Agronomía Costarricense 23(2): 137-147. 1999

OBTENCION DE LAS NORMAS DRIS EN UNA ZONA PRODUCTORA DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum* spp) EN GUANACASTE, COSTA RICA[1]

José Fermín Subirós[2]/, Rafael Salas***

Palabras clave: DRIS, caña de azúcar, Costa Rica, nutrición mineral.

RESUMEN

El estudio fue realizado en Guanacaste, con plantaciones sembradas en Inceptisoles y Mollisoles. La cosecha se realizó en ciclos de 12 meses; se muestreó a los 4 y 6 meses 163 plantaciones comerciales (retoños), tomando entre 10 y 15 muestras foliares de la hoja +3 (TVD) en diferentes lotes. Las concentraciones de cada elemento se relacionaron con la producción de caña. Los datos se dividieron en subgrupos de alto y bajo rendimiento. Los mayores rendimientos correspondieron a subpoblaciones con más de 100 t/ha de caña. Los rangos de concentración de nutrimentos adecuados para el desarrollo de la caña fueron: N 1.45-2.20%, P 0.20-0.28% y K 1.30-2.10%. En la subpoblación de alto rendimiento los valores promedio (%) para los 3 elementos fueron de 1.78±0.185 para el N, 0.23±0.02 para el P y 1.61±0.189 para el K. Las normas obtenidas fueron para la relación N/P=7.56±0.931, N/K 1.15±0.169 y P/K 0.14±0.016. En promedio el rendimiento de la subpoblación analizada fue cercano a las 122±14 t/ha de caña y 10.7±1.4 t/ha de sacarosa. El presente trabajo constituye el primer esfuerzo realizado para desarrollar las normas DRIS en caña de azúcar bajo condiciones locales.

ABSTRACT

Development of DRIS norms for sugarcane (*Saccharum spp*) in a production area of Guanacaste, Costa Rica. This study was conducted in sugarcane plantations growing in Inceptisols and Mollisols. Sugarcane was grown for 12 months, leaf samples were taken from plants 4 and 6 months old from 163 commercial sugarcane fields (ratoon crop). Samples consisted of 10 to 15 top visible dewlap (TVD) leaf blades. Each nutrient concentration and yield data were obtained. Initially, leaf samples were taken from plantations with high, medium and low yield, then only from high yield plantations. The concentration of each nutrient was correlated with sugarcane yield and the data was divided into high and low yield subgroups. The high yield corresponded to a subgroup with more than 100 t/ha of cane. Considering only the high yield group, the mean values of concentration of N, P, and K were 1.78±0.185, 0.23±0.020 and 1.61±0.189, respectively. The DRIS norms obtained for N/P were 7.56±0.931, N/K 1.15±0.169 and P/K 0.14±0.016. The objetive of this study was to establish foliar diagnostic reference norms for N, P, and K in sugarcane plantations in Guanacaste.

1/ Recibido para publicación el 11 de mayo de 1999.

2/ Autor para correspondencia.

* Departamento de Investigación, Azucarera El Viejo. Apartado 2571-1000, San José, Costa Rica.

** Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

INTRODUCCION

El desarrollo y utilización de métodos de diagnóstico han sido de mucha utilidad en la agricultura, para conocer la necesidad nutricional de los cultivos y con ello alcanzar el máximo rendimiento económico. Uno de los métodos de diagnóstico más utilizados, ha sido el análisis de tejidos de plantas, en especial el foliar; cuyo resultado suministra un nivel puntual de la concentración de los elementos (Marschner 1990). Se han desarrollado otros métodos más elaborados, como es el caso del Registro Agronómico o Crop Logging (Clements 1980) y el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendaciones (DRIS) (Beaufils 1973). El DRIS se aplicó inicialmente en *Hebea brasiliensis* L., y en la actualidad se ha desarrollado en más de 30 cultivos (Beverly 1990), incluyendo la caña de azúcar (Sumner 1979, Zambello Jr. y Orlando 1980a, 1980b, 1980c, Zambello Jr. et al. 1981, Sumner 1983).

El método no debe utilizarse de manera aislada, sino que requiere que se consideren e integren los demás factores de producción que interfieren con el desarrollo del cultivo. Además, es necesario disponer de algún conocimiento y destreza de la persona que realice la interpretación (Sumner 1983, Walwarth y Sumner 1987).

El DRIS consiste en determinar las concentraciones ideales de nutrimentos esenciales en los tejidos y establecer las interrelaciones que puedan existir entre ellos (N/P, N/K, K/P y otras combinaciones) y evalúa la disponibilidad de un nutrimento en relación con los demás. Los resultados finales, una vez efectuados los cálculos, proporcionan los índices DRIS; si estos son negativos indican que el elemento está en desequilibrio respecto a los demás, los positivos indican, que los elementos están en mayor cantidad que la requerida; y, los próximos a cero, que los elementos están en equilibrio. También, proporciona un orden jerárquico de las necesidades nutricionales, lo cual contribuye aún más a la interpretación de los resultados (Walworth y Sumner 1987).

Aunque el sistema no es perfecto, se ha observado que proporciona una mejor estimación para predecir las deficiencias y respuestas, comparado con el método de niveles críticos (Sumner 1979, Sumner y Walworth 1987, Munson y Nelson 1990). También, proporciona otras ventajas, porque considera las interrelaciones entre los elementos, es poco afectado por la estación del año (Sumner y Beaufils 1975), por la época de muestreo (Sumner 1977, Beaufils y Sumner 1977, Zambello Jr. et al. 1981, Walworth y Sumner 1987), la edad de las plantas (Walworth y Sumner 1987) y la variedad (Sumner 1979). El sistema se adapta bien a los distintos tipos de suelo (Beaufils 1971, Zambello Jr. et al. 1981) indistintamente si las plantaciones son cultivadas bajo riego a no (Zambello Jr. y Orlando 1980).

Las normas, si han sido correctamente derivadas (de plantaciones de alto rendimiento) deberán tener, en teoría, aplicabilidad universal, independientemente del lugar donde está establecida la plantación. Sin embargo, se ha sugerido la conveniencia de desarrollar el DRIS para cada condición productiva, las cuales en ocasiones poseen condiciones edafoclimáticas muy particulares (Walworth y Sumner 1987, Beverly 1990).

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar las normas DRIS en el cultivo de la caña de azúcar, en plantaciones comerciales del Ingenio El Viejo.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en Guanacaste, en el Ingenio El Viejo, ubicado a una altitud de 10 msnm, una latitud norte de 10° 25'y una longitud oeste de 85° 28'. La zona posee estaciones bien definidas, una seca que se inicia a finales del mes de noviembre y concluye a finales del mes de abril y que puede extenderse hasta 186 días secos consecutivos. El resto del año corresponde a un período lluvioso, interrumpido por un período seco entre los meses de julio y agosto (Rojas y Edlin 1983, Rojas 1986). La precipitación promedio es de 1499 mm, la temperatura promedio anual es cercana a los 26°C. Los suelos predominantes en la zona donde se efectuó el estudio son Inceptisoles y Mollisoles, con textura franco arcilloso a franco arenoso. Los mismos se caracterizan por poseer, en general, una topografía pla-

na, son profundos, con una elevada fertilidad y capacidad de intercambio catiónico (Cuadro 1). La cosecha se realizó de diciembre y abril a ± 12 meses de edad de las plantas.

Durante los períodos de 1987-88, de 1990-91 y de 1992-93 se muestreó el follaje, de los retoños, de plantaciones comerciales. En el primer período a los 4 meses de edad se colectaron 63 muestras, en los 2 períodos restantes a los 6 meses se colectaron 21 y 79 muestras respectivamente, en total se colectaron 163 muestras. La hoja analizada fue la + 3 o TVD (top visible dewlap) (Gascho y Thein 1983) sin vena media y vaina, en un número que osciló entre 10 y 15 por cada plantación. Los muestreos se realizaron entre las 6 y 9 de la mañana (Gascho y Thein 1983). Las muestras se secaron en estufa a una temperatura entre 70 y 80°C, se les determinó la concentración de nutrimentos, en el presente trabajo solo se consideraron el N, P y K. En el período de 1987-88 se tomaron muestras de plantaciones en las que se esperaba obtener altos, medianos y bajos rendimientos (de acuerdo a los datos de producción del año anterior); en los otros 2 períodos se consideraron solo aquellas plantaciones en las que se esperaba obtener elevados rendimientos. Durante la cosecha se recopilaron los datos de producción de caña (t/ha/año) y producción de sacarosa (t/ha/año).

El programa básico de mantenimiento de las plantaciones consistió en recoger los rastrojos, sacarlos de la plantación y posteriormente quemarlos. Se escarificaron los entresurcos a una profundidad de 20-25 cm de profundidad, para descompactar el suelo y se adicionaron entre 130 y 150 kg/ha de N, empleando principalmente urea, incorporada en forma mecánica. Los riegos variaron entre 0 y 4 según el lugar, disponibilidad de agua e infraestructura. Las malezas se combatieron con equipo mecánico y con el uso de los herbicidas convencionales (diuron, ametrina, pindemetalina, terbutrina, 24-D, etc.).

El análisis foliar de las muestras se realizó en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica; con la información recopilada se obtuvo las frecuencias para las distintas concentraciones de cada elemento y se relacionaron con la producción de caña. Los datos de la población se dividieron en subgrupos de alto y bajo rendimiento agrícola e industrial.

Los valores considerados fueron aquellos que se repitieron con mayor frecuencia a una concentración dada (para obtener los niveles óptimos) y que alcanzaron rendimientos ≥100 t/ha de caña. De esta manera, se establecieron los rangos de concentración permisibles en los que se obtuvo rendimientos deseables. Posteriormente, se promedió los valores de la subpoblación de alto rendimiento para los 3 elementos y sus relaciones (N/P, N/K y P/K), sus inversos más los coeficientes de variación, así como la dispersión relativa de los promedios de la subpoblación de alto rendimiento.

Cuadro 1. Análisis químico de suelo de las plantaciones cultivadas con caña de azúcar, Azucarera El Viejo, Guanacaste.

		cmol(+)/L			Acidez		% Saturación	ug/L				
	pH	Ca	Mg	K	Intec.	CICE	acidez (%)	P	Cu	Fe	Mn	Zn
Promedio	6.4	17.57	5.45	1.12	0.11	24.24	0.47	28	15	94	22	2
Desviación estándar	0.4	7.06	2.65	0.80	0.05	9.07	0.17	16	3	45	9	1
Valor mínimo	5.5	8.85	2.22	0.11	0.05	13.00	0.20	5	8	18	5	1
Valor máximo	7.4	46.05	14.10	5.67	0.50	57.00	1.10	76	22	237	48	5
C.V. (%)	6	40	49	72	46	37	36	55	22	48	43	31

n= 83

Calculadas las normas, se confeccionó un diagrama de interpretación del balance nutricional y posteriormente se procedió a calcular los índices DRIS, según el procedimiento convencional del método (Beaufils 1973, Walworth y Sumner 1987, Beverly 1990). Las ecuaciones para tabular los índices fueron los siguientes:

$$\text{Indice de A} = \frac{[f(A/B) + f(A/C) + f(A/D) .... + (A/N)]}{z}$$

$$\text{Indice de B} = \frac{[-f(A/B) + f(B/C) + f(B/D) .... + f(B/N)]}{z}$$

$$\text{Indice de N} = \frac{[-f(A/N) - f(B/N) - f(C/N) .... - f(M/N)]}{z}$$

$$\text{Donde si } A/B \geq a/b,\ f(A/B) = \left(\frac{A/B}{a/b} - 1\right)\frac{1000}{CV}$$

$$\text{o si } A/B < a/b,\ f(A/B)\left(1 - \frac{a/b}{A/B}\right)\frac{1000}{CV}$$

La expresión A/B es el valor obtenido entre la relación de 2 elementos en el tejido de la planta que va a ser diagnosticado y a/b es el valor óptimo de la norma de dicha relación. CV es el coeficiente de variación asociado con dicha norma y z es el número de funciones que corresponde al índice del nutrimento.

También se obtuvo los índices de materia seca, que constituyen una modificación del método DRIS (Walworth y Sumner 1987). La materia seca es considerada como un constituyente adicional de la planta (que correspondería al C, H y 0, y que por lo general son ignorados en estudios de nutrición) y el índice es calculado de manera semejante al de otros nutrimentos (Walworth y Sumner 1987, Beverly 1990). A manera de ejemplo, se determinó el estado nutricional de 6 plantaciones, utilizando las normas DRIS establecidas en el presente trabajo y se les efectuó la interpretación respectiva.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las curvas de distribución de frecuencias mostraron una tendencia a la normalidad (Figuras 1, 2 y 3). Hubo valores extremos los cuales provocaron una distorsión en los promedios. Para obviar este inconveniente se procedió a eliminar los valores menos frecuentes para cada nutrimento a una concentración dada. Los rangos de concentración de nutrimentos que se consideraron adecuados para el desarrollo de la caña (rendimiento ≥ 100 t/ha) fueron: N 1.45-2.20%, P 0.20-0.28% y K 1.30-2.10% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores promedio para el % de N, P y K foliar y sus relaciones antes de haberse seleccionado por producción y frecuencia

Elemento y relaciones	Promedio	Desviación estándar	Coef. de variación (%)	Valor mínimo	Valor máximo	Rango propuesto
N%	1.82	0.32	17.72	0.73	3.06	> 1,45 - ≤ 2,20
P%	0.23	0.05	20.67	0.10	0.45	> 0,20 - ≤ 0,28
K%	1.77	0.64	36.35	0.10	4.12	> 1,30 - ≤ 2,10
N/P	8.38	2.31	27.63	3.32	16.80	----
N/K	1.19	1.12	93.76	0.38	14.80	----
P/K	0.15	0.14	97.28	0.05	1.90	----
P/N	0.13	0.04	28.55	0.06	0.30	----
K/N	1.00	0.43	42.44	0.07	2.60	----
K/P	7.98	2.81	35.17	0.53	18.73	----

Población: 163 muestras

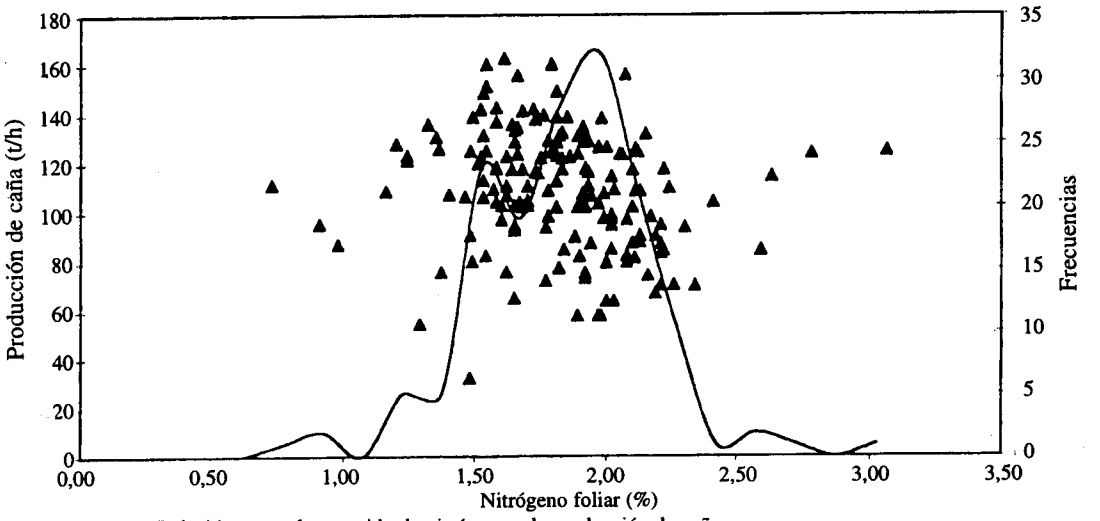

Fig. 1. Relación entre el contenido de nitrógeno y la producción de caña.

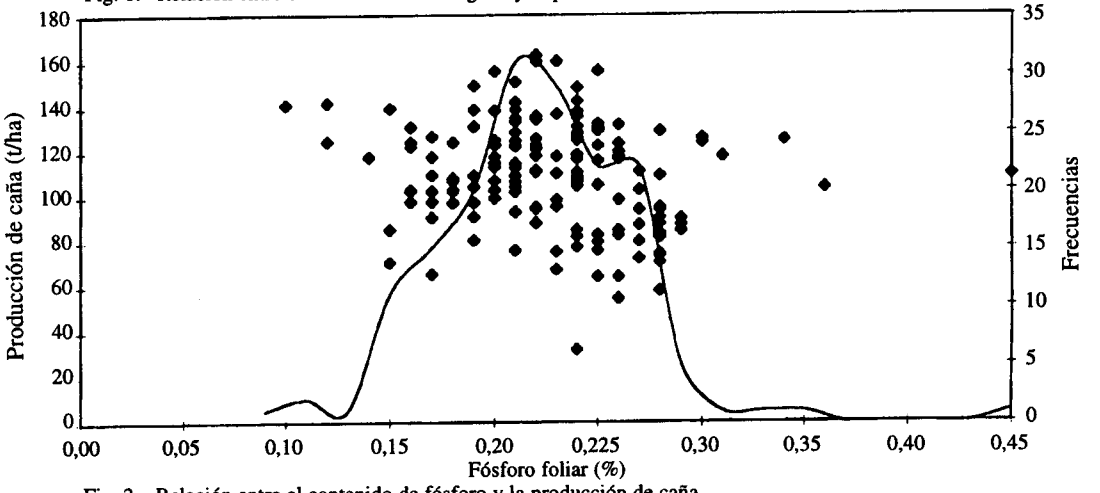

Fig. 2. Relación entre el contenido de fósforo y la producción de caña.

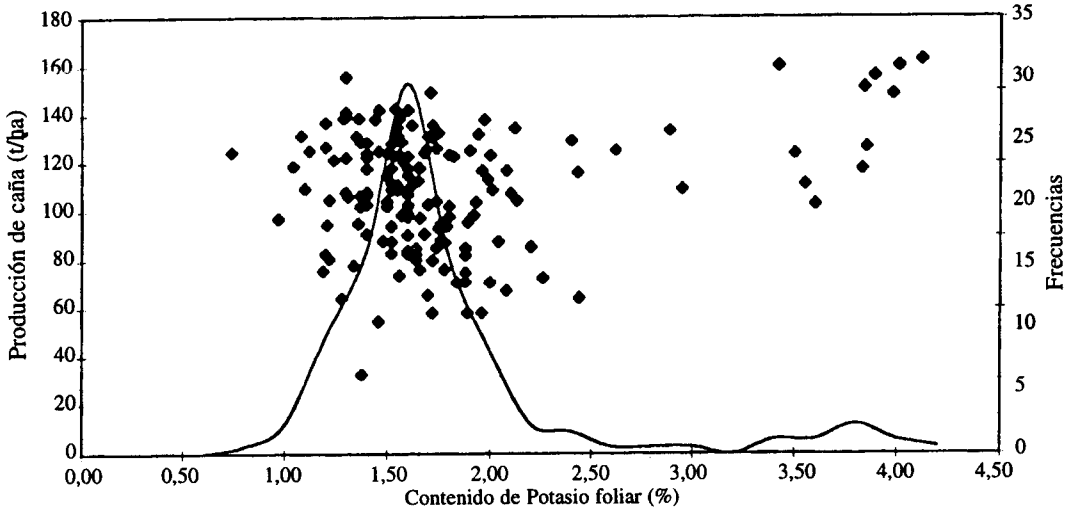

Fig. 3. Relación entre el contenido de potasio y la producción de caña.

Una vez considerada solo la subpoblación de alto rendimiento, los valores promedio (%) para los 3 elementos fueron de 1.78±0.185 para el N, 0.23±0.020 para el P y 1.61±0.189 para el K. Las normas obtenidas fueron para la relación N/P=7.56±0.931, N/K=1.15±0.169 y P/K= 0.14±0.016 (Cuadro 3). Los coeficientes de variación se redujeron a más del 50% al eliminar los valores extremos. En promedio el rendimiento obtenido con la subpoblación analizada fue cercano a las 122±14 t/ha de caña y 10.7±1.4 t/ha de sacarosa (Cuadro 3).

Con los valores de las normas se confeccionó el diagrama de interpretación del balance nutricional (Figura 4). El punto de intersección de los 3 ejes corresponde al valor promedio de la subpoblación de alto rendimiento para las 3 formas de expresión e indica que hay un buen balance nutricional (flechas horizontales). El segundo círculo corresponde a 4DE/3 (DE=desviación estándar) del diámetro del primero y si los valores coinciden en esta sección existe poco o moderado desbalance entre los 2 elementos (flecha inclinada). El círculo más externo posee un diámetro 8DE/3 y externamente a él se presenta un marcado desbalance entre los 2 nutrimentos (flechas verticales hacia abajo y hacia arriba).

Las normas obtenidas para las relaciones N/P, N/K y K/P fueron respectivamente 7.56, 1.15 y 7.01. Los valores determinados por Elwali y Gascho (1983) fueron mayores para la relación N/P (8.71±1.199) y N/K (1.53±0.257) y menor para la relación K/P, que fue de 5.63±1.038. Es posible que la alta disponibilidad de P y K en el suelo haya favorecido el consumo elevado (consumo de "lujo") de estos elementos, lo cual pudo afectar el K respecto al N y P y este último al N.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de 6 muestreos foliares, los 3 primeros fueron realizados en plantaciones comerciales y los otros 3 en parcelas experimentales. Con las normas obtenidas en las muestras 1 y 3 se observa un marcado desbalance del N con respecto al P y K, por lo que la prioridad debería estar enfocada al N, debido a que presenta valores mas bajos. La muestra 2 indica un desbalance del N y el K respecto al P, donde el más limitante es el N. En lo que respecta a los 3 análisis restantes, en todos los casos, el N y el K parecieran estar en desbalance respecto al P; sin embargo, un índice negativo no necesariamente indica insuficiencia del nutrimento, sino que está en desbalance con los demás nutrimentos y por lo tanto identifica el orden de limitación, pero no su deficiencia (Beverly 1990). En el caso de las muestras 4, 5 y 6,

Cuadro 3. Valores promedio para el % de N, P y K foliar y sus relaciones después de haberse seleccionado por producción y frecuencia

Elemento y relaciones	Número muestras+	Promedio	D.E.	C.V.	Valor mínimo	Valor máximo	Producción de caña (t/ha)	D.E.	Producción sacarosa (t/ha)	D.E.
N%	93	1.776	0.185	10.4	1.46	2.15	123	± 15	10.55	± 1.49
P%	64	0.234	0.020	8.5	0.21	0.28	12	± 15	10.90	± 1.42
K%	75	1.613	0.189	11.7	1.31	2.10	120	± 12	10.47	± 1.43
N/P	53	7.562	0.931	12.3	5.81	10.10	126	± 16	10.89	± 1.47
N/K	61	1.146	0.169	14.7	0.77	1.50	120	± 13	10.35	± 1.49
P/K	44	0.144	0.016	11.1	0.11	0.18	122	± 11	11.32	± 1.40
P/N	53	0.134	0.016	11.9	0.10	0.17	-------		-------	
K/N	61	0.892	0.136	15.2	0.67	1.30	-------		-------	
K/P	44	7.011	0.781	11.1	5.46	8.75	-------		-------	

+ Subpoblación de alto rendimiento
D.E.: Desviación estándar
C.V.: Coeficiente de variación

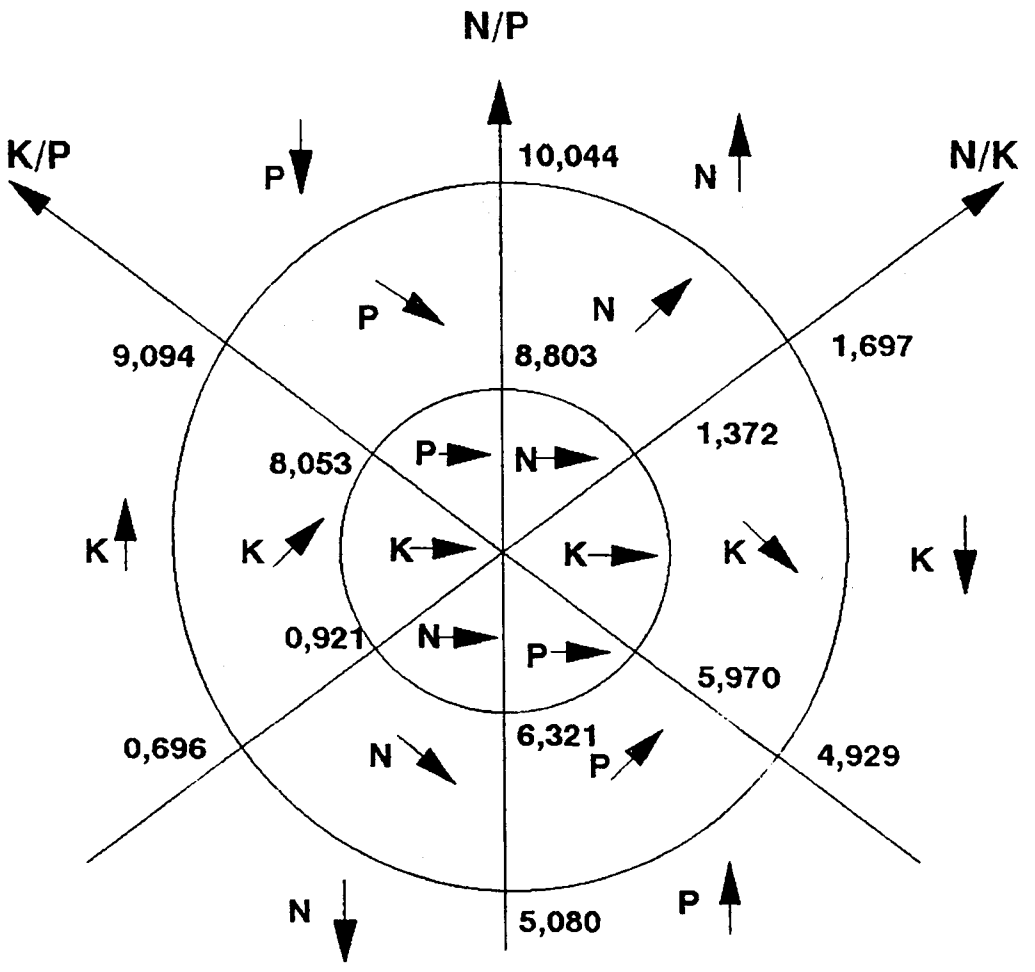

Fig. 4. Diagrama de interpretación del balance nutricional.

puede notarse que los índices de materia seca son negativos; solamente cuando los índices de los nutrimentos poseen valores menores a los índices de materia seca, son considerados potencialmente limitantes (Walworth y Sumner 1987, Beverly 1990), por lo tanto, en estos 3 casos a pesar de presentar valores negativos, en teoría no debería estar afectando la producción. En relación a esto, se ha indicado (Walworth y Sumner 1987, Beverly 1990), que el principal aspecto negativo que influye (en relación con la concentración de nutrimentos) en el índice de materia seca, es la edad de la plantación (cuando se realiza en etapas tempranas); sin embargo, los muestreos se llevaron a cabo cuando el cultivo se encontraba en la etapa de mayor crecimiento, que es entre los 4 y 6 meses de edad.

El método del DRIS es una herramienta que contribuye a diagnosticar con mayor certeza, las necesidades nutricionales de los cultivos, en este caso particular, de la caña de azúcar. Pero en el momento de efectuar el diagnóstico nutricional de una determinada plantación, debe asegurarse que las limitaciones nutricionales sean reales y debidas a otros factores. Al comparar los datos de producción de las plantaciones comerciales con los de las experimentales, se notan grandes diferencias, a pesar de que ambas plantaciones fueron

Cuadro 4. Balance nutricional de seis muestras foliares de caña de azúcar.

Muestras	Resultado de varios análisis foliares			Indices de las relaciones			Materia seca	Indices de las relaciones inversas			Materia seca	Producción de caña (t/ha/año)
	N	P	K	N	P	K		N	P	K		
1+	1.49	0.25	1.78	-23	10	14		-22	10	12		
	Materia seca			-22	9	12	0	-21	9	11	0	83
2+	1.61	0.30	1.61	-22	29	-8		-20	30	-10		
	Materia seca			-18	31	-5	-8	-17	31	-7	-8	99
3+	0.89	0.20	1.38	-55	29	26		-52	29	23		
	Materia seca			-68	12	13	43	-67	13	11	43	84
4++	2.39	0.45	2.45	-23	29	-6		-22	30	-8		
	Materia seca			-4	56	11	-62	-3	56	9	-62	276
5++	2.38	0.48	2.21	-24	44	-20		-22	44	-22		
	Materia seca			-5	71	-3	-63	-4	71	-4	-63	258
6++	2.26	0.42	2.54	-26	23	3		-25	23	1		
	Materia seca			-9	47	19	-56	-8	47	17	-56	299

+Plantaciones comerciales
++Plantaciones experimentales

cultivadas en suelos con características físicas y químicas parecidas y a que la adición de fertilizante se realizó en niveles semejantes. Evidentemente, en estos casos debería aplicarse un factor de ajuste, por ejemplo 30%, asumiendo que las plantaciones experimentales fueron manejadas más cuidadosamente; aún así, los valores son altos.

La programación y la ejecución correcta y oportuna de las prácticas de cultivo, es básica para alcanzar niveles adecuados de nutrición. Por ejemplo, la fertilización y disponibilidad de agua (riego) están directamente relacionadas. Poco se logra colocando determinado nutrimento, con buena disponibilidad de agua, si posteriormente se presenta uno o varios períodos de estrés hídrico. La planta agotará sus reservas, invertidas en crecimiento, mientras que la absorción ha quedado limitada por la falta de humedad. De la misma manera, puede ocurrir con la acumulación de agua durante el período lluvioso por lo que debe haber un adecuado drenaje superficial e interno, con la presencia de malezas y los demás factores de la producción. Prácticas inadecuadas, como el escarificado de los entresurcos para descompactar el suelo cuando las raíces nuevas se han formado y la posterior fertilización, limitaría el aprovechamiento del fertilizante, debido a que la planta no dispondrá de un adecuado número de raíces funcionales para absorberlo. La presencia de patógenos del suelo es otro aspecto que afecta la funcionalidad de las raíces y por lo tanto la absorción. Un equipo de aplicación de fertilizante desajustado y la formación de grumos del fertilizante (que obstruye las salidas de las fertilizadoras) son problemas reales que usualmente ocurren a nivel de campo y a los cuales se les pone poca atención. Al final, todos estos inconvenientes se traducen en deficiencias no detectables a la vista, o en casos más severos, a la aparición de síntomas en la parte aérea, que cuando se analizan, indican la deficiencia nutricional, la cual no corresponde a faltantes en el suelo, sino que es ocasionada por otros factores. Por lo tanto, es necesario asegurarse primero que las prácticas tecnológicas (fertilización, riego, labores mecánicas, etc.) son las idóneas para una condición dada y que las mismas sean aplicadas de manera oportuna de acuerdo con las necesidades de las plantas, de lo contrario se estaría enfocando la corrección de los problemas nutricionales de manera indebida, con un enorme desperdicio de recursos. Parte de estos y otros factores han sido mencionados por Beverly y Hallmark (1992a).

El método DRIS detecta desbalances nutricionales, pero no indica si estos son debidos a problemas en la absorción de los nutrimentos, ocasionados por los factores de manejo antes citados. Bajo estas circunstancias este método de diagnóstico (al igual que los demás) tendría una escasa utilidad e incluso puede incurrirse en interpretaciones erradas. Cada vez son más frecuentes las debilidades encontradas a los métodos de diagnóstico nutricionales y es posible que en gran parte se deba a los aspectos indicados.

Beverly y Hallmark (1992a) han sugerido la conveniencia de evaluar la exactitud de los métodos de diagnóstico nutricional, con base en la comparación individual de un determinado diagnóstico y la respuesta correspondiente a las aplicaciones de fertilizante con la finalidad de verificar su utilidad como guía en el manejo de la nutrición. Ha sido propuesto establecer las designaciones de (+) si el elemento se requiere a (-) si no es necesario, y si el diagnóstico es acertado (T+) o equivocado (F+), con lo cual se derivan 4 combinaciones. La designación T+ diagnostica una deficiencia del nutrimento y que produce respuesta cuando se adiciona el fertilizante al cultivo; por lo tanto, el rendimiento se incrementa; F+ diagnostica deficiencia y cuando se adiciona el fertilizante se hace sin que realmente sea requerido; T- indica que no hay deficiencia y por lo tanto no hay respuesta en rendimiento cuando se aplica el fertilizante y F- en el caso en el que se diagnostica la suficiencia del elemento, pero en la realidad se requiere y por lo tanto se pierde la oportunidad de aumentar el rendimiento.

Con esta metodología se ha podido determinar en algunos casos que ni el método de diagnóstico de elementos críticos o el DRIS fueron consistentemente superiores o al menos aceptables para diagnosticar el estado nutricional en los cultivos de trigo, maíz y alfalfa (Beverly 1993a); debilidades semejantes se han determinado en las normas para la soya (Beverly 1993b) y la naranja (Beverly 1992b). Lo anterior pone de manifiesto

la necesidad de refinar continuamente los métodos de diagnóstico para determinar lo mas certeramente el estado nutricional de los cultivos, en este caso con la utilización del DRIS.

El presente trabajo constituye uno de los primeros esfuerzos para establecer las normas DRIS en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. Es necesario recopilar aún mayor cantidad de datos con la finalidad de obtener normas más exactas, proporcionar mayor sensibilidad al método con valores locales y de esta manera diagnosticar con mayor precisión el estado nutricional del cultivo.

LITERATURA CITADA

BEAUFILS, E.R. 1971. Physiological diagnosis as guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. Fertilizer Society of South Africa Journal 1(1):1-30.

BEAUFILS, E.R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). University of Natal. Pietermaritzburg. Soil Science Bulletin No 1. 132 p.

BEAUFILS, E.R.; SUMNER, M.E. 1977. Effect of time of sampling on the diagnosis of N, P, K, Ca, and Mg requirements of sugarcane by DRIS approach. *In:* Proceedings of the South African Sugarcane Technologists Association. p. 62-67.

BEVERLY, R.B. 1990. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Micro-Macro Publishing. Georgia. 57 p.

BEVERLY, R.B.; HALLMARK W.B. 1992a. Prescient diagnostic: a proposed new approach to evaluating plant nutrient diagnostic methods. Communications in Soil Science and Plant Analysis 23(17-20):2633-2640.

BEVERLY, R.B. 1992b. Prescient diagnostic analysis shows sufficiency range approach superior to DRIS for citrus. Communications in Soil Science and Plant Analysis 23(17-20):2641-2649.

BEVERLY, R.B. 1993a. Re-evaluation reveals weaknesses of DRIS and sufficiency range diagnoses for wheat, corn and alfalfa. Communications in Soil Science and Plant Analysis 24(56):487-501.

BEVERLY, RB. 1993b. DRIS diagnoses for soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. Journal of Plant Nutrition 16(8):1431-1447.

CLEMENTS, F.H. 1950. Sugarcane crop logging and crop control. Principles and practices. Honolulu. University Press of Hawaii. 519 p.

GASCHO; G.J.; THEIN, S. 1983. Diagnóstico del contenido de nutrientes minerales en caña de azúcar. Método de muestreo. *In:* Seminarios Interamericanos de la caña de azúcar. Fertilidad y manejo de suelos. Florida International University. Miami. p. 328-349.

HARTT, C.E. 1958. Total phosphorus in internodes 8-10 as a guide to the phosphorus fertilization of sugar cane. The Hawaiian Planters Record 55(3):243-270.

MARSOMNER, H. 1990. Mineral nutrition of higher plants. 4ª ed. Academic Press. London. p. 391-407.

MUNSON, R.D.; NELSON, W.L. 1990. Principles and practices in plant analysis. *In:* Soil testing and plants analysis. Ed. by R.L. Westerman. 3a ed. Book Series No 3. Soil Science Society of America. p. 359-387.

SUMNER, M.E.; BEAUFILS, E.R. 1975. Diagnosis of NPK requirements of sugarcane irrespective of plant age and season using Beaufils's system (DRIS)-preliminary observation. Proceedings of the South African Sugar Tech. Assoc. 1-5.

SUMNER, ME. 1977. Application of Beaufils's diagnostic indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. Plant and Soil. The Hague 46:359-369.

SUMNER, M.E. 1983. El sistema integrado de diagnóstico y recomendaciones (DRIS) aplicado en caña de azúcar. *In:* Seminarios Interamericanos de la caña de azúcar. Florida International University. Florida. p. 299-311.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. 1987. The diagnosis and recommendation integrates system (DRIS). Advances in soil science. v.6. Springer-verlag. New York. p. 49-188.

ZAMBELLO Jr. E.; ORLANDO F, J. 1980a. Sistema integrado de diagnose e recomendaçao (DRIS) aplicado a cana planta com e sem irrigaçao. In: Anais do I Congreso Nacional dos Técnicos Açucareiros do Brasil. Maceiro-AL. p. 353-356.

ZAMBELLO Jr., E.; ORLANDO F, J. 1980b. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) applied to various sugarcane tissues. *In:* Proceedings Congress International Society of Sugarcane Technologists. Manila. Vi p. 446-457.

ZAMBELLO Jr. E.; ORLANDO F., J. 1980c. Aplicaçao do sistema integrado de diagnose e recomendaçao (DRIS) em soqueiras de tres variedades de cana-de-açúcar. Ano III. No 10. p. 23-28.

ZAMBELLO Jr.; HAAG, H.P.; ORLANDO F. 1981. Aplicaçao do sistema integrado de diagnose recomendaçao (DRIS) em soqueiras de cana-de-açúcar para diferentes épocas de amostragem foliar. Boletin Técnico. Planalsucar. Piracicaba (Bra.) 3(4):5-32.