

Sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS) para el manejo nutricional en sistemas agrícolas productivos: revisión

Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for nutritional management in tropical crops: a review

Roberto Antonio González Gordon ^{1*}, Eddie Yacir Álvarez Albanez¹; Juan José Pérez Zapata²; Elizabeth Gilchrist Ramelli¹; Dario Antonio Castañeda Sánchez; Jaiver Danilo Sánchez Torres³

Resumen

La nutrición en los cultivos es uno de los factores más importantes en la producción, rendimiento y calidad del producto, y para ello, existen varios métodos de evaluación que permiten realizar un diagnóstico nutricional de los cultivos y manejo del suelo. El método experimental clásico, permite comparar varios tratamientos bajo condiciones específicas del ambiente y probablemente, este ha sido el principal instrumento metodológico seguido durante muchos años. Sin embargo, su aplicación en campo ha sido limitada, debido a que numerosos factores incontrolables e interactuantes no han sido evaluados o establecidos simultáneamente y son simplemente incluidos como estimaciones del error experimental. De acuerdo a lo anterior se han planteado diferentes métodos, entre ellos el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS). Esta revisión presenta los principales conceptos y aplicaciones del DRIS en el diagnóstico nutricional de cultivos tropicales, indicando las ventajas y las falencias o limitaciones que pueda presentar.

Palabras clave: balance nutricional, índices, análisis foliar, relación.

Abstract

Crop nutrition is one of the most important factors in the production, yield and quality of the product, and for this, there are several methods of evaluation that allow you to perform a nutritional diagnostic of crops and soil management. The classic experimental method, enables you to compare several treatments under specific of the environment and probably, this has been the main methodological instrument followed for many years. However, their application in the field has been limited, due to numerous uncontrollable and interacting factors have not been evaluated or established simultaneously and are simply included as estimates of the experimental error. According to the above, different methods have been raised, like the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). This review presents the key concepts and applications of the DRIS in the Nutritional Diagnostic of tropical crops, indicating the advantages and shortcomings or limitations that may be presented.

Keywords: nutritional balance, indexes, foliar analysis, relations.

Introducción

El DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación) fue propuesto originalmente por Beaufils (1973) a partir de estudios en fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de cacho en Vietnam, y posteriormente en cultivos de caña de azúcar y maíz

en Suráfrica (Beaufils y Sumner 1976, 1977). Este método se basa en la relación entre los nutrientes, en lugar de la concentración absoluta o individual, para la interpretación de análisis de tejidos (Chacón *et al.*, 2012). De acuerdo a Beaufils (1971), cualquier cambio en las condiciones del complejo y la dinámica del sistema planta-ambiente, influenciadas o no por el

¹Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario Y Turístico – SENA. Apartadó – Antioquia. Grupo de investigación Fitotecnia Tropical y ABIBE Tel 57 (54) 8280072 IP 44222. CP: 05784.

²Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Grupo de Investigación Fitotecnia Tropical. AA: 567. Código postal 050034. Calle 59ª 63-20, Bloque 11, of. 117-16.

³Asociación de Bananeros de Colombia, Centro de Investigaciones del Banano. Conjunto Residencial los Almendros kilómetro 3 Vía Carea Apartadó

* Autor para correspondencia. Tel +574 4309121. Correo electrónico: roagonzalezgo@unal.edu.co; ragonzalezgo@sena.edu.co (R. A. González-Gordon).



hombre, consisten realmente en un tratamiento. Por lo tanto, cualquier tipo de factor debe ser estudiado sin distinción. Por lo mencionado anteriormente, se propone el siguiente esquema:

- ❖ Los lugares y los componentes actuales del sistema, son considerados análogos a las repeticiones de un experimento tradicional, ilimitados en su número (suficientemente grande) y localizados aleatoriamente (en cualquier lugar).
- ❖ los tratamientos, basados en varias referencias, representan cualquier tipo de información derivada de situaciones controladas, las cuales pueden o no haber sido deliberadamente provocadas.

Se han tomado dos aproximaciones diferentes en el establecimiento de los índices de diagnóstico, si los caracteres considerados, pertenecen a causas primarias (suelo, clima y prácticas de manejo) o bien, provienen de efectos resultantes de la composición del tejido vegetal, obtenido a través de análisis de laboratorio, dichos efectos, son considerados como causas secundarias, debido a su acción decisiva en el rendimiento de los cultivos, considerado como efecto final (Beaufils, 1973). El sistema diseñado de esta manera, permite estudiar las siguientes relaciones (presentadas de una manera esquemática) (Sumner, 1977):

- ❖ Propiedades del suelo → Respuesta de la planta → Rendimiento.
- ❖ Condiciones climáticas → Respuesta de la planta → Rendimiento.
- ❖ Prácticas agronómicas → Respuesta de la planta → Rendimiento.
- ❖ Tratamientos al suelo → Propiedades del suelo → Respuesta del suelo.
- ❖ Respuesta del suelo + Condiciones climáticas + Prácticas Agronómicas.
- ❖ Respuesta de la planta (sumatoria de caracteres internos) → Rendimiento.

En estas relaciones, las calibraciones son progresivamente establecidas y refinadas. Este esquema, permite ganar un mayor control sobre los limitantes del rendimiento, referentes al diseño de cualquier tipo de experimento y la simulación de sus condiciones particulares. Cuando las condiciones son reproducidas en un computador, se hace posible el estudio, de manera similar a la de un laboratorio, la influencia individual e interactuante de un gran número de factores relacionados con el rendimiento, bajo un conjunto de condiciones controlables o no. Por ejemplo, la influencia de las aplicaciones de fósforo en

la respuesta del suelo, los caracteres internos de la planta y el rendimiento para un determinado cultivar con límites definidos en el contenido de arcilla, la acidez del suelo y el contenido de Al, K, Ca, Mg, S, Na, etc. del suelo, bajo determinadas condiciones de precipitación, altitud, temperatura y prácticas de manejo, etc. (Beaufils, 1973). En la realidad, Beaufils (1973) muestra que, al tener disponible suficiente información aleatoria, se hace más fácil preseleccionar todas las observaciones correspondientes a las condiciones deseadas, utilizando intervalos de clase para cada parámetro considerado.

Según Sumner (1977), 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, el suelo, los parámetros del medio ambiente y las prácticas culturales, como funciones de la producción obtenida por un cultivo en particular. Por lo tanto, el DRIS integra más íntimamente el balance nutricional de la planta y el suelo e incorpora, 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.

Aplicación de las normas DRIS

Los métodos convencionales para la interpretación de análisis de tejido foliar, realizan la comparación de la concentración de nutrientes en el tejido de la planta, con valores de referencia como los niveles críticos o rangos de suficiencia. Estas concentraciones de nutrientes se pueden encontrar muy por debajo o por encima de los valores de referencia y esto, se puede asociar con la disminución del crecimiento, el rendimiento y la calidad de los cultivos (Teixeira *et al.*, 2007). Además, no se tiene en cuenta el balance de los elementos nutritivos y su relación con los datos de producción o de rendimiento. (Rodríguez, 1997; Rodríguez *et al.*, 1997 y Nayak *et al.*, 2011). Según Tuner, (1988), el nivel crítico de un elemento nutritivo, es un rango que indica una producción limitada (niveles bajos) y una producción óptima (niveles adecuados) del cultivo (López, 1999).

El sistema DRIS, es un método que utiliza proporciones de nutrientes, en lugar de concentraciones absolutas o individuales de estos, para la interpretación de análisis de tejido vegetal (Mourão, 2004). Con la aplicación de esta metodología, es posible relacionar adicionalmente un elevado número de caracteres internos y externos de las plantas, bajo condiciones restringidas o no (Beaufils, 1973). Como base teórica, el método DRIS expresa los resultados del diagnóstico nutricional vegetal mediante índices, que se representan en una escala numérica continua, el

efecto de cada nutriente en el balance nutricional de la planta (estos índices son representados por valores adimensionales positivos o negativos). En resumen, Mourão (2004), indica que el método tiene en cuenta las siguientes premisas:

- ❖ Las proporciones de nutrientes son mejores indicadores de deficiencia nutricional que los valores de concentraciones aislados.
- ❖ Algunas proporciones son más importantes o significativas que otras.
- ❖ Los máximos rendimientos solo se obtienen cuando las proporciones de los nutrientes están cerca de valores ideales u óptimos, los cuales provienen de poblaciones seleccionadas con los mayores rendimientos.
- ❖ Como consecuencia de lo establecido en la variación de la proporción de un nutriente, es menor en altos rendimientos (población de referencia) que en una población con bajos rendimientos y las relaciones entre varianzas de población de alto y bajo rendimiento pueden ser usados en la selección de proporciones de nutrientes significativos.
- ❖ Los índices DRIS pueden ser calculados individualmente, para cada nutriente, usando la desviación media de la proporción del nutriente obtenido de la comparación, con el valor óptimo de una proporción de nutriente dado; siendo cero (0.0) el valor ideal del índice DRIS para cada nutriente.

Diversos autores han utilizado este sistema para generar normas de diagnóstico de tejidos en una gran variedad de cultivos perennes (Rodríguez, 2009). A continuación, en la tabla 1, se describen algunos de los cultivos tropicales que cuentan con las normas de diagnóstico.

Desarrollo de las normas e índices DRIS

El primer paso para el desarrollo de cualquier método de diagnóstico nutricional es el establecimiento de estándares o normas. Las normas DRIS siempre se obtienen de una población de alto rendimiento, denominada población de referencia. La cual, es seleccionada de una población estándar, más amplia. La base de datos para la definición de las normas podría tener un tamaño variable, en función de las premisas adoptadas en el método y estas, pueden ser uniformes, referentes a las características del cultivo. Las normas obtenidas a partir de una amplia base de datos derivada de diferentes tipos de suelos, climas y cultivares, usualmente no puede ser generalizada y debe ser considerada representativa, solo si incluye toda la variabilidad de la población. En consecuencia, estos atributos, pueden ser previamente definidos y así

tomados (muestreados) para formar la base de datos. Diversas Investigaciones han revelado que la selección de la población de referencia es un factor importante para la eficacia y el éxito del sistema DRIS. Walworth & Sumner (1987) afirman que el límite para separar la muestra que conformará la población de referencia separar dos grupos de poblaciones debe ser elegido arbitrariamente, debido a que la población debería presentar una distribución normal. Otros autores recomiendan que la población de referencia debería contener al menos, el 10% de las muestras con los mayores rendimientos de la base de datos global (Letzsch y Sumner, 1984; Ribeiro, 2008); mientras que Malavolta y Malavolta (1989) recomiendan seleccionar la población ubicada en la franja del 80 al 100% del máximo rendimiento observado.

Tabla 1. Cultivos del trópico con normas de diagnóstico DRIS

Cultivo	Referencia
<i>Hevea brasiliensis</i>	Chacón <i>et al.</i> , (2012)
Arboles forestales	Pohl y Kaupenjohann 1999
<i>Coffea arabica</i> y <i>Coffea canephora</i>	Arizaleta <i>et al.</i> , 2002, Arboleda <i>et al.</i> , 1988, Braganca y Da Costa, 1996, Da Costa y Prezotti, 1997
<i>Musa AAB</i> Simonds	Rodríguez y Rodríguez, 1997, 1998a, 1998b, Hernández <i>et al.</i> , 2004, Rodríguez <i>et al.</i> , 1998a, 1998b, 1999a, 1999b, 2004, 2005, 2007 y Rodríguez, 2003, 2009
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq	Herrera y Camacho, 2015

El tamaño de la base de datos no está directamente relacionado con un estándar de calidad (por ejemplo: las normas DRIS en maíz desarrolladas con una población de referencia alrededor de 10 observaciones que presentaban rendimientos; superiores a las 18 t/ha, fueron más representativas y eficientes que las normas derivadas de bases de datos amplias). Investigaciones en DRIS reportan para la contrición de la norma el uso de datos que van desde 24 a más de 2800 observaciones dependiendo de la extensión del cultivo y la especie (evitando afectar negativamente la eficiencia del diagnóstico) (Mourão, 2004). A pesar de la cantidad de datos, el número de observación es el aspecto más importante. Por otro lado, la elección de la población o base de datos para la definición de las normas puede ser subdividida en dos subpoblaciones.



1. Población de referencia, es la base de datos conformada por plantas que presentan rendimientos significativamente altos en comparación con un nivel arbitrariamente establecido.
2. Población estándar, son las muestras que no se comparan con la población referencia a través del índice DRIS, dentro de las cuales se puede incluir muestras de la población referencia.

Según lo propone Reis (2002); Leite, (1992) y Letzsch y Sumner (1984), es de gran importancia, primero generar normas locales, ya que resulta mucho más fácil, que la búsqueda de normas universales así se hayan generado con tamaños de muestra grandes. Las normas DRIS son originadas a partir de la población de referencia, en otras palabras, la relación entre todos los pares de nutrientes y sus respectivas desviaciones estándar y coeficiente de variación, se obtienen para la población de referencia. Para el establecimiento de las relaciones entre los nutrientes, se realizan pruebas de comparación de varianzas de cara relación en particular (A/B o $A*B$) que presentan mayor variabilidad ya que abarca un mayor rango de población. Según Beaufils, (1957); Rodríguez y Rodríguez (1998a, 1998b) y Rodríguez *et al.*, (1998), en el caso de las relaciones entre pares de nutrientes (A/B o B/A), ó productos ($A \times B$, ó $B \times A$), la prueba de discriminación de la varianza califica la mayor relación de varianzas entre el grupo de menor rendimiento y el de mayor rendimiento para cualquier forma de expresión (A/B o B/A) de la siguiente forma:

Si: $S_1^2\left(\frac{A}{B}\right) > S_1^2\left(\frac{B}{A}\right) \rightarrow$ relación a utilizarse como forma $\rightarrow A/B$

Si: $S_1^2\left(\frac{A}{B}\right) < S_1^2\left(\frac{B}{A}\right) \rightarrow$ relación a utilizarse como norma $\rightarrow B/A$

De los valores de A/B o de B/A , en la subpoblación de altos rendimientos

Donde:

$S_1^2\left(\frac{A}{B}\right)$ = Varianza de los valores de A/B en la subpoblación de menor rendimiento

$S_2^2\left(\frac{A}{B}\right)$ = Varianza de los valores de A/B en la subpoblación de máximo rendimiento

$S_1^2\left(\frac{B}{A}\right)$ = Varianza de los valores de B/A en la subpoblación de menor rendimiento

$S_2^2\left(\frac{B}{A}\right)$ = Varianza de los valores de B/A en la subpoblación de máximo rendimiento

Para establecer la relación y forma de expresión entre pares de nutrientes, Rodríguez y Rodríguez (1997) y Chacón *et al.*, (2012), recomiendan como cocientes, se utilizarían las relaciones de los nutrientes que tienen la misma tendencia de disminuir con la edad (nutrientes móviles, N, P, K, Mg, S) o de acumularse con la edad (el resto). Como productos, se utilizarían las relaciones que divergen con la edad. La relación entre un par de nutrientes puede ser directa o inversa. Las concentraciones de N y P, pueden ser relacionadas como la proporción N/P o P/N . Por ejemplo, en el DRIS, para agilizar el proceso manual del cálculo de la norma, cada par de nutrientes es discriminado por solamente una expresión. Son varios los criterios, que permiten seleccionar la expresión adecuada y el más usado es el de la proporción de amplitud de la varianza entre las poblaciones referencia y estándar (Mourão, 2004). El diagnóstico nutricional se puede realizar a través de dos formas: gráficos DRIS e índices DRIS. Los primeros son empleados únicamente para tres nutrientes y sus proporciones; En cambio los índices, se utilizan para todos los nutrientes con sus respectivas proporciones (Mourão, 2004). Los índices DRIS, se calculan en dos pasos:

- ❖ Las funciones para cada par de nutrientes.
- ❖ La suma de las funciones involucrando a cada nutriente.

Ejemplo: Hipotéticamente los índices se calculan de la A a N nutrientes, mediante las expresiones presentadas en la Tabla 2 (Mourão, 2004):

Tabla 2. Expresiones para la estimación del índice DRIS de cada nutriente, obtenido del efecto de las relaciones entre todos los pares de nutrientes.

Índices y Funciones	Formula
IA ⁽¹⁾	$\frac{(f(A/B))^{(2)} + f\left(\frac{A}{C}\right) + f\left(\frac{A}{D}\right) \dots + f\left(\frac{A}{N}\right)}{Z^{(3)}}$
IB ⁽⁴⁾	$\frac{-(f\left(\frac{A}{B}\right) + f\left(\frac{B}{C}\right) + f\left(\frac{B}{D}\right) \dots + f\left(\frac{B}{N}\right))}{Z}$
IN ⁽⁵⁾	$\frac{-(f\left(\frac{A}{N}\right) - f\left(\frac{B}{N}\right) + f\left(\frac{C}{N}\right) \dots - f\left(\frac{M}{N}\right))}{Z}$
F(A/B) ⁽⁶⁾	$\frac{\left(\frac{A}{B} - 1\right)}{a/b} * 1000/cv^{(8)}$
F(A/B) ⁽⁷⁾	$\frac{\left(1 - \frac{a}{b}\right)}{A/B} * 1000/cv$

⁽¹⁾Es el Índice del nutriente A, ⁽²⁾ Función que relaciona la proporción de los nutrientes A y B de la norma, con respecto a la población estándar, ⁽³⁾ Número de funciones que componen el índice, ⁽⁴⁾ Índice del nutriente B, ⁽⁵⁾ Índice del nutriente N, ⁽⁶⁾ Estimación de

la relación cuando la proporción del par de nutrientes en la población de referencia (a/b), es menor que en la de la población estándar (A/B), ⁽⁷⁾ Estimación de la relación cuando la proporción del par de nutrientes en la población estándar (A/B), es menor que en la de referencia (a/b), ⁽⁸⁾ Coeficiente de variación de la población de referencia.

En estas ecuaciones, A/B es la proporción de nutriente en el tejido para ser diagnosticado; a/b es el valor óptimo o norma de esa determinada proporción; CV es el coeficiente de variación presentado por las proporciones de nutrientes asociados con la población de referencia; y Z es el número de funciones que componen el índice de nutrientes. Valores para otras funciones, como $f(A/B)$ y $f(A/D)$ se calculan de igual manera, la población de referencia y el CV apropiados. En otras palabras, un índice de un nutriente es la función promedio de todas las proporciones de un nutriente en relación a los demás (Urricariet *et al.*, 2007). Los componentes de estos valores promedio son ponderados por el recíproco CV de las poblaciones de referencia (altos rendimientos). Así, si las dos proporciones A/B y A/C son usadas para generar un índice para el nutriente A, la contribución de cada uno de los cálculos de estos índices será función de los valores de CV (proporciones de referencia) asociadas a ellos, reflejando la influencia relativa de estas dos expresiones en el rendimiento del cultivo (Mourão, 2004). Varias modificaciones al modelo se han propuesto para incrementar la exactitud en el diagnóstico nutricional para diferentes cultivos. el cálculo de las funciones de las proporciones nutricionales se realiza de acuerdo a uno de los siguientes tres métodos:

- ❖ El método original propuesto por Beaufils (1973).
- ❖ El método de Jones (1981).
- ❖ El método de Beaufils (1973) modificado por Elwali y Gascho (1984).

Aunque estos métodos han sido evaluados en algunas investigaciones, no existe claridad sobre cuál es la mejor recomendación, ya que estos métodos, presentan una eficacia similar (Mourão, 2004). Otra variante del método original es propuesta por Hallmarket *et al.* (1987), denominado DRIS modificado (M-DRIS), método en el cual se tiene en cuenta la materia seca, como constituyente adicional para el cálculo de los índices. La utilización del DRIS puede ser ampliada para la evaluación de otros datos diferentes al análisis foliar. Para el P, K, Ca y Mg se desarrollaron normas para el análisis de suelos en caña de azúcar, los cuales incluían el Fósforo, el Potasio, el Calcio y el Magnesio (Beaufils y Sumner, 1976), como en el diagnóstico foliar, los resultados del DRIS, presentan como

ventaja, las consideraciones del balance nutricional. Incluso el DRIS, también puede considerar el NO_3 y el NH_4 , los cuales pueden ser tratados como factores nutricionales individuales, además puede ampliar el análisis para elementos no-esenciales como Si o Na, o también variables no nutricionales. La sumatoria absoluta de los índices nutricionales genera un índice adicional denominado Índice de Balance Nutricional (NBI), este índice se usa para indicar el estado nutricional del vegetal, teniendo en cuenta sus causas. El valor más alto, indica un desbalance nutricional, lo que se refleja en un rendimiento bajo en el cultivo de interés (Mourão, 2004).

Interpretación de los índices DRIS

El propósito es conducir sistemáticamente cualquier factor controlado por el hombre, hacia el valor correspondiente de la clase del rendimiento más elevado (óptimo), teniendo en cuenta que, cualquier factor incontrolable, desconocido o insospechado puede convertirse en el limitante (Beaufils, 1973). El valor de cada proporción es sumado al subtotal de un índice (A) y restado del índice de otro (B); antes de la ponderación final, todos los índices son balanceados alrededor de cero. Luego, la suma de los índices nutricionales debe ser cero. Cuando los resultados son negativos (menores de cero), indica deficiencia o una baja concentración, de ese elemento, en relación a los demás, y entre más negativo el índice, mayor puede ser la deficiencia en relación con otros nutrientes diagnosticados. Por otra parte, índices con valores altos (positivos y más distanciados del cero) indican una cantidad excesiva de un nutriente con respecto a los demás (Mourão, 2004). Usualmente las recomendaciones DRIS son realizadas mediante el estudio de los diagnósticos de los efectos resultantes, reflejados en los análisis de la planta, como influencia de la composición del suelo, de las prácticas de manejo y del clima. De estas consideraciones se podrían definir los tratamientos apropiados para un determinado rendimiento, buscado cualquier tratamiento simple o combinado, cuyos efectos resultantes permitan que el mayor número de caracteres internos y externos de las plantas sean aproximados a los valores óptimos de manera simultánea (Beaufils, 1973). Para la mayoría de los factores externos, sus relaciones con el rendimiento son de la siguiente manera:

- ❖ Cada vez que el valor de un factor externo sea muy bajo o muy alto, el rendimiento está directamente limitado.
- ❖ Así, el valor de un factor particular caiga entre los límites de la clase más alta de rendimiento, aún en estas condiciones el este puede ser



muy bajo, debido a que otro factor pueda limitante.

Beaufils (1973) expone un ejemplo con K intercambiable, donde valores bajos (menor de 90 ppm), una aplicación de K al suelo, basada en calibraciones producidas de valores de aproximaciones sucesivas; tales como índices de diagnóstico de suelo y coeficientes de equivalencia; entre factores del suelo, podría racionalmente mejorar el K intercambiable y consecuentemente mejorar las oportunidades de obtener rendimientos más altos.

Pero cuando el valor es muy alto, la única estrategia adecuada, es mediante una correcta aplicación de los factores del suelo, los cuales están en desbalance con el potasio, debido a que el K intercambiable no es fácilmente removido. La consideración de otras formas de expresión en las cuales el K se presente (K/arcilla, K/P, Ca/K, K/Mg, etc), ayudan en el establecimiento gradual de una acción correctiva adecuada, basada en las calibraciones establecidas de tratamientos controlados. Otro aspecto a tener en cuenta en la recomendación, es el historial del terreno, tener toda la información de la siembra actual y de las anteriores. Igualmente, toda acción correctiva, debe ser tomada rápidamente, ya que los muestreos y el diagnóstico nutricional se llevan a cabo en un determinado estado de desarrollo de la planta y la respuesta de esta puede ser insuficiente al tratamiento si es demorada la acción. En este punto, la evaluación tiene que tomar en cuenta, al menos, cada factor al momento del muestreo, tipo y cantidad de fertilizante a aplicar por ciclo, de acuerdo con condiciones climáticas, suelos, naturaleza, cantidad, fecha de aplicación, interacciones entre productos e interacción en el suelo (Beaufils, 1973).

Ventajas del sistema DRIS

- ❖ Permite ordenar los nutrientes de forma secuencial, de acuerdo a su grado o nivel de limitación sobre el rendimiento del cultivo (Beaufils, 1973).
- ❖ Por medio de este, se puede hacer un diagnóstico nutricional en cualquier etapa de desarrollo del cultivo, es decir, es menos sensible comparado con otros sistemas de diagnóstico, al envejecimiento de los tejidos, lo cual se ha demostrado en diversos trabajos (Beaufils, 1971, 1973 y Rodríguez *et al.*, 1998a).
- ❖ Se puede incorporar en el diagnóstico, a la materia seca del cultivo (C, H y O), como otro nutriente.

- ❖ Las interacciones entre nutrientes son tomadas en cuenta, demostrando que este sistema funciona correctamente, aun existiendo esas interacciones.
- ❖ El sistema DRIS, elimina muchos de los problemas asociados con la determinación de los valores críticos de las respuestas a la aplicación de fertilizantes, puesto que las normas no son derivadas de un limitado número de observaciones. Al respecto, según Walworth y Sumner (1987) afirman, 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 (1984), son prácticamente idénticas a las producidas en Sur África por Beaufils y Summer (1977).
- ❖ Una ventaja adicional del DRIS radica, en que en las normas así como están desarrolladas, están sujetas a las limitaciones impuestas por los factores ambientales, si se parte de la premisa expresada por Andrew (1968), que “para conocer el efecto real limitante de un determinado nutriente en el rendimiento, todos los demás factores deben estar en óptima condición” 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.
- ❖ El DRIS tiene ciertas ventajas comparado con otros métodos de diagnóstico, ya que presenta escala continua y esta es de fácil interpretación, por otro lado, permite la clasificación de nutrientes (de los más deficientes, hasta los más excesivos), puede detectar los casos de limitación de rendimiento debido al desbalance de nutrientes, incluso cuando ninguno de los nutrientes está por debajo del nivel crítico, y por último, permite el diagnóstico nutricional total de la planta a través de un índice de desequilibrio (Baldock y Schulte, 1996).
- ❖ Cuando el sistema DRIS se compara contra una técnica convencional, como es la del valor crítico (CNR), el DRIS presenta mayores ventajas ya que, este es independiente de la edad, condiciones de clima, suelo, prácticas culturales, porción y



posición de la hoja muestreada (Malavolta *et al.*, 1997), de tal manera que el análisis por valor crítico (CNR) es ineficiente para diagnosticar de la misma forma el estado nutricional de la planta en cualquier condición y época (Mourao, 2004; Mourao *et al.*, 2002).

- ❖ Comparado con el nivel crítico o con el rango de suficiencia, el DRIS es un método más sensible en identificar necesidades de uno o más nutrientes para las plantas. Lo que Permitiría, hacer más extrapolables los datos provenientes de otra región.

Desventajas del sistema DRIS

- ❖ Las relaciones y correlaciones que permite establecer en algunas ocasiones están alejadas de ciertas bases fisiológicas. Es por esto, que hay distintos grados de ajuste del DRIS.
- ❖ Puede disponer de una gran base de datos no confiable, no sólo en número, también en años y calidad de la información (Barbazán, 1998).
- ❖ Requiere de cálculos muy elaborados de forma ortodoxa (González, 2017).

Agradecimientos

Esta investigación se realizó como parte del proyecto "Evaluación y diagnóstico de las limitaciones nutricionales en la producción de plátano (*Musa AAB* Simmonds) en el departamento de Antioquia", financiado por el fondo nacional de regalías, a través de la Gobernación de Antioquia, y como entidades co-financiadoras: Fundación Social Banacol – Corbanacol, C.I. Banacol S.A.S, Asociación de Bananeros de Colombia-Augura, Asociación de platanicultores- Uplatur, Universidad Nacional de Colombia-Medellín, Corporación Universitaria la Sallista y Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Número especial del acuerdo de cooperación 4600001064.

Bibliografía

- Arboleda, C; J. Arcila y R. Martínez. (1988). Sistema integrado de recomendación y diagnóstico. Una alternativa para la interpretación de resultados de análisis foliar en café. Agric. Colombiana. V.5: 17-30.

Andrew, C. (1968). Problems in the use of chemical analysis for diagnosis of plant nutrient deficiencies. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 34: 154-162.

Arizaleta, M; Rodriguez, O y Rodriguez V. (2002). Relación de los índices DRIS, índice de balance de nutrientes, contenido foliar de nutrientes y el rendimiento del Cafeto en Venezuela. Bioagro. 14 (3): 153-159.

Barbazán, M. (1998). Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Universidad de la Republica Montevideo. Facultad de Agronomía. Uruguay, p. 14 – 15.

Beaufils, E. (1971). Physiological diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. Fertilizer Society of South Africa Journal, v.1, pp.1-28.

Beaufils, E. (1973). Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa. Soil Science Bulletin, V. 1, p. 132.

Beaufils, E. y Sumner. M. (1976). Application of the DRIS approach for calibrating soil, plant yield and quality factors of sugarcane. Proc. S. Afr. Sugar Tech. Assc, V. 50: 118-124.

Beaufils, E y Sumner M. (1977). Effect of time of sampling on the diagnosis of N, P, K y Ca, and Mg requirements of sugarcane by the DRIS approach. Proc. S. Afr. Sugar Tech. Assc, V. 51: 62-67.

Beaufils, E. (1957). Research for rational Infor. Ser. 134. New Zealand. pp. 263 explotación de *Hevea brasiliensis*, us273. ing a physiological diagnosis based on the mineral analysis of various parts 14. Letsch, W. S. y M. E. Sumner. 1984. Efoftheplanto Ferolité 3: p 27.



- Baldock, J. y Schulte, E. (1996). Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agr. J.* 88:448- 456.
- Braganca, S y A. 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.* V.76:3-4.
- Chacón, E., Camacho J y Bernal, J. (2012). Obtención de la norma de diagnóstico y recomendación integral (DRIS) para el cultivo de caucho (*Hevea brasiliensis*) en la Altillanura Colombiana. Tesis de investigación para Magister en Ciencias Agrarias. Facultas de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. 96 p.
- Da Costa, A. N y L. Prezotti. (1997). Padrão de referência para uso do DRIS na avaliação nutricional do café arábica. *Inf. Agr.* V. 80:9-10.
- Elwali, M. y Gascho G. (1984). Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guide for sugarcane fertilization. *Agronomy Journal*, v.76, pp.466 – 470.
- Gonzalez, R. (2017). Implementación de las normas DRIS en el cultivo del plátano en las regiones del Urabá y Suroeste Antioqueño. Research thesis for Magister in Agricultural Sciences. Faculty of Agronomy. National University of Colombia. Medellín. 18.
- Hernández. Y., Marín M y García J. (2004). Respuesta en el rendimiento del plátano Musa AAB cv. Hartón, en función de la nutrición mineral y su ciclo fenológico. Parte II. Contenido mineral. *Rev. Fac. Agron. LUZ.* V. 21 (1): 114-120.
- Hallmark, W., Mooy, C y Pesek, J. (1987). Comparison of two DRIS methods for diagnosing nutrient deficiencies. *Journal of Fertilizer Issues*, v.4, pp.151-158.
- Herrera, G y Camacho, J. (2015). Obtención del sistema de diagnóstico y recomendación integral (DRIS) en el cultivo de Palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias Maestría en Ciencias Agrarias Bogotá, Colombia. 34-36.
- Jones, W. (1981). Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.12, pp.785-794.
- Letzsch, W. y Sumner, M. (1984). Effect of population size and yield level in selection of Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) norms. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.15, p.997-1006.
- López A. (1999). Interpretación de los análisis químicos de suelos y foliares en el cultivo de banano (*Musa AAA*, CV. Valery) en Costa Rica. análisis de un caso y factores involucrados. XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelo. 137-138.
- Malavolta, E. y Malavolta M. (1989). Diagnose foliar: princípios e aplicações. In: Bull, L.T., Rosolem, C.A. Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. Botucatu, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. pp. 227-308.
- Mourão, F. (2004). DRIS: Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, V. 61 (5): 550 – 560.
- Mourão, F; Azevedo, J y Nick, J. (2002). Orders and function of the ratio of nutrients in the establishment of DRIS norms in orange “Valencia”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, p.185-192.
- Nayak, A. K.; Sharma, D. K.; Singh, C. S.; Mishra, V. K.; Singh, G. y Swarup, A. (2011). Diagnosis and recommendation integrated system approach for nitrogen, phosphorus, potassium, and zinc foliar diagnostic norms for anole in central



- Indogangetic plains. *Journal of Plant Nutrition*, 34 (4), 547-556.
- Pohl, H y M. Kaupenjohann. (1999). Interpretation of the nutritional status of freest trees by the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Forstwissenschaftliches Centralblatt*. V. 118: 5-9.
- Reis, J. (2002). DRIS norms universality in the corn crop. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.33, n.5 y 6, p.711-735.
- Ribeiro, G. (2008). Avaliação de metodologias na diagnose nutricional do melão cantaloupe irrigado nachapada do apodim. Dissertação apresentada à Universidade de Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem 22-25.
- 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.
- Rodríguez V. y O. Rodríguez. 1998a. Hoja de cálculo de índices DRIS e IBNDRIS. Material de apoyo. Curso de nutrición mineral. IX Jornadas de investigación del decanato de Agronomía. UCLA. junio 1998 Barquisimeto. Venezuela. Diskette. 8-10.
- Rodríguez, V. y O. Rodríguez. 1998b. 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.
- Rodríguez, V., D. Bautista y O. Rodríguez. 1998a. 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. 75.
- Rodríguez, V., O. Rodríguez y P. Bravo. 1998b. 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.
- Rodríguez, V., Bautista D, Rodríguez O y Díaz L (1999a). 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)*. V. 16: 425-432.
- Rodríguez, V., Rodríguez, O y Bravo, P. (1999b). Índice de balance de nutrimentos para la predicción del rendimiento del plátano (Musa AAB subgrupo plátano cv. Hartón). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. V. 16: 488-494.
- Rodríguez, O y Rodríguez, V. (2000). Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. Una revisión. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. V. 17: 449-470.
- Rodríguez, V. (2003). Avaliação do estado nutricional e da fertilidade de solo na cultura do plátano (Musa AAB subgrupo plátano cv. Hartón). Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de Sao Paulo, Piracicaba, 70.
- Rodríguez, V., Malavolta, E., Sánchez A, y Lavoranti, O. (2004). Balance nutricional de referencia de suelos y hojas en el cultivo del plátano Hartón. *Bioagro* 16(1): 39-46.
- Rodríguez, V., A. Da Silva y O. Rodríguez. (2005). Balance nutricional y número de hojas como variables de predicción del rendimiento del Plátano Hartón. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40 (2): 175-177.
- Rodríguez, V. Malavolta, A, Sánchez, O. Rodríguez, O. Lavoranti y E. Guerra. (2007). Soil and Plant Reference Norms for Evaluating Hor Plantain Nutritional Status. *Communications in Soil Science*

and Plant Analysis. 38 (9 y 10): 1371-1383.

Rodríguez. V. (2009). Diagnóstico nutricional suelo-planta y fertilización en el plátano. Producción agropecuaria. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago. V. 2(1): 45 – 48.

Sumner, M. E. (1997). Preliminary NPK foliar diagnostic norms for wheat. Común. Soil Sci. Plant Anal. V. 8: 149-167.

Sumner, M. (1997). Application of Beaufils' diagnostic indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. Plant and Soil. 46: 359-369.

Turner, D. (1988). The interpretation of leaf analysis results in bananas. Separata. Primer Seminario- Taller sobre nutrition y Fertilidad en Banano. San Jose, Costa Rica. 5.

Texeira, L; Zambrosi, F. y Bettiol J. (2007). Avaliação do estado nutricional de bananeiras do subgrupo Cavendish no estado de são paulo: normas DRIS e níveis críticos de nutrientes. Revista Brasileira Fruticultura Jaboticabal, v.29, n.3 .613-620.

Urricariet, S.; Lavado, R. y Martín, L. (2004). Corn response to fertilization and SR, DRIS, and PASS interpretation of leaf and grain analysis. Communications in soil science and plant analysis, 35(3-4), 413-425.

Walworth, J. y Sumner M. (1987). The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Adv. Soil. Sci. 6:149- 188.