

EL EMPLEO DE MADURANTES QUIMICOS EN EL CULTIVO
DE LA CAÑA DE AZUCAR VARIEDAD P.O.J 2878

TESIS

Presentada al Programa de Estudios para Graduados
Universidad Nacional - Instituto Colombiano Agropecuario

Por

HERNANDO RANJEL JIMENEZ

Como requisito parcial para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

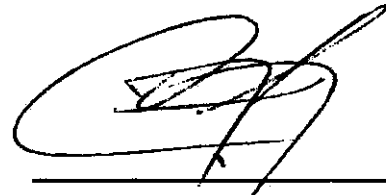
Bogotá, Colombia

1975

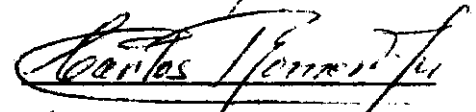
TESIS APROBADA POR:

COMITE CONSEJERO

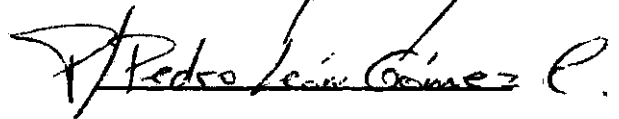
ORLANDO SANCHEZ E. I.A., Ph.D.



CARLOS ROMERO M. I.A., M.S.



OMAR MARIN V. I.A., Ph.D.



" El Presidente de Tesis y el Consejo Examinador de Grado,
no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato."
(Artículo 217 de los Estatutos de la Universidad Nacional).

DEDICO :

A mi esposa Cecilia

A mis padres y hermana

AGRADECIMIENTOS

- Al Instituto Colombiano Agropecuario
- Al Ingenio Providencia S. A.
- A la Compañía Rohm and Haas Colombia S. A.
- A los Miembros del Comité Consejero
- A la División de Estadística y Sistemas del ICA
- Y a todas aquellas personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
3. MATERIALES Y METODOS	11
4. RESULTADOS Y DISCUSION	17
5. CONCLUSIONES	27
6. RESUMEN	30
7. SUMMARY	33
BIBLIOGRAFIA	36
APENDICE	38

LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA 1. Propiedades físico-químicas de los suelos del campo No. 263 del Ingenio Providencia.	12
TABLA 2. Promedios para los valores de Brix (%) según los resultados de los análisis efectuados el día anterior a la aplicación de los productos y al momento de la cosecha.	18
TABLA 3. Promedios para los valores de Sacarosa (%) según los resultados de los análisis efectuados el día anterior a la aplicación de los productos y al momento de la cosecha.	20
TABLA 4. Promedios para los valores de Pureza (%) según los resultados de los análisis hechos el día anterior a la aplicación de los productos y al momento de la cosecha.	22
TABLA 5. Promedios para los valores de toneladas de caña por hectárea (T.C.H.) al momento de la cosecha.	23

TABLA 6.	Promedios para los valores de Rendimiento (%) según los resultados de los análisis efectuados al momento de la cosecha.	24
TABLA 7.	Promedio para los valores de toneladas de azúcar por hectárea (T.A.H.) según los resultados obtenidos al momento de la cosecha.	25
TABLA 8.	Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable Brix, para antes y después de la aplicación de los productos.	39
TABLA 9.	Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable Sacarosa, para antes y después de la aplicación de los productos.	40
TABLA 10.	Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable Pureza, antes y después de la aplicación de los productos.	41
TABLA 11.	Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable Toneladas de Caña por Hectárea (T.C.H.), después de la aplicación de los productos.	42

TABLA 12. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable Toneladas de Azúcar por Hectárea (T.A.H.) después de la aplicación de los productos.

43

1. INTRODUCCION

El cultivo de la caña de azúcar es uno de los más importantes en el Valle del Cauca, no sólo por su valor comercial sino también por la mano de obra que es ocupada en las labores de cultivo.

Según la Oficina de Planeamiento del Sector Agropecuario, OPSA (1974), la superficie cultivada en 1974 fue de 121.900 hectáreas y la producción fue de 895.000 toneladas de azúcar distribuida así: 591.000 toneladas de azúcar sulfitado o común, 144.000 toneladas de azúcar refinado y 160.000 de azúcar crudo para exportación.

De esta área, en el Valle del Cauca, se cultiva un 75% con la variedad P.O.J. 2878 la cual se ha adaptado al ecosistema del Valle. La producción promedio fue de 122.0 toneladas de caña por hectárea y un rendimiento promedio en azúcar de 10.5%, sobrepasado sólo por Hawaii, Australia, y Cuba, donde los rendimientos fluctúan entre 11% y 12%.

A pesar de que con la utilización de prácticas agronómicas adecuadas se obtienen buenos rendimientos, los cultivadores de caña de azúcar están buscando nuevas herramientas para elevar las producciones por encima de los niveles actuales. Esto es cierto en zonas como en el Valle del Cauca donde hay que compensar el alza permanente en los salarios e insumos y garantizar la rentabilidad de la industria.

En años recientes los investigadores han puesto su atención en el beneficio potencial de aplicar reguladores de crecimiento a varios cultivos. En el caso de caña de azúcar la necesidad primordial de estos químicos es la de obtener una maduración rápida y uniforme con el fin de lograr máximos rendimientos de azúcar. Esto se puede lograr mediante la utilización de productos denominados madurantes químicos.

Estos productos son útiles en zonas cuyo régimen de lluvias es difícil de predecir y, en consecuencia, propenso a inducir un crecimiento vegetativo a veces permanente, con deterioro de la calidad de los jugos lo cual se traduce en disminución de la producción de caña y azúcar y aumento de los costos de procesamiento.

Los objetivos que se persiguieron con esta investigación fueron los siguientes :

- a. Determinar el efecto de los madurantes químicos y/o reguladores del crecimiento sobre el aumento de los rendimientos y mejora en la calidad de los jugos.
- b. Determinar las mejores dosis y la época más apropiada para la aplicación de estos productos.
- c. Determinar los beneficios económicos.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Teoría de la Maduración

Humbert (1968) afirma que la maduración es el resultado de un delicado balance entre fotosíntesis y respiración.

Clements, citado por Rugai y Sousa (1974), describe el proceso de maduración de la caña como una fase fisiológica senescente entre el crecimiento rápido y la muerte de la planta. Es la última fase de dos procesos fisiológicos de la planta. La primera fase termina cuando ocurre la caída de la hoja y la segunda incluye todos los eventos relacionados con la acumulación de azúcar en los entrenudos. No se puede desligar el proceso de maduración de factores tales como variedad, prácticas culturales y condiciones ecológicas que modifican los primeros períodos de vida de la planta.

Clements, citado por Rugai y Sousa (1974) encontró, en análisis de tejidos hechos durante los primeros estados de desarrollo de la caña, un contenido acentuado de nitrógeno, agua, niveles elevados de enzimas, auxinas endógenas, levulosa y dextrosa. La sacarosa que se sintetiza es tomada con igual velocidad para ser metabolizada y se usa para crecimiento vegetativo. Las células parenquimatosas son grandes, con paredes delgadas e hidratadas. La segunda fase es regulada por la variedad y los aspectos ecológicos. Cada entrenudo completa su propio ciclo vegetativo que incluye elongación de las

células, aumentó de materia seca, deshidratamiento gradual, aumento y retención de sacarosa acumulada. Finalmente los entrenudos detienen el crecimiento y sus hojas suspenden toda actividad fisiológica.

2.2. Maduración Natural

Según Vlitos y Lawrie (1957), uno de los problemas más serios en la producción de azúcar es el procesamiento de cañas con bajo contenido de sacarosa. El problema es más severo cuando las condiciones ambientales durante la cosecha favorecen el crecimiento vegetativo a expensas del almacenamiento de sacarosa.

Humbert (1968) afirma que los mejores rendimientos se obtienen cuando el cultivo alcanza su máximo grado de madurez. Las bajas temperaturas, la sequía moderada y los bajos niveles de nitrógeno, son condiciones para una buena maduración natural.

De acuerdo con Humbert (1968), a medida que la rata de crecimiento declina, una menor cantidad del azúcar producido se utiliza en la síntesis de nuevos tejidos y el resto se almacena en forma de sacarosa. Como el proceso de maduración continúa, el porcentaje de sacarosa en el tallo se incrementa gradualmente al tiempo que disminuye el porcentaje de azúcares reductores tales como glucosa y fructosa, que son azúcares no cristalizables.

2.3. Factores que afectan la maduración de la caña de azúcar

2.3.1. Humedad

Humbert (1968) considera que la humedad es un factor de mucha importancia ya sea en los trópicos con estaciones secas y húmedas o donde operan programas especiales de maduración. Las relaciones de humedad interna de la planta son factores dominantes en la síntesis y translocación de azúcares. Este proceso necesario capacita la planta para hacer uso de un ambiente con un régimen energético elevado. Cuando el contenido de humedad se puede reducir a niveles inferiores al momento de la cosecha, se pueden esperar jugos de alta calidad con buen contenido de sacarosa.

2.3.2. Nitrógeno, fósforo y potasio

Varios investigadores entre los cuales se puede citar a Humbert (1968) y Rugai y Sousa (1974) afirman que el nitrógeno aplicado en exceso o en época no oportuna, tiene efecto perjudicial sobre la calidad de la caña y de los jugos. Concuerdan además en que el fósforo aplicado a cañas deficientes en este elemento mejora la calidad de los jugos aumentando la cantidad de azúcares cristalizables.

Con respecto al potasio, Samuels y Landrau, citados por Rugai y Sousa

(1974), observaron que la falta de este elemento causó reducción del contenido de sacarosa, lo que está de acuerdo con las observaciones de Arnon (1961) en Hawaii, las cuales fueron confirmadas posteriormente por Hartt (1969) al encontrar que las deficiencias de potasio afectan el proceso fotosintético y la conversión de azúcares reductores a sacarosa.

El fotoperíodo y las temperaturas máximas y mínimas afectan también la maduración de la caña como lo comprobaron Glasziou, citado por Rugai y Sousa (1974), Samuels (1965) y Humbert (1968).

2.4. Maduración Artificial

Reconociendo que una reducción del crecimiento es seguida generalmente por un aumento en el contenido de sacarosa, los primeros investigadores intentaron provocar la maduración artificial restringiendo el crecimiento, utilizando para ello métodos tales como destruir el sistema radical, pero con resultados negativos.

En otras partes del mundo se practica el método de descogollar, es decir, retirar la parte inmadura para procesar solamente la porción madura y así aumentar la recuperación de azúcar en fábrica, al eliminar los azúcares invertidos del cogollo desechado. Si mediante el uso de algunos productos químicos se pudieran transformar los azúcares invertidos en sacarosa se evitaría esta práctica costosa.

El uso de madurantes artificiales se inicia con el empleo de melaza al 10% aplicada sobre el follaje, con resultados poco satisfactorios, como lo demuestran los trabajos realizados por Yates y Bates (1957) y Evans y Bates (1962).

El control de la maduración por medio de reguladores del crecimiento, ha sido ensayado por varios investigadores pero los resultados han sido contradictorios. Mientras que Coleman y Herbert, citados por Rugai y Sousa (1974), utilizando dosis de 1 a 3 kg por hectárea de 2,4-D obtuvieron un aumento en el contenido de sacarosa; los experimentos de Yates y Bates en 1957, mostraron respuestas muy variables, lo cual fue confirmado poco después por otros investigadores en Hawaii.

Productos químicos tales como hidrazida maleica (hidrazida del ácido maleico), sucrol (Eso 59-G), TBA (ácido triclorobenzoico), Pesco 1815, kuron (ácido 2, 4, 5 tricloro propiónico), boro y fosfato monopotásico (KH_2PO_4) han sido ensayados en Hawaii, Trinidad, Puerto Rico y Guyana, pero su uso no se ha generalizado debido a los resultados contradictorios que se han obtenido.

Esta consideración dió origen a la fabricación y uso de los madurantes

químicos, productos que pueden obrar ya sea aumentando la rata de fotosíntesis con el fin de elevar la producción de azúcar por encima del nivel de consumo para crecimiento vegetativo; o retardar y/o detener el crecimiento vegetativo sin afectar la fotosíntesis.

Según Vlitos y Lawrie (1957) los productos químicos seleccionados como agentes madurantes pueden ser: a) los defoliantes, que pueden inducir abscisión de las hojas y por consiguiente reducen la cantidad de basura que va a la fábrica; b) los desecantes, que pueden causar un rápido secamiento del follaje y facilitar la cosecha; c) los reguladores de crecimiento, que incluyen diferentes tipos de compuestos, tales como auxinas e inhibidores de crecimiento. Los reguladores de crecimiento pueden afectar la maduración, ya sea induciendo directamente la inhibición del crecimiento sin afectar la fotosíntesis, o actuar sobre las enzimas que catalizan la acumulación de sacarosa.

Según Humbert (1968) los productos químicos deben obrar por interferencia selectiva en el sistema enzimático, reduciendo la respiración sin afectar la fotosíntesis. Esta teoría tiene hoy aceptación general.

En Filipinas, Australia, Taiwan, República Dominicana y Estados Unidos (Hawaii, Florida, Lousiana y Puerto Rico) se ha usado con relativo éxito el producto N,N -bis (fosfometil) glicina, (fosfoglicina), el cual ha

sido clasificado como madurante y regulador de crecimiento en caña de azúcar.

En Colombia, según informes del Departamento Técnico de los Ingenios Pichichí en 1970, Manuelita en 1970 y Central Castilla en 1971, se ha ensayado el mismo producto con resultados contradictorios. En Pichichí, variedad P.O.J. 2878 y Castilla, variedad H 50-7209, la producción de azúcar no aumentó. En el Ingenio Manuelita, con la variedad M.C. 666, se logró un aumento en el contenido de sacarosa de un 20%.

Nickell y Takahashi (1971) afirman que el fosfoglicina y otros madurantes químicos mejoran la calidad del jugo y consecuentemente incrementan los rendimientos.

Julien (1974) afirma que el modo de acción del N,N-bis (fosfonometil) glicina es complejo. Parece que interfiere el sistema enzimático de la invertasa, el cual juega papel importante en la acumulación de sacarosa, puesto que es el sistema que regula la conversión de sacarosa en sus componentes glucosa y fructosa.

Según Hatch y Glasziou (1963), éste es un sistema donde una disminución de la actividad de la invertasa "ácida", que tiene una actividad óptima a un pH de 5.0 a 5.5 y que se encuentra en los entrenudos inmaduros de la caña de azúcar y un aumento en la actividad de la invertasa "neutra",

la cual tiene su óptimo a un pH de 7.0 y que está presente en los entrenudos maduros, promueve la acumulación de sacarosa. Sugieren que este sistema es clave para regular el movimiento de sacarosa en el tejido de conducción y su subsiguiente utilización para crecimiento y almacenamiento. El contenido de azúcar en el tejido maduro de almacenamiento se relacionó estrechamente con la actividad de la invertasa neutra.

Sacher, Hatch y Glasziou (1963) consideran que la enzima regula el movimiento de sacarosa del tejido vascular al de almacenamiento en los entrenudos maduros.

Alexander y Montalvo Zapata (1972) demostraron que el fosfoglicina redujo la actividad de la invertasa ácida. Observaron disminuciones drásticas de azúcares reductores con incremento de sacarosa cuando se aplicó el producto. De los trabajos de Gayler y Glasziou (1969) sobre la síntesis de la invertasa, parece que el N,N-bis (fosfonometil) glicina puede actuar sobre este sistema, ya sea directamente o interfiriendo el balance entre auxina y ácido abscísico, sustancias reportadas como promotoras de la invertasa.

3. MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó durante los meses de mayo, junio y julio de 1974 en el campo No.263 de la sección San Jerónimo del Ingenio Providencia en el Valle del Cauca. Se escogió esta época por ser la que coincide con bajas concentraciones de sacarosa y menores rendimientos de azúcar en el año.

Durante estos meses se registran las siguientes condiciones meteorológicas en el área del experimento.

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Temperatura máxima media, °C	29.8	29.1	29.0	29.8	30.3
Temperatura mínima, media, °C	17.0	17.1	16.9	16.5	17.7
Temperatura media, °C	23.4	23.1	23.0	23.2	24.0
Oscilación de temperatura, °C	12.8	12.0	12.1	13.3	12.6
Humedad relativa, %	77.2	75.6	74.1	71.0	72.5
Lluvia, mm	142.0	94.0	28.0	16.0	16.0

Los suelos del sitio donde se realizó el experimento presentan una textura franco-limosa. Las características fisico-químicas se expresan en la Tabla 1.

El cultivo en desarrollo era una segunda soca que había sido fertilizada previamente con 300 kg de urea por hectárea y 150 kg de cloruro de potasio por hectárea.

TABLA 1. Propiedades físico-químicas de los suelos del campo No. 263 del Ingenio Providencia.

pH del suelo	7.8
Nitrógeno, N, %	0.159
Carbono orgánico, C, %	1.246
Materia orgánica, %	2.779
Relación C/N	7.840
Potasio, K ₂ O, me/100 g	0.57
Fósforo, P, ppm	33.3
Textura	F.L.

Se usó el diseño experimental de parcelas divididas en el cual las parcelas principales fueron las épocas de aplicación, 8, 6 y 4 semanas antes de la cosecha, y las subparcelas los productos químicos. El número de repeticiones fue de tres.

La parcela experimental constaba de 16 surcos de 60 metros de largo por 1.50 metros entre surcos. Entre las parcelas experimentales había franjas de borde del mismo tamaño. Entre repeticiones la separación fue de 30 metros.

La aplicación de los productos se hizo por vía aérea. Se utilizó un helicóptero modelo 47-G5, con 60 boquillas D 10-45, con un aguilón de 24 metros.

El volumen de aspersión fue de 75 litros por hectárea, la presión de 50 libras y la velocidad del aparato de 64 K.P.H. La hora de aplicación fue las 7:00 a.m., con condiciones de viento en calma. La altura de vuelo fue de 1 metro sobre el follaje.

La primera aplicación fue el 9 de mayo, la segunda el 24 de mayo y la tercera el 7 de junio de 1974. La cosecha se realizó entre el 4 y el 20 de julio de 1974. El cultivo tenía al momento de la primera aplicación 15 meses de edad.

Los productos utilizados en el experimento fueron proporcionados por la Compañía Rohm and Haas Colombia S.A. Las dosis en kilogramos de ingrediente activo por hectárea fueron las siguientes :

Tratamiento No.	Producto	Kg i.a./Ha
1	C-9550	2.3
2	C-9550	4.5
3	C-9551	4.5
4	C-9552	4.5
5	Testigo	-

La variedad utilizada en el estudio fue P.O.J. 2878 y los datos que se tomaron en el campo fueron :

1. El día anterior a la aplicación de los productos
 - a. Sacarosa
 - b. Pureza
 - c. Brix

2. Al momento de la cosecha
 - a. Toneladas de caña por hectárea (T.C.H.)
 - b. Sacarosa
 - c. Brix
 - d. Pureza
 - e. Rendimiento
 - f. Toneladas de azúcar por hectárea (T.A.H.)

Se tomaron muestras de 30 cañas de los tres surcos centrales de cada parcela que luego se molieron en el molino experimental del Ingenio Providencia. Los análisis químicos se hicieron siguiendo la metodología desarrollada por Spencer y Meade (1945).

Algunas definiciones de la terminología usada.

1. Sacarosa (Pol, Polarización)

La rotación angular del plano de luz polarizada medida con un polarímetro

o sacarímetro. Hay que distinguir bien los términos: Sacarosa; compuesto químico puro llamado azúcar de caña. Pol, valor determinado por polarización directa o sencilla de la solución de peso normal en un sacarímetro. En la actualidad se entiende generalmente que polarización indica la operación o el procedimiento y pol el resultado obtenido.

2. Brix

Son los sólidos totales que contiene el jugo expresado en porcentaje. Se mide por medio de un refractómetro o un hidrómetro de Brix.

3. Pureza

Relación entre sacarosa y brix

$$= \frac{\% \text{ Pol}}{\text{Brix}} \cdot 100$$

4. Rendimiento

Azúcar obtenido en la fábrica expresado en porcentaje con relación al peso de la caña.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Para evaluar el efecto de la aplicación de los productos químicos, sus dosis y la época más apropiada para su aplicación, se tuvieron en cuenta las siguientes variables: brix, pureza, sacarosa, rendimiento, toneladas de caña y de azúcar por hectárea.

Los cuadrados medios del análisis de varianza para estas variables aparecen en las Tablas 8 a 12 del apéndice. Los resultados no fueron estadísticamente significativos.

Para mayor claridad se decidió discutir los resultados haciendo referencia a cada una de las variables afectadas por la aplicación de los productos, conforme se exponen a continuación.

BRIX

En la Tabla 8 del apéndice se expresan los cuadrados medios del análisis de varianza para antes y después de la aplicación de los productos. No hubo diferencias estadísticamente significativas para época, producto y para la interacción época X producto, antes o después de la aplicación. Los coeficientes de variación de 5.90 y 3.83, son bajos y se consideran adecuados para este tipo de ensayo.

En la Tabla 2 se pueden observar algunas tendencias, aclarando que los incrementos o disminuciones resultan de comparar los datos de los análisis de jugo hechos al momento de la cosecha con aquellos datos de los análisis efectuados el día anterior a la aplicación de los productos.

TABLA 2. Promedios para los valores de Brix (%) según los resultados de los análisis efectuados el día anterior a la aplicación de los productos y al momento de la cosecha.

Producto	Dosis kg i.a/ha	Brix (1)			Brix (2)		
		Semanas			Semanas		
		4	6	8	4	6	8
C-9550	2.3	21.35	18.89	19.69	20.30	19.56	19.91
C-9550	4.5	20.62	20.61	19.03	20.05	19.62	19.50
C-9551	4.5	19.48	19.26	19.56	18.45	20.28	19.15
C-9552	4.5	20.19	19.99	18.93	19.17	19.72	20.38
Testigo	-	20.82	18.95	19.34	19.30	19.56	18.74

Brix (1) Resultados de los análisis efectuados el día anterior a la aplicación de los productos.

Brix (2) Resultados de los análisis hechos al momento de la cosecha.

El producto C-9550 en la primera dosis produjo un incremento de 1.1% a las 8 semanas antes de la cosecha, comparando los valores 19.91 y 19.69

y a las 6 semanas el aumento fue de 3.5%, comparando los valores 19.56 y 18.89. A las 4 semanas se presentó disminución en el Brix.

En la segunda dosis del producto C-9550, se produjo un aumento de 2.4% a las 8 semanas antes de la cosecha, cuando se comparan los valores 19.50 y 19.03. Para 6 y 4 semanas hay disminución del Brix.

El producto C-9551 produjo un incremento de 5.2% cuando se aplicó 6 semanas antes de la cosecha, comparando los valores 20.28 y 19.26. Hay disminución para 8 y 4 semanas antes de la cosecha.

El producto C-9552 aplicado 8 semanas antes de la cosecha, produjo un incremento de 7.6%, comparando los valores 20.38 y 18.93. Indujo disminuciones para 4 y 6 semanas.

SACAROSA

En la Tabla 9 del apéndice se expresan los cuadrados medios del análisis de varianza para antes y después de la aplicación de los productos. No hubo diferencias estadísticas para época, producto y para la interacción época X producto. Los coeficientes de variación de 6.94 y 4.63 se consideran bajos y adecuados para esta investigación.

TABLA 3. Promedios para los valores de Sacarosa (%) según los resultados de los análisis efectuados el día anterior a la aplicación de los productos y al momento de la cosecha.

Producto	Dosis kg i.a/ha	Sacarosa en caña (1)			Sacarosa en caña (2)		
		Semanas			Semanas		
		4	6	8	4	6	8
C-9550	2.3	13.57	12.77	13.41	13.96	13.18	13.62
C-9550	4.5	12.80	14.13	12.84	13.68	13.43	13.36
C-9551	4.5	11.87	13.00	13.25	12.22	13.73	13.06
C-9552	4.5	12.42	13.50	13.00	12.73	13.52	13.87
Testigo	-	13.34	12.84	13.18	13.05	13.14	12.85

Sacarosa en caña (1) Resultados de los análisis efectuados el día anterior a la aplicación de los productos

Sacarosa en caña (2) Resultados de los análisis hechos al momento de la cosecha.

En la Tabla 3 se observan las siguientes tendencias :

El producto C-9550 en la primera dosis induce aumentos que varían de 1% a 3% en la concentración de sacarosa, comparando los resultados de los análisis hechos el día anterior a la aplicación del producto, con aquellos obtenidos al momento de la cosecha, pero sin tener en cuenta el tiempo que permanece obrando el producto.

La segunda dosis del C-9550 afecta inconsistentemente la misma variable ya que hay aumentos para 4 y 8 semanas y disminución para 6 semanas antes de la cosecha.

El C-9551 muestra alguna inconsistencia en su efecto similar al producto C-9550 en su segunda dosis, al inducir aumentos a las 4 y 6 semanas y disminución a las 8 semanas.

El producto C-9552 induce incrementos constantes a las 4, 6 y 8 semanas siendo su comportamiento el más regular entre los productos utilizados. El mayor incremento en la concentración de sacarosa en caña es de 6.87% a las 8 semanas antes de la cosecha, comparando los valores 13.87 y 13.00.

PUREZA

En la Tabla 10 del apéndice se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza para antes y después de la aplicación. Hubo diferencias al nivel del 1% para época y antes de la aplicación de los productos. No hubo diferencias significativas para época, producto y para la interacción época X producto después de la aplicación. Los coeficientes de variación 1.99 y 1.61 son bajos y adecuados para este tipo de investigación.

La tendencia predominante que se observa en la Tabla 4 es la de que todos los productos en sus respectivas dosis mejoraron la pureza del jugo

cuando se aplicaron 4 semanas antes de la cosecha. Los incrementos fluctúan entre 4.2% y 7.4%, cuando se comparan los resultados de los análisis efectuados antes de la aplicación de los productos con aquellos obtenidos al momento de la cosecha. A las 6 y 8 semanas, los resultados son inconsistentes.

TABLA 4. Promedios para los valores de Pureza (%) según los resultados de los análisis hechos el día anterior a la aplicación de los productos y al momento de la cosecha.

Producto	Dosis kg i.a/ha	Pureza (1)			Pureza (2)		
		semanas			semanas		
		4	6	8	4	6	8
C-9550	2.3	85.88	88.89	89.47	90.47	88.61	90.29
C-9550	4.5	83.38	90.10	88.78	89.61	90.06	90.12
C-9551	4.5	81.89	88.77	89.10	87.06	89.08	89.59
C-9552	4.5	83.59	88.88	89.74	87.27	90.23	89.59
Testigo	-	86.65	89.10	89.61	88.93	88.37	90.21

Pureza (1) Resultados de los análisis efectuados el día anterior a la aplicación de los productos.

Pureza (2) Resultados de los análisis hechos al momento de la cosecha.

Las anteriores observaciones sobre brix, sacarosa y pureza, confirman lo encontrado en otros países donde la utilización de madurantes químicos y re-

guladores de crecimiento, mejoran la calidad del jugo, Julien (1974), Vlitos y Lawrie (1957) y Nickell y Takahashi (1971).

TONELADAS DE CAÑA POR HECTAREA (T.C.H.)

En la Tabla 11 del apéndice se expresan los cuadrados medios del análisis de varianza. No hubo diferencia significativa para época, producto y para la interacción época X producto antes y después de la aplicación. El coeficiente de variación de 18.99 se considera adecuado para este tipo de ensayo.

En la Tabla 5 se expresan los promedios para los valores de T.C.H. al momento de la cosecha. Se observa que todos los productos utilizados parecen ejercer un efecto atribuible a productos reguladores de crecimiento, ya que cuando obran por 6 semanas el crecimiento parece detenerse.

TABLA 5. Promedios para los valores de toneladas de caña por hectárea (T.C.H.) al momento de la cosecha.

Producto	Dosis kg i.a/ha	Toneladas de caña por hectárea		
		Semanas		
		4	6	8
C-9550	2.3	157.41	192.45	169.96
C-9550	4.5	165.87	184.08	193.98
C-9551	4.5	182.17	172.15	230.53
C-9552	4.5	190.14	196.46	201.93
Testigo	-	151.26	195.97	190.53

Sin embargo cuando los productos obran por 8 semanas se observa que el efecto regulador desaparece y en cambio hay un efecto al promover el crecimiento que es altamente favorable, especialmente para el producto C-9551. Este efecto se traduce finalmente en un aumento de azúcar por unidad de superficie a pesar de causar un ligero descenso en el rendimiento, Tabla 6. El incremento en T.C.H. causado por este producto fue de 20.90%, comparando los valores de 230.53 y 190.53.

TABLA 6. Promedios para los valores de Rendimiento (%) según los resultados de los análisis efectuados al momento de la cosecha.

Producto	Dosis kg i.a/ha	Rendimiento		
		4	S e m a n a s 6	8
C-9550	2.3	11.96	11.18	11.62
C-9550	4.5	11.68	11.43	11.36
C-9551	4.5	10.22	11.73	11.06
C-9552	4.5	10.73	11.52	11.87
Testigo	-	11.05	11.14	10.85

TONELADAS DE AZUCAR POR HECTAREA (T.A.H.)

En la Tabla 12 del apéndice se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para esta variable. No hubo diferencias estadísticamente

significativas para época, producto y para la interacción época X producto. El coeficiente de variación de 16.15 se considera adecuado para este ensayo.

En la Tabla 7 se observa que la mayor producción en T.A.H. corresponde al producto C-9551 aplicado 8 semanas antes de la cosecha y causó un incremento de 23.7% con relación al testigo, comparando los valores 25.44 y 20.56.

TABLA 7. Promedio para los valores de toneladas de azúcar por hectárea (T.A.H.) según los resultados obtenidos al momento de la cosecha.

Producto	Dosis kg i.a/ha	Toneladas de azúcar por hectárea		
		S e m a n a s		
		4	6	8
C-9550	2.3	18.80	21.54	19.82
C-9550	4.5	19.38	21.05	21.86
C-9551	4.5	18.41	20.28	25.44
C-9552	4.5	20.25	22.72	23.96
Testigo	-	16.79	21.84	20.56

Como se observa en la Tabla 6 a pesar de que hay un leve descenso en los valores promedios del rendimiento cuando se pasa de 6 a 8 semanas,

el efecto del producto C-9551 sobre la producción de caña y azúcar es muy favorable a las 8 semanas antes de la cosecha, Tablas 5 y 7. El incremento en toneladas de caña por hectárea es de 20.90% con relación al testigo y el de toneladas de azúcar por hectárea es de 23.70% en relación al testigo, mientras que el descenso en rendimiento es de 6.06%.

Los resultados obtenidos con el producto C-9551, indican que su potencial de uso es muy halagador. Los aumentos de 20.90% en T.C.H. y de 23.70% en T.A.H. traen beneficios económicos de alta significancia para el Valle del Cauca. A los precios actuales de \$ 300.00 la tonelada de caña y de \$ 5.000.00 la de azúcar (1), se garantiza el reembolso de la inversión al aplicar el producto.

Con relación a caña, las 40 toneladas de incremento representan \$12.000.00 adicionales por hectárea y con respecto a azúcar, las 4.88 toneladas representan \$ 24.400.00 adicionales para la misma unidad de superficie.

Estas cifras indican un futuro promisorio para el uso de este producto.

(1) Comunicación personal. Dr. Orlando Sánchez, Ingenio Providencia. Palmira, Valle.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de este experimento resulta complejo evaluar el potencial de los madurantes químicos para caña de azúcar en el Valle del Cauca, máxime si se tiene en cuenta que no hubo diferencias significativas para época, producto y para la interacción época X producto, en todas las variables estudiadas.

En cuanto a época se refiere, las aplicaciones hechas 4 semanas antes de la cosecha, causaron disminuciones en el porcentaje de Brix y en cambio fueron beneficiosas para pureza y sacarosa en caña.

Aunque las aplicaciones efectuadas 6 semanas antes tuvieron incrementos éstos fueron inferiores a los obtenidos cuando los productos se aplicaron 4 u 8 semanas antes de la cosecha.

Las aplicaciones efectuadas 8 semanas antes de la cosecha causaron aumentos para brix, toneladas de caña y de azúcar por hectárea.

En cuanto a los productos, el C-9550 (4.5 kg i.a/ha) y el C-9552 mejoraron la calidad de los jugos. El efecto de estos dos productos se discrimina así: el C-9552 aplicado 8 semanas antes de la cosecha incrementó en 7.6% el brix; ambos productos aplicados 4 y 8 semanas antes de la cosecha, respectivamente, mejoraron en 6.8% y 6.6% el porcentaje de sacarosa en caña y el C-9550 (4.5 kg i.a/ha) mejoró en 7.4% la pureza

cuando se aplicó 4 semanas antes de la cosecha.

El producto C-9551 aplicado 8 semanas antes de la cosecha aumentó en 20.90% la producción de caña por hectárea y en 23.70% la producción de azúcar por unidad de superficie, a pesar de que se observó un leve descenso de 6.06% en el rendimiento.

Este aumento de la producción por unidad de superficie resulta económicamente favorable especialmente para una época del año en que se esperan bajas producciones debido a un régimen de lluvias incontrolables. Se calcula que las ganancias adicionales son de \$ 12.000.00 si se refiere al aumento en la producción de caña y en \$ 24.400.00 si se hace relación al incremento en la producción de azúcar por hectárea.

Las respuestas contradictorias a las aplicaciones de estos productos químicos se debe a que su efecto depende de un gran número de factores, tales como variedad, estado de madurez de la caña al momento de la aplicación, dosis de los productos, condiciones ambientales e intervalo entre aplicación y cosecha.

Las condiciones de fertilidad del suelo, riegos, drenaje y condiciones ambientales fueron las mismas para todas las parcelas, de lo cual se deduce que las diferencias en producción se deben al efecto de los productos.

Se sugiere repetir el experimento con los mejores productos encontrados en este estudio, pero aumentando el número de dosis y el período entre aplicación y cosecha.

Conviene además replicarlo en plantilla o primera siembra y en soca, evaluando la población especialmente en soca en cada tratamiento.

6. RESUMEN

En el Valle del Cauca se sembró en el año de 1974 una superficie de 121.900 hectáreas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, siendo este uno de los cultivos más importantes de esta zona.

A pesar de que con la utilización de adecuadas prácticas agronómicas se obtienen buenos rendimientos, es necesario buscar nuevas herramientas para elevar las producciones por encima de los niveles actuales.

Varios investigadores han puesto su atención en el beneficio potencial de aplicar reguladores de crecimiento a varios cultivos. En el caso de la caña de azúcar, la necesidad primordial se encuentra en el campo de la maduración con el fin de lograr máximos rendimientos en azúcar, mediante la modificación de este proceso, con la utilización de productos denominados madurantes químicos.

Con el presente estudio se quería evaluar la respuesta de la caña de azúcar, en las condiciones del Valle del Cauca, a la aplicación de algunos productos químicos, cuyo efecto puede ser de madurante y/o regulador del crecimiento.

Los objetivos que se perseguían con este trabajo fueron:

- a. Determinar el efecto de los madurantes y/o reguladores del

crecimiento sobre el aumento de los rendimientos y mejora en la calidad de los jugos.

- b. Determinar las mejores dosis y la época más apropiada para la aplicación de estos productos.
- c. Determinar los beneficios económicos.

El experimento se llevó a cabo durante los meses de mayo, junio y julio de 1974, en un campo comercial del Ingenio Providencia en el Valle del Cauca, Colombia.

La variedad utilizada fue la P.O.J. 2878 y el diseño experimental fue el de parcelas divididas, con cinco tratamientos y tres replicaciones. Las parcelas principales fueron la época de aplicación y las sub-parcelas fueron los productos químicos.

Los productos químicos fueron proporcionados por la Compañía Rohm and Haas Colombia S.A.

El C-9550 (Cloruro de diisobutil fenoxietoxietil dimetil bencil amonio, monohidratado), en la dosis de 4.5 kg i.a/ha aplicado 4 semanas antes de la cosecha, incrementó en 6.8% el porcentaje de sacarosa en caña y en 7.4% la pureza.

El C-9552 (N, N-bis (fosfonometil) glicine) en la dosis de 4.5 kg i.a/ha,

aplicado 8 semanas antes de la cosecha, causó un incremento de 7.6% en el brix y 6.6% en el porcentaje de sacarosa en caña.

Los anteriores productos causaron una mejora en la calidad del jugo.

El C-9551 (bromuro de hexadecil trimetil amonio) en la dosis de 4.5 kg i.a/ha, aplicado 8 semanas antes de la cosecha, aumentó en 20.90% la producción de caña por hectárea y en 23.70% la producción de azúcar por hectárea a pesar de que se observó un leve descenso de 6.06% en el rendimiento.

Las respuestas contradictorias a las aplicaciones de estos productos químicos, se debe a que su efecto depende de un gran número de factores, tales como variedad, estado de madurez de la caña al momento de la aplicación, dosis de los productos, condiciones ambientales e intervalo entre aplicación y cosecha.

7. SUMMARY

The sugar cane is one of the most important crops in the Cauca Valley. During 1974 were planted about 121.900 hectares in this state.

In spite of the fact that with adequate agronomical practices is possible to raise the yields in this crop, there is a necessity to find out new tools to obtain better yields.

Several investigators have been paying attention to the potential use of plant-growth regulator in many crops. In the sugar cane crop there is a primary necessity in the cane ripening in order to obtain the highest yields in sugar, modifying this natural process by using products called chemical ripeners.

The purpose of this study was to evaluate the response of the sugar cane, under the Cauca Valley conditions, to the application of several chemical products that will act either as ripening agents or as growth regulators.

The objectives of this research were to:

- a. Determine the effect of the growth regulators and/or ripening agents in the yield increment and in the juice quality.
- b. Determine the best dosages and most appropriate time to apply these products.

c. Find out the economical benefits.

This experiment was carried out during May, June and July of 1974 in a commercial field crops of Ingenio Providencia in the Cauca Valley, Colombia. The variety used was P.O.J. 2878 and the experimental design was split-plots, with 5 treatments and 3 replications. The main plots were time of application and the sub-plots were the chemical products.

The chemical products were provided by Rohm and Haas Colombia Company.

The product C-9550 (diisobutyl phenoxyethoxyethyl dimethyl benzyl ammonium chloride) applied four weeks before the harvesting, at the dosage of 4.5 kg of a.i./ha raised the percentage of sucrose in cane in 6.8% and in 7.4% the purity.

C-9552 (N,N-bis (phosphonomethyl) glycine) applied 8 weeks before the harvesting at the dosage of 4.5 kg of a.i./ha produced an increment of 7.6% in the brix and 6.6% in the content of sucrose.

The above mentioned products made an improvement of the juice quality.

C-9551 (Cetyl trimethyl ammonium bromide) applied 8 weeks before the harvesting at the dosage of 4.5 kg a.i./ha, increased in 20.90% the cane yield per hectare and in 23.70% the sugar production per hectare, however, it was observed a slight decrease of 6.06% the yield.

The sugar cane contradictory responses to the application of these products were due to a great number of factors such as, variety, sugar cane ripening maturation at the application time, dosage used, environmental conditions and the time elapsed between the application and the harvesting.

BIBLIOGRAFIA

1. ALEXANDER, A.G. and R. MONTALVO ZAPATA. 1972. Ripening activity of C.P. 41845 in sugar cane having nitrate and gibberellic acid stimulated growth regimes. *Crop Science* 12:654-657.
2. COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. OFICINA DE PLANEAMIENTO DEL SECTOR AGROPECUARIO. 1974. Programas Agrícolas 1975. Bogotá, OPSA. pp. 77-82.
3. EVANS, H. and J.F. BATES. 1963. A summary of investigations on the possibility of artificially ripening sugar cane with various chemicals. In *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Tech.*, 11, Mauritius, 1962. Amsterdam, Elsevier, 1963. pp. 298-307.
4. GAYLER, K.R. and K.T. GLASZIOU. 1969. Plant enzyme synthesis; hormonal regulation of invertase and peroxidase synthesis in sugar cane. *Planta* 84(2):185-194. (Res. en Biol. Abst. 51(6):34088, 1970)
5. HARTT, C.E. 1969. Effect of potassium deficiency upon translocation of ^{14}C in attached blades and entire plants of sugarcane. *Plant Physiol.* 44:1461-1469.
6. HATCH, M.D. and K.T. GLASZIOU. 1963. Sugar accumulation cycle in sugar cane. II. Relationship of invertase activity to sugar content and growth rate in storage tissue of plants grown in controlled environments. *Plant Physiol.* 38:344-348.
7. HUMBERT, R. 1968. The growing of sugar cane. Amsterdam, Elsevier. 779 p.
8. JULIEN, M.H.R. 1974. Studies of ripeners on sugar cane. I. Effects of MON 045 on growth and sucrose content. *Expl. Agric.* 10: 113-122.
9. _____. 1974. Studies of ripeners on sugar cane. II. The distribution of dry matter and sucrose in the sugar cane stalk following heatment with ripener MON 045. *Expl. Agric.* 10:123-129.
10. NICKELL, L.G. and D.T. TAKAHASHI. 1971. Ripening studies in Hawaii with CP 41845. Rept. Hawaiian Sugar Technologists. pp. 73-82.

11. RUGAI, S. y G. SOUSA. 1974. Maturacao de cana-de-acucar. *Brasil Azucareiro* 84(4):73-82.
12. SACHER, J.A.; M.D. HATCH and K.T. GLASZIOU. 1963. Sugar accumulation cycle in sugar cane. III. Physical and metabolic aspects of cycle in immature storage tissues. *Plant Physiol.* 38: 348-354.
13. SAMUELS, G. 1965. Sugarcane ripening and maturity; theoretical background. In Proc. Annu. Congr. P.R. Sugar Technol. Assoc., 1965. s.p.
14. SPENCER, G.L. and G.P. MEADE. 1945. Cane sugar handbook; a manual for cane sugar manufacturers and their chemists. 8 ed. New York, John Wiley and Sons. 834 p.
15. VLITOS, A.J. and I.D. LAWRIE. 1967. Chemical ripening of sugar cane; a review of field studies carried out over a five year period. In Proc. Int. Soc. Sugar Cane Tech., 12, Puerto Rico, 1965. Amsterdam, Elsevier. pp. 429-445.
16. YATES, R.A. and J.F. BATES. 1957. Preliminary experiments on the effects of chemicals on the ripening of sugar cane. In Proc. Mtg. Brit. West Indies Sugar Tech., 1957. pp. 179-189.

A P E N D I C E

TABLA 8. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable Brix, para antes y después de la aplicación de los productos.

Fuente de Variación	G.L.	Brix (1)		Brix (2)	
Replicaciones	2	5.86	NS	2.51	NS
Epoca	2	5.90	NS	0.35	NS
Error A	4	1.07		2.64	
Producto	4	0.59	NS	0.89	NS
Epoca X Producto	8	1.43	NS	1.12	NS
Error B	24	1.37		0.56	
Coeficiente de Variación		5.90		3.83	

NS No significancia a los niveles de probabilidad del 5% y 1%.

(1) Antes de la aplicación de los productos.

(2) Después de la aplicación de los productos.

TABLA 9. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable Sacarosa, para antes y después de la aplicación de los productos.

Fuente de Variación		Sacarosa en caña (1)		Sacarosa en caña (2)	
Replicaciones	2	4.35	NS	1.29	NS
Epoca	2	0.82	NS	0.32	NS
Error A	4	0.73		1.85	
Producto	4	0.47	NS	0.65	NS
Epoca X Producto	8	1.03	NS	0.76	NS
Error B	24	0.82		0.38	
Coefficiente de Variación		6.94		4.63	

NS No significancia a los niveles de probabilidad del 5 y 1%.

(1) Antes de la aplicación de los productos.

(2) Después de la aplicación de los productos.

TABLA 10. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable Pureza, antes y después de la aplicación de los productos.

Fuente de Variación	G.L.	Pureza (1)	Pureza (2)
Replicaciones	2	17.43 NS	1.48 NS
Epoca	2	123.33 **	6.26 NS
Error A	4	3.71	9.41
Producto	4	4.63 NS	2.81 NS
Epoca X Producto	8	4.07 NS	3.10 NS
Error B	24	3.07	2.10
Coeficiente de Variación		1.99	1.61

** Significancia al nivel de probabilidad del 1%.

NS No significancia a los niveles de probabilidad del 5% y 1%.

(1) Antes de la aplicación de los productos.

(2) Después de la aplicación de los productos.

TABLA 11. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable Toneladas de Caña por Hectárea (T.C.H.), después de la aplicación de los productos.

Fuente de Variación	G.L.	Toneladas de caña por hectárea
Replicaciones	2	4808.72 NS
Epoca	2	3061.33 NS
Error A	4	1393.02
Producto	4	917.92 NS
Epoca X Producto	8	826.92 NS
Error B	24	1234.25
Coeficiente de Variación		18.99

NS No significancia a los niveles de probabilidad del 5% y 1%.

TABLA 12. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable Toneladas de Azúcar por Hectárea (T.A.H.), después de la aplicación de los productos.

Fuentes de Variación	G.L.	Toneladas de azúcar por hectárea
Replicaciones	2	94.41 NS
Epoca	2	53.28 NS
Error A	4	25.39
Producto	4	9.66 NS
Epoca X Producto	8	7.11 NS
Error B	24	11.34
Coeficiente de variación		16.15

NS No significancia a los niveles de probabilidad del 5% y 1%.