

## NORMAS E INDICES DRIS PARA LA EVALUACIÓN NUTRICIONAL DEL CAFETO

Arizaleta Castillo, Miguel; Rodríguez, Vianel; Rodríguez, Orlando

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Decanato de Agronomía. Apartado 400. E. Lara, Venezuela.

Recibido: 13-03-2006

**RESUMEN:** El sistema integral de diagnóstico y recomendación (DRIS), es un método alternativo para evaluar el estado nutricional de diversos cultivos. Para evaluar nutricionalmente al café en Venezuela mediante el DRIS, se obtuvo información sobre su producción y sobre los niveles foliares de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn y B, procedentes de fincas productoras de Lara, Portuguesa, Trujillo y Yaracuy, a través de un muestreo aleatorio estratificado. Con las medias de los niveles foliares obtenidos, se generaron las normas DRIS para el B ( $55,05 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y sus interrelaciones con los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn. Utilizando cuatro diferentes métodos de cálculo reportados en la literatura, se desarrollaron índices DRIS (IN-DRIS) e índices de balance de nutrientes DRIS (IBN-DRIS) y ambos fueron evaluados contra el rendimiento. Pudo determinarse la existencia de una relación positiva y significativa entre el contenido foliar de los nutrientes del café y los IN-DRIS, independientemente del método de cálculo utilizado para el mismo. Los diferentes métodos de obtener los IN-DRIS, alteraron muy poco los resultados y coincidieron en determinar al K como el nutriente más deficiente y más limitante de la producción. **Palabras clave:** *Coffea arabica*, nutrientes, rendimiento.

### DRIS NORMS AND INDEXES FOR COFFEE NUTRITIONAL EVALUATION

**ABSTRACT:** The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS), is an alternative method to evaluate the nutritional status of diverse crops. To nutritionally evaluate the coffee plantations in Venezuela using DRIS, information regarding yields and foliar levels of N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn and B, of farms from Lara, Portuguesa, Trujillo and Yaracuy states was obtained through a randomized stratified sampling process. With the obtained means foliar levels, B DRIS norms ( $55,05 \text{ mg kg}^{-1}$ ) as well as those among B and its relationship with N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn and Zn were developed. DRIS indexes (IN-DRIS) and nutrient balance indexes (NBI-DRIS) were developed through four different reported estimation methods and then evaluated against yield. A positive and significant relationship between foliar nutrient content and the IN-DRIS was found, independently of the procedure of calculation used for to obtain them. The different methods of IN-DRIS development altered very little the results and coincided in determining K as the most deficient and most yield limiting nutrient. **Key words:** *Coffea arabica*, nutrients, yield.

### INTRODUCCIÓN

El diagnóstico nutricional realizado a través del análisis foliar y el de suelos, funciona como un indicador aceptable para identificar los problemas inherentes a la nutrición de las plantas y posteriormente determinar, cuales nutrientes, sus cantidades, épocas y formas de aplicación son las más apropiadas, además de servir de base para las recomendaciones de fertilización<sup>7,14</sup>.

Los métodos de interpretación de resultados de análisis foliares del Nivel Crítico y el de los Rangos de Suficiencia son ampliamente utilizados. Sin embargo, el método denominado DRIS<sup>6</sup> (Diagnosis and Recommendation Integrated System), ha sido reportado como un método que supera algunas limitaciones características de dichos y métodos<sup>24</sup>.

El principal objetivo de esta metodología DRIS<sup>6</sup> estriba, en *reproducir las condiciones de campo en una computadora, en una vía similar a la forma como podría hacerse en un laboratorio, de manera tal que pudiere estudiarse simultáneamente la influencia de un gran número de factores limitantes del rendimiento de plantas, bajo un predeterminado conjunto de condiciones preseleccionadas*.

El DRIS<sup>19</sup>, utiliza un conjunto integrado de *Normas de Diagnóstico*, 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. 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<sup>19</sup>. Las Normas de Diagnóstico son desarrolladas a partir de una población de referencia<sup>6</sup>. Los contenidos de los nutrientes obtenidos de cualquier muestra de cultivo, son evaluados nutricionalmente, mediante comparación contra esas Normas de Diagnóstico<sup>24</sup>.

El DRIS, también permite obtener para su interpretación, los denominados índices para cada nutriente<sup>24</sup> (IN-DRIS) y los índices entre pares de nutrientes<sup>24</sup> (IBN-DRIS). Los valores relativos de los IN-DRIS, representan la abundancia relativa de los nutrientes en los tejidos examinados<sup>24</sup>.

Después del cálculo de los IN-DRIS para cada nutriente de una determinada muestra de tejido, puede ser determinado, cual o cuales de los elementos nutrientes bajo análisis, podrían estas limitando la producción o el desarrollo del cultivo<sup>5,23</sup>.

El método original de cálculo de los IN-DRIS<sup>6</sup>, ha sido modificado por algunos autores<sup>10, 11,12</sup>.

Se ha reportado que una vez calculados los IN-DRIS para cada nutriente, se puede determinar el estado general de balance o desbalance nutritivo de las plantas bajo diagnóstico, mediante la estimación del denominado Índice de Balance del Nutriente (IBN-DRIS)<sup>24</sup>. Los reportes mencionados<sup>24</sup>, han conseguido que altos valores de los IBN, están relacionados con bajos rendimientos y a su

vez, los cultivos con altos rendimientos, presentan bajos valores de IBN.

Las normas DRIS de los elementos N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu y Mn para el café en Venezuela, fueron desarrolladas por Arizaleta *et al.*<sup>2</sup>. También han sido desarrolladas algunas normas DRIS para el cultivo del café en Colombia<sup>1</sup> y en Brasil<sup>4,7,9,16,17</sup>.

Sin embargo, ninguno de estos trabajos ha reportado normas DRIS para el elemento B en el café, estando este elemento dentro del grupo de nutrientes que requiere este cultivo para todas sus funciones de crecimiento y producción.

De tal manera se plantearon como objetivos los siguientes:

Determinar el contenido de B en hojas de café en Venezuela.

Desarrollar normas de diagnóstico foliar DRIS para el café en Venezuela, que incluyan al B y a todas las interrelaciones binarias entre el B y los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu y Mn.

Evaluar las relaciones entre los IN-DRIS, los IBN-DRIS la concentración foliar de nutrientes y el rendimiento del café mediante cuatro métodos de cálculo de los mismos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo de las plantas de café se hizo en 41 fincas, en las zonas cafetaleras de los estados Lara, Portuguesa, Trujillo y Yaracuy, abarcando un área de 980 ha, registrando la producción de 1.112 unidades experimentales. Como unidad experimental fue definida cada planta de café muestreada.

En el DRIS, la vía propuesta para desarrollar las normas de diagnóstico, parte de definir la composición foliar de las plantas con los más altos rendimientos<sup>6</sup>. Las fincas fueron seleccionadas dentro de las principales zonas productoras de cada estado por sus niveles de producción. Dentro de las fincas de mayor productividad, se eligieron los mejores lotes y las plantas con una mayor carga de frutos, mediante el muestreo aleatorio estratificado<sup>8</sup>. Las plantas a las cuales se les tomaría la muestra foliar y se les mediría el rendimiento fueron seleccionadas sobre la base de su elevado vigor, apariencia sana y nivel de producción<sup>6</sup>. La producción de cada unidad experimental fue medida en el campo. Los resultados del análisis químico foliar de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Na y Mn y las producciones de los cafetos (*Coffea arabica* L var. Catuai) fueron los determinados por Arizaleta *et al.*<sup>2</sup>.

Para definir los valores de referencia o normas DRIS para el B, se dividió en dos subpoblaciones el total de datos. Una subpoblación A, conformada por 325 plantas, que representan el 80% de la población analizada, con un promedio de producción de 9,256 kg de café cereza/planta y rendimientos comprendidos entre 7,004 a 11,999 kg de café cereza/planta. Otra subpoblación B, conformada por 81 plantas, que representan el 20 % de la población analizada, con un promedio de producción de 14,015 kg de café cereza/planta y rendimientos comprendidos entre 12,00 a 21,234 kg de café cereza/

planta. La determinación del B en tejidos foliares de cafetos, se hizo por el método de la colorimetría de la Azometina-H<sup>15</sup>.

Para la determinación de las normas de diagnóstico DRIS correspondientes al elemento B y a las relaciones binarias de productos y cocientes del B con los demás elementos en consideración, se calcularon las medias para el contenido de cada elemento en base a materia seca y aquellas relaciones en base a cocientes o productos entre los pares de cada elemento que mejor discriminan entre las subpoblaciones de alto rendimiento y muy alto rendimiento<sup>24</sup>.

El cálculo de los IN-DRIS para cada nutriente, fue realizado a través de la fórmula general, siguiente<sup>24</sup>.

Para un nutriente X, el índice será.

$$\text{Índice X} = \frac{f(X/A) + f(X/B) + f(X/C) - f(D/X) + \dots + f(X/N)}{Z}$$

En donde:

X = nutriente en estudio.

A, B, C, D...N = nutrientes que aparecen en el numerador o denominador de las relaciones con el elemento X.

Z = el número de funciones envueltas en los cálculos del IN-DRIS.

f(X/A) = es considerada como una función intermedia, utilizada para el cálculo de los IN-DRIS.

Cada función intermedia es una comparación de la relación encontrada en la muestra individual, con el patrón o norma establecida para esa relación. Las funciones pueden ser directas o inversas, las directas ocurren cuando el nutriente en estudio se encuentra en el numerador de las relaciones, mientras que las inversas son cuando se encuentra en el denominador de las relaciones.

Los métodos utilizados para el cálculo de las funciones de la relación entre nutrientes, considerando una relación entre el nutriente X y el nutriente Y, fueron los siguientes:

- El método original<sup>6</sup>.
- El método modificado por Jones<sup>12</sup>.
- El método modificado por Elwali y Gascho<sup>10</sup>.
- El método del M-DRIS o DRIS modificado, propuesto por Hallmark *et al.*<sup>11</sup>.

Los IN-DRIS para los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mg, Zn y B fueron desarrollados por los cuatro métodos mencionados<sup>6,10,11,12</sup>.

Para el caso del DRIS modificado<sup>11</sup>, además de generar los índices para los nutrientes, también fue calculado el IN-DRIS de la materia seca.

Los IBN-DRIS fueron calculados, realizando la sumatoria del valor absoluto de todos los IN-DRIS calculados por los 4 métodos mencionados anteriormente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I, se muestran 12 relaciones binarias de cocientes (6 directas y 6 inversas), entre el B y los elementos Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn. quedando

seleccionados como Normas DRIS, los 6 cocientes que resultaron con mayores valores. Las formas de expresión en forma de productos, quedaron definidas de la manera siguiente: Nx<sub>B</sub>, Px<sub>B</sub> y Kx<sub>B</sub>.

**Tabla I.** Relaciones de varianzas utilizadas en el cálculo del DRIS para el nutriente B.

Relación	Nutriente	Expresión	X	Y	X/Y
Directa	B	B/Ca	98,839	63,154	1,565 (*)
		B/Mg	4.506,349	3.972,952	1,134
		B/Zn	3,929	4,835	0,813
		B/Cu	4,418	1,893	2,333
		B/Fe	0,226	0,036	6,278 (*)
		B/Mn	0,108	0,150	0,720
Inversa	B	Ca/B	0,0002	0,0002	1
		Mg/B	2,802x10 <sup>-5</sup>	2,001x10 <sup>-5</sup>	1,40 (*)
		Zn/B	0,084	0,045	1,867 (*)
		Cu/B	0,020	0,008	2,50 (*)
		Fe/B	0,998	0,0276	3,616
		Mn/B	5,871	3,971	1,478 (*)

X: Varianza subpoblación A

Y: Varianza subpoblación B

Relación de varianzas A/B

(\*) Cocientes seleccionados con mayor relación de varianzas.

Cada uno de estas relaciones junto a las reportadas por Arizaleta *et al.*<sup>2</sup>, representan el estado de balance nutricional ideal en el cultivo del cafeto, puesto que la presencia en un momento dado de una determinada concentración de cualquiera de los elementos necesarios para la vida de la planta, va a estar condicionada por varios factores, siendo uno de los más importantes, la relación de balance entre los elementos presentes en el tejido vegetal. Por ese motivo, la velocidad de absorción de un determinado elemento, puede ser aumentada (sinergismo), disminuida (antagonismo) o no ser influenciada por la presencia de otro, y esto hace que la concentración foliar de un elemento cualquiera no sea independiente de los demás, para el normal desarrollo de sus funciones.

**Tabla II.** Normas de diagnóstico DRIS del elemento Boro para el cafeto en Venezuela.

Expresión	Norma	DE	CV(%)	Rango de Balance
B/MS (mg.kg <sup>-1</sup> )	55,05	11,46	20,82	43,59-66,51
Zn/B	0,41	0,28	67,82	0,13-0,69
Cu/B	0,30	0,13	44,12	0,17-0,43
Mn/B	3,76	2,35	62,55	1,41-6,11
Mg/B	0,01	0,01	32,21	0,00-0,002
B/Ca	29,77	9,59	32,21	20,18-39,36
B/Fe	0,61	0,22	36,15	0,39-0,83
N x B	177,68	40,72	22,92	136,96-218,40
P x B	8,44	3,01	22,92	5,43-11,45
K x B	74,14	29,22	39,41	44,92-103,36

MS = materia seca; DE = desviación estándar; CV= coeficiente de variación en porcentaje (%)

En la Tabla II se presentan las normas DRIS con el B para el cultivo del cafeto en Venezuela, generadas en este trabajo. Con el desarrollo de estas normas, se permite la

clasificación del elemento B en función de sus relaciones con los demás nutrientes.

Los resultados para las relaciones binarias entre el B y los otros nutrientes de esta investigación son a continuación comparados con los valores reportados por otros investigadores en diferentes países productores de café, para determinar si coinciden con esos.

En Colombia<sup>1</sup>, reportaron que las relaciones Mn/B y B/Fe tienen un rango de balance de 4,15-4,29 y de 0,46-0,47 respectivamente. Las relaciones reportadas en el presente estudio son: Mn/B, 1,41-6,11 y para B/Fe, 0,39-0,83.

En Brasil<sup>9</sup>, reportaron para las relaciones Zn/B y B/Ca los rangos de balance de 0,09-0,63 y 31,35-57,25 respectivamente. En el presente estudio se obtuvo para Zn/B un rango de 0,13-0,69 y para B/Ca de 20,18-39,16.

La carencia en Venezuela de muchas de las Normas de Diagnóstico y las diferencias observadas para las relaciones binarias entre los elementos desarrolladas en Venezuela y los de otros países, fortalecen la necesidad de establecer patrones o normas nacionales para la evaluación nutricional del cafeto, de manera similar a la vía seguida en Brasil<sup>17</sup>, para desarrollar normas DRIS particulares para el cafeto en el sur de Minas Gerais.

Los análisis de correlación entre los IN-DRIS vs. rendimiento, los IN-DRIS vs. los contenidos de nutrientes en las hojas de cafetos y los IN-DRIS vs. los IBN, calculados de acuerdo a las formulas utilizadas<sup>6, 10, 11, 12</sup>, arrojaron los siguientes resultados. Los IN-DRIS tuvieron un bajo grado de asociación estadística con el rendimiento del cafeto, independientemente de la forma de cálculo que se utilizó para tal fin, por tal razón no se puede establecer una ecuación confiable de predicción del rendimiento utilizando estas variables. Esta falta de posibilidad de establecer una ecuación confiable de predicción del rendimiento, está sustentada en el hecho de haber trabajado con plantas en el tope de los rendimientos de la población. De acuerdo a lo expresado por Beaufile<sup>6</sup>, las variaciones de los niveles de nutrientes en las subpoblaciones de elevados rendimientos son muy estrechas y por ende, ocurre igual con las variaciones de los IBN-DRIS, lo que acarrea que estas variaciones no puedan representarse discriminadamente con un modelo de regresión.

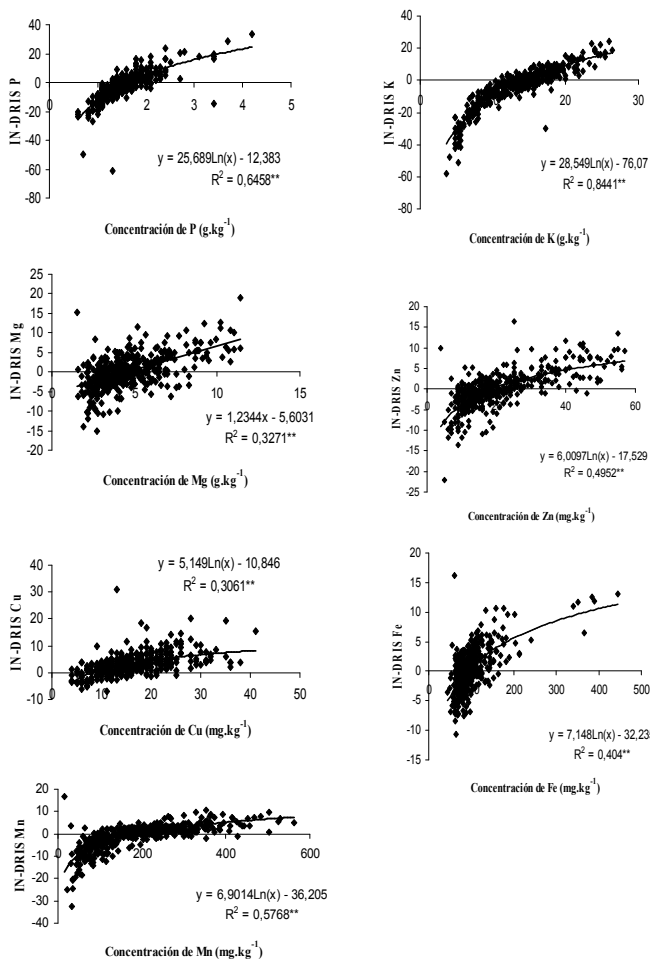
Para el caso de los IBN-DRIS (x) y los IN-DRIS (y) ocurrió algo similar a lo anterior, pero con la particularidad que, si se encontraron algunas correlaciones significativas entre esas dos variables, correlaciones las cuales son presentadas a continuación.

En el caso del IN-DRIS del N y su IBN, al utilizar la formulas propuesta por Beaufile<sup>6</sup>, se obtuvo la ecuación de regresión,  $y = -0,0007x^2 - 0,011x + 0,76$  con un  $R^2 = 0,30$ .

Utilizando el método de Hallmark *et al.*<sup>11</sup>, para el IN-DRIS del N la ecuación fue,

$$y = -0,0007x^2 + 0,013x + 0,42 \text{ con un } R^2 = 0,30.$$

Para el caso de los IN-DRIS del Mg, Fe y Mn y su relación con los IBN, cuando se utilizó la formula de

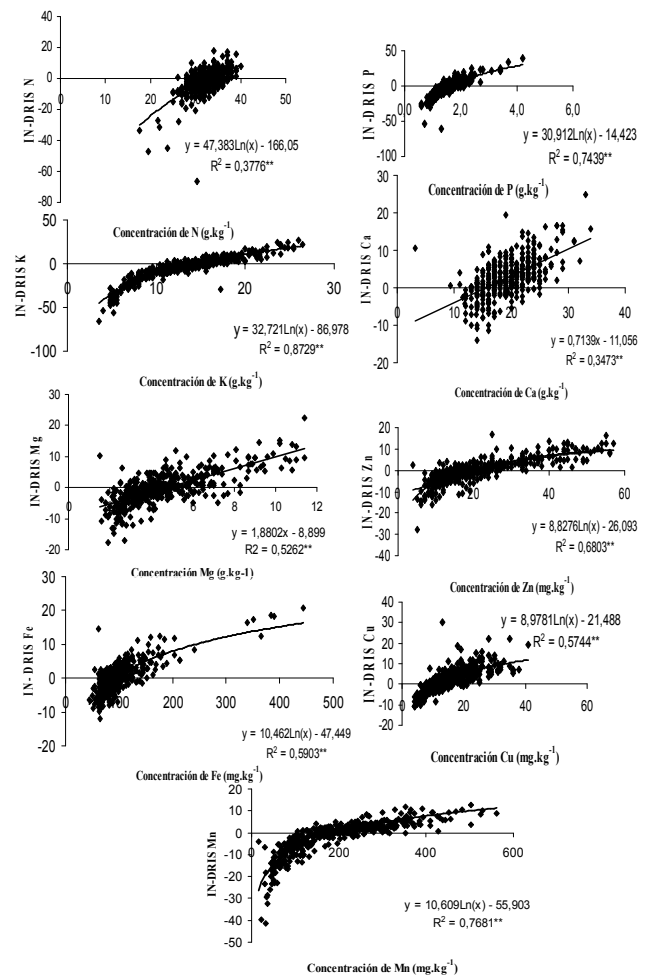


**Figura 1a.** Relación entre los IN-DRIS de P, K, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn con significancia estadística y sus respectivos contenidos foliares en el café, según Beaufils (1973).

Jones<sup>12</sup>, se obtuvieron las siguientes ecuaciones:  $y = 0,0001x^2 + 0,102x + 9,94$  con un  $R^2 = 0,55$  para el caso del IN-DRIS de Mg;  $y = 0,1528x - 12,562$  con un  $R^2 = 0,34$  para el caso del IN-DRIS de Fe;  $y = -0,3054x + 20,295$  con un  $R^2 = 0,44$  y para el caso del IN-DRIS de Mn, con un  $R^2 = 0,44$ .

Los IN-DRIS y la concentración foliar de nutrientes mostraron un buen grado de asociación para todas las formas de cálculo, siendo los modelos estadísticos lineales y logarítmicos, adecuados para correlacionar estas dos variables (Figuras 1a, 1b, 1c y 1d). Sin embargo se puede observar que el método de Hallmark *et al.*<sup>11</sup>, fue el más sensible al encontrar significancia estadística en 9 casos de los 10 IN-DRIS estudiados en este trabajo (IN-DRIS vs. concentraciones de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu y Mn). El método de Elwali y Gascho<sup>10</sup>, produjo 8 casos de correlación significativa (IN-DRIS vs. concentraciones de N, P, K, Mg, Zn, Fe, Cu y Mn). Los métodos de Beaufils<sup>6</sup> (1973) y el de Jones<sup>12</sup>, produjeron 7 casos de correlaciones significativas entre los IN-DRIS y las concentraciones de nutrientes.

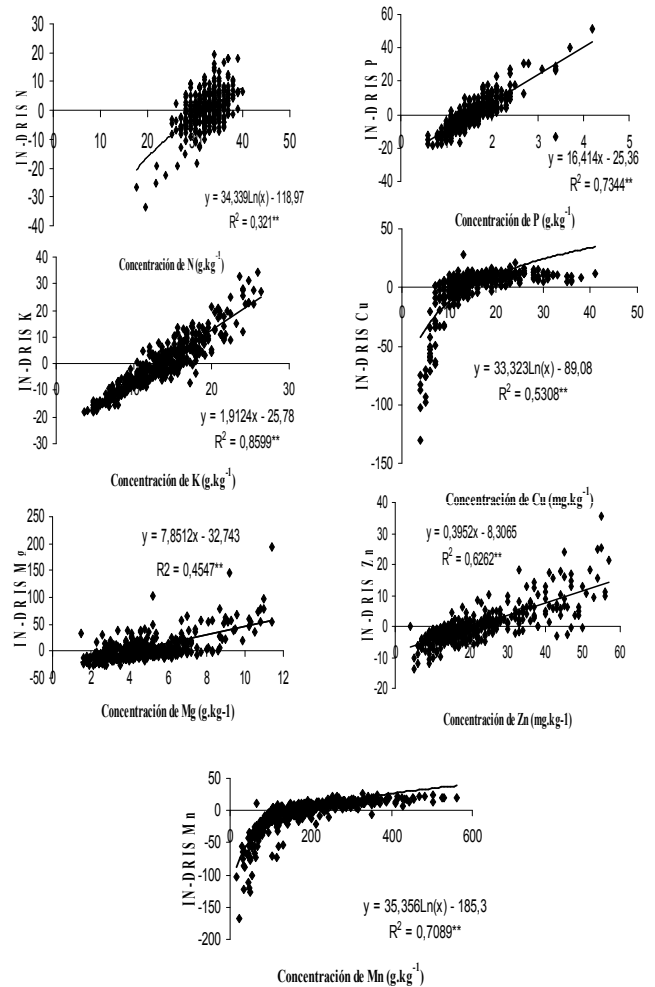
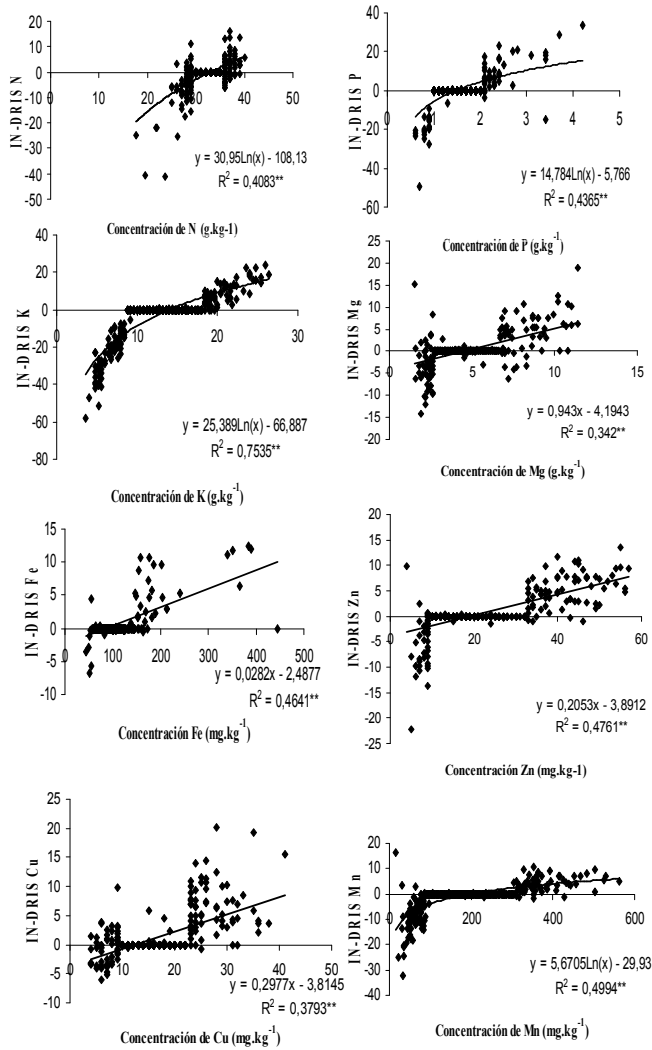
Para el caso del B, independientemente del método utilizado, no se encontró relación estadística significativa



**Figura 1b.** Relación entre los IN-DRIS de N, P, K, Ca, Mg y Zn, con significancia estadística y sus respectivos contenidos foliares en el café, según Hallmark *et al.* (1987).

del IN-DRIS con la concentración foliar del B, considerándose que la plantación estaba nutricionalmente equilibrada para este nutriente en particular.

Todos los IN-DRIS, incrementaron con el incremento de la respectiva concentración foliar de nutrientes, independientemente de la forma de cálculo utilizada (Figuras 1a, b, c y d). Los modelos mostraron el punto donde el IN-DRIS se hace cero. La concentración foliar de un nutriente en ese punto, posiblemente no limita la producción ya que un IN-DRIS = cero, significa que en esa condición, ese nutriente se encuentra en una relación de balance adecuada con todos los nutrientes contra los cuales se le está evaluando<sup>18</sup>. El valor de cero en los IN-DRIS representa el punto en el cual el nutriente en particular manifiesta las mejores relaciones de balance nutricional dentro la planta contra todos lo demás elementos bajo diagnóstico<sup>3,24</sup>. En este sentido, ha sido mencionado que esta pudiere ser una nueva vía para determinar la concentración óptima de nutrientes, para obtener altos rendimientos<sup>19</sup>. Los tejidos foliares con índices de balance cero (IN-DRIS = 0), realizados por los cuatro métodos (Tabla III), tuvieron un rango de concentración de nutrientes muy similar al rango de



**Figura 1c.** Relación entre los IN-DRIS de N, P, K, Mg, Zn, Fe, Cu y Mn con significancia estadística y sus respectivos contenidos foliares en el cafeto, según Elwali y Gascho (1984).

**Figura 1d.** Relación entre los IN-DRIS de N, P, K, Mg, Zn, Cu y Mn con significancia estadística y sus respectivos contenidos foliares en el cafeto, según Jones (1981).

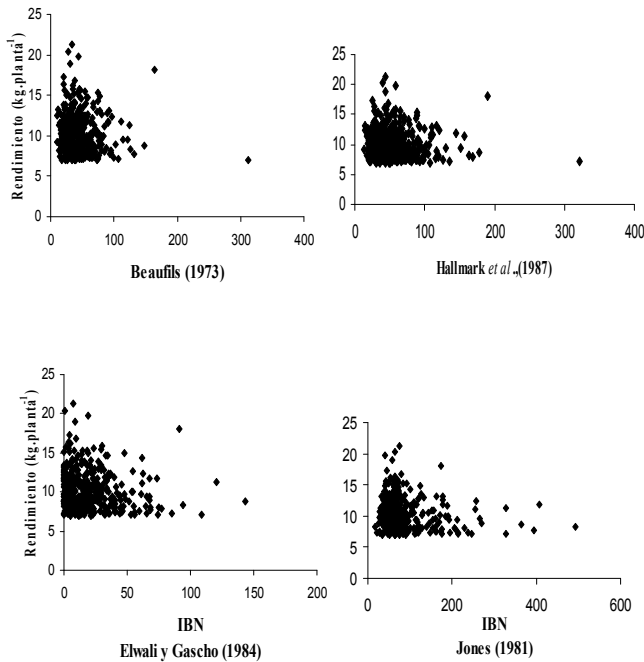
**Tabla III.** Comparación de las normas DRIS y sus rangos para el cafeto en Venezuela contra los rangos de concentración foliar de los nutrientes de las plantas con IN-DRIS = 0.

Forma de Expresión	A	(1)	(2)	(3)	(4)
N/MS g.kg <sup>-1</sup>	*32,3 ± 3,12	32,1 ± 2,13	32,6 ± 2,58	32,5 ± 1,72	32,4 ± 2,43
P/MS g.kg <sup>-1</sup>	*1,5 ± 0,50	1,6 ± 0,22	1,6 ± 0,18	1,5 ± 0,29	1,6 ± 0,17
K/MS g.kg <sup>-1</sup>	*13,5 ± 4,70	14,3 ± 1,71	14,6 ± 1,60	13,6 ± 2,61	14,2 ± 1,50
Ca/MS g.kg <sup>-1</sup>	*19,4 ± 4,20	18,5 ± 4,03	17,9 ± 3,54	19,3 ± 2,58	20,6 ± 4,70
Mg/MS g.kg <sup>-1</sup>	*4,7 ± 1,99	4,5 ± 1,22	4,3 ± 0,89	4,4 ± 1,25	3,9 ± 0,80
Zn/MS mg.kg <sup>-1</sup>	*20,9 ± 11,60	17,3 ± 6,61	20,6 ± 5,77	17,5 ± 5,70	20,8 ± 8,62
Fe/MS mg.kg <sup>-1</sup>	*100,8 ± 45,29	93,5 ± 20,36	96,0 ± 18,11	93,6 ± 28,54	98,2 ± 22,26
Cu/MS mg.kg <sup>-1</sup>	*16,1 ± 6,57	12,2 ± 3,43	12,8 ± 3,27	16,8 ± 6,25	12,6 ± 2,88
Mn/MS mg.kg <sup>-1</sup>	*196,2 ± 106,7	188,7 ± 46,25	204,4 ± 48,75	221,2 ± 96,02	166,3 ± 24,06
B/MS mg.kg <sup>-1</sup>	**55,1 ± 11,46	53,7 ± 10,36	51,6 ± 9,31	55,2 ± 6,87	54,3 ± 9,55

**A. Normas DRIS venezolanas y sus rangos de equilibrio**

- (1) Rango de concentración de las plantas con IN-DRIS = 0 según método de Beaufils<sup>6</sup>
- (2) Rango de concentración de las plantas con IN-DRIS = 0 según método de Hallmark *et al*<sup>2</sup>
- (3) Rango de concentración de las plantas con IN-DRIS = 0 según método de Elwali y Gascho<sup>11</sup>
- (4) Rango de concentración de las plantas con IN-DRIS = 0 según método de Jones<sup>10</sup>

Los valores son medias ± Desviación Estandar. MS= materia seca  
 \*Normas DRIS de Arizaleta *et al.* (2002). \*\*Norma generadas en este estudio.



**Figura 2.** Rendimiento de café cereza ( $\text{kg.planta}^{-1}$ ) en función del Índice de Balance Nutricional (IBN-DRIS), según Beauflis (1973); Hallmark *et al.*, (1987); Elwali y Gascho (1984); Jones (1981).

balance presentado por las normas DRIS generales para cafetos en Venezuela, normas que están conformadas tanto las generadas por Arizaleta *et al.*<sup>2</sup>, como las generadas para el B en esta investigación, circunstancia que concuerda y refuerza el planteamiento expresado en el párrafo anterior<sup>19</sup>.

Una de las principales ventajas del DRIS, es la posibilidad de clasificar los nutrientes en orden de importancia en cuanto a su limitación e indicar la intensidad con la que un determinado elemento es exigido por la planta<sup>3,20</sup>. Por estas razones, se considera importante conocer y precisar si con los diferentes procedimientos de cálculo de los IN-DRIS, se altera o no las posiciones relativas del elemento más exigido por la planta.

En tal sentido utilizando los análisis foliares de la población analizada, los cuales conforman el banco de datos de este estudio y comparando los resultados obtenidos por los diferentes métodos de cálculo de los índices DRIS, se determinaron las secuencias de limitación de los nutrientes, por cada uno de los métodos bajo estudio, secuencias que son presentadas a continuación.

Beauflis<sup>6</sup>:  $K > P > Mn > N > Mg > Zn > Fe > Ca > B > Cu$ .

Jones<sup>12</sup>:  $K > Mn > Mg > Fe > P > Cu > N > Zn > Ca > B$ .

Elwali y Gascho<sup>10</sup>:  $K > Mn > N > Zn > Mg > B > Ca > P > Cu > Fe$ .

Hallmark, *et al.*<sup>11</sup>:  $K > P > Mn > Zn > Mg > N > Fe > B > Ca > Cu$ .

Comparando los resultados obtenidos por los diferentes métodos de cálculo de los INDRIS, se pudo establecer

que existe similitud en el establecimiento de la ordenación de limitación nutricional entre los 4 métodos<sup>6,10,11,12</sup>. Los cuatro métodos reconocen al K como el nutriente en situación de deficiencia relativa mas acentuada con relación a los otros nutrientes. Esta situación reviste enorme importancia, en relación a uno de los postulados de mayor relevancia en la nutrición vegetal, lo expresado por la Ley del Mínimo<sup>13</sup>, la cual señala que el rendimiento solo puede ser aumentado, al aplicar el nutriente mas deficiente o limitante.

Con respecto al segundo elemento relativamente mas deficitario, ocurren algunas diferencias entre los métodos evaluados, puesto que en dos de los métodos aparece el Mn<sup>10,12</sup> y en los otros dos métodos<sup>6,11</sup> aparece el P. Los cuatro métodos señalan al Mn bien en el segundo lugar o bien en el tercer lugar de limitación, dos en el segundo lugar de limitación y dos en el tercer lugar. Solo dos métodos identifican al P como el más limitante entre la segunda y la tercera posición de limitación.

De acuerdo a los resultados obtenidos por los cuatro métodos, el DRIS fue un buen indicador de las limitaciones nutricionales, pudiendo ser capaz de cooperar en la maximización de la producción, una vez que pueden identificarse los nutrientes que tengan su concentración debajo del límite inferior, con respecto a la media de contenido adecuada.

Respecto al fenómeno de la vecería o proceso de alternancia, bienalidad o producción cíclica de baja y de alta en este cultivo<sup>3</sup>, dicho proceso no interfirió en la determinación nutricional realizada por los cuatro métodos, según se desprende del análisis de la determinación gráfica de los resultados de los IBN (Figura 2). Los gráficos para todos los métodos mostraron ser coherentes con el modelo esperado, modelo en el cual, a bajos valores de los IBN, el rendimiento de café cereza varió de bajo a alto, en cuanto que a altos valores de los IBN, predominan los casos de bajo rendimiento.

Esto significa que las plantas potencialmente productivas (nutricionalmente equilibradas), en años de producción vegetativa, presentan bajos IBN-DRIS y bajos rendimientos. También se observa que las plantas potencialmente productivas (nutricionalmente equilibradas), en años de buena producción de granos, presentan bajos IBN y altos rendimientos y que plantas no productivas (nutricionalmente desequilibradas), en años de producción vegetativa o en años de producción de granos, solo presentan altos IBN y bajos rendimientos<sup>4,21</sup>.

Con todas estas comparaciones entre las 4 formas de cálculo del DRIS presentadas en este trabajo, podemos decir que la escogencia del método depende de su capacidad en producir diagnósticos coherentes. Es decir, depende de la capacidad del método en prever correctamente el estado nutricional de las plantas<sup>22,23</sup>.

De tal manera, las diferencias entre los métodos puede ser minimizada, dependiendo del criterio de interpretación de los resultados que se utilice, como es el caso en este trabajo, en el cual se tomaron en cuenta varias situaciones para evaluar los 4 métodos<sup>6,9,10,11</sup> de determinación de los

IN-DRIS y los IBN-DRIS, relacionándolos contra variables de rendimiento, contenido nutricional de nutrientes foliares y el orden de limitación de nutrientes.

Con todas las evaluaciones realizadas en este estudio se puede decir que las modificaciones introducidas al DRIS<sup>9,10,11</sup>, alteran muy levemente los resultados del diagnóstico en el orden de limitación del rendimiento, obtenido a través del procedimiento original<sup>6</sup>.

El presente trabajo, en conjunto con el realizado por Arizaleta *et al.*<sup>2</sup>, constituyen los primeros esfuerzos para establecer las normas DRIS en el cultivo del cafeto en Venezuela.

## CONCLUSIONES

1. Se generaron normas DRIS para el B y también para todas las interrelaciones entre B y los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn.

2. Existe una relación positiva y significativa entre el contenido foliar de nutrientes del cafeto y los IN-DRIS, independientemente del procedimiento de cálculo utilizado para el mismo.

3. Las modificaciones introducidas al DRIS, alteran muy poco los resultados en comparación a los obtenidos a través del procedimiento original, de tal manera que se recomienda la utilización del procedimiento original propuesto por Beaufils, para la determinación del estado nutricional en este cultivo.

## REFERENCIAS

1. Arboleda, C., Arcila, J. y Martínez, R. Sistema integrado de recomendación y diagnóstico. Una alternativa para la interpretación de resultados del análisis foliar en café. *Agr. Colomb.*, **5**: 17-30, 1988.
2. Arizaleta, M., Rodríguez, O. y Rodríguez, V. DRIS foliar norms for coffee. *Acta Hort.*, **594**: 405-409, 2002.
3. Bataglia, O. C. y Santos, W. R. Efeito do procedimento de cálculo e da população de referência nos índices do Sistema Integrado do Diagnóstico e Recomendação (DRIS). *R. Bras. Ci. Solo*, **14**: 339-344, 1990.
4. Bataglia, O. C., Santos, W. R. y Quaggio, J. A. Reference populations for evaluation of the nutritional status of coffee by DRIS. In: W. J. Horts (Ed). *Plant nutrition-Food security and sustainability of agro-ecosystems*. Kluwer Academic Publishers. Amsterdam, 2001, pp. 728-729.
5. Bataglia, O. C., Santos, W. R. y Ferreira, M. Diagnóstico nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frecuencia de desposta na produção. *Bragantia*, **63**: 253-263, 2004.
6. Beaufils, E. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Sci. Univ. Natal.*, **1**: 1-132, 1973.
7. Braganca, S. M. y Da Costa, A. N. Avaliação do estado nutricional do café Conilon (*Coffea canephora*) no norte do Estado do Espírito Santo, a través do sistema integrado de diagnóstico e recomendação (DRIS). *Inf. Agron.*, **76**: 3-4, 1996.
8. Costa Neto, P. L. Estadística. Editora Edgard Blucher Ltda. Sao Paulo. 1999, pp. 42-43.
9. Da Costa, A. N. y Prezotti, L. Padrao de referencia para uso do DRIS na avaliação nutricional do café arábica. *Inf. Agron.*, **80**: 9-10, 1997.
10. Elwali, A. M. y Gascho, G. J. Soil testing, foliar analysis and DRIS as guides for sugarcane fertilization. *Agron. J.*, **76**: 466-470, 1984.
11. Hallmark, W. B., Mooy, C. y Pesek, J. Comparison of two DRIS methods for diagnosing nutrient deficiencies. *J. Fert. Iss.*, **4**: 151-158, 1987.
12. Jones, C. A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integral system (DRIS) for interpreting plant analyses. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, **12**: 785-764, 1981.
13. Macy, P. The quantitative mineral nutrient requirements of plants. *Plant Physiol.*, **11**: 749-764, 1936.
14. Malavolta, E. *Historia do café no Brasil*. Editora Agronômica Ceres Ltda. Sao Paulo, Brasil, 2000, pp. 277-292.
15. Malavolta, E., Vitti, G. C. y De Oliveira, S. A. *Avilacao do estado nutricional das plants. Principios e aplicaçoes*. 2ª ed. Instituto da Potasa e do Fosfato. Piracicaba. 1997, pp. 271-272.
16. Nick, J. A. *DRIS para cafeiros podados*. Disertación (Mestría), Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Quiroz", Universidad de Sao Paulo. Piracicaba, Sao Paulo, Brasil, 1998, 85 p.
17. Reis, R., Correa, J., Guedez, J. y Montijo, P. Establecimiento do normas DRIS para o cafeeiro no sul de Minas Gerais: 1ª aproximação. *Cienc. Agrotec.*, **26**: 269-282, 2002.
18. Reis, R. y Monnerat, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. *Pesq. Agropec. Bras.*, **38**: 379-385, 2003.
19. Sumner, M. E. Preliminary NPK foliar diagnostic norms for wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, **8**: 149-167, 1977.
20. Sumner, M. E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. *Agron. J.*, **71**: 343-348, 1979.
21. Wadt, P. G., Novais, R. F., Alvarez, V. H., Fonseca, S., Barros, N. F. y Díaz, L. E. Tres métodos do cálculo do DRIS para avaliar o potencial do resposta a adubação de arvores de eucalipto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, **22**: 661-666, 1998a.
22. Wadt, P. G., Novais, R. F., Alvarez, V. H., Fonseca, S., Barros, N. F. y Díaz, L. E. Valores do referencia para macronutrientes em eucalipto obtenidos pelos métodos DRIS e chance matemática. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, **22**: 685-692, 1998b.
23. Wadt, P. G., Novais, R. F., Alvarez, V. H. y Bragança, S. M. Alternativas do aplicação do DRIS ná cultura de café conilón (*Coffea canephora* Pierre). *Sci. Agric.*, **56**: 83-92, 1999.
24. Walworth, J. y Sumner, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Adv. Soil. Sci.*, **6**: 149-188, 1987.

**Correspondencia:** Miguel Arizaleta Castillo, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Decanato de Agronomía. Apartado 400. Barquisimeto, Edo. Lara, Venezuela.

Correo electrónico: [miquelarizaleta@ucla.edu.ve](mailto:miquelarizaleta@ucla.edu.ve)