

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

ESTUDIO SOBRE LA IMPORTANCIA
DEL CONTROL QUIMICO
EN LA PRODUCCION AZUCARERA
DE EL SALVADOR

TESIS

*PRESENTADA A LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS DE LA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*

POR

RICARDO GUTIERREZ PERDOMO

*COMO ACTO PREVIO DE SU INVESTIDURA ACADEMICA PARA
OBTENER EL TITULO DE:*

DOCTOR EN QUIMICA Y FARMACIA

SAN SALVADOR, REPUBLICA DE EL SALVADOR, C. A.

OCTUBRE DE 1963



T
6641
8984e
1963
F.C.Q.
E.2.

068239

UES BIBLIOTECA CENTRAL

INVENTARIO: 10123472

S:2

T
547.7813
G 984e
1963
F.C.C.QQ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

Doctor Fabio Castillo Figueroa

SECRETARIO GENERAL

Doctor Mario Flores Macall

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

VICE-DECANO EN FUNCIONES

Doctor Victor Alejandro Berdugo

SECRETARIO

Doctora Leticia Calles de Romero H.

JURADOS

PRIMER EXAMEN GENERAL PRIVADO

Presidente	Doctor	Raúl Montoya Parada
Vocal	Doctor	Rafael Aráuz Rodríguez
Secretario	Doctor	Amílcar Avendaño y Ortiz

SEGUNDO EXAMEN GENERAL PRIVADO

Presidente	Doctor	Miguel Angel Anaya
Vocal	Doctor	Carlos Mata Gavidia
Secretario	Doctor	Elías Alvarado Cornejo

EXAMEN DE TESIS

Presidente	Doctor	Juan Ramiro Díaz
Vocal	Doctor	Mario Atilio Herrera
Secretario	Ingeniero	Roberto Abrego

Acto que dedico

A la memoria de mi querido hermano

Doctor José Adolfo Gutiérrez Perdomo

ESTUDIO SOBRE LA IMPORTANCIA DEL CONTROL
QUIMICO EN LA PRODUCCION AZUCARERA DE EL SALVADOR

OBJETO

Entre los motivos que me inducen a presentar este trabajo, se destaca grandemente las pérdidas que anualmente tienen los Ingenios que no llevan un control químico adecuado, o ninguno en absoluto, habiéndome dado cuenta de dichas pérdidas por el hecho de haber trabajado durante tres temporadas en un Ingenio donde al control químico se le da importancia que merece y cuyos resultados son a todas luces positivos, visitando durante ese tiempo otros Ingenios donde no existe un Laboratorio adecuado, pudiendo constatar de esa manera las considerables pérdidas de azúcar, combustible, etc. por la ausencia precisamente de dicho control, pérdidas que se hacen más notables en el bagazo y las mieles finales por su alto contenido en azúcar.

Es mi deseo que este trabajo tenga aplicación en más de un Ingenio y que su rendimiento aumente notablemente para bien de la Industria y por ende de la Economía Nacional.

ESTUDIO SOBRE LA IMPORTANCIA DEL CONTROL
QUÍMICO EN LA PRODUCCION AZUCARERA DE EL SALVADOR

DESARROLLO

CAPITULO I

CONTROL EN MATERIAS PRIMAS : Caña, Variedades de cañas, Cultivo, período de siembra, Distanciamiento y cantidad de siembra, Abonado, Madurez y Corte, Contenido en Azúcar, Agua, Fuego, Análisis de tierras, Azufre y Cal, Pág. 1 a 15

CAPITULO II

CONTROL DE PERDIDAS DE AZUCAR EN : Bagazo, Cachaza, Miel Final, Inversión del Azúcar, Lavado de Miel en la centrifugación, Pág, 15 a 24

CAPITULO III

CONTROL DEPURIFICACION DE JUGOS Y CRISTALIZACION DEL AZUCAR
Sulfitación, Encalado del jugo, Modos de encalado, Preencalado.
pH, concepto, Importancia, Métodos de determinarlo.
Calentamiento, Clarificación, Filtración, Evaporación, CRISTALIZACION, Pág. 24 a 53

CAPITULO IV

OTROS ANALISIS QUIMICOS LLEVADOS A CABO.- Agua en calderas, Azúcar en las aguas de alimentación de las calderas, manera de detectarla.
Contaminación con Hongos, Levaduras y Bacterias.
Pág. 53 a 57

CAPITULO V

EQUIPO USADO EN EL LABORATORIO.- Cristalería, Termómetros, Estufas, Digestor, Desecadores, Hornos, Vacío, Areómetros, Refractómetros.
Sacarimetría Óptica, Sacarímetros. Balanzas, Agua destilada, Destiladores, Pág. 57 a 61.

CONCLUSIONES

ESTUDIO SOBRE LA IMPORTANCIA DEL CONTROL QUIMICO
DE LA PRODUCCION AZUCARERA EN EL SALVADOR

C A P I T U L O - I

CONTROL EN MATERIAS PRIMAS

LA CAÑA DE AZUCAR

Su nombre científico es: Saccharum Officinarum.

Pertenece a la clase de las Monocotiledóneas, Subdivisión Angiospermas, Orden de las Glumifloras, Familia Gramíneas, género de las Panicóideas.

Posee el tallo macizo como el maíz, llega a medir de 3 a 4 metros de alto. Probablemente es originaria del Asia Tropical, cultivándose actualmente en todos los países cálidos del mundo, principalmente en las Antillas y América Meridional, también se cultiva en el mediodía de España.

Sus flores son faltas de perigonio y pequeñas, poco vistosas. Se disponen en espiguillas y estas se agrupan en inflorescencias en panícula.

VARIETADES DE CAÑAS

Entre los grupos principales en que las numerosas variedades de caña conocidas pueden clasificarse están: cañas nobles, cañas chinas, caña salvaje de Asia e híbridos de cañas nobles.

Las variedades son generalmente designadas mediante un número precedido de una ó más letras, que indican el país de origen de la variedad.

Así: D, significa Demerara;

B, " Barbadas;

H, " Hawa;

PR, " Puerto Rico;

POJ, " Proeftation Oost Java, ó Estación Experimental del Este de Java.

Las cañas nobles son ricas en azúcar, jugosas, tiernas y gruesas. Proceden de la *Saccharum Officinarum* originaria de las Antillas y son poco resistentes a las enfermedades; las principales son la Bourbon, BH 10-12, cristalina, Big-Tana, Santa Cruz, D74 y otras.

La caña Uba representa al tipo de cañas chinas, que son resistentes a las enfermedades, pero de autofecundación difícil, por la degeneración de su polen; son cañas fibrosas, delgadas y duras. También están la Kavangire y la Kwinga.

La Chunnes es caña del norte de la India, originaria de muchos híbridos y resistente al mosaico.

La mayor parte de los híbridos de las cañas nobles de la Chunnes derivan del cruzamiento de ésta con la Black Cheribon o la Striped Preanger, obtenidas en Java tratando de encontrar cañas resistentes al Sereh que hizo estragos en las plantaciones de dicha isla; son cañas de fibra y de buen rendimiento, aunque de riqueza inferior a la de las mejores cañas nobles; resisten al frío y al mosaico.

En los últimos diez años la industria azucarera del país casi ha duplicado su producción: Este notable incremento no obedece precisamente al aumento de manzanas cultivadas, sino al aumento de producción por unidad de su superficie, indicando esto que ha existido una superación, tanto en el aspecto económico como en el industrial.

trial (elaboración de azúcar).

La Kassoer es el tipo de híbridos de cañas nobles con cañas salvas, que procede del cruce de la Black Cheribon con la Saccharum Spontaneum. Esta es una caña salvaje procedente del Sureste de Asia, donde crece espontáneamente y se propaga por medio de semillas dotadas de pelusas finas que flotan en la atmósfera. Su riqueza en azúcar es baja, pero es inmune al mosaico, carácter predominante que transmite a sus híbridos, y si bien la primera generación es de baja riqueza en azúcar, la segunda, siempre inmune al mosaico, tiene una riqueza ya aceptable.

del cruzamiento de la Kassoer con la P.O.J.100 se obtuvo la P.O.J.2364, que por ser pobre en azúcar hubo que cruzar con otra variedad rica, la EK 2B, una de las variedades típicas de Java. Este último cruzamiento produjo la 2725 y sus hermanas 2714 y 2722, luego se obtuvieron la 2878 y 2883.-

Hay estaciones experimentales, dotadas de todos los medios, que se dedican a la investigación de nuevas variedades; y anualmente se ensayan y estudian millares de híbridos; el proceso es lento y para formarse una idea de ese trabajo de selección basta hacer la siguiente relación: en una estación experimental 126000 nuevos híbridos se redujeron a 83 después de varias selecciones. Ya que el efecto tarda en apreciarse algunos años.

Los análisis químicos realizados en el jugo, la determinación de fibra etc. conjuntamente con la experiencia en cuanto resistencia o enfermedades, frío, etc. hace posibles. Es por ello que todo Ingenio debe estar dotado de un laboratorio en donde poder realizar los trabajos de análisis pertinentes.

A continuación expongo datos estadísticos sobre las nuevas variedades de caña para distribución en El Salvador.

Todos estos ensayos, análisis, etc. fueron llevados a cabo en la

Estación Experimental de San Andrés, que se encuentra a una altitud de 475 mts. Tiene una precipitación Pluvial promedio de 1712 mm. La temperatura varía entre 22.6 y 34.3 °C.

El promedio de humedad relativa oscila entre 68% y 85%. El suelo es de textura franco-arcilloso.

Las pruebas se llevaron a cabo con 26 variedades de caña de azúcar procedentes de Puerto Rico. Los resultados obtenidos a través de 5 años de experiencias pueden resumirse en la siguiente tabla:

PROMEDIO DE TONELADAS DE CAÑA POR MANZANA:

Caña de I Corte (Plantilla)	90 tons.
" de II Corte	70 Tons.
" de III "	60 "
" de IV "	50 "
" de V "	40 "

La nueva planta se empieza a ver en un período de 8 a 20 días. Desde su siembra debe tenerse sumo cuidado en el cultivo hasta la recolección; hay que hacer un deshierbo (escardado) dos semanas después de la germinación, procediendo luego a reponer las partes muertas y al aporcado, amontando al pie de las nuevas plantas la tierra lanzada a izquierda y derecha en la apertura de los surcos. Luego hay que deshierbar cuantas veces sea necesario.

RENDIMIENTO DE LAS VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVÉS
DE CINCO CORTES CONSECUTIVOS

Variedades	Rendimiento	Ton. (2.000 lbs.)	Análisis Brix	de los Jugos		Rendimiento	
	to medio			Pol	Pureza		lbs./ton. caña
	Ton./Ha.	Per Manzan- na	corregido				
D	34166	107	82.2	19.30	16.24	83.96	225
H	828560	102	78.0	18.11	17.87	88.05	253
CO	419	100	77.0	18.13	15.13	83.41	208
B	37161	95	73.1	19.32	17.29	89.48	247
B	41211	99	76.2	18.13	15.06	82.76	257
PR	1000	89	68.5	19.31	16.39	84.75	228
PR	933	85	65.4	20.56	18.19	88.45	258
POJ	2961	85	65.4	21.02	19.51	92.25	282

1 Manzana = 0.7 Hectáreas 1 ton. métrica = 2.200 lbs.

1 Ha = 1.43 Manzanas 0.91 ton. métrica = 1 ton.

Además de las Variedades anteriores, se cultivan también las siguientes:

Caña	M-36	
	P-R	980
	P-R	928

Rayada o sea la criolla.

ABONADO

Generalmente se llegan a cabo dos abonados: una de Materia Orgánica en la nascencia y otro de abono químico después de la segunda deshierbada.

Cuando está madura la caña se corta muy cerca del suelo, separando el cogollo por encima del nudo más alto que tenga coloreado; en los lugares donde la caña se riega es conveniente separar los dos ó tres últimas nudos superiores para siembra.

En algunos países se corta hasta un pie por debajo del suelo. En el capítulo siguiente trataré más ampliamente lo que respecta a la madurez de la caña y la como Física y la Química nos ayudan a conocer exactamente el período apropiado para su corte.

En algunos cañaverales donde existen hierbas irritantes, recomiendan quemar para facilitar el corte, si bien debe de extraerse el jugo a dicha caña lo más pronto posible, para evitar pérdidas ocasionadas por agentes externos, que trataré en el capítulo siguiente.

CULTIVO.

No será esto un tratado sobre dicho tema, ya que para ello se necesitaría verdaderamente una obra completa, sino que haré un esbozo de las fases más importantes y que sean de más interés para el tecnólogo azucarero salvadoreño.-

Lo primero que debe hacerse es una limpieza cuidadosa. Retirar los residuos del cultivo anterior que sean perjudiciales a la nueva siembra, extirpar las hierbas dañinas usando para ello mo dernos herbicidas.

Después se realiza el laboreo del terreno. Es recomendable una labor tan profunda como sea posible. Hay que dar a las labores la importancia que merecen, poniendo la tierra en las mejores condiciones para el desarrollo de las raíces, homogenizándola y haciéndola permeable a la humedad, con lo que se impide o evita el estancamiento del agua que tan nocivo es a la industria azucarera.

Tampoco es conveniente llevar a cabo la labranza a continuación de un excesivo tiempo lluvioso, pues sucede que los terrones levantados vuelven a caer tan pronto pasa el arado.

En caso de tratarse de tierras muy compactas, hay que pasar después de las labores un rastrillo con el fin desnenuzar los te-rrones. Luego se dejan pasar algunas semanas para proceder al asurcado.

La semilla solamente se usa en las estaciones experimentales, - con miras a la obtención de híbridos.

En algunas partes emplean toda la caña, pero lo más corriente es utilizar trozos de tallo de unos 50 cm. de largo, cuidando que cada uno tenga al menos 3 o 4 yemas, las cuales se desnudan a-rrancando las hojas que rodean el tallo. La operación de resiembra se lleva a cabo en un tiempo variable, pues algunos cañales

hay que renovarlos cada tres años, otros hay que duran hasta seis, dependiendo naturalmente de la clase de terrenos, clase de caña, plagas, etc.

Una práctica muy recomendable es la de desinfectar los trozos de semilla ó sus extremos cortados, para contrarrestar los efectos de microorganismos productores de fermentaciones.- Las estacas ó trozos de caña se colocan punta a punta. Cuando es la caña entera la que se planta, la yema más joven en su extremo superior más próxima al cogollo es la que empieza a germinar primero y las demás yemas del resto del tallo lo hacen en orden cronológico según su posición. Lo mismo sucede si el tallo se corta en pedazos, lo cual según los agrobiólogos es debido a la acción de ciertas hormonas producidas por las yemas superiores, que retardan el brote de las inferiores.

PERIODO DE SIEMBRA

Varía de acuerdo con las condiciones climatológicas del país, teniendo en cuenta por supuesto que la vida media de la caña, desde su nacimiento hasta su corte es de 12 a 18 meses, y que es de gran importancia que los últimos meses de su desarrollo sean tan secos como sea posible, para que pueda alcanzar su completa madurez.

En nuestro país se lleva a cabo los meses de Noviembre y Diciembre.

DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA

Varía de acuerdo con las costumbres de la zona. Pero hay que tener en cuenta que el cultivo de la caña dura varios años, por lo que es necesario darle un buen distanciamiento, para evitar hasta donde sea posible la competencia entre las cañas, por el agua, luz y nutrientes del suelo. Se recomienda una distancia entre surcos no menor de 1.50 mts. y no mayor de 1.80

mts.

CANTIDAD DE SIEMBRA

La dirección General de Investigaciones Agronómicas aconseja entre $6\frac{1}{2}$ y $7\frac{1}{2}$ toneladas de material Vegetativo por manzana, en "cadena sencilla" ya que casi todas las cañas tienen un buen amacollamiento.

He aquí algunos datos estadísticos sobre la importancia de hacer la resiembra cada 4 o 5 años a lo sumo.

MADUREZ DE LA CAÑA Y CORTE

La madurez de la caña empieza por su parte baja, terminando lógicamente en la porción superior.-

Pero sucede que antes de que la parte superior logre su completa madurez, la parte inferior lo ha logrado ya antes y empieza entonces un retroceso, es decir no hay madurez igual y completa en toda la caña.

Puédese en base a la experiencia de muchos años, conocer cuando la caña está en su óptima madurez, pero la manera de apreciarla es por el análisis de muestra periódicas.

Los análisis completos se comienzan un poco antes de la madurez, tomando por lo menos cada diez días una muestra que represente el total de la caña del campo donde se toma; cada tallo se divide en tres porciones, inferior, central y superior; se analizan separadamente y con los rendimientos deducidos del análisis se hace una gráfica. El momento más favorable para el corte se considera que es cuando la curva de la porción central se aproxima a la de la porción inferior o bien se cruza con ella.

Si se esperara un tiempo más para cortar la caña, podría la porción superior alcanzar completa madurez, pero la inferior en cambio retrocedería.

Respecto a la época del corte podemos decir que de--

pende de los datos anteriores, si bien cuando la cantidad de caña es mucha, hay que empezar el corte antes de la completa maduración, aún a expensas de que las primeras producciones no serán tan abundantes como las intermedias; y las últimas se extraen ya cuando la caña ha iniciado su período de desdenso.

Los cañales que son regados, hay que suspenderles el riego unas semanas antes del corte para adelantar la maduración.

CONTENIDO EN AZÚCAR.

La parte de la caña más rica en azúcar es indudablemente la inferior, si bien no se ha extralimitado la época de la madurez. Es interesante desde todo punto de vista, conocer la composición de la caña, pero por no ser este un tratado muy extenso sobre ella, nos referimos únicamente a su contenido en azúcares.

El porcentaje de Azúcares es variable, desde 9 ó 10% hasta 16 y 18 % en rarísimas ocasiones.

La caña que contenga un 14% de azúcares, pueden ser, si bien con gran variabilidad, unos 12 a 13 % Sacarosa y el resto Glucosa y Levulosa.

La levulosa que contiene el jugo de la caña no es levulosa corriente, sino que se trata de una fructosa especial, (llamada *gamma fructosa*), muy inestable y no conocida en estado libre, a eso se debe la gran dificultad de obtener sacarosa por síntesis a partir de glucosa y levulosa.

El contenido en azúcar se deteriora rápidamente después del corte y por lo consiguiente las cañas deben transportarse lo antes posible al Ingenio y proceder a su inmediata molienda, pues sería prácticamente lo mismo si se dejaran largo tiempo en los patios del Ingenio.

El efecto principal de lo anterior es la baja bastante considerable en la pureza, lo cual va en detrimento del aspecto económico del fabricante, pues su rendimiento baja igualmente.

En resumen, lo más aconsejado es:

Análisis previos al corte, y el cálculo adecuado relacionando la cantidad cortada con la cantidad molida, a fin de que no se deteriore la caña en el campo ni en los patios, y que no falte para evitar paros en la molienda.

FUEGO

Ya vimos que es común en algunos cañaverales darles fuego con el fin de eliminar sustancias irritantes para la piel, contenidas en varias clases de hierbas que crecen en los cañaverales.-

El fuego en esa forma no daña a la caña, ó más bien dicho debe hacerse el corte inmediatamente para evitar pérdidas por deterioración, que se acelera por el fuego, la estancia en los campos y más aún si llegara a llover. Entonces lo recomendable es no hacerlo y si hubiese necesidad extrema de ello, hacerlo en porciones pequeñas, para evitar lo antes dicho.

Hay casos en que manos criminales o descuidos causan incendios en los cañales, entonces no queda otro recurso, que proceder a la inmediata cortadura y molienda y las últimas porciones pueden perfectamente despreciarse para evitar la obtención de azúcar de mala calidad.-

AGUA EN EXCESO

El agua en exceso es aparentemente beneficiosa. Digo que es aparentemente, por ue mientras no se analicen los jugos, cualquiera podría ufanarse de la cantidad de caña obtenida por manzana, pero los análisis nos dan al traste con ese optimismo, pues nos dicen a las claras que lo que más contiene esa caña es agua y entonces hay mayor abundancias de sustancias solubles disueltas, el esfuerzo para evaporar esa cantidad de agua es mayor y por consiguiente implica, mayor gasto de vapor, uso de menos agua de imbibición para evitar la excesiva humedad en el bagazo y por lo consiguiente un rendimiento menor, pues abunda el nitrógeno y sales

minerales.

Lo aconsejable es, si bien regar los cañales, si es posible, mantener continua vigilancia de parte del laboratorio de Control Químico. Igualmente molesto es para los clarificadores, pues esas cañas dan un bagazillo poco pesado y entonces se retar da considerablemente el proceso de clarificación.

ANALISIS DE TIERRAS

Volviendo al aspecto abonado, depende, en cuanto al químico se refiere, de la naturaleza del terreno, variedad y composición de las tierras, ya que esta varía mucho de unas regiones a otras. Según algunos autores las exigencias de la caña pueden establecerse teniendo en cuenta que si el suelo tiene menos 5/1000 de potasa, necesita abonos potásicos; si tiene menos del 7/1000 de anhídrido fosfórico necesita abonos fosfatados y si con tiene menos del 6/1000 de cal, debe encalarse.

LOS ELEMENTOS QUE MAS INTERESA CONOCER EN LOS ANALISIS SON: agua, cal, potasa, ácido fosfórico, nitrógeno.

Pueden usarse como abonos algunos residuos de la fabricación del azúcar, como la cachaza, melazas algunas veces, etc.

La cachaza puede llegar a tener hasta 2% nitrógeno; 1.5 a 3% de ácido fosfórico; 7 a 9% de Potasa y 3-4 % de cal.

ABONOS NITROGENADOS

El nitrógeno proporciona tallo y peso a la caña, Se considera que el mejor abono nitrogenado es el sulfato amónico; el nitrato sódico da buenos resultados en terrenos no demasiado húmedos.

Bespecto a las cantidades adecuadas, el fabricante y en su defecto el expendedor deben instruir sobre las cantidades a u-

sarse y coinciden en alguna forma con el resultado de los análisis efectuados.

ABONOS POTÁSICOS Y FOSFATADOS

Los abonos potásicos tienen acción sobre el desarrollo de las raíces.

La estación experimental de San Andrés recomienda los nutrientes siguientes y cantidades:

Nitrógeno Asimilable	131-154lbs./manzana
Fósforo Asimilable	92-139 lbs.-/manzana
Potasio Asimilable	213-377 lbs./manzana

Los síntomas de la deficiencia de potasio aparecen inicialmente en las hojas inferiores, muriendo posteriormente a partir de la punta y los bordes. Más tarde toman las hojas superiores un color amarillento. Igualmente son características las manchas rojo-pardo sobre la nervadura central de la hoja. Consecuencia: la formación de azúcar es fuertemente disminuída.

CONTROL DE AZUFRE Y CAL

AZUFRE

El azufre es un elemento que presenta dos variedades cristalinas: Rómbico y Monoclínico; en ambas formas es amarillo, mal conductor del calor y la electricidad, tiene un olor débil - característico, debido a la formación, en presencia del aire húmedo, de sulfuro de Hidrógeno y Dióxido de Azúfre. Es insoluble en agua, pero soluble en solventes orgánicos, especialmente en sulfuro de Carbono.

Lo que más interesa desde el punto de vista químico, es el cálculo de las impurezas, si bien es cierto que el azufre que se consigue en el mercado, destinado a la Industria Azucarera, tiene un porcentaje muy bajo de impurezas.

A pesar de esto, todos los Ingenios deberían tener sus laboratorios equipados para poder hacer dicho cálculo, lo cual no

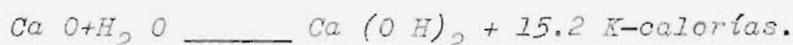
es ninguna cosa del otro mundo y que en cual uier manual de elaboración de azúcar se encuentra la técnica para llevar a cabo dicho análisis.-

CAL

Químicamente es CaO, óxido de Calcio, llamada comúnmente cal viva. Es un polvo blanco casi infusible, que al aire húmedo fija con avidéz agua y dióxido de carbono, siendo por tanto inestable al aire.-

Se trata del óxido más barato que tiene la particularidad de formar una base fuerte, por lo cual se usa en la Industria Azucarera par neutralizar.

El óxido de Calcio se combina con el agua con gran producción de calor, formando hidróxido de calcio ó comúnmente ca apagada, mediante la siguiente reacción:



El análisis ó los análisis que deben de hacerse son los siguientes:

Determinación del óxido de Calcio y determinación de la proporción de cal no quemada y apagada.

En caso de necesitarse un Análisis mas completo, pueden hacerse las siguientes determinaciones:

Humedad

Arena y Arcilla

Materia orgánica

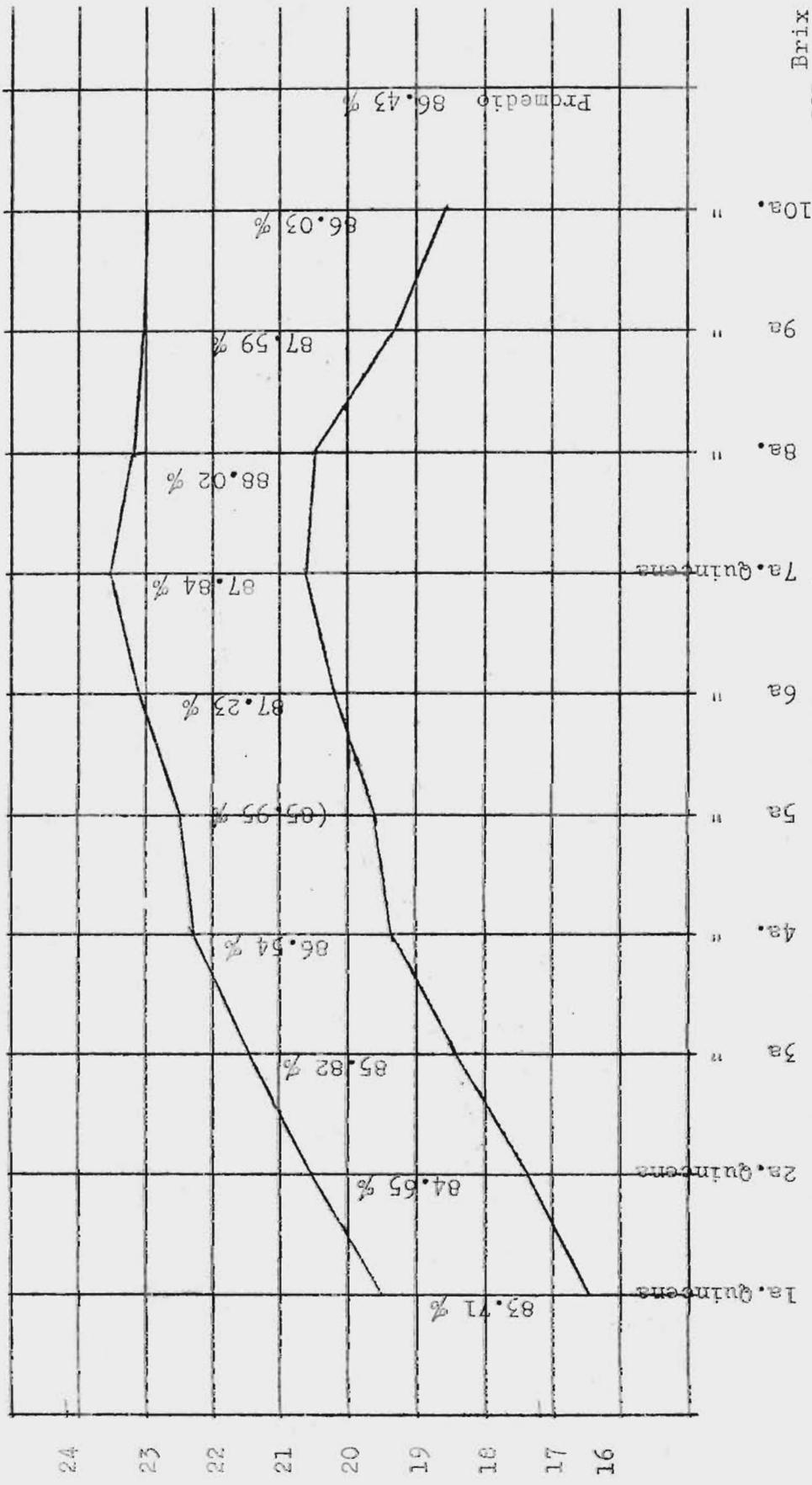
Sílice soluble

Sílice total

Hierro y Alúmina.

El Manual Spencer nos da indicaciones sobre la manera de efectuar dichos análisis.

En el siguiente cuadro podemos comprobar gráficamente lo que respecta a madurez de la caña.



Cuadro de la madurez de la caña y su contenido en azúcar.
 Datos obtenidos del reporte de Laboratorio del Ingenio El Castaño, Zafra 1962-1963
 Nótese el aumento en el Brix y Pol a partir de la 2a. Quincena, hasta la 7a. y luego la disminución.

CAPITULO IICONTROL DE PERDIDAS DE AZUCAR EN BAGAZO, CACHAZA, MIEL FINAL,
AZUCAR INVERTIDA Y LAVADO DE MASAS EN CENTRIFUGACION.-BAGAZO

El bagazo es el producto final de la molienda de la caña, constituido en gran parte por la fibra de la materia prima, con el jugo residual que la acompaña, y que generalmente en nuestros Ingenios se utiliza como combustible.

Antes de pasar a hacer mención de la importancia que tiene el hacer el análisis de azúcar que contiene el bagazo, es de notoria mención el análisis de la humedad.

Esto es importante por la razón de que nos dice si podemos usar mayor cantidad de agua de imbibición sin que pierda su actividad combustible en la caldera o si estamos usando mucha agua, o en fin combinarlo con el resultado de la polarización para saber si necesitamos mayor presión en las masas de nuestros molinos.

La manera de hacerlo es sencilla y se encuentra en cualquier Manual de Fabricación de Azúcar.

Pero lo más importante, en cuanto a bagazo se refiere, es la polarización, es decir el análisis que nos dará a conocer la cantidad de azúcar que lleva el bagazo y que en la mayoría de los casos puede reducirse al mínimo, pero por supuesto solamente con el análisis químico podemos tener un dato verdaderamente exacto.

Para hacer este análisis, se toma una muestra representativa, para lo cual tomamos el bagazo de todo el ancho de una sección del conductor y debe llevarse al laboratorio en recipientes completamente limpios, exentos principalmente de cristales de sacarosa.

Luego se pesan 500 gr. exactamente y se deja caer al fondo de un recipiente adecuado, que en nuestro caso lo mejor es un aparato digestor, que evita el escape de vapor de agua, por contener en su parte superior un refrigerante; después del bagazo - se le ponen 500 cc. de agua destilada preferentemente y se pone en una fuente de calor durante media hora.

Después se saca el líquido por un grifo en la parte inferior y se lleva a enfriamiento completo, se le agrega una pequeña cantidad de subacetato de plomo o mejor, unos 5 cc. de una sol. al 0.113 % a 100 cc. de líquido, se filtra y se coloca en tubo de polarizar 400 mm. indicándonos en el polarizador un dato que se confronta con una tabla al respecto para saber el porcentaje de sacarosa en el bagazo. Lo bueno sería entre 4 y 5 %, pero si se puede bajar más sería óptimo y muy malo si se encuentra arriba de 6 %.

A continuación expongo con números la realidad de la necesidad de llevar a cabo el control químico en el bagazo.

Se trata de una producción de 70.000 qq. de azúcar obtenidos de 35000 tons. de caña, en donde hay un rendimiento bastante bajo por cierto, de 200 lbs./Ton.

En dicha caña el 32 % es bagazo, por tanto:

$$35000 \text{-----} 100$$

$$X \text{ _____} 32$$

$$X = 11200 \text{ Tons. de bagazo.}$$

La polarización promedio fué de 5%, Así:

$$100 \text{ _____} 5 \quad X = 560 \text{ Tons. de azúcar en el}$$

$$11200 \text{ _____} X \quad \text{bagazo.}$$

Pueda parecer increíble, pero las pruebas fueron hechas con gran cuidado, reduciendo al mínimo la posibilidad de error.

Así pues esas 560 Tons equivalen a 11200 qq de azúcar.

Si nuestro bagazo hubiera tenido 6% en vez de 5 % de Pol, la cosa sería así:

100 _____ 6

11200 _____ X X = 672 Tons. de azúcar, con lo que podemos, comprobar que la diferencia de 1 % en la polarización representa en nuestra producción de 70.000 qq, 2.240 qq de pérdida, y si se tratara de producciones mayores y la polarización fuera más alta, las pérdidas serían verdaderamente astronómicas y podrían llevarnos paulatinamente a una completa ruina económica en nuestros Ingenios.

Por lo anterior, recalco una vez más la necesidad de que nuestros ingenios estén equipados de un buen laboratorio para llevar a cabo los análisis, que no son difíciles y que garantizan obtener de la caña el máximo rendimiento posible.

CACHAZA

También es importante llevar a cabo los análisis tanto de humedad como de polarización en la cachaza, si bien no igual, debido únicamente a que el porcentaje de cachaza en la caña es aproximadamente un 2 %, muy bajo en comparación del 32 % representativo del bagazo.

Los métodos son sencillos y no es mi propósito describirlos en el presente trabajo, sino únicamente haré la relación para hallar la cantidad ó porcentaje de azúcar que muy difícilmente podría obtenerse y que se va en la cachaza.

Cachaza 2 %

Caña Tons. 34951

Pol: 8.6

100 _____ 2

34951 _____ X = 699 Tons. de cachaza

100 _____ 8.6

699 _____ X = 60.12 Tons. de azúcar

1202 qq.

34951 _____ 100

60.12 _____ X X = 0.17 % esto representa el porcentaje de

azúcar en la cañaza, que comparativamente con el del bagazo es mucho menor.-

MIEL FINAL

La miel final, como lo indica su nombre, es el residuo que queda después de haber extraído, al menos dos veces, el azúcar que cristaliza con relativa facilidad, es en otras palabras, la miel que ya no se utiliza más en los Ingenios, sino que es comprada por las destilerías para la elaboración del alcohol etílico ó etanol.

En el cuadro siguiente tenemos una idea del paso de las diversas mieles a través de tachos, centrifugas, etc., hasta llegar a miel final. Este esquema por supuesto está sin muchos detalles y el proceso es variable de unos a otros Ingenios.

Para hacer el cálculo del azúcar que queda en la miel final se procede de la siguiente manera:

Primeramente debemos saber la cantidad total de miel, luego enviar al laboratorio una muestra representativa para saber los grados Brix y la Polarización:

Pongamos como ej.:

100000 : lts. de miel Caña: 34951 tons.

Brix : 77.46

Densidad : 1.3982

Pol : 32.9

Pureza : 42 %

100000 lts. equivalen a : $D = \frac{P}{V}$; $P = V \times D$

$$P = \frac{V}{100000} \times 1.3982 = 1398200 \text{ Kg.}$$

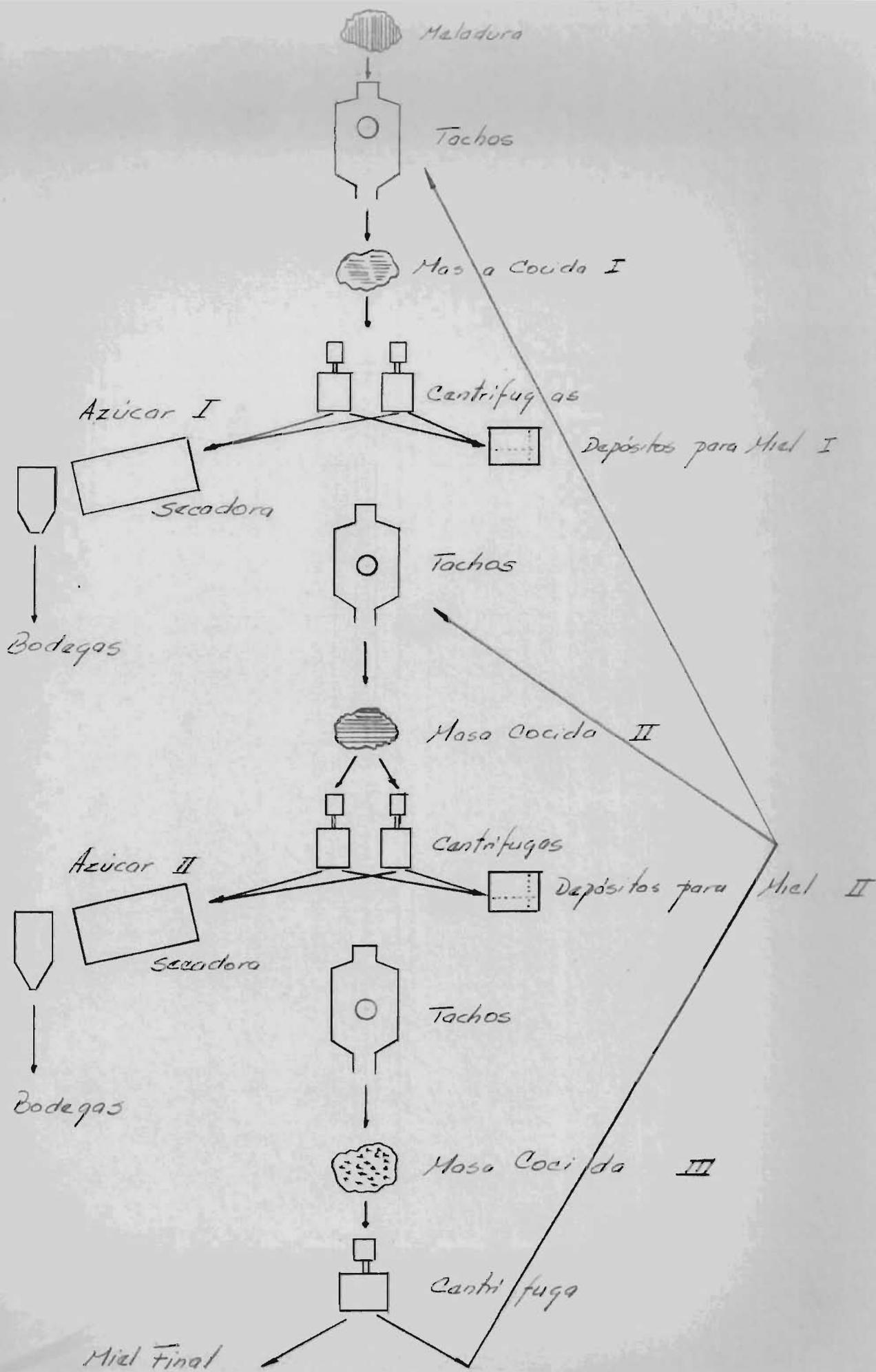
Si Pol 32.9

100 _____ 32.9

1398200 _____ X

X = 460007.8 Kg. de azúcar

34951 tons. equivalen a: 31773636 Kg. de caña



31773636 _____ 1000

460007.8 _____ X

X= 1.4 % de azúcar en la miel final,
con respecto a la caña.

Esos 460007.8 Kg. equivalen a: 10120 qq. de azúcar, que pudieran ser muchísimos más si no llevamos a cabo el control químico del azúcar que va en la miel final.

Imaginémonos el aumento de pérdida que tendríamos si en vez de 32.9 de Pol. tuviéramos por ej.: 40, sería verdaderamente desastroso, pues debemos tomar en cuenta que algunos Ingenios muelen casi las 100000 Tons. de caña por temporada.

En fin, vemos que el no control de azúcar en mieles finales, favorece casi exclusivamente a los que trabajan en la Industria alcohólica, pues es más probable que sin control, las pérdidas aumenten en lugar de disminuir.

La causa o las causas que impiden cristalizar la sacarosa en la miel final son las impurezas que contiene y el llamado no-azúcar. Dicha cantidad es variable y depende del proceso usado para el agotamiento.

Es de suma importancia hacer constar que para la obtención de resultados apegados a la realidad en un máximo de certeza, las anteriores determinaciones no nos darán un dato tan exacto pues hay que notar que para el cálculo de la cantidad de azúcar contenida en el bagazo ó en las mieles partimos de Polarización directa y ese dato se refiere únicamente a sacarosa aparente y tomamos además el volumen de miel, cuando en realidad debe de tomarse únicamente en cuenta los sólidos que se encuentran en solución lo cual sí lo determina el grado Brix.

Por lo tanto, si queremos como decía al principio, tener un dato más cierto, debemos empezar por hacer la determinación de azúcares totales, para luego con simples operaciones aritméticas llegar a los resultados requeridos, los cuales sí serán de gran precisión.

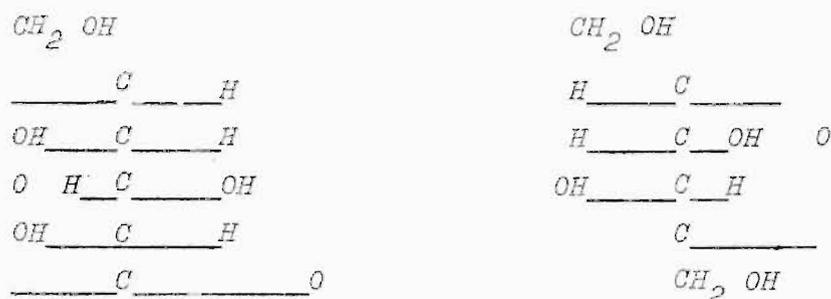
Respecto al equipo usado es prácticamente el mismo y no se necesitan sino unos 3 ó 4 utensilios tales como buretas, cocina, etc.

Donde verdaderamente análisis tiene importancia enorme es en las destilerías de Alcohol, pues sirve para darse cuenta exacta de la cantidad de alcohol a obtener, partiendo de cualquier clase de miel y conociendo sus especificaciones lo mismo que la cantidad de miel usada, pudiendo de esta manera incrementar en gran escala la producción.

INVERSION DEL AZUCAR

Nociones preliminares. El producto corrientemente denominado azúcar, especialmente en sus clases de consumo, fabricadas cuidadosamente, está constituido casi en su totalidad por la especie química llamada Sacarosa, cuya fórmula de constitución es:

$C_{12} H_{22} O_{11}$ y desarrollado es:



Químicamente se trata de un disacárido y su importancia estriba en su poder alimenticio y endulzante. Para obtenerla químicamente pura y así poder determinar sus constantes físicas, se precipita tres veces con alcohol, usando un azúcar refinado de la mejor calidad.

La sacarosa cristaliza en prismas blancos del sistema monoclínico.

El peso específico con relación al agua a $4^{\circ}C$ es de 1.5879:

Calentados sus cristales durante algún tiempo a unos $160^{\circ}C$, funden y se transforman en una mezcla de glucosa y levulosana -- $C_6H_{10}O_5$; a $190^{\circ}C$ toma una coloración parda, elimina dos moléculas

de agua y se transforma en una masa de sabor amargo, amorfa, llamada caramelo.

Es muy soluble en el agua, la solución se lleva a cabo con descenso de temperatura y contracción de volumen, aumentando la solubilidad con la temperatura.

AZUCAR INVERTIDO

Se da este nombre a la mezcla en cantidades iguales de glucosa y levulosa; no debe confundirse con los llamados azúcares reductores, constituidos por mezclas de dextrosa, levulosa u otros con propiedades reductoras, en cantidades variables.

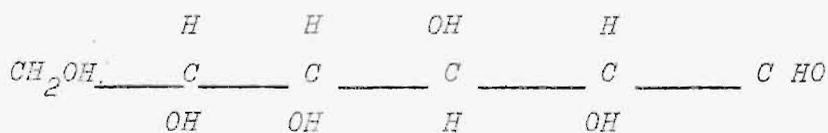
Esta mezcla de glucosa y levulosa a partes iguales se le denomina invertida, por la razón de que la Sacarosa tiene poder dextrógiro, es decir desvía el plano de luz polarizada hacia la derecha, mientras que al transformarse en la mezcla antes dicha la luz polarizada es desviada hacia la izquierda, hay por consiguiente desviación ó INVERSION del plano de luz polarizada.

La inversión de la sacarosa se verifica según la ecuación:



GLUCOSA

Se llama también azúcar de uvas, dextrosa. Su fórmula de estructura es:



Se encuentra formando parte de la composición de muchas frutas unida a la fructosa y la Sacarosa. La caña de azúcar la contiene en cantidades variables, en todas las épocas de su desarrollo y se encuentra asimismo en todos los productos de su fabricación.

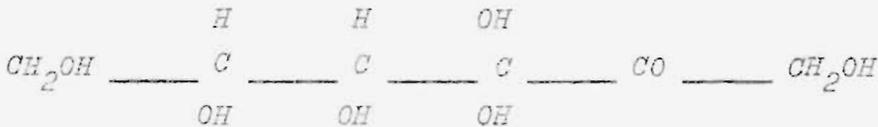
Se conocen A y B, funde a 85°C, es soluble en agua, desvía el plano de polarización a la derecha y presenta el fenómeno de la birrotación.



Experimenta la fermentación alcohólica, propiedad que constituye la base de la fabricación del alcohol. Tiene propiedades reductoras por el grupo aldehído que contiene, etc.

LEVULOSA

Se le llama igualmente fructosa o azúcar de frutas. Su fórmula de estructura es:



Se le encuentra en la caña que no ha llegado todavía a adquirir su estado de madurez, en la que se halla demasiado madura y en la caña dañada, así como en los productos de su fabricación en que la Sacarosa haya experimentado alguna inversión. Cristaliza en agujas solubles en alcohol caliente y en agua, tiene un sabor azucarado más intenso que el de la glucosa.

Las disoluciones de levulosa desvían el plano de luz polarizada hacia la izquierda, de donde deriva su nombre. Su poder rotatorio está influido por la temperatura y la concentración de la disolución.

Fermenta por la acción de la levadura de cerveza, si bien esta fermentación es más lenta que la de la glucosa. Con la cal forma un levulosato difícilmente soluble.

Entre las causas que transforman la Sacarosa en azúcar invertido podemos mencionar:

Acción del agua a ebullición, acción de los ácidos y diferentes sales, y por acciones bioquímicas.

La cantidad de azúcar invertido en un período de tiempo determinado, es proporcional a la cantidad de Sacarosa presente, es decir, que siendo proporcional la velocidad a la cantidad de Sacarosa, al aumentar el azúcar invertido y disminuir la Sacarosa va disminuyendo la velocidad de inversión.

También varía la velocidad de inversión con la naturaleza del ácido y la temperatura. A temperaturas más elevadas el poder de inversión aumenta notablemente.

En la industria azucarera, la inversión del azúcar constituye una enorme pérdida de sacarosa; además, el azúcar invertido sufre una descomposición continuada por la acción de los álcalis y del calor, dando lugar a la producción de compuestos que acentúan el color oscuro de las disoluciones en que se encuentran, a pesar de lo cual en la marcha de la fabricación hay necesidad de calentar las disoluciones azucaradas a temperaturas elevadas a veces incluso en medio ácido; se procurará por tanto, en lo posible, evitar la reacción ácida y demás circunstancias favorables a la producción del azúcar invertido.

LAVADO DE MASAS COCIDAS EN LA CENTRIFUGACION

Esta parte es de gran importancia para el agotamiento máximo en la centrífuga, y debe de usarse tan poca agua como sea posible para evitar el lavado y solución de azúcar, pues con ello se incrementaría la pérdida en la obtención principalmente de azúcares de primera y segunda. Puede perfectamente el Laboratorio determinar la concentración o mejor dicho, la cantidad de agua a usarse, partiendo de los análisis previos de las masas cocidas y de las aguas de lavado para conocer el agotamiento máximo posible sin que cause pérdidas.

Por experiencia propia pude comprobar la necesidad del control químico en uno de nuestros Ingenios, en lo que respecta al uso de bagazo como combustible de las calderas, pues dicho bagazo, era prácticamente imposible que sirviera para la combustión por su elevado porcentaje de humedad y por consiguiente su porcentaje de sacarosa era muy alto algunas veces hasta 9%.

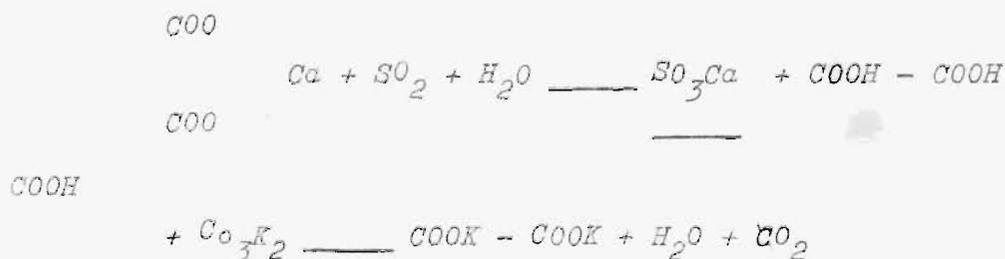
CAPITULO III

CONTROL DE PURIFICACION DE JUGOS
Y CRISTALIZACION DEL AZUCAR

SULFITACION

El empleo del anhídrido sulfuroso, SO_2 , llamado por algunos ácido sulfuroso, en la depuración del jugo, es conocido desde muy antiguo, pero no se generalizó sino hasta fines del si glo pasado, cuando gran cantidad de fábricas sustituyeron el em pleo del negro animal por la filtración con arena, lo que volvió necesaria su acción, en vista de las dificultades presentadas en la cocción de los jarabes como consecuencia de su gran cantidad de cal.

Se temía en un principio la acción de inversión del SO_2 sobre la sacarosa; esto sucedería únicamente si el jugo fuera una dilución químicamente pura de sacarosa, pues en este caso la inversión ocurriría en el primer momento de contacto, pero suc de ventajosamente en este aspecto que el jugo, además de contener azúcar en solución, contiene una gran cantidad de sales orgánicas e inorgánicas sobre las cuales actúa primero el SO_2 y forma con ellas sulfitos insolubles. Al principio reacciona con las sales cálcicas para formar el conocido sulfito cálcico, mientras los ácidos orgánicos se combinan con los álcalis según las siguientes ecuaciones químicas:



Las materias colorantes son reducidas en gran parte por el anhídrido sulfuroso.

ALGUNAS PROPIEDADES;

El SO_2 es un gas incoloro, de olor picante, que por enfriamiento se condensa dando un líquido incoloro no conductor de la electricidad y que por enfriamiento ulterior solidifica en cristales blancos.

Es soluble fácilmente en el agua y las disoluciones acuosas tienen reacción ácida.

CONDUCTA QUIMICA;

El SO_2 es un reductor muy enérgico que sustrae oxígeno a las combinaciones oxigenadas, pasando a ácido sulfúrico.

La acción del SO_2 sobre las bases presentes en el jugo no debe prolongarse más allá de la formación de sales neutras, lo que se comprueba por el cambio de color de la fenolftaleína y se hace necesario hervir el jugo fuertemente después de la saturación para descomponer las sales neutras eventualmente formadas.-

La inversión por el SO_2 de las disoluciones azucaradas puras se verifica de acuerdo con la ley de Wilhelmy, basada en la regla de Guldberg Waage, según la cual la inversión se lleva a cabo aún a temperaturas muy bajas, aunque con lentitud.

Para el valor $HCL = 100$ la constante de inversión para el SO_2 es: a $25^{\circ}C$ de 15.16. Indudablemente que la acción inversora del SO_2 es aumentada por la presencia de sales y ácidos orgánicos puestos en libertad y esa acción es menor cuando se trata de soluciones azucaradas impuras, tales como las de las fábricas de azúcar.

El SO_2 invierte más azúcar cuanto más elevada es la temperatura, y se ha encontrado que no hay problema mientras los líquidos permanecen alcalinos a la fenolftaleína. Debe evitarse la formación de bisulfitos pues ocasionan inversión a la temperatura de tratamiento de los jugos.

La acción depuradora del anhídrido sulfuroso es debido a su acción antiséptica, a su poder de decoloración y a la formación de sulfitos que no tienen las propiedades melásigenas de los carbonatos.

Reduce la viscosidad del jugo.

Desde el punto de vista de la decoloración, debe preferirse la sulfitación del jugo a la del jarabe, presentando el único inconveniente de que el jugo se enriquece en sulfito cálcico que aumenta las incrustaciones en la evaporación. Puede emplearse el SO_2 líquido ó gaseoso.

La producción de SO_2 gaseoso se lleva a cabo en la misma fábrica, por simple combustión del Azufre. Al hacer arder Azufre en presencia del aire, se obtiene un gas inodoro sofocante que es SO_2 ó sea anhídrido sulfuroso.

Se emplea el llamado azufre refinado de cañón que tiene lo más un 0.2 % de impurezas, que da por consiguiente un residuo insignificante.

En esta forma se obtiene una mezcla gruesa que no excede del 21 %, habiendo determinado algunos no más de 14 %.

En los hornos se observa con frecuencia la sublimación del azufre, que se deposita en la tubería que lo conduce a los saturadores, obstruyéndola a menudo, lo que es debido a falta de aire, lo cual determina una combustión incompleta y algunas veces puede ser exceso de aire.

Las partes de que consta un aparato para producir Azufre - son:

Una mufla

Un dispositivo de carga

Un Sublimador para recoger los vapores arrastrados

Un secador de aire, para evitar en lo posible la formación de H_2SO_4 .

Un refrigerante

Un lavador de gas y
Una bomba ó compresor de aire.

Hay por supuesto gran variedad de tipos.

Según podemos ver prácticamente la pureza variable de la materia prima tiene como consecuencia la dificultad en producir un azúcar de calidad uniforme. Por ello debe ponerse mucho interés en el aspecto de la sulfitación, pues depende de su control en gran parte la calidad del producto que obtengamos.

Entre los aparatos ó calderas sulfitadoras hay de dos clases: intermitentes y continuos.

Entre los continuos tiene mucha aplicación el de Quarez. La aspiración se verifica mediante una trompa, en la que el líquido inyectado es el mismo jugo que se trata de sulfitar y la sulfitación se lleva a cabo en la columna descendente de la trompa. El horno es abierto y el aire entra por la parte inferior debidamente desecado.

La sulfitación puede operarse en frío ó en caliente.

En frío se verifica sometiendo el jugo a la acción de una corriente, en sentido contrario, de SO_2 , hasta un PH 3.4 a 3.8; el jugo sulfitado se encala hasta ligera acidez al tornasol 6.5 a 7 PH, luego se conduce a los defecadores ó bien se calienta a ebullición y se decanta ó como indique el jefe de fabricación.

En caliente: se lleva a $50^{\circ}C$, se encala, se sulfita a un PH de 7.2, luego se calienta a ebullición y se decanta.

Como vemos, el laboratorio de control debe vigilar continuamente el proceso de sulfitación para obtener en esa forma la mejor calidad de azúcar posible, lo mismo que calidad uniforme y eso comprendiendo desde el análisis de la materia prima: azufre hasta el cuidado en el funcionamiento adecuado del aparato para llevar a cabo la combustión.

No olvidar el detalle importante del PH y debe hacerse en lo posible cuadros ó mejor dicho gráficas que nos indiquen cantidad

de azufre, PH, calidad de azúcar obtenido, para formarnos una idea cabal de la situación y poder en caso dado determinar con exactitud si es en el proceso de la sulfitación donde se encuentra algún error que nos ocasione ó que nos brinde azúcar de baja calidad ó calidad variable.

Respecto al gasto de Azufre, puede calcularse globalmente el consumo por medio de pesadas y luego hacer comparaciones comparaciones con respecto a caña molida, azúcar producida, etc.

En uno de los Ingenios de El Salvador se tienen ó tuvieron las siguientes cifras:

Caña molida, en toneladas:	55534.562
Gasto de Azufre, en qq :	212.32
Azúcar producida, en qq :	124.000

El gasto de Azufre por tonelada de caña es:

0.38 lbs/ton.

El gasto de Azufre por quintal de azúcar producida es:

0.17 lbs/qq

ENCALADO DEL JUGO

El tratamiento con cal del jugo crudo. Esta operación denominada comúnmente encalado ó defecación del jugo (del latín: defacatio, de foex, foecis, hez, peso) constituye en el caso del azúcar sulfitado la segunda fase de la depuración química del jugo

La cal puede añadirse al jugo de dos maneras distintas: en terrones, tal como se extrae del horno de cal, o en forma de lechada; tanto en uno como en otro procedimiento, sólo una parte de cal se disuelve en el jugo y la mayor parte permanece en suspensión.

La solubilidad de la cal en las disoluciones azucaradas depende de la forma en que se añade, de la temperatura, de la cantidad, de la concentración del jugo y del tiempo de contacto; con la lechada de cal recién preparada, se disuelve menos cal que encalando en seco; si la lechada se ha preparado hace relativamente cierto tiempo, la cantidad de cal que se disuelve es menor que con la --

preparada recientemente.

Se ha determinado experimentalmente la solubilidad de la cal viva en el jugo de difusión y se han establecido las cifras siguientes:

Temperaturas	25°C	50°C	70°C	100°C
Por 100 Ca O sobre caña	2.82	1.85	1.04	0.73

Según unos autores 100 cc de disolución al 10% de azúcar disuelve las siguientes cantidades de cal.

Tiempo de contacto	5 minutos	5 min	5 min	5 min
Temperaturas	60°C	70°C	80°C	90°C
Cal en lechada	0.15	0.2	0.25	0.26
Cal en terrón	0.2	0,26	0.4	0.52

Un jugo encalado a razón de 20 gr. de óxido de calcio por litros sólo contiene una cantidad de cal disuelta de 4 a 5 gramos; pero como esta cantidad es superior a la soluble en el agua pura (a igualdad de condiciones) se ha admitido que esta cal se ha disuelto gracias al azúcar formando combinaciones solubles de sucratos monocálcicos y bicálcicos y una combinación poco soluble de sucrato tricálcico.

Se ha observado también que en disoluciones azucaradas, suficientemente diluídas, la cantidad de cal disuelta corresponde a la formación del sucrato monocálcico.

Según un químico, Dedek, la cal no pasa en disolución verdadera sino que constituye una disolución coloidal; un trozo de cal ocupa aproximadamente el mismo volumen que el de la caliza de donde procede, a pesar de que el peso ha disminuído en un 44% a causa del anhídrido carbónico liberado, de lo que se deduce la existencia de una gran dispersión de las moléculas de cal.

Estudios llevados a cabo sobre las curvas de solubilidad de la cal en las disoluciones azucaradas, para distintas concentraciones de azúcar con cantidades variables de cal y a diversas temperaturas, llevan a la conclusión que, al ponerse en contacto con un jugo azucarado, la cal se va cubriendo progresivamente de una cos-

tra insoluble, tanto más rápido cuanto mayor es la temperatura, y cuanto esta capa la cubre por completo se establece un equilibrio entre los sucratos que han tenido tiempo de pasar a la disolución.

Este equilibrio, a temperatura determinada y presión atmosférica, es monovariante, es decir que puede elegirse a voluntad la concentración de uno de los sucratos, concentración que viene determinada, para cada cantidad de cal del jugo encalado, por la cantidad de Sucratos que han podido formarse. Se ha comprobado experimentalmente que si un jugo encalado en equilibrio a la temperatura de 20°C se calienta hasta 30°C , se establece un nuevo equilibrio con los sucratos en disolución, pero estos sucratos serán en cantidad mayor que si el equilibrio se hubiese establecido directamente a la temperatura de 30°C .

Por lo tanto es recomendable al poderse llevar a cabo, la primera forma de calentamiento. También sabemos que la cal se disuelve mucho mejor en caliente que en frío y en mayor cantidad y con más rapidez cuando se emlea en terrones que añadida en forma de lechada.

La solubilidad de la cal aumenta con la concentración del jugo.

En un jugo de 17% de azúcar se disuelve aproximadamente doble cantidad de cal que en un jugo de 10%.

Químicamente, la cal actúa sobre los componentes no azucarados del jugo, neutralizando primeramente los ácidos libres y las sales ácidas, y formando con gran parte de los ácidos orgánicos e inorgánicos, sales de cal insolubles; el el ácido fosfórico, la mayor parte del ácido sulfúrico, así como los ácidos orgánicos, oxálico tartárico y málico, precipitan casi totalmente y forman como dijimos sales de cal insolubles; se precipitan así mismo sustancias no solubles en disoluciones alcalinas cálcicas.

En la precipitación por la cal de los ácidos mencionados, quedan en libertad, los álcalis combinados con los mismo (potasa, sosa, amoníaco y bases orgánicas), que a su vez ejercen su acción, simultáneamente con la cal en exceso; el amoníaco y las bases or-

gánicas quedan en el jugo o desaparecen al calentar este, mientras que la potasa y la sosa, como bases más fuertes, entran en combinación con los ácidos que no forman sales insolubles con la cal y así el líquido quedará con alcalinidad fija, debido a la sosa y la potasa.

Las materias pécticas, en general, precipitan por la acción de la cal, si bien algunas forman sales de cal solubles; las materias colorantes, gomas, resinas, etc., precipitan más completamente, casi en su totalidad; de los albuminoides, sólo una cantidad muy pequeña no precipita con la cal; las materias amidadas se transforman en los ácidos correspondientes, desprendiendo amoníaco; el azúcar invertido se descompone, junto con otras materias dotadas de poder rotatorio, y origina ácidos que disminuyen la alcalinidad y colorean al jugo.

Además de la acción química descrita, la cal ejerce otras de arrastre, con los precipitados a que da lugar, de las materias en suspensión en el jugo; una gran cantidad de bacterias y fermentos, causa de fermentaciones y descomposiciones, inversión de azúcar y aumento de acidez, son esterilizadas por la cal en caliente y arrastradas en la precipitación; igualmente esta se lleva consigo finas partículas y fibras de los tejidos, etc.; el precipitado obtenido, llamado también espuma, se deposita fácilmente en el fondo, dando un líquido decantado, amarillo alaroy transparente.

La cal, además de la acción depuradora del jugo, transforma las materias no azucaradas que qued ron en disolución descomponiéndolas, transformación en la que pierden gran número de propiedades que podrán causar perturbaciones en el proceso de la cristalización.

Respecto de la cantidad de cal que debe añadirse al jugo, puede variar según las experiencias de los fabricantes, pero el laboratorio de control puede perfectamente encontrarla, haciendo los análisis y los ensayos pertinentes para determinar tanto la cantidad como la concentración de lechada en el caso de usarse ésta; lo más importante en este caso es encontrar lo que se conoce

con el nombre de: punto isoelectrico de los coloides, y que no es otra cosa que determinar el PH y la temperatura adecuadas para lograr la mayor cantidad de precipitado.

El empleo de un exceso de cal presenta los inconvenientes de aumentar los gastos del horno de cal, por su mayor consumo, y exigir mayor capacidad del mismo en caso necesario; de aumentar a sí mismo la cantidad de espumas producidas y, por tanto, las pérdidas en azúcar; de requerir un número de prensas mayor y mayor cantidad de agua de lavado, etc.

Como únicamente la cal disuelta es la que reacciona sobre los componentes del jugo descomponibles por la cal, la cual depende solamente del azúcar del jugo y de la temperatura, se supone que un exceso de cal ni acelera las reacciones que se producen en la defecación, ni ésta es más intensa como consecuencia de dicho exceso. La duración del contacto de la cal con el jugo en la práctica depende de la temperatura a que se realiza la defecación; no puede pretenderse durante la misma la completa descomposición de los componentes no azucarados, lo que exigiría una mayor capacidad en los aparatos encaladores para conservar el jugo el tiempo necesario. Es recomendable una duración de contacto de doce a quince minutos, a temperaturas de 70 a 80°C; trabajando a mayores temperaturas 85 a 90°C es suficiente una duración de cinco a diez minutos.

MODOS DE ENCALADO DEL JUGO

Ya vimos que la cal puede agregarse al jugo en forma sólida ó preparada en forma de lechada.

La primera manera, llamado encalado en seco, se verifica agregando la cal en terrones al jugo, a una temperatura mínima de 70°C; al añadir la cal en terrón ésta se apaga con rapidez, con un desprendimiento de 200 calorías por kilogramos de cal (apagada con agua), debe evitarse en todo lo posible, recalentamientos locales, que originarían pérdidas de azúcar, por defectuosa construcción de las encaladoras o insuficiencia de su mecanismo agitador;

deben por lo tanto, emplearse en el encalado en seco, encaladores en los que el jugo y la cal se mezclen lo mejor posible por una constante agitación, tengan la sección conveniente para que ambos se pongan en contacto en capas de poco espesor y permitan extraer fácilmente las piedras y otros cuerpos extraños.

Entre las ventajas del encalado en seco podemos citar el hecho de que la cal actúa más rápidamente y con más energía, lo que permite el uso de menos cantidad de cal y se obtienen jugos igualmente depurados con una cantidad de cal en disolución mayor que las procedentes de un encalado con lechada.

Se indica este tipo de encalado en fábricas donde escasee el agua para el lavado de sus filtros-prensa y cuyo horno de cal se encuentre próximo al departamento de la defecación, de modo que la cal pueda transportarse fácilmente a las encaladoras, sin necesidad de medios especiales de transporte. En esta forma de encalado, la temperatura aumenta al hidratarse la cal, lo que representa una economía de calor, que no se da en los jugos encalados con lechada.

EL ENCALADO POR LECHADA.

En nuestro país, los hornos de cal no existen en las fábricas de azúcar, sino que la cal consumida se adquiere toda en el mercado, proveniente de las minas de cal de la ciudad de Metapán, en el Departamento de Santa Ana.

La lechada se prepara a una concentración variable que oscila alrededor de 20° Bé ó sea 36.4 BX; a esta concentración, un litro de lechada contiene una cantidad de 206 gr. de óxido de calcio (17.72 gr. de CaO por 100 gr. de lechada), esta preparación se lleva a cabo en encaladoras de forma y capacidad diversas, en cuyos interiores giran agitadoras provistas de brazos mezcladores ó de muy diversas maneras.

A medida que la cal se diluye, la lechada sale hacia el jugo en donde se mezclan perfectamente.

Hay como dije muchos y muy variados aparatos mezcladores de cal mencionándose entre otros el preparador de Miok y el de Eisner.

El agua usada para preparar la difusión puede ser pura ó de condensación, usando algunos las aguas de lavado de las espumas de los filtros-prensas.

Es aconsejable que entre el aparato preparador de la lechada y el malaxador anterior a la bomba instalar despedradores que retengan las partículas de arena, piedra, etc. para evitar obstrucciones en las tuberías y desgastes en las bombas; es de gran importancia agregar la cantidad exacta de cal prescrita y mantener de manera uniforme la homogeneidad de la lechada.

PREENCALADO DEL JUGO

La defecación parcial preliminar, del jugo crudo de difusión, con una pequeña cantidad de cal, es lo que se conoce como preencalado y predefecación.

Los conocimientos adquiridos en los últimos años sobre la Química de los coloides permiten establecer las bases científicas de una predefecación racional, ya que inicialmente se obtuvieron resultados contradictorios, por lo cual mencionaré algunos principios fundamentales: al añadir a una disolución coloidal de carga positiva otra disolución de coloides de carga negativa, se llega a obtener lo que antes mencioné, el punto isoelectrico, para el cual por una neutralización exacta de las dos cargas, se produce una floculación recíproca de los coloides disueltos, que determina en el líquido la formación de un precipitado; hay que hacer la advertencia de que esta neutralización de coloides de distinto signo, presenta sus dificultades, porque los jugos contienen mezclas de coloides cuyo punto isoelectrico corresponde a diversos valores de PH.

Así por ejemplo, la albúmina contenida en el jugo flocula para un valor de PH comprendido entre 3 y 6, por lo tanto se considera como un coloide electro negativo, para cuya floculación se re

quiera la adición de iones positivos, es decir alcalinos; en tanto que los coloides electro positivos sólo flocculan por la adición de iones electro-negativos.

Con la flocculación de estas materias en estado coloidal se trata de obtener jugos que filtren con mayor facilidad, y la eliminación de componentes no azucarados, con el consiguiente aumento de pureza.

De los informes de una zafra salvadoreña tomamos los mismos datos que para el Azufre, y tomando el gasto de cal tenemos:

Qq de cal gastados: 1558, según esto tenemos:

Gasto de Cal con respecto a Caña molida:

$$2.8^{lbs/ton.}$$

Gasto de Cal con respecto a Azúcar producida:

$$1.26^{lbs/qa.}$$

X

PH Concepto, importancia, métodos de su determinación, etc.

CONCEPTO Es sabido que casi en todas las soluciones se hallan - presentes iones hidrógeno y iones hidróxilo y que, cualquiera que sea la concentración del uno y la concentración del otro es tal - que el producto de las dos concentraciones es constante a una temperatura dada.

$$(\text{H}^+) \times (\text{OH}^-) = K$$

Se define el PH como el logaritmo del inverso del número que expresa la concentración de iones hidrógeno y se escribe $\text{PH} = \log \frac{1}{(\text{H}^+)}$

Cuando la concentración de iones hidrógeno es mayor que la de iones hidróxilo, la disolución es ácida y su PH se representa por un número menor que 7 y viceversa cuando es mayor el número de iones hidróxilo.

IMPORTANCIA La importancia que tiene el exacto conocimiento de lo que es PH, y más aún su determinación, ya que en una fábrica no

se puede enseñar a un práctico su concepto matemático, es muy grande y eso lo podemos comprobar en la vida diaria, en nuestro propio organismo, ya que todas las reacciones llevadas a cabo, sean de índole orgánica ó inorgánica se realizan de la mejor manera cuando se hacen en un determinado PH.

Así tenemos en nuestro organismo la alcalinidad de la saliva, la acidez del estómago, etc., son necesarias para que se lleven a cabo los fenómenos de asimilación de los alimentos.

Igual sucede en la Industria, motivo del presente trabajo, en la que el PH juega un papel preponderante como hemos visto someramente en los capítulos anteriores.

Cuando de hecho ó determinado experimentalmente el PH adecuado la coagulación de las sustancias como proteínas y sílice es completa.

Además es tan importante para evitar el exceso en la inversión de la sacarosa que reduce notablemente la cristalización. También tiene suma importancia para lograr una filtrabilidad más fácil.

En fin es importante para fijar los puntos óptimos en todos los demás procesos de fabricación, etc.

MÉTODOS DE DETERMINACION DEL VALOR DE PH.

se distinguen:

- a) Métodos colorimétricos
- b) Métodos electrométricos

Los métodos electrométricos son más exactos, y se utilizan en las determinaciones que por su naturaleza, necesitan cierta precisión, así como en la comprobación de los tipos preparados necesarios en las determinaciones por los métodos colorimétricos.

Entre los métodos colorimétricos se conocen muchos, pero los más usados son:

- 1) Método de las gotas del Dr. Todt
- 2) Método del comparador
- 3) Método mediante el empleo de papeles indicadores.

METODO DE LAS GOTAS DEL Dr. Todt.

Los indicadores usados en este método son entre otros:

Designación Química	Nombre Usual	Límites del PH.	Cambio de Color
Timolsulfonftaleína	Azul de Timol	1.2-2.8	Rono-amarillo
O-Carboxilbenzodimetilamina	Rojo de metilo	4.4-6	Rojo-amarillo
Fenolsulfanftaleína	Rojo de fenol	6.8-8.4	Amarillo-Rojo
Orto-cresolftaleína	Ftaleína de cresol	8.2-9.8	Amarillo-Rojo

La práctica del método consiste en añadir una gota del indicador empleado a 3 gotas de la solución que se investiga y comparar el color obtenido con los de una tabla de colores grabados sobre papel ó porcelana esmaltada. La reacción se verifica en una placa de porcelana blanca provista de cavidades redondeadas.

Se recomienda la dilución a 20-30° Brix de los productos con purezas entre 80 y 90;

dilución de 30-40° Brix tratándose de purezas mayores y

dilución de 10-20° Brix cuando son melaxas

Es necesario usar agua destilada para hacer las diluciones, cuidando de que esta tenga siempre el mismo PH que es entre 6 y 6.4, sin embargo hirviendo dicha agua, tapándola con un tapón atravesado por un tubo que contenga cal sodada puede obtenerse un PH hasta de 6.8

METODO DEL COMPARADOR

La práctica de este método requiere la preparación de unas disoluciones madres adecuadas, cuya mezcolá en distintas proporciones nos permite obtener una serie de disoluciones tampones de PH. conocido; cuando se desea determinar el PH. de una disolución cualquiera se le añade un indicador apropiado y después se ve cual

es la disolución tampón que da con el indicador el mismo tono de color que la disolución problema cuyo PH. se investiga. Hay que tener mucho cuidado en el agua que se va a usar.

Las soluciones madres usadas en este método son:

- 1) Solución Na. O H $N/5$ libre de CO_2
- 2) Solución de fosfato monopotásico $SO_4 KH_2 N/5$
- 3) Solución de ácido Bórico $H_3BO_3 N/5$, más cloruro potásico $KCL N/5$
- 4) Solución de Biftalato potásico $N/5$.

No indicamos en este trabajo la manera de preparar las anteriores soluciones, por no corresponder a la finalidad del presente y además por encontrarse en cualquier libro de análisis químicos.

Los indicadores usados pueden ser:

Rojo de Metilo

Bromocresol púrpura

Bromotimol azul

Fenol Rojo

Cresol Rojo

Timol Azul

Luego viene la parte que se refiere a las disoluciones para el llenado de los tubos, el aparato comparador y la práctica del método del comparador que tampoco describiremos.

METODO MEDIANTE EL EMPLEO DE PEPELES INDICADORES;

Como en la práctica el manejo de frascos y reactivos no puede confiarse a todos los obreros, hace años se procedió a preparar papeles impregnados en disoluciones convenientes, los cuales introducidos en el líquido problema, adquieren coloraciones distintas según el PH. del mismo.

Actualmente no hay necesidad de preparar dichos papeles en el laboratorio de la fábrica, pues hay numerosas casas fabricantes de productos de esta naturaleza, de donde se pueden obtener en gran variedad en cuanto a grados de PH. se refiere.

Algunos químicos no tienen mucha fe al resultado obtenido con dichos papeles, pues aseguran que las disoluciones con espumas, u otras sustancias al estado sólido dificulta a la precisión del color resultante, pero la práctica ha demostrado que aún con eso, es un método práctico y sencillo que puede ser usado aún por personas con escasos conocimientos en el uso de aparatos y reactivos de Laboratorio.

MÉTODOS ELECTROMÉTRICOS.

Los métodos electrométricos de análisis pueden dividirse en dos clases:

- 1) Métodos conductimétricos
- 2) Métodos potenciométricos.

En los métodos conductimétricos, el punto final se halla midiendo el cambio en la conductividad eléctrica.

El más usado es el segundo, o sea el método potenciométrico, por ser más exacto, aunque haya necesidad de aparatos más complicados y necesidad de aparatos más complicados y necesidad de que el analista tenga más experiencia.

Las determinaciones volumétricas no se llevan a cabo en el proceso de fabricación, sino que dichas determinaciones se hacen únicamente en el laboratorio. Por lo tanto lo usado en ó más bien dicho lo determinado por los métodos electrométricos en el proceso es la alcalinidad y acidez real ó efectiva y no la acidez y alcalinidad total.

La concentración de iones hidrógeno de una solución acuosa puede determinarse midiendo con un potenciómetro la diferencia de potencial entre dos electrodos de características especiales sumergidos en la solución, ya que dicha diferencia de potencial depende de la concentración de iones hidrógeno que se hallan presentes en la solución.

Los electrodos empleados deben tener características especiales; uno de ellos debe desarrollar un potencial que varía con la

concentración de iones hidrógeno, mientras que el otro debe tener un potencial constante.

Los electrodos más comúnmente usados son el electrodo de hidrógeno y el electrodo de calomel saturado; existen también los electrodos de quinhidrona y el de vidrio.

Respecto del uso del potenciómetro ó aparato para determinar el PH de una sol cualquiera, no es del todo difícil, si bien de mucho cuidado, ya que son aparatos de una precisión asombrosa y por consiguiente delicadamente contruídos. Hay de varias marcas, conociéndose en nuestro medio los tipos C E D A C y sobre todo los tipos de Marca Beckman.

Es sobre todo en el encalado del jugo donde debe controlarse con la mayor exactitud posible el valor del PH, ya que como vimos anteriormente, una variación puede dar lugar a la no completa precipitación, lo mismo que a un exceso en la inversión.

Dicho control lo lleva a cabo un obrero, ya sea por medio del uso de papel indicador ó usando un potenciómetro especial el que el químico debe calibrarlo de tal manera que su lectura se haga lo más sencilla posible.

Para lograrlo se instala en un tablero un juego de luces, preferiblemente una roja y una verde, pudiendo indicar la verde que hay necesidad de ponerle más cal al jugo y la roja que hay que suspender la adicción de cal.

Puede en la actualidad conseguirse un aparato completo e incluyendo el tablero de control, lo mismo que electrodos de recambio.

Como hemos visto, la teoría del PH. es bastante complicada, faltando en el presente trabajo profundizar más todavía en la cuestión.

Todos los análisis efectuados debe hacerlos un químico especializado, y para ello necesita un laboratorio equipado con todo lo requerido para llevar a cabo sus experiencias y análisis, que sirvan al jefe del Ingenio para darse cuenta clara de como marcha su fábrica.

ca y pueda con dicha ayuda solucionar los problemas que se presenten durante el proceso de fabricación, lo mismo que para buscar nuevas - maneras de aumentar en lo posible la eficiencia de los procesos de extracción del azúcar.

Más adelante veremos la importancia del PH. en el control de agua de caldera.

CALENTAMIENTO.

Ya vimos anteriormente entre las propiedades de la sacarosa su punto de fusión y otras constantes químicas y físicas. Podemos, al ver que su punto de fusión es de 160°C , cuando se trata de una es pecie química, pero en el caso del azúcar en disolución en el jugo, la cual se halla acompañada de gran cantidad de impurezas, dicho pun to de fusión baja considerablemente y por lo tanto se corre el gran riesgo de transformar parte de dicha sacarosa en caramelo y el color del azúcar quedaría sensiblemente deteriorado.

Es por eso que debe de tenerse mucho cuidado en el calentamien to del jugo encalado y el tiempo de contacto debe ser el menor posi ble para evitar los anteriores contratiempos.

CLARIFICACION.

La clarificación, como su nombre lo indica, quiere decir sepa rar del jugo sulfitado, encalado y calentado la sacarosa y otras sus tancias que se encuentran en solución, de las cenizas, albúminas, co loides, etc., que precipitan por los tratamientos anteriores.

Uno de los procedimientos más adecuados, es el de clarificación compuesta, en el cual, los jugos de los molinos, no sólo se clarifi can separadamente, sino que se hace una segunda clarificación de los jugos de baja pureza de los últimos molinas.

El jugo se separa en dos porciones: el jugo primario, más den so y puro, integrado por los jugos del desfibrador y primer molino, constituye una porción, y la otra está formada por el jugo secundario, integrado por los jugos obtenidos con imbibición, especialmente del

segundo molino, cuando se trabaja con imbibición compuesta.

Se usan dos clarificadores, el primero de una capacidad doble de la del segundo.

La primera mezcla se encala a un PH. 7-7.4 se calienta a 105° y pasa al primer clarificador; la otra mezcla contiene mayor cantidad de gomas y coloides, y por ello se encala a 7.8-8.8 PH, se mezcla con la cachaza procedente del primer clarificador, se calienta también a 105°C y se pasa al segundo clarificador; el jugo claro del primer clarificador se manda a fabricación con un PH de 6.8 a 7.1

El jugo del segundo clarificador se pasa con un PH de 6.8 y la cachaza se manda a los filtros.

Este proceso es recomendable cuando se tratan cañas quemadas ó abandonadas mucho tiempo en el campo, o cuando las cañas tienen un alto porcentaje de materia coloidal.

Cuando se emplean filtros prensa, las tortas se separan fácilmente de las telas, y la rotura de placas y marcos se reduce a un mínimo, por ser necesarias altas presiones.

En síntesis, la clarificación en los clarificadores últimamente fabricados es un procedimiento que da muy buenos rendimientos, pues se trata de un proceso continuo; el jugo claro se saca por la parte superior y los precipitados por la parte inferior.

Entre los clarificadores más usados se encuentran el de Dorr que en síntesis consta: a) cámara de floculación

b) Concentrador de cachaza

c) Varios compartimientos clarificadores, dependiendo el número de estos compartimientos, lo mismo que el diámetro del clarificador de la capacidad necesaria y del espacio disponible.

También tiene: d) Un tubo central giratorio

e) Divisiones para la entrada del jugo

f) Aberturas para la salida de los barros de los compartimientos clarificadores.

Lleva otros aditamentos, que no mencionaremos por considerar

que se aparta de los fines del presente trabajo, lo mismo que su funcionamiento.

También se conoce el clarificador Graver que tiene similitud con el anterior.

Se conocen además otros procedimientos de clarificación, tales como el de Gilchrist y el de Horne; también el de Ba.elle y el de Steffen.

FILTRACION DEL JUGO

En la elaboración de azúcar crudo, el jugo clarificado se conduce a la evaporación y la parte turbia y el jugo contenido en las cachazas, lo mismo que los precipitados de la defecación, se pasan a los filtros-prensas. Es conveniente antes de filtrar la cachaza, añadirle cal hasta un PH 8 a 8.5, pues los jugos alcalinos, filtran mejor que los neutros ó ácidos, cuidando de no poner cal en exceso para disminuir las incrustaciones en el evaporador.

Cuando se trata de azúcar sulfitada, hay necesidad de filtrar todo el jugo, ya que no sería posible obtener azúcares brillantes, sin partir de jugos transparentes y exentos de materias en suspensión.

En la filtración del jugo defecado puede usarse arena, aserrín, bagazillo, etc.; para cachazas se usan telas filtrantes.

FILTROS-PRENSA: Mencionaremos brevemente los más usados en la actualidad, o sea los de marcos y platos, que están constituidos por una serie de platos, separados por marcos de igual espesor; platos y marcos son construidos de fundición, van soportados por dos barras gruesas de acero, a lo largo de las que pueden deslizarse y pueden apretarse todos juntos por presión hidráulica.

Los platos tienen su parte central de menor espesor, provisto de estrías, o dibujos en relieve, por los que fluye el jugo, no obstante la presión de la prensa.

FILTROS ROTATORIOS CONTINUOS CON VACIO.

El tipo de estos es el filtro Oliver-Campbell. Consta de un tambor móvil alrededor de un eje horizontal parcialmente sumergido en el jugo que se filtra. La superficie filtrante está dividida en

veinticuatro secciones de 15° ; cada sección se comunica con una tubería de vacío. La pared exterior es de chapa de cobre, latón ó acero inoxidable de 100 perforaciones de 0.5 mm de diámetro por centímetros cuadrado. No indicaremos su funcionamiento, sólo diremos que la torta obtenida contiene hasta un 75 o 80 % de agua, la cantidad de torta producida es aproximadamente el 4 % de la caña, y su riqueza en azúcar varía de 0.2 a 1.5 %.

También se conocen los filtros Elmco de cachaza, que son igualmente rotatorios, continuos, de vacío del tipo de tambor.

El trabajo que tiene que realizar el laboratorio de control, es el de hallar el azúcar contenida en la cachaza, la cual únicamente puede determinarse por medio de los análisis químicos y no al puro tanteo, como se pretende hacer en más de algún Ingenio, lo que representa a la larga enormes pérdidas por azúcar en cachaza.

EVAPORACION.

El jugo obtenido a la salida de la filtración mecánica tiene con ciertas variantes, 12 a 15° Brix; para poder extraer por cristalización el azúcar que contiene, hay que concentrarlo, llevándolo al estado de Sobresaturación, operación que en la práctica se verifica en dos fases sucesivas.

a) Evaporación, propiamente dicha, operación en la que se concentra el jugo hasta la obtención de un jarabe de $60-65^{\circ}$ Bx aproximadamente y.

b) Cocción, operación realizada en aparatos independientes de los evaporadores, en los que el jarabe se transforma en una mezcla de cristales y jarabe sobresaturado, denominado masa cocida.

Suponiendo ó representando por b y B los grados Brix del jugo y del jarabe respectivamente y por j y J las cantidades en de jugo y de jarabe que se obtienen por tonelada de caña, tomando en cuenta por supuesto que la materia seca no varía durante la evaporación, podemos escribir:

$$\frac{j \times b}{100} = \frac{J \times B}{100} \quad \text{ó} \quad \underline{j \times b = J \times B}, \text{ de donde}$$

$$j = \frac{J \times B}{b} \quad \text{ó} \quad J = \frac{j \times b}{B}$$

Suponiendo $j = 1000$ Kg. por tonelada de caña

$$b = 12^{\circ} \text{ Bx}$$

$$B = 600 \text{ Bx}$$

$$J = \frac{1000 \times 12}{60} = 200 \text{ Kg.}$$

$1000 - 200 = 800$ Kg. de agua a evaporar.

Se comprende por el cálculo anterior, la importancia de la evaporación en los Ingenios, desde el punto de vista del consumo de vapor, y la necesidad de una instalación adecuada conducida racionalmente lo mismo que un químico experto para con sus conocimientos indicar el gasto de vapor a efectuarse, según el agua contenida en el jugo.

APARATOS EVAPORADORES.

Se han utilizado para evaporar, desde simples recipientes de metal, hasta los actuales cuerpos de evaporación llamados triples ó cuádruples, según el número de aparatos que tenga.

El primer aparato a caja se calienta generalmente con vapor directo ó vapor de escape, y las cajas restantes cada una con el vapor procedente de la evaporación del jugo en la anterior; el vacío se produce mediante la condensación de los vapores de la última caja; es necesaria una bomba para la extracción ininterrumpida del aire y gases incondensables que se acumulan en el condensador.

PRINCIPIOS GENERALES.

La ebullición de un líquido es una evaporación que no sólo se produce en su superficie, sino en toda la masa del líquido y en espe- cial en las paredes del recipiente que lo contiene. La presión de las burbujas que ascienden a la superficie libre es igual a la presión

del vapor del líquido a la temperatura de este.

La temperatura de ebullición del agua es siempre la misma cuando la presión exterior permanece constante; si la presión exterior aumenta, el punto de ebullición se eleva, y si disminuye éste descenderá igualmente.

En la siguiente tabla vemos algunas temperaturas de ebullición correspondientes a diferentes valores en la presión:

PRESION ABSOLUTA EN ATMOSFERAS

0.5	_____	80°C
0.8	_____	93°C
1.0	_____	100°C
1.5	_____	111.7
2	_____	120.6
3	_____	133.9
4	_____	159.2
6	_____	170.8
8	_____	180.3

Sabemos que el agua que contiene materias en disolución hierve a una temperatura superior a la del agua pura en las mismas condiciones de presión, según la ley de Raoult, siendo proporcional el aumento a la cantidad de sustancia en solución.

Vemos en este otro cuadro la elevación de temperaturas de ebullición en disoluciones azucaradas con diversas proporciones de materia seca:

Materia seca por 100 gramos	Elevación del punto de ebullición en produc- tos con una pureza real de:				
	100	93	83	73	62
10	0.1°	0.10	0.1°	0.15°	0.2°
20	0.3°	0.3°	0.35°	0.4°	0.5°
50	1.8°	2°	2.25°	2.7°	3.15°
55	2.3°	2.6°	3°	3.5°	4°
85	13°	13.4°	15.9°	16.9°	18.2°

donde podemos apreciar que el aumento en el punto de ebullición es inversamente proporcional a la disminución de la pureza real.

Otro concepto fundamental es el calor de vaporización, es decir el número de calorías necesarias para la evaporación de 1 Kg. de agua. El calor total de vaporización del agua se expresa por la fórmula.

$$W = 606.5 \left(0.305 t \right)$$

$$\text{ó} \quad W = 607 + \frac{t}{3}$$

en la que W es el calor total en calorías, necesario para convertir un kilogramo de agua, tomado a la temperatura de 0°C , en vapor a la temperatura t .

El calor vaporización es la suma de dos cantidades:

a) Calor necesario para elevar la temperatura del líquido que se evapora, de 0°C , a su temperatura de ebullición, y

b) Color latente de vaporización, calor necesario para convertir el líquido en abullición en vapor a la misma temperatura.

Corresponde ahora su lugar lo que se refiere a cajas de evaporación, lo cual lo mencionaremos solamente, por corresponder su construcción

y manejo, más a la mecánica que a la química.

Encontramos la Caja vertical ordinaria, la Caja horizontal, la Caja de Prache y Bouillon, las Cajas con el Sistema Chapman, el aparato Westner, etc.

La importancia del control químico en el aspecto de la evaporación se refiere a la comprobación de la eficiencia de los aparatos evaporadores, pues con un simple análisis cuantitativos podemos darnos cuenta de ello y en caso de haber fallas corregirlas de inmediato.

Un químico bien adiestrado debe conocer los accesorios que tienen todos los aparatos, desde Recuperadores, manómetro, termómetros, etc., hasta las simples válvulas de paso de líquidos azucarados y poder determinar en el momento preciso, cual ó cuales de estos indicadores nos dan una información falsa, basándose por supuesto en los análisis efectuados.

Para los jugos se indica como temperatura máxima 127°C . Las pérdidas de sacarosa dependen de la reacción de los jugos: para acideces normales de 6.6 a 7.2 de P H, la pérdida no excede de 0.1% por hora y a la temperatura de 110°C . La pérdida aumenta rápidamente al aumentar la temperatura; para reducir al mínimo esta pérdida se recomienda no pasar la temperatura de 120° .

La evaporación se regula de tal manera que el jarabè salga de la evaporación con 60 a 70° Brix, cuando se fabrica azúcar crudo y de 50 a 60° Brix, cuando se trata de azúcar blanco.

CRISTALIZACION DEL AZUCAR.

Como vimos anteriormente, la concentración del jugo se verifica en dos fases sucesivas: en la primera se obtiene un jarabe de 60° Bx y se realiza en los evaporadores.

En la segunda fase se obtiene un producto llamado masa cocida, de un Brix aproximado de 92° . Esto se lleva a cabo en aparatos individuales llamados tachos cuyo principio es igual al de los evaporadores, con la diferencia de que sus tubos son de mayor diámetro y que son totalmente individuales.

CRISTALIZACION DEL AZUCAR

Como vimos anteriormente, la concentración del jugo se verifica en dos fases sucesivas: en la primera se obtiene un jarabe de 60° Bx y se realiza en los evaporadores.

En la segunda fase se obtiene un producto llamado masa cocida, de un Brix aproximada de 92°. Esto se lleva a cabo en aparatos individuales llamados tachos cuyo principio es igual al de los evaporadores, con la diferencia de que sus tubos son de mayor diámetro y que son totalmente individuales.

SOLUBILIDAD DEL AZUCAR.

El azúcar es muy soluble en agua, pudiendo ofrecer el fenómeno de la sobre-saturación. En química azucarera se llama disolución saturada de azúcar, aquella que contiene la máxima cantidad de azúcar que es capaz a una temperatura determinada.

COEFICIENTE DE SOLUBILIDAD.

Es la cantidad de azúcar necesaria para saturar 100 partes de agua a una temperatura dada.

Se denomina coeficiente de sobresaturación a la relación entre la cantidad de azúcar que contiene una disolución determinada, referida a 100 partes de agua, y el coeficiente de solubilidad correspondiente a la temperatura de la disolución.

EBULLICION DE LAS DISOLUCIONES AZUCARADAS. La temperatura de ebullición de las disoluciones azucaradas, en iguales condiciones de presión ó de vacío, es siempre superior a la del agua.

Temperaturas de ebullición para algunas disoluciones azucaradas:

Azúcar por 100 gr. de disolución	67.2	79.5	85	91.1	92.25
Temperatura de ebullición	105°	110°	115°	125°	1.30°

Propiedades de los cristales de azúcar y su formación. Una disolución saturada de azúcar puede sobresaturarse por evaporación ó por enfriamiento; en la práctica ambos procesos tienen su aplicación, ya

que en los tachos se evapora el exceso de agua y en los cristalizados se procede al enfriamiento de las masas cocidas.

Este exceso de azúcar, con respecto a la disolución saturada, se llama azúcar de sobresaturación;

El azúcar cristaliza en prismas romboidales oblicuas, del sistema monoclinico.

Los cristales de azúcar presentan la propiedad de su crecimiento en el seno de las disoluciones sobresaturadas de azúcar, por adición de azúcar de sobresaturación sin que el cristal pierda por ello su forma primitiva; el depósito del azúcar de la disolución se verifica regularmente y con la misma velocidad sobre todas las caras del cristal, obteniéndose cristales semejantes, aunque de tamaños diferentes.

La propiedad de producir el depósito del azúcar de sobresaturación la poseen también los cristales más pequeños, hasta las partículas ultramicroscópicas, que pueden originar la cristalización de una gran cantidad de disolución, propiedad tal, que se aprovecha para la formación del grano en los tachos y en la cocción con el empleo de cristales estimulantes.

Un cristal derecho, introducido en una disolución sobresaturada, no solamente crece en su seno, sino que además se cura la malformación de sus partes, de tal suerte que al tiempo adquiere forma perfecta, sin huella de sus anteriores defectos.

En el crecimiento de un cristal de azúcar, en una solución de azúcar impura, solamente se deposita sobre las caras del cristal inicial el azúcar puro, y las impurezas que dan en disolución; en esta propiedad se funda la obtención de azúcar industrial para el consumo y el agotamiento de las disoluciones azucaradas.

Sobre las hipótesis que explican la formación de los cristales, citaremos aquella que sostiene que la formación de los cristales se debe a la acción de pequeñas partículas, cristalinas, que flotan en el aire, las cuales al contacto de las disoluciones azucaradas:

das sobresaturadas, provocan la cristalización.

CRISTALIZACION DEL AZUCAR:

La velocidad de cristalización del azúcar en una determinada solución sobresaturada, es la cantidad de sacarosa, en miligramos, cristalizada por metro cuadrado y en un minuto, en la superficie de los cristales de azúcar.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE CRISTALIZACION.

1) Temperatura: La velocidad de cristalización, a sobresaturación constante, pasa por un máximo a una temperatura determinada cuando se enfría una masa cocida a partir de la temperatura de saturación de la miel madre.

Un aumento de temperatura de 10°C duplica la velocidad de cristalización.

2) Agitación: La influencia de la agitación se ha demostrado por el uso de los cristalizadores, que se hayan en continuo movimiento.

3) Viscosidad. La viscosidad de la disolución saturada del azúcar en contacto con el cristal ejerce gran influencia en la velocidad de cristalización, inversamente proporcional a la viscosidad.

4) No azúcar. que son sustancias tales que algunas alcalinizan las masas y por consiguiente dificultan mucho más el proceso de cristalización. Los azúcares reductores disminuyen la solubilidad del azúcar.

TRABAJO DE AGOTAMIENTO. Se parte ordinariamente de un jarabe de aproximadamente 85 % de pureza, para llegar a obtener una melaza de unos 35 % de pureza.

TRABAJO EN TRES PRODUCTOS. Es el más generalizado y consiste en hacer tres masas cocidas llamadas de primera, de segunda y de gercera ó A, B y C.

La masa cocida A se prepara con jarabe virgen. Su pureza varía entre 80 y 85 %, obteniéndose después de separar azúcar, una miel de unos 65 % de pureza que se cuece en el tacho de segunda. La masa de se-

gunda ó B se llama mixta, se prepara con un pie de cocida de jarabe virgen, alimentando luego la cocida con miel sin separar de la masa primera de 65 % pureza; la masa obtenida tiene una pureza de 70 a - 72 % y después del proceso final se obtiene una pureza de 50 a 55 %. La masa cocida de tercera ó C se prepara con un pie de cocida de jarabe virgen, completando la cocida hasta su final con miel de la masa de segunda de 50 % pureza; la masa resultante tiene una pureza de 55 a 60 % y se pasa por las centrífugas después de 5 a 6 días de cristalización en movimiento, dando un azúcar de tercera que se emplea para semilla de templeas de primera y segunda y miel final ó melaza de 35 % de pureza.

Como podemos apreciar, un laboratorio de análisis, puede perfectamente controlar el buen trabajo de agotamiento de un tacho, bastando para ello hacer los sencillos análisis de las diversas mieles con las cuales se trabaja cotidianamente.

En algunas partes se trabaja con cuatro productos, pero ello puede hacerse únicamente cuando la pureza del jarabe es muy elevada.

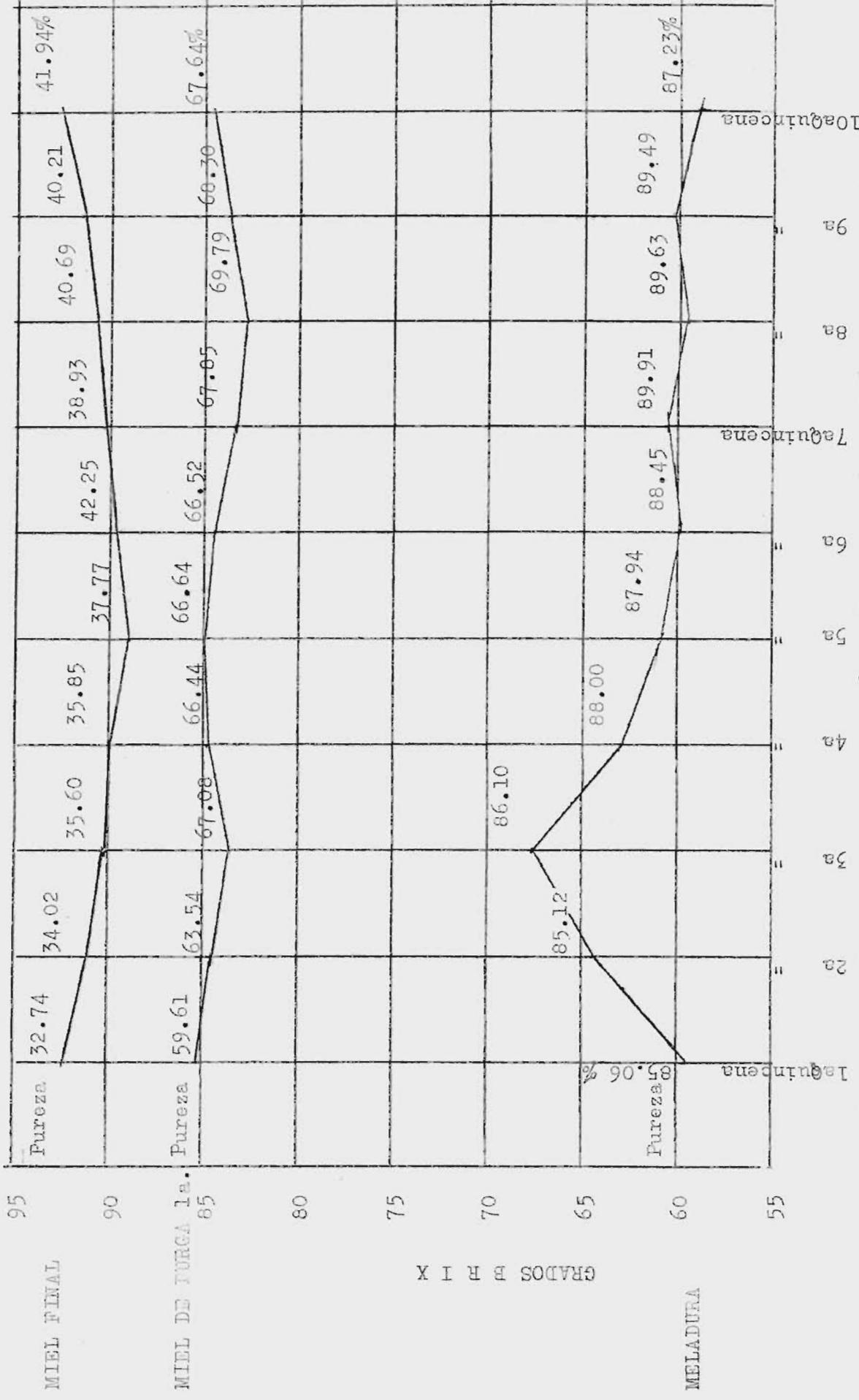
En el cuadro de la página siguiente, podemos apreciar la acción de la madurez de la caña en cuanto a cristalización se refiere, pues como vemos, en la 1a. quincena, con un Brix de 92.33 en la miel final, se tiene una pureza muy baja, de 32,74 %, índice claro de una extracción eficiente;

En cambio, en la 10a. Quincena, a pesar de tener un Brix mayor, ó sea de 92.60 la pureza es mucho más alta que en la primera Quincena: de 41.94 %; lo que nos prueba la dificultad en la cristalización de la sacarosa, por efecto de las sustancias formadas en la maduración casi total, y que impiden una mejor cristalización.

Comparando numéricamente:

Meladura	1a. Quincena	85.06 %	10a. Quincena	87.23 %
Miel de Purga	1a. Quincena	<u>59.61 %</u> 25.45	10a. Quincena	<u>67.64 %</u> 19.59
Meladura	1a. Quincena	85.06 %	10a. Quincena	87.23 %
Miel Final	1a. Quincena	<u>32.74 %</u> 52.32	10a. Quincena	<u>41.94 %</u> 45.29

Lo que nos indica una mayor cantidad de azúcar no cristalizabile.



Cuadro que nos demuestra la disminución en la obtención de Azúcar cristalizable, por efecto de las sustancias extrañas formadas durante la maduración

OTROS ANALISIS QUIMICOS LLEVADOS A CABOAGUA EN CALDERAS

De sobra es sabido la capital importancia que tiene la caldera en una fábrica, considerada por muchos como el corazón de toda fábrica, de ahí la importancia que hay que ponerle a su cuidado, ya que de ella depende el buen funcionamiento del resto.

Si no, veamos someramente su vital importancia: con el vapor se accionan los motores que mueven las masas de los molinos, se produce el calor necesario para calentar los jugos para proceder a la cristalización, por medio del vapor se procede al secado del azúcar antes de embodegarla, con vapor se accionan innumerables bombas para el llevado de jugos de una parte a otra, y si en los Ingenios hay turbogenerador, es vapor procedente de la caldera el que lo mantiene en movimiento etc.

Como vemos, insisto en la misión importantísima de la caldera, y por ello debemos ceñirnos lo más posible a las indicaciones que dan los fabricantes, pues con ello lograremos la mayor eficiencia y prolongaremos por mucho tiempo su duración.

Entre los controles llevados a cabo por el Laboratorio, se encuentra ocupando papel preponderante el pH del agua, el cual es variable según la caldera de que se trate, pero que aproximadamente se puede decir que es entre 10.5 y 11 .

Para ello, es decir, para ejercer dicho control, nos valemos de los métodos anteriormente descritos, usando sustancias químicas, tales como fosfatos compuestos, hidróxido de sodio, etc. para alcalinizar el agua, y luego por medio de un indicador de pH mantenerlo según se indique. Este debe hacerse para reducir al mínimo las incrustaciones en los tubos, las cuales reducen considerablemente la capacidad de evaporación y que por supuesto causan muchos y mayores

gastos en la época de reparaciones.

Debe igualmente dársele importancia al control de la densidad del agua, para poder recomendar cada cuanto tiempo hay que descargarla.

Como vemos, dichos análisis pueden y deben llevarse únicamente por medio de un laboratorio de control y hacerlos lo más frecuentemente posible.

El laboratorio podrá determinar con exactitud, la calidad de agua que se va a usar, y en base a ello calcular el gasto de ingredientes químicos a usarse para resultados óptimos.

AZUCAR EN LAS AGUAS DE ALIMENTACION DE LAS CALDERAS.

Dicha agua proviene en gran parte, del agua evaporada de los jugos y meladuras. Roda el agua condensada en tachos y evaporadores, constituye parte importante del suministro de agua a las calderas.

Debido a algunas causas, entre otras, arrastre en los vapores de jugo ó meladura, ó por defectos en la superficie de calefacción, estas aguas pueden contener azúcar.

Dicho azúcar da lugar a la formación de espumas en la caldera y puede provocar accidentes. Aún en el caso que la cantidad de azúcar presente no fuese suficiente para crear peligro por la formación de espumas, se descompone por efecto de las altas temperaturas, en productos dañinos para tubos y cascos de la caldera, dando lugar a sobrecalentamientos y picaduras.

Primeramente el azúcar se hidroliza, descomponiéndose más a delante la glucosa y la levulosa.

La glucosa produce levulinas, ácido fórmico y ácido acético y la levulosa da lugar a formación de ácidos húmico y fórmico y compuestos derivados del primer ácido, que son insolubles. Tanto los ácidos, como los derivados húmicos son perjudiciales para las chapas de las calderas. Estos compuestos húmicos se forman cuando el agua contine amoníaco o soda.

El azúcar en sí, no ataca el metal de las calderas, pero sus productos de descomposición sí lo hacen, tanto química como físicamente.

Los productos de descomposición se depositan sobre las placas a superficies de calefacción, motivando sobrecalentamientos dañinos.

Evidentemente, sólo un perfecto control de agua, nos proporciona la mejor protección contra esos riesgos.

MANERA DE DETERMINAR AZUCAR EN LAS AGUAS;

Se usa ácido sulfúrico, calidad reactivo, ya que además del control cualitativo, puede en cierta manera dar indicios cuantitativos.

El otro reactivo usado es el α -naftol en solución alcohólica preparada al 3 %.

Se procede así: Se toma agua que va para la caldera, en un tubo de ensayo, enfriándola cuidadosamente, se agrega 3 gotas de solución de α -naftol y luego por las paredes se deja caer el ácido, hasta el fondo, cuidando de no mezclar.

En presencia de sacarosa aparece un anillo de color violeta - donde los dos líquidos están en contacto y la intensidad del color depende de la cantidad de azúcar presente.

Puede hacerse en el laboratorio una escala de colores, conociendo de antemano la concentración de las soluciones, y de esta manera determinar en forma cuantitativa el azúcar cuando haya contaminación.

Como vemos, corresponde dicho ensayo al laboratorio de control y debe de hacerse con tanta frecuencia como sea posible, pues no hay que olvidar en ningún momento el daño grande que se hace a la caldera, si dicho control no se lleva a cabo.

Actualmente, para facilitar y abreviar dichos ensayos, se ha diseñado un aparato, por el cual está pasando continuamente agua que va para la caldera y que en presencia de la más pequeña cantidad de azúcar, acciona un dispositivo que pone en movimiento una alarma, la

nos avisa la anomalía que ocurre.

El *a-naftol* puede sustituirse por *timol*, pero no es tan sensible como el primero, teniendo la única ventaja que su solución no se deteriora con el tiempo.

Otros recomiendan el uso de *melibdato de amonio*.

El funcionamiento del dispositivo de alarma está basado en el cambio de densidad en presencia de azúcar.

CONTAMINACION CON HONGOS, LEVADURAS Y BACTERIAS

La mayor contaminación ocurre en el almacenamiento de azúcares crudas. Ciertos tipos de microorganismos se desarrollan en la capa de miel que rodea los granos, ocasionando pérdidas de sacarosa.

Si al guardar azúcar, no se han seguido los cuidados necesarios en la centrifugación, se corre el riesgo de una contaminación.

Los microorganismos se encuentran en todos los lugares, preferentemente húmedos, y por ello debe ventilarse principalmente los lugares donde se llevan a cabo los procesos finales, y observar cuidados sanitarios necesarios.

Gran cantidad de estos microorganismos se encuentran también en los primeros procesos de fabricación, pero debido principalmente, a que los jugos son sometidos a relativamente altas temperaturas, mueren todos ellos, si bien algunos ejercen su acción inversora relativamente rápido, y es por ello que no es conveniente que los jugos sin calentar permanezcan mucho tiempo estancados.

Por esto último, deben usarse en los molinos y en los canales de descarga de bagazo, antisépticos que garanticen la no existencia de tales microorganismos.

Entre los antisépticos usados se encuentran : el bisulfito sódico, a una concentración de 30° bé., la solución de formalina, a razón de 5 gr. por hectolitro como medida preventiva, pero si la contaminación es muy grande, debe usarse una concentración mayor.

CAPITULO V

EL LABORATORIO. SU EQUIPO.

El laboratorio de un Ingenio, debe ser una de los departamentos mejor atendidos, ya que como vemos, es así como el cerebro, de donde emanan los resultados, que nos dictan la manera de hacer tal ó cual trabajo, corregir este ó aquel defecto, etc.

En síntesis, el Laboratorio nos dice si la caña, en el caso de ser de propiedad del Ingenio, es de buena calidad y podemos esperar de ella un buen rendimiento; en el caso de ser comprada, nos indica si el precio que pagamos por ella es lo justo, ya que su contenido en sacarosa lo amerita. Esto último es poco frecuente en El Salvador, pero debería incrementarse, ya que con ello se obligaría al vendedor a sembrar caña de mejor calidad y se beneficiarían los Ingenios, e igualmente el mismo vendedor, ya que se le pagaría más por sus cañas. El análisis de fibra nos indica de inmediato la facilidad o dificultad en la extracción y respecto a extracción podemos ver el trabajo de cada uno de los molinos, la cantidad de agua de IMBIBICION si la humedad en el bagazo es apropiada para usarlo de combustible, etc., como vimos con más detalle en los lugares correspondientes.

En fin, vemos la importancia del laboratorio y en lo que respecta a su localización, debe ser en un lugar convenientemente apropiado, que pueda controlarse la marcha del ingenio, sus paradas, indagar sus causas, etc.; la construcción debe llenar todos los requisitos de luz, aire y, demás condiciones necesarias para lograr de sus ocupantes un máximo de eficiencia.

Respecto a medidas ó dimensiones, es muy relativo, si bien algunas medidas pueden colocarse como mínimas. Podemos mencionar un área de 45 m².

En el centro debe tener su mesa de trabajo equipada con agua, desagües, electricidad, tubería de vacío, gas, etc.

Debe haber mesas especiales para las balanzas, un lugar con suficiente obscuridad para destinarlo al sacarímetro, debe de tener un lugar adecuado en donde el jefe de laboratorio pueda trabajar sin dificultad, lo mismo que equipar dicho lugar con máquinas de escribir, calculadoras, pues no hay que olvidar que los informes deben presentarse lo más limpios que sea posible.

Todo esto no es cosa del otro mundo, y siendo de la importancia que es, debe hacerse de la mejor manera, para la buena marcha de la técnica de laboratorio.

EQUIPO.

CRISTALERIA. Por cualquiera de las partes que componen el equipo podríamos empezar, así que empezamos por ésta.

La cristalería usada, es muy variada, y debe ser de la mejor calidad posible, ya que en algunos casos, los resultados tienen que ser de carácter analítico cuantitativo y otras debe de someterse a calentamientos que sólo un buen cristal es capaz de soportar.

Comprende entre otras cosas: GARRAFONES de tamaño relativamente grande, hasta de unos 30 lts., para el contenido del agua destilada, solución de subacetato, soluciones detergentes. etc.

Luego una serie de frascos de más pequeña capacidad, para el contenido de soluciones de Nitrato de plata, axalato de potasio, las soluciones de Felhing, soluciones de cloruro de sodio, α -naftol, ácido clorhídrico, ácido acético, y en fin todas las demás soluciones usadas como reactivos.

Muchos de estos frascos, deben ser frascos-goteros, para aquellas soluciones cuyo empleo ha de ser por gotas, lo mismo que algunos frascos de tapón esmerilado para contener líquidos corrosivos.

FRASCOS DE WOOLF ; para el lavado de gases; y para mantener en buenas condiciones la solución de subacetato.

BALONES, de diversas capacidades, de buena calidad, para que soporten altas temperaturas, lo mismo que cambios bruscos; debe haber balones,

o frascos, con tapón esmerilado, para la preparación de soluciones a usarse en química analítica cuantitativa.

Balones para los análisis de jugos, mieles, etc. y será el químico, el que recomiende y seleccione lo que ha de comprarse, para no incurrir en el error de comprar balones no útiles ó sin resistencia ni exactos en muchos casos.

CAPSULAS DE PORCELANA y vidrios de reloj de múltiples usos; Vasos de precipitados, para contenido de jugos principalmente;

TUBOS DE ENSAYO, los cuáles hay de varios tamaños, y se emplean en muchas operaciones, por lo que se vuelven indispensables en todo laboratorio, usándose para colocarlos, gradillas de madera ó de metal.

CRISOLES, útiles en la determinación de cenizas, por su resistencia, aún a altas temperaturas.

Todo laboratorio de un ingenio debe estar equipado con, probetas, buretas y pipetas; las primeras usadas para contener los jugos y las mieles cuando se pesan con areómetros, o medidores de grados Brix: Baumé; las otras y también las primeras, usadas para medir líquidos;

ALMIRECES ó MORTEROS para pulverizar substancias;

AGITADORES, para remover líquidos.

EMBUDOS, de gran utilidad en el proceso de filtración, soliendo ser de vidrio.

ESPATULAS, tanto de porcelana, plástico y de acero inoxidable;

TUBOS ó VARILLAS de vidrio para conducción de gases y líquidos, a los cuáles el químico debe darles la forma adecuada; esto cuanto a cristalería se refiere.

Respecto a los demás implementos tenemos:

TERMOMETROS, cuya utilidad no admite discusión, pues sabemos que la exactitud de los análisis depende de la temperatura bien tomada, para hacer las correcciones necesarias; usados para poder mantener a deter

terminada temperatura las sustancias, en el análisis de humedad etc. SOPORTES, en los cuales se fijan pinzas y anillos, para sujetar objetos tales como balones en muchas operaciones químicas;

LAMPARA DE ALCOHOL, muy útil por su llama de calor intenso, teniendo además la propiedad de no humear las vasijas que se calientan.

MECHEROS, cuyo combustible es el gas propano u otros ;

PINZAS, de madera ó metálicas;

TRIPODES de diversas alturas ;

REJILLAS DE ASBESTO, para evitar la llama directa, etc.; Debiendo haber además ,en relativamente bastante cantidad y variación en diámetro, tubos de goma de una aplicación muy extensa; Tapones de corcho y hule, lo mismo que juego de taladra corchos ó saca-bocados;

DIGESTOR. Es un receptáculo, generalmente de cobre, de unos 10 cm. de diámetro y 15 de profundidad, provisto con tapa de bronce y con grampa para formar junta perfecta. Un tubo de bronce conectado a la tapa sirve como condensador, o puede tener un serpentín en la parte superior con su baño de agua fresca. Se utiliza como paso preliminar en la determinación de sacarosa en el bagazo.

PAPEL algo de suma importancia en los análisis químicos, y que por lo tanto no debe faltar, debiéndose de darle preferencia al papel de la mejor calidad posible.

ESTUFAS La estufa es otro de los elementos indispensables en un Laboratorio, ya que sin el concurso de ella serían innumerables las operaciones que dejarían de hacerse

DESECADORES, son campanas o recipientes de vidrio grueso, con su tapadera que cierra herméticamente y dentro de la cual se colocan las muestras que no deben absorber más humedad;

HORNOS ó MUFLAS, usadas para introducir en ellos los crisoles con muestras para la determinación de cenizas.

VACIO. Como sabemos, la ebullición en los aparatos evaporadores se lleva a cabo a una presión menor que la atmosférica. En la fábrica dicho vacío se consigue por medio de columnas de líquido que crean succión, aplicando dicho principio se puede llevar a cabo en el Laboratorio de

la misma manera, pero es mejor si se dispone de una pequeña bomba que además de vacío nos proporciona aire. Se usa el vacío sobretodo en la aceleración de procesos filtratorios, tales como en la determinación de fibra en la caña.

AREOMETROS, los cuales sirven para determinar el tanto por ciento de sustancias disueltas en un líquido. Se de preferencia actualmente a los areómetros Brix sobre los Baumé.

REFRACTOMETROS, usándose para lo mismo que los anteriores, con la gran ventaja sobre aquellos que no se necesita mucho volumen para hacer las determinaciones y que se hacen en muy corto tiempo.

SACARIMETRIA OPTICA. SACARIMETROS Esta basada en la propiedad que tienen algunos cuerpos de desviar la luz polarizada.

Los sacarímetros son polarímetros destinados a a la investigación de soluciones azucaradas. PESO NORMAL. Es la cantidad de sacarosa que disuelta en 100 ml. de agua destilada y polarizada en un tubo de 200 mm. produce una desviación de 100° en el sacarímetro.

BALANZAS En un laboratorio se necesitan por lo menos dos tipos de balanzas, las cuales pueden ser: granataria y de precisión.

AGUA DESTILADA El agua se obtiene aplicando la operación Físico-Química llamada Destilación. Dicha agua no debe contener cloruros, carbonatos, sulfatos, dióxido de carbono, amoníaco, calcio, metales pesados etc. PH no debe ser menor de 5.

La manera más fácil de obtenerla es proveyendo al laboratorio de un pequeño aparato para su producción.

RESUMEN DE LOS ANALISIS A EFECTUARSE EN UN LABORATORIO

En caña: Agua, cenizas, fibra y azúcares

En el proceso de elaboración:

Jugos: primer molino, mezclado y último molino, clarificado.

Mieles: meladuras, masas cocidas, mieles de purga y miel final.

Bagazo: humedad y polarización.

La página siguiente es una muestra de hoja de control de laboratorio de un Ingenio Azucarero.

CONCLUSIONES

- 1) Necesidad de que la Universidad Nacional, por medio de las Facultades de Ingeniería y Ciencias Químicas cree un Departamento, o si fuera posible una Escuela para preparar profesionales en el amplio campo de la Química Azucarera, ya que hace falta notoria la existencia de dichos profesionales;
- 2) Los Ingenios que tienen en su personal técnicos en la materia, — son los que actualmente marchan a la cabeza en lo que a eficiencia y rendimiento se refiere, y como dato no tanto curioso sino — más bien lógico, dichos Ingenios están equipados con su Laboratorio de control químico, en donde trabajan algunos Químicos y otros tantos prácticos;
- 3) La única forma de trabajar acorde con los nuevos adelantos en técnicas de elaboración, y conocer a ciencia cierta la eficiencia de un Ingenio, es llevando todos los controles necesarios, y haciendo tantos trabajos de investigación como sea necesario, tarea que sólo se puede encomendar a un entendido en la materia;
- 4) Incrementar la producción o mejor dicho la siembra de aquellas variedades de caña que proporcionen mayor rendimiento y causen menos problemas en la extracción del azúcar, para lo cual puede — pedir ayuda a las estaciones experimentales del país, y lograr si fuera posible, que sus Químicos tengan acceso a dichos laboratorios para una mejor preparación;
- 5) Pedir la colaboración de todas aquellas personas, profesionales o no profesionales que tengan conocimiento de la materia, una contribución práctica, tendiente a demostrar a los dueños o encargados de Ingenios las ventajas de tener éste bajo control de una — persona extendida en asuntos de control de laboratorio, para aumentar de esa manera su eficiencia y rendimiento en el Ingenio;
- 6) Luchar todos para la superación de una industria tan importante — como es la Industria Azucarera Salvadoreña, que tanto bien hace — a la Economía Nacional, —

LIBROS CONSULTADOS

MANUAL DE FABRICANTES DE AZUCAR DE CAÑA Y QUIMICOS AZUCAREROS
SPENCER-HEADE-BOURBAKIS

FABRICACION DEL AZUCAR

ANTONIO PORTA ARQUEO
LICENCIADO EN CIENCIAS QUIMICAS
JEFE DE FABRICACION DE AZUCARERA HISPANIA

TRATADO DE QUIMICA ANALITICA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA

DR. F. P. TREADWEL
W. D. TREADWEL

TRATADO DE QUIMICA INORGANICA

POR EL DR. ERNESTO RIESENFELD

REVISTAS AZUCARERAS

SUGAR JOURNAL
Y
SUGAR Y AZUCAR

REVISTA AGRICOLA

AGRICULTURA EN EL SALVADOR

PRACTICAS LLEVADAS A CABO EN LOS LABORATORIOS DEL INGENIO CHANMICO
Y DE LA REFINERIA SALVADOREÑA DE AZUCAR.