

664.1(04)

106

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Ciencias Químicas

*Utilización del Tennex para  
obtención de azúcar  
blanco directo.*

por

LUIS GUTIERREZ MURILLO



QUIMICA

MEXICO, D. F.  
1951



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

---

*Utilización del Tennex para  
obtención de azúcar  
blanco directo*

(INGENIO DE COCOYOTLA. • COMPANIA INDUSTRIAL  
DE COCOYOTLA, S. A. • COATLAN DEL RIO, MOR.)



QUIMICA

TESIS

QUE PARA EL EXAMEN PROFESIONAL DE QUIMICO  
PRESENTA

LUIS GUTIERREZ MURILLO

MEXICO

1951

A MIS PADRES,  
HERMANOS,  
MAESTROS,  
AMIGOS.

AL SR. ING. LEÓN SALINAS.

## SUMARIO

	PÁG.
<b>I.—Introducción</b> .....	13
<b>II.—Defecación</b> .....	15
a) Concepto de defecación .....	17
b) Defecación por distintos métodos .....	23
c) Métodos más usados en la actualidad en la Industria Azucarera de México .....	27
<b>III.—Defecación con tennex</b> .....	31
a) Pruebas en el Laboratorio .....	32
b) Pruebas en la Fábrica .....	42
<b>IV.—Conclusiones</b> .....	49
Bibliografía .....	51

**CAPÍTULO I**

**INTRODUCCION**

Durante muchos años la clarificación de los jugos de caña ha sido objeto de numerosas investigaciones; hasta la fecha se han ensayado muchos procedimientos y, a pesar de todos los intentos efectuados, todavía clarificamos los jugos del mismo modo que lo hacían nuestros antepasados. Si ha habido algún progreso, ha sido en los aparatos empleados en el proceso de clarificación, tales como: clarificadores continuos, filtros, etc.

Todas las tentativas que se han llevado a cabo para mejorar la defecación han sido desechadas en la mayoría de los casos por incosteables y otras veces por su poca eficiencia. Entre las principales sustancias usadas podemos citar: compuestos de S, P, B, Si, C, H, O, halógenos, álcalis, tierras alcalinas, sustancias orgánicas, carbones activados y resinas sintéticas (intercambio iónico).

En la actualidad el problema de la clarificación de jugos de caña es de trascendental importancia, debido no sólo a las exigencias del mercado de azúcares de alta calidad, los cuales se llegan a obtener con costos elevados, sino también por la gran popularidad de ciertas variedades de cañas por su fácil cultivo y gran rendimiento en el campo, como la POJ 2878 y 2714 en particular, y todas las variedades de POJ en general, las cuales presentan grandes problemas en la clarificación de sus jugos ocasionando así mayor lentitud en la molienda, debido a frecuentes encaldes y mal funcionamiento en toda la casa de calderas, por el arrastre de impurezas en los claros.



Desde que el Gobierno, por medio de la Secretaría de Economía, y la Unión Nacional de Productores de Azúcar, S. A. de C. V., establecieron las normas de calidad para el azúcar, todos los Ingenios se han esmerado en mejorar su producto.

Los Ingenios que por su baja capacidad de molienda están imposibilitados para montar Refinerías de Carbón, han tratado de obtener azúcares de gran calidad prescindiendo de ellas, obteniéndolos directamente por otros medios; a estos azúcares se les llama Blanco Directo.

El TENNEX es una de tantas substancias para obtener Blanco Directo. Un grupo de industriales mexicanos, entusiasmados por los resultados obtenidos en el Laboratorio, formaron una pequeña sociedad para subvencionar los trabajos que se efectuaron en el Ingenio de Cocoyotla, Mor., los cuales expongo.

## **CAPÍTULO II**

### **DEFECACION**

### a) Conceptos de Defecación

Defecación es el proceso costeable, por medio del cual se obtiene un jugo claro y brillante, debido a la acción combinada del calor y determinadas sustancias, del asentamiento de impurezas y decantación de ellas.

Por la anterior definición podemos deducir que se trata de precipitar y asentar con facilidad las gomas y demás coloides, usando una substancia que los englobe provocando una floculación rápida.

Es bien sabido que el jugo de caña no tiene una composición química definida, por lo que es imposible prever una determinada reacción para eliminar sus impurezas.

Los jugos obtenidos en los molinos están compuestos en general de una solución turbia de azúcares tales como sacarosa, dextrosa y levulosa; sales de potasio, magnesio, sodio, fierro, aluminio, fosfatos, etc.; ácidos orgánicos como acético, málico, glicólico y succínico; ácidos inorgánicos como silícico, fosfórico; colorantes como la clorofila, la antocianina, la sacaritina; ceras, grasas y gomas. La mayoría de estas substancias existen en estado coloidal y la floculación de las mismas depende de una buena o mala defecación.

Las condiciones para una buena defecación son las siguientes:

- 1.—Eliminación máxima de no azúcares.
- 2.—Pérdida mínima por inversiones.

### **a) Conceptos de Defecación**

Defecación es el proceso costeable, por medio del cual se obtiene un jugo claro y brillante, debido a la acción combinada del calor y determinadas sustancias, del asentamiento de impurezas y decantación de ellas.

Por la anterior definición podemos deducir que se trata de precipitar y asentar con facilidad las gomas y demás coloides, usando una substancia que los englobe provocando una floculación rápida.

Es bien sabido que el jugo de caña no tiene una composición química definida, por lo que es imposible prever una determinada reacción para eliminar sus impurezas.

Los jugos obtenidos en los molinos están compuestos en general de una solución turbia de azúcares tales como sacarosa, dextrosa y levulosa; sales de potasio, magnesio, sodio, fierro, aluminio, fosfatos, etc.; ácidos orgánicos como acético, málico, glicólico y succínico; ácidos inorgánicos como silíceo, fosfórico; colorantes como la clorofila, la antocianina, la sacaritina; ceras, grasas y gomas. La mayoría de estas sustancias existen en estado coloidal y la floculación de las mismas depende de una buena o mala defecación.

Las condiciones para una buena defecación son las siguientes:

- 1.—Eliminación máxima de no azúcares.
- 2.—Pérdida mínima por inversiones.

3.—Sedimentación rápida de las impurezas.

4.—Gran claridad del jugo defecado.

5.—La precipitación de coloides lo más completa posible.

Examinando las condiciones antes citadas, tenemos:

1. *Eliminación máxima de no azúcares:*

Las impurezas en los jugos de caña extraídos por los molinos varían entre 10,000 y 12,000 partes por millón. Estas impurezas se clasifican como sigue:

a) Materias minerales cuya cantidad varía de 4,000 a 5,000 p. p. m.

b) Materias proteicas cuya cantidad varía de 3,000 a 4,000 p. p. m.

c) Otras materias, como ceras, ácidos orgánicos, de 2,000 a 3,000 p. p. m.

2. *Pérdida mínima por inversiones:*

Los jugos tratados en la defecación a pH bajo, sufren una mayor inversión de la sacarosa y son propensos al desarrollo de microorganismos que, por encontrarse en un medio apropiado, producirán la misma inversión antes citada y posteriormente dificultarán el agotamiento de las mieles por el excesivo desarrollo de lo que genéricamente llamamos gomas.

Los jugos tratados a pH alto son apropiados para el desarrollo de microorganismos tales como el *Leuconostoc Mesenteroides* y el *Bacilum Mesentéricus*, que producen la dextrana y la levana.

Por lo tanto, es de vital importancia que el tratamiento de los jugos durante la defecación se lleve a cabo a un pH que podríamos llamar ideal y que varía según las condiciones de las cañas de donde provienen los jugos. Dichas condiciones dependen de la edad de la caña, variedades de la misma, tierras de cultivo, climas y precipitaciones de las zonas cultivadas.

3. *Sedimentación rápida de impurezas:*

Todos los excesos de cal y calor que se aplican a los jugos traen como consecuencia el aumento de color por destrucción de los azúcares; por lo tanto, la sedimentación rápida de las impurezas es fundamental.

Según Noel Deer, la sedimentación que se origina en los jugos se asemeja a la Ley de Stokes, o sea, la caída de las partículas a través de un medio resistente; lo cual se rige por la siguiente fórmula:

$$v = \frac{2}{g} \frac{(d - d_2) r^2 g}{u}$$

Siendo:  $v$  velocidad de la partícula

$d$  densidad de la partícula

$d_2$  densidad del medio a través del cual cae la partícula.

$r$  radio de la partícula

$g$  aceleración debida a la gravedad

$u$  viscosidad del medio.

Por lo anterior se deduce que en la defecación del jugo se debe aumentar la diferencia de densidades y el tamaño de las partículas en suspensión; la disminución de densidad del medio a través del cual cae la partícula, o sea el jugo, sería antieconómica después de cierto límite de dilución y nadie intentaría agregar agua al jugo después de haber alcanzado la extracción máxima.

#### 4. *Gran claridad del jugo defecado:*

Como se dijo en el punto anterior, los excesos de calor y cal aumentan el color de los jugos por destrucción de azúcares.

La obtención de jugos claros nos indica que la defecación ha sido buena y, por lo tanto, las impurezas de los jugos han sido eliminadas en su mayoría.

#### 5. *La precipitación de coloides lo más completa posible:*

Dado el tamaño tan pequeño de las partículas coloidales, atraviesan fácilmente los filtros, por lo que se hace necesario eliminarlas por cualquiera de los métodos conocidos.

Siendo la eliminación de coloides el punto más importante para la obtención de una buena defecación, es conveniente establecer algunos conceptos sobre Química Coloidal.

Los sistemas coloidales se encuentran comprendidos entre las soluciones verdaderas y las suspensiones, siendo la característica que los distingue el tamaño de las partículas, que está comprendido de  $0.2 \mu$  a  $1 m \mu$ . Cuando el tamaño de las par-

tículas es menor de  $1\text{ m}\mu$  se trata de soluciones y cuando es mayor de  $0.2\text{ }\mu$  se trata de suspensiones.

Un sistema coloidal comprende dos fases: la fase dispersa y el medio dispersante; al conjunto se le llama sistema disperso.

Muchos de los sistemas dispersos son de interés considerable, pero dedicaremos solamente nuestra atención a aquellos sistemas en los que el medio dispersante es el agua y la fase dispersa es sólida; estos sistemas son conocidos con el nombre de soluciones coloidales o hidrosoles.

Los hidrosoles se dividen en hidrofílicos e hidrofóbicos, según tengan o no afinidad con el agua. Las principales características de cada clase son:

TIPO DE SOL		
	Hidrofóbicos	Hidrofílicos
Presencia de electrolito.	Es esencial una pequeña cantidad para la estabilidad.	No es esencial para la estabilidad.
Estabilidad hacia electrolito.	Coagulado por pequeñas cantidades.	No es coagulado por pequeñas cantidades.
Reversibilidad de la Coagulación.	Por regla es irreversible.	Por regla es reversible.
Imagen en el ultramicroscopio.	Partículas brillantes en movimiento.	Cono de luz difusa.
Carga eléctrica.	De signo definido, no cambiable fácilmente.	Signo cambiable fácilmente por cambio conveniente en el valor del pH.
Campo eléctrico.	Las partículas emigran.	Las partículas pueden o no emigrar.
Viscosidad.	Aproximadamente la misma que la del agua a la misma temperatura	Viscosidad mayor que la del agua y aumenta rápidamente al bajar la temperatura y subir la concentración.

Debemos hacer notar que la clasificación no es perfecta, presentándose casos de soles que tienen propiedades intermedias entre los dos tipos.

Al evaporar a sequedad una solución coloidal, el residuo que se obtiene, en unos casos se puede redispersar con la adición del líquido dispersante y en otros casos no, llamándose en el primer caso sol reversible y en el segundo sol irreversible.

R. Zsigmondy denomina coagulación a un cambio de estado irreversible de la sustancia coloidal, que puede seguirse por la formación de precipitado, mientras que la designación de floculación debe corresponder, según él, a una precipitación reversible originada por la acción de un electrólito.

### *Precipitación de coloides*

La floculación y coagulación de los coloides se lleva a cabo por diversos métodos:

Físicos: electricidad, calor, adsorción.

Químicos: ácidos, bases, sales, por la acción de otro coloide y por envejecimiento.

En una solución coloidal todas las partículas que la forman tienden a adsorber iones positivos o negativos, adquiriendo una carga eléctrica. Por lo tanto, todas las partículas se repelerán unas a otras, evitando la precipitación de la materia coloidal. La partícula coloidal cargada tiende a atraer iones de signo opuesto al de ella, formándose una doble capa eléctrica.

La doble capa se puede formar en la superficie de la partícula coloidal por adsorción preferente de un ión de un electrólito en el cual está suspendida la partícula o por ionización directa de algunas de las moléculas superficiales. En ausencia de estos fenómenos puede resultar una doble capa por adsorción selectiva de iones  $H^+$  o  $OH^-$  del agua.

La carga de las partículas tiene influencia en la estabilidad hasta cierto grado en todos los casos y en algunos es de importancia primordial. En los soles hidrofílicos, la acción estabilizante del solvente es más importante que la carga de las partículas, mientras que en los soles hidrofóbicos es más importante la carga de las partículas.

El valor de pH en el cual las partículas no tienen ni cargas positivas ni negativas, se llama punto isoeléctrico. En el punto

isoelectrico o muy cerca de él son mínimas la presión osmótica, el potencial de membrana, la precipitación por alcohol, la viscosidad y la conductividad.

Loeb investigó el efecto de las sales neutras sobre estas propiedades y encontró que no tenían influencia apreciable, siendo el único factor importante la concentración de iones hidrógeno; sin embargo, se ha encontrado en algunos casos que las sales presentes sí tienen influencia en las propiedades citadas.

Las cargas de los coloides presentes en el jugo de caña se neutralizan cambiando el pH, ya sea agregando cal o ácido. En presencia de cargas negativas es imposible la existencia de coloides positivos y viceversa; sin embargo, en algunas ocasiones no es suficiente el cambio de pH, ya que en varios casos los coloides cambian de signo, existiendo en los dos campos. Por lo tanto, para tener una buena defecación, el pH óptimo tendrá que ser aquel que toque todos los puntos isoelectricos de los diferentes coloides que están presentes en el jugo; podemos decir que los coloides contenidos en el jugo en su mayoría son estables en solución ácida y el punto isoelectrico estará del lado alcalino.

La forma de defecar debe ser tal, que el pH vaya tocando todos los puntos isoelectricos y dando tiempo para que floculen los coloides con el objeto de obtener:

- 1.—Un líquido claro exento de coloides.
- 2.—Un asentamiento y filtración rápidos.
- 3.—Aumentar la pureza del jugo, lo cual no se logra en forma apreciable en casi todos los métodos de defecación.

#### *Tipos de coloides existentes en los jugos de caña*

Los jugos de caña tienen tres tipos de substancias coloidales que son: hidrófobas, hidrófilas e hidrófilas que pueden transformarse en hidrófobas. Como hidrófilas podemos citar a los polifenoles, la sacaritina, pectina, etc.; como hidrófobas a los fosfatos que se forman al defecar, pedazos de bagacillo dispersos, carbón coloidal que proviene de cañas quemadas, etc.; las substancias hidrófilas que se convierten en hidrófobas son aquellas que pueden cambiar su constitución en presencia de sales (cal o alguna sal de calcio que tenga reacción alcalina).

## b) Defecación por Distintos Métodos

### DEFECACION Y CLARIFICACION EN TANQUES ABIERTOS

Este procedimiento es el usado desde los primeros tiempos de la industria azucarera y es el método empleado en los Ingenios de poca capacidad de molienda. De este método se originaron, mediante algunas variantes, los actuales procedimientos de defecación.

Consiste esencialmente en depositar los jugos que vienen de los molinos en unos tanques de doble fondo llamados defecadoras; una vez lleno el tanque, se le añade una lechada de cal y se calienta con vapor, que es admitido entre los dos fondos. El calentamiento del jugo se continúa hasta el punto de ebullición, que es el momento en que "rompe" la capa de espuma y la cachaza que cubre la superficie.

El jugo así defecado se deja en reposo para su decantación; una parte de las impurezas se deposita en el fondo y otra parte se eleva a la superficie formando una capa. Una vez transcurrido el tiempo suficiente para la decantación completa de las impurezas, se retira la cachaza por el fondo de la defecadora y se manda a los filtros prensa, y el líquido clarificado a los evaporadores.

### SULFITACION SIMPLE Y ALCALIZACION

El jugo mixto es bombeado de los molinos a los aparatos de sulfitación que pueden ser torres y eyectores.

La sulfitación se debe llevar a cabo en el menor tiempo y a pH lo más bajo posible. Generalmente los jugos varían entre 5.3 y 6.3 de pH; una vez sulfitados, deben alcanzar un pH de 3.4 a 3.8, siendo la mejor manera de controlar dicha sulfitación por medios potenciométricos.

Los gastos de azufre por tonelada de caña molida varían grandemente, pues en jugos de cañas maduras con poco contenido de impurezas, llega a ser hasta de 50 gr.; en cambio, en jugos de cañas tiernas o viejas y con alto contenido de impurezas, llega hasta 350 gr. Indiscutiblemente estas cantidades de azufre varían en cada región según la constitución de las tierras.

Las pérdidas en la sulfitación son nulas y las ocasionadas por inversiones de sacarosa, debidas al  $\text{SO}_2$ , deben ser muy pequeñas, para lo cual deben trabajarse los jugos con rapidez y en frío.

Los jugos sulfitados se alcalizan inmediatamente con una lechada de cal que varía de 10 a 30° Brix, teniendo cuidado de hacerla lo más homogénea posible y evitando la sobrealcalización de algunas partes de los jugos, para eliminar las reacciones de la cal con los azúcares reductores.

Los gastos de cal varían como los del azufre, pero siempre es necesario gastar tanta como lo requieran los jugos para obtener un pH de 7.6 a 7.8; de este modo se tendrán jugos claros con pH de 7.1 a 7.3 que a su vez darán meladuras de 6.8 a 7.1 de pH, que son las ideales para evitar inversiones.

Los jugos sulfitados y alcalizados pasan por calentadores, en donde alcanzan temperaturas de 95 a 109°C y de allí a las defecadoras, si se emplean sistemas discontinuos; o a los clarificadores continuos, en donde se obtienen jugos claros por medio de la decantación de las impurezas.

Las impurezas que reciben el nombre de cachaza sufren una nueva alcalización antes de pasar a los filtros prensa o de succión.

Los jugos claros obtenidos de la cachaza no deben juntarse con los jugos obtenidos en los clarificadores, sino que se mandan a los jugos mezclados para que se les aplique nuevamente el proceso.

#### **PROCESO DE SULFITACION DESPUES DE LA ALCALIZACION**

Este procedimiento difiere del anterior en que se añade cal en exceso antes de la sulfitación.

#### **PROCESO DE SULFITACION DE BACH**

Las meladuras obtenidas de los jugos claros por simple sulfitación y alcalización, así como las resultantes de sulfitación y alcalización compuesta, pueden ser sometidas a la sulfitación de Bach, pues dicha sulfitación se hace en las meladuras.

La sulfitación de meladuras se lleva a cabo en tanques y por barboteo.

Antes de sulfitar las meladuras se alcalizan hasta un pH de 8.3 siendo este pH en donde existe el peligro de sobrealcalizaciones, que nos producirían la formación de colorantes del tipo cal glucosa, imposibles de eliminar más adelante.

Una vez alcalizada la meladura, se sulfita hasta un pH de 7.2, con lo que después de filtrada nos dará meladuras con un pH de 6.9. Esta filtración se debe hacer con filtros prensa, las tortas de los cuales se desendulzan por lavados, regresando estos líquidos a la clarificación primaria.

Las meladuras obtenidas así tienen un 30% menos de color si se comparan con las meladuras antes de ser procesadas. El aumento real de la pureza llega a ser de 1% y en el caso de llevarse correcto este sistema es muy efectivo.

#### **DOBLE ENCALADO Y DOBLE SULFITADO**

Este proceso es empleado cuando el jugo después de sulfitado, alcalizado y calentado, no da claros de buenas características.

Los jugos mezclados se sulfitan hasta pH 3.6 y sufren la primera alcalización hasta pH de 6.5, son calentados por regla general hasta 85°C, y todo este tratamiento recibe el nombre de primario. El tratamiento secundario consiste en que los jugos, inmediatamente después del tratamiento primario, se alcalizan hasta pH de 7.3 y se vuelven a calentar hasta 105°C.

Una vez que han sufrido este doble tratamiento, se envían los jugos a los clarificadores continuos o discontinuos.

Los claros provenientes del clarificador se envían a los evaporadores y las tortas a los filtros prensa o de succión. Los jugos turbios así como los lavados de las tortas se reprocesan, es decir, se envían a los jugos mezclados.

La doble sulfitación se lleva a cabo en la meladura siguiendo las indicaciones del proceso Bach.

Como se ve, este método es caro y laborioso, ya que exige un control riguroso. Las ventajas que presenta son la obtención de meladuras más puras y una mayor eliminación de impurezas, por lo tanto se obtienen azúcares blancos.

#### **PROCEDIMIENTO PETREE**

Este procedimiento consta de una doble defecación y devolución de cachaza sobre el bagazo.

Los jugos de los molinos se separan en jugos de alta pureza y densidad (primarios) y jugos de baja pureza y densidad (secundarios); éstos deben trabajarse por separado.

El jugo primario (mezcla del alcalizado de la desmenuzadora y primer molino con el secundario clarificado) se envía a los calentadores primarios donde se eleva su temperatura hasta 100-105°C y de allí pasa al clarificador primario.

El jugo del segundo molino, se alcaliza separadamente y se mezcla con los lodos del clarificador primario, se pasa al calentador secundario y de allí al clarificador secundario.

La cachaza secundaria se diluye con el jugo del cuarto molino y se vierte en forma uniforme sobre el bagazo a la salida del segundo molino. El jugo del tercer molino se regresa sobre el colchón de bagazo después del primer molino. Todo el colchón en movimiento del bagazo se usa para la filtración automática de sólidos finos en suspensión en el jugo de los últimos molinos. En esta forma, la fabricación elimina las cachazas junto con el bagazo y el uso de filtros prensa es innecesario.

Entre las ventajas de este procedimiento tenemos: el uso de la materia sólida de la cachaza como combustible, la pérdida de cachaza queda suprimida, la eliminación de la fibra, gomas y ceras da mejor transmisión de calor en los evaporadores y baja los costos referentes a los filtros prensa.

Desventajas: el difícil control del Ingenio debido a la devolución de la cachaza sobre los molinos y el verdadero control comenzaría en pesar jugos claros calientes, con los consiguientes errores.

#### ER DEFECACION HORNE

Este procedimiento es una doble defecación. La primera defecación se efectúa agregando cal hasta no obtener más precipitado (reacción fuertemente alcalina) y calentando hasta 66°C, decantando y extrayendo el jugo claro; a este jugo se le agrega fosfato de sodio o fosfato ácido de calcio para precipitar el exceso de sales cálcicas, extrayendo el jugo dos veces defecado. Los lodos y cachazas se manipulan como de costumbre.

Los azúcares obtenidos por este procedimiento son de color claro, de polarización alta y con bajo contenido de cenizas y materias en suspensión.

## PROCESOS DE CARBONATACION

En la industria azucarera de remolacha, la carbonatación es el proceso que podríamos llamar tipo, puesto que tanto en los Estados Unidos como en Europa, en donde el azúcar de remolacha se produce en gran escala, la clarificación y defecación de jugos se llevan a cabo por procesos de doble carbonatación.

En la industria de azúcar de caña se ha empleado con bastante éxito la carbonatación en la defecación de jugos, pero no ha podido substituir a los procesos que llevan como base la cal y que ya se explicaron con anterioridad.

## INTERCAMBIO IONICO

El proceso de clarificación de jugos por medio del intercambio iónico es el más moderno de todos.

En la fabricación de azúcar de remolacha está siendo empleado con magníficos resultados, y existen en los Estados Unidos fábricas como la de Layton, en Salt Lake City, que produce treinta mil toneladas anuales de azúcar usando este procedimiento.

En la industria del azúcar de caña los estudios para la clarificación de jugos por medio de este procedimiento, han dado excelentes resultados, tanto en Cuba como en los Estados Unidos y también en México se estudian las posibilidades de implantarlo.

En términos generales, el intercambio iónico para la clarificación de jugos se lleva a cabo con resinas sintéticas que tienen la propiedad de cambiar cationes o aniones.

Estas resinas se encuentran contenidas en columnas en la siguiente forma: una cambiadora de aniones, otra blanqueadora por adsorción y una tercera cambiadora de cationes.

### c) Métodos más empleados en la actualidad en la Industria Azucarera de México

En la actualidad, la industria azucarera mexicana ha seguido la corriente mundial, de emplear en casi todos sus sistemas de defecación agentes mecánicos para que tanto la floculación como el asentamiento sean rápidos y efectivos.

Estos agentes mecánicos son las Bentonitas que han llegado a tener gran auge y, por lo regular, en todos los métodos usados en el país se les ha agregado esta modalidad, que no influye químicamente en los procesos de defecación, sino que como se dijo con anterioridad, es un agente mecánico. Aquellas clases de Bentonitas que tengan alguna reacción química con los jugos se considerarán de pésima calidad.

Los métodos más empleados son:

a) Simple alcalización en tanques abiertos. Método que quedó explicado en el inciso anterior.

b) Simple sulfitación y alcalización. Método que quedó explicado con anterioridad. Lo usan algunos Ingenios sin ninguna variante, pero otras fábricas lo modifican en las siguientes formas:

1º—Los jugos sufren fuerte sulfitación en torres diseñadas especialmente para el caso, alcanzando pH muy bajo, siendo rápidamente alcalizados.

2º—Los jugos son sulfitados y alcalizados como indica el método, pero una vez obtenidos los jugos claros se les añaden sustancias químicas que tienen diferentes nombres comerciales (Clarifer, Polaroyd X-100, etc.), que son compuestos a base de fosfatos.

3º—Sulfitación y alcalización simples usando Bentonitas al efectuar la alcalización.

4º—Sulfitación y alcalización simples con doble decantación. Todas las modificaciones explicadas se llevan a cabo con el objeto de obtener los Blancos Directos, pero cabe decir que no sólo en esta parte del proceso de elaboración se han implantado modificaciones, sino también en los siguientes pasos, por ejemplo: grandes decantaciones en la meladura, adición de ácido fosfórico a la meladura, de hidrosulfito en los tachos y lavado en las centrífugas con soluciones coloreadas.

**CAPÍTULO III**

**DEFECACION CON TENNEX**

El tennex es una mezcla de compuestos, principalmente óxido de magnesio, que se encuentra en el mercado generalmente como un polvo fino (malla 300) untuoso al tacto, inodoro y generalmente de color blanco gris.

Suspendido en agua tiene una reacción fuertemente alcalina (con un pH de 10.5) siendo insoluble en la misma, como la mayoría de los clarificantes de este tipo, (Clarifer, Guarasuavisol, Polaroyd, etc.), forma suspensiones cuya velocidad de asentamiento varía con la textura del grano.

Sin embargo, las suspensiones de tennex en el agua no forman grumos esponjosos de aspecto gelatinoso, como en el caso de las Bentonitas, las cuales al contacto con el agua, forman una capa gelatinosa alrededor del grano, misma que impide el contacto total del agua con el mismo y que implica la necesidad de usar fuertes agitaciones por medios mecánicos aumentando así el trabajo y el costo.

Como se dijo con anterioridad, el tiempo que dure la suspensión depende del tamaño del grano, siendo de esencial importancia que dichas suspensiones permanezcan en contacto con el guarapo el tiempo necesario para que actúen sobre él y floculen las impurezas en forma eficaz.

Algunos clarificantes tienen el defecto de contener grandes cantidades de silicatos insuspendibles que únicamente sirven para producir incrustaciones en los aparatos de calefacción. El tennex deja residuos de este tipo, en cantidad mínima por su bajo contenido de  $\text{SiO}_2$ .

El análisis del tennex es el siguiente:

Humedad	2.98 %
---------	--------

Análisis sobre base seca:

MgO	72.50 %
SiO <sub>2</sub>	0.82 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.35 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.61 %
CaO	1.09 %
SO <sub>4</sub>	1.15 %
Pérdida por calcinación	25.50 %

La técnica para el uso del tennex la podemos dividir en dos partes:

1<sup>a</sup>—El empleo del tennex en el guarapo sin sulfitar en proporción de 2.5 % sobre los sólidos en solución, llevando la temperatura hasta 85°C y filtrando rápidamente para evitar coloración en los claros puesto que en esta parte se alcanza un pH hasta de 9.5.

2<sup>a</sup>—Al filtrado se le ajusta el pH por medio del ácido fosfórico, generalmente entre 6.8 y 7.2 y se calienta hasta obtener una temperatura de 90°C; se filtra nuevamente obteniéndose jugos claros y brillantes.

#### a) Pruebas en el Laboratorio

Según las indicaciones del método para la utilización del tennex se debe usar éste en proporción del 2.5 % de sólidos en solución, o sea con referencia al grado Brix.

En el Laboratorio se investigó si en realidad este por ciento y la técnica explicada anteriormente eran exactos. Para esta investigación se hicieron pruebas sobre muestras de jugos de diferentes cañas, que pueden considerarse como representativos de los que regularmente son obtenidos en el Ingenio de Cocoytla, con los siguientes resultados:

**PRIMERA MUESTRA.—Análisis original del jugo:**

Bx	18.9
Sacarosa Aparente	15.6 %
Coef. Pureza Aparente	82.2
Red.	1.12%
Coef. Glucosa	7.17
Cen.	0.72%
pH	5.2

**PRIMERA MUESTRA. 1ª prueba 1 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	18.0	Bx	18.0
Sacarosa Aparente	14.86%	Sacarosa Aparente	14.8 %
Coef. Pureza Aparente	82.6	Coef. Pureza Aparente	82.6
pH	9.0	Red.	1.03%
% de Transmitancia	25.3	Coef. Glucosa	7.01
Aspecto del jugo		Cen.	0.78%
obtenido	Turbio	% de Transmitancia	45.3
	opaco	pH	7.0
		Aspecto del jugo	
		obtenido	Opaco
			sucio

**PRIMERA MUESTRA. 2ª prueba 1.5 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	18.0	Bx	17.8
Sacarosa Aparente	14.9 %	Sacarosa Aparente	14.7 %
Coef. Pureza Aparente	82.8	Coef. Pureza Aparente	82.8
% de Transmitancia	27.4	Red.	1.02%
pH	9.5	Coef. Glucosa	7.0
		Cen.	0.75%
		% de Transmitancia	48.6
		pH	6.9
		Aspecto del jugo	
		obtenido	Turbio

PRIMERA MUESTRA. 3ª prueba 2.0 % tennex.

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	17.8	Bx	17.4
Sacarosa Aparente	14.9 %	Sacarosa Aparente	14.7 %
Coef. Pureza Aparente	83.8	Coef. Pureza Aparente	84.6
pH	9.4	Red.	1.02%
% de Transmitancia	50.3	Coef. Glucosa	7.0
		Cen.	0.65%
		% de Transmitancia	70.6
		pH	6.9
		Aspecto del jugo obtenido	Claro brillante

PRIMERA MUESTRA. 4ª prueba 2.5 % tennex.

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	17.5	Bx	17.2
Sacarosa Aparente	14.87%	Sacarosa Aparente	14.75%
Coef. Pureza Aparente	85.0	Coef. Pureza Aparente	85.8
pH	9.5	Red.	1.03%
% de Transmitancia	64.2	Coef. Glucosa	7.05
		Cen.	0.59%
		% de Transmitancia	73.5
		pH	7.0
		Aspecto del jugo obtenido	Transpa- rente muy brillante

PRIMERA MUESTRA. 5ª prueba 3 % tennex.

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	17.4	Bx	17.0
Sacarosa Aparente	14.6 %	Sacarosa Aparente	14.4 %
Coef. Pureza Aparente	84.0	Coef. Pureza Aparente	84.8
pH	9.6	Red.	0.99%
% de Transmitancia	58.6	Coef. Glucosa	6.9
		Cen.	0.57%
		% de Transmitancia	73.2
		pH	6.9
		Aspecto del jugo obtenido	Claro poco brillante

**SEGUNDA MUESTRA.—Análisis original del jugo:**

Bx	22.0
Sacarosa Aparente	19.2 %
Coef. Pureza Aparente	87.3
Red.	0.65%
Coef. Glucosa	3.40
Cen.	0.69%
pH	5.4

**SEGUNDA MUESTRA. 1ª prueba 1 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	21.7	Bx	21.4
Sacarosa Aparente	19.0 %	Sacarosa Aparente	18.8 %
Coef. Pureza Aparente	87.8	Coef. Pureza Aparente	87.8
% de Transmitancia	26.3	Red.	0.639%
pH	9.4	Coef. Glucosa	3.40
		Cen.	0.70 %
		% de Transmitancia	40.3
		pH	7.1
		Aspecto del jugo obtenido	Turbio sucio

**SEGUNDA MUESTRA. 2ª prueba 1.5 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	21.7	Bx	21.5
Sacarosa Aparente	19.0 %	Sacarosa Aparente	18.9 %
Coef. Pureza Aparente	87.6	Coef. Pureza Aparente	87.8
% de Transmitancia	28.6	Red.	0.638%
pH	9.7	Coef. Glucosa	3.38
		Cen.	0.68 %
		% de Transmitancia	38.9
		pH	6.9
		Aspecto del jugo obtenido	Turbio opaco

**SEGUNDA MUESTRA. 3ª prueba 2 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	20.9	Bx	20.6
Sacarosa Aparente	18.4 %	Sacarosa Aparente	18.4 %
Coef. Pureza Aparente	88.0	Coef. Pureza Aparente	89.5
% de Transmitancia	52.1	Red.	0.588%
pH	9.4	Coef. Glucosa	3.20
		Cen.	0.64 %
		% de Transmitancia	73.5
		pH	7.0
		Aspecto del jugo obtenido	Claro poco brillante

**SEGUNDA MUESTRA. 4ª prueba 2.5 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	20.6	Bx	20.4
Sacarosa Aparente	18.4 %	Sacarosa Aparente	18.7 %
Coef. Pureza Aparente	89.3	Coef. Pureza Aparente	91.5
% de Transmitancia	69.6	Red.	0.60%
pH	9.5	Coef. Glucosa	3.23
		Cen.	0.48%
		% de Transmitancia	83.4
		pH	7.1
		Aspecto del jugo obtenido	Claro muy brillante

**SEGUNDA MUESTRA. 5ª prueba 3 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	20.8	Bx	20.5
Sacarosa Aparente	18.5 %	Sacarosa Aparente	18.5 %
Coef. Pureza Aparente	89.0	Coef. Pureza Aparente	90.3
% de Transmitancia	59.3	Red.	0.58%
pH	9.7	Coef. Glucosa	3.16
		Cen.	0.52%
		% de Transmitancia	79.8
		pH	7.0
		Aspecto del jugo obtenido	Claro poco brillante

**TERCERA MUESTRA.—Análisis original:**

Bx	21.4
Sacarosa Aparente	18.3 %
Coef. Pureza Aparente	85.6
Red.	0.95%
Coef. Glucosa	5.20
Cen.	0.73%
pH	5.3

**TERCERA MUESTRA. 1ª prueba 1 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte			Segunda Parte		
Bx	21.0		Bx	20.9	
Sacarosa Aparente	17.9 %		Sacarosa Aparente	17.9 %	
Coef. Pureza Aparente	85.3		Coef. Pureza Aparente	85.9	
% de Transmitancia	25.6		Red.	0.93%	
pH	9.3		Coef. Glucosa	5.2	
			Cen.	0.74%	
			% de Transmitancia	38.6	
			pH	7.2	
			Aspecto del jugo obtenido		Turbio sucio

**TERCERA MUESTRA. 2ª prueba 1.5 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte			Segunda Parte		
Bx	21.1		Bx	20.7	
Sacarosa Aparente	18.1 %		Sacarosa Aparente	17.8 %	
Coef. Pureza Aparente	85.8		Coef. Pureza Aparente	86.1	
% de Transmitancia	27.6		Red.	0.89%	
pH	9.3		Coef. Glucosa	5.0	
			Cen.	0.68%	
			% de Transmitancia	37.8	
			pH	7.0	
			Aspecto del jugo obtenido		Turbio opaco

**TERCERA MUESTRA. 3ª prueba 2 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	21.0	Bx	20.7
Sacarosa Aparente	18.3 %	Sacarosa Aparente	18.3 %
Coef. Pureza Aparente	87.0	Coef. Pureza Aparente	88.3
% de Transmitancia	53.1	Red.	0.89%
pH	9.4	Coef. Glucosa	4.9
		Cen.	0.56%
		% de Transmitancia	69.6
		pH	6.9
		Aspecto del jugo obtenido	Claro poco brillante

**TERCERA MUESTRA. 4ª prueba 2.5 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	21.0	Bx	20.5
Sacarosa Aparente	18.4 %	Sacarosa Aparente	18.4 %
Coef. Pureza Aparente	87.8	Coef. Pureza Aparente	89.8
% de Transmitancia	67.4	Red.	0.93%
pH	9.4	Coef. Glucosa	5.10
		Cen.	0.51%
		% de Transmitancia	78.6
		pH	7.0
		Aspecto del jugo obtenido	Claro muy brillante

**TERCERA MUESTRA. 5ª prueba 3 % tennex.**

Resultados obtenidos en la defecación:

Primera Parte		Segunda Parte	
Bx	21.0	Bx	20.8
Sacarosa Aparente	18.4 %	Sacarosa Aparente	18.5 %
Coef. Pureza Aparente	87.8	Coef. Pureza Aparente	89.1
% de Transmitancia	56.5	Red.	0.88%
pH	9.4	Coef. Glucosa	4.8
		Cen.	0.51%
		% de Transmitancia	75.3
		pH	7.0
		Aspecto del jugo obtenido	Claro poco brillante

Estas tres muestras de jugos podemos considerarlas como casos típicos de los resultados obtenidos en 10 muestras en los cuales se efectuaron las mismas pruebas antes expuestas, puesto que provienen el primero de cañas POJ 28-78 y 27-14 y el segundo y tercero CO290 carricillo que son las únicas variedades que se muelen en el Ingenio de Cocoyotla, y a su vez las más comunes en las diferentes regiones cañeras del país.

Una vez comprobado que el 2.5% de tennex sobre sólidos es el ideal para una buena defecación, se experimentó únicamente con este porcentaje en varias muestras de jugos de las cuales citaremos algunas indicando solamente los nombres de campos y variedades de cañas usadas con el análisis original del jugo y sus resultados finales.

#### Campo Santa Cruz V. A. Variedad POJ

Análisis original del jugo			Resultados finales obtenidos en la defecación		
	Bx	20.0		Bx	18.63
	Sacarosa Aparente	17.7 %		Sacarosa Aparente	17.2 %
	Coef. Pureza Aparente	88.3		Coef. Pureza Aparente	92.3
	Red.	0.81 %		Red.	0.815 %
	Coef. Glucosa	4.74		Coef. Glucosa	4.74
	Cen.	0.716 %		Cen.	0.520 %
	pH	5.2		pH	7.2
				Aspecto del jugo obtenido	Brillante claro

#### Campo La Vega. Carricillo CO-290

Análisis original del jugo			Resultados finales obtenidos en la defecación		
	Bx	21.4		Bx	20.2
	Sacarosa Aparente	18.2 %		Sacarosa Aparente	18.0 %
	Coef. Pureza Aparente	85.3		Coef. Pureza Aparente	89.1
	Red.	1.01 %		Red.	0.98 %
	Coef. Glucosa	5.54		Coef. Glucosa	5.47
	Cen.	0.81 %		Cen.	0.68 %
	pH	5.3		pH	6.8
				Aspecto del jugo obtenido	Claro brillante

## Campo San Andrés. Carricillo

Análisis original del jugo		Resultados finales obtenidos en la defecación	
	Bx 19.4		Bx 18.3
Sacarosa Aparente	16.6 %	Sacarosa Aparente	16.4 %
Coef. Pureza Aparente	85.6	Coef. Pureza Aparente	89.4
	Red. 1.12%		Red. 1.09%
Coef. Glucosa	6.74	Coef. Glucosa	6.68
	Cen. 0.75%		Cen. 0.52%
	pH 5.4		pH 7.0
		Aspecto del jugo obtenido	Claro brillante

A continuación podemos ver los resultados obtenidos al hacer la defecación con cal en las mismas muestras:

## Campo Santa Cruz V. A. Variedad POJ

Análisis original del jugo		Resultados finales obtenidos en la defecación	
	Bx 20.0		Bx 19.5
Sacarosa Aparente	17.7 %	Sacarosa Aparente	16.3 %
Coef. Pureza Aparente	89.3	Coef. Pureza Aparente	88.7
	Red. 0.84 %		Red. 0.87%
Coef. Glucosa	4.74	Coef. Glucosa	4.68
	Cen. 0.716%		Cen. 0.70%
	pH 5.2		pH 7.2

## Campo La Vega. Carricillo CO-290

Análisis original del jugo		Resultados finales obtenidos en la defecación	
	Bx 21.4		Bx 21.0
Sacarosa Aparente	18.2 %	Sacarosa Aparente	18.0 %
Coef. Pureza Aparente	85.3	Coef. Pureza Aparente	86.0
	Red. 1.01%		Red. 0.98%
Coef. Glucosa	5.54	Coef. Glucosa	5.07
	Cen. 0.81%		Cen. 0.76%
	pH 5.3		pH 7.0

## Campo San Andrés. Carricillo

Análisis original del jugo			Resultados finales obtenidos en la defecación		
Bx	19.4		Bx	19.0	
Sacarosa Aparente	16.6 %		Sacarosa Aparente	16.4 %	
Coef. Pureza Aparente	85.6		Coef. Pureza Aparente	86.3	
Red.	1.12%		Red.	1.16%	
Coef. Glucosa	6.74		Coef. Glucosa	6.70	
Cen.	0.75%		Cen.	0.59%	
pH	5.4		pH	7.0	

Se puede observar claramente que en los jugos defecados con tennex aumenta la pureza hasta 4 puntos y en el caso de los jugos defecados con cal es muy poco el aumento; además, el contenido de cenizas disminuye bastante con el tennex y no así en la simple defecación con calor y cal.

En todas las pruebas realizadas se encontró que las temperaturas de 85°C para la primera parte de la defecación y 90°C para la segunda parte eran las temperaturas ideales puesto que la floculación era completa. Asimismo, en todas las experiencias anteriores se vió que la filtración en la primera parte de la defecación era muy lenta y no fué sino hasta que el proceso se llevó a la Fábrica, cuando se pudieron apreciar los inconvenientes tan grandes de dicha lentitud en la filtración.

En todas las defecaciones se usaron de 0.25 ml. a 0.3 ml. de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> de 85 % por cada 300 ml. de guarapo. Para cada litro de guarapo corresponden de 0.83 a 1.0 ml. y como el peso específico del ácido de esta concentración es de 1.689 g./ml. equivale a 1.4187 y 1.689 g. de ácido fosfórico al 85 % por cada litro de guarapo.

Los análisis realizados se hicieron por los siguientes métodos:

*Polarización.*—Se usaron invariablemente para determinar la polarización en jugos el método del peso normal y el de Horne.

*Reductores.*—Método volumétrico de Eynon Lane.

*Cenizas.*—Método de cenizas sulfatadas.

**Color.**—Se determinó el porciento de transmitancia de la muestra en el Fotocolorímetro Lumetrón modelo 402-E tomando el 100 % de transmitancia para el agua destilada.

**pH.**—Método electrométrico. (Potenciómetro Beckman modelo G).

## **b) Pruebas en la Fábrica**

El Ingenio de Cocoyotla está capacitado para moler aproximadamente 300 toneladas diarias de caña y lo podemos considerar como un Ingenio tipo de los que existen en México, puesto que, excluyendo a las grandes centrales como son: San Cristóbal, Xicotécatl, Costa Rica, El Mante, Emiliano Zapata, El Potrero, Los Mochis, etc., la realidad de los Ingenios mexicanos son pequeñas Fábricas sin grandes adelantos en lo tocante a maquinaria.

Sin embargo el Ingenio de Cocoyotla es una de las pequeñas Fábricas mexicanas que se caracterizan por su perfecto balance entre las tres partes esenciales que son molinos, vapor y casa de calderas.

Desde que los azúcares mexicanos han sido clasificados y liquidados por medio de los análisis practicados en los mismos, los producidos por este Ingenio siempre han obtenido premio dentro de su calidad, debido al constante esfuerzo de sus dueños para el mejoramiento en la clarificación de los jugos de caña en dicho Ingenio. Tomando en consideración lo anteriormente expuesto, un grupo de industriales escogieron dicho Ingenio para que sirviera como Planta Piloto para las experiencias que se efectuaron con el tennex.

Creo de importancia dar una leve idea de la maquinaria y equipo de que consta dicho Ingenio:

El trapiche está formado por un juego de cuchillas y dos molinos de 4 pies. La defecación se efectúa en defecadoras abiertas y la concentración del jugo se lleva a cabo en un evaporador de triple efecto de 3,000 pies de superficie calórica. La cristalización se hace en dos tachos, uno de 6 pies y otro de 9 pies. La centrifugación de las masas cocidas se lleva a cabo en 4 centrifugas de 22 pulgadas por 40 pulgadas.

Normalmente el Ingenio de Cocoyotla muele cañas y produce azúcar bajo los siguientes datos de control:

Extracción molino jugo mezclado .....	66.54 %
Extracción del molino Sac % Sac caña ..	80.59 %
Sacarosa en caña .....	14.15 %
Fibra en caña .....	12.61 %
Humedad bagazo .....	51.58 %
Pérdida Sac bagazo % caña .....	2.85 %
Pérdida Sac miel final % caña .....	1.52 %
Eficiencia de la casa de calderas .....	83.14 %

Al finalizar la zafra se molió caña especialmente para tratar este jugo con el tennex. La Fábrica se acondicionó a las necesidades del proceso; las defecadoras se utilizaron para llevar a cabo la primera parte de la defecación y las cachaceras para la segunda parte de ella, siendo los filtros prensa, que normalmente se usan para el filtrado de las cachazas, los que se utilizaron para la filtración en las dos partes de la defecación.

Se utilizó el tennex en una proporción del 2.5 % sobre los sólidos del jugo, cantidad que se encontró ser ideal en el proceso. Las temperaturas se controlaron por medio de termómetros instalados en la tanquería, siendo de 85°C para la primera parte y de 90°C para la segunda parte de la defecación.

Al iniciarse el proceso se notó que la primera filtración, como se había visto en el Laboratorio, era sumamente lenta y los paños de los filtros se cubrían de una pequeña capa gomosa que tapaba los poros de dichos paños y, en poco tiempo hacía que la filtración se suspendiera.

Se ideó poner una pequeña capa de filtro ayuda con el objeto de ver si era posible evitar esto, pero aunque mejoró, el problema seguía presentándose en forma tal que para filtrar una cantidad pequeña de jugo y obtener la meladura suficiente para hacer una templa en el tacho de 6 pies, se necesitaron dos días.

La segunda parte de la defecación, o sea donde se agrega el ácido fosfórico, filtraba rápidamente y el tiempo que duraba el filtro prensa trabajando era normal a su capacidad.

Lógicamente el retardo sufrido en la primera parte de la defecación produjo jugos que se coloreaban después de 15 minutos debido al pH tan alto que se alcanza en esta primera parte.

No obstante, los jugos finales eran claros y brillantes y la pureza de los mismos con relación al guarapo inicial subió hasta 3.5 puntos, como se verá en el siguiente análisis:

Análisis original del jugo		Resultados después de defecar:	
Bx	21.4	Bx	20.7
Sacarosa Aparente	18.2 %	Sacarosa Aparente	18.4 %
Coef. Pureza Aparente	85.3	Coef. Pureza Aparente	83.8
Red.	1.01%	Red.	1.08%
Coef. Glucosa	5.54	Coef. Glucosa	5.52
Cen.	0.68%	Cen.	0.49%
pH	5.3	pH	7.1

La meladura obtenida dió el siguiente análisis:

Bx	55.4
Sacarosa Aparente	49.3 %
Coef. Pureza Aparente	89.0
Red.	2.75%
Coef. Glucosa	5.59

Esta meladura era mucho más clara que la producida normalmente en el Ingenio. Una vez cristalizada esta meladura produjo un azúcar que, al ser analizado en el Laboratorio Oficial de la Secretaría de Economía, fué clasificado como refinado de primera, con el siguiente análisis:

Pol.	Col.	Cen.	Hum.
99.8	1.0	0.08 %	0.05 %

En comparación tenemos el análisis promedio del azúcar producido normalmente en el Ingenio:

Pol.	Col.	Cen.	Hum.
99.6	1.9	0.13 %	0.05 %

Por ser tan pequeña la cantidad de meladura únicamente pudo hacerse una templa y por lo que se refiere a las mieles no pudo verse hasta qué grado podían agotarse.

Sin embargo, calculando el rendimiento por azúcar producido y estimado se encontró un resultado de 8.06 %.

### DATOS OBTENIDOS:

Caña molida .....	173.350 ton.
Azúcar producido .....	8.200 ton.
Peso miel existencia .....	26.752 ton.
Bx miel .....	85.9
Pol. ....	48.6
Pureza miel .....	56.6 %
Pureza promedio mieles finales pro- ducidas .....	42.1 %
Pureza azúcar producido .....	99.8 %
Kgm. sólidos .....	22.980 ton.
Kgm. sacarosa .....	13.001 ton.
Rendimiento de azúcar por tonelada de caña .....	8.06
Rendimiento de azúcar comercial en términos sólidos .....	25.12 %
Azúcar recuperable .....	5.772 ton.

Los rendimientos normales obtenidos en la zafra fueron de 7.48 %.

Posteriormente se pensó en la necesidad de experimentar con otra clase de filtros diferentes a los filtros prensa y se trajo de los Estados Unidos un filtro de vacío para laboratorio, Eimco tipo continuo, con una superficie de filtración de 4 pulgadas, el cual viene montado en unión de todas las bombas para el manejo de los jugos, así como su bomba de vacío, siendo todo eléctrico. Las pruebas hechas en este filtro fueron muy satisfactorias, pero debido a su pequeño tamaño no fué posible llevar la experiencia hasta la fábrica, sino únicamente en pruebas que podemos llamar de laboratorio, con grandes cantidades de guarapo.

En la actualidad, viendo el resultado obtenido en este filtro se ha pensado efectuar pruebas en un Ingenio de mayor capacidad de molienda que el de Cocoyotla y que tenga un filtro continuo de vacío.

En el Ingenio de Cocoyotla se sigue usando el tennex en pequeñas proporciones que se agregan a los jugos defecados con cal y que ayudan bastante para conseguir una buena defecación y un asentamiento más rápido; aunque el azúcar así producido es de excelente calidad, ya que todo se clasifica como refinado

de segunda, no puede compararse con la calidad del azúcar obtenido usando el procedimiento con tennex.

Como un dato que sirva para dar una idea de la claridad de los jugos obtenidos por el procedimiento con tennex, puede decirse que todas las polarizaciones efectuadas en los jugos producidos en el proceso se pueden hacer sin necesidad de defecarlos con subacetato seco de Horne.

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES**

1. El tennex es un defecante que usado en proporción de 2.5 % sobre el porciento de sólidos en los jugos de caña produce excelentes jugos claros y brillantes.

2. El tennex aumenta la pureza de los jugos de 3 a 4 puntos con referencia a la pureza de los jugos originales, siendo el único de los defecantes usados en México que produce tal aumento.

3. La filtración de los jugos defecados con tennex es lenta y difícil cuando se hace en fábricas que tienen filtros prensa; sin embargo, en las experiencias en filtros continuos de vacío se obtienen mejores resultados.

4. Con el proceso de tennex para la defecación de jugos se obtienen azúcares de alta polarización, bajo color y bajas cenizas que están dentro de la clasificación de refinado y por lo tanto es uno de los procesos más efectivos para la obtención de azúcares Blanco Directo.

## BIBLIOGRAFIA

**Berl-Lunge-D'ans.,**

Métodos de Análisis Químicoindustrial. Tomo I. Editorial Labor, S. A., 1946.

**Browne and Zerban, F. W.,**

Physical and Chemical Methods of Sugar Analysis. 3rd edition. John Wiley and Sons Inc. 1941.

**Deerr, Noel,**

Sugar and Sugar Cane. Norman Rodger. Manchester, 1905.

**Editorial Azucarera Mexicana.**

Sistema de Control para Fábrica de Azúcar y Diversos Estudios Técnicos. Folleto. 1948.

**Hugot E.,**

La Sucrerie de Cannes. Manuel L'Ingenieur Dunod. Paris, 1950.

**López Ferrer, F. A.,**

Manual práctico de fabricación de azúcar de caña, mieles y siropes invertidos con su control técnicoquímico. Cultural, S. A. Habana, 1948.

**Pons Chaix Miguel,**

Floculación de coloides en el jugo de caña. Escuela Nacional de Química. México, D. F. Tesis, 1938.

**Spencer, G. L. and Meade, G. P.,**

Manual de Fabricantes de Azúcar de Caña y Químicos Azucareros. 7ª edición. John Wiley and Sons, Inc. N. Y. 1932.

**Weiser, H. B.,**

A Textbook of Colloid Chemistry. 2nd edition. John Wiley and Sons Inc. N. Y. 1949.