

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA BENTONITA
EN LA CLARIFICACION DEL JUGO DE CAÑA

TESIS

que para el examen profesional de Químico

Presenta:

ALFONSO MIAJA CALVO.

MEXICO

1949

2276



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.

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA BENTONITA
EN LA CLARIFICACION DEL JUGO DE CAÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA BENTONITA
EN LA CLARIFICACION DEL JUGO DE CAÑA

TESIS

que para el examen profesional de Químico

Presenta:

ALFONSO MIAJA CALVO.

MEXICO

1949

*A la memoria de mi Padre,
con Recuerdo Imperecedero.*

*A mi Madre,
con Veneración y Respeto.*

*A mis hermanos,
con cariño.*

*A mis Maestros,
con Agradecimiento.*

A mis Compañeros y Amigos.

CAPITULOS

I.—INTRODUCCIÓN

II.—DEFECACIÓN Y CLARIFICACIÓN

III.—PRUEBAS DE CLARIFICACIÓN USANDO BENTONITA

a).—*Con mascabado.*

b).—*Con guarapo.*

IV.—RESUMEN DE LOS DIVERSOS MÉTODOS

Consideraciones sobre clarificación.

V.—BIBLIOGRAFÍA

CAPITULO PRIMERO

INTRODUCCION

El número de sustancias simples o combinaciones que se han propuesto para usarse en la defecación y clarificación del jugo de caña es enorme; el problema de la defecación consiste en separar la mayor cantidad posible de materias orgánicas y minerales contenidas en el guarapo y que constituyen los llamados no azúcares. Todas las personas relacionadas con la elaboración de azúcar han podido notar que la defecación del jugo de caña con cal, o con gas sulfuroso y cal es insuficiente y que el producto así obtenido queda gris y carece de brillo. Hay muchas impurezas en el jugo, tanto orgánicas como minerales que escapan a la acción defecante de las sustancias mencionadas, de ahí que se obtenga el producto con esos inconvenientes (gris y carente de brillo). Todas estas impurezas se encuentran generalmente al estado coloidal; estos coloides quedan a veces en las meladuras dificultando la elaboración. La Bentonita hace que la defecación sea completa, ejerciendo también una acción de blanqueo, por la precipitación de la mayor parte de los coloides. El guarapo tratado con Bentonita decanta bien, según sea la cantidad que se agregue, aumentado al mismo tiempo, la pureza.

Un gran número de investigadores han hecho estudios sobre la conveniencia de los diversos compuestos usados en la clarificación cuyo control principió en 1886 constando de 112 sustancias, existiendo en la actualidad 742, entre compuestos inorgánicos, orgánicos y electroli-

tos; esto nos da una idea de la importancia que han dado a este renglón.

El uso de la cal en el tratamiento del jugo de caña data de la antigüedad, y se usa todavía en el mundo entero para este propósito por su bajo costo y efectividad. Antiguamente se usaban trozos de cal viva, pero con el advenimiento del polvo de cal hidratada, y de la cal viva pulverizada, han desaparecido los trozos de cal, que presentaban el inconveniente de que al apagarlos provocaban numerosos accidentes. El inmenso número de substancias no indica que todas ellas hayan sido aplicadas prácticamente, sino sólo una pequeña proporción han sido usadas en la elaboración del azúcar.

Entre las substancias que han sido estudiadas pero que no han sido adoptadas generalmente para este caso, tenemos las pepsinas, aluminato de sodio y gel de sílice. El hiposulfito de sodio que se vende bajo diversos nombres ha sido usado en el blanqueo de meladuras y se ha agregado también a los tachos al vacío durante la fabricación de azúcar blanco, para mejorar el color, este producto químico libera SO_2 que actúa sobre la materia colorida, sales de calcio y hierro.

Observemos la gran variedad de compuestos usados:

Azufre, fósforo, boro, silicio, carbón, hidrógeno, oxígeno, halógenos, sus derivados y compuestos.

Alcalis, tierras alcalinas, metales y sus compuestos.

Substancias orgánicas y sus compuestos. Carbón de huesos. Electrolitos.

Por lo asentado anteriormente vemos que se trata de precipitar y asentar con facilidad las gomas y demás coloides usando una substancia que las englobe, provocando una decantación rápida; pero el uso excesivo de substancias en el tratamiento del guarapo, trae como consecuencia dificultades en la elaboración, por la gran cantidad de sales disueltas.

La Bentonita es una substancia que engloba las substancias no azúcares, debido a su naturaleza, provocando un asentamiento satisfactorio. La dificultad con ella

estriba en que sus distribuidores no entregan la misma calidad de la substancia sino que es muy diferente, observándose en el residuo al disolverlas en aguas, además de que la Bentonita debe ser por su misma naturaleza neutra, ésto algunas veces no sucede, provocando una variación en el pH.

Observemos una muestra analizada en la Unidad de Tecamachalco perteneciente a la Comisión de Fomento Minero.

	Muestra Nacional	Muestra Americana
SiO ₂	58.52	55.22
Al ₂ O ₃	19.86	21.00
FeO y Fe ₂ O ₃	3.68	3.61
CaO	0.38	4.94
MgO	0.59	3.04
Perd. x Calc.	15.70	10.23

Por lo que respecta a este análisis debe observarse que la muestra nacional tiene un contenido mayor en silicio, pero en cambio tiene muy poca cal, que es uno de los elementos más perjudiciales para la Bentonita. Llegamos a la conclusión de que la Muestra Nacional representa una Bentonita de buena calidad.

La substancia activa de la Bentonita la constituye la Montmorilonita, que pertenece al grupo de las arcillas.

La Bentonita está bien distribuida en la parte Occidental de la América del Norte, y se forma en las alteraciones de las cenizas volcánicas.

Las arcillas son silicatos alcalinos y alcalino-térreos, que mediante disgregación por la intemperie se descomponen, primero, puramente mecánica, pero después son también transformados químicamente, por lo que los citados silicatos son disueltos en el agua y quedan como residuos, silicatos de aluminio hidratados, en unión de substancias como calcio, magnesio y fierro. Las arcillas son micro-cristalinas, sus cristales forman redes de capas dentro de las cuales pueden almacenar agua y sales.

La fórmula probable de la montmorilonita es:

(Mg, Ca, Fe)O. $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, siendo n igual:
5 ó 7.

La montmorilonita presenta un aspecto diverso, pues su color varía, siendo los más comunes: blanco, verde, azul claro. Es untuosa. Generalmente isotrópica. Índice de refracción: 1.49-1.56. Muestra un espectro de rayos-X semejante al de la caolinita que es otra arcilla de importancia de fórmula: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; la montmorilonita puede estar constituida por minerales que encierran partículas coloidales en su estructura.

Se usan tierras de blanqueo del tipo de la Bentonita en la refinación del petróleo, donde se separan los colorantes que producen su coloración oscura, esto se realiza mediante su adsorción por la tierra de blanqueo. La capacidad de blanqueo, así como la tumefacción de la montmorilonita radica en la esponjabilidad de las capas de su red cristalina, entre las cuales penetra el agua en el hinchamiento, y el colorante en el blanqueo. (U. Hoffman, 1934).

CAPITULO II

DEFECACION Y CLARIFICACION

Hay que considerar que el jugo de caña no es una substancia definida que en cantidad exactamente calculada provoque una reacción prevista, y siempre la misma.

Ejemplo: Si se quiere preparar cloruro de plata, se sabe qué cantidad de nitrato de plata y cloruro de sodio se debe usar para obtener exactamente determinada cantidad de producto; se puede predecir la propiedad del producto que se va a obtener, y tanto estas como las cantidades van a ser las mismas tantas veces cuantas se repita la operación, cosa que de ningún modo sucede con el jugo de caña.

La definición que da H. Egether del jugo es la siguiente:

"El jugo crudo es un líquido turbio que contiene substancias en solución molecular, en solución coloidal y en dispersión grosera. En solución molecular contiene sacarosa, dextrosa, levulosa, cationes (Na, K, Ca, Mg, Fe), en equilibrio con aniones de ácidos orgánicos (acético, glicólico, oxálico, málico, succínico), y radicales de ácidos inorgánicos (silícico, fosfórico); en solución coloidal contiene: gomas, pectinas, proteínas, ácido silícico, arcilla, materias colorantes que dan al jugo color verdoso, clorofila, polifenoles, sacaretina, etc. En grosera dispersión se encuentran: arcilla, cera de caña, partículas de bagazo y aire.

Los mismos resultados tan variados obtenidos por los distintos experimentadores, las recomendaciones tan di-

versas, muestran plenamente que lo que se ha dicho sobre el jugo de caña, sí tiene validez.

Este jugo al tratar de concentrarlo para obtener sacarosa, tiene pérdidas por inversión, ya que su pH es de 5.1-5.3 más o menos, (según la clase de caña, su madurez, etc.). Contiene también microbios que progresan en medio ácido y entre ellos levaduras que tienen acción nociva sobre la sacarosa, la cristalización es muy difícil ya que las materias coloidales contenidas en el jugo aumentan la viscosidad al concentrarlo, para evitar estos inconvenientes se hace necesario someter al jugo a un tratamiento previo, y lo más rápidamente posible después de su extracción.

Este tratamiento consta en su parte básica de:

- 1.—Alcalización.
- 2.—Precipitación de substancias indeseables.

La alcalización se efectúa con lechada de cal a diferente graduación según sea la calidad del jugo y la precisión que se quiera en la reacción; variando desde 2 hasta 10 ó más grados Baumé, la adición de la cal produce de inmediato una precipitación ayudada por el calor. La defecación (para azúcares crudos) consta de alcalización y calentamiento posterior.

Ha habido muchas modificaciones propuestas por varios autores:

En 1921 Ch. Muller estudió las dificultades en la clarificación del jugo, y recomendó una modificación en el circuito de clarificadores y calentadores y un supercalentamiento del jugo a 110°C -125°C, antes de neutralizar, con objeto de regular la albúmina y libertar el jugo de sílice y coloides, antes de la reacción con cal.

Hay que considerar que la precipitación que se lleva a cabo, debe cumplir los requisitos que a continuación se expresan:

- 1.—Que el líquido resulte cristalino.
- 2.—Que el precipitado que se forme sea de flóculos grandes fácilmente asentable y de filtración rápida.

3.—El color del líquido deberá ser lo menos intenso posible.

Que la eliminación de substancias extrañas —no azúcares— sea total; o la mayor posible.

En la defecación existe una precipitación química —sales insolubles de calcio— coloides floculados y materias en suspensión arrastradas por las otras dos clases de precipitados.

En el jugo existen diversas clases de coloides, se dividen atendiendo a la mayor o menor afinidad que tienen con el agua y en general con el medio de dispersión en: liófilos o hidrófilos; liófobos o hidrófobos.

Los coloides liófobos o hidrófobos floculan fácilmente, por la acción de los electrolitos; los coloides liófilos son difícilmente floculables por sales neutras, son floculados con más facilidad transformándolos primeramente en liófobos, consideraré la floculación como el grado de dispersión de un estado coloidal, que trae como consecuencia la formación de floculos que son conglomerados de micelas, y que pueden ser microscópicas o aún mayores.

Como ejemplo de coloides liófilos se encuentra el sol de gelatina en éste no hay una interfase definida, la gelatina empieza a existir intensamente en el centro de una nebulosa, y a medida que nos alejamos de ese punto central, el agua está en mayor proporción, y aunque las cargas eléctricas existen están protegidas de cualquier factor externo, son coloides muy estables y se usan para proteger a otros, como al de plata, que flocula fácilmente, ya que pertenece al grupo de liófobos.

La floculación de un coloide se lleva a cabo por diversos métodos:

Físicos: electricidad, calor, adsorción.

Químicos: ácidos, bases, sales.

Por la acción de otro coloide.

Por envejecimiento del jugo coloidal.

Entre los coloides que precipitan por el calor tenemos a los liófobos, suspensoides que tienen un alto contenido en cenizas.

Los liófilos que existen en el guarapo, generalmente

emulsiones: gomas, resinas, ceras, no son influenciados por el calor, y deben ser eliminados por otro método. Este tipo de coloides son los que dan la viscosidad a las masas cocidas, y hacen difícil la purga de las centrifugas.

Las cargas de los coloides se neutralizan, cambiando el pH, adicionando cal o ácidos; pues en presencia de cargas negativas se hace imposible la existencia de coloides positivos, y viceversa; sin embargo, en varias ocasiones no es suficiente el cambio de pH, ya que en varias ocasiones los coloides se transforman de un signo a otro y coexisten en los dos campos. Siempre hay un punto en que el coloide flocula (alrededor de pH-7) este punto se llama: Isoceléctrico, y se puede determinar para la mayoría de los coloides existentes.

La inconveniencia en la práctica es que se tienen en el jugo diversos coloides, cada uno con su punto isoelectrico, y la transformación química no es cuantitativa, así tampoco la defecación será buena; lo ideal sería precipitaciones parciales y filtraciones en diferentes puntos isoelectricos, lo que tiene el inconveniente de complicar el equipo y las operaciones; la base de esto se aplica sólo en parte en la Defecación Compuesta. Las gomas y los polifenoles se precipitan en algunas ocasiones con carbón activado, recurriendo también al cloro y al anhídrido sulfuroso. Resumiendo tenemos que en la práctica la defecación va a constar de los siguientes puntos:

Transformar los coloides liófilos en liófilos.

Ponerlos en su punto isoelectrico.

Calentar para floccular y filtrar.

Para llevar a cabo lo primero, hay necesidad de cambiar la constitución del medio, mediante la adición de alguna substancia, que en este caso es la cal, con la formación de la sal de calcio al agregar el ácido, esto trae como consecuencia el ajuste del pH. Para lo segundo se coloca el pH en un punto intermedio que fluctúa alrededor de 7, lográndose una precipitación casi completa.

En la defecación de los jugos de caña se eliminan substancias que al existir en los pasos posteriores del

proceso, nos darían azúcar mala y mieles de baja pureza.

La defecación se efectúa con el fin de:

- 1.—Quitar el carácter ácido del jugo.
- 2.—Obtener mieles de alta pureza.
- 3.—Hacer fácil la filtración, quitarle trabajo al clarificador y evitar un mal asentamiento.

Los factores que determinan el pH al cual debe llevarse la alcalización son los siguientes: El pH de las meladuras debe ser de 7 más o menos. Ese pH debe ser tal que el precipitado filtre bien, asiente bien para dar lugar a jugos claros sin suspensión y que no haya el inconveniente de las inversiones.

La defecación, en la fabricación del azúcar crudo, se efectúa universalmente con cal y aplicando calor, usando algunas veces una pequeña cantidad de fosfato soluble.

Los pasos del proceso y las variaciones en cada caso, son las siguientes:

1.—Método de adición de la cal: como lechada, en porciones o continua; como sacarato.

2.—Control de la cantidad de cal: pruebas periódicas, control de pH; adición automática a través del controlador de pH.

3.—Tiempo en que debe agregarse la cal: antes de calentar, después de calentar, o en partes, antes y después de calentar.

4.—Temperaturas: ebullición, sobrecalentamiento, calentamiento en dos etapas.

5.—Tratamiento del jugo de diferentes molinos: normal, mixto, defecación simple, compuesta y clarificación separada.

6.—Adición de sustancias auxiliares en la defecación y clarificación.

7.—Métodos de asentamiento: Asentadoras abiertas, defecadoras cerradas y continuas.

8.—Tratamiento de las cachazas: Filtración simple, doble, regreso a los molinos, defecación separada de ju-

gos diluidos o con ellos como en la clarificación compuesta.

Es evidente que las combinaciones de las modificaciones de los diferentes pasos, hacen posible un vasto número de procesos.

La adición de la cantidad de cal es esencial en una buena clarificación, poca cal trae como consecuencia mal asentamiento y un jugo turbio, tanto como posibles pérdidas por invasión, mientras que demasiada cal nos da jugos oscuros, aumento en las sustancias gomosas y en las sales de calcio disueltas. Para controlar bien la cantidad de cal, se debe tener un buen control del pH. El pH al cual debe encalarse varía con la localización del Ingenio, madurez de la caña, capacidad de las defecadoras y otras condiciones locales. Sin embargo este punto ha dado lugar a muchas discusiones. Respecto a la cantidad de sales de calcio disueltas en el jugo, Bond, dice:

"El contenido de CaO puede disminuir al agregar cal hasta un pH de 8, en frío sobre este punto el contenido de CaO aumenta rápidamente. Así pues, es posible clarificar jugos con cal y obtener un jugo con menor contenido de CaO que el original".

King, encuentra que "a una reacción no mayor de 7.6 hay menos CaO que en el jugo original".

Pero sin embargo los trabajos de Paine, Keane y Mc Calip demuestran que el aumento en la cantidad de cal y por lo tanto en el pH, provoca un aumento en el contenido de sales de calcio del jugo clarificado y advierten sobre la acción perjudicial de este exceso.

Las opiniones a este respecto son muy variadas, coincidiendo todas ellas en que un aumento en la cantidad de cal, trae como consecuencia una mayor cantidad de sales de calcio disueltas, y que este exceso es perjudicial en la elaboración.

Pero tenemos en cuenta lo siguiente:

"Los miles de ingenios repartidos en el mundo entero presentan problemas individuales de clarificación que deben localizarse precisamente. Los resultados obteni-

dos por investigadores aislados **no** pueden aplicarse a otras condiciones sin investigación previa”.

Como se indicó previamente, la floculación de los coloides se efectúan por diversos métodos, ahora bien, siendo el método general la adición de la cal y aplicación del calor, para tal efecto, en este trabajo se estudia la ayuda de la Bentonita para la floculación por un método físico: la adsorción. Se entiende por adsorción el aumento o disminución de concentración de las fases dispersas en las superficies límites. El aumento de concentración o sea la adsorción positiva es el paso más frecuente. Dispersos moleculares, coloides y fases de dispersión burda, pueden ser adsorbidos, es decir concentrados en las caras de contacto.

Para que el fenómeno tenga más alcance, la superficie de contacto debe ser lo más grande posible, y esto se entiende de la superficie específica, es decir, el tamaño de la superficie dividida entre el volumen del adsorbente. Por esto para adsorbente sólido se escoge la forma pulvurenta, para líquidos: gotas, para gases: el burbujeo.

Defecación compuesta.—En el procedimiento de defecación compuesta Petree-Door, es en el que se abarca mayor cantidad de puntos isoeléctricos de los coloides existentes en el jugo.

En este proceso existe una doble clarificación.

El jugo procedente de la desmenuzadora y del primer molino son calentados en el calentador Primario a 212°F, pasando en seguida al clarificador Primario Dorr, el líquido una vez claro pasa a los evaporadores para seguir en el proceso; y la cachaza proveniente de este clarificador es bombeada a un nuevo calentador (secundario) donde se mezcla con el jugo del segundo molino y pasan al clarificador Secundario Dorr. De esta nueva clarificación, el líquido claro pasa al calentador Primario para mezclarse con los jugos provenientes del primer molino y de la desmenuzadora, y la cachaza secundaria se mezcla con el jugo del cuarto molino y sirve de imbibición al segundo molino. El tercer molino recibe agua de im-

bibición del primer molino. Naturalmente que existiendo más o menos molinos que los aquí indicados, las operaciones recibirán modificaciones de acuerdo con el número.

Eliminación del exceso de sales de calcio.—Para la eliminación del exceso de sales cálcicas enunciadas anteriormente, existe la Super Defecación-Horne:

Esta operación consiste en una alcalización completa con lechada de cal, hasta precipitación total, un calentamiento posterior a 66°C procediendo después a decantar en el clarificador, extrayendo el jugo claro y agregando al jugo, fosfato neutro de sodio, o bien fosfato dicálcico y carbonato de sodio, precipitando así el exceso de sales cálcicas.

Sulfitación.—Las principales materias coloridas existentes en el jugo de caña, son dos taninos, polifenoles que se combinan con el hierro en la molienda y en los pasos posteriores de la elaboración formando con ellos primeramente los compuestos ferrosos, que por oxidación pasan a férricos; los primeros son de color ligeramente verde claro y al contacto del aire y por el calor, pero sobre todo por la acción de las oxidaciones existentes en el jugo nos dan los compuestos férricos de colores oscuros; la sacaretina no es ni con mucho, de la importancia de los taninos como sustancias coloridas. Para eliminar esos inconvenientes hay necesidad de reducir de férricos a ferrosos a estos compuestos, eliminando así mismo a las oxidadas pues de lo contrario volverían a oxidarlas rápidamente. El proceso lógico es poner en contacto al guarapo con sustancias reductoras, las cuales además de reducir descomponen también a las oxidadas, se usan debido a lo económico: sulfitos en sus diversas combinaciones. Se inyecta SO_2 al guarapo, que con la lechada de cal agregada posteriormente forma sulfito de calcio. La cantidad de sulfito debe ser tal que persista en todo el proceso de fabricación, por lo que se encuentra en los pasos finales: azúcar y mieles incristalizables.

Se puede sulfitar antes o después de agregar la lechada de cal:

Sulfitando antes presenta la desventaja de que el pH del jugo baja con peligro de inversión —aunque poca— pero sin embargo, no hay necesidad de volver a ajustar el pH una vez que se ha agregado la cal como sucede con el otro método —sulfitando después— porque el anhídrido sulfuroso es de difícil control y para regular el pH habría necesidad de tener mucho cuidado con el control de anhídrido trayendo como consecuencia pérdida de tiempo y gastos en vano, ya que el método donde se agrega la cal después de sulfitar es mejor.

Podemos decir que el objeto de la sulfitación es:

1.—Impartir al jugo cierta esterilidad —que proporciona el anhídrido— en la primera fase del proceso de elaboración, lo más rápidamente después de su extracción.

2.—La formación de sulfito de calcio durante la alcalización, que envuelva y ayude a asentar los precipitados gomosos originados por la acción de la cal.

3.—Eliminación de los compuestos férricos de los polifenoles indicados, y por consiguiente una decoloración del líquido, aunque ésta no es durable, pues la última fase de la elaboración —mieles— ya no existe.

CAPITULO III

PRUEBAS DE CLARIFICACION USANDO BENTONITA

a) Con mascabado.

Pruebas efectuadas en el Laboratorio Químico del Ingenio de Casasano "La Abeja", en Cuautla, Mor.

1.—Sulfitación.

Alcalización.

Neutralización con ácido fosfórico.

En este método hay un descenso de pH —acidulando al sulfitar— elevación del pH —alcalización en exceso— un nuevo descenso de pH al agregar ácido fosfórico.

Después de la sulfitación, la adición de lechada de cal en exceso ejecuta la clarificación propiamente dicha, eliminando las gomas, y al añadirse posteriormente ácido fosfórico se forma el fosfato de calcio, precipitado voluminoso que envuelve al precipitado gomoso, y que junto con el sulfito de calcio, ayuda al asentamiento y separación de cachazas sin volver el líquido ácido para no ocasionar inversiones, ni redisolución de sales de calcio que permanezcan en solución. Posteriormente se regula el pH final.

En todas las pruebas siguientes se usó Bentonita.

Esta prueba se hizo dejando el pH final, por una parte en A, pH.-7.05 (en el margen casi neutro), y por otra parte en B, pH.-6.88 (en el margen ligeramente ácido), esta diferencia se hizo para observar si con líquidos ligeramente ácidos —que siempre tienen un color más claro— hay mayor o menor inversión, y conocer también la cantidad de calcio disuelta en los jugos clarificados.

La solución de mascabado se hizo a 20° Brix, por estar más cerca de la graduación de los jugos de caña.

A un litro de solución se le añadieron 1.4 gr. de Bentonita, cantidad que se encontró previamente, da los mejores resultados en la clarificación de la solución de mascabado, se sulfitó a pH de 5.5 grado de sulfitación promedio que se obtiene en la torre de sulfitación.

Se le añadió lechada de cal hasta pH de 9.

En esta fase se separó la solución en dos partes iguales.

A.—Acido fosfórico a pH de 7.05; se consumieron 0.2785 gr. de ácido a 85%.

B.—Acido fosfórico a pH. de 6.88 se consumieron 0.3315 gr. de ácido a 85%.

Se calentaron a la ebullición, agitando constantemente y se dejaron asentar. Ambas soluciones se asentaron igualmente bien, quedando el líquido cristalino con un color ligeramente más claro en B —ácido— que en A.

Se hizo una prueba con la misma solución de mascabado a la misma graduación, pero se trató únicamente con Bentonita (1.4 g/lt.) y la cual llamaré C.

Procediendo a analizar los tres líquidos claros, se obtuvieron los siguientes resultados.

1—Comportamiento del líquido claro al hervir.	2—Glucosa.	3—SO ₂ ac. sulfúr.	4—PO ₄ ácido fosfórico.	4—Ca. Calcio en sales.
A.—Aparece un enturbiamiento que se elimina al enfriar.	0.63%	0.32 g/l.	0.00025%	0.071%
B.—	0.69%	0.32 g/l.	0.00035%	0.068%
C.—No precipita	0.73%	0.08 g/l.	0.048%

Observaciones.—Se nota muy ligera inversión en la solución más ácida, pero en ambos casos hubo eliminación de una parte de glucosa contenida en el mascabado (2). En ligero enturbiamiento en las dos soluciones tratadas (A, B) obedece a la precipitación de sales de calcio con el ácido sulfuroso, éstas son más solubles en agua fría que en agua caliente (1). En ambos casos quedó retenida la misma cantidad de ácido sulfuroso.

El mascabado tenía en menor cantidad debido al proceso de donde proviene (3). En la solución más ácida quedó retenida mayor cantidad de ácido fosfórico (4). El contenido del calcio en comparación con el del mascabado aumentó en ambos en igual proporción, pues la diferencia es tan pequeña que queda en los límites correspondientes a errores inherentes al método laborioso y largo de la determinación de calcio. Esto quiere decir que todas las sales de calcio disueltas quedaron en forma de sulfitos permaneciendo un ligero remanente de ácido fosfórico libre, que ocasiona en B, el pH de 6.88.

Los líquidos claros se evaporan al vacío (deficiente de Laboratorio) a consistencia de mieles, con los siguientes resultados:

Color de mieles: A.—clara; B.—clara; C.—oscura.

La transparencia en las tres porciones es semejante: absoluta.

Al inocularlos con semilla, dejándolos en reposo, los tres cristalizaron igual, en los tres principió la cristalización espontánea de azúcar —candy— al cabo de algunas horas.

Tratamiento sin sulfitación:

a) Alcalización primero, y posterior tratamiento con ácido fosfórico (elevación y descenso de pH).

b) Tratamiento con ácido fosfórico y después alcalización (descenso y elevación de pH).

En ambos el pH final se elevó a 7.05. Esto no quiere decir que para lograrlo se puede efectuarlo en todos los casos con las mismas cantidades de substancias químicas, por las siguientes razones:

Lechada de cal.—Neutraliza los ácidos presentes en el guarapo, y aparte se consume para precipitar las gomas —acción gran parte física—, no química que consume la alcalinidad de la cal, dejando el pH intacto.

Acido.—Aunque se haya usado la misma cantidad de cal en varias ocasiones con distintos guarapos, para después bajar a un mismo pH se necesitarán distintas cantidades de ácido, tanto por la distinta acción de los

guarapos como por la variable cantidad de gomas presentes.

Pero como lo importante para una comparación es trabajar al final con los mismos pH, se procedió en esa forma.

Igual que en las pruebas anteriores se utilizó solución de mascabado a 20° Brix, con 1.4 gramos de Bentonita por litro.

	A (Cal primero).	B (Cal al final).
Encalado	9.2 pH
Neutralizado	7.1 pH
Acidulado	6.1 pH
Neutralizado	7.1 pH
Acido consumido .	0.2375 g/l.	0.2875 g/l.

Se calentaron las dos soluciones con los siguientes resultados:

	A	B
Proceso de asentamiento.	lento,	menos lento,
Asentamiento final.	completo	completo
Color.	naranja claro.	naranja claro.
Remanente (Ac. Fosfórico).	0.00038%	0.00040%

Por lo tanto el resultado final en ambos casos es el mismo cuando se trabaja con diferencias de pH aproximadamente iguales.

Bentonitas, su acción general.—Pruebas comparativas entre la B. Americana y la B. Nacional.

0.5 grs. añadidas a 20 c.c. de agua fría.

B. Americana — forma gel.

B. Nacional — se dispersa.

Calentadas a la ebullición.

B. Americana — se dispersa salvo en pequeñas partes.

B. Nacional — se dispersa casi totalmente.

Añadidas cada solución del Bentonita a 250 c.c. de solución de mascabado a 20° Brix.

B. Americana.—Precipitado en frío se asienta bien. Líquido brillante con algo de flóculos finos. Sedimento voluminoso.

B. Nacional.—Precipitado en frío se asienta bien. Líquido brillante con menos flóculos finos. Sedimento menos voluminoso que el anterior.

Calentadas a la ebullición las dos soluciones tratadas con las dos clases de Bentonita.

Se asientan con semejante velocidad, dan líquidos claros, brillantes del mismo color, se asientan igualmente bien (asentamiento total) sedimento mayor en la solución tratada con B. Americana.

Al añadir las Bentonitas al líquido frío en seguida se forma un precipitado floculoso que se asienta rápidamente dejando un líquido brillante y transparente. Al tratar este líquido con cualquiera de los métodos químicos en frío, el precipitado formado con la cal y el ácido o los ácidos ya no se asienta, hay necesidad de calentar la solución a la ebullición para lograr el asentamiento. Al evaporar el vacío líquidos claros (provenientes de mascabado) tratados con Bentonita únicamente, se obtienen meladuras completamente transparentes sin ningún precipitado, fáciles de cristalizar, produciendo azúcar blanca y brillante.

Lo que se escribe anteriormente respecto a las dos clases de Bentonita, éstas corresponden a las dos clases cuyos análisis aparecen al principio.

Notamos que la influencia de la Bentonita es benéfica para la clarificación de los líquidos azucarados, ahora que, de las dos clases de Bentonita la que mejores resultados da es la Nacional, por las razones expuestas.

PRUEBA CUALITATIVA COMPARATIVA DE LOS CUATRO METODOS

- 1.—Sulfitación. — Alcalización.
- 2.—Sulfitación. — Alcalización. — Ac. fosfórico.
- 3.—Acido fosfórico. — Alcalización.
- 4.—Bentonita sola.

El método N° 4 con Bentonita sola posee pH de 6.8 del mascabado, el resto de los métodos, con pH final de 6.7.

Las cuatro pruebas mostraron buen asentamiento, dieron líquidos claros, transparentes y brillantes. Al vol-

ver a hervir esos claros se enturbiaron y se clarifican al enfriarse, el método en que menos se enturbia es el N° 4, con Bentonita sola; las razones aparecen indicadas anteriormente. El color más claro es el del N° 2, le sigue el N° 1, iguales quedan 3 y 4. La diferencia de color entre todos ellos es poca. Lo anterior se explica ya que en el método N° 2 hay mayor eliminación de sustancias extrañas, pues la variación en la escala de pH es más amplia y se tocan mayor número de puntos isoeléctricos de los coloides existentes, y además de usar ácido fosfórico para ajustar el pH tiene este método la decoloración debida a la acción del SO_2 .

Los métodos 3 y 4 obran solamente eliminando las sustancias no azúcares, principalmente de una manera física, por la acción del precipitado formado, que por su naturaleza las envuelve o adsorbe, ayudando a asentarse rápidamente; ya que como se dijo antes la acción de la Bentonita sólo es Físico-Química, ya que de ningún modo reacciona con sustancias existentes en el jugo.

Se preserva más tiempo sin descomponerse las soluciones tratadas con los métodos 1 y 2, por la acción preservativa del SO_2 .

Si se concentran los líquidos claros y se dejan evaporar pequeñas cantidades sin aplicación de calor, sino espontáneamente, con el objeto de observar la cristalización, se nota lo siguiente:

Los correspondientes a los métodos 1 y 2, dejan un residuo de miel viscosa sin trazas de cristalizar.

El correspondiente al N° 4, cristaliza sola, completamente. El correspondiente al método y N° 3 empieza a cristalizar más tarde, apareciendo pocos cristales.

Conclusión.—Los jugos tratados con ácido sulfuroso aunque se conservan más tiempo, sufrieron deterioros que los volvió incapaces para cristalizar espontáneamente. El líquido tratado con ácido fosfórico sí cristaliza aunque no totalmente, observándose mayor capacidad para hacerlo en el líquido claro procedente del método N° 4, tratado con Bentonita sola. Lo anterior nos indica que los diversos defecantes y clarificantes usados, ejercen influencia diferente sobre la cristalización de los lí-

quidos concentrados procedentes de los claros correspondientes, así como que la acción de la Bentonita a este respecto es Benéfica.

El análisis promedio del mascabado disuelto a 20° Brix, con el que se efectuaron las pruebas anteriores es:

Brix/20°C.	20.2
Sacarosa	19.6
Glucosa	0.44
Pureza ap.	96.90

PRUEBAS DE CLARIFICACION, USANDO BENTONITA

b) Con guarapo.

Debemos tomar en cuenta que las pruebas efectuadas y enunciadas aquí, se hicieron con soluciones de mascabado desprovistas de la mayor parte de las impurezas del guarapo, y que por lo tanto con este último pueden variar algo, aunque el mascabado cuantitativamente tiene menos impurezas, éstas proceden también del jugo de la caña, y por consiguiente deben tener cualidades parecidas. Basándose en esto tomaré las observaciones y bases generales enunciadas en el inciso (α) como buenas, para las pruebas efectuadas posteriormente con el jugo.

El análisis promedio del guarapo usado para las siguientes pruebas es:

Brix/20°C.	15.8
Sacarosa	14.2
Glucosa	0.34
Pureza ap.	90.2

Los pH finales fluctúan entre 6.7 y 6.8 en todos los casos, con motivo de hacer comparaciones entre los diversos métodos que se llevarán a cabo.

En las pruebas previas, con el objeto de observar el momento de la defecación en que la Bentonita debe ser agregada al guarapo para que actúe mejor, se lograron los mejores resultados adicionándola al final.

1.—Encalado hasta pH de 7.8.

Ajuste de pH 6.7 con ácido fosfórico.

Acido consumido 0.161 g/lit.

Bentonita 1.4 g/lit.

El asentamiento es lento, el líquido queda de un color naranja obscuro pero cristalino.

Análisis del líquido claro.—En los análisis que se llevarán a cabo de los líquidos claros correspondientes, se procedió del mismo modo que en el control del Ingenio.

Brix/20°C.	16.20
Sacarosa	14.58
Glucosa	0.39
Pureza ap.	90.01
Acido fosfórico	0.00021 g/lit.

2.—Encalado hasta pH de 7.8.

Ajuste de pH a 6.7 con ácido fosfórico.

Consumido 0.153 g/lit.

Bentonita 1 g/lit.

La clarificación es mala, pues el líquido quedó turbio, por lo que se deshecha, pero se asienta aquí para dar una idea de las cantidades de Bentonita que se probaron relacionándolas con su acción.

3.—Encalado a pH de 8.

Ajuste final de pH a 6.7 con ácido fosfórico.

Acido consumido 0.178 g/lit.

Bentonita 2 g/lit.

Asentamiento satisfactorio, líquido naranja y cristalino.

Análisis del líquido claro.

Brix/20°C.	16.28
Sacarosa	14.71
Glucosa	0.31
Pureza ap.	90.29
Ac. fosfórico.	0.00026 g/lit.

4.—Bentonita 1.4 g/lit.

Encalado hasta pH de 7.6.

Ajuste de pH a 6.8 con ácido fosfórico.

Acido consumido 0.160 g/lit.

Líquido obscuro, cristalino, su asentamiento es lento y defectuoso quedando flóculos en el seno del líquido.

El líquido filtrado tiene como análisis el siguiente:

Brix/20°C.	15.93
Sacarosa	14.39
Pureza ap.	90.00
Glucosa	0.33
Acido fosfórico.	0.00022 g/lit.

Este experimento se asienta aquí para hacer notar la diferencia entre los números 1 y 4 que tienen las mismas cantidades de los mismos reactivos, y siendo el mismo guarapo presentan alterado sólo el orden de adición de las substancias. En éste la Bentonita se agregó al principio, y el asentamiento fué defectuoso, es decir la Bentonita no ejerció ninguna acción sobre el precipitado al ser agregada al principio del método. Pero sin embargo al agregarla al final el asentamiento es satisfactorio, lo que nos indica que la acción de esta substancia es sólo físico-química, pues al entrar en acción la Bentonita se encuentra con el precipitado ya formado, y su influencia se deja sentir más, ya que engloba las substancias precipitadas ayudándolas a asentarse rápidamente.

Las pruebas anteriores fueron hechas agregando la Bentonita a 50 c.c. de agua fría, calentando después cerca del punto de ebullición y agitando constantemente, esta solución se agregó al jugo ya tratado con los demás reactivos, calentándolo posteriormente a la abullición, agitándolo de vez en cuando. Siguiendo esta secuela se hizo una prueba, dividiendo en dos partes una vez que se agregó la Bentonita.

A.—Calentando a la ebullición pero sin agitar.

B.—Calentando a la ebullición agitando constantemente.

En la porción A, el asentamiento es lento y queda el líquido un poco turbio, sin embargo en la solución B, el asentamiento es más rápido y el líquido es cristalino, el color en ambas partes es semejante.

5.—Encalado a pH de 7.8

Ajuste de pH a 6.8 con ácido fosfórico.

Acido consumido 0.154 g/lt.

Bentonita 1 g/lt. (disuelta en 50 c.c. de agua a 70°C.).

Esta prueba se hizo en frío, dejando asentar, el asentamiento es lento y el líquido permanece turbio. Aquí lo único que se calentó fué la solución de Bentonita para disolverla completamente; el guarapo se trató con los demás reactivos, en frío añadiéndose después la Bentonita, los resultados en esta prueba no son satisfactorios.

6.—Encalado hasta pH de 7.

Bentonita 2 g/lt.

Líquido naranja obscuro, turbio.

Análisis del líquido clarificado.

Brix/20°C.	15.88
Sacarosa	14.41
Glucosa	0.336
Pureza ap.	90.90

Las pruebas siguientes se efectuaron con guarapo de la misma graduación.

Brix/20°C.	16.10
Sacarosa	14.22
Glucosa	0.320
Coef. Gluc.	2.25
Pureza ap.	88.30

Se trató con el siguiente método:

Sulfitación a pH de 4.4.

Alcalización a pH de 6.9 a 7.

Separando siete porciones iguales, a cada una de ellas se le agregó diferente cantidad de Bentonita Nacional.

a).—Bentonita 1 g/lt.

b).—Bentonita 1.5 g/lt.

c).—Bentonita 2.0 g/lt.

d).—Bentonita 2.5 g/lt.

e).—Bentonita 3.0 g/lt.

f).—Bentonita 3.5 g/lt.

A medida que aumenta la cantidad de Bentonita, la clarificación es mejor, pero existe un límite después del cual el precipitado es muy abundante y en el líquido permanecen flóculos muy finos, de difícil asentamiento, pues el exceso de Bentonita no se asienta perfectamente y queda en el líquido.

Este límite se encuentra entre 2 y 3 g/lt. Los colores de los líquidos claros de las 7 porciones son semejantes, color naranja claro, la diferencia entre ellos es difícil de apreciarla a simple vista.

Veamos otra prueba para apreciar las cantidades de Bentonita reduciendo la amplitud de la substancia que se agregue.

Sulfitación hasta pH de 4.4.

Alcalización hasta pH de 7.0.

Agregando: a) 2.0 g/lt. de Bentonita.

b) 2.5 g/lt. de Bentonita.

c) 3.0 g/lt. de Bentonita.

A tres cantidades iguales de guarapo tratado con el procedimiento indicado.

La prueba b, fué la que dió mejores resultados de asentamiento, filtró mejor y más rápido, pero con muy ligera mejoría sobre las otras dos (a, c); sin embargo hay que indicar que es preferible bajar la cantidad por razones lógicas de economía y por las causas citadas, de acumulación de precipitado. En una prueba más, agregando 2.2 g/lt. de Bentonita, los resultados fueron los mismos obtenidos con las hechas inmediatamente antes, o sea los deseados para una buena clarificación.

Usando Bentonita Americana, el límite se encuentra aún más bajo, variando entre 1.8 y 2.0 g/lt., obteniéndose los mejores resultados indiferentemente con cualquier cantidad entre esos límites, prefiriéndose por consiguiente 1.8 g/lt.

Por lo que vemos, podemos usar B. Nacional, que por las razones expuestas antes, es preferible por su mejor dispersión.

Los análisis de los jugos claros correspondientes son:

	Bentonita Nal. (2g/lt.).	B. Americana (1.8 g/lt.).
Brix/20°C.	16.12	16.17
Sacarosa	14.22	14.27
Glucosa	0.32	0.31
Coef. Gluc.	2.25	2.24
Pureza	88.21	88.34

	Bentonita Nal. (2g/lt.).
Brix/20°C.	16.17
Sacarosa	14.22
Glucosa	0.32
Coef. Gluc.	2.24
Pureza ap.	88.18

Los resultados del análisis como se puede observar son bastante semejantes. Con muy grandes cantidades de Bentonita se obtiene una ligera eliminación de glucosa y sacarosa, originada tal vez por un englobamiento tan grande que arrastra en su seno pequeñas cantidades de esas substancias.

Usando indistintamente:

2.2 g/lt. de Bent. Nal.

1.8 g/lt. de Bent. Amer.

Es decir, tratando 1 lt. de guarapo con una clase de Bentonita y otro litro con la otra clase, se mezclan los dos litros, se lleva a la ebullición agitando constantemente. Se observa una buena clarificación y un análisis satisfactorio del líquido claro. El tratamiento previo a la adición de la Bentonita es el mismo seguido: Sulfitación-alcalización, teniendo un pH final de 6.9 a 7.

Se efectuó una prueba con adición de ácido fosfórico.

Sulfitación a pH de 4.4.

Alcalización a pH de 8.5.

Acido fosfórico a pH de 6.9 a 7.

Bentonita Nacional 2.5 g/lt.

Acido consumido 0.278 g/lt.

Los resultados son buenos, pero el costo del tratamiento es elevado, ya que se podrían obtener líquidos claros igualmente buenos usando el método de sulfitación.

ción y alcalización simplemente, pero aplicándolo de una manera correcta y con adición de Bentonita.

Al principio de esta parte se hace constar que las pruebas efectuadas se hicieron con guarapo diluido, repito aquí esto, pues los resultados obtenidos usando este guarapo o bien guarapo normal son diferentes, pues con este último con la misma secuela en los tratamientos se observa una mayor lentitud para el asentamiento, debido a la oposición que presenta la concentración de la solución así como su viscosidad, por lo que si la imbibición no existe habría necesidad de efectuar nuevas pruebas con guarapo normal.

Por último una prueba que por su economía no deja de ser importante, pero por su misma naturaleza hay la posibilidad de aumentar la cantidad de sales de calcio disueltas, y se presta a muchas objeciones.

Encalado a pH de 7.0.

Bentonita (según las cantidades indicadas).

Los líquidos resultantes son un poco turbios y oscuros, lográndose una meladura de color muy oscuro.

Con diferentes cantidades de Bentonita.

A.—Encalado.

Bentonita Nal. 2 g/lt.

B.—Encalado.

Bentonita Nal. 3 g/lt.

Los claros son semejantes, de las características enunciadas, el asentamiento es defectuoso. Los análisis son:

	G. Mezclado.	A (2g/lt.).	B (3 g/lt.).
Brix./20°C.	15.72	15.60	15.65
Sacarosa	14.56	14.57	14.59
Glucosa	0.290	0.286	0.281
Coef. Gluc.	1.99	1.96	1.92
Pureza ap.	92.80	93.00	93.30

CAPITULO IV

RESUMEN DE LOS DIVERSOS METODOS

Sulfitación — Alcalización — Acido fosfórico.

Con este método se obtuvieron jugos claros, brillantes, durables, pero con contenido de sulfito de calcio, mismo que puede ocasionar incrustaciones en los vasos de los evaporadores.

Sin embargo este efecto es inhibido con la añadidura de ácido fosfórico, que ocasiona precipitados floculosos y no adherentes.

a) Alcalización-fosfórico.

b) Fosfórico- alcalización.

Ambos tratamientos dan resultados semejantes. El asentamiento en (a) es un poco más lento, pero con más que suficiente rapidez para que sea útil en la clarificación. Económicamente también es mejor el método (a). Sobre el método anterior (Sulfitación-alcalización-ácido fosfórico), tiene cualquiera de estos dos métodos menos peligro de inversión, mayor capacidad de cristalización, menor peligro de incrustaciones, por la menor cantidad de los reactivos usados, y que las ocasionan, aunque la conservación de los jugos es menor que en el primero, pero se puede remediar observando una buena limpieza en el trayecto del guarapo.

Con Bentonita sola.—Para el mascabado, este método es bueno por el pH existente (6.8-6.9), pero para el guarapo es conveniente ajustar el pH previamente.

El método sería: alcalización hasta neutralizar Bentonita.

Este método ofrece una buena defecación debido a

la acción de la cal, pero presenta un inconveniente, pues aumenta la cantidad de calcio disuelta ocasionando incrustaciones. Respecto a esto hay diversas opiniones asegurando por un lado que la Bentonita elimina el calcio del jugo, lo que es dudoso pues la Bentonita no tiene iones intercambiables con el calcio.

Alcalización-ácido fosfórico-Bentonita.—Con este método, añadiendo la cantidad encontrada experimentalmente, de Bentonita (2 a 2.2 g/lt.) se obtiene una buena clarificación y en los análisis de los jugos antes y después del tratamiento no hay pérdidas considerables de sacarosa, sucede todo lo contrario, pues hay una eliminación de glucosa. Aunque debe tenerse en cuenta el ajuste del pH.

En la prueba N° 4 se ve que agregando Bentonita antes de los demás reactivos no actúa en la misma forma que añadiéndola al final.

La agitación tiene gran influencia en la buena clarificación.

La Bentonita debe disolverse previamente en agua caliente, procurando esté a la abullición el menor tiempo posible para evitar que se formen grumos gelatinosos, especialmente con la Bentonita Americana, que no se dispersa totalmente al contacto de agua caliente, y puede tapar las tuberías cuando se usa en la práctica, ya en grandes cantidades.

La Bentonita se debe agregar al final de los reactivos para que su acción obre sobre el precipitado formado por ellos.

Debe existir una agitación enérgica y continua al agregarla y posteriormente, hasta que el líquido penetre al clarificador, porque se ha encontrado que ese agitación hace que el asentamiento sea más perfecto y más rápido.

Sulfitación-alcalización-ac. fosfórico-Bentonita.—Este método da líquidos claros, brillantes, de asentamiento rápido porque tal vez toque varios puntos isoeléctricos de los coloides existentes en el jugo como se dijo antes, ya que la variación que se hace del pH es muy grande.

Pero así mismo presenta la inconveniencia del alto costo y puede provocar incrustaciones por la cantidad de reactivos, especialmente cal, que se agregan en el proceso. Hay que tener mucho cuidado con la variación del pH para usar la menor cantidad de ácido fosfórico, por la razón expuesta de economía. La adición de ácido fosfórico puede remediar en mucho el peligro de las incrustaciones, pero no deja de existir ese inconveniente.

Observaciones.—El uso de la Bentonita trae consigo una gran producción de cachaza ligera, la que, contando con un procedimiento igual o semejante al Petree, pueden obtenerse los mejores resultados con ella. Se notará que las pruebas efectuadas con guarapo, se ha fijado como pH final 6.9-7, porque la Bentonita por la irregularidad en la calidad, presenta en la proporción usada (2.0-2.5-3.0 g/lit.) una elevación de pH entre 0.08 y 0.1, cosa que no debe ser pues la Bentonita debe ser neutra ya que no tiene iones libres que le den ese carácter alcalino ligero que se observa. Por las variaciones consistentes siempre sería preferible que antes de aplicar a la práctica esta substancia que es de gran ayuda para la clarificación del jugo de caña, se efectuasen unas pruebas preliminares en el Laboratorio, para conocer la variación en la alcalinidad o acidez que puedan producir las cantidades que se van a usar para obtener una buena clarificación, dichas cantidades dependen del guarapo con que se trabaje, de la caña de donde proceda, su graduación, pureza, etc.

CONSIDERACIONES SOBRE CLARIFICACION

1.—El contenido mayor de guarapo consiste en ácidos orgánicos, gomas, pectinas, etc., sales muy pocas, las que no se eliminan y si lo son en muy poca cantidad, con ningún tratamiento.

2.—La cal como álcali neutraliza primero los ácidos orgánicos, todas las sales orgánicas de calcio son solubles, así si se limita a alcalizar a neutro, se aumenta el contenido en sales de calcio, existentes en el jugo.

3.—La precipitación de las gomas, más que una reacción química es un fenómeno físico-electrostático, ocasionado hasta ahora siempre con reactivos alcalinos o con metales pesados, tratándose ahora de hacerlo con Bentonita, que sin entrar en reacción química y no variar el pH, ocasiona una buena precipitación de gomas.

4.—La prueba de que la acción de la precipitación es física, da prácticamente el comportamiento de la Bentonita.

5.—Ningún ácido provoca precipitación por sí solo, sino que sólo aclara el color temporalmente.

6.—El efecto del SO_2 y del ácido fosfórico por lo tanto no es defecante —por sí solos— su papel está en hacer posible la eliminación del líquido en las gomas precipitadas por la cal, ya sea por asentamiento o por filtración, porque las gomas precipitadas son: voluminosas o finas; esto no sucede con la Bentonita que las precipita en forma compacta, y rápidamente se asientan. El papel del SO_2 y del ácido fosfórico está en formar sales cálcicas pesadas que envuelvan y aumenten el tamaño de estas gomas y hagan posible su asentamiento rápido, a la vez eliminan el calcio disuelto.

7.—En cuanto la Bentonita su único efecto pero sumamente valioso es el electrostático mencionado, no elimina el calcio del jugo, porque no tiene iones intercambiables con el calcio como las Zeolitas.

CAPITULO V

BIBLIOGRAFIA

- SPENCER GUILFORD L.—*Manual de Fabricantes de azúcar de caña y Químicos Azucareros*.—N. York, — John Wiley and Sons Inc., 1932.
- GEERLIGS H. C. PRINCEN.—*Manufacture of Cane Sugar*.—Of. of The Sugar Cane, 1912.
- ULLMAN FRITZ.—*Enciclopedia de Química*.—Tomo V.—Industria Química Orgánica y sus Productos.
- NOEL DOERR.—*Cane Sugar*.—London.—N. Redger, 1921.
- BROWNE A. CHARLES.—*Sugar Analysis*.—N. York. J. Wiley and Sons, 1912.
- EDITORIAL AZUCARERA MEXICANA.—*Sistema de Control para Fábricas de Azúcar y diversos estudios Técnicos*. Folleto.
- ALEXANDER JEROME.—*Colloid Chemistry*.—N. York.—The Chem. Cat. Co., 1926.
- OSTWALD WOTGANG.—*Practical Colloid Chemistry*.—"The world on neglected dimentions".—N. York.—J. Wiley, 1922.
- GUZMÁN MÉNDEZ ODÓL.—"*La Alcalización Fraccionada y varios calentamientos en los jugos de difícil clarificación*". Tesis, 1947.
- PONS CHAIX MIGUEL.—"*Floculación de coloides en el jugo de caña*". Tesis, 1938.