

LA CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum spp.) Y SU NUTRICION EN (6737.04)
EL VALLE DEL CAUCA*

Pablo Domínguez Salgar**

INTRODUCCION

Definición

La caña de azúcar (Saccharum spp.) es un pasto tropical gigante de la tribu de las andropogóneas, a la cual pertenecen también otras gramíneas alimenticias como el maíz, el sorgo y el trigo. Más específicamente hablando, la moderna caña de azúcar es un híbrido complejo de dos o más de las seis especies existentes de Saccharum. Muchas formas de estas especies han dado origen a un género altamente diversificado, pero uniformemente heterocigote. Los primeros cultivos de caña estuvieron dominados por un híbrido natural de S. barberi y S. officinarum, de alta fibra llamado "Creole", el cual fue descrito por Linneo como Saccharum officinarum.

La Hoja de la Caña: Fábrica natural de sacarosa.

Existen muchos tipos de azúcares, pero el más común es la sacarosa que se forma en las hojas de la caña.

La acción de la luz solar sobre estas hojas, ricas en clorofila, inicia el complejo proceso bioquímico de la fotosíntesis; que convierte el agua del suelo y el bióxido de carbono del aire en sacarosa. El oxígeno que se genera es liberado a la atmósfera, en tanto que el jugo azucarado producido por las hojas es almacenado en el tallo.

* Contribución del Ingenio Providencia, S.A. al Curso corto sobre la Fertilidad del Suelo, organizado por la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Capítulo del Valle, CIAT, Palmira, Agosto 26 y 27 de 1982.

** Jefe del Departamento de Investigación del Ingenio Providencia, S.A.

Bajo condiciones ideales una hoja verde de caña puede producir hasta 100 g de caña en un año; esta caña contiene cerca de 14 g de sacarosa, más ó menos la misma cantidad de fibra y aproximadamente unos 73 g de agua. La planta de caña de azúcar requiere para su normal desarrollo por lo menos 1.500 mm de agua durante su período vegetativo (1.000 mm al año), abundante sol, suelos fértiles, profundos y bien drenados. Estas condiciones se encuentran en muchos lugares del mundo, siendo las zonas tropicales y subtropicales las más apropiadas.

Importancia de la Caña de Azúcar en Colombia.

La caña de azúcar se explota en Colombia para producir azúcar y panela, melazas y bagazo. Es la segunda actividad agrícola después del café (Coffea arabica) y ocupa unas 440.000 hectáreas en todo el país, de las cuales aproximadamente 140.000 están dedicadas a la producción de azúcar, concentradas principalmente en los Departamentos de Cauca, Valle y Risaralda, al sur-occidente del territorio nacional. Se producen aproximadamente 1'100.000 toneladas de azúcar, de las cuales se exportan 300.000 al mercado internacional (valor crudo) y el resto se consume en el mercado doméstico.

Consumo de Nutrientes por la Planta de Caña.

Extracción de nutrientes.

La caña de azúcar es un cultivo de altos requerimientos de nutrientes. Durante las primeras etapas de crecimiento la toma de nutrientes por la planta es lenta, pero tan pronto se desarrollan los brotes y las raíces, la absorción aumenta marcadamente (Figuras 1 y 2); esto es especialmente importante en cuanto a potasio y nitrógeno, que son tomados por la caña a una rata máxima entre los 3 y 6 meses de germinación.

Los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio (Tabla 1) son tomados por las raíces como compuestos simples y se convierten dentro de la planta en sustancias complejas; además de estos nutrientes, se requieren carbono, hidrógeno, oxígeno, calcio, magnesio, azufre y silicio, para constituir las partes de la planta que producen fibra, azúcares, clorofila, cera, raíces, etc.

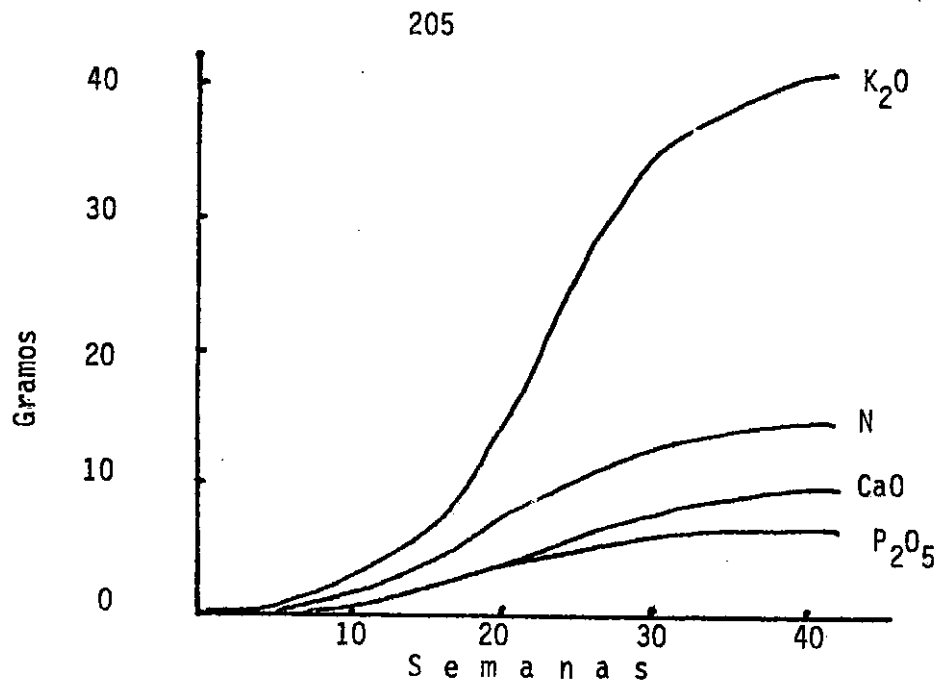


Figura 1. Gramos de nutrientes removidos por una cepa entera de caña de azúcar durante la primera etapa de crecimiento.

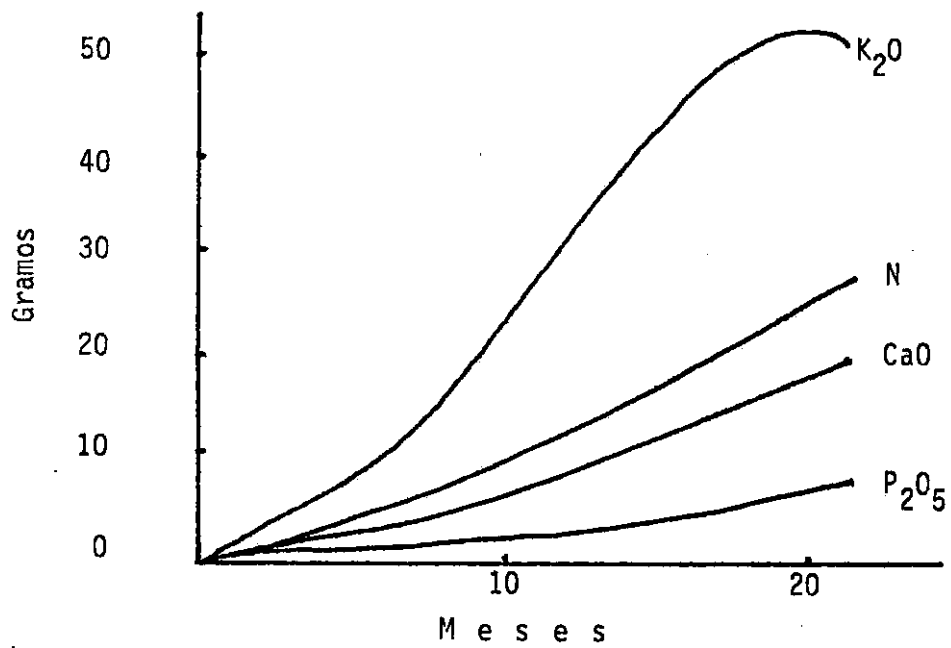


Figura 2. Gramos de nutrientes removidos por una cepa entera de caña de azúcar durante su período vegetativo.

Fuente: Van Dillewijn

Tabla 1. Extracción de nutrientes por la caña de azúcar.

	Por Ton. caña molible (DU TOIT)	Por 50 T.C.H. (EARNES)	Parte aérea (TAIWAN)
	Kg	kg	kg/ha
N	0.50 - 0.55	34	126 - 165
P205	0.36 - 0.59	23	78 - 94
K20	1.00 - 1.36	68	233 - 276
CaO	-	-	172 - 181
MgO	-	-	139 - 168
SiO2	-	-	325 - 664

Fuente: Jacob y v. Uexkull.

Diagnóstico de la Fertilidad en Caña de Azúcar.

Diagnóstico de suelos

Uno de los métodos de diagnóstico del estado nutricional del suelo es el colorimétrico, el cual muestra el nivel aproximado de fertilidad del suelo en cuanto a pH, N, P y K. Se usa relativamente poco como una guía para la fertilización de la caña. Son muy conocidos los de La Motte y Hellige.

El otro es el análisis químico de suelos, con el cual se determinan el pH y los nutrientes N, P, K, Ca, Mg; los análisis van acompañados por la textura del suelo. Este ha sido por muchos años el método más utilizado para la formulación de los fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos.

En los últimos años se ha introducido en la industria azucarera el análisis de salinidad, con el cual se determinan la conductividad eléctrica (CE) del extracto de suelo, el porcentaje de sodio intercambiable, los aniones y cationes solubles y el contenido de yeso de los suelos afectados por sales.

Las estimaciones del estado salino o salino-sódico se hacen con el fin de corregir los problemas derivados de los excesos de sales y/o sodio que cada día son más serios en el valle geográfico del río Cauca, especialmente en cuanto a la productividad de la caña de azúcar se refieren.

El Diagnóstico de Tejidos.

Las recomendaciones de fertilizantes basadas en los análisis de suelos tienen muchas limitaciones en cuanto a la confiabilidad de la información. Para un empleo más racional de los fertilizantes en cuanto a dosis y época de aplicación, recientemente se ha introducido en Colombia, principalmente en los Ingenios Providencia y San Carlos el análisis de tejidos, basado en índices fisiológicos ya establecidos en países como Hawaii, Jamaica, Mauricio, Guyana y Puerto Rico, con los cuales se conoce el estado de desarrollo y nutrición del cultivo de acuerdo a la edad y a las condiciones de campo.

En Colombia se está utilizando el método de Clements o "Crop Log". Normalmente los muestreos de tejidos se inician a los tres meses de edad del

cultivo; el índice de nitrógeno se determina en la lámina foliar y se expresa en % del elemento en base seca; en la yagua se determinan P, K, Ca, Mg, el % de humedad y los azúcares totales (índice primario). El P se determina también en el 5o. entrenudo, tejido complementario que se usa para estimar su nivel durante el período de máximo desarrollo.

En general el número de hojas que se toma para los análisis depende de los procedimientos que se han introducido en cada uno de los países donde esta metodología ha sido aceptada.

El método de "Crop-Log" de Clements (Hawaii) requiere el uso de una hoja individual para cada campo, con todos los registros obtenidos durante la toma de las muestras de tejidos, la cual se hace en estaciones fijas. Es necesario llevar registros sobre temperatura, precipitación, riegos, radicación solar, abonamientos, etc. Para cada nutriente se han establecido rangos expresados en porciento de N, P, K en base seca.

La Investigación y los Procedimientos de Diagnóstico.

La ciencia agrícola es eminentemente experimental cuando se trata de la nutrición de las plantas cultivadas. La caña de azúcar no es una excepción. Son muy abundantes los trabajos sobre este tema en el mundo, cuya relación escapa a la finalidad de este breve informe. En realidad las formulaciones de fertilizantes deben ser locales, de acuerdo con cada región en particular, las características de manejo del cultivo, las variedades y los niveles de productividad.

La experimentación más avanzada indica que a medida que el proceso tecnológico progresa, las exigencias para adelantarla son cada día mayores; ya no se trata de resolver problemas nutricionales de macronutrientes (NPK) y de elementos secundarios (Ca, Mg, Si, S) para mantener la fertilidad de los cultivos o corregir deficiencias nutritivas, sino que la moderna ciencia de la nutrición vegetal involucra aspectos relacionados con micronutrientes esenciales, condiciones físicas de fertilidad (drenaje, compactación, textura, infiltración) y manejo de ésta desde el punto de vista económico. De otro lado es conveniente que se disponga de información confiable en nuestro medio, basada en resultados locales sobre nutrición de la caña.

A nivel regional se ha investigado sobre diferentes niveles de macro y micronutrientes, fuentes, abonos orgánicos, enmiendas y la relación que existe entre los primeros y las variedades comerciales de caña de azúcar.

Experimentación sobre Macro y Micronutrientes.

Con experimentos replicados usando diferentes niveles de NPK con distintas variedades comerciales se han obtenido resultado en producción de caña, sacarosa y azúcar por ciento en caña. Dentro de estos experimentos se han incluido pruebas sobre uso de fuentes de macro y microelementos.

La respuesta de las variedades comerciales al abonamiento ha sido muy satisfactoria, con aumentos muy importantes en caña y azúcar por hectárea. Su efecto en la calidad de los jugos, expresada en términos de % de sacarosa en la caña y rendimiento % de azúcar en caña, ha sido de menor significancia. Se ha podido demostrar que la modificación de las prácticas culturales afecta menos la sacarosa en la caña que los factores del clima, razón por la cual aquélla se conserva más o menos estable en determinadas zonas.

Con dosis crecientes de fósforo ha sido posible obtener resultados positivos en suelos pobres del piedemonte del Valle del Cauca en variedades comerciales. Las respuestas a la fertilización con fosfatos depende de las variedades utilizadas; sin embargo, las mejores producciones de azúcar por hectárea se han obtenido con dosis entre 150 y 250 kg/ha de P₂O₅. Con microelementos se han obtenido resultados positivos usando diversas fuentes, con respuesta a boro y cobre especialmente. Los micronutrientes se han utilizado como un complemento de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. Estudios sobre manganeso han permitido conocer la respuesta de la caña a diferentes concentraciones en varias etapas de crecimiento; se encontró que la concentración de 0.25 ppm presentó un mejor desarrollo de la caña entre los 3 y 7 meses de edad.

Experimentación sobre Índices Fisiológicos.

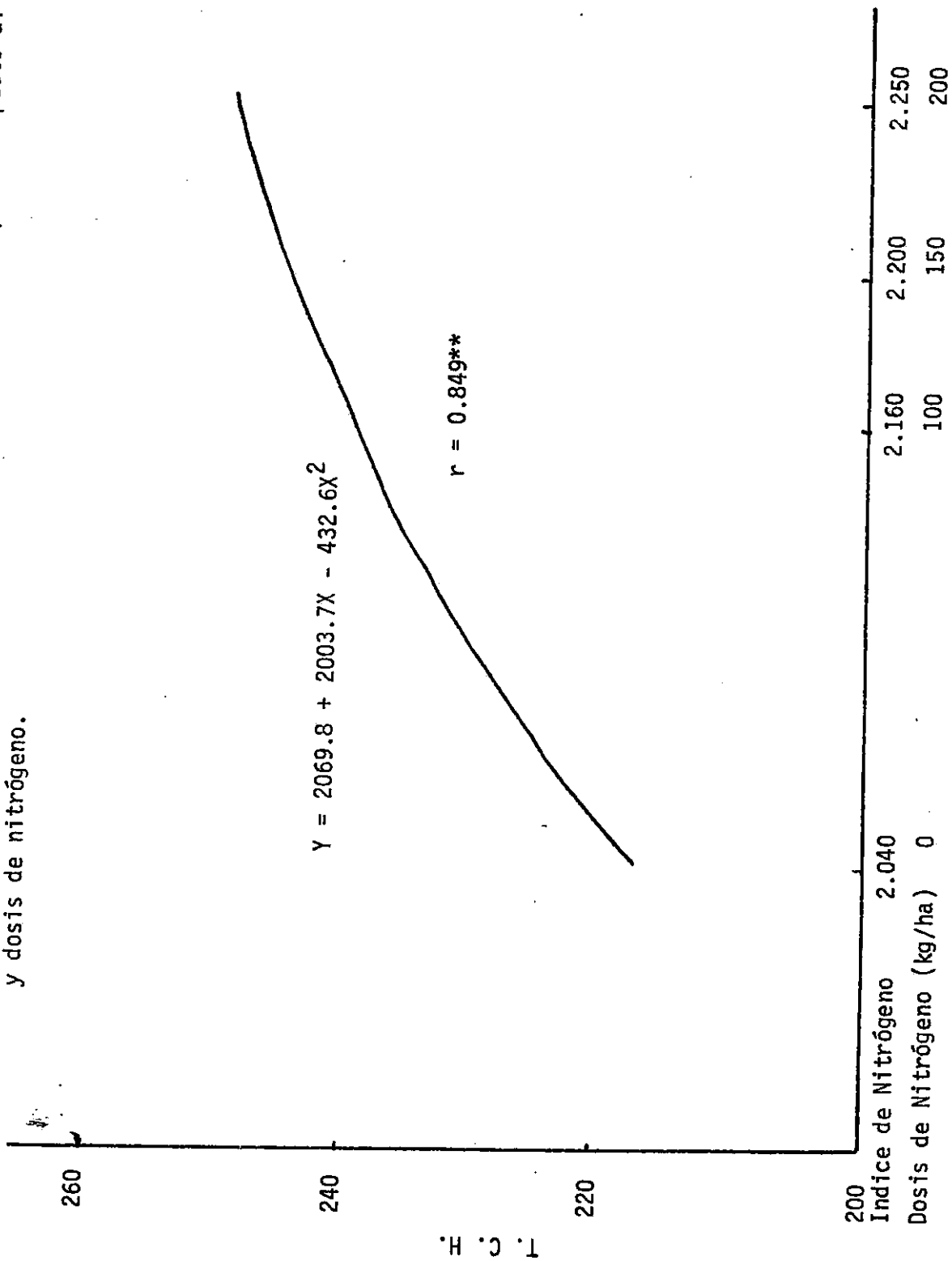
La respuesta de la caña a la fertilización con macronutrientes se ha observado en dos variedades comerciales en el Valle del Cauca. En ambas variedades se han encontrado correlaciones altamente significativas, comparando las dosis de N utilizadas y los índices de nitrógeno. Con dosis variables de fósforo en las mismas variedades se han encontrado respuestas positivas en el índice de P y la producción de caña, especialmente en la variedad CP 57603; para POJ 2878 la respuesta no ha sido significativa en caña por hectárea. Se ha encontrado que el nitrógeno presenta un comportamiento diferente en la caña según la variedad, ya que CP 57603 muestra una respuesta creciente con el aumento en la dosis del elemento (Figura 3).

Recomendaciones sobre Fertilizantes.

Las formulaciones sobre fertilizantes en caña de azúcar en Colombia se han hecho principalmente con base en los análisis de suelos y los resultados de la experimentación de campo con fuentes nutritivas como Urea, Superfosfatos (Simple, doble y triple), Sulfato de Amonio, Nitrato de Amonio, Cloruro y Sulfato de Potasio. La fertilización con micronutrientes es muy exploratoria y no existen todavía bases suficientes para recomendar aplicaciones a nivel comercial, aunque se han aconsejado varias fuentes de ellos como Bórax o Solubor, Sulfatos de Cobre, Hierro y Manganeso, quelatos de hierro, cobre, zinc y manganeso, o fuentes complejas de las cuales existen en el mercado muchas de ellas como Wuxal, Bayfolán, Microcoljap, etc.

En muchos casos las aplicaciones de N, P y K se hacen sin tener en cuenta ningún criterio experimental y en ocasiones se aplican sobredosis que no favorecen la concentración de los jugos de la caña, especialmente si se trata del nitrógeno, o subdosis que no llenan las necesidades de la caña. En ambos casos el resultado es una baja productividad de azúcar.

Figura 3. Comportamiento de la producción de caña (Variedad CP 57603) con respecto al índice y dosis de nitrógeno.



T. C. H.

Recomendaciones Basadas en Análisis de Suelos.

Un esquema general de fertilización basada en los análisis químicos de suelos debe consultar aspectos muy importantes de condiciones físicas, edad de la caña, manejo, variedad, fuente nutritiva, método de aplicación y costos unitarios.

El uso de fuentes es un aspecto muy importante desde el punto de vista de los costos; la aplicación de nitrato de amonio se ha demostrado que es un 16% más costosa que la de Urea en las condiciones del Valle del Cauca para alcanzar la misma dosis de N recomendada. De otro lado se ha encontrado que el sulfato de amonio, aún en suelos normales, da mejores resultados en producción de caña y azúcar que la Urea, pero debido a su menor concentración de N (21%) resulta más costosa por unidad nutritiva; sin embargo en suelos con tendencia alcalina es más aconsejable, por el efecto favorable del ion sulfato en el pH del suelo.

Igualmente, las aplicaciones de fuentes más solubles de fósforo como el superfosfato triple (46% P₂O₅), han sido las más comunes en caña de azúcar en nuestro medio; también han sido usados, pero con menor frecuencia fuentes fosfatadas como Monofosfato y difosfato amónico, que suministran dos de los tres nutrientes mayores. La solubilidad del fósforo es alta en estos fertilizantes; es mucho mayor la de los polifosfatos, pero no son comerciales en Colombia. En condiciones de suelos con tendencia a la acidez, las fuentes más recomendadas son las rocas fosfóricas (Fosforita, Escorias), por su lenta liberación de P₂O₅.

Recomendaciones Basadas en Índices Fisiológicos.

El control de fertilización basada en índices fisiológicos requiere de una mayor dedicación del técnico, porque el método es en general más complicado, especialmente en cuanto la toma de la muestra para el análisis de los tejidos, las determinaciones de los índices y la interpretación de los resultados del análisis. El seguimiento que se hace al cultivo desde los 3 meses aproximadamente, con muestreos de tejidos cada 35 días según el método de Clements (Crop Log), se traduce en los índices fisiológicos, como puede verse en el ejemplo de la Tabla 2.

Tabla 2. Recomendaciones de fertilizantes en el Ingenio Providencia basadas en los índices fisiológicos del "Crop Log" de Clements.

Edad	I.C.	Humedad	Azúcares Totales	IN	1 p		% K	IK- H 20
					Yagua	50 Entrenudo		
2.8	62.2	81.0	15.0	2.062			1.600	374
4.0	90.6	83.4	11.8	2.243			1.750	336
5.0	100.0	80.4	14.5	1.846			2.200	536
6.0	103.2	80.6	14.9	1.697		0.054	1.703	408
7.5	118.4	82.1	10.6	1.495			2.250	489

Recomendaciones de fertilizantes (kg/ha).

Fecha	Edad	Urea	CIK	Vfa
Noviembre 22/80	2.8	100	100	Al suelo
Febrero 26/81	6.0	50	-	Foliar

Fuente: Laboratorio Químico de Campo, Ingenio Providencia.

274
Gráfica de Crop-log

Crecimiento							
Lluvias							
Riegos							
Humedad							
edad							
fecha							
Nitrogeno							
Azucres Totales							
Potasio en H ₂ O							
Resultados de Cosecha		sección _____ suerte N° _____ Variedad _____ x A.P.I. _____			Fert. Kg/ha		
	actual				anterior	Fecha	N
ano							
Variedad							
edad							
TCH							
TCHM							
TAH							
TAHM							
TCHTAN							
Dix							
Pol							
Puzza							
Rend.							

Para este campo de 2.8 meses de edad, los índices fisiológicos muestran un alto contenido de humedad en las yaguas 3, 4, 5, 6 o sea que la caña presenta en ese momento un buen nivel de agua para un desarrollo satisfactorio del cultivo y una rata de crecimiento normal; el estado del nitrógeno era más o menos normal, pero el de potasio indicaba un nivel bajo. De acuerdo con estos resultados del diagnóstico de tejidos se decidió la aplicación al suelo de Urea a razón de 100 kg/ha y de cloruro de potasio, 100 kg/ha.

La respuesta a estas aplicaciones se detectó a los 4 meses de edad del cultivo, 35 días tarde. A los 6 meses de edad se aplicaron al follaje 50 kg/ha de Urea adicionales, con el fin de mantener la suerte en buenas condiciones de desarrollo.

Método de Aplicación de los Fertilizantes.

En la literatura mundial se recomiendan muchos métodos para aplicar los fertilizantes comerciales en caña de azúcar. Estos métodos dependen de cada país y de cada región en particular, del avance tecnológico, de la disponibilidad de mano de obra y de la clase de fertilizantes. Las aplicaciones pueden ser superficiales, al voleo o en surcos, en forma localizada (en el subsuelo) o por aspersiones foliares; la clase de elemento químico indica muchas veces la forma de aplicación, así como también la edad del cultivo.

Cuando la caña se siembra, las condiciones de la operación permiten hacer las aplicaciones de aquellos elementos nutritivos que requieren una localización adecuada, como en el caso del fósforo y del potasio, y que la planta necesita al comenzar su desarrollo. A medida que el cultivo crece, las condiciones cambian y las aplicaciones de fertilizantes requieren de métodos que permitan llevar los nutrientes a las partes de la planta que necesitan determinado elemento en los estados críticos de crecimiento.

En general las aplicaciones de fertilizantes en el Valle del Cauca son:

Terrestres

Manuales

Con tarros, costales, espalderas, ya en bastante desuso.

Mecánicas

Con equipo de espalderas a motor.

Con equipo de abonador (sembradoras, abonadoras, etc.).

Aéreas

En forma granulada.

Aspersiones foliares.

Con avioneta o helicóptero (granuladas y en solución).

Con el agua de riego (en solución, con dosificador).

Los sistemas de riego por gravedad también permiten aplicar los fertilizantes en solución mediante dosificadores.

Ultimamente en algunos países se ha estado usando el riego por goteo para aplicar los fertilizantes, pero este método se conoce poco en Colombia.

Las aspersiones foliares permiten la aplicación de macro y microelementos en forma más adecuada que al suelo y cuando la caña ha cerrado son la única vía práctica para nutrirla. El método de "Crop-Log" exige esta forma, especialmente cuando se detectan deficiencias y mal desarrollo de la caña a una edad en que las aplicaciones terrestres son imposibles o demasiado engorrosas.

Las dosis de cada nutriente o las combinaciones requeridas dependen de tantos factores que escapan a la cobertura de este breve informe. Los rangos de aplicación son muy amplios técnicamente, pero los crecientes costos de los insumos hacen que la aplicación de fertilizantes sea una práctica cuidadosa económicamente y de difícil decisión.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. DOMINGUEZ, P. 1981. Informe Anual de Labores 1980. Departamento de Investigación. Ingenio Providencia, S. A. 85 p. Mecanografiado.
2. _____ . 1980. Situación actual y perspectivas del Cultivo de la Caña de Azúcar. Memorias I Simposio Colombiano sobre Alcohol Carburante. CIAT, Cali, Colombia. 231 p.
3. ECHEVERRY N. 1.981. Informe de Laboratorio Químico de Campo 1.980. Ingenios Providencia y San Carlos. Copia xerox.
4. GOMEZ, J. F., P. DOMINGUEZ y A. GALEANO. 1979. El manejo de suelos en relación con la caña de azúcar. Manejo de suelos de la parte plana del Valle del Cauca. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Cap. del Valle. 329 p.
5. GRILLO, M. y P. DOMINGUEZ. 1979. Efectos de la salinidad y la alcalinidad de los suelos en la producción de la caña de azúcar. Algunas experiencias en Ingenio Providencia, Colombia. Suelos Salinos y Elementos Secundarios. Memorias del VI Coloquio de Suelos. Rev. Suelos Ecuatoriales. 10 (2); 115- 121.
6. SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. 1980. Fertilidad de Suelos. Diagnóstico y Control. Bogotá 420 p.
7. YANG, S. J. and P. L. WANG. 1980. Soil aeration, nutrient uptake and yield of sugarcane as affected by tile drainage. ISSCT 17 th Congress, Manila, Philippines.