

Sistema Integrado de Recomendación y Diagnóstico: Una Alternativa para la Interpretación de Resultados del Análisis Foliar en Café¹

CELSO ARBOLEDA V.², JAIME ARCILA P.³ y RICARDO MARTINEZ B.⁴

Resumen. Con el fin de proveer otras alternativas de interpretación de resultados del análisis foliar en café, diferente a la tabla de contenido "normal", se aplicó la metodología SIRD (Sistema Integrado de Recomendación y Diagnóstico)⁵ a la información proveniente de un experimento con N-P-K, factorial de 3³ realizado en CENICAFE, Colombia. Los nutrimentos incluidos en el análisis foliar y su interpretación fueron N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe y B. Por primera vez, con fines de diagnóstico, se obtuvo la tabla de normas SIRD para café con base en una producción de 2.750 Kg de c.p.s/ha que incluye 1036 análisis foliares, para un total de 28 relaciones binarias de cociente entre los 8 nutrimentos mencionados. SIRD presentó la interpretación de resultados del análisis foliar en forma más clara que los elaborados con la Tabla de Contenido "normal", pues agrupó en orden de importancia en las necesidades del cultivo, todos los elementos nutritivos estudiados. Los diagnósticos elaborados mediante SIRD fueron válidos, pues al seguir su recomendación se observó respuesta tanto en la composición interna de la planta como en la producción de café. El calcio, según el enfoque SIRD, se mostró como un elemento potencialmente limitante

de la producción en la zona donde se analizó la validez del enfoque. La suma en valor absoluto de los indicadores SIRD, llamados Índice de Balance Nutricional, presentó correlación negativa y altamente significativa para los análisis foliares correspondientes a los meses de mayo.

DIAGNOSIS AND RECOMMENDATION INTEGRATED SYSTEMS (DRIS): AN ALTERNATIVE FOR INTERPRETATION OF RESULTS OF FOLIAR ANALYSIS IN COFFEE

Summary. Diagnosis and Recommendation Integrated Systems (DRIS) norms were developed for the interpretation of N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe and B contents of coffee (*Coffea arabica* L.) leaves, obtained from a N-P-K factorial experiment at two different locations of the Colombian Coffee Zone.

For diagnostic purposes of coffee nutrition this is the first time a DRIS norm is derived. The DRIS approach allows a better interpretation of Coffee's leaf mineral contents than tables of "normal values" since it shows the dynamics of change of composition of the plant as result of fertilizer treatments and also lists all nutrients in order of requirement by the plant, for example, K>P>Ca>B>N>Mn>Fe, for both localities. This was not clearly shown by the table of "normal values". DRIS also showed that calcium is not balanced as yield increased as result of fertilizer applications, thus suggesting calcium may be a limiting factor for further yield increases. DRIS interpretation of leaf analysis was very similar for all sampling dates but for may samplings a highly significant correlation

¹ Adaptación de la tesis de posgrado de C.A.V. en Fitotecnia, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, Bogotá.

² Asistente de Administración Rural de Cenicafé.

³ Jefe de la Sección de Fitofisiología de Cenicafé.

⁴ Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad Agronomía, Bogotá.

⁵ SIRD (Sistema Integrado de Recomendación y Diagnóstico): DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System).

between the sum of absolute DRIS values and yield was found. DRIS might be a very useful tool for the interpretation of coffee leaf analysis.

INTRODUCCION

Para el cultivo del café en Colombia, y en general en los países productores del grano, se ha utilizado poco el análisis de tejido vegetal como complemento del análisis de suelo para la recomendación de fertilizantes. El uso de éstos obedece generalmente a las recomendaciones generadas por la experimentación con fertilizantes lo cual ha permitido la adopción de fórmulas y dosis de aplicación con resultados por demás exitosos; sin embargo, las presiones económicas debidas a unos costos de producción cada vez más altos, hacen indispensable la optimización de todos los recursos de producción, especialmente los fertilizantes.

El uso del análisis foliar como complemento del análisis de suelos en el cultivo del café, puede llegar a proveer mayores elementos de juicio para la utilización oportuna y conveniente de los fertilizantes lo que depende, en gran parte, de la correcta interpretación de los resultados del análisis foliar. Actualmente se cuenta para ello con la tabla de contenido "normal" de minerales en la hoja desarrollada en 1977 por Valencia y Arcila, la cual presenta a manera de rango, los contenidos de 8 nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, B) obtenidos para plantaciones con producciones mayores de 2.750 kg de café pergamino seco (c.p.s.) por hectárea.

Indicadores SIRD. Para la interpretación de los resultados de un análisis foliar cualquiera, lo primero que debe hacerse es calcular las relaciones binarias de cociente tal y como quedaron definidas en la tabla de normas SIRD o valores de referencia; luego se comparan los resultados obtenidos con la norma respectiva y se pondera su desviación con respecto a ese valor de referencia. Para el efecto se toma la media en la tabla, para cada forma de expresión, como el ciento por ciento y se calcula la desviación ponderándola con el inverso del respectivo coeficiente de variación, de la siguiente manera:

a. Cuando el valor resultante al efectuar un cociente en el análisis que se está interpre-

tando, es igual a la media para esa forma de expresión en la tabla de normas SIRD, la desviación ponderada (DP) es igual a cero. Para dos elementos cualesquiera A y B si A/B, en el análisis, es igual a a/b, en la tabla, entonces:

$$DP(A/B) = 0$$

b. Si el valor es mayor, o sea $A/B > a/b$ entonces:

$$DP(A/B) = 100 \left(\frac{A/B}{a/b} - 1 \right) \frac{10}{CV(a/b)}$$

CV (a/B) es el coeficiente de variación para a/b en la tabla de Normas DRIS; 100 es el denominador del CV expresado en porcentaje y 10 es una cifra que utiliza para que los resultados tengan magnitudes que no sean muy pequeñas.

c. Si A/B es menor que a/b la desviación ponderada de A/B se calcula de la siguiente forma:

$$DP(A/B) = 100 \left(1 - \frac{a/b}{A/B} \right) \frac{10}{CV(a/b)}$$

El indicador SIRD para un elemento cualquiera, es el promedio de las desviaciones ponderadas de las relaciones de cociente en que entre ese elemento, bien sea que esté en el numerador en cuyo caso el signo de la desviación ponderada se conserva tal cual se calculó, o bien que esté en el denominador y en este caso el signo es contrario. Según lo anterior para z número de desviaciones ponderadas en que entra un elemento A, el indicador SIRD será:

Indicador SIRD de A =

$$\frac{DP(A/B) + DP(A/C) + \dots - DP(X/A)}{Z}$$

Los indicadores SIRD dan positivos o negativos, su suma algebraica es igual a 0 y agrupados del más negativo al más positivo muestran el balance en que están los diferentes nutrimentos considerados, siendo el de mayor importancia relativa en las necesidades del cultivo para el cual se esté interpretando un análisis foliar, aquel elemento para el cual el indicador SIRD resulte más negativo y así sucesivamente hasta el más positivo, elemento éste que corresponde a la menor necesidad relativa. SIRD identifica el orden de limitación de nutrimentos aun cuando todos estén presentes en concentraciones "suficientes" (2).

SIRD y otros métodos de interpretación del análisis foliar. Diversos autores (Beverly et al 1984; Elwali y Gascho 1984; Jones y Bowen 1985; Sumner 1979 y 1981; Walworth y Sumner 1987) al comparar el diagnóstico efectuado al interpretar los resultados del análisis foliar mediante los indicadores SIRD y el realizado con los otros métodos, han encontrado que SIRD proporciona diagnósticos más confiables y que las limitaciones de edad de la muestra y estado de desarrollo de la planta que los otros métodos imponen, particularmente en plantas de ciclo corto, se minimizan con el enfoque SIRD siempre y cuando las normas se hayan desarrollado adecuadamente.

Validación del enfoque SIRD. Para probar la bondad del diagnóstico con el enfoque DRIS se utilizan experimentos con fertilizantes, en lo posible con arreglo factorial, y cuyos resultados no sean constituyentes del desarrollo de la tabla de normas DRIS o valores de referencia; para el efecto se interpretan los resultados del análisis foliar en los tratamientos críticos y de acuerdo al diagnóstico que resulte se hace el seguimiento en los tratamientos en los cuales esté contenido el o los elementos recomendados por SIRD y se mide su respuesta tanto en producción como en el valor relativo del respectivo indicador.

El enfoque SIRD es cualitativo y no cuantitativo, por consiguiente las recomendaciones de fertilizantes deben seguir las pautas ya definidas por la investigación previa para el cultivo en estudio, pero como complemento y de acuerdo con la experiencia y conocimientos del especialista, SIRD es una valiosa ayuda para definir las pautas a seguir en un programa de fertilización, tal como la propusieron Walworth y Sumner en 1987.

Es interesante anotar, además, que no se tienen reportes previos de la utilización de este sistema de interpretación de resultados del análisis foliar en el cultivo del café.

El presente trabajo, y como una contribución a la solución del problema, establece una alternativa para interpretar los resultados del análisis foliar en café, basada en los planteamientos de Beaufils en 1973, en su técnica SIRD (Sistema Integrado de Recomendación y Diagnóstico), que utiliza el

concepto de balance entre todos los elementos minerales estudiados y permite hacer una interpretación cualitativa de dichos resultados, mediante un listado de las necesidades relativas de cada nutrimento en forma ordenada de mayor a menor.

Los objetivos de este trabajo fueron:

- a. Establecer las normas SIRD para la interpretación de resultados del análisis foliar en café.
- b. Comparar la interpretación de resultados del análisis foliar en café, mediante el uso de la tabla de contenido "normal" y las normas SIRD.
- c. Evaluar las normas SIRD como herramienta de diagnóstico.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del experimento. Entre los años 1966 y 1976, la Sección Café del Centro Nacional de Investigaciones de Café "Pedro Uribe Mejía", CENICAFE, llevo a cabo un experimento factorial de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, con tres niveles, 27 tratamientos y dos replicaciones, en cafetales a plena exposición solar y en ocho localidades de la zona cafetera Colombiana (Uribe, H. y Mestre M.A. 1976). Como fuentes de los nutrimentos estudiados se usaron: Para nitrógeno el sulfato de amonio del 21% de N; para fósforo el superfosfato triple del 46% de P₂O₅ y para potasio se utilizó el sulfato de potasio del 48% de K₂O.

Los niveles para cada elemento fueron:

- 0 = Sin el elemento.
- 1 = 120 kilogramos por hectárea y por año.
- 2 = 240 kilogramos por hectárea y por año.

En este proyecto, la sección de Fitofisiología del mismo centro tuvo a su cargo el muestreo de hojas para su respectivo análisis químico y posterior estudio e interpretación (Valencia y Arcilla, 1977). Las muestras de hojas se tomaron en seis de las ocho localidades y se determinó en cada análisis el contenido de nitrógeno (%), fósforo (%), potasio (%), calcio (%), magnesio (%), manganeso (ppm), hierro (ppm) y boro (ppm), según la metodología de la Sección

de Química Agrícola de CENICAFE (Carrillo, 1985):

El muestreo se llevó a cabo siguiendo la metodología de Huerta (1963), tomando hojas del cuarto par en ramas primarias de todos los árboles de la parcela experimental, hasta completar una muestra compuesta de 60 hojas. La aplicación de tratamientos con N, P, K, se realizó cada tres meses, y la toma de muestras para el análisis foliar se hizo inmediatamente antes de efectuarse la aplicación de los fertilizantes.

Aplicación del Sistema SIRD. Para efectos del presente estudio se consideraron los resultados de tres localidades. Para el desarrollo de las normas se utilizaron los datos de Cenicafé en Chinchiná, Caldas y de la Hacienda Granjas en El Colegio, Cundinamarca, esto en virtud a que de ellas se tiene la mayor información de análisis foliares, 24 y 18 muestreos respectivamente para un total de 2.268 análisis con 18.144 determinaciones y 540 registros de producción durante cinco años. Para la interpretación y validación de resultados del análisis foliar, se utilizaron los resultados obtenidos en la Hacienda Naranjal, Chinchiná, Caldas.

Procedimiento para la Aplicación del Sistema DRIS. Para el análisis de la información se siguió la metodología propuesta por Beaufils (1973) y Sumner (1982) así:

a. Los resultados de los análisis foliares y producciones respectivas, se archivaron estructuralmente en un computador IBM-PS/2 modelo 30, conformándose y reportes se diseñaron una serie de programas modulares por medio del compilador Clipper.

b. La división de los datos en dos poblaciones, se realizó con un límite entre las dos de 2.750 kg de café pergamino seco por hectárea.

c. Para las dos poblaciones, baja producción y alta producción, se calcularon las relaciones binarias de cociente entre todos y cada uno de los ocho elementos considerados (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, B) para un total de 56 relaciones con sus respectivas media, varianza, error estándar y coeficiente de variación.

d. Para cada forma de expresión se calculó la relación de varianzas entre la población de baja producción sobre la población de alta

producción, con el fin de seleccionar la forma de expresión más adecuada entre dos elementos cualesquiera.

e. Con las distintas formas de expresión seleccionadas y sus respectivas media, coeficiente de variación y error estándar en la población de alta producción se conformó el cuadro de normas SIRD o valores de referencia para el cultivo del café.

f. Para calcular los indicadores SIRD se utilizó el procedimiento y las fórmulas descritas anteriormente, teniendo en cuenta la modificación de Elwali y Gascho (1984) en el sentido de comparar el valor de una relación cualquiera de cociente en el análisis que se interpreta, con su respectiva media en la tabla más o menos el error estándar. Con el establecimiento de este rango se disminuyen las posibilidades de error al asignar desbalances entre los nutrimentos, cuando se calculan las desviaciones ponderadas que conforman los indicadores.

g. Se interpretaron resultados del análisis foliar para la localidad de Hacienda Naranjal, Chinchiná, Caldas, de muestras provenientes del mismo ensayo con N, P, K y cuyos resultados no fueron incluidos en el desarrollo de la tabla de normas DRIS.

h. La interpretación mediante SIRD de los análisis foliares de Naranjal se comparó con la interpretación realizada con la tabla de contenido "normal", para los mismos análisis.

i. Se verificó el diagnóstico elaborado mediante SIRD haciendo un seguimiento de los diferentes tratamientos con sus respectivos contenidos foliares, indicadores SIRD y producción, de la Hacienda Naranjal, Chinchiná, Caldas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Cuadro de Normas SIRD. Para definir los valores de referencia SIRD se seleccionaron aquellas formas de expresión cuya relación de varianzas entre las dos poblaciones fue mayor, dando origen al Cuadro 1, donde se muestran 28 relaciones binarias de cociente entre los elementos N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, B, con sus respectivas media, coeficiente de variación y error estándar de la población de alta producción y el rango definido por la

Cuadro 1. Valores de referencia o normas SIRD para el cálculo de indicadores con fines de diagnóstico, en el cultivo del café.

Forma de Expresión	Media	C.V. %	Error Estándar	Rango
P/N	0,0647	26	0,0005	0,0642 - 0,0652
K/N	0,7445	31	0,0071	0,7374 - 0,7516
Ca/N	0,4716	32	0,0047	0,4669 - 0,4763
N/Mg	5,8066	46	0,0824	5,7242 - 5,8890
Mn/100N	0,7763	38	0,0092	0,7671 - 0,7855
Fe/100N	0,5101	41	0,0065	0,5036 - 0,5166
B/100N	0,2092	34	0,0022	0,2070 - 0,2114
K/P	11,7349	28	0,1034	11,6315 - 11,8383
P/Ca	0,1506	39	0,0018	0,1488 - 0,1524
P/Mg	0,3670	49	0,0056	0,3614 - 0,3726
Mn/100P	13,2161	53	0,2167	12,9994 - 13,4328
100P/Fe	0,1464	44	0,0020	0,1444 - 0,1484
B/100P	3,2979	31	0,0318	3,2661 - 3,3297
K/Ca	1,7677	49	0,0269	1,7408 - 1,7946
K/Mg	4,4492	60	0,0824	4,3668 - 4,5316
100K/Mn	1,1880	70	0,0257	1,1623 - 1,2137
100K/Fe	1,6523	44	0,0224	1,6299 - 1,6747
B/100K	0,3117	53	0,0051	0,3066 - 0,3168
Ca/Mg	2,5373	37	0,0289	2,5084 - 2,5662
Mn/100Ca	1,8659	54	0,0314	1,8345 - 1,8973
100Ca/Fe	1,0441	45	0,0145	1,0296 - 1,0586
B/100Ca	0,4877	51	0,0077	0,4800 - 0,4954
Mn/100Mg	4,5471	61	0,0862	4,4609 - 4,6333
Fe/100Mg	3,1267	78	0,0757	3,0510 - 3,2024
B/100Mg	1,2065	66	0,0248	1,1817 - 1,2313
Mn/Fe	1,6509	41	0,0212	1,6297 - 1,6721
Mn/B	4,2233	54	0,0712	4,1521 - 4,2945
B/Fe	0,4669	49	0,0072	0,4597 - 0,4741

C.V. = coeficiente de variación

Rango = la media más o menos el error estándar

media más o menos el error estándar para cada forma de expresión. Este cuadro sirve como base para calcular los indicadores SIRD, con las fórmulas desarrolladas por Beaufils (1973), para cada elemento considerado, los cuales permiten interpretar los resultados del análisis foliar en café.

Es importante destacar que este enfoque de relaciones binarias de cociente entre 8 nutrimentos, es la primera vez que se desarrolla para el cultivo del café, con fines de diagnóstico; algunos autores han desarrollado aisladamente relaciones entre nutrimentos en trabajos de análisis foliar en café, y sus resultados coinciden con los encontrados en este estudio, así por ejemplo en el Cuadro 1 el rango de referencia encontrado para la

relación K/N es de 0,7374 a 0,7516, está de acuerdo con el concepto desarrollado por Camargo en Brasil, citado por Machado (1953), quien encontró experimentalmente que para un buen desarrollo del café (*Coffea arabica* L.), la relación K/N más adecuada está entre 0,5 y 1,0.

Igualmente Malavolta, citado por Carvalho (1984), señala que la concentración foliar de un elemento por sí sola no refleja un estado nutricional estrictamente confiable, por tanto, sugiere algunas relaciones encontradas por él que pueden ayudar a una mejor interpretación de los resultados del análisis foliar en café, como son: K/Ca entre 1,25 y 1,77; K/Mg entre 4,0 y 6,0

Para las relaciones anteriores en este estu-

Cuadro 2. Contenido foliar de minerales en *Coffea arabica* L. var. borbón, para seis tratamientos con NPK, en la Hacienda Naranjal, Chinchiná. Muestreo de Julio de 1969.

No.	TRATAMIENTO			CONCENTRACION FOLIAR								
	N	P	K	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	B	
	kg/ha			%								ppm
1	240	0	0	3,07	0,126	0,71	0,80	0,54	165	215	50	
2	240	0	120	2,86	0,126	0,76	0,54	0,38	125	205	50	
3	240	0	240	2,83	0,100	2,06	0,60	0,36	89	240	28	
4	240	120	0	2,93	0,138	0,85	0,88	0,62	174	195	44	
5	240	120	120	3,02	0,113	1,07	0,68	0,44	175	245	34	
6	240	120	240	2,76	0,097	2,34	0,54	0,34	160	220	32	

N como sulfato de amonio

P como superfosfato triple

K como sulfato de potasio

dio se encontraron respectivamente, 1,74 a 1,79 y 4,37 a 4,53.

Con el desarrollo del cuadro de normas SIRD para el cultivo del café, se proporcionan más elementos de juicio para una interpretación adecuada del estado nutricional con base en el análisis foliar, pues el dinamismo existente entre los distintos elementos nutritivos, sus antagonismos y sinergismos, hace que la concentración foliar de un nutrimento cualquiera no sea independiente de la de los demás para el normal desarrollo de sus funciones (Galiano, 1980). El cuadro de normas SIRD permite la calificación de cada elemento en función de sus relaciones con los demás nutrimentos.

Es de anotar que los valores que conforman el Cuadro 2 provienen de resultados de análisis foliares de muestras obtenidas en lotes sembrados tanto con variedad caturra (Cenicafé) como con variedad borbón (Granjas), las cuales según Hiroce (1981) no presentan diferencias en sus contenidos foliares de nutrimentos y por tanto pueden asumirse un nivel único de cualquier elemento para las dos variedades y generalizar la aplicabilidad de la interpretación de los resultados del análisis foliar; al respecto Sumner (1977) en soya (*Glycine max* L. Merr.) encontró que la interpretación de resultados del análisis foliar mediante DRIS fue exitosa independiente de la variedad cuando trabajó con diez variedades; Elwali y Gascho (1984) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)

trabajaron sobre 5 variedades y encontraron que la interpretación del análisis foliar mediante SIRD, con fines de diagnóstico, fue adecuada en todas ellas.

INTERPRETACION DEL ANALISIS FOLIAR EN CAFE MEDIANTE SIRD Y LA TABLA DE CONTENIDO "NORMAL"

Para la interpretación de los resultados del análisis foliar en café mediante SIRD, es necesario calcular los respectivos indicadores para cada elemento con las fórmulas desarrolladas por Beaufils (1973) y los valores de referencia dados en el Cuadro 1, como se anotó anteriormente; para la interpretación con la tabla de contenido "normal" de nutrimentos en la hoja, se califica la concentración de cada nutrimento con relación a la encontrada en ella.

Cálculo e interpretación del análisis foliar mediante SIRD. Aunque en la práctica los indicadores SIRD se calculan en un computador, con el fin de facilitar la comprensión del método, se desarrolla a continuación el cálculo de indicadores SIRD para interpretar los resultados de un análisis foliar dado con las siguientes características:

Fecha de Muestreo: Marzo de 1969.

Localidad: Hacienda Naranjal, Chinchiná, Caldas.

Tipo de Cafetal: Variedad Borbón, a plena exposición.

Fertilización: Nitrógeno 240 kg/ha como sulfato de amonio; fósforo 240 kg/ha como superfosfato triple; sin potasio.

Contenidos foliares encontrados:

N(%) P(%) K(%) Ca(%) Mg(%)
Mn(ppm) Fe(ppm) B(ppm) 267, 0,10 0,49
1,06 0,66 300 175 62

La metodología descrita se aplica de la siguiente manera:

a. Se efectúan las relaciones binarias de cociente en el orden en que están definidas en el Cuadro 1, con los siguientes resultados:

$$\frac{P}{N} = \frac{0,10}{2,67} = 0,03745 \quad \frac{K}{Mg} = \frac{0,49}{0,66} = 0,7424$$

$$\frac{K}{N} = \frac{0,49}{2,67} = 0,1835 \quad \frac{100K}{Mg} = \frac{49}{300} = 0,1633$$

$$\frac{Ca}{N} = \frac{1,06}{2,67} = 0,03970 \quad \frac{100K}{Fe} = \frac{49}{175} = 0,28$$

$$\frac{N}{Mg} = \frac{2,67}{0,66} = 4,0454 \quad \frac{B}{100K} = \frac{62}{49} = 1,2653$$

$$\frac{Mn}{100N} = \frac{300}{267} = 1,1236 \quad \frac{Ca}{Mg} = \frac{1,06}{0,66} = 1,6060$$

$$\frac{Fe}{100N} = \frac{175}{267} = 0,6554 \quad \frac{Mn}{100Ca} = \frac{300}{106} = 2,8301$$

$$\frac{B}{100N} = \frac{62}{267} = 0,2322 \quad \frac{100Ca}{Fe} = \frac{106}{175} = 0,6057$$

$$\frac{K}{P} = \frac{0,49}{0,10} = 4,9 \quad \frac{B}{100Ca} = \frac{62}{106} = 0,5849$$

$$\frac{P}{Ca} = \frac{1,100}{1,06} = 0,09433 \quad \frac{Mn}{100Mg} = \frac{300}{66} = 4,5454$$

$$\frac{P}{Mg} = \frac{0,100}{0,66} = 9,1515 \quad \frac{Fe}{100Mg} = \frac{175}{66} = 2,6515$$

$$\frac{Mn}{100P} = \frac{300}{10} = 30 \quad \frac{B}{100Mg} = \frac{62}{66} = 0,9394$$

$$\frac{100P}{Fe} = \frac{10}{175} = 0,05714 \quad \frac{Mn}{Fe} = \frac{300}{175} = 1,7143$$

$$\frac{B}{100P} = \frac{62}{10} = 6,2 \quad \frac{Mn}{B} = \frac{300}{62} = 4,8387$$

$$\frac{K}{Ca} = \frac{0,49}{1,06} = 0,4623 \quad \frac{B}{Fe} = \frac{62}{175} = 0,3543$$

b. Se calcula la desviación ponderada (DP) de cada relación del análisis a interpretar con respecto a los valores de referencia en el Cuadro 1 mediante las fórmulas atrás mencionadas:

P/N = 0,03745 es menor que el rango de referencia (0,0652 – 0,0642) entonces:

$$DP (P/N) = 100 \left(1 - \frac{0,0647}{0,03745} \right) \frac{10}{26}$$

Se procede de igual manera para las demás relaciones:

$$DP (P/N) = 27,9846$$

$$DP (K/N) = 100 \left(1 - \frac{0,7445}{0,1835} \right) \frac{10}{31} = -98,62$$

$$DP (Ca/N) = \left(1 - \frac{0,4716}{0,3970} \right) \frac{10}{32} = -5,8722$$

$$DP (N/Mg) = 100 \left(1 - \frac{5,8066}{4,0454} \right) \frac{10}{46} = -9,4643$$

$$DP (Mn/100N) = 100 \left(\frac{1,1236}{0,7763} - 1 \right) \frac{10}{38} = 11,7731$$

$$DP (Fe/100N) = 100 \left(\frac{0,6554}{0,5101} - 1 \right) \frac{10}{41} = 6,9474$$

$$DP (B/100N) = 100 \left(\frac{0,2322}{0,2092} - 1 \right) \frac{10}{34} = 3,2336$$

y así sucesivamente hasta calcular:

$$DP (B/Fe) = 100 \left(1 - \frac{0,4669}{0,3543} \right) \frac{10}{49} = -6,4859$$

c. Ahora se calculan los indicadores teniendo en cuenta que el indicador de un elemento es el promedio de la suma de todas las desviaciones ponderadas de las relaciones en que entra el elemento, bien como numerador o como denominador, por tanto para nitrógeno es:

Indicador N =

$$\frac{[-DP(P/N) - DP(K/N) - DP(Ca/N) + DP(N/Mg) - DP(Mn/100N) - DP(Fe/100N) - DP(B/100N)]}{7}$$

$$\frac{SIRD N = 27,98 + 98,62 + 5,87 - 9,46 - 11,77 - 6,95 - 3,23}{7}$$

Indicador SIRD para nitrógeno = 14,43

Se procede de igual forma para el resto de

elementos y se obtienen los siguientes indicadores:

N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	B
14,4	-15,7	-78,3	3,1	20,6	19,8	24,8	11,4

que ordenados del más negativo al más positivo y aproximados a la unidad quedan así:

K	P	Ca	B	N	Mn	Mg	Fe
-78	-16	3	11	14	20	21	25

En términos de balance entre los elementos los indicadores negativos denotan insuficiencia del elemento, cuando el indicador es igual a 0 se dice que el elemento está en balance y cuando es positivo está en suficiencia o exceso; la simetría involucrada en el cálculo de los indicadores hace que el exceso de uno corresponda la insuficiencia de otro y viceversa, sin embargo puede haber otros factores influyendo sobre la producción, y de allí que sea necesaria para la correcta interpretación, la información complementaria que da el análisis de suelos y las condiciones en que se desarrolla el cultivo, lo cual aunado a los conocimientos y experiencias del especialista que interpreta el análisis foliar, permite un adecuado diagnóstico.

Lo anterior significa que el cultivo, en este caso una parcela experimental, al cual pertenece el análisis foliar que se está interpretando, manifiesta en su orden necesidades de: $K > P > Ca > B > N > Mn > Mg > Fe$ con un fuerte desbalance para el potasio de -78. En este caso el análisis foliar está reflejando efectivamente las condiciones de suelo y manejo en que se desarrolló el cultivo, pues si se tiene en cuenta el análisis de suelos y según las normas de interpretación desarrollados por CENICAFE para éstos, hay necesidad de adicionar potasio pues su contenido es de 0,22 m.e./100g. y el mínimo requerido para el café en los suelos de la zona cafetera, es de 0,35 m.e./100g. (Valencia, 1984), además de esto el tratamiento con fertilizantes consistió de nitrógeno y fósforo, sin potasio.

Interpretación mediante el cuadro de contenido normal. Para la interpretación de resultados del análisis foliar en café usando la tabla de contenido normal, se tienen en cuenta las siguientes calificaciones para el contenido foliar de cada elemento:

a. **Bajo** si el contenido del elemento en el

análisis que se interpreta es menor que el rango en el cuadro.

b. **Normal** si se encuentra dentro del rango.

c. **Alto** si dicha concentración está por encima del rango definido como de contenido normal.

Con estas consideraciones se interpretan los mismos resultados del análisis foliar, previamente interpretado mediante SIRD, y se obtiene:

Nitrógeno	=	Normal
Fósforo	=	Normal
Potasio	=	Bajo
Calcio	=	Normal
Magnesio	=	Alto
Manganeso	=	Alto
Boro	=	Alto
Hierro	=	Alto

• Al igual que SIRD, la tabla de contenido normal diagnostica el potasio como el elemento más requerido por el cultivo; sin embargo SIRD agrupa en forma directa los distintos elementos considerados y califica la importancia relativa de cada uno de ellos en términos de balance, lo que no sucede con la tabla de contenido normal.

Utilidad de SIRD en la interpretación de resultados de experimentos con fertilizantes.

Mediante SIRD se puede hacer el seguimiento del efecto, en la composición mineral de la planta, de las aplicaciones de fertilizantes al suelo. A continuación se hace el seguimiento del cambio de los contenidos foliares en muestras correspondientes a determinados tratamientos del mismo experimento, factorial de N-P-K, cuyos datos no forman parte del establecimiento de las normas SIRD, ni de la tabla de contenido "normal".

Como se anotó, los suelos en que se desarrolló el experimento en la Hacienda Naranja, son deficientes en potasio, por esta razón se escogieron los tratamientos en que entran los tres niveles de potasio, manteniendo constante el nitrógeno en su nivel dos, o sea 240 kg de N/ha y haciendo variar el fósforo entre el cero y el uno, es decir 0 y 120 kg de fósforo/ha. La selección de estos tratamientos también se hizo así en virtud a que la fórmula comercial actualmente recomendada por la Federación Nacional de Cafeteros es el grado 17-6-18-2, de N-P-K y elementos

Cuadro 3. Indicadores SIRD para los diferentes elementos considerados en los análisis foliares de *Coffea arabica* L. var. borbón. Muestreo de Julio de 1969 en Hacienda Naranjal, Chinchiná.

No.	TRATAMIENTO			INDICADORES DRIS							
	N	P Kg/ha.	K	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	B
1	240	0	0	19	-5	-44	-10	11	-4	32	1
2	240	0	120	13	-6	0	-27	2	-12	28	2
3	240	0	240	19	-15	10	-20	2	-24	46	-18
4	240	120	0	13	-2	-33	-8	14	-3	24	-4
5	240	120	120	17	-11	-20	-17	5	-2	40	-13
6	240	120	240	14	-18	14	-26	-1	-3	34	-14

menores respectivamente, y uno de estos tratamientos escogidos, N240 P120 K240, tiende a enmarcar esa fórmula.

Los contenidos minerales encontrados en los análisis foliares de los tratamientos seleccionados, se presentan en el Cuadro 2; para estos análisis foliares se calcularon los indicadores SIRD, los cuales se presentan en el Cuadro 3.

En el Cuadro 3 se observa para el primer grupo de tratamientos, 1 a 3, que cuando se aplica solo nitrógeno, N240 PO KO, el análisis foliar interpretado por SIRD, califica el potasio como el elemento que está en más desbalance, pues su indicador SIRD -44 es el más negativo; al aplicar 120 kg de potasio/ha, tratamiento 2, el indicador se desplaza hacia la zona de balance y es igual a 0 y cuando el potasio aplicado es 240 kg/ha tratamiento 3, el indicador pasa a -10 lo cual quiere decir que el potasio pasó a la condición de balance, pero a la vez otros elementos como el manganeso, el calcio y el boro, se manifiestan en más desbalance; para el segundo grupo de tratamientos, 4, 5 y 6 en los cuales se adicionó fósforo, se observa la misma respuesta, pues el potasio que inicialmente tiene un indicador SIRD de -33, y es el que está en mayor desbalance, al aplicar 120 y 240 kg de potasio/ha como sulfato de potasio, pasó respectivamente a -20 y +14.

El nitrógeno, en este caso, no presenta mayores variaciones en sus indicadores SIRD por efecto de la aplicación de fósforo y potasio, pues su indicador se mantiene en la

zona de balance sin presentar fluctuaciones grandes.

El fósforo muestra la tendencia a aumentar su desbalance en la medida en que se adiciona potasio, pues cuando el nivel del potasio es 0, el indicador para fósforo es -5 en el primer grupo de tratamientos, pasando a -6 y -15 al adicionar 120 y 240 kg de potasio/ha respectivamente; para el segundo grupo de tratamientos el comportamiento es similar, y a pesar de adicionarse 120 kg de fósforo/ha, el indicador para éste pasa de -2 para N240 P120 KO, a -11 para N240 P120 K120 y -18 para tratamiento N240 P120 K240.

El calcio tiene tendencia a desplazarse a la condición de desbalance por efecto de las aplicaciones de potasio, pues se observa que cuando se aplican los niveles mencionados del elemento, en ambos grupos el indicador SIRD para calcio aumenta en su desbalance, en este caso se hace cada vez más negativo; iguales características de comportamiento se observan para el indicador SIRD del elemento magnesio.

El hierro al aplicar potasio presenta tendencia a aumentar su contenido, principalmente el tratamiento con 240 kg de potasio/ha, pues el indicador para hierro pasa de 32 a 46 en el primer grupo de tratamientos y de 24 a 34 en el segundo al comparar N240 PO KO con N240 PO K240 y N240 P120 KO y N240 P120 K240, respectivamente.

El manganeso y el boro, presentan indicadores SIRD con tendencia al desbalance a

Cuadro 4. Interpretación de resultados de los análisis foliares en café, para seis tratamientos con N, P, K, en la Hacienda Naranjal, Chinchiná. Muestreo de Julio de 1969. Según la tabla de contenido "normal".

No.	TRATAMIENTO			CALIFICACION DE LA CONCENTRACION FOLIAR							
	N	P	K	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	B
	Kg/ha										
1	240	0	0	a	n	b	n	a	n	a	n
2	240	0	120	a	n	n	n	n	b	a	n
3	240	0	240	a	n	a	n	n	b	a	b
4	240	120	0	a	n	b	n	a	n	a	n
5	240	120	120	a	n	b	n	a	n	a	b
6	240	120	240	n	b	a	n	n	n	a	b

n = Normal

a = Alto

b = Bajo

medida que se incrementa la dosis aplicada de potasio.

Al considerar el experimento en su totalidad, en la mayoría de los casos se observan las mismas tendencias que se acaban de describir.

Con base en la interpretación anterior se puede afirmar que, como en este caso, el análisis foliar interpretado mediante SIRD, está expresando los cambios cualitativos ocurridos en la composición de la planta al someterla a tratamientos con fertilizantes y que la dinámica interna de los distintos elementos se puede visualizar con dicho enfoque; coincide SIRD con lo encontrado en otros estudios en donde el antagonismo entre el potasio y el magnesio ha quedado definido (Carvajal, 1984; Valencia y Arcilla, 1977), lo mismo que el antagonismo entre el potasio y el manganeso (Valencia y Arcilla, 1977). De otra parte vale la pena destacar la calificación que hace SIRD del elemento calcio, el cual en este caso y en la mayoría de los muestreos considerados presenta indicadores negativos o con tendencia al desbalance en la medida que se aumenta el nivel de potasio aplicado. Esta apreciación sobre el calcio, derivada de la interpretación con SIRD, es importante porque hasta el momento dicho elemento no ha sido considerado entre los nutrimentos más limitantes, en la zona cafetera central.

La interpretación de los mismos resultados de los análisis foliares del Cuadro 2 mediante la tabla de contenido "normal", se presentan en el Cuadro 4; ésta interpretación muestra una tendencia parecida a la que se encuentra con SIRD, sin embargo en el caso del calcio califica como normal todos los contenidos, el hierro como alto y el fósforo normal excepto un caso que califica como bajo, sin mostrar en forma clara el dinamismo que ocurre entre los elementos en la planta por la aplicación de fertilizantes, el cual si se muestra mediante los indicadores SIRD.

Validación de SIRD como herramienta de diagnóstico. Para la validación de SIRD como herramienta de diagnóstico en el reconocimiento de las necesidades de nutrimentos del cultivo del café, se calculan los indicadores SIRD para los análisis foliares considerados, en este caso los provenientes del muestreo realizado en marzo de 1970 en el mismo ensayo factorial con N, P, K, en la Hacienda Naranjal, municipio de Chinchiná, Caldas, siguiendo la recomendación de Machado (1953) y de Valencia y Arcila (1977) en el sentido de que el muestreo para el análisis foliar en café debe efectuarse un mes antes o un mes después de la floración principal; a continuación se selecciona el elemento cuyo indicador SIRD califique como el más desbalanceado de los tres que entran en

Cuadro 5. Contenido foliar de minerales y producción anual de café para nueve tratamientos con N, P, K, en *Coffea arabica* L. var. borbón en la Hacienda Naranjal, Chinchiná. Muestreo de Marzo de 1970.

No.	TRATAMIENTO			CONTENIDO FOLIAR							PRODUCCION		
	N	P	K	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	B	kg c.p.s./ha	
	kg/ha			%							ppm		
1	240	0	0	2,88	0,136	0,57	0,70	0,64	206	90	77	3970	
2	240	0	120	2,69	0,118	1,22	0,68	0,65	156	135	47	9276	
3	240	0	240	2,57	0,114	1,30	0,57	0,48	96	145	57	9948	
4	240	120	0	2,77	0,140	0,60	0,80	0,71	137	140	77	6056	
5	240	120	120	2,71	0,124	0,97	0,75	0,65	115	100	70	7881	
6	240	120	240	2,52	0,128	1,70	0,65	0,28	154	135	65	10513	
7	240	240	0	2,89	0,132	0,55	0,70	0,76	112	72	55	3378	
8	240	240	120	2,71	0,150	1,05	0,68	0,45	253	107	42	7897	
9	240	240	240	2,65	0,132	1,37	0,72	0,48	148	135	67	11251	

los tratamientos o sea N, P y K, y se hace el seguimiento, tanto de la respuesta en la composición interna de la planta expresada a través del cambio en el valor del indicador como del aumento o no que se presente en términos de producción, para aquellos tratamientos en que se aplicase el elemento diagnosticado como el más necesario para suplir los requerimientos del cultivo en ese momento.

Para efectos de este estudio se tiene en cuenta la condición de deficiencia de potasio, definida en el análisis de suelos para Naranjal y las consideraciones de Uribe y Mestre (1976) quienes encontraron respuesta positiva del café a las aplicaciones de nitrógeno en todos los sitios experimentales de su estudio y citan además los resultados de 12 investigadores en 9 países cafeteros del mundo, en donde la respuesta fue siempre positiva a las aplicaciones de este elemento; por lo anterior se consideran los tratamientos en que el nitrógeno se aplica en su nivel 2, es decir, 240 kg de N/ha y que es la dosis que más se aproxima a las comercialmente aplicadas; para el fósforo y el potasio se consideran los tres niveles, o sea 0 - 120 y 240 kg de cada uno de ellos por hectárea.

En el Cuadro 5 se consignan los resultados de los análisis foliares para Marzo de 1970 y la cosecha correspondiente a ese año

para nueve tratamientos con N, P, K, con nitrógeno constante en su nivel 2, fósforo y potasio variando según se explicó; el Cuadro 6 contiene la interpretación de estos resultados mediante SIRD, con los respectivos indicadores para todos los elementos considerados al igual que la producción para cada tratamiento.

En el Cuadro 6 se observa que en el primer grupo de tratamientos para N240 P0 K0 el indicador de potasio es el más negativo, -56, por consiguiente el diagnóstico implica la aplicación de este elemento para satisfacer las necesidades de nutrición del cultivo; cuando se aplica potasio, como sulfato de potasio, en dosis de 120 kg de potasio/ha el indicador SIRD para este elemento pasa a -11 lo que denota una respuesta en la composición interna de la planta, y la producción aumenta de 3.970 a 9.276 kg de c.p.s./ha, es decir, un aumento de 5.306 kg de c.p.s.; en este punto el calcio pasa a ser el elemento más crítico en las necesidades del cultivo y el potasio se desplaza al segundo lugar. Como no se tienen tratamientos con calcio se pasa al siguiente nivel de potasio, el que consiste de 240 kg de potasio/ha, tratamiento para el cual el indicador de potasio pasa a ser 7 y la producción aumenta a 9.948 kg de c.p.s./ha. Se observa aumento en el desbalance del calcio y el manganeso que pa-

Cuadro 6. Indicadores DRIS y producción anual de café para nueve tratamientos con N, P, K, en *Coffea arabica* L. var. borbón, en la Hacienda Naranjal, Chinchiná. Muestreo de Marzo de 1970.

No.	TRATAMIENTO			INDICADORES DRIS						PRODUCCION			
	N	P	K	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	B	Kg c.p.s./ha	
	kg/ha												
1	240	0	0	19	3	-56	-13	21	7	-2	21	3970	
2	240	0	120	10	-7	-11	-15	17	-4	10	0	9276	
3	240	0	240	13	-6	-7	-19	11	-18	17	10	9948	
4	240	120	0	15	2	-55	-9	24	-9	14	20	6056	
5	240	120	120	13	-5	-20	-10	19	-13	1	16	7881	
6	240	120	240	7	-4	1	-14	-6	-4	9	11	10513	
7	240	240	0	26	6	-51	-10	34	-11	-6	12	3378	
8	240	240	120	11	4	-17	-13	6	-11	2	-3	7897	
9	240	240	240	7	-5	-8	-12	6	-6	8	10	11251	

san a ser respectivamente el primero y segundo elementos más desbalanceados.

Para el segundo grupo de tratamientos 4, 5 y 6, cuando se aplica N240 P120 K0, el potasio es el más requerido por el cultivo pues su indicador SIRD -55 es el más negativo; al aplicar 120 kg de potasio/ha el indicador mejora a -20 y la respuesta en la producción pasa de 6.056 a 7.881 kg de c.p.s./ha, es decir un aumento de 1.825 kg de c.p.s./ha. Al pasar al siguiente nivel de potasio, 240 kg de potasio/ha, el indicador SIRD para potasio es -1 y la producción se incrementa a 10.513 kg de c.p.s./ha; en este punto el calcio pasa a ser el elemento más requerido por el cultivo. Las respuestas siguen siendo consistentes al analizar los resultados del tercer grupo de tratamientos, en donde para el tratamiento N240 P240 K0 el potasio con un indicador de -51 es el más desbalanceado al aplicar 120 kg de potasio/ha cambia a -17 con un aumento en la producción de 4.519 kg de c.p.s. pues pasa de 3.378 a 7.897 kg de c.p.s./ha; cuando se incrementa la dosis de potasio a 240 kg/ha el indicador pasa a -8 y la producción aumenta a 11.251 kg de c.p.s./ha, 3.354 kg más que el tratamiento anterior. Al igual que en los grupos anteriores el calcio pasa a ocupar el primer lugar en el desbalance reflejado por la planta según se interpreta a través del análisis foliar

y sería el elemento importante para aplicar en este momento.

Aunque no se dispone de información suficiente para determinar la significancia estadística de las diferencias de producción anteriormente expuestas entre los tratamientos considerados, las cuales son por demás apreciables, se puede afirmar que el diagnóstico elaborado mediante la interpretación de resultados del análisis foliar en café con SIRD es acertado en el sentido de que hay respuesta tanto en la composición de la planta como en la producción.

Con base en los resultados obtenidos con la técnica SIRD aplicada al análisis foliar del cultivo del café, se pudo establecer que:

Se obtuvieron por primera vez 28 relaciones binarias de cociente, entre 8 nutrimentos esenciales para el buen desarrollo de la planta de café, para la interpretación de resultados del análisis foliar con fines de diagnóstico.

Cuando se interpretan los resultados del análisis foliar en café mediante SIRD, se presentan en orden de importancia relativa, en las necesidades de nutrición de la planta, todos los nutrimentos considerados, lo que no se logra con la tabla de contenido "normal".

SIRD muestra en forma clara la dinámica que se da en la composición interna de la

planta por efecto de la aplicación de fertilizantes, lo que no ocurre cuando se utiliza el cuadro de contenido "normal" al interpretar los resultados del análisis foliar en café.

El diagnóstico elaborado con SIRD con base en la interpretación de los resultados del análisis foliar en café es válido, pues al seguir sus recomendaciones, se obtiene aumento en la producción y se observan cambios en la composición interna de la planta acordes con el diagnóstico.

El calcio según la interpretación de resultados del análisis foliar con el enfoque SIRD, se manifiesta como un elemento potencialmente limitante de la producción, pues a medida que ésta aumenta por la aplicación de fertilizantes, su indicador tiende al desbalance.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y a sus directivas en nombre de los doctores Germán Valenzuela S., Subgerente General Técnico, Silvio Echeverri E., Director de Cenicafé cuando se realizó esta especialización, Gabriel Cadena G. y Oscar Cardona A., actual Director y Administrador de Cenicafé, respectivamente.

LITERATURA CITADA

1. Beaufls, E. R. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Soil Science Bull. N. 1, University of Natal, S. Africa, 132 p.
2. Beverly, R.B., J.C. Stark, J.C. Ojala y T.W. Embleton, 1984. Nutrient diagnosis of "Valencia" oranges by DRIS. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(5): 649-654.
3. Carrillo, P. 1985. Manual de laboratorio de suelos. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 111 p.
4. Carvajal, J.F. 1984. Cafeto. Cultivo y fertilización. Instituto Internacional de la Potasa, Berna, Suiza 2a. Edición, 254 p.
5. Elwali, A.M.O. y G.J. Gascho. 1984. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guides for sugarcane fertilization. Agron. J. 76: 466-470.
6. Elwali, A.M.O., G.J. Gascho y M.E. Sumner. 1985. DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves. Agron. J. 77: 506-508.
7. Galiano S.F. 1980. Diagnóstico foliar. Fundamentoy empleo en algunos cultivos. In: Fertilidad de suelos, Diagnóstico y control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. 420 p.
8. Grove, J.H. y M.E. Sumner. 1982. Yield and leaf composition of sunflower in relation to N,P,K, and lime treatments. Fertilizer Research, 3: 367-378.
9. Hiroce, R. 1981. Diagnose foliar em cafeeiro. In: Nutricao e Adubacao do Caffeiro, Piracicaba. Instituto Internacional de Potassa, 224 p.
10. Huerta, S., A. 1963. Par de hojas representativo del estado nutricional del cafeto. CENICAFE (Colombia), 14 (2): 111-128.
11. Jones, J.B., Jr. 1985. Soil testing and plant analysis: guides to the fertilization of Horticultural Crops. In: Horticultural Review Vol. 7: 1-68.
12. Jones, C.A. y J.E. Bowen. 1981. Comparative DRIS and Crop Log diagnosis of sugarcane tissue analysis. Agron. J. 73: 941-944.
13. Jones, M.G. et al 1986. Using DRIS to assay nutrients in Subclover. California Agriculture, 19-22.
14. Letsch, W.S. y M.E. Sumner. 1984. Effect of population size and yield level in selection of Diagnosis an Recommendation Integrated System (DRIS) norms. Commun. in Soil Sci. Plant Anal., 15 (9): 997-1006.
15. Machado, S., A. 1953. Diario de nutrición del cafeto; proyecto de experimentación. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. Boletín Informativo, 4 (37): 23-28.
16. Sumner, M.E. 1977. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norms for soybeans. Agron. J. 69: 226-230.
17. Sumner, M.E. 1979. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. Agron. J. 71: 343-348.
18. Sumner, M.E. 1981. Diagnosing the sulfur requirements of corn and wheat using foliar analysis. Soil Sci. Soc. Am. J., 45 (1): 87-90.
19. Sumner, M.E. 1982. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). In: Proceedings Soil and Plant Analysis Seminar, Anaheim, C A. Council on Soil Testing and Plant Analysis, Athens, Georgia, 1-28.
20. Sumner, M.E. 1986. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS), as a guide to orchard fertilization. Food and Fertilizer Technology Center, Taipei, Taiwan, Republic of China, Extensión Bulletin No. 231, 21 p.
21. Uribe, H.A. y M.A. Mestre. 1976. Efecto del Nitrógeno, el Fósforo y el Potasio sobre la producción de café. CENICAFE (Colombia), 27 (4): 158-173.
22. Valencia, A.G. 1984. Interpretación de análisis de suelos para café. In: Suelos Ecuatoria-

- les. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá, Colombia, 14 (1): 186-189.
23. Valencia, A.G. y P.J. Arcila. 1977. Efecto de la fertilización con N, P, K, a tres niveles en la composición mineral de las hojas del café. CENICAFE (Colombia) 28 (4): 119-138.
24. Walworth, J.L. y M.E. Sumner. 1987. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) Advances in Soil Science, Volume 6: 149-188.
25. Walworth, J.E., M.E. Sumner, R.A., Isaac y C.O. Plank. 1986. Preliminary DRIS norms for Alfalfa in the Southeastern United States and a comparison with Midwestern norms. Agron. J. 78 (6): 1046-1052.