptual del DRIS se refiere a que, aún cuando las concentraciones de uno o de todos los elementos de la planta estén en su óptimo, el nivel de su rendimiento puede ser alto, bajo o medio, dependiendo de uno o más de los otros factores limitantes del rendimiento. Esos otros factores son muy variados, como por ejemplo, el nivel entre los nutrientes, prácticas culturales, enfermedades, plagas, malezas, humedad del suelo, densidad de población, temperatura características del suelo y aún algunos otros (64)

Debido a la naturaleza dinámica de la composición foliar, el proceso de diagnóstico debe tratarse como un ejercicio complejo y no limitarse a la simple comparación individual de los resultados analíticos de cada nutriente, contra valores críticos o contra los rangos de suficiencia correspondientes (97). Con base a esta premisa, varios trabajos han comparado la precisión del diagnóstico entre el sistema DRIS y el de valores críticos, el de los rangos de suficiencia y el DOP, dando por resultando que los análisis mediante el sistema de diagnóstico DRIS son mas seguros y precisos que los del diagnóstico por los otros sistemas (7, 14, 16, 20, 30, 44, 51, 52, 64, 75, 91, 109).

El DRIS fue desarrollado por Beaufils (9, 10, 11), alrededor de la década de los 60. Sumner (92, 93, 94,

95, 96), un colega de Beaufils en Sur África, introdujo el DRIS en EE.UU. en la década de los 70. Posteriormente, diversos autores han utilizado ese sistema para generar normas de diagnóstico de tejidos en una gran variedad de cultivos, desde pastos, pasando por cultivos anuales, hasta cultivos perennes de variada índole. A continuación, se presenta un listado de referencia de los cultivos que cuentan con normas de diagnóstico y de los trabajos publicados en ese respecto.

Alfalfa (*Medicago sativa*) (16, 55, 85, 106); árboles forestales (68); avellana (*Corylus avellana* L.) (1, 73); berenjena (*Solanum melongena*) (69); café (*Coffea arabica* y *Coffea canephora*) (6, 21, 28); cambures (*Musa paradisiaca*) (5); caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (12, 13, 32, 33, 52, 103); caraotas (*Phaseolus* sp.) (112); cebolla (*Allium cepa* L.) (23); céleri (*Apium graveolens* Mill) (105); cereza (*Prunus avium* L.) (73); lechosa (*Carica papaya*) (20); lechuga (*Lectuca sativa* L.) (86); limones (*Citrus limon*) (26, 27); macadamia (*Macadamia ternifolia*) (29); mango (*Mangifera indica*) (70, 88); manzana (*Malus* sp); (42, 66) maíz (*Zea mays*); (7, 16, 22, 30, 34, 35, 36, 59, 61, 74, 75, 91, 92, 93, 95, 98, 110); melocotón (*Prunus persica*) (87); naranja Valencia (*Cytrus sinensis* L. Osbeck) (8, 17, 63, 83, 101); nogal (*Juglans regia*) (57); papa (*Solanum tuberosum* L.) (39, 60, 65); pasto Bermuda (*Cynodon dactylon* L.): (76, 104); pecan (*Carya illinoensis*): (19); pino navideño. (*Abies fraseri* (Pursh) Poir) (50, 71); pino radial (*Pinus radiata*) (84); piña (*Annanas comosus*) (4, 58); plátano Hartón (*Musa* AAB subgrupo plátano cv.

Hartón) (77, 78, 79, 80, 81, 82); soya (*Glicine max*) (14, 15, 18, 38, 43, 45, 46, 47, 48, 67, 90, 94); tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (40, 41); teca (*Tectona-grandis* Lf.) (31); tomate (*Lycopersicum esculentum*) (24, 25, 49); trébol blanco (*Trifolium repens*) (53); trigo (*Triticum aestivum* L.) (2, 16, 96, 98); uva (*Vitis vinifera*) (89).

Existen revisiones bibliográficas, las cuales pueden servir para ampliar el proceso de acercamiento al conocimiento y manejo de las características y alcances del DRIS y su uso en aspectos sobre nutrición (8, 15, 16, 20, 23, 30, 33, 36, 43, 44, 47, 51, 52, 54, 58, 59, 60, 62, 64, 72, 73, 74, 75, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 100, 101, 103, 106, 107, 108, 109, 110,

111). De la revisión de los trabajos publicados sobre el sistema DRIS, es evidente que su aplicación ha estado fundamentalmente dirigida hacia el área de estudio de los aspectos nutricionales de plantas y suelos. Sin embargo, hay trabajos en otras disciplinas, como el estudio de las relaciones entre las micorrizas, los suelos y las plantas (22, 37).

Rodríguez et al (77, 80, 81, 83), atribuyen la rápida adopción y difusión del DRIS, a sus variadas ventajas en términos de economía de recursos y del tiempo necesario para el desarrollo de normas de diagnóstico. Otras características del DRIS son sus sólidos basamentos conceptuales y fisiológicos y su relativa simplicidad metodológica.

Interpretación del tipo de expresión de los análisis foliares

La concentración de un elemento de las hojas, % de N por ejemplo, consiste simplemente en la relación entre cantidad de N en el tejido y la cantidad de materia seca (M.S.), es decir, $100 \times N/M.S$ (108, 109). Por otra parte, una relación entre nutrientes, por ejemplo N/P, consiste en la relación entre esos dos nutrientes, con referencia a la materia seca, lo cual puede expresarse como:

$$\frac{N}{P} = \frac{100 N}{M.S.} \times \frac{M.S.}{100 P}$$

expresión en la cual puede verse que los valores de M.S. pueden cancelarse (105, 106).

Para desarrollar el esquema bajo

análisis se puede estudiar un determinado caso (108). Por ejemplo, el de un análisis en el cual se haya determinado que el contenido de N y la relación N/P, están por encima de los valores óptimos.

Cuando el N es alto, podrían establecerse las siguientes opciones (107).

a) Que hay exceso de N con relación a un contenido normal de M.S. en el tejido de la planta.

b) Que el contenido de materia seca en el tejido de la planta es insuficiente con relación al contenido de N.

Si no se cuenta con normas de referencia, es imposible determinar cual de las dos opciones es la correcta. *Generalmente se asume que la mate-*

ria seca es un valor fijo, lo cual no siempre es verdad, (107), y hay la inclinación de favorecer la opción de que existe un exceso de N. Lógicamente, la segunda opción también es posible y ocurre cuando la

planta ha absorbido una cantidad de N adecuada para su edad, pero se ha retrasado la acumulación de materia seca, como consecuencia de una condición desfavorable en cualquier otro factor de crecimiento (107, 108).

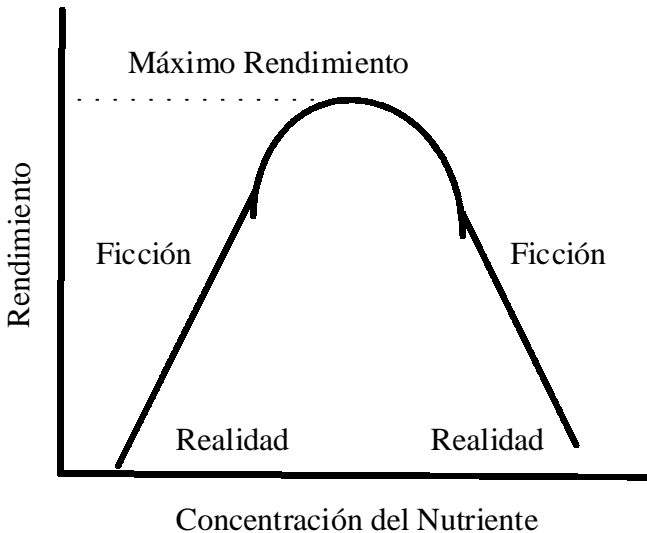
Curva de umbrales de respuesta

La curva de *umbrales de respuesta*, fue propuesta por Webb (111). Esta curva puede ser utilizada para generar normas de diagnóstico.

Señala Sumner (101), que la curva del figura 1, es la de umbrales de respuesta de Webb (111) y la misma utilizada por Beauflis (11) y Walworth et al (109). Dicha curva limita el área

denominada *realidad*, en la cual se ubicaría cualquier observación validamente obtenida sobre un parámetro cualquiera, del área denominada *ficción*, en la cual nunca se podrá ubicar realmente, cualquier observación validamente obtenida.

Sumner (101), concluye que de manera general, la curva de umbrales



Fuente: Sumner (101).

Figura 1. Modelo conceptual de la relación entre un parámetro foliar (o de suelo) y el rendimiento

de respuesta representa los casos extremos de la relación entre el rendimiento y un determinado parámetro foliar o edáfico. Mediante la práctica de adicionar continuamente información de dicho parámetro a un banco de datos y graficando sucesivamente las particulares relaciones, se va construyendo una serie de curvas de umbrales de respuesta (101). Continuamente estas curvas van siendo recalibradas de manera que, finalmente, si se provee suficiente información al banco de datos, se puede establecer la localización precisa de la curva y esta última, sería la calibración más exacta de la relación parámetro foliar-rendimiento (101).

El valor del parámetro foliar en el cual se obtenga el rendimiento máximo, representa el nivel de tal nutriente en particular, óptimo bajo cualquier condición (11, 107, 108). Sumner (101), señala que en términos de futuros trabajos de calibración, podría ser provechoso el uso de la técnica de la curva de umbrales de respuesta, debido a que este sistema soslaya muchos de los problemas asociados con los experimentos de

campo clásicos y aquellos que acarrearán las técnicas de regresión. Esta aseveración, aclara Sumner (101), no significa que deben abandonarse estos, sino que, podrían redefinirse a esquemas más apropiados.

Webb (111), define a la curva de umbrales de respuesta, como “la curva que representa los rendimientos máximos obtenibles a determinados valores de un parámetro o factor cualquiera que influya en el rendimiento”. Este factor puede ser, por ejemplo, la concentración foliar de un nutriente en el suelo o la temperatura, etc. Webb (111), añade que esta técnica permite estudiar y analizar una gran diversidad de valores de la composición foliar de una manera coherente y adecuada.

La definición propuesta por Webb (111), puede ser considerada como una afirmación similar a aquella comentada por Andrew (3), quien señala que, “para investigaciones confiables sobre los efectos de una deficiencia de nutrientes en el rendimiento de un cultivo es indispensable que todos los demás factores de crecimiento estén en su óptimo”.

Generación del banco de datos en el sistema DRIS

Sumner (92) señala que en el sistema DRIS, se generan un conjunto o juego de normas de diagnóstico, a través del censo de contenido de los nutrientes foliares de una subpoblación con los más altos rendimientos. En este censo, un gran número de sitios distribuidos al azar, son seleccionados para el muestreo, los sitios a

muestrear pueden ser campos experimentales o de producción (92). Cada sitio de muestreo es análogo a una parcela experimental, por lo cual, esta técnica se basa en un gran número de observaciones. Bajo este esquema, el sistema DRIS puede ser visualizado como un gran experimento factorial completo, en el cual, todos los factores

actúan sobre el rendimiento, sin restricción alguna (92). Las bases conceptuales de este procedimiento

proviene de los trabajos de Andrew (3), Beaufils (11) y Webb (111).

Formas de expresión de las normas en el sistema DRIS

Walworth y Sumner (109, 110), señalan que en el sistema DRIS, las normas son establecidas a partir de la media de la concentración de los nutrientes, expresados sobre la materia seca (N/M.S., P/M.S., K/M.S., Ca/M.S., etc.), así como las relaciones en forma de cociente entre los pares de cada elemento (N/K, Zn/Fe, Fe/Mn, etc.). Esta forma de expresión fue propuesta por Beaufils (11), con base a la observación de las tendencias al cambio de concentración de los nutrientes durante el proceso de envejecimiento. Beaufils (11), propuso la expresión de las normas de diagnóstico con base a cocientes, para reducir el efecto modificador que introduce la edad del tejido muestreado, en la correcta interpretación o diagnóstico de un determinado análisis foliar.

Beaufils (11), Sumner (99) y Walworth y Sumner (109), señalan que cuando la concentración de los nutrientes disminuye o se incrementa con la edad del tejido, es decir que van en una misma dirección, las relaciones como cocientes entre las normas expresadas como la media de la concentración de cada nutriente sobre la materia seca (ej. N/M.S./P/M.S.), son las más apropiadas formas de expresión, pero si por el contrario van en direcciones opuestas, como lo serían el caso del N, cuyo contenido

disminuye en los tejidos, después que se pasa de tejidos maduros a tejidos viejos y el Ca, cuyo contenido incrementa en los tejidos viejos, la expresión de la norma como el producto entre los nutrientes ($N \times Ca$), es la mejor forma de expresión.

Si se analiza al elemento calcio (Ca), el cual al expresarlo como porcentaje, aumenta con la edad, pero si su contenido es expresado como su recíproco ($1/Ca$), su valor disminuye con la edad, de esta última manera podría estudiarse mejor su relación con otros elementos que disminuyen con la edad, como por ejemplo el nitrógeno (99). De tal forma, la expresión de la relación quedaría $N/1/Ca = N C Ca$, eliminándose de esa manera, el efecto del envejecimiento sobre la divergencia en la relación entre los elementos (99). Los valores de expresión de esta manera, se mantienen relativamente constantes con la edad de los tejidos, dentro de unos límites relativamente más amplios, alternativa que se presenta como oportuna para ampliar la utilidad y la precisión de los diagnósticos foliares (99).

La utilidad de la forma de expresión de las relaciones entre nutrientes es ilustrada con un ejemplo. Beverly et al (17), diagnosticaron el estado de los elementos N, P, K, Ca, y Mg en las hojas de naranjo "Valencia", (*Citrus sinensis* L., Osbeck), mediante

normas desarrolladas con base al sistema DRIS, utilizando las relaciones entre estos cinco elementos, en forma de cocientes. Esos autores concluyeron que los índices de los nutrientes fueron afectados por la edad de la hoja (17). En contraposición, Sumner (99) y Walworth y Sumner (107), realizaron un análisis de los mismos datos (17), pero expresando las relaciones que conciernen a los demás elementos, en relación con el Ca y el Mg, en forma de productos, ($N \times Ca$), en vez de cocientes (N/Ca o Ca/N). Con ello, Sumner (99),

encontró que la edad de la hoja del naranjo, no tenía un efecto sustancial en los diagnósticos nutricionales arrojados por el sistema DRIS. Por las razones expresadas, Sumner (99) concluyó que para obtener una real y total ventaja de la flexibilidad que ofrece el uso de dicho sistema, debe utilizarse la vía de expresión adecuada de las normas. Con base a las razones recién analizadas, Walworth y Sumner (107), recomiendan escoger la forma de expresión que se mantenga más estable con el envejecimiento.

Vías de desarrollo de las normas de diagnóstico en el sistema DRIS

En el DRIS, la vía propuesta para desarrollar las normas de diagnóstico (valores óptimos normales), consiste en la determinación de la composición foliar de las plantas con los más altos rendimientos de un cultivo, para ser utilizadas como las normas de diagnóstico (9, 10, 11, 12, 77, 83, 99, 107). A su vez, los rangos normales de desviación de ese promedio, se determinan utilizando los valores de la desviación estándar de los datos de la población de la cual son desarrolladas las normas (9, 10, 11, 12, 77, 83, 101, 107). La desviación de los valores normales o normas de diagnóstico, está comprendida en el rango de valores de la media o norma de diagnóstico, mas o menos una vez el valor de la desviación estándar (32, 33, 35, 83, 107, 108).

La vía más difundida originalmente para desarrollar las normas de diagnóstico DRIS, fue la de extraer información de bancos de datos

preexistentes y procesarlos como se señala en la presentación del sistema por Beaufls (11) y luego por Walworth y Sumner (107). Esos datos generalmente provienen de experimentos bajo condiciones controladas. Las relaciones de balance entre nutrientes que van a ser utilizadas como normas de diagnóstico, son seleccionadas en primer lugar, entre aquellas que presentan los grupos de plantas excepcionales en una determinada cualidad o característica seleccionada y en segunda instancia, de la capacidad potencial que tengan esas relaciones, de detectar diferencias entre los grupos excepcionales (11, 12, 13, 14, 99, 107).

En Venezuela, Rodríguez y Rodríguez (77), y Rodríguez et al (83) desarrollaron una variante metodológica para el desarrollo de las normas. Esa variante consiste en desarrollar un banco de datos, realizando un muestreo de un cultivo

y seleccionando las plantas con valores en el tope del rendimiento (o de cualquier otra característica, previamente definida por el investigador) de ese cultivo. Con las mencionadas plantas, se desarrollan las normas de diagnóstico bajo la premisa y criterio que, las normas se corresponden con el valor promedio de los valores del nutriente en la subpoblación de más altos rendimientos (77, 83). Dicho criterio tiene su validación experimental en los trabajos Letsch y Sumner (59) y Walworth et al (109, 110).

Letsch y Sumner (59), demostraron que el nivel de corte seleccionado para dividir las plantas de altos y bajos rendimientos, no genera diferencias en el valor de las normas de diagnóstico, debido que el valor promedio para una determinada forma de expresión de la composición foliar para la población de más altos rendimientos, varió en solo un 7,2 %, cuando el nivel de corte en el rendimiento del maíz fue cambiado de 4 a 10 Mg.ha⁻¹.

Walworth et al (110), demostraron que las normas de diagnóstico pueden ser desarrolladas, aún de una población reducida de individuos o de un número reducido de plantas o unidades experimentales, si estas están realmente en los topes del rendimiento de ese cultivo. Posteriormente, Rodríguez et al (77, 83), establecieron como vías de desarrollo y de validación de las normas desarrolladas, a partir de los valores de las plantas en el 20 % superior del rendimiento. La validación fue realizada a través de la comparación

de las normas desarrolladas con plantas de naranjo Valencia de diferentes edades, injertadas sobre diferentes portainjertos y su posterior confrontación, contra valores desarrollados mediante sistemas clásicos por otros autores (77, 83, Arizaleta et al, no publicado).

La determinación de la composición foliar de las plantas con los más altos rendimientos, podría ser tan útil como la obtenida a través de investigaciones con ensayos de fertilización bajo condiciones controladas (11, 59, 102, 107, 108, 109, 110). También indican esos autores, que las informaciones obtenidas por medio de la investigación de las cantidades de fertilizantes a aplicar, fecha de siembra y densidades de siembra a utilizar para lograr altos rendimientos, pueden ser específicas para cada localidad, en cambio, los niveles de la composición de los nutrientes en los tejidos, pueden tener una aplicabilidad geográfica más amplia (11, 101, 102, 107). Por lo tanto, este tipo de información nutricional puede utilizarse para generar normas foliares óptimas, a partir de bancos de datos amplios, en razón del estrecho margen de la composición foliar que generalmente está correlacionada con los niveles más altos de producción (11, 62, 82, 101, 102, 107, 108, 109, 110). En un sistema integral de diagnóstico y recomendación, los análisis de suelo, así como otras fuentes de información, deben integrarse con los diagnósticos foliares en forma previa, para que una recomendación confiable pueda ser realizada (102).

Efectos de diferentes variables sobre las normas DRIS.

a) Con relación a la posición de la hoja muestreada. Walworth y Sumner (107) encontraron que al realizar el diagnóstico con el sistema DRIS en hojas de maíz de variada posición dentro de la planta, solo ocurrieron variaciones menores en el diagnóstico y el nutriente diagnosticado como más necesitado, siempre resultó altamente independiente de la posición de la hoja analizada.

b) Con relación a la edad. Sumner (93, 94), realizó el diagnóstico del follaje de maíz y de soya a través del DRIS, con plantas de una gran variedad de edades, de localidades y de posiciones de la hoja en la planta y reportó que no ocurrieron cambios significativos en el orden de requerimiento diagnosticado de los nutrientes. Con base a estos estudios, Walworth y Sumner (107), expresan que el DRIS, puede minimizar en muchos casos las limitaciones causadas por la edad del tejido muestreado, limitaciones consideradas como las más severas para otros sistemas de diagnóstico.

c) Con relación a la ubicación geográfica.

Fue realizada una comparación, entre las normas DRIS para caña de azúcar derivadas de datos generados en suelos contrastantes de Florida, EE.UU. y Sur África (107). Fue determinado que a pesar de las grandes diferencias en condiciones edáficas y ambientales, las normas derivadas promediando los valores de los dos grupos de plantas más productivas, resultaron virtualmente idénticas

(107).

Por otra parte, Walworth y Sumner (107), informaron que al comparar normas derivadas de hojas de maíz de diversas partes del mundo, se consiguieron diferencias sustanciales, fundamentalmente en los valores de Ca y Mg. Esta situación podría conferirle algunas limitaciones a la aplicación universal de normas desarrolladas en una localidad. Los autores nombrados asumen que dichas variaciones reflejan una variación permisible en los niveles de Ca y Mg en los tejidos de las plantas de más altos rendimientos (107). Esto podría ser confirmado a través del análisis de los valores relativos de los coeficientes de variación asociados con las relaciones de los diferentes nutrientes en las poblaciones de altos rendimientos. Los coeficientes indicados para Mg/M.S. son 42%, mientras que para N/M.S., P/M.S. y K/M.S. son 12, 30 y 32 %, respectivamente. Así mismo, encontraron que esta variación fue tomada en consideración en la ecuación del cálculo de los índices de diagnóstico (107). En la ecuación de cálculo de los índices de diagnóstico del sistema DRIS (IN-DRIS), la desviación de la expresión cada nutriente con respecto al valor óptimo de la respectiva norma, es sopesada y balanceada por el inverso del coeficiente de variación correspondiente (107).

Debido a las razones recién expuestas, para Sumner (96) y Walworth y Sumner (107), las

expresiones desarrolladas de los valores de las plantas con elevados rendimientos, tienen una gran validez. Las normas desarrolladas de datos provenientes de una amplia gama de condiciones, serían validamente aplicables a esas condiciones específicas, si la variación normal de los parámetros, está realmente representada en el banco de datos del cual fueron extraídos (107).

El diagnóstico en el sistema DRIS

El diagnóstico del estado nutricional de plantas a través de su composición foliar, depende de la precisión de las normas o promedios contra los cuales son comparados los resultados analíticos. Es decir, la precisión de un diagnóstico foliar depende de la constancia en la relación entre la composición foliar y la respuesta de los cultivos (107).

La composición foliar generalmente es expresada sobre la base del porcentaje de un elemento y su relación a la materia seca. Diversos autores, Andrew (3), Beaufils (11) y Kenworthy (56), señalaron que esta forma de expresión depende de la edad fisiológica del tejido estudiado. Por lo tanto, para evitar problemas a la hora de realizar las interpretaciones, debe ejercerse un riguroso control en la recolección de las muestras, de manera de asegurar que estén sean de la misma edad fisiológica que los patrones contra los cuales se comparan los resultados analíticos (11, 12).

El diagnóstico en el sistema DRIS se realiza sobre la base de relaciones de balance entre nutrientes (11, 97, 99,

Según Munson y Nelson (64), los resultados obtenidos de los estudios en maíz (36) y alfalfa, (106), han indicado que las normas desarrolladas local o regionalmente, producen mayor precisión en el diagnóstico de deficiencias o desbalances que aquellos producidos por normas de otras regiones.

107). La aplicación del DRIS al diagnóstico de tejidos de plantas, permite establecer una gradación relativa de los elementos bajo diagnóstico, desde los más deficientes hasta los menos deficientes (11, 97, 107, 108). Tal como fue señalado y será explicado más adelante, esta vía de realizar el diagnóstico, a través de las relaciones de balance entre los nutrientes, permite superar la limitante representada por la dependencia de la composición foliar, de la edad fisiológica del cultivo (11, 97, 107, 108).

Para la realización de un diagnóstico DRIS, es imprescindible contar con los datos de análisis de tejidos y con las normas de diagnóstico desarrolladas para un cultivo (11, 77, 97, 99, 107, 108). El diagnóstico en el sistema DRIS, se realiza mediante el estudio de las relaciones de balance entre todos los elementos analizados y no a partir del estudio comparativo del contenido absoluto de los nutrientes en los tejidos. Esas relaciones de balance son definidas a través del cálculo de los denominados índices de los

nutrientes (IN-DRIS), para cada elemento en particular (11, 78, 97, 107, 108).

El índice del nutriente, es el valor promedio de todas las comparaciones de los nutrientes y de sus interacciones contra los valores normales o normas de los nutrientes (11, 77, 78, 81, 92, 97, 107, 108). Los IN-DRIS serán negativos, positivos o cero de acuerdo a la magnitud de las desviaciones del óptimo balance, de esta manera, pueden ser interpretadas fácilmente las relaciones de balance entre todos los nutrientes (11, 77, 78, 81, 92, 97, 107, 108).

Por ejemplo, para un nutriente cualquiera "A", el índice de A se calcula de la siguiente manera (107):

$$\text{Índice de A (LA)} = \left[\frac{1}{z} \left(\frac{A}{B} + \frac{1}{z} \left(\frac{A}{C} + \frac{1}{z} \left(\frac{A}{D} + (-) \frac{1}{z} \left(\frac{E}{A} + \dots + \frac{1}{z} \left(\frac{A}{n} \right) \right) \right) \right) \right) \right] / z$$

La fórmula del índice de un nutriente, es desarrollada a partir de la operación las sumas y restas de las funciones o comparaciones $\frac{1}{z} (A/n)$. En la operación, "z" representa el número de funciones en las cuales está presente el nutriente bajo estudio. A, B, C y n, son los valores de contenido de cada nutriente (107).

Las funciones para un nutriente A son iguales a cero ($\frac{1}{z} (A/n) = 0$), cuando la concentración del nutriente en la muestra es igual a la norma DRIS.

Las funciones para un nutriente A son mayores a cero ($\frac{1}{z} (A/n) > 0$), cuando la concentración del nutriente en la muestra es mayor a la norma DRIS.

Las funciones para un nutriente A son menores a cero ($\frac{1}{z} (A/n) < 0$), cuando la concentración del nutriente en la muestra es menor a la norma

DRIS.

De esta manera, los índices de los nutrientes son reportados como unos valores numéricos los cuales pueden resultar como positivos, negativos o iguales a cero (107, 108, 109). Estos valores se pueden ordenar de menor a mayor y realizar el diagnóstico del balance nutricional de la planta.

Sin embargo, las consideraciones del relativo balance, deficiencia o exceso de un nutriente con relación a los demás, no quieren decir precisamente que un nutriente individual está en una concentración óptima, deficiente o en exceso, dentro del tejido de la planta (11, 54, 78, 107, 108).

Por lo tanto, es necesario realizar una comparación final, entre los valores de los nutrientes provenientes del laboratorio y sus correspondientes índices calculados, contra los rangos de balance (normas DRIS, \pm su desviación estándar), para poder realizar el diagnóstico final del balance nutricional de la planta y posteriormente, elaborar unas recomendaciones (78).

La segunda fase en el diagnóstico en el sistema DRIS, envuelve la determinación de los índices de balance de los nutrientes (IBN-DRIS), a través de la suma algebraica de los valores absolutos de todos los IN-DRIS calculados (11, 78, 81, 82, 107, 108).

El IBN-DRIS, determina la magnitud del balance (o desbalance) nutricional de un cultivo con respecto al valor óptimo de un nutriente en el cultivo, por lo tanto, mientras mayor sea el desbalance nutricional en la muestra de tejido, mayor serán los valores de los IBN-DRIS y viceversa, mientras menor sea el desbalance del

nutriente con respecto al valor óptimo, ese valor tiende a cero (11, 78, 81, 82, 83, 107, 108). Ha sido reportado que altos valores de IBN-DRIS están relacionados con bajos rendimientos y a su vez los cultivos con altos rendimientos tienen bajos valores de IBN-DRIS (78, 81, 82, 83, 102, 107, 108).

Rodríguez et al (78, 81, 82, 83), trabajando con el cultivo del plátano en Venezuela, demostraron que en la medida que el valor de los IBN es mayor, el rendimiento de ese cultivo es menor y que a un menor valor de IBN, el rendimiento del plátano es mayor.

El nivel de balance de los nutrientes (IBN-DRIS) por sí solo, no es determinante para un adecuado diagnóstico del potencial de rendimiento de un cultivo, ya que la precisión de un diagnóstico foliar depende de la constancia en la relación entre la composición foliar y la respuesta de cultivos (107). Para un adecuado diagnóstico del potencial de rendimiento de un cultivo se requiere adicionalmente, establecer la correlación entre el rendimiento o cualquiera de sus componentes y los IBN-DRIS, para que de esa manera se pueda predecir el rendimiento o cualquier componente de rendimiento

de interés (79, 82, 107, 109, 110). Al disponer de las normas de diagnóstico de un cultivo, se puede proceder a realizar el proceso de diagnóstico de una muestra de tejido del cultivo considerado. En Venezuela, algunos trabajos han reportado estas relaciones entre la composición foliar expresada a través de los IBN-DRIS y el rendimiento (78, 81, 82).

Si el diagnóstico en el sistema DRIS se intenta realizar de la misma manera que se realiza en los sistemas del nivel crítico o el de los rangos de suficiencia, es decir, a través de la comparación del contenido de los nutrientes de la muestra problema contra las normas, resulta un proceso tedioso, dado el gran número de comparaciones que hay que realizar (78, 81, 82). Adicionalmente, la comparación uno a uno de los contenidos de los elementos contra las normas, no permite definir las relaciones de balance entre los diferentes elementos (78, 81, 82).

Por esa razón, en el DRIS, se ha desarrollado un procedimiento matemático de diagnóstico, a través del cálculo de los índices de cada nutriente (78, 81, 82). Estos índices de cada nutriente, permiten evaluar las relativas deficiencias o excesos de cada nutriente en particular.

Algunas ventajas del sistema DRIS

Entre las ventajas reportadas para el sistema DRIS, tenemos las siguientes.

1- Permite ordenar los nutrientes de forma secuencial, de acuerdo a su grado o nivel de limitación del rendimiento del cultivo (11, 107).

2- Permite realizar un diagnóstico nutricional en cualquier etapa de desarrollo del cultivo, es decir, es menos sensible que otros sistemas de diagnóstico al envejecimiento de los tejidos, habiendo sido esto demostrado en diversos trabajos (11, 13, 83, 93, 94,

95, 103, 107).

3- Permite una economía de recursos y del tiempo necesario para el desarrollo de normas de diagnóstico (11, 77, 83, 107).

4- Permite incorporar en el diagnóstico a la materia seca del cultivo (C, H y O), como otro nutriente (14, 43, 46, 47, 77, 78, 79, 83, 97, 107, 108).

5- Las interacciones entre nutrientes son tomadas en cuenta, habiéndose demostrado que este sistema funciona correctamente, aun existiendo esas interacciones (67, 99).

6- El sistema DRIS, elimina muchos de los problemas asociados con la determinación de los valores críticos de las respuestas a la aplicación de fertilizantes, debido a que las normas no son derivadas de un limitado número de observaciones. Al efecto, según Walworth y Sumner (105), se ha observado que las normas DRIS derivadas de bancos de datos recogidos

en diversas partes del mundo, difieren muy poco. Las normas para caña de azúcar derivadas en Florida por Elwali y Gascho (32), son prácticamente idénticas a las producidas en Sur África por Beaufils y Sumner (12). Una ventaja adicional del DRIS estriba en que las normas así desarrolladas, están eliminadas las limitaciones impuesta por los factores ambientales, si se parte de la premisa expresada por Andrew (3), que "para conocer el real efecto limitante de un determinado nutriente en el rendimiento, todos los demás factores deben estar en optima condiciones". Dicha afirmación fue ampliada por Webb (111), al expresar que "solo el rendimiento máximo obtenible a un valor de un parámetro, tal como la concentración foliar de un nutriente, representa el tope en el rendimiento impuesto por la variación en concentración de ese nutriente".

Literatura citada

1. Alkoshab, O., T. Righetti y A. Dixon. 1988. Evaluation of DRIS for judging the nutritional status of hazelnuts. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:643-647.
2. Amundso, R. y F. Koehler. 1987. Utilization of DRIS for diagnosis of nutrient deficiencies in winter wheat. *Agron. J.* 79:472-476.
3. Andrew, C.S. 1968. Problems in the use of chemical analysis for diagnosis of plant nutrient deficiencies. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 34: 154-162.
4. Angeles, D.E., M. E. Sumner y N.W. Barbour. 1990. Preliminary nitrogen, phosphorus and potassium DRIS norms for pineapple. *HortSci.* 25:652-655.
5. Angeles, D.E., M.E. Sumner y E. Lahav. 1993. Preliminary DRIS norms for bananas. *J. Plant Nutr.* 16:1059-1070.
6. Arboleda, C., J. Arcila y R. Martínez. 1988. Sistema integrado de recomendación y diagnóstico. Una alternativa para la interpretación de resultados del análisis foliar en café. *Agric. Colombiana.* 5:17-30.
7. Baldock, J. y E. Schulte. 1996. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agr. J.* 88:448-456.
8. Bataglia, O.C. 1989. DRIS-Citros. Una alternativa para avaliar a nutricao dos plantas. *Laranja.* 10:555-564.
9. Beaufils, E.R. 1957. Research for rational exploitation of *Hevea brasiliensis* using a physiological diagnosis based on mineral analysis of various parts of the plant. *Fertilite* 3:27.

10. Beaufils, E.R. 1971. Physiological diagnosis. A guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. J. Fert. Soc. S. Afr. 1:1-31.
11. Beaufils, E. R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Soil Science. 1: 1-132. University of Natal. Sur Africa.
12. Beaufils, E.R. y M.E. Sumner. 1976. Application of the DRIS approach for calibrating soil, plant yield and quality factors of sugarcane. Proc. S. Afr. Sugar Tech. Assc. 50:118-124.
13. Beaufils, E.R. y M.E. Sumner. 1977. Effect of time of sampling on the diagnosis of N, P, K, Ca, and Mg requirements of sugarcane by the DRIS approach. Proc. S. Afr. Sugar Tech. Assc. 51: 62-67.
14. Bell, P., W. Hallmark, W. Sabbe y D. Dombeck. 1995. Diagnosing nutrient deficiencies in soybean, using M-DRIS and critical nutrient level procedures. Agr. J. 87:859-865.
15. Beverly, R. 1993. DRIS diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. J. Plant Nutr. 16:1431-1447.
16. Beverly, R. 1993. Reevaluation reveals weaknesses of DRIS and sufficiency range diagnoses for wheat, corn and alfalfa. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24:487-501.
17. Beverly, R. J. Stark, J. Ojala y T. Embleton. 1984. Nutrient diagnosis of Valencia orange by DRIS. J. Am. Soc. Hort. Sci. 109:649-654.
18. Beverly, R., M. E. Sumner, W. Letzsch y C. Plank. 1986. Foliar diagnosis of soybean by DRIS. Commun. Soil Sci. Plant. Anal. 17:237-256.
19. Beverly, R y R. Worley. 1992. Preliminary DRIS diagnostic norms for pecan. HortSci. 27:271-274.
20. Bowen, J. 1992. Comparative DRIS and critical concentration interpretation of papaya tissue-analysis data. Trop. Agr. 69:63-67.
21. Braganca, S.M y A.N. Da Costa. 1996. Avaliação do estado nutricional do café Conilon (*Coffea canephora*) no norte do estado do Espírito Santo, a través do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). Inf. Agr. 76:3-4.
22. Brown, M., R. Ferreracerrato y G. Bethlenfalvay. 1992. Mycorrhiza-mediated nutrient distribution between associated soybean and corn plants evaluated by the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Symbiosis. 12:83-94.
23. Caldwell, J., M. E. Sumner y C. S. Vavrina. 1994. Development and testing of preliminary foliar DRIS norms for onions. HortSci. 29:1501-1504.
24. Caron, J. y L. Parent 1989. Derivation and assessment of DRIS norms for greenhouse tomatoes. Canad. J. Plant Sci. 69:1027-1035.
25. Caron, J., L. Parent y A. Gosselin. 1991. Effect of nitrogen and salinity levels in the nutrient solution on the DRIS diagnosis of greenhouse tomato. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 22:879-892.
26. Cerda, A., M. Nieves y V. Martinez. 1995. An evaluation of mineral analysis of Verna lemons by DRIS. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 26:1697-1707.
27. Creste, J. 1996. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do limoneiro Siciliano. Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em agronomia. Botucatu, SP, Brasil.
28. Da Costa, A. N y L. Prezotti. 1997. Padrao de referencia para uso do DRIS na avaliação nutricional do café arábica. Inf. Agr. 80:9-10.
29. Da Costa, A. y A. Da Costa. 1996. Padrao nutricional para o uso do DRIS na macadamia no estado do Espírito Santo. XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. 42ª Reuniao Interamericana de Horticultura Tropical. Simposio Internacional de Mirtaceas p. 280.
30. Dara, S., P. Fixen y R. Gelderman. 1992. Sufficiency level and diagnosis and recommendation integrated system approaches for evaluating the nitrogen status of corn. Agr. J. 84:1006-1010.

31. Drechsel, P., W. Zech. 1994. DRIS evaluation of teak (*Tectona-grandis* Lf.) mineral-nutrition and effects of nutrition and site quality on teak growth in West-Africa. *J. Forest Ecol. and Manag.* 70:121-133.
32. Elwali, A.M. y G.J. Gascho. 1983 Sugar cane response to P, K, and DRIS corrective treatments on Florida Histosols. *Agron. J.* 75: 79-83.
33. Elwali, A.M. y G.J. Gascho. 1984. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guides for sugarcane fertilization. *Agron. J.* 76: 466-470.
34. Elwali, A.M. y G.J. Gascho. 1988. Supplemental fertilization of irrigated corn, guided by foliar critical nutrients levels and diagnosis and recommendation integrated system norms. *Agron. J.* 80:243-249.
35. Elwali, A.M. G.J. Gascho y M.E. Sumner. 1985. DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves. *Agron. J.* 77:506-508.
36. Escano, C., C. Jones y G. Uehara. 1981. Nutrient diagnosis in corn grown on Hydric Dystrandeps. II. Comparison of two systems of tissue diagnosis. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 45:1140-1144.
37. Espinozavictoria, D., M. Quinteroramos y R. Ferreracerrato. 1993. Fitting plants to soil through mycorrhizal fungi-plant nutrition in host-endophyte combinations evaluated by the diagnosis and recommendation integrated system. *Biol. Fert. Soils.* 15:96-101.
38. Evanylo, G., M. E. Sumner y W. S. Letsch. 1987. Preliminary development and testing of DRIS soil norms for soybean production. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 18:1355-1377.
39. Evanylo, G. y G. Zehnder. 1988. Potato growth and nutrient diagnosis as affected by systemic pesticide and physiological growth state. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19:1731-1745.
40. Evanylo, G., J. Grove y J. Sims. 1988. Effect of sampling period on nutrient diagnosis indices for burley tobacco. *Agron. J.* 80:615-619.
41. Evanylo, G., J. Sims y J. Grove. 1988. Nutrient norms for burley cured tobacco. *Agron. J.* 80:610-614.
42. Goh, K. y M. Malakouti. 1992. Preliminary nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium DRIS norms and indexes for apple orchards in Canterbury, New-Zealand. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23:1371-1385.
43. Hallmark, W. 1988. Comparison of DRIS and M-DRIS norms for diagnosing P and K deficiencies in soybeans. *Better Crops Plant Food.* 72:20-21.
44. Hallmark, W. y R. Beverly. 1991. An update in the use of the diagnosis and recommendation integrated system. *Review. J. Fert. Iss.* 8:74-88.
45. Hallmark, W., C. DeMooy, H. Morris, J. Pesek, K. Shao y J. Fontenot. 1988. Soybean phosphorus and potassium deficiency detection as influenced by plant growth stage. *Agron. J.* 80:586-591.
46. Hallmark, W., L. Shuman, D. Wilson, H. Morris, J. Adams, S. Dabney, R. Hanson, S. Gettier y D. Wall. 1992. Preliminary M-DRIS norms for soybean seeds. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23:2399-2413.
47. Hallmark, W. R Beverly, H. Morris y D. Wall. 1994. Modification of the M-DRIS for soybean. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25:1085-1101.
48. Hanson, R. G. 1981. DRIS evaluation of N, P, K status of determinant soybean in Brazil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 12:933-948.
49. Hartz, T., E. Miyao y J. Valencia. 1998. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato. *HortSci.* 33:830-832.
50. Hockman, J., J. Burger y D. Smith. 1989. A DRIS application to fraser fir christmas trees. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20:315-318.
51. Jones, C. 1981. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 12:785-794.

52. Jones, C., y J. Bowen. 1981. Comparative DRIS and crop log diagnosis of sugarcane tissue analysis, Georgia. Agron. J. 73:941-944.
53. Jones, M. y A. Sinclair. 1991. Application of DRIS to white clover based pastures. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 22:1895-1918.
54. Jones, J., B. Wolf y H. Mills. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing, INC., Athens, Georgia. 213 p.
55. Kelling, K. A., E. E. Schulte y T. Erickson. 1985-1986. Adapting DRIS for alfalfa: What are the diagnostic norms. Better Crops Plant Food. 70: 18-20.
56. Kenworthy, A. 1967. Plant analysis and interpretation of analysis for horticulture crops. p. 381-392. En: Soil testing and plant analysis II. Plant analysis. M. Stelly, Ed. Soil. Sci. Soc. Amer. Spec. Pub. 2. Madison, W.I. (EE.UU.).
57. Klein, I., S. Weinbaum, T. Dejong y T. Muraoka. 1991. Spur light exposure as a primary external cause for derivation of DRIS norms in walnut trees. J. Plant Nutr. 14:463-484.
58. Langenegger, W y H. Smith. 1978. An evaluation of the DRIS system as applied to pineapple leaf analysis. p. 263-273. En: A.R. Ferguson, R.L. Bielecki e I.B. Ferguson (Eds). Proc. 8th. Intl. Colloq. Plant Anal. and Fert. Problems. Auckland, New Zealand.
59. Letsch, W. S. y M. E. Sumner. 1984. Effect of population size and yield level on selection of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15:997-1006.
60. MacKay, D. C., J. M. Carefoot y T. Entz. 1987. Evaluation of the DRIS for assessing the nutritional status of potato (*Solanum tuberosum*L.). Commun. Soil Sci. Plant Anal. 18:1331-1353.
61. Malakouti, M. 1992. Determining of the diagnostic norms for corn on the calcareous soils of Iran. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 17:2687-2695.
62. Malavolta, E. G. Vitti, y S. De Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. 2a edição. Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Brasil.
63. Moreno, J., J. Lucena, O. Carpena. 1996. Effect of the iron supply on the nutrition of different citrus variety/rootstock combinations using DRIS. J. Plant Nutr. 19:689-704.
64. Munson, R. y W. Nelson. 1990. Principles and practices in plant analysis. p. 359-387. En: Soil testing and plant analysis. 3a Ed. SSSA Book series: 3. Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Madison, W.I. (EE.UU.).
65. Navvabzdeh, M. y M. Malakouti. 1993. Development of DRIS norms for potato in the calcareous soils of Iran. J. Plant Nutr. 16:1409-1416
66. Payne, G., M. E. Sumner y C.O. Plank. 1985. Yield composition of soybeans as influenced by soil pH, phosphorus, zinc and copper. Commun. Soil Sci. Plant. Anal. 17:257-273.
67. Parent, L.E y R.L. Granger. 1989. Derivation of DRIS norms from a high density apple orchard established in the Quebec Appalachian mountains. J. Amer. Hort. Sci. 114:915-919.
68. Pohl, H. N., R. Vandrey y M. Kaupenjohann. 1999. Interpretation of the nutritional status of forest trees by the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Forstwissenschaftliches Centralblatt. 118:5-9.
69. Raghupathi, H. B. y B. S. Bhargava. 1998. Diagnostic norms and identification of yield-limiting nutrients in brinjal (*Solanum melongena*) using diagnosis and recommendation integrated system. Indian J. Agr. 4:738-742.
70. Raghupathi, H. B. y B. S. Bhargava. 1999. Preliminary nutrient norms for "Alphonso" mango using diagnosis and recommendation integrated system. Indian J. Agr. Sci. 69:648-650.

71. Rathfon, R.A y J.A. Burger. 1991. Diagnosis and recommendation integrated system modifications for fraser christmas trees. *Soil. Sci. Am. J.* 55:1026-1031.
72. Reuther, W., W. Jones, T. Embleton y C. Labanauskas. 1962. Leaf analysis as a guide to orange nutrition. *Better Crops with Plant Food.* 46:44-49.
73. Righetti, T. L., O. Alkoshab y K. Wilder. 1988. Diagnostic biases in DRIS evaluations in sweet cherry and hazelnut. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19:1429-1447.
74. Righetti, T. L., O. Alkoshab y K. Wilder. 1988. Verifying critical values from DRIS norms. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19:1449-1466.
75. Roberts, S. y J. Rhee. 1993. Critical nutrient concentrations and DRIS analysis of leaf and grain from high-yielding corn. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24:2679-2687.
76. Robinson, D. L. y M. L. Tarpley. 1986. DRIS proves useful for diagnosing nutrient deficiencies in coastal bermudagrass. *Better Crops Plant Food.* 70:8-9.
77. Rodríguez V. y O. Rodríguez. 1997. Normas foliares DRIS para el diagnóstico nutricional del plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón). *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 14:285-296.
78. Rodríguez V. y O. Rodríguez. 1998a. Hoja de calculo de índices DRIS e IBN-DRIS. Material de apoyo. Curso de nutrición mineral. IX Jornadas de investigación del decanato de Agronomía. UCLA. junio 1998 Barquisimeto. Venezuela. Diskette. 8 pp.
79. Rodríguez, V. y O. Rodríguez. 1998. Biometría de la cepa de plátano Hartón (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón) con rendimientos superiores a 18 kilogramos/racimo, en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 15:439-445.
80. Rodríguez, V., D. Bautista y O. Rodríguez. 1998. Características biométricas de una subpoblación de plátano Hartón (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón) con rendimientos promedios de 17,4 kg/racimo en Venezuela. Resúmenes XLIV Reunión Anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Barquisimeto. Venezuela. p. 75.
81. Rodríguez, V., O. Rodríguez y P. Bravo. 1998. Índice de balance de nutrientes DRIS (IBN-DRIS) para el diagnóstico nutricional del plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón). XIII Reunión ACORBAT Ecuador. 115-113 p.
82. Rodríguez, V., D. Bautista, O. Rodríguez y L. Díaz. 1999. Relación entre el balance nutricional y la biometría del plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón) y su efecto sobre el rendimiento. *Rev. Fac. Agron. LUZ* 16:425-432.
83. Rodríguez, O., E. Rojas y M. E. Sumner. 1997. Valencia orange DRIS norms for Venezuela. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 28:1461-1468.
84. Romanya, J, V. R. Vallejo. 1996. Nutritional status and deficiency diagnosis of pinus radiata plantations in Spain. *Forest Sci.* 42:192-197.
85. Russelle, M. y C. Sheaffer. 1986. Use of diagnosis and recommendation integrated system with alfalfa. *Agron. J.* 78:557-560.
86. Sánchez, C., G. Snyder y H. Burdine. 1991. DRIS evaluation of the nutritional status of crisp-head lettuce. *HortSci.* 26:274-276.
87. Sanz, M. 1999. Evaluation of interpretation of DRIS system during growing season of the peach tree: Comparison with DOP method. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30:1025-1036.
88. Schaffer, B., K. Larson, G. Snyder y C. Sanchez. 1988. Identification of mineral deficiencies associated with mango decline by DRIS. *HortSci.* 23:617-619.

89. Schaller, H., O. Lohnertz y H. Michel. 1995. Improvements of the DRIS system and firsts experiences in grapevine nutrition with special consideration of the compositional nutrient diagnosis approach. *Acta Hort.* 383:171-189.
90. Shuman, L., D. Wilson y W. Hallmark. 1992. Evaluating Soy-DRIS for predicting manganese deficiency and sufficiency. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23:1019-1029.
91. Soltanpour, P., M. Malakouti y A. Ronaghi. 1995. Comparison of diagnosis and recommendation integrated system and nutrient sufficiency range for corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:133-139.
92. Sumner, M.E. 1975. An evaluation of Beaufils' Physiological Diagnosis technique for determining the nutrient requirement of crops. *Soil Science*, 5: 437-446. University of Natal. sur África. p. 75.
93. Sumner, M.E. 1977. Applications of Beaufils diagnostic indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. *Plant Soil.* 46:359-369.
94. Sumner, M.E. 1977. Preliminary N, P and K foliar diagnosis norms for soybean. *Agron. J.* 69: 226-230.
95. Sumner, M.E. 1977. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca, and Mg content on calculated DRIS indices. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 8: 269-280.
96. Sumner, M.E. 1977. Preliminary NPK foliar diagnostic norms for wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 8:149-167.
97. Sumner, M.E. 1979. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. *Agron. J.* 71:343-348.
98. Sumner, M. E. 1981. Diagnosing the sulfur requirement of corn and wheat using foliar analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:87-90.
99. Sumner, M.E. 1982. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). p. 149-188. En: *Soil & plant analysis seminar. Council on Soil Testing and Plant Analysis*, Anaheim. California. (EE.UU.).
100. Sumner, M. E. 1986. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) as a guide to orchard fertilization. *International seminar on Leaf Diagnosis as a Guide to Orchard Fertilization*. Food and Fertilizer Technology Center for Asia and Pacific Region. Suweon, Korea. *Boletín* 231. Taiwan. 24 pp.
101. Sumner, M.E. 1987. Field experimentation. Changing to meet current and future needs. p. 119-131. En: *Soil Testing: Sampling correlation, calibration and interpretation*, SSSA. Special publication 21. *Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, W.I. EE.UU.*
102. Sumner, M.E. 1990. Advances in the use and application of plant analysis. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 21: 1409- 1430.
103. Sumner, M.E y E.R. Beaufils. 1975. Diagnosis of the N, P and K requirements of sugarcane irrespective of plant age and season using Beaufils system (DRIS). Preliminary observations. *Proc. S. Afr. Sugar. Tech. Assoc.* 49:137-141.
104. Tarpley, M., D. Robinson, B. Gustavson y M. Eichborn. 1985. The DRIS for interpretation of coastal bermudagrass analysis. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 16:1335-1348.
105. Tremblay, N., L. Parent y A. Gosselin. 1990. Development of preliminary DRIS norms for celery transplants. *Phytoprot.* 71:129-136.
106. Walworth, J. 1985. The development of diagnostic soil and foliar norms for alfalfa. Ph. D. dissertation. University of Georgia. Athens, Georgia. EE.UU. 167p.
107. Walworth, J. y M. E. Sumner. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Adv. Soil. Sci.* 6:149-188.

108. Walworth, J.L. y M.E. Sumner. 1988. Foliar Diagnosis. A Review. *Adv. Plant Nutr.* 3:139-241.
109. 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.
110. Walworth, J., H. J. Woodward y M. E. Sumner. 1988. Generation of corn tissue norms from a small high-yield data base. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19:563-577.
111. Weeb, R.A. 1972. Use of the boundary line in the analysis of biological data. *J. Hort. Sci.* 47:309-319.
112. Wortmann, C., J. Kisakye y O. Edje. 1992. The diagnosis and recommendation integrated