

RELACIÓN DE LOS ÍNDICES DRIS, ÍNDICES DE BALANCE DE NUTRIENTES, CONTENIDO FOLIAR DE NUTRIENTES Y EL RENDIMIENTO DEL CAFETO EN VENEZUELA

Miguel Arizaleta¹, Orlando Rodríguez² y Vianel Rodríguez¹

RESUMEN

Se estudió la relación entre el rendimiento, los Índices de Diagnóstico DRIS (IN-DRIS), los Índices de Balance de Nutrientes DRIS (IBN-DRIS) y el contenido foliar de nutrientes de una población de café con alto rendimiento promedio (9,657 kg de café cereza por planta). Las relaciones fueron estudiadas en 1.122 plantas de las variedades Caturra y Catuaí, colectadas a diversas altitudes, en los estados Lara, Yaracuy, Trujillo y Portuguesa en Venezuela. Los IN-DRIS del potasio y del fósforo mostraron una alta correlación con la concentración foliar del café. Por otra parte, los resultados no permitieron establecer una ecuación confiable para la predicción del rendimiento a través de los contenidos de nutrientes, IN-DRIS e IBN-DRIS. Se sugiere como causante de esa falta de relación, la condición de bienalidad o alternancia productiva del cultivo.

Palabras clave adicionales: Alternancia, normas foliares, *Coffea arabica*

ABSTRACT

Relationship among the DRIS Index, DRIS Nutrient Balance Index, leaf nutrient content and coffee yield in Venezuela

The relationship between yield and the DRIS index (IN-DRIS), DRIS Nutrient Balance Index (IBN-DRIS) and leaf nutrient content from a high yielding coffee population (9.657 kg by tree) was studied. Such relations were studied on 1,122 trees of Caturra and Catuai varieties, collected at different altitudes in Lara, Yaracuy, Trujillo and Portuguesa States, in Venezuela. The potassium and phosphorus IN-DRIS were the ones that showed the highest correlation with the foliar nutrient content in the studied population. However, results did not allow establishing a reliable equation to predict yield using the three studied variables. The biannual alternance of production was pointed out as responsible for the lack of relationship.

Additional key words: Alternance, foliar norms, *Coffea arabica*

INTRODUCCIÓN

Los rendimientos del cultivo del café en Venezuela son muy bajos. La productividad media es de 368 kg ha⁻¹ de café oro; sin embargo, en plantaciones donde la fertilización se maneja racionalmente se reportan rendimientos que superan los 2.300 kg ha⁻¹ de café oro, lo cual equivale a 50 quintales ha⁻¹ (Sayago, 1995).

La carencia de tradición de uso de normas de diagnóstico foliar ha generado prácticas de fertilización inadecuadas, las cuales han generado desbalances y deficiencias nutricionales, siendo estas una de las principales limitantes en el rendimiento del café en

Venezuela (García, 1988).

El equilibrio entre los nutrientes es considerado como el factor más crítico e importante para obtener altos niveles de producción. La utilización del análisis foliar de este cultivo como herramienta del diagnóstico nutricional, en conjunto con el análisis de suelo, generaría elementos de juicio para la utilización oportuna y conveniente de los fertilizantes (Arboleda et al., 1988).

Arizaleta (2000) desarrolló normas de diagnóstico bajo el sistema DRIS para el cultivo del café. Con el uso de las normas DRIS y con los análisis convencionales de tejido se pueden calcular los Índices de los Nutrientes (IN-DRIS) de cualquier plantación, procedimiento por el

Recibido: Abril 9, 2002

Aceptado: Octubre, 31, 2002

¹Dpto. de Fitotecnia. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". e-mail: amiguel@ucla.edu.ve

²Dpto. de Química y Suelos. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela.

cual se posibilita identificar secuencialmente el orden en que cada nutriente limita el rendimiento, agrupándolos desde el más deficiente hasta el más excesivo. También permite obtener el denominado Índice de Balance de los Nutrientes (IBN-DRIS) a través de la suma algebraica de los valores absolutos de esos IN-DRIS. Dicho índice determina el grado de balance o desbalance nutricional en un cultivo con respecto a un óptimo (Walworth y Sumner, 1987; Bataglia et al., 1992; Rodríguez y Rodríguez, 1997; Rodríguez et al., 1999a).

Una vía de predecir el rendimiento potencial de un cultivo consiste en el desarrollo de una ecuación de regresión que correlacione el rendimiento con los valores de los IBN-DRIS. De esta manera, se podría predecir el rendimiento potencial de cualquier plantación en una situación ideal, a partir de datos de análisis de tejido convencionales (Rodríguez et al., 1999a; Rodríguez et al., 1999b).

En concordancia con esos antecedentes los objetivos de esta investigación fueron correlacionar los contenidos de nutrientes los IN-DRIS y los IBN-DRIS con el rendimiento del café en la población muestreada en Venezuela, así como tratar de desarrollar una ecuación de regresión que correlacione el rendimiento del café con los IBN-DRIS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar las variables estudiadas se procedió bajo el esquema metodológico utilizado por Rodríguez et al. (1997), Rodríguez y Rodríguez (1997) y Arizaleta (2000), para lo cual se realizó un muestreo de 41 fincas y se registró la producción de 1.122 unidades experimentales en los estados Lara, Portuguesa, Trujillo y Yaracuy, los cuales aportan cerca del 83% de la producción nacional (Sayago, 1995). La superficie muestreada abarcó un área de 980 ha, en diferentes zonas productoras y altitudes, con variaciones entre 600 y 1.550 msnm. El muestreo se realizó para obtener una muestra representativa de las plantas de mayor productividad, tal como lo sugieren Letzch y Sumner (1984) y Walworth y Sumner (1988).

Se seleccionaron de 15 a 20 hojas del tercero y cuarto nudo de plantas de las variedades Catuaú y Caturra, contando desde el ápice de las ramas productoras (plagiotrópicas), en cada una de las cuatro orientaciones cardinales. El muestreo fue realizado cuando los frutos alcanzaron su fase inicial de madurez fisiológica y se seleccionaron las ramas ubicadas en la parte media de la planta. La cosecha de todos los frutos para la determinación del rendimiento se realizó al momento de la toma de las muestras foliares.

Las muestras foliares fueron lavadas con una solución de HCL (0,5%) y detergente, enjuagadas con agua destilada y secadas a 65 °C hasta peso constante (Jones et al., 1991). Posteriormente, para el análisis de los elementos P y K 0,5 g de la muestra seca y molida se sometió a un proceso de digestión húmeda con HNO₃ y HClO₄. El P fue determinado por el método colorimétrico del vanadato-molibdato amónico y el K por fotometría de llama. El N se determinó por el método del microkjeldahl (Baker y Thompson, 1992). Para el resto de los elementos (Ca, Mg, Zn, Fe, Cu y Mn), 0,1 g de muestra seca y molida fue sometida a un proceso de digestión seca en una mufla a 500 °C con posterior aplicación de HNO₃, la cuantificación de los elementos se hizo por espectrofotometría de absorción atómica (Malavolta et al., 1997).

Con los datos analíticos de las combinaciones de los nueve elementos analizados, más los correspondientes a la materia seca, fueron calculados todos los IN-DRIS (Índice del N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y de la materia seca) para cada una de las 1.122 muestras, esto es, un total de 11.220 Índices. Posteriormente se obtuvo el valor del IBN-DRIS por cada muestra analizada (11.220 IBN-DRIS) a través de la sumatoria del valor absoluto de esos diez IN-DRIS. Para el desarrollo de las ecuaciones de regresión se utilizó una hoja de cálculo en Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de correlación entre el contenido de nutrientes de la población analizada vs. el rendimiento, los IN-DRIS vs. el rendimiento y

los IN-DRIS vs. los contenidos de nutrientes son presentados en el Cuadro 1.

La población mostró una producción promedio de 9,657 kg de café cereza por planta, un rendimiento mínimo de 5,041 kg y 21,234 kg de rendimiento máximo.

El máximo valor determinado para los IBN-DRIS fue de 174 y el mínimo 12. El valor medio de los IBN-DRIS fue 51, con un coeficiente de

variación del 52,33% y una desviación estándar de 26,70.

Los IN-DRIS y la concentración foliar de nutrientes mostraron una asociación moderada, medida a través del r^2 . De los elementos analizados, el IN-DRIS del potasio fue el que mostró la más alta correlación con la concentración foliar de la planta (0,81) en la población analizada (Cuadro 1 y Figura 1).

Cuadro 1. Ecuaciones de regresión, r^2 y significancia estadística entre el contenido foliar de nutrientes y el rendimiento, los IN-DRIS y el rendimiento, y los IN-DRIS y el contenido foliar de nutrientes.

Nutrientes	Variable (x)	Variable (y)	Ecuación	r^2	Significancia
Nitrógeno	*g kg ⁻¹	° Rendimiento	y = 403,28x + 8,362	0,0024	ns
	IN-DRIS	Rendimiento	y = 29,99x + 9,729	0,0081	ns
	IN-DRIS	g kg ⁻¹	y = 13,21x - 44,77	0,28	ns
Fósforo	g kg ⁻¹	Rendimiento	y = -6.704,75x + 10,727	0,02	ns
	IN-DRIS	Rendimiento	y = -23,83x + 9,624	0,009	ns
	IN-DRIS	g kg ⁻¹	y = 169,15x - 28,69	0,63	**
Potasio	g kg ⁻¹	Rendimiento	y = -1.135,8x + 11,281	0,05	ns
	IN-DRIS	Rendimiento	y = -30,62x + 9,563	0,025	ns
	IN-DRIS	g kg ⁻¹	y = 29,90 Ln(x) - 80,233	0,81	**
Calcio	g kg ⁻¹	Rendimiento	y = 1.041,78x + 7,702	0,024	ns
	IN-DRIS	Rendimiento	y = 92,48x + 9,437	0,034	ns
	IN-DRIS	g kg ⁻¹	y = 5,05x - 7,00	0,17	ns
Magnesio	g kg ⁻¹	Rendimiento	y = -86,05x + 9,707	3,9 x 10 ⁻⁵	ns
	IN-DRIS	Rendimiento	y = 61,50x + 9,662	0,015	ns
	IN-DRIS	g kg ⁻¹	y = 7,83 Ln(x) + 7,01	0,36	ns
Zinc	mg kg ⁻¹	Rendimiento	y = 20,31x + 9,251	0,0075	ns
	IN-DRIS	Rendimiento	y = 112,8x + 9,771	0,055	ns
	IN-DRIS	mg kg ⁻¹	y = 6,97 Ln(x) - 20,62	0,45	**
Hierro	mg kg ⁻¹	Rendimiento	y = -12,65x + 11,022	0,060	ns
	IN-DRIS	Rendimiento	y = -161,67x + 9,751	0,073	ns
	IN-DRIS	mg kg ⁻¹	y = 0,0518x - 5,04	0,45	**
Cobre	mg kg ⁻¹	Rendimiento	y = -12,37x + 9,882	0,001	ns
	IN-DRIS	Rendimiento	y = 58,28x + 9,492	0,0093	ns
	IN-DRIS	mg kg ⁻¹	y = 0,43x - 3,58	0,430	**
Manganeso	mg kg ⁻¹	Rendimiento	y = -1,28x + 9,992	0,0024	ns
	IN-DRIS	Rendimiento	y = 1,69x + 9,672	2 x 10 ⁻⁵	ns
	IN-DRIS	mg kg ⁻¹	y = 8,22 Ln(x) - 43,13	0,58	**

* Contenido foliar de nutrientes; ° Rendimiento en kg.planta⁻¹ de café cereza

Según Walworth y Sumner (1987), Bataglia y Santos (1990) 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 de la planta contra todos los demás elementos bajo diagnóstico. Los índices DRIS positivos indican un exceso relativo de ese elemento con relación a los

demás elementos mientras que los índices negativos, indican una deficiencia relativa del elemento con relación a los otros elementos y finalmente, los índices DRIS igual a cero indican que existe el equilibrio o balance nutricional más adecuado entre ese nutriente en particular, contra todos los demás nutrientes de la planta.

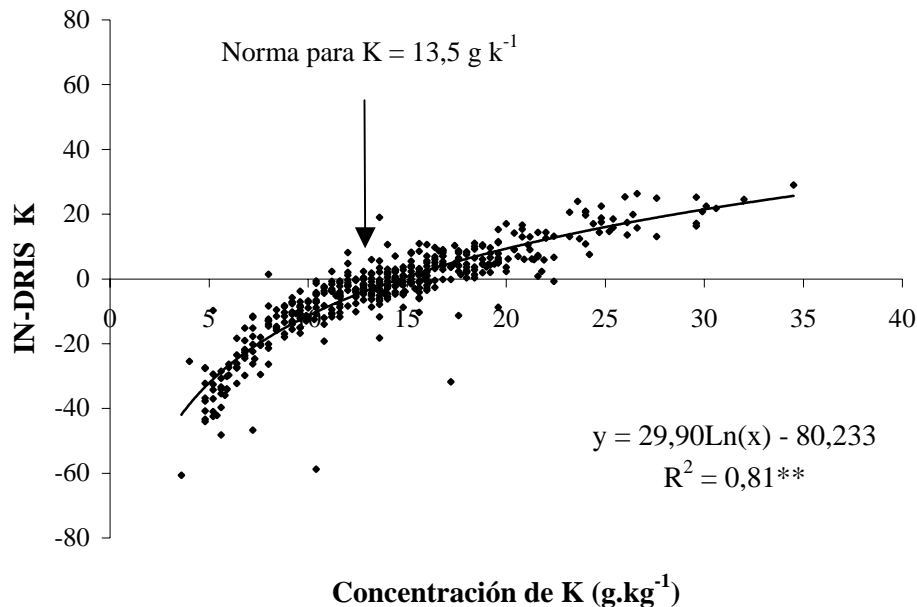


Figura 1. Relación entre índices DRIS del potasio y la concentración de este nutriente en las hojas del cafeto

A medida que el fruto del cafeto se desarrolla, exige mayor cantidad de potasio (Henao, 1996). Este autor señala que una elevada producción genera una alta movilización del K desde las hojas hacia los frutos, lo cual produce como resultado que las hojas presenten un agotamiento y probablemente baja concentración foliar del elemento. Esto concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación, aun con IN-DRIS de potasio igual a cero (Figura 2).

Analizando detalladamente la relación entre los valores de concentración del nutriente en el tejido y el respectivo IN-DRIS, se determinó que los tejidos foliares con índice de balance cero (Cuadro 2) tienen un rango de concentración de nutrientes bastante similar al del rango de balance de ese nutriente reportado por Arizaleta (2000), cuando éste es definido como la media de la población, más o menos la desviación estándar. Esta coincidencia de valores sugiere que las normas presentadas por dicho autor constituyen una referencia adecuada para determinar el estado nutricional del cultivo del cafeto.

Por otra parte, los IN-DRIS y la

concentración de nutrientes tuvieron un bajo grado de asociación estadística con el rendimiento (Cuadro 1). Por esta razón, no se pudo establecer una ecuación confiable para la predicción del rendimiento utilizando estos parámetros.

Con relación al IBN-DRIS, el análisis de varianza para la regresión con el rendimiento no detectó efecto significativo, al mostrar un coeficiente de determinación de 0,033. La ecuación de regresión generada fue $y = -18,14x + 10,583$.

La falta de correlación entre los IBN-DRIS y el rendimiento podría o pudo ser causada por el fenómeno de vecería, es decir, el proceso de alternancia, bienalidad o producción cíclica entre alta y baja en este cultivo. Esta alternancia está influenciada por el ambiente y depende del número y edad de las ramas productivas y del suministro de fertilizantes (Carvajal, 1984; Ascanio, 1994; Henao, 1996).

Bataglia et al. (2001) señalan que la relación teórica entre el rendimiento y los IBN-DRIS (alta producción-bajos IBN-DRIS y viceversa) ocurren en el cafeto cuando los rendimientos son inferiores a los 3.000 kg.ha⁻¹, pero que esto no

ocurre así cuando los rendimientos superan este valor. Estos autores sugieren que la falta de balance de los nutrientes es consecuencia del

alto drenaje de estos desde las hojas hasta los frutos, debido a la elevada demanda que requiere una elevada producción.

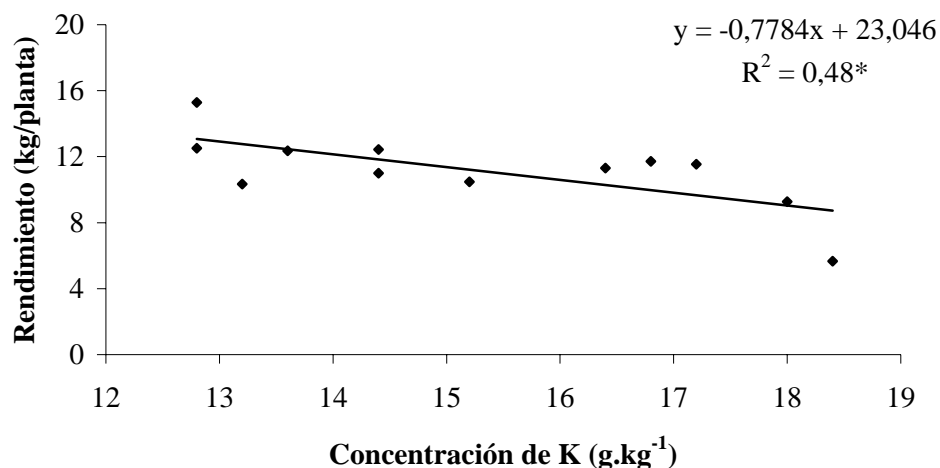


Figura 2. Relación entre la concentración foliar del potasio y el rendimiento en plantas cuyo IN-DRIS para este nutriente fue igual a cero.

Cuadro 2. Comparación de los rangos de concentración de los nutrientes contra los rangos de las normas DRIS y el rendimiento de la población para las plantas con índice del nutriente igual a cero.

Formas de expresión	Rango de las normas DRIS* (media \pm D.E.)	Rango de concentración de las muestras con IN-DRIS = 0 (media \pm D.E.)	Rango de rendimiento (kg café cereza/planta) de las muestras con IN-DRIS = 0
N/M.S. (g kg ⁻¹)	32,3 \pm 3,12	33,3 \pm 2,61	5,44 – 20,38
P/M.S. (g kg ⁻¹)	1,5 \pm 0,5	1,6 \pm 0,3	6,70 – 12,93
K/M.S. (g kg ⁻¹)	13,5 \pm 4,7	15,26 \pm 2,03	5,67 – 15,28
Ca/M.S. (g kg ⁻¹)	19,4 \pm 4,2	17,7 \pm 3,73	5,18 – 16,42
Mg/M.S. (g kg ⁻¹)	4,7 \pm 1,99	4,14 \pm 1,16	5,28 – 21,23
Zn/M.S. (mg kg ⁻¹)	20,95 \pm 11,6	19,75 \pm 8,13	7,05 – 15,63
Fe/M.S. (mg kg ⁻¹)	100,82 \pm 45,29	96,74 \pm 24,09	6,42 – 21,23
Cu/M.S. (mg kg ⁻¹)	16,12 \pm 6,57	13,19 \pm 4,03	5,18 – 15,23
Mn/M.S. (mg kg ⁻¹)	196,24 \pm 106,7	189,59 \pm 49,69	5,18 – 17,32

*Normas DRIS generadas de plantas con rendimiento promedio de 10,206 kg.planta⁻¹ de café cereza (Arizaleta, 2000).

M.S.= materia seca. D.E = desviación estándar.

En concordancia con las conclusiones de Bataglia et al. (2001) los elevados rendimientos de la población utilizada en el presente estudio podría ser la causa de la baja correlación entre sus IBN-DRIS y el rendimiento.

Wadt et al. (1999) encontraron que el fenómeno de alternancia de la producción del café Conilón (*Coffea canephora* Pierre) afectó la

evaluación nutricional ya que en las plantaciones de bajo nivel de productividad, tanto en los años vegetativos (bienalidad) como en los de fructificación, se consiguieron altos IBN-DRIS y baja productividad. Sin embargo, en las plantaciones de alto nivel de productividad, en los años de fructificación, se consiguió bajos IBN-DRIS y alta productividad, y en los años

de producción vegetativa se consiguió bajos IBN-DRIS correlacionados con una baja productividad.

La baja correlación entre los IBN-DRIS y el rendimiento en los años vegetativos parecen consecuencia de una baja de reservas nutricionales en la planta. Esta situación indica entonces que solo sería posible conseguir una adecuada correlación entre los IBN-DRIS y el rendimiento en los años de fructificación donde la planta entraría en producción con una reserva de nutrientes adecuada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los IN-DRIS del K y del P mostraron la más alta correlación con la concentración foliar del café.

No pudo establecerse una ecuación confiable para la predicción del rendimiento a través de los IBN-DRIS, los contenidos de nutrientes y los IN-DRIS.

Se sugiere el uso de las normas nutricionales desarrolladas en Venezuela para el café en las plantaciones de elevado rendimiento.

LITERATURA CITADA

1. 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. *Agronomía Colombiana* 5: 17-30.
2. Arizaleta, M. J. 2000. Normas preliminares de diagnóstico foliar DRIS para el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) en Venezuela. Tesis. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto. Venezuela. 85 p.
3. Ascanio, C. 1994. Biología del Café. Ediciones de la Biblioteca de la Universidad Central de Venezuela. Caracas. 307 p.
4. Baker, W. H. y T. L. Thompson. 1992. Determination of total nitrogen in plant samples by Kjeldahl. *In: Owen Plank (ed.). Plant Analysis Reference Procedures for the United States. Southern Cooperative Series Bulletin* 368. Athens, Georgia. pp. 25-28.
5. Bataglia, O. C. y W. R. Santos. 1990. Efeito do procedimento de cálculo e da população de referencia nos índices do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 14: 339-344.
6. Bataglia, O. C., A. R. Decen. y W. R. Santos. 1992. Diagnose visual e análise de plantas. *Anais Reuniao Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutricao de Plantas. Piracicaba. Campinas. Fundacao Cargill.* pp. 369-393.
7. Bataglia, O. C., W. R. Santos y J. A. Quaggio. 2001. Reference populations for evaluation of the nutritional status of coffee by DRIS. *In: J. Horts et al. (eds.). Plant Nutrition—Food Security and Sustainability of Agro-Ecosystems. W. Kluwer Academic Publishers. Amsterdam.* pp. 728-729.
8. Carvajal, F. 1984. Café: Cultivo y Fertilización. Ediciones del Instituto Internacional de la Potasa. Worblaufen. Berna. Suiza. 254 p.
9. García, N. 1988. Cafetales y Café. Dirección de Ediciones de la Dirección General de Información del Sector Agropecuario del Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas. 225 p.
10. Henao, J. 1996. El Café en Venezuela. Ediciones de la Biblioteca Central de Venezuela. Caracas. 291 p.
11. Jones, J., B. Wolf y H. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Athens, Georgia.*
12. Letsch, W. S. y M. E. Sumner. 1984. Effect of population size and yield level in

- selection of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15: 997-1006.
13. Malavolta, E., G. C. Vitti y S. A. De Oliveira. 1997. Avilacao do estado nutricional das plantas. Principios e aplicacoes. Instituto da potasa e do fosfato. Piracicaba. Brasil. 318 p.
 14. Rodríguez, V. y O. Rodríguez. 1997. Normas foliares DRIS para el diagnóstico nutricional del plátano Hartón (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón). Rev. Fac. Agron. (LUZ) 14:285-296.
 15. Rodríguez, O., E. Rojas y M. E. Sumner. 1997. Valencia orange DRIS norms for Venezuela. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 28:1461-1468.
 16. Rodríguez, V., D. Bautista, O. Rodríguez y L. Díaz. 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) 16: 425-432.
 17. Rodríguez, V., O. Rodríguez y P. Bravo. 1999b. Índice de balance de nutrimentos para la predicción del rendimiento del plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón). Rev. Fac. Agron. 16: 488-494.
 18. Sayago, M. 1995. El proceso productivo del café. Memorias del I Congreso Venezolano del Café. San Cristóbal. pp. 5-11.
 19. Wadt, P. R., F. Novais, V. H. Alvarez y S. M. Bragança. 1999. Alternativas de aplicacao do DRIS á cultura de café Conilón (*Coffea canephora* Pierre). Sci. Agric. 56:83-92.
 20. Walworth, J. y M. E. Sumner. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Adv. Soil. Sci. 6:149-188.
 21. Walworth, J. y M. E. Sumner. 1988. Foliar diagnosis. A review. Adv. Plant Nutr. 3: 193-241.