



HERNAN CALLE VELEZ

SUBPRODUCTOS DEL CAFE

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE

Cenicafé

CHINCHINA - CALDAS - COLOMBIA

BOLETIN TECNICO

No. 6

1977

PRESENTACION

Desde la fundación de la Federación Nacional de Cafeteros se previó el uso de la investigación científica en todas sus manifestaciones, como un elemento para alcanzar el pleno desarrollo del hombre cafetero y por ende de su industria.

La obra que presentamos, es parte de la respuesta a ese mandato. Con ella se ha querido demostrar de manera muy general pero a la vez muy práctica, las posibilidades de utilización de los desperdicios que se generan en todo el proceso de beneficio del café, los cuales alcanzan el 92^o/o de su peso.

Este trabajo es producto del ingenio y la dedicación del doctor Hernán Calle Vélez y de sus 20 años de trabajo en este campo.



GERMAN VALENZUELA SAMPER
Gerente Técnico

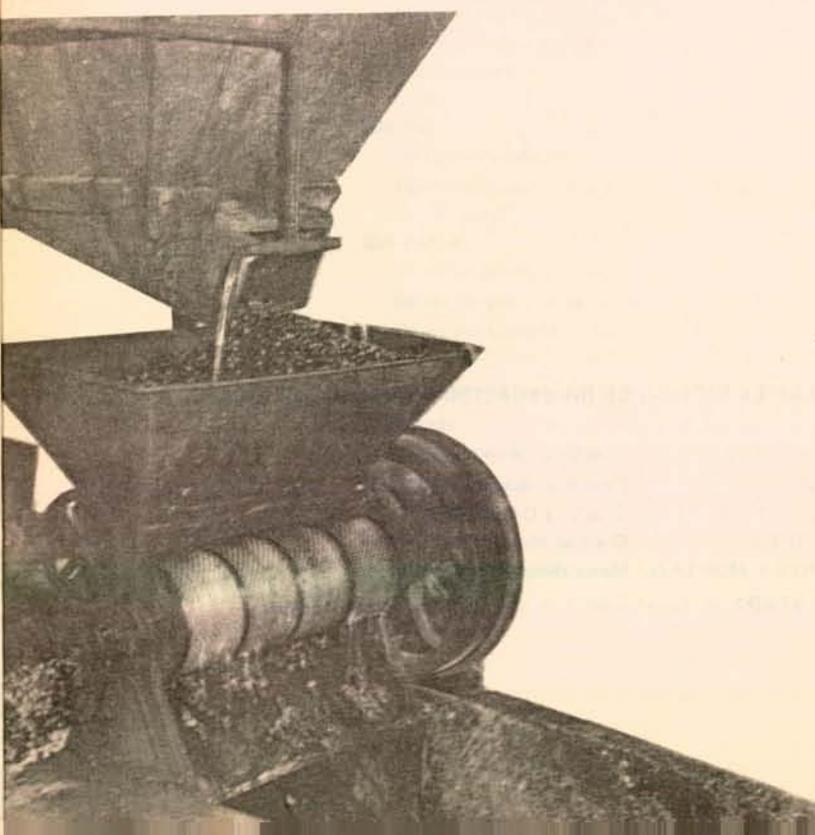
FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA Y TECNOLOGIA

SECCION QUIMICA INDUSTRIAL

SUBPRODUCTOS DEL CAFE



Por
Hernán Calle Vélez
1977

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ

20730009802
DEL CAFÉ

UNA PUBLICACION DE LA SECCION DE DIVULGACION CIENTIFICA -CENICAFE-

EDITOR	José Vélez Marulanda I. A.
REVISOR	Fernando Arcila Otero I. Q.
COMPOSER	Olga Lily Ospina Arias
DIBUJOS	Gonzalo Hoyos Salazar
ARTE Y MONTAJE	María Helena Estrada Gómez
PORTADA:	Fotografía del I. A. Germán Valencia Aristizábal

CONTENIDO

INTRODUCCION	1
Materiales de desperdicio obtenidos en el proceso de beneficio	3
Posibilidades de utilización	4
OBTENCION DE LOS MATERIALES DE DESPERDICIO	7
Obtención de la pulpa	7
Obtención del mucílago	10
Obtención del pergamino	10
Obtención de la película plateada	10
OBTENCION DE SUBPRODUCTOS	11
Miel	13
Métodos de obtención	13
Composición y calidad	16
Limitaciones	18
Usos	18
Alcohol	19
Métodos de obtención	19
Fermentación	20
Rendimiento	20
Gas metano	23
Cómo se produce el gas	24
Partes de que consta la planta	25
Como funciona la planta	27
Rendimientos	28
Como se utiliza el gas	29
Levaduras	31
Propagación en el laboratorio	31
Proceso de la planta piloto	33
Producidos	34
Análisis químico de las levaduras	36
Otros microorganismos	36
Rendimientos	37

Pectinas	39
Contenido de pectinas del café	39
Procedimientos para obtener las pectinas	40
Pectinas demetoxiladas	42
Usos de las pectinas	44
Aceite	45
Aceite de almendra	46
Aceite de las borras	47
Otras formas de extracción	48
Proceso	49
Alimento para Gallinas	51
Ensilaje de pulpa	52
Ensayos con pulpa peletizada	52
Ensayos con los ripios	54
Ensayo biológico con aceite de café	54
Efectos del "tinto" en pollos	54
Baterías eléctricas	57
Como se construye una batería de pulpa	57
Baterías de vidrio o plástico	58
Baterías en tarros de lata	59
Materiales de construcción	63
Cisco	63
Pulpa	65
Pulpa descompuesta	66
Rayón viscosa	69
Métodos para producir viscosa del cisco de café	70
Plásticos	71
Productos varios del cisco	73
Disolución del cisco	73
Destilación seca	73
Hemicelulosa	74
Aromáticos	74
Furfural	74
OTROS USOS DEL CAFE	75
Resinas de la borra	75
Tintas fotosensibles y termosensibles de la almendra	75
Bebidas por infusión de las hojas de café	76
Harina de café para panificación	76
INDUSTRIALIZACION INTEGRADA	77
La asociación café-caña-pasto	78
Funcionamiento de una central de Beneficio mixta	78
BIBLIOGRAFIA	79
APENDICE	82

INTRODUCCION

La desigualdad entre la capacidad limitada del hombre para el consumo de los alimentos y su capacidad casi ilimitada para la obtención de productos no alimenticios, generó el movimiento de la química aplicada a la utilización integral de los productos agrícolas.

En este consorcio utilitarista, se han logrado numerosos productos a partir de otros como el maíz, la soya, la naranja, el algodón, la caña, etc., productos éstos que nivelan las capacidades de producción y consumo; por lo tanto no parece lógico excluir al café de este criterio de aprovechamiento, denominado comunmente "quimiúrgico".

Las situaciones posibles de superproducción o subconsumo del café, obligan a examinar las soluciones disponibles para nivelar estos dos fenómenos con el fin de estabilizar al máximo la industria cafetera.

La solución más elemental contra los fenómenos de acumulación, es el aumento y diversificación de las vías de consumo.

En el caso del café, la mayor dificultad para darle otros usos industriales, reside en el valor que tiene como bebida estimulante y en la forma como está organizado su cultivo.

Existen innumerables posibilidades para darle otros usos industriales al café y para utilizar los subproductos que resulten en el beneficio del mismo (figura 1).



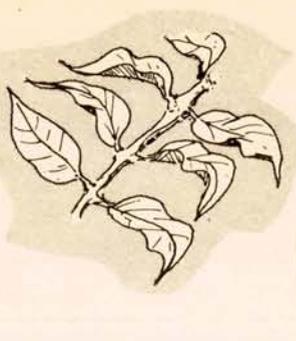
TALLO

Muebles y artesanías



HOJAS TIERNAS

Bebida semejante al té



HOJAS MADURAS

Clorofila y cafeína



FLORES

Perfume

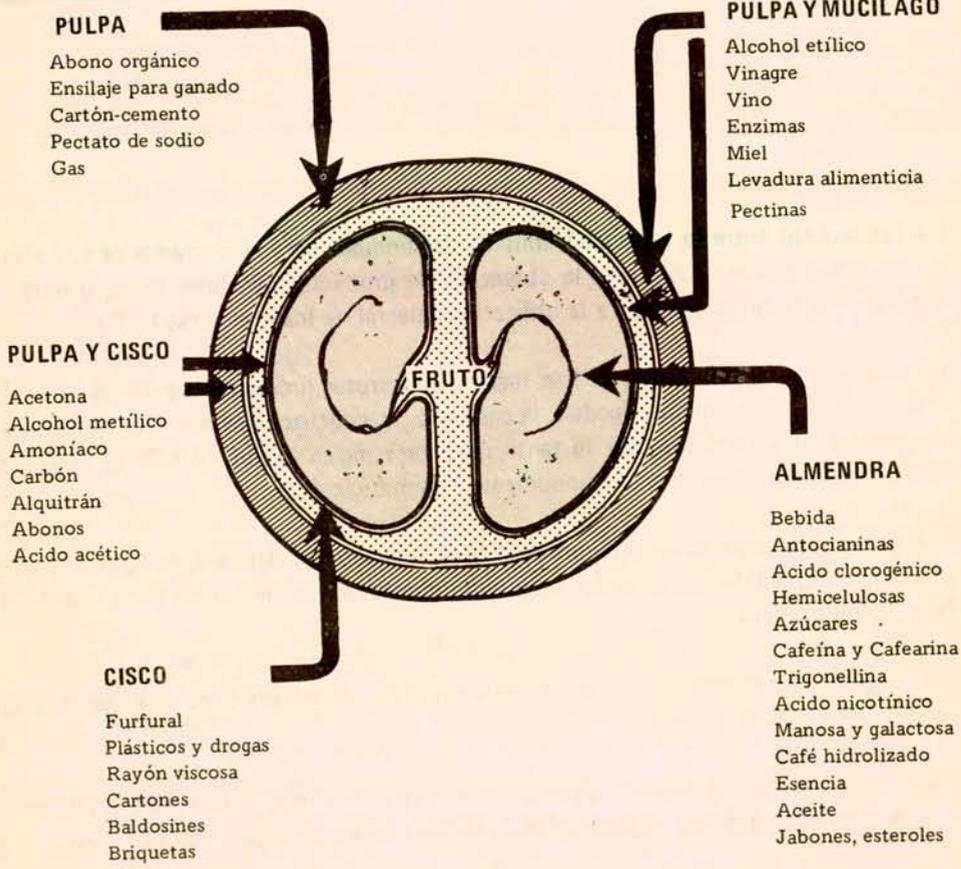


FIGURA 1.- SUBPRODUCTOS QUE SE PUEDEN OBTENER DE LAS DIVERSAS PARTES DEL CAFETO.

Gracias a los avances en el empleo de materiales aparentemente inútiles, aún los más heterogéneos como las basuras urbanas empiezan a hacer rentable la instalación de grandes plantas. Desde los empleos inferiores en la escala de utilización, (quemarlos o dispersarlos en el campo), hasta la recuperación de sustancias valiosas, como fertilizantes y proteínas microbianas, se está creando una nueva economía agrícola a la cual no se debe sustraer la industria cafetera.

No se oculta que convertir un desperdicio en un producto comercial, requiere un arduo trabajo; pero un material de desperdicio puede volverse valioso gracias a un nuevo aparato o descubrimiento, a la adaptación de procesos o debido al encarecimiento de los materiales a los cuales pueda substituir. La investigación planificada y a escala mundial, podría aprovechar rápidamente estas oportunidades.

Si los organismos que con tanto éxito han estimulado los trabajos sobre la química del café verde, la extendieran a nuevos aprovechamientos del fruto entero, y aún a otras partes de la planta, no se tardaría probablemente en el descubrimiento de procesos que beneficiarían a toda la industria cafetera.

El presente trabajo es una recopilación de los resultados obtenidos en la Sección de Química Industrial de CENICAFE, la cual se ha dedicado durante más de 20 años a estudiar los procesos para utilizar los desechos de la bebida de café, y a investigar otros usos de la almendra.

MATERIALES DE DESPERDICIO OBTENIDOS EN EL PROCESO DE BENEFICIO

Durante el beneficio húmedo del café, éste es sometido a una serie de procesos en donde se producen materiales de desecho que representan el 90.5^o/o del peso del grano, o sea que sólo se utiliza el 9.5^o/o de su peso en la preparación de la bebida (figura 2).

Este porcentaje de desechos, discriminado para cada uno de los pasos del beneficio, se puede apreciar en la tabla 1.

TABLA 1.- MATERIALES DE DESPERDICIO OBTENIDOS EN EL PROCESO DE BENEFICIO DE UN KILOGRAMO DE CAFE EN CEREZA.

Proceso	Pérdida gramos	Materiales
Despulpado	394	Pulpa fresca
Fermentación	216	Mucilago
Trilla	35	Pergamino (Cascarilla)
Secado	171	Agua
Torrefacción	22	Cafeína y sustancias volátiles.
Preparación de la bebida	104	Borra
Pérdida acumulada	942	

Teniendo en cuenta que todos los costos tanto de cultivo como industriales de un kilogramo de fruto en cereza, inciden sobre el valor final de 58 gramos que se disuelven para formar la bebida, se aprecia el alto valor real de este producto y su desperdicio económico.

POSIBILIDADES DE UTILIZACION

La utilización de estos desperdicios está determinada por una serie de factores como las cantidades producidas, su distribución temporal y regional, contenido de humedad, almacenamiento y preservación, importancia comercial de los productos obtenidos y capacidad de competencia con otros materiales.

La utilización de los desperdicios cafeteros abarca desde las formas más simples de uso del desperdicio en la finca, como fertilizante o combustible, hasta su utilización en productos elaborados industrialmente.

En los países en donde se despulpa el café, la pulpa se bota a los ríos o se acumula en fosas. A partir de estas fosas es posible utilizar la pulpa como abono, pero aún este uso resulta muy costoso por el alto contenido de humedad (80%), y el gran volumen que representa, lo cual dificulta su distribución en el cafetal.

El mucílago, se pierde totalmente en la fermentación y el lavado. Los residuos de la trilla, que están formados por el cisco o pergamino y los granos negros o partidos, se emplean como combustible en los secadores, donde la trilla se realiza en los mismos beneficios, como en Costa Rica. En Colombia donde esta operación se efectúa en trilladoras urbanas, forma grandes acumulaciones que se emplean parcialmente como combustible para la fabricación de adobes. Estos residuos tienen un alto poder calorífico (4.200 calorías por kilogramo) pero un elevado costo de transporte a causa de su volumen: un bulto de cisco sin comprimir pesa 28 kg; comprimido el material llega a contener de 35 a 40 kg.

Al hacer la clasificación de la almendra resultan los ripios, (compuestos de granos negros), que se botan a los ríos para evitar su empleo en la preparación de la infusión de café. Las borras de la preparación de la bebida se acumulan en grandes cantidades en las fábricas de café soluble, pero sus condiciones de humedad dificultan su utilización. En algunas plantas se aprovechan como combustibles. Hasta el momento, las condiciones físicas de dispersión, humedad y volumen, han hecho antieconómicos aún los empleos más sencillos como el abonamiento de cafetales.

Pero hoy comienzan a aparecer circunstancias muy favorables para la integración económica de esta industria. Tal es el caso de la región de Chinchiná, en donde grandes cultivos intensivos de café, centrales de beneficio, almacenes de depósito, trilladoras y la instalación de una planta de café soluble, producirán todos los desperdicios del café en grandes cantidades y en forma concentrada, lo cual hará posible su utilización integral en forma económica.

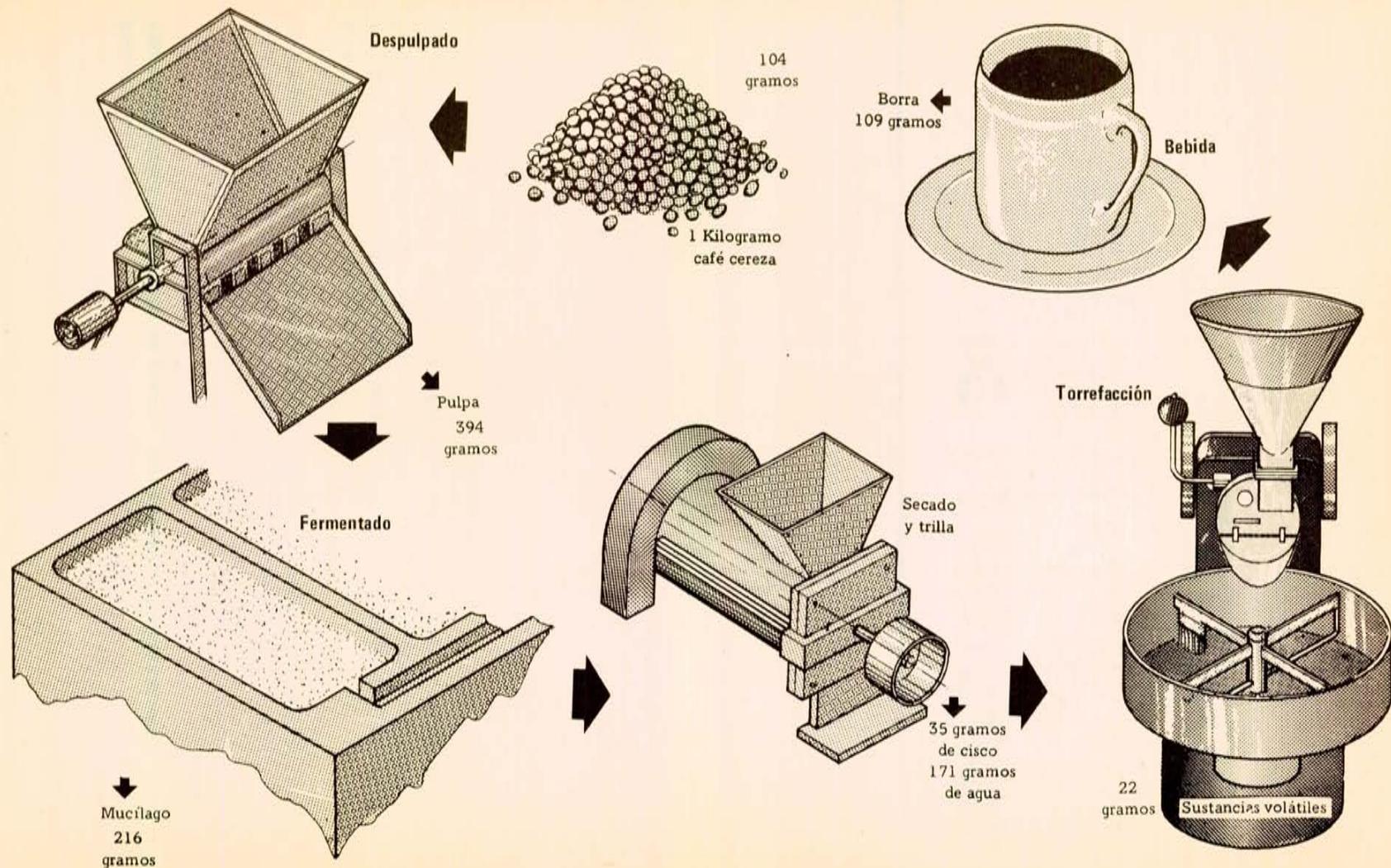


FIGURA 2.- ETAPAS DEL BENEFICIO DEL CAFE Y DESECHOS OBTENIDOS CON BASE EN UN KILOGRAMO DE CAFE CEREZA.

OBTENCION DE LOS MATERIALES DE DESPERDICIO

Para entrar en el estudio de los productos derivados de los desechos del café, es necesario conocer los métodos para obtener esos desechos como también sus características físicas y químicas.

OBTENCION DE LA PULPA

La primera operación del beneficio consiste en despojar al fruto de su epicarpio, conocido como pulpa. Esta operación, realizada por máquinas despulpadoras, separa totalmente la pulpa y el mucílago. Es así como en los primeros minutos del beneficio queda disponible la pulpa para ser utilizada.

El posible empleo de los azúcares de la pulpa para la producción de alcohol, levaduras y melazas, tropieza con el inconveniente de su rápida fermentación si no se la utiliza en el mismo día. Es necesario impedir esta pérdida de los azúcares mientras la pulpa se transporta a la planta industrial.

Con este propósito se ensayaron en Cenicafé, procedimientos para preservarla por medio de productos sulfurosos.

Para producir el anhídrido sulfuroso (SO_2), se usó una máquina matahormigas acoplada a una tubería enterrada, cuya boca sobresalía un poco del suelo. Colocando un anejo en la boca del tubo, se amontonó sobre ella la pulpa, y se cubrió con tela de plástico (figura 3).

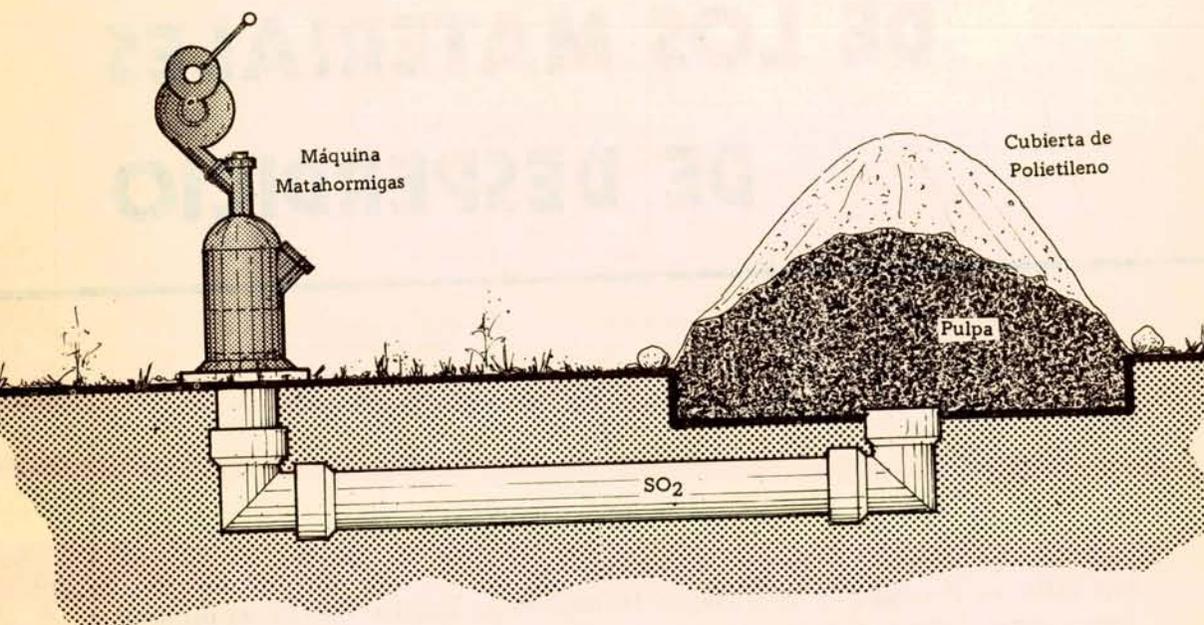


FIGURA 3.- MAQUINA MATAHORMIGAS UTILIZADA PARA IMPEDIR LA FERMENTACION DE LA PULPA.

En la máquina se quemó flor de azufre hasta que toda la pulpa tomó un color amarillo claro. Durante una semana se registró el pH, y se tomaron muestras para determinar la cantidad de azúcares fermentables, (tabla 2).

El pH aumentó en la pulpa sin tratar, desde 4,4 hasta 6,4 mientras que en la tratada con SO_2 , permaneció estacionario, lo cual indica que en presencia del SO_2 , no ha habido fermentación de los azúcares de la pulpa.

Por medio de fermentación alcohólica, se midió la pérdida de azúcares en la pulpa tratada con SO_2 y en la no tratada, y se observó en ésta, una pérdida total de los azúcares, a los cuatro días (tabla 3).

TABLA 2.- COMPARACION DEL pH EN PULPA SIN TRATAR Y TRATADA CON SO₂.

Días	Testigo sin SO ₂	SO ₂ por combustión de azufre	
		5 lb/ton. de pulpa	7 lb/ton. de pulpa
	pH	pH	pH
1	4.4	3.4	3.1
2	4.5	3.2	3.0
3	4.6	3.6	3.2
4	4.7	3.4	3.0
5	4.8	3.3	3.3
6	6.0	3.5	3.1
7	6.3	3.1	3.3
8	6.4	3.3	3.5

TABLA 3.- PERDIDA DE AZUCARES EN LA PULPA SIN TRATAR Y TRATADA CON SO₂.

Días	Contenido de azúcares		
	Pulpa sin tratar	con 5 lb. de azufre por ton.	con 7 lb. de azufre por ton.
	o/o	o/o	o/o
1	2.5	2.5	2.5
2	2.0	2.5	2.5
3	1.0	2.5	2.5
4	0.5	2.5	2.5
5	0.0	2.4	2.5
6	0.0	2.4	2.5
7	0.0	2.3	2.5
8	0.0	2.3	2.5

OBTENCION DEL MUCILAGO

En la operación de despulpado, el mucílago queda adherido al pergamino, y es ahí donde se realizan las primeras fermentaciones que sufre el café.

Para que el mucílago pueda desprenderse totalmente, debe sufrir una serie de fermentaciones, alcohólicas y ácidas.

En el despulpado húmedo, las fermentaciones sufridas por el mucílago se retrasan debido al arrastre de azúcares y fermentos por el lavado, demorando hasta 30 horas el punto de lavado del grano. Este mucílago queda en malas condiciones para su aprovechamiento. Para uso industrial sería necesario desprenderlo, por estregamiento mecánico mediante el empleo de una máquina tipo Raoeng o Fukunaga, o por la acción de lejías de soda cáustica al cuatro por mil.

También, lavando el grano inmediatamente se despulpa, y recirculando el agua de lavado, se obtienen los azúcares del mucílago. Para evitar que éstos se fermenten durante la noche, se agregan 2 c.c. de formol al 40^o/o por cada cinco litros de mucílago; en esta forma se puede conservar el mucílago, sin que se fermente, durante cuatro días.

Este sistema también sirve para preservar el mucílago en la elaboración de pectinas.

OBTENCION DEL PERGAMINO

Una vez desprovisto el grano de la pulpa y del mucílago, y sometido al proceso de secamiento, se procede a liberarlo del endocarpio o pergamino; esto se logra haciéndolo pasar a través de un cilindro acanalado de hierro fundido, que gira con rapidez dentro de una cubierta del mismo metal. El pergamino es expulsado de la máquina, por medio de corrientes de aire.

OBTENCION DE LA PELICULA PLATEADA

En el proceso anterior se puede obtener al mismo tiempo que el pergamino la película plateada. Sin embargo, la operación puede hacerse por separado; después de despergaminar el grano, se lo somete a la acción de una máquina pulidora, que se encargará de extraerle la película plateada.

OBTENCION DE SUBPRODUCTOS

miel

La miel ó melaza del café, es el producto de la extracción y concentración de los jugos azucarados de la pulpa y del mucílago. Se presentan en la forma de un jarabe denso, de color castaño oscuro, semejante a la miel de caña, y de sabor dulce y agradable cuando el fruto de donde proviene está uniformemente maduro.

METODOS DE OBTENCION

Es necesario que la recolección haya sido muy cuidadosa para que más del 90^o/o de los frutos se encuentren uniformemente maduros y en buen estado.

El proceso de obtención de la miel, comprende las siguientes etapas:

- 1.- Despulpado con el mínimo de agua para evitar la pérdida de azúcares por el lavado.
- 2.- Extracción de los jugos de la pulpa.
- 3.- Extracción de los azúcares del mucílago.
- 4.- Concentración y depuración de los jugos.

Con base en los ensayos realizados en Cenicafé, se estableció el siguiente procedimiento: el café despulpado se recibe en un tanque provisto de un doble fondo de anejo, donde se lava con la mínima cantidad de agua, durante diez minutos, por medio de una bomba recirculante.

El lavado remueve casi todo el azúcar sin arrastrar mucha parte del mucílago, el cual dificulta la depuración posterior del jugo.

La pulpa se exprime en sacos de fique por medio de una prensa hidráulica de 100 toneladas.

Los jugos de la expresión de la pulpa y los obtenidos del lavado del café se concentran a fuego directo en fondos de cobre o aluminio, empleando el mismo procedimiento que se utiliza para preparar miel de caña.

Durante la evaporación, los jugos se cuelan por lienzos para separar el mucílago, porque éste produce la fermentación de la miel. Este procedimiento se puede apreciar en la figura 4.

El procedimiento a escala semi-industrial que hemos descrito, no es económico debido a que el sistema de evaporación empleado requiere un gran consumo de combustible.

Para una instalación industrial, la economía en el proceso depende de que los jugos tengan una concentración de azúcar del 8^o/o al 11^o/o (como ocurre en los de la caña), y de que la evaporación sea muy económica. Para obtener la concentración apropiada de azúcar se puede apelar a los siguientes procedimientos:

- 1.- Utilización de las desmucilagadoras mecánicas, (como las Raoeng y Fukunaga), provistas de bomba para recircular el agua.
- 2.- Uso de productos enzimáticos para acelerar la disolución del mucílago, antes de que se fermenten los azúcares.

Se han obtenido muy buenos resultados con el uso de Cofepec agregado al café inmediatamente después de despulpado, y lavado al cabo de una hora con una recirculación del agua; en esta forma se logra concentrar los azúcares hasta un 8^o/o .

La expresión de la pulpa se puede hacer por medio de prensas continuas como las utilizadas para uvas.

La evaporación se produce en tachos al vacío, o en ciclones como los que se están utilizando para el secamiento instantáneo de café.

En la figura 5 se presenta el diseño de un proyecto de planta para extracción de miel de café, que incluye los procesos descritos anteriormente.

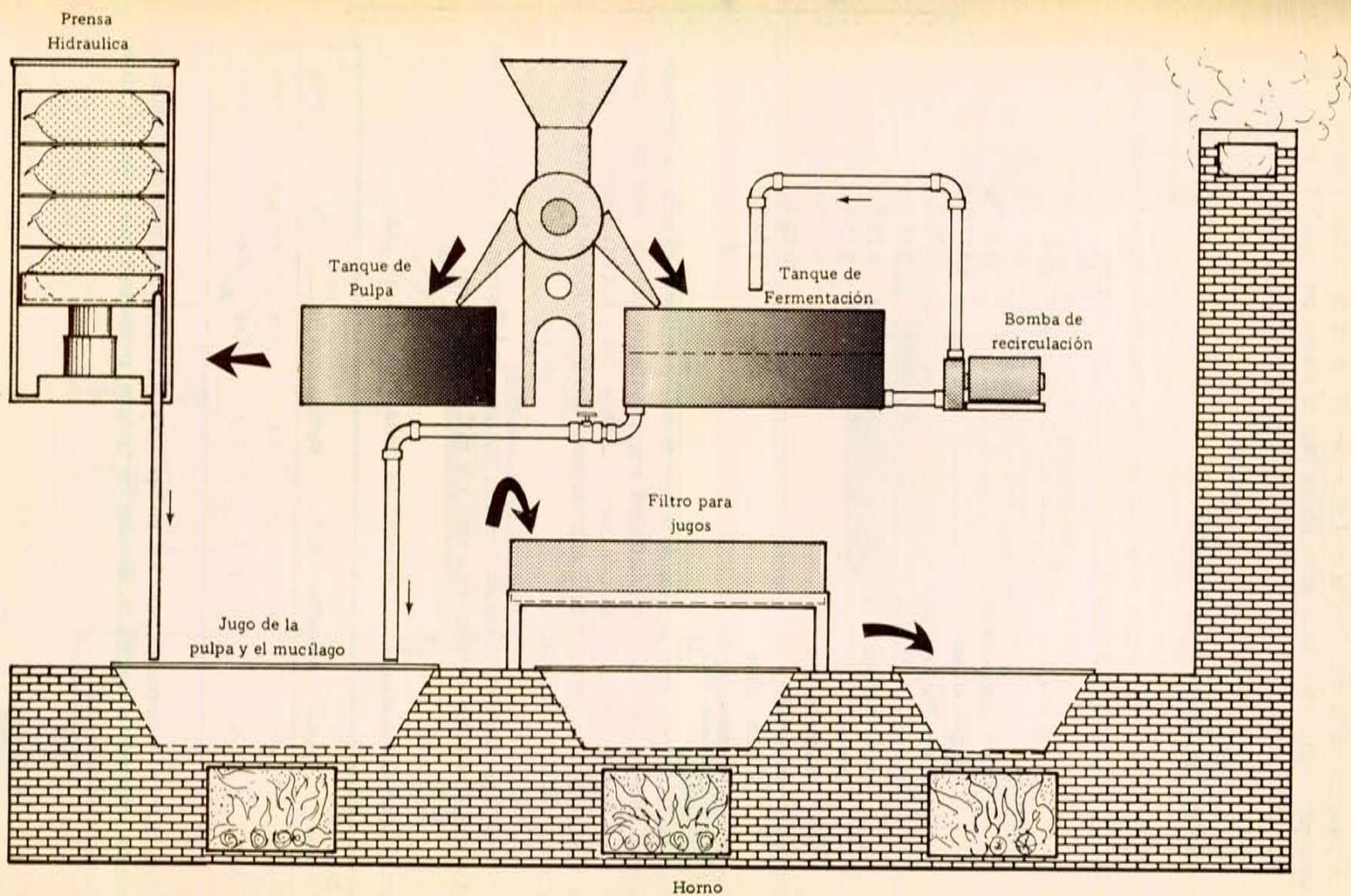


FIGURA 4.- PROCEDIMIENTO SENCILLO PARA LA OBTENCION DE MIEL DE LA PULPA DEL CAFE.

Los rendimientos en la obtención de miel dependen del estado de madurez y conservación del fruto; son, en promedio, de un galón, con un peso de 6 kilos, por cada 150 kilos de fruto maduro.

COMPOSICION Y CALIDAD

La composición de la miel de café, de acuerdo con los análisis del Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Bogotá, es la siguiente:

Grados Brix	76.6
pH	4.9
Azúcares reductores	38.22 0/o
Azúcares totales	54.27 0/o
Acidez (Acido Cítrico)	1.05 0/o
Cenizas	3.64 0/o
Extracto etéreo	0.25 0/o
Cafeína	0.32 0/o
Nitrógeno total	0.6770/o
Humedad	21.06 0/o
Sólidos totales	78.94 0/o
Taninos	0

Análisis cromatográficos comparativos de la miel de café y de la miel de caña realizados por el Doctor Germán Valencia A., revelaron que ambas contienen sacarosa, galactosa, glucosa, rafinosa y fructosa, pero la miel de café es más rica en glucosa y fructosa. Según opinión del mismo investigador, la melaza de café sería una buena fuente para obtener fructuosa, que es el azúcar recomendado para diabéticos.

En la tabla 4 se presentan los análisis minerales realizados en la Sección de Química Analítica de Cenicafé para la miel de purga de la caña y la miel de café.

TABLA 4.- ANALISIS MINERAL DE LA MIEL DE CAÑA Y LA MIEL DE CAFE.

Origen de la miel	Cenizas	N total ^{0/o}	Ca ^{0/o}	Mg ^{0/o}	K ^{0/o}	Fe	P ^{0/o}
CAÑA	3.77	1.130	0.20	0.12	0.78	190 ppm	0.092
CAFE	18.42	0.885	0.18	0.14	1.68	440	0.097

El Laboratory of Industrial Hygiene, Inc. de New York, N. Y. analizó las muestras enviadas por Cenicafé, utilizando el método de alimentación de ratas, encontrando que la miel de café es prácticamente no tóxica.

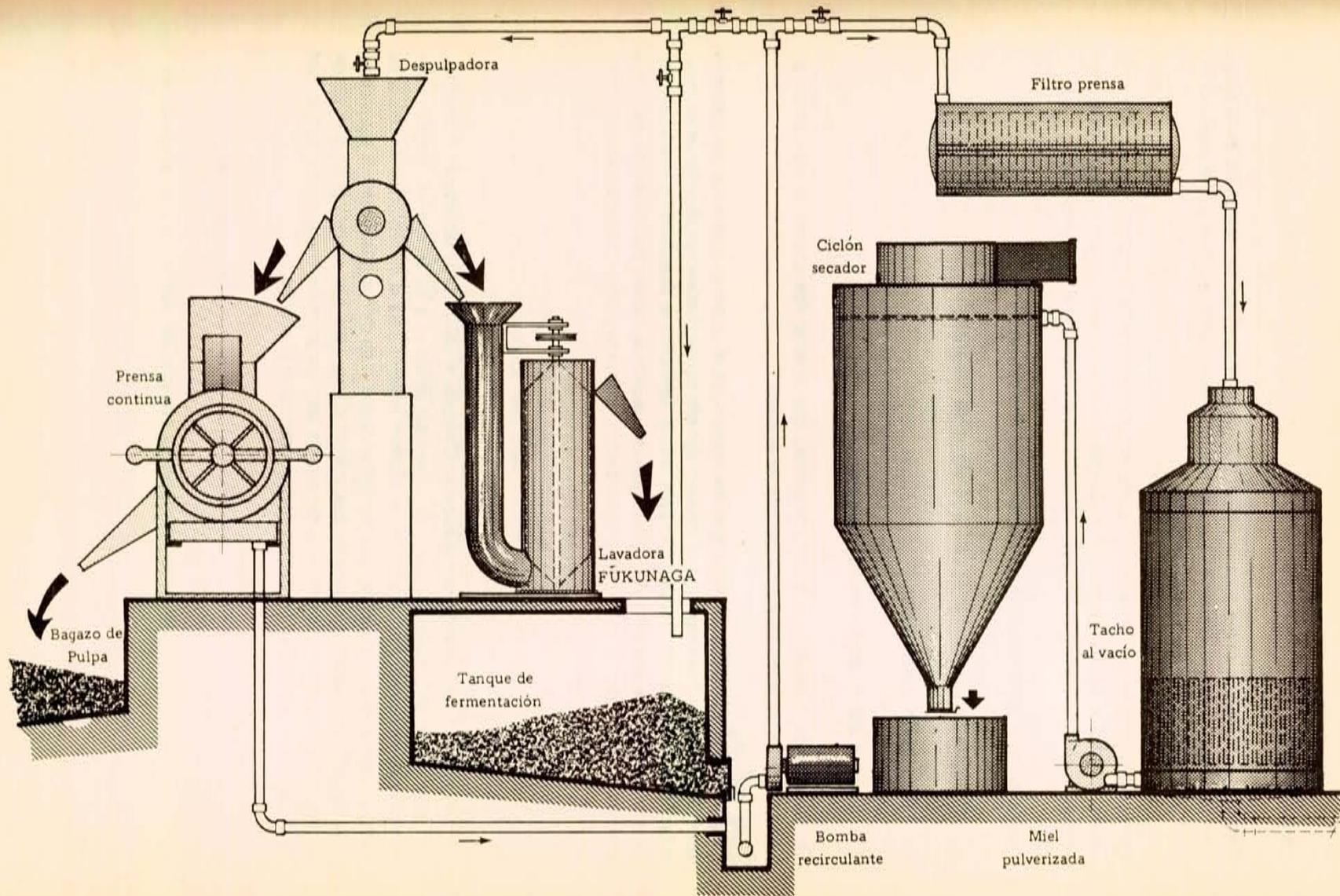


FIGURA 5.- PROYECTO DE PLANTA PARA LA OBTENCION DE MIEL DE CAFE A ESCALA INDUSTRIAL.

LIMITACIONES

Puesto que la materia prima para la producción de miel es el azúcar contenido en la pulpa y el mucílago, la mayor limitación para su máxima recuperación es el estado de madurez del fruto y la rapidez con que éste se fermenta.

La recolección selectiva de frutos maduros da precisamente la mejor calidad de café y la mayor cantidad y calidad de miel. Pero es indispensable impedir la fermentación desde que se cosecha el fruto hasta que los líquidos empiezan a concentrarse en el evaporador.

Para evitar esta fermentación se presentan varias alternativas:

- 1.- Transportar rápidamente el café a la planta de beneficio;
- 2.- Despulparlo rápidamente;
- 3.- Lavar o quitar rápidamente el mucílago.

En los ensayos realizados, se pudo comprobar, que si estas operaciones se realizan en un tiempo de 8 horas habrá muy poca pérdida de azúcares.

Esto se puede conseguir con las siguientes mejoras en el proceso: utilización de máquinas como la Raoeng y Fukunaga para el desmucilaginado rápido; instalación de sistemas de recirculación de las aguas con motobombas para toda la operación de despulpado y lavado; empleo de despulpadoras de alta velocidad, evaporadores y secadores rápidos para jugos, enzimas para acelerar la disolución de mucílago, prensas continuas para la pulpa, y preservativos o antifermmentos para los azúcares.

USOS

La miel elaborada en los ensayos realizados en Cenicafé, se utilizó en la fabricación de confites, con muy buena aceptación por parte de numerosas personas, y no se observó ninguna manifestación de toxicidad. Por otra parte, se hicieron ensayos para la alimentación de cerdos en raciones comparadas con miel de caña, encontrando que la de café es prácticamente equivalente a la de caña en cuanto a la rata de crecimiento diario, pero con la ventaja de una mayor eficiencia de conversión alimenticia y de que no laxa los animales como ocurre con la miel de purga. No se observó en los cerdos ningún síntoma de toxicidad.

alcohol

En la fermentación espontánea de la pulpa y del mucílago predomina la formación de alcohol etílico, pero la destilación de los líquidos de los lavados de café, después de que ha terminado la fermentación, produce muy poco alcohol a causa de la gran cantidad de agua usada en el despulpado y del desarrollo de microorganismos que convierten el alcohol en ácidos orgánicos al final de la fermentación. Para una producción económica se requiere obtener los materiales fermentables de la pulpa y el mucílago con la menor cantidad posible de agua, contrarrestar la fermentación acética y asegurar el desarrollo óptimo de las levaduras.

Para evitar la fermentación de los azúcares de la cereza y así obtener la máxima cantidad de alcohol, se requieren las mismas condiciones antifermentativas anotadas en el proceso de extracción de las mieles.

METODOS DE OBTENCION

En Cenicafé, se han logrado los mayores rendimientos de alcohol, con el siguiente procedimiento:

La cereza fresca se despulpa con el mínimo de agua. El grano se coloca en un tanque junto con el agua del despulpado, y se agrega más agua, si es necesario, para cubrirlo. Se añade una solución concentrada de soda cáustica hasta obtener la proporción de 4^o/oo en el medio. Se agita lentamente hasta que el mucílago desprenda del pergamino, lo cual ocurre generalmente en 15 minutos.

Se cuela el grano por un tamiz de anjeo, agregando un tercio más de agua, para lavar la almendra. El jugo recolectado se lleva al tanque de fermentación y se le añade la pulpa.

FERMENTACION

El rendimiento óptimo de alcohol sólo se logra inoculando la pulpa y los lavados con gran cantidad de levadura sacaromices. La fermentación procede rápidamente durante unas 48 horas. Sin embargo, se han logrado excelentes rendimientos si se agrega a los jugos hipoclorito de calcio al 1^o/o y se dejan fermentar espontáneamente (interviniendo las levaduras de la pulpa). La destilación se hace en aparatos destiladores rectificadores comunes.

En la figura 6 se presenta un diseño de planta semi-industrial para la obtención de alcohol, de acuerdo al procedimiento descrito.

RENDIMIENTO

Los resultados de numerosos ensayos realizados en Cenicafe, dieron un promedio de 1,2 litros de alcohol de 85^o centesimales por cada 100 kilos de café cereza maduro.

Esto significaría por ejemplo, que un beneficio de 50.000 arrobas de café pergamino seco al año, podría producir 30.000 litros de alcohol de 85^o.

El principal problema sería la discontinuidad en el uso del equipo, pero se podría obviar destilando alternativamente alcohol de café y de caña, en aquellas regiones donde ocurren ambos cultivos.

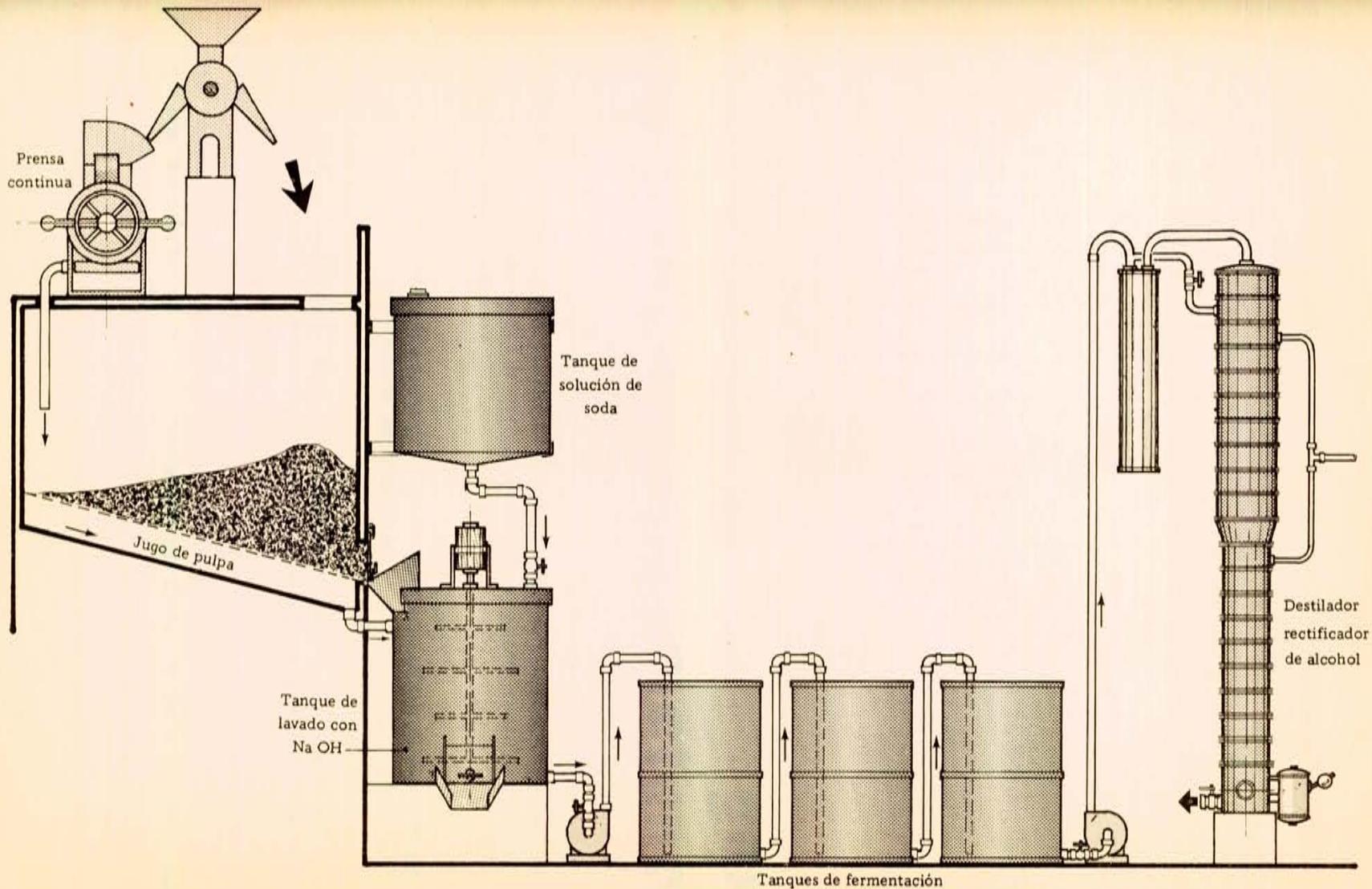


FIGURA 6.- DISEÑO DE PLANTA PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL DE LA PULPA Y EL MUCILAGO DEL CAFE.

gas metano

Se calcula que anualmente se produce en el país un millón de toneladas de pulpa en estado fresco; esta pulpa en la mayoría de los casos va a los ríos y quebradas acelerando así el proceso de contaminación de las aguas.

Una de las formas tal vez más sencillas de utilización de la pulpa además de su empleo como abono o fertilizante, es la obtención de gas combustible.

Es fácil entender, que la obtención de combustibles a partir de desperdicios agrícolas o industriales, puede llegar a ser en corto tiempo una de las soluciones a la grave crisis energética que afronta el mundo en la época actual.

En Cenicafé se ha construído un modelo de planta sencilla para la producción de gas, la cual con seguridad permitirá a la familia cafetera ahorrar gran cantidad de dinero, del que se gasta actualmente en combustibles.

Para sustentar lo anterior, se cita el caso de un agricultor de Sudáfrica, quien utilizó una planta de producción de gas a partir de desperdicios agrícolas para accionar un motor Diesel durante tres años, ahorrando así cerca de 3.000 libras esterlinas en combustible. Este motor le servía para el alumbrado de la casa, calentar el agua, cocinar, planchar y hasta para la calefacción de la casa en invierno.

Se sabe además que desde hace aproximadamente 10 años, se ha venido utilizando con éxito este tipo de plantas y es así como en la India existen hoy día grandes fábricas dedicadas a su producción.

COMO SE PRODUCE EL GAS

Todos los desperdicios agrícolas y los excrementos humanos y animales, cuando se colocan en un tanque cerrado y sin aire, con una temperatura interna superior a 20 grados centígrados, y en un medio ligeramente alcalino, se fermentan y producen gas metano mezclado con gas carbónico y a veces con un poco de hidrógeno.

Esta producción de gas metano la realiza una población variada de microorganismos que fermentan la celulosa, los ácidos orgánicos y el alcohol.

El gas metano producido en esta forma tiene grandes ventajas pues no es venenoso, no explota fácilmente y tiene un alto poder calorífico. Con este gas ha sido posible reemplazar hasta el 90% del combustible utilizado normalmente por los motores Diesel, sin que se reduzca su potencia.

Las plantas para producir gas metano con base en los desperdicios agrícolas, consisten básicamente en una cámara cerrada, en donde se almacenan dichos desperdicios para su fermentación; un tubo de carbo por donde se alimenta la planta y un tubo de salida del gas.

Estas plantas pueden ser de ladrillo revestido con cemento, de eternit, de lámina de hierro o materiales similares.

Sin embargo, en ensayos realizados en Cenicafe para comparar la efectividad de los distintos materiales, se comprobó que las plantas construídas en metal producen mayor cantidad de gas por unidad de volumen, posiblemente porque en estas plantas se aprovecha mejor el calentamiento solar, el cual estimula la fermentación y porque hay menor pérdida de gas por permeabilidad de las paredes.

En consecuencia, se presentan a continuación las especificaciones necesarias para la construcción e instalación de una planta de tipo metálico.

PARTES DE QUE CONSTA LA PLANTA (Figura 7).

La planta metálica consta de las siguientes partes:

A.- Tanque de fermentación

Este tanque constituye el cuerpo de la planta y su función es contener la pulpa o los desperdicios agrícolas en su proceso de fermentación.

Está construido en lámina de hierro 1/16 de pulgada de gruesa, soldada eléctricamente. Es de forma cilíndrica y tiene 1,60 metros de diámetro y 1,20 metros de altura.

Al tanque de fermentación están conectados el tubo de carga del material y la tubería para la conducción del gas.

Además, en la parte inferior del tanque se encuentra un orificio o tubo de descarga, que sirve para desocuparlo cuando sea necesario.

Finalmente, para permitir la movilidad de la campana o tapa del tanque, éste tiene soldada en su borde superior unas varillas de hierro que sirven de guías de la campana y en la parte inferior interna, unas varillas en forma de ángulo donde descansa la campana cuando baja totalmente.

B.- Tapa del tanque

La tapa del tanque consiste en una campana metálica construida también en lámina de hierro de 1/16 de pulgada. Esta campana, como el tanque, es de forma cilíndrica, tiene 1,55 metros de diámetro y 0,98 metros de altura.

La función de la campana es almacenar el gas producido por la pulpa.

En la parte interna de la campana se aseguran con varillas de hierro unos pedazos de lámina, como se indica en la figura 7, los cuales sirven como paletas para remover la pulpa, con lo cual se estimula la producción de gas. Para accionar estas paletas, basta hacer girar la campana, por medio de las agarraderas que para tal efecto se han colocado en la parte superior.

C.- Tubo de conducción del gas

El tubo de conducción del gas, empieza en la parte central del tanque y por encima del

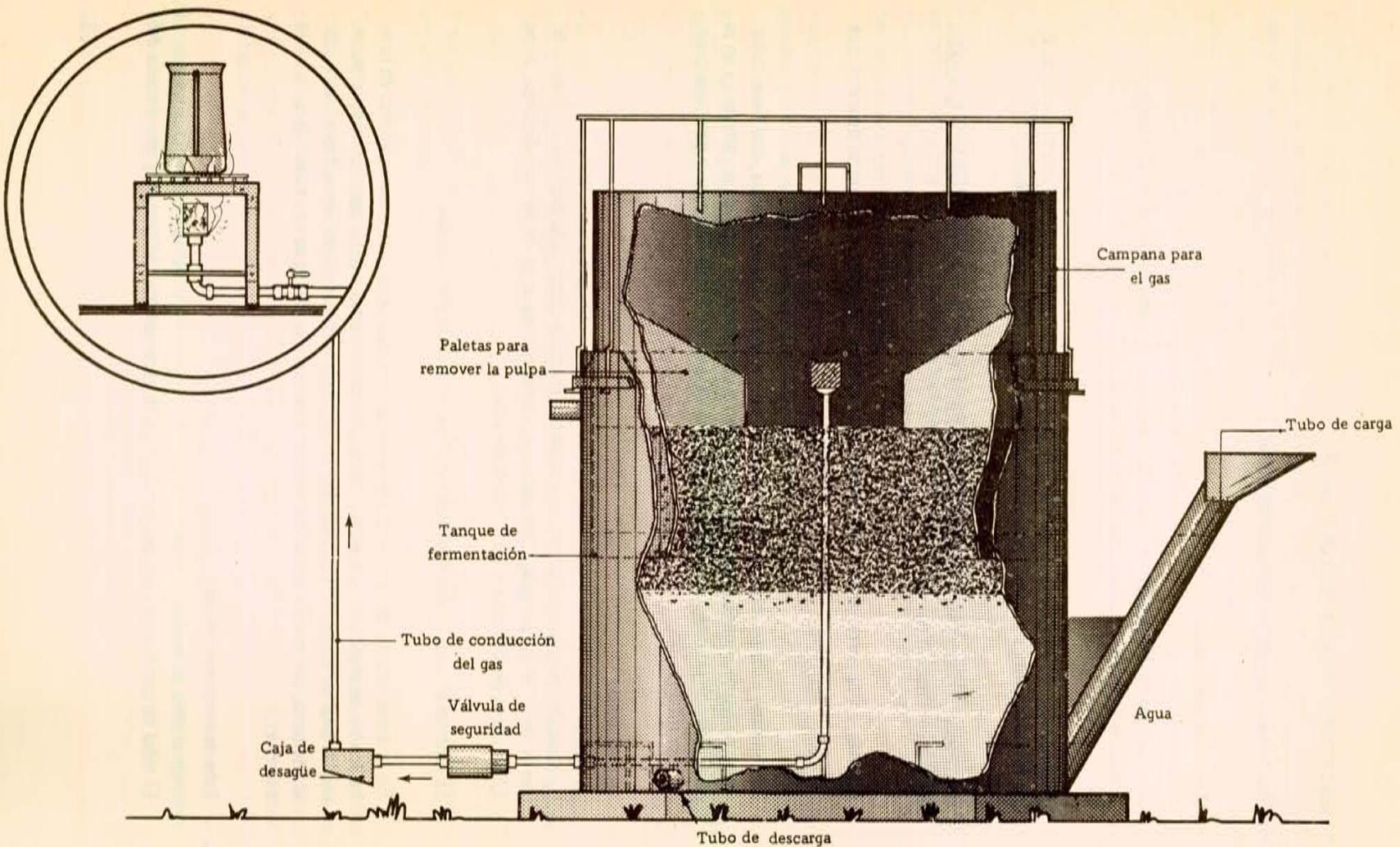


FIGURA 7.- PLANTA PARA PRODUCCION DE GAS A BASE DE PULPA DE CAFE Y OTROS DESPERDICIOS AGRICOLAS.

nivel de la pulpa; es decir, la boca del tubo debe quedar justamente en el espacio donde se encuentra almacenado el gas, o sea en la parte cubierta por la campana.

La boca del tubo debe cubrirse con un pedazo de anejo para impedir la entrada de material, lo cual obstaculizaría la salida del gas.

El tubo baja por todo el centro hasta la parte inferior del tanque, por donde sale al exterior.

Unos 30 centímetros después de la salida del tubo, se coloca una válvula de seguridad (figura 8) que consiste en un cilindro relleno de viruta fina o esponja metálica, cuya función es impedir que el gas almacenado en el tanque se inflame cuando se encienda la llama en la parte final del tubo durante su utilización.

Inmediatamente después, a 15 centímetros de la válvula de seguridad, se construye una caja metálica con desnivel, tal como se indica en la figura 8, llamada caja de desagüe, pues allí se va precipitando la humedad que contiene el gas, lo cual asegura un buen funcionamiento del sistema.

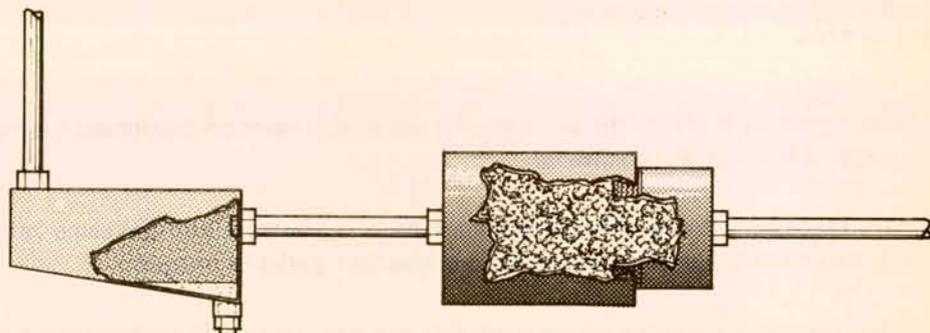


FIGURA 8.- VALVULA DE SEGURIDAD Y CAJA DE DESAGUE, INSTALADAS A LA SALIDA DEL TUBO DE CONDUCCION DEL GAS.

COMO FUNCIONA LA PLANTA

Para iniciar la producción de gas es necesario llenar el tanque hasta la mitad con estiércol de vaca o de caballo y completar con agua. Este estiércol no se debe utilizar muy fresco, sino después de dejarlo airear por varios días.

Después de llenar el tanque, se coloca la campana dejándola caer libremente sobre el estiércol. En esta forma se inicia la fermentación, producida por unas bacterias que se encuentran en el estiércol. La fermentación demora ocho días aproximadamente, dando como resultado final el gas metano.

Es conveniente aclarar que este gas no es metano puro, sino una mezcla de hidrógeno, oxígeno, gas carbónico, gases inertes y un 55^o/o de metano, aproximadamente.

Para mantener una producción constante de gas, es necesario agregar por el tubo de carga cada 40 días unos 500 kilogramos de pulpa conservada en fosas durante varios meses. Esta cantidad de pulpa, proviene aproximadamente de 3.000 árboles de café.

La pulpa se puede agregar también, mezclada con otros materiales, tales como estiércol de vaca, de caballo o de gallina, cáscaras de piña, de cacao o de plátano, y en general con todos los desperdicios de la cocina.

Es conveniente reducir todos estos materiales a pequeños pedazos por medio de molinos o cuchillas y agregarle agua hasta que queden convertidos en un caldo, el cual se suministra al tanque a través del tubo de carga y asegura una producción de gas más eficiente.

RENDIMIENTOS

Los rendimientos de la planta que se ha descrito son directamente proporcionales a la frecuencia de carga y a la temperatura ambiente.

Los mayores rendimientos se obtienen cuando se carga la planta cada 40 días como ya se dijo, y cuando existe una temperatura interna de 25 grados centígrados en promedio.

Para valorar el poder calorífico del gas producido por esta planta, se ha utilizado una medida práctica que consiste en comparar el tiempo necesario para hervir cuatro litros de agua en la misma vasija, utilizando energía eléctrica y el gas de la planta. En esta forma se ha podido comprobar, en las condiciones de Chinchiná, que un calentador eléctrico de 2.500 wátios gasta el mismo tiempo que el gas metano para hervir dicha cantidad de agua.

La planta que se construyó en Cenicafé, lleva ocho años produciendo gas suficiente para mantener en ebullición cuatro litros de agua durante cinco horas diarias en promedio, (conservando constante el nivel del agua). Este promedio ha disminuído un poco en los períodos lluviosos.

Por último, la capacidad de almacenamiento de la campana es de dos metros cúbicos de gas con su peso de 80 kilogramos, pero puede aumentarse colocando sobre ella pesos de cemento, con lo cual se aumenta también la presión del gas.

COMO SE UTILIZA EL GAS

Para la utilización de la planta basta colocar en la boca de salida del tubo de conducción un quemador de cualquier tipo, precedido de una llave para controlar la salida del gas.

También para el aprovechamiento del gas de estas plantas como combustible, se puede utilizar cualquier clase de quemador o fogón comercial. Si se quiere, se puede envasar en cilindros apropiados tal como se vende el gas comercial en las ciudades.

levaduras

La conversión de los desechos industriales en alimentos por medio del cultivo de microorganismos, principalmente levaduras, es un proceso muy importante pues provee nuevas fuentes de alimentos baratos.

La levadura más empleada es la *Torulopsis utilis*, por su habilidad para utilizar azúcares de madera, pentosas, etc. que se encuentran principalmente en los desperdicios de frutas.

En 1950, se consiguió en la Argentina una cepa de *Torulopsis utilis* con la cual se realizaron en Genicafé, los ensayos que se relatan a continuación.

PROPAGACION EN LABORATORIO (Figura 9)

De la cepa original, se hizo un frotis para inocular 100 ml. de un medio líquido glucosado, el cual se agitó 24 horas en un erlenmeyer tapado con algodón. Con el propagado se inoculó un medio que se preparó en la forma siguiente: a 10 kilogramos de pulpa y mucílago de café maduro despulpado sin agua, se le agregaron 3 litros de agua y se hirvió durante 1 hora; luego se filtró a través de un lienzo. Al filtrado se le agregó fosfato de amonio al 0.5^o/o.

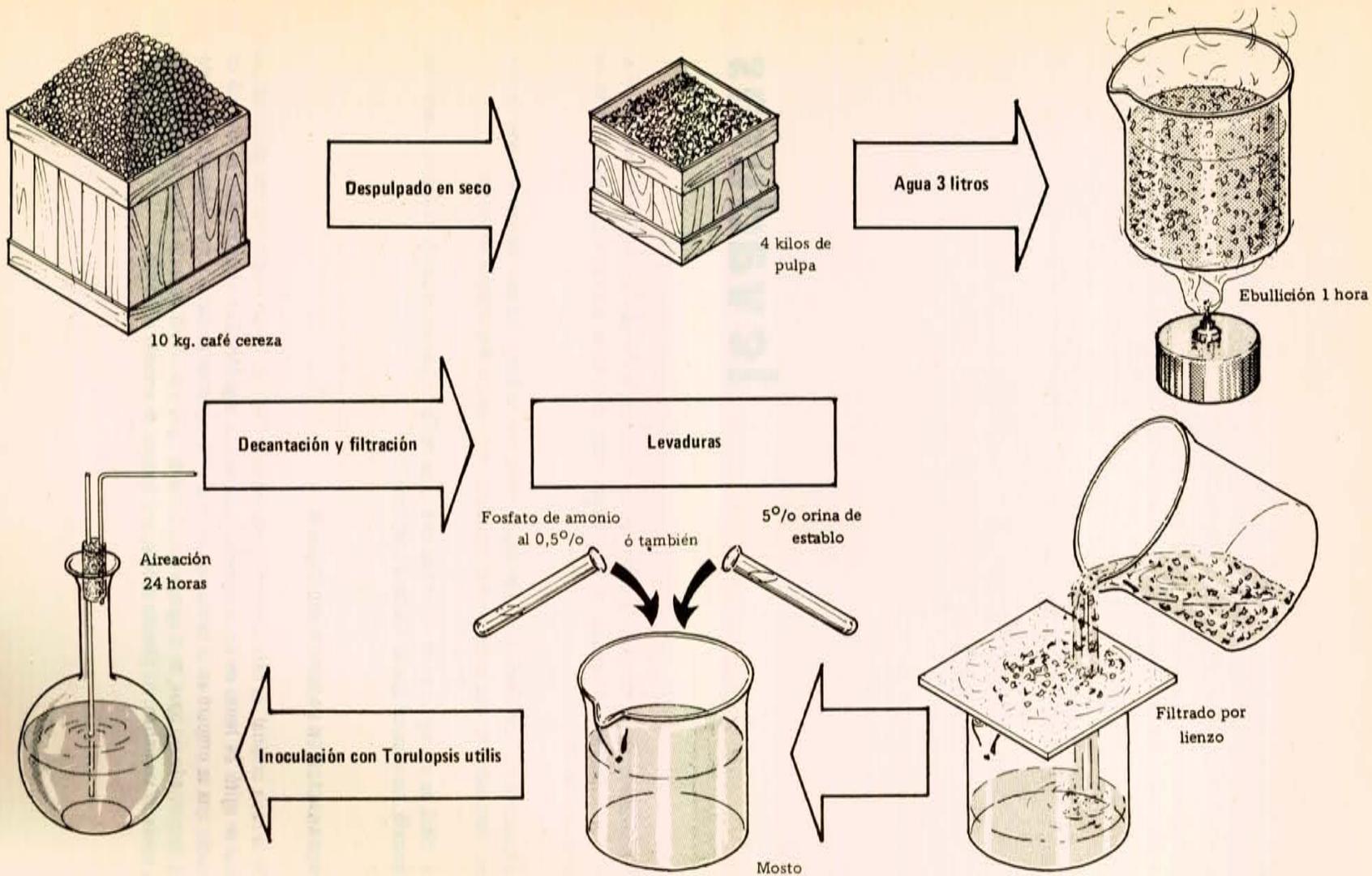


FIGURA 9.- PROPAGACION DE LEVADURAS EN LABORATORIO. SOBRE PULPA DE CAFE.

En otras pruebas se encontró que el fosfato de amonio se puede reemplazar por un 5^o/o de orina humana o de establo, obteniéndose una óptima propagación de la levadura.

El pH del medio era de 4.5. Una vez colocado este medio en un balón estéril de 4 litros de capacidad provisto de un tubo de vidrio para airearlo con un compresor, se hizo la inoculación con los 100 ml del medio preparado anteriormente y se aireó 24 horas. Con la levadura obtenida se continuó el proceso en la planta piloto.

PROCESO DE LA PLANTA PILOTO

Para los estudios en la planta piloto se utilizó un compresor de dos cilindros, de un litro de capacidad cada uno, operado a 300 ciclos por minuto por un motor de 2 HP, para suministro del aire; como tanques de propagación se utilizaron barriles de roble de 200 litros de capacidad.

El aire se condujo del compresor a los tanques por medio de tubos de hierro de 1/2 pulgada y manguera de caucho dentro de los tanques, para evitar la corrosión del líquido. Se utilizaron además, filtros para separar la levadura y bandejas de acero inoxidable, para el secamiento con lámparas infrarrojas.

Para la propagación en la planta piloto, se prepararon 500 cc de cultivo líquido a partir de una colonia de *Torulopsis utilis*; luego se despulparon en seco 20 kilos de café maduro fresco y la pulpa se hirvió durante 1/2 hora en 20 litros de agua, se filtró a través de un lienzo fino, recibiendo el filtrado en un cilindro estéril de vidrio de 32 litros de capacidad. Se agregaron 50 gramos de sulfato de amonio y 100 de superfosfato. Luego se hirvió al vapor vivo durante 20 minutos para su esterilización.

Este medio se dejó enfriar hasta 35°C y se le agregaron los 500 cc del cultivo de *Torulopsis utilis*. Se tapó el cilindro con una tapa de acero provista de dos agujeros, por uno de los cuales se introdujo hasta el fondo una manguera de caucho conectada al compresor, y se inició la aireación a una rata de 9 litros de aire por litro de mosto por minuto. Para filtrar el aire, se intercaló en la tubería una ampolla de vidrio con algodón estéril o un trasco lavador con glicerina hervida. La formación de espuma se impidió agregando al mosto unos centímetros cúbicos de aceite lubricante.

La propagación máxima de levaduras se logró en 40 horas, dando un color amarillo lechoso; el agotamiento del azúcar se evaluó con refractómetro. Esta primera propagación se utilizó como inóculo para iniciar la producción a escala semi-industrial, la cual se organizó en forma continua de acuerdo al procedimiento siguiente:

Se despulparon en seco 300 kilos de café maduro recolectado el día anterior. A la pulpa se le agregó agua para cubrirla y después de media hora se pasó al tanque propagador por medio de

un tubo sifón. El café despulpado se trató con enzima pectolítica y a la media hora se lavó con recirculación de agua.

Los jugos provenientes de la pulpa y del lavado del grano se reunieron en el propagador y esterilizaron por inyección de vapor durante 20 minutos. La concentración de azúcar fué del 30/o y el pH de 4.5 a 5.

El propagado anterior se mezcló con una combinación fertilizante compuesta de sulfato de amonio, superfosfato, salitre potásico, o "Nitrofoska". Esta mezcla se aireó permanentemente con 500 litros de aire por minuto.

Cuando la espuma formada por la aireación de la mezcla adquirió la consistencia de huevo batido, se llevó a las bandejas secadoras de acero inoxidable donde se secó rápidamente bajo lámparas infrarrojas. Cuando la concentración de levaduras llegó al máximo, se retiró una tercera parte de la suspensión de levadura. El líquido se dejó en reposo para sedimentar la levadura, separar el líquido sobrenadante y secar el sedimento.

De esta forma se estableció un ciclo constante de propagación, agregando jugo periódicamente a medida que se secaba la levadura.

La operación se controló por turbidimetría, centrifugación y observaciones microscópicas frecuentes. Las infecciones se manifiestan por una baja en los rendimientos.

Con base en estos ensayos se presenta en la figura 10 un proyecto de planta industrial para obtención de levaduras, con la cual se podrían obtener los mejores rendimientos.

PRODUCIDOS

La producción de levaduras por el método descrito depende de la concentración de azúcar en los jugos, las fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio, la aireación, los microorganismos, el pH, etc.

El rendimiento promedio durante 3 meses de funcionamiento continuo de la planta ensayada en Cenicafé (planta piloto), fué de 750 g de levadura seca, por cada 100 kilogramos de café en cereza.

Los fertilizantes se agregaron en la proporción de 60 g de sulfato de amonio y 150 g de superfosfato para cada 50 litros de líquidos de lavado de pulpa.

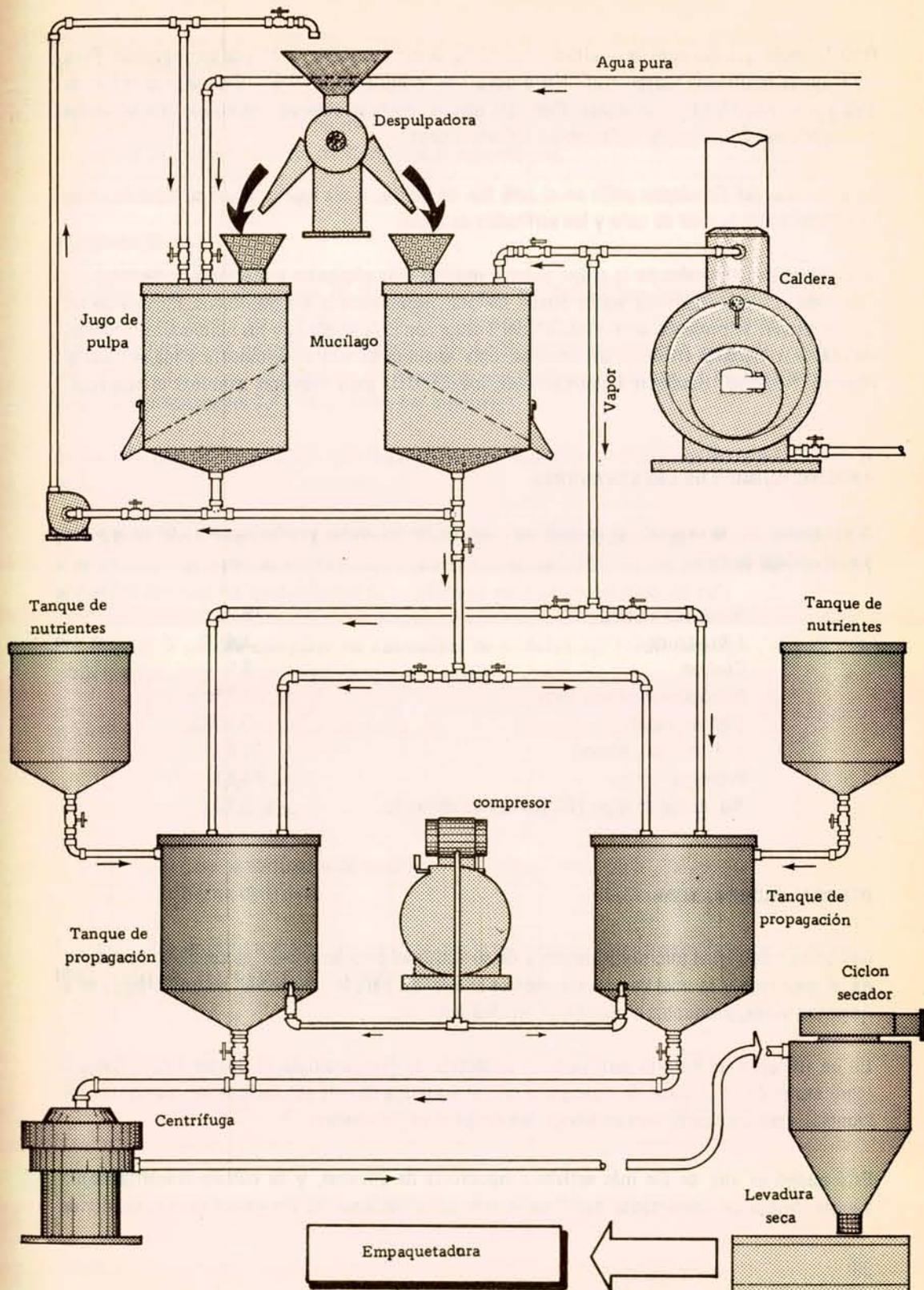


FIGURA 10.- PROYECTO DE PLANTA PARA OBTENCION DE LEVADURAS EN FORMA INDUSTRIAL.

Otra fórmula que dió buenos resultados fué 100 g de nitrato sódico y 150 de superfosfato. Pero los mejores resultados fueron con "Nitrofoska" de fórmula 11,5 - 7,5 - 16 en la proporción de 250 g por cada 55 litros de mosto. Con esta última receta se observó una mayor rapidez en las propagaciones y una mayor resistencia a las infecciones.

La eficiencia del *Torulopsis utilis* en el café fué de 50⁰/o, o sea igual a la que se logra en otros materiales como la miel de caña y los sulfitados de papel.

Otras levaduras naturales de la pulpa pueden resultar más eficientes o más ricas en factores alimenticios. La asociación de varias puede mejorar notablemente los resultados. En una de las propagaciones se presentó una infección del *Torula* con otra levadura y los rendimientos fueron los mayores logrados en todos los ensayos. Esta levadura es muy heteromorfa y fué enviada al Western Regional Research Laboratory de los EE.UU. para mayores estudios al respecto.

ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS LEVADURAS

A continuación, se presenta el análisis químico de las levaduras producidas a partir de la pulpa y el mucílago de café.

Humedad a 60°C	78,21
Fibra cruda	3,4
Cenizas	8,5
Nitrógeno orgánico total	7,21o/o
Fósforo total	0,0050
Hidratos de carbono	15,6
Proteína	44,81
No. de calorías en 100 gramos de alimento	616,13

OTROS MICROORGANISMOS

Del cultivo de varios microorganismos y de su facilidad para fermentar, se concluye que la pulpa, el mucílago y la miel de café son medios excelentes para la producción microbiológica de alimentos, vinos, productos enzimáticos, antibióticos, etc.

En un trabajo exploratorio verificado en la Sección de Fitopatología, el Doctor José J. Castaño logró espléndidos cultivos de *Aspergillus oryzae* en pulpa de café esterilizada, sin nutrientes adicionales, caso particular para un hongo tan exigente en nutrientes.

Este hongo es uno de los más activos productores de enzimas, y su cultivo industrial según Tauber "juega un importante papel en la economía nacional de los países orientales, donde

muchos alimentos y bebidas requieren el uso de este hongo. El *oryzae* es al oriente lo que la malta a los países occidentales".

También se logró cultivar en pulpa descompuesta, *Bacillos megatherium*, agente productor de vitamina B12 y *Streptomyces*, productor de estreptomicina.

RENDIMIENTOS

Se compararon los resultados de *Torula* cultivado en pulpa, con los de la Universidad de Wisconsin (en medio de remolacha con 1^o/o de azúcares a 0,0025^o/o de macerado de maíz, 0,1^o/o de fosfato de potasio monobásico y pH 4,55), encontrándose que el mosto de la pulpa de café produce 7,51 miligramos de levadura por mililitro, mientras el medio descrito de Wisconsin proporciona 7,41 miligramos por mililitro.

Se calcula que de 15 kilos de café maduro, se puede obtener 100 gramos de levadura seca al aire.

Se advierte que cuando se hizo el trabajo, se empleó exclusivamente el azúcar de la pulpa; pero si se emplean los sistemas encontrados posteriormente para obtener los azúcares del mucílago, se pueden duplicar los rendimientos de levadura en relación con el peso del café.

Por último, se pueden comparar los contenidos de proteína del *Torula* propagado en café y en otros medios, los cuales se presentan a continuación:

MEDIOS DE PROPAGACION	CONTENIDO DE PROTEINA
Pulpa de café	50.39
Jugos de citrus	47.1
Mieles de Jamaica	47.9
Licores sulfitados de madera	55.6
Mieles de Hawai	51.2

Los resultados de estos trabajos, demuestran que la pulpa de café es un excelente medio de cultivo para levaduras y otros microorganismos.

pectinas

El principal componente de las pectinas es el ácido poligalacturónico, parcialmente metilado por alcohol metílico, y asociado con azúcares, hemicelulosas, calcio y magnesio. La diversidad de combinaciones de estas sustancias determina las condiciones de extracción y formación de jaleas en los diferentes frutos. La propiedad específica de gelatinizar en presencia del azúcar solamente puede modificarse por tratamientos químicos de la pectina. Las pectinas que contienen mayor número de grupos metoxilos (OCH_3), forman jaleas más consistentes pero con mayor requerimiento de azúcar. Si se remueven los grupos metoxilos, el calcio reacciona con los grupos carboxilos dejando libres los ácidos pectínicos, que forman jaleas sin azúcar en un amplio rango de pH. Estas jaleas demetoxiladas tienen numerosas aplicaciones industriales.

CONTENIDO DE PECTINAS DEL CAFE

Según Wilbaux el tenor en materias pécticas totales de la pulpa de café es de 6,52⁰/o; en el mucílago del *C. arabica* es de 33⁰/o.

Si tenemos en cuenta que las mayores fuentes de pectinas industriales, a saber, los cítricos y la manzana, contienen 3⁰/o y 1,5⁰/o respectivamente, la pulpa y el mucílago serían un gran recurso de productos pécticos.

PROCEDIMIENTOS PARA OBTENER LAS PECTINAS

A continuación se describen siete métodos ensayados en Cenicafé para la obtención de pectinas, los cuales sirvieron de base para la elaboración de un proyecto de planta industrial.

1er. Método: El café maduro se despulpa inmediatamente después de cogerlo.

La almendra se estrega en un balde de plástico por medio de un cilindro de anejo, hasta desprender completamente el mucílago. A través de malla de anejo se separa el mucílago de la almendra. La pulpa se muele en un molino de maíz, y se agrega al mucílago, mezclándola muy bien. A los pocos minutos se forma un gel consistente.

2do. Método: La pulpa de café fresco se hierve en una solución de sulfito de sodio al 50/o durante 1 hora. Exprimiendo el residuo se cuele por un tamiz de anejo. Al enfriarse el colado forma un gel.

La eficacia disolvente del sulfito depende de la frescura del producto pues con el tiempo se convierte en sulfato sin acción disolvente para la pulpa. Para obviar este inconveniente, y el elevado costo del sulfito, se construyó un generador de SO_2 para preparar las soluciones activas. La instalación consiste en un pequeño compresor para pintura, un tubo de hierro de tres pulgadas de diámetro por un metro de longitud, provisto de aberturas, con un tapón roscado para cargar el azufre y tubos de entrada del aire y de salida del gas.

En el interior y a lo largo del tubo se instala una resistencia eléctrica de 220 voltios. La corriente del SO_2 se produce colocando el azufre en paquetes de papel dentro del tubo, (1/2 a 1 libra). Al conectar la resistencia un minuto, aparece humo indicando la combustión del azufre. Después de encendido el azufre se apaga la resistencia y se conecta el compresor.

Para obtener la solución de sulfito, se hace burbujear el gas sulfuroso en una solución de carbonato de sodio anhidro al 20/o, hasta reducir el pH a 7.5.

La pulpa fresca se coloca en un barril, cubierta con agua; se le inyecta SO_2 del generador hasta reducir el pH a 4, para inactivar las enzimas que impiden la formación del gel.

Enseguida, la pulpa escurrida se agrega poco a poco a la solución hirviente de sulfito, cuidando reducir el pH por debajo de 6,6.

Durante la ebullición se toman muestras para examinarlas a cerca del grado de gelificación.

La pulpa se disuelve casi completamente para formar, al enfriarse, un gel cuya dureza depende de la cantidad de la pulpa.

3er. Método: Pulpa del mismo día de recolectada se muele en un molino de cuchillas (The Hobart Manufacturing Co., Model 4812 Chopper) para carne. En una vasija esmaltada se prepara una solución de soda cáustica al 2,5^o/o y de sulfito de sodio al 7,5^o/o.

Se hierve y se agrega una libra de pulpa molida por cada litro de solución; se agita fuertemente y se ajusta el pH a 8,5. A intervalos de 5 minutos se toman muestras que se enfrían en agua, para apreciar la consistencia de la jalea.

Generalmente son suficientes 20 minutos de ebullición de la pulpa para lograr un gel firme. En seguida se cuele la mezcla a través de un lienzo, exprimiendo rápidamente en una prensa. El colado se deja en reposo hasta que solidifica por enfriamiento.

4to. Método: Se hierve la pulpa fresca y molida en las condiciones descritas en el método anterior, en una solución de 1,5 gramos de soda cáustica y 5 gramos de fosfato sódico tribásico por litro de agua. La pulpa se agrega en la proporción de una libra por litro de solución; se agita, se ajusta el pH a 8, y luego se continúa con las mismas operaciones del procedimiento anterior.

El pH final de estas extracciones alcalinas, baja de 8 - 8,5 inicial a 7 - 7,5 en la jalea.

Para obtener el producto seco, se lava el coloide con bastante agua o alcohol etílico acidificado con ácido clorhídrico, se escurre y seca con lámpara infrarroja. Esta pectina es insoluble en agua caliente, pero se disuelve si se agrega carbonato de soda o amoníaco, para dar un pH 8.

5to. Método: Pectinas ácidas. La pulpa fresca molida se hierve en la proporción de una libra por litro, en una solución al uno por mil de ácido clorhídrico y cinco por mil de hexametáfosfato de sodio. Cuando la temperatura en la masa es de 3 grados superior a la del agua hirviendo, se exprime por lienzo rápidamente para evitar la coagulación.

6to. Método: Pectinas del mucílago. En los análisis se observó que el mucílago contiene mayor cantidad de pectinas y azúcares que la pulpa, pero es necesario lavar previamente el grano despulpado y hacer un desmucilaginado rápido para impedir que la fermentación degrade las pectinas. Se observó que el mucílago desprendido después de lavarlo, gelatiniza rápidamente al agregar gluconato de calcio.

Se necesitan varias horas para que el gluconato penetre al centro de las partículas, para dar un pH final de 4 - 4,5. Después de dejar neutralizar en la noche, el gel se extiende en capa delgada en bandeja, para secarlo bajo lámparas infrarrojas.

7to. Método: Películas de mucílago. El café despulpado se trata inmediatamente en un tanque plástico con una solución de ácido sulfúrico del 2 al 5^o/o y se agita con un cilindro de anejo hasta desprender el mucílago. La solución se cuele para obtener un mucílago denso. Se engrasan con sebo, vidrios del tamaño deseado y se enmarcan con cinta engomada. El mucílago se distribuye en capas delgadas sobre los vidrios y se riega alcohol metílico cuidadosamente en la super-

ficie, para coagular el mucílago. El mucílago así extendido se seca bajo lámpara infrarroja. Halando cuidadosamente de la cinta, se desprende la película.

Los métodos descritos anteriormente sirvieron, como ya se había dicho, para proyectar la planta piloto para extracción de pectinas que se presenta en la figura 11.

El funcionamiento de esta planta se describe a continuación:

La pulpa se lleva a los tanques de almacenamiento (A), a través del elevador de canjilones (B) y el transportador de tornillos (C). La tolva viajera (D), alimenta los tanques (E) con la pulpa, donde es cubierta con agua (tanque F), y sometida a una inyección de SO_2 (tanque G) para reducir el pH a 4 e inactivar las enzimas que impiden la formación del gel.

La torta formada en los tanques (E), la lleva el transportador de tornillo (H) a la marmita (I), y se alimenta poco a poco con sulfito de sodio en ebullición, cuidando que el pH no baje de 6,6. El líquido o disolución, filtrado por medio de un anejo en la marmita, pasa al filtro-prensa (J) y es bombeado al evaporador (L) por medio de una bomba de desplazamiento positivo (K). La solución concentrada (L) se bombea a los tanques de almacenamiento (N).

La pulpa que queda en la marmita (I) se almacena en el tanque (O).

PECTINAS DEMETOXILADAS

El proceso que se desarrolló para obtener la pectina demetoxilada fué el siguiente: el café recolectado y despulpado el mismo día, se lava en agua recirculante y el mucílago se desprende frotando la almendra en un tanque con un agitador de anejo. Agregando agua a intervalos, hasta obtener una solución densa de mucílago, se separa la almendra en un tamiz de anejo. Generalmente se logran 3 litros de mucílago concentrado a partir de 10 kilos de café en cereza.

En seguida se agrega una solución de hexametáfosfato de sodio al 5 por mil, agitando fuertemente. Como el hexametáfosfato secuestra el calcio de la sal péctica, el mucílago gelatiniza agregando ácido clorhídrico: este se añade gradualmente, en solución al 50^o/o, hasta que el mucílago coagule completamente. Se requieren 12 ml. de solución ácida por litro de mucílago.

Las pruebas químicas de este gel indicaron la formación de pectinas con bajo metoxilo, pues hubo presencia de alcohol metílico en el líquido exudado por el coloide, el cual presenta el fenómeno de sinéresis, o expulsión del líquido de constitución.

Para comprobar la liberación de los grupos metoxilos en la operación anterior, se procede en la forma siguiente: se vierten cinco centímetros cúbicos del líquido en un pequeño tubo de ensayo, con 5 gotas de bisulfuro de carbono y 0.1 gramos de soda cáustica finamente molida. Luego

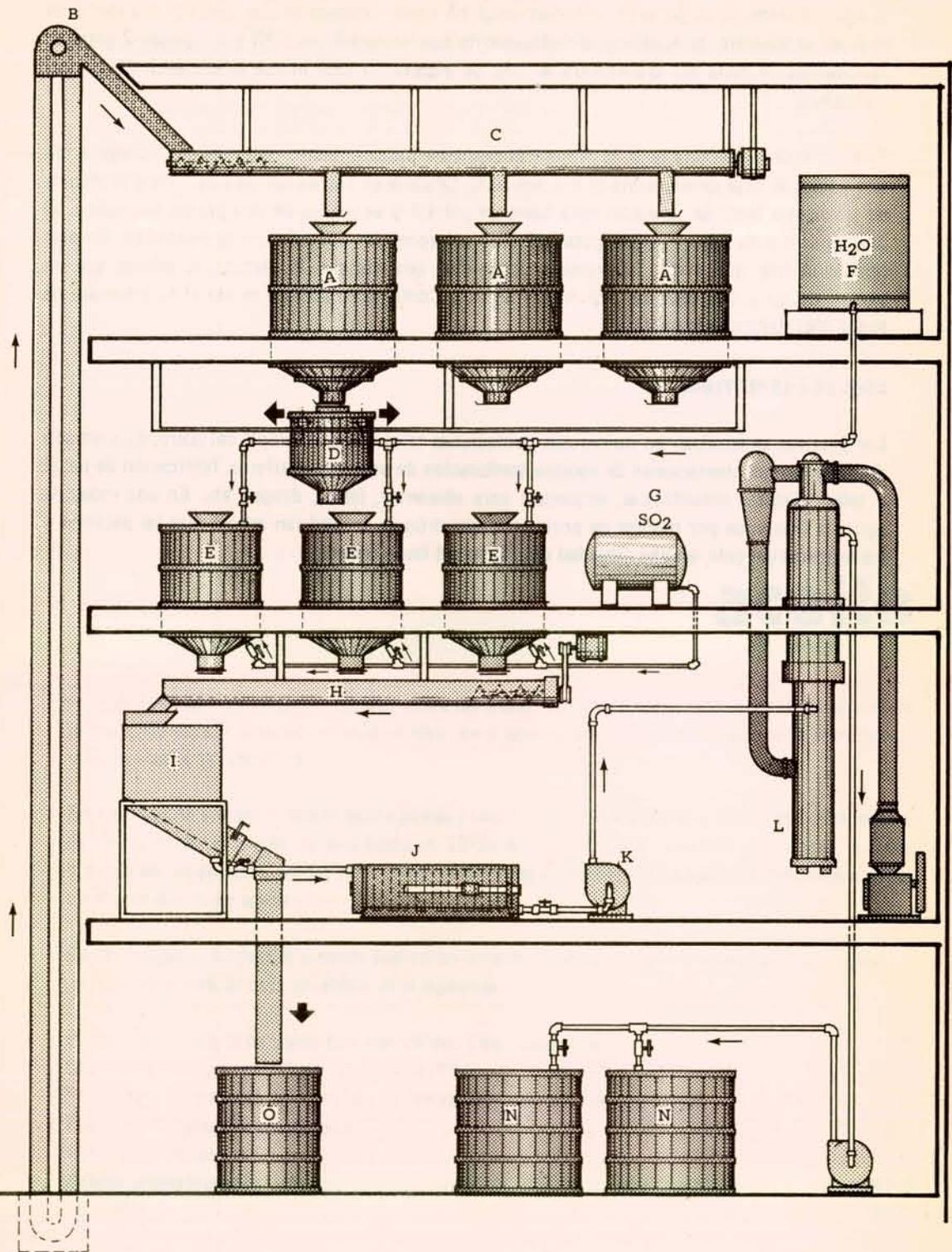


FIGURA 11.- DISEÑO DE PLANTA PARA EXTRACCIÓN DE LAS PECTINAS DE LA PULPA Y EL MUCILAGO DEL CAFE.

se agregan unas pocas gotas de una solución al 1^o/o de molibdato de amonio. Tan pronto como el álcali se disuelve, se acidifica cuidadosamente con ácido sulfúrico 2N y se agregan 2 gotas de cloroformo; la zona del cloroformo se tiñe de violeta, lo cual indica la presencia de grupos metoxilos.

Para obtener la pectina seca, se emplea el siguiente procedimiento: después de la coagulación con ácido, se deja quieta hasta el día siguiente. Se parte en trozos con una cuchilla y se escurre en un lienzo fino. Se lava con agua hasta un pH 1,8 y se prensa en una prensa hidráulica. El prensado se pasa por un anjeo, para reducirlo a fragmentos pequeños, y se neutraliza. En esta operación hay que evitar la excesiva alcalinidad, que disuelve la pectina, lo mismo que un exceso de agua, (no debe ser superior al 65^o/o). Como neutralizante se usa el bicarbonato de sodio, mezclado con la pectina.

USOS DE LAS PECTINAS

Las pectinas se emplean en numerosas operaciones tales como el temple del acero, descremado del látex en las plantaciones de caucho, perforación de pozos petrolíferos, fabricación de papel y telas, pinturas antiestáticas, empaques para alimentos, jaleas, drogas, etc. En una industria agrícola integrada por plantas de productos alimenticios, se podrían aprovechar las pectinas y los azúcares del café, en una cantidad del 22^o/o del fruto fresco.

aceite

Se han realizado numerosos trabajos sobre las grasas del café, porque este sería un renglón muy importante para industrializar la almendra, para aprovechar los ripios o residuos de la escogida, y las borras de la tostadura.

En Cenicafé se encontró que la pulpa puede producir un 9^o/o de aceite y cera si se la descompone en las fosas, se muele, se seca hasta un 12^o/o de humedad y se la extrae con hexano durante 4 horas en un soxhlet. En las almendras de distintas variedades se encuentran contenidos desde un 4 a un 17^o/o de aceite.

Según Bengis y Anderson quienes realizaron un estudio muy completo sobre su composición, el análisis del aceite de café sin tostar es el siguiente:

Porcentaje de aceite extraído con eter de petróleo (base seca)	11,9
Grasa adicional por extracción con eter etílico	2,8
Porcentaje de material insaponificable (extracción con eter de petróleo)	9,0
Fosfátidos insolubles en acetona	0,1
Acidos grasos totales	86,5
Acidos grasos líquidos	52,3
— Oléico	22,6

– Linoléico	25,2
– Hidroxílicos insaturados	4,5
Acidos grasos sólidos	39,4
– Palmítico	33,4
– Esteárico	4,4
– Tetracosánico	1,6
Propiedades físicas	
– Gravedad específica	0,95
– Índice de saponificación	176 - 179
– Índice de yodo	87,1 - 97,8

La planta de grasas COGRA S. A, por solicitud de la Federación de Cafeteros, realizó un ensayo de extracción y refinación del aceite en planta industrial.

De cafés de baja calidad, se obtuvieron de 70 a 150 kilos de aceite por tonelada de café. La refinación es difícil por su alto contenido de insaponificables, pero estos pueden tener valor para la preparación de hormonas sintéticas.

El aceite bruto, tiene un color oscuro muy difícil de eliminar por los tratamientos corrientes. El Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT) de Bogotá, encontró que el mejor blanqueador es el peróxido de hidrógeno. La merma en refinación es muy apreciable. Comparado con el de ajonjolí, 1.000 kilos de aceite bruto de ajonjolí dan 970 de neutro; 1.000 kilos de aceite crudo de café dan 600.

En el IIT se ensayó también la producción de manteca y margarina, por hidrogenación. La manteca resultó aceptable en color, olor y sabor pero anotaron un oscurecimiento con el tiempo, debido a los insaponificables que persisten en el aceite.

La margarina la elaboraron mezclando aceite de algodón refinado, con aceite de café refinado y blanqueado en una proporción de 8 partes de aceite de algodón y 2 de aceite de café. La mezcla fue hidrogenada selectivamente hasta un punto de fusión de 37°C; se enfrió, filtró, blanqueó y desodorizó. El aspecto y la calidad de esta mezcla fué perfectamente normal y aceptable y no se oscureció ni enranció con el almacenamiento. Sin embargo, la materia insaponificable altamente insaturada, permanece en mayor o menor cantidad en el aceite durante el proceso de refinación.

A continuación se describen los diferentes métodos de extracción y refinación, ensayados en Cenicafé.

ACEITE DE LA ALMENDRA

Extracción con alcohol.- Para la extracción del aceite de la almendra se utiliza alcohol etílico de 97^o/o. El grano se calienta durante 3 minutos hasta que toma el color amarillo que indica el

inicio de la tostación. Se somete a extracción por reflujo durante 7 horas en aparato soxhlet. El producto resultante es un aceite amarillo verdoso, con muy buen sabor sin ningún procedimiento de refinación. En Cenicafé el rendimiento fué del 5⁰/o, el cual es bajo en relación con el obtenido con eter de petróleo (10⁰/o) pero extrae menor cantidad de materias insaponificables, con lo cual se abarata la refinación.

Los rendimientos obtenidos con eter de petróleo, pueden aumentarse un poco tostando el café, pues la tostación facilita la extracción del aceite por la rotura de las paredes celulares.

En 2 horas de reflujo con eter de petróleo, el café tostado corriente dió un 13⁰/o de aceite con un fuerte olor a café tostado. Este olor es característico en las distintas variedades, lo cual puede servir de base para estudios de calidad del café. Dentro de numerosas muestras analizadas, se destacó al aceite del café Moka por su fuerte y fino aroma.

Refinación y blanqueo.- Si bien la torrefacción total y parcial aumentó los rendimientos y facilitó la extracción, también aumentaron los insaponificables y los productos coloreados. Para retirar los fitosteroles del aceite, extraído con hexano, dió buen resultado lavarlos con una mezcla de alcohol etílico del 97⁰/o y anhídrido acético. El lavado con alcohol solamente, blanquea considerablemente el aceite.

Aceite solidificado.- Si al aceite se agrega acetato de sodio (5⁰/o ó más) y se hierve durante 10 minutos, al enfriarse pasa a un estado semisólido. Esta propiedad es importante para multiplicar sus usos.

Método para obtener la Cafeína y el Aceite.- Con el siguiente procedimiento, se separó fácilmente del aceite, la cafeína que es objeccionable en los aceites comestibles. Torrefacción de la almendra a 250⁰C durante 5 minutos. Molida y extracción en soxhlet con eter de petróleo, durante 2 1/2 horas. El aceite se colocó en una nevera durante 2 horas, lo cual causó la cristalización y precipitación de la cafeína que se separó por simple filtración.

ACEITE DE LAS BORRAS

Solamente un 1⁰/o del aceite pasa a la bebida y la mayor parte queda en los residuos de extracción. En Cenicafé se utilizaron los desperdicios de fábricas de solubles, los cuales se secaron en estufa y se extrajo el aceite por reflujo con eter de petróleo, durante una hora y media. El rendimiento fué de un 9 a 10⁰/o de aceite en promedio.

Modificaciones del aceite producidas por hongos.- En el curso de las extracciones de aceite a partir de las borras, se observó que las que permanecieron amontonadas más de 5 días después de la preparación de la bebida, dieron un aceite que solidificaba después de evaporar completamente el solvente, mientras el aceite de las borras de 1 a 2 días permaneció líquido. El olor del primero era rancio, lo cual revelaba una perturbación por microbios, presumiblemente por hongos. Para aclararlo se sembró en borra esterilizada una serie de hongos del cepario del Centro,

tales como *Aspergillus*, *Diplodia*, *Esclerotium*, *Rhizoctonia*, *Colletotrichum* etc. Las siembras se hicieron en erlenmeyer de 2 litros. Se esterilizaron, sembraron y se dejaron a la temperatura ambiente, durante 8 días. Las muestras enmohecidas se secaron en estufa, y se agotaron en soxhlet con eter de petróleo. El aceite producido a partir de estas borras, solidificó inmediatamente. Un *Sclerotium* del suelo fué el que mejor se propagó y se produjo un 10⁰/o de aceite que solidificó a los 25⁰C. El *Aspergillus* del maíz tuvo buen crecimiento y dió un aceite sólido a 25⁰C. *Diplodia* progresó muy poco, pero sin embargo el aceite solidificó a 30⁰C. *Colletotrichum*, tuvo regular crecimiento y produjo 10⁰/o de aceite líquido aún en la nevera.

En las borras no estériles que se dejaron más de 10 días guardadas en vasijas, se observó el crecimiento espontáneo de *Penicillium* y el aceite solidificó.

Extracción del aceite con lejías.- Un método para extraer fácilmente el aceite de la borra, consiste en hervirla en una lejía de soda cáustica al 18⁰/o durante 2 horas. Aproximadamente se emplea un litro de lejía para 500 cc de borra. Al enfriarse, sobrenada el aceite y se separa de la lejía en embudos de filtración.

El proceso puede hacerse económicamente factible con alguno de los sistemas de recuperación de la soda que se utilizan en las fábricas de papel. (Combustión de las lejías para obtener carbonato de soda).

OTRAS FORMAS DE EXTRACCION

- 1.- Se encontró que el aceite se puede agotar por un disolvente muy barato como es el A.C. P.M. (Aceite de petróleo).

El grano se muele en molino de martillo o se prensa en un Expeler. Se hierve durante 2 horas en la cantidad de aceite que lo cubra. Se escurre el aceite y se prensa el molido en una prensa hidráulica. Se reúnen el aceite escurrido y el de la prensa, y aún calientes se agrega acetato de sodio agitando fuertemente. Por enfriamiento se forma una gelatina de petróleo. El gel se pasa a un filtro de tela fina, se prensa suavemente o se corta en trozos lo cual provoca la separación del petróleo dejando en el filtro la grasa del café en estado semisólido.

- 2.- El café tostado molido se hierve en una solución concentrada de ácido acético. Aún hirviendo se agrega con agitación fuerte, alcohol etílico y soda cáustica. Por enfriamiento se forma un gel de jabón y alcohol cuya consistencia depende de la cantidad de grasa, ácido y soda. Si en lugar de alcohol, se agrega gasolina o acetona, también solidifica, por lo cual esto podría tener empleos en la producción de combustibles sólidos.

Con base en los ensayos realizados, se diseñó el proyecto de planta para obtener aceite de café endurecido, el cual se presenta en la figura 12.

La planta consta de un extractor prensa (A) provisto de una espiral cónica de presión, que puede girar en ambos sentidos dentro de una camisa de acero perforada, para comprimir o descomprimir la torta de café molido. Un tanque (B) para hervir el aceite disolvente mediante un serpentín de vapor. Un tanque (C) para tratar la micela con el acetato de sodio y separar el aceite extractor del aceite de café. Un tanque (D) de descarga de la torta exprimida. Un tanque (E) para el aceite endurecido.

PROCESO

La almendra se seca previamente en las tostadoras corrientes, hasta un contenido de humedad del 3^o/o. Se muele en seguida en un molino de martillos, y se carga en el extractor a través de la compuerta (F) haciendo girar la espiral de la prensa hasta que se llene completamente la cámara perforada.

La extracción se realiza mediante aceites de petróleo (fuel-Oil) de puntos de ebullición de 300 a 370°C. Se hierve el aceite en el tanque (B), y se llena el extractor con el aceite caliente. A intervalos se recircula el aceite, para recalentarlo y facilitar la extracción. Terminada la operación en una o dos horas, lo cual se reconoce por el color oscuro del extracto, se evacúa el aceite al tanque de coagulación, la cual se realiza agitando fuertemente el aceite y agregando simultáneamente la solución de acetato de sodio. Por enfriamiento se forma un gel de ambos aceites. El aceite de petróleo se recupera partiendo la jalea en trozos (tanque G) de los cuales escapa el disolvente rápidamente dejando el aceite de café endurecido.

Para recuperar el aceite retenido en la torta, se comprime operando el espiral de izquierda a derecha. El residuo final, que aún contiene un poco de aceite, podrá utilizarse en una nueva etapa como material para la propagación de levaduras, debido a que el tratamiento produce azúcares fermentescibles.

Respecto al aceite de café obtenido, es especialmente apropiado para la preparación de gasolinas y alcoholes sólidos, ácidos grasos, detergentes, etc.

El aceite se puede emplear en forma corriente para preparar jabones, pero estos pueden fabricarse directamente por fusión alcalina, tratando los ripios molidos con soda cáustica.

Después de la reacción exotérmica se hierven en agua, durante una hora. Se cuela por anejo que no deje pasar los ripios. Se agrega sal al líquido y dejándolo enfriar en reposo el jabón solidifica en la superficie.

También se puede obtener un jabón abrasivo, tratando los ripios molidos con una solución concentrada de soda, en frío y mezclando perfectamente.

Se deja en un recipiente destapado durante 15 días hasta que se cubre con cristales de carbonato de soda. La formación del jabón se reconoce por la formación de espuma al agitar los ripios en agua. Es apropiado como jabón mecánico y para cristalería.

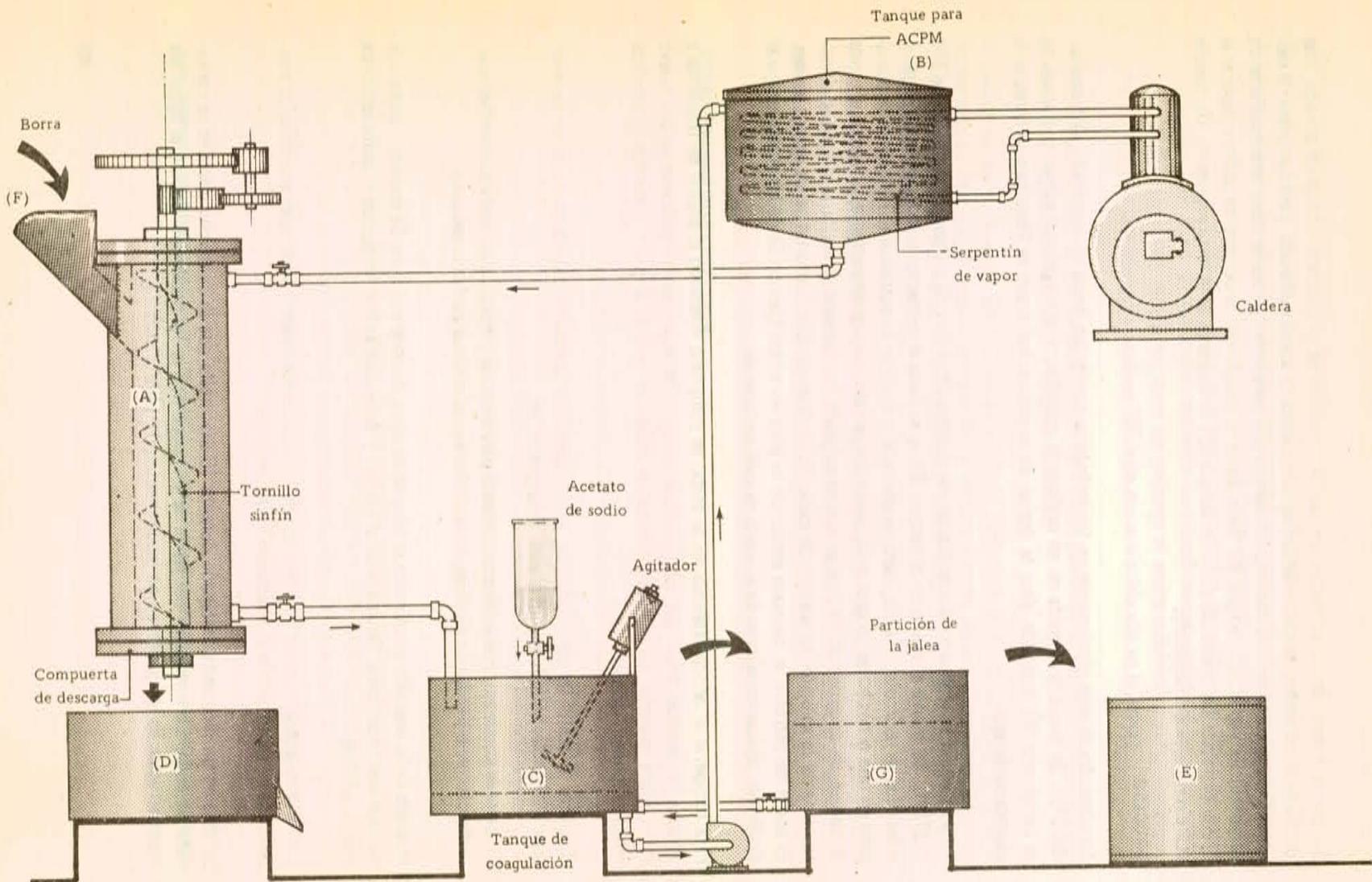


FIGURA 12.- PROYECTO DE PLANTA PARA EXTRACCION DE ACEITE DEL GRANO DE CAFE.

alimentos para gallinas

En 1950 se iniciaron los ensayos sobre el crecimiento de pollos de 4 días de nacidos, agregando harina de pulpa seca a la ración. Los resultados fueron inciertos por una epidemia de coccidiosis pero revelaron un efecto depresivo de la pulpa en el crecimiento. Casualmente, en una pulpa fresca que se puso en barriles, se desarrolló gran cantidad de larvas que fueron identificadas como pertenecientes a una mosca verde que crece en las fosas con pulpa. Se observó que esta pulpa larvada la comen avidamente los pollos a pesar de que simultáneamente se produce una descomposición pútrida, y se decidió ensayarla en pollos Rhode Island de un mes de edad. Para larvar la pulpa se colocó en cajones de 1.50 m de lado y 0.50 m de profundidad, revuelta con 0.50/o de "Nitrofoska", para acelerar la descomposición.

Se inoculó con la larva y se dejó a cubierto del agua. En 15 días había abundantes larvas. El ensayo se hizo en dos lotes de 30 pollos enjaulados.

Al lote testigo se le dió maíz amarillo molido complementado con minerales, y al otro, maíz amarillo molido y minerales, más un 500/o de pulpa larvada, por volúmen de la fórmula. Los materiales se molieron y se mezclaron de manera que los animales no pudieran escoger la pulpa.

Después de 50 días, la rata de crecimiento fué 0,40/o mayor en el lote con la pulpa. La mortalidad fué 0.20/o menor en el lote con pulpa. La ventaja de la pulpa larvada sobre la fresca es

atribuible a la proteína de las larvas y a que en la pulpa ensilada se producen ácidos orgánicos y factores de crecimiento microbianos; al mismo tiempo se destruye parte de la cafeína y los fenoles, que reducen el crecimiento de los pollos.

Ensilaje de pulpa.- En vista de los alentadores resultados, se iniciaron ensayos para ensilar la pulpa. Para ésto, se llenaron dos silos aéreos de manpostería uno con pulpa fresca solamente, y otro con pulpa y miel de purga al 0.5^o/o. Los silos se abrieron a los 4 meses y se encontró que el silo que contenía pulpa con miel tenía mejor olor, color y textura. Sin embargo, había un olor desagradable en ambos ensilajes debido a la penetración de aire.

Posteriormente se construyen 5 silos de tornillo, en canecas de hierro de 55 galones. A éstas se les soldó diametralmente en la boca un ángulo de hierro atravesado por un tornillo, para presionar una tapa de hierro y madera. Se llenaron con pulpa sola, con pulpa y pasto elefante molido, y con pulpa y miel de purga. El material se prensó muy bien, y a los cuatro meses se abrieron las canecas, confirmándose que el ensilaje correcto es el de pulpa y miel de purga, bien comprimido para que las condiciones de la fermentación sean anaeróbicas. Con el dispositivo de tornillo pueden almacenarse 150 kilos por caneca. La cantidad de pulpa y melaza en el mejor ensilado fué de 24 baldes de pulpa fresca y un balde de miel de purga diluido en 4 baldes de agua.

Ensayos con pulpa peletizada.- Para obligar a los animales a consumir la pulpa, se la elaboró en forma de pastillas, aprovechando su poder aglutinante. El maíz se molió en un molino de martillos, se mezcló con la pulpa y los demás ingredientes, y se pasó por un molino para carne; la masa sale en forma de fideos que se secan al sol, en las camillas de madera para café. La pulpa utilizada se extrajo de las fosas, después de haber sufrido un ensilaje de varios meses, lo cual se reconoce por el color amarillo, pH ácido, olor agradable y estado del material sin desintegrar.

La ración seca presenta la forma de cilindros cuyo tamaño puede regularse adaptando al molino cribas con huecos del diámetro deseado.

Para las pruebas se emplearon pollos de raza Rhode Island Red, de 1.000 gramos de peso, vacunados contra cólera, y New Castle. Hasta este punto fueron levantados con una ración comercial sin pulpa.

El lote de pollos se dividió en 3 grupos de a 10 animales por jaula. Se prepararon 3 raciones así:

Ración A.-	
Maíz amarillo molido	3.192 Gramos
Salvado de trigo	1.148 "
Pulpa de las fosas	8.000 "
Harina de carne . . . . .	.500 "
Cal apagada . . . . .	.150 "
Mezcla Mineral (Fostram) . . . . .	.7 "

Sal común . . . . .	.2	"
Aceite de hígado . . . . .	.30	"
Ración B.- (Testigo sin pulpa)		
Maíz amarillo molido	11.192	"
Trigo (salvado)	1.148	"
Harina de carne . . . . .	.500	"
Cal apagada . . . . .	.150	"
Fostram . . . . .	.7	"
Sal común . . . . .	.20	"
Aceite de hígado . . . . .	.30	"

La ración C tiene la misma composición de la A. La diferencia consiste en que la pulpa de la A se ensiló en una caneca con tornillo y la pulpa de la C se extrajo de la pulpa ácida ensilada en las fosas, y de unos 6 meses de depósito.

Los ensayos se hicieron durante 8 semanas; los animales se marcaron y pesaron individualmente cada 7 días, obteniendo los siguientes resultados:

- 1.- Disminución de peso durante la primera semana en los tratamientos con pulpa, debido al cambio de ración, pues los pollos se estaban alimentando desde un mes antes con la misma ración B del testigo. Luego empezaron a aumentar de peso hasta el final del ensayo.
- 2.- La rata de aumento en peso diario por animal fué 13 gramos para el testigo, 16 gramos para los alimentos con pulpa ensilada, y 17 gramos para los alimentos con pulpa de las fosas. Los aumentos con la pulpa fueron satisfactorios y demuestran que se puede emplear la pulpa de fosas o depósitos sin tener que recurrir a la construcción de verdaderos silos más costosos. Por otra parte, la proliferación de larvas en las fosas produce proteína animal.
- 3.- Durante el ensayo no se registró mortalidad en los lotes con pulpa; en el testigo hubo una muerte. En todos los lotes se presentó canibalismo.
- 4.- Al principio se observó palidez en las crestas de los animales alimentados con pulpa, pero se corrigió agregando al agua de bebida una solución de sulfato de cobre, sulfato de manganeso y sulfato ferroso al 1:1.000.

Después de estos ensayos preliminares, se estableció una colonia experimental de pollos que se mantuvo durante 5 años y en la cual se experimentaron numerosas combinaciones con pulpa, mucílago y ripios de café, hasta obtener raciones prácticas con las cuales se levantaron numerosos animales. Las últimas raciones fueron apreciablemente mejores que las iniciales. Con la pulpa ensilada en las fosas se logró reemplazar un 20^o/o del maíz. En un experimento con 75

pollos alimentados con maíz básicamente, y otros 75 con maíz y pulpa, se lograron crecimientos diarios promedios de 10 gramos por animal, con maíz solamente, y 23 gramos con maíz y pulpa. Cuando se agregó a las raciones de maíz y pulpa un extracto de pasto, se consiguieron crecimientos de 51 gramos por animal por día.

Después de numerosos cambios de balanceo, se estableció una ración con la cual se levantaron más de 3.000 animales hasta el final de los experimentos. Esta se preparó a base de maíz amarillo, torta de algodón, harina de carne y un 20^o/o de pulpa ensilada en las fosas. Se logró su mayor eficiencia, cuando se agregó uno por mil de metionina.

Esta ración suministrada a pollitos desde los tres días de nacidos, dió un promedio de aumento de peso de 10 gramos diarios por animal. Pero los crecimientos son comparables con el maíz, solamente cuando la pulpa se empieza a administrar a animales de más de 400 gramos; no es pues recomendable utilizarla sino en raciones de engorde.

Ensayos con los ripios.- Como el problema principal para la incorporación de los ripios en raciones es la dureza para molerlos, se utilizó el método empleado para la producción de harina para pan, con tratamientos a base de ácido clorhídrico. Pero este procedimiento no dió resultados porque los pollos comían muy poco las raciones de maíz con ripio de café tratado en tal forma.

Posteriormente se sometieron los ripios a un proceso fermentativo que consistió en cocinarlos a presión en un autoclave, molerlos, inocularlos con levaduras y dejarlos fermentar durante unos 8 días. En esta forma los pollos pequeños, que rechazaron los ripios sin fermentar, empezaron a comer las raciones. Estas se prepararon con ripios fermentados, maíz y soya y dieron crecimientos satisfactorios durante 8 semanas.

Ensayo biológico con aceite de café.- Durante un mes se suministró a pollos de 5 días de nacidos, por vía oral e inyectado, aceite de café extraído con hexano. No se presentaron muertes en ninguno de los tratamientos, ni síntomas de toxicidad. Por el contrario, se observó un estímulo en el crecimiento en los animales que recibieron el aceite por vía digestiva y que además fueron alimentados con raciones que contenían pulpa. El suministro diario se fué incrementando hasta 5 cc. de aceite por animal.

Efectos del "tinto" en pollos.- A animales recién nacidos, se les suministró café negro (tinto) en el agua de bebida, y por gotero. Se observó un efecto depresivo del crecimiento en ambos tratamientos. Como esto ha sido atribuido a la acción de los taninos, se ensayaron sustancias que contribuyen a la formación de hemoglobina, como el sulfato ferroso y el molibdeno.

Se encontró que el óxido de molibdeno adicionado al "tinto" en el bebedero, no solamente contrarresta el efecto depresivo en el crecimiento, sino que incluso, en algunos animales produjo crecimientos superiores a los testigos sin café.

Por último, en la tabla 5 se presenta un análisis comparativo de la pulpa fresca y ensilada, realizado en el laboratorio de química de CENICAFE sobre muestras secadas a 90°C, en donde puede observarse el aumento en el porcentaje de proteínas de la pulpa, debido a la fermentación.

TABLA 5.- ANALISIS COMPARATIVO DE PULPA FRESCA Y ENSILADA. (BASE SECA).

	Fresca de 3 días o/o	De un mes en las fosas o/o
N. orgánico total	2.00	2.65
Proteínas	12.50	16.59
Extracto etéreo	2.90	4.57
Cenizas	9,95	7.32

baterías eléctricas

La pulpa y el mucílago del café pueden producir electricidad cuando se ponen en contacto con dos metales distintos, dentro de un recipiente aislado. Los mejores resultados se logran entre cobre y zinc, o entre cobre y hierro galvanizado o latón.

Las baterías de pulpa no son tan poderosas como las pilas secas del comercio. Pero con materiales de desperdicios tales como frascos, tarros de metal o de plástico, (para construir los recipientes), trozos de latón y de camisas dañadas de despulpadora, (para construir los electrodos) y pulpa y mucílago de café, cáscara de naranja y otros desperdicios (electrolito para producir energía), se puede hacer una batería en el campo. Estas baterías son muy útiles para alimentar los radios de transistores, cuando estos se colocan en lugares fijos.

COMO SE CONSTRUYE UNA BATERIA DE PULPA

Recipiente.- Puede emplearse cualquier clase de frascos de boca ancha, como los de café, conservas y encurtidos, que tengan unos siete centímetros de boca y 10 a 15 centímetros de profundidad. Los tarros de lata o de plástico de forma cilíndrica o cuadrada, como los que se utilizan para aceites comestibles y lubricantes, galletas, harinas, etc., han dado muy buenos resultados. Como la corriente de la pila es débil, se necesita un mínimo de 12 recipientes o vasijas para la batería.

De ahí en adelante pueden utilizarse todos los que se deseen, teniendo en cuenta que siempre debe ser un número par.

El voltaje depende del número de recipientes, de modo que con 20, 30 ó 40 se obtendrá mejor voltaje.

El tamaño y forma de los recipientes no influye en el voltaje pero sí en la intensidad de la corriente y en la duración del servicio. Los mejores resultados se obtienen con tarros de lata de un galón. Cada batería debe estar formada por frascos o tarros de la misma capacidad y del mismo material, sin que sea estrictamente necesario que tengan la misma forma

Se pueden fabricar dos clases de pilas: las de vidrio o plástico y las de tarros de lata.

BATERIAS DE VIDRIO O PLASTICO

Se llenan con pulpa molida, (fresca o vieja), frascos de café (Nescafé o Colcafé), de 14 centímetros de profundidad y 5 centímetros de diámetro en la boca.

Para cada frasco se corta una lámina de zinc de 14 centímetros de ancho y 20 centímetros de largo, cortando en el lado más largo una lengüeta de una pulgada por cada lado. Luego se corta una lámina de cobre de 15 centímetros de longitud por 4 centímetros de ancho.

Para cortar las láminas de zinc, se puede utilizar el zinc común para canales, el hierro galvanizado o la hojalata. Para las láminas de cobre, se utilizan las camisas dañadas de las despulpadoras.

Una vez listas las láminas, se introduce la lámina de zinc en los frascos con pulpa en tal forma que quede pegada contra las paredes internas del frasco, en todo el derredor. Luego se coloca la lámina de cobre clavándola dentro de la pulpa en el centro del frasco, teniendo cuidado de que no queden en contacto las dos láminas en ningún punto (figura 13).

Otra forma consiste en cortar las dos láminas del mismo tamaño, y entonces se introducen entre la pulpa, paralelamente y con una separación de 2 centímetros.

La superficie de la pulpa, se debe cubrir con una capa de cisco o aserrín o con una pasta de papel periódico remojado.

Cómo se organiza la batería.- Los frascos se disponen en hileras para formar un cuadrado y se colocan dentro de una caja de madera construída para el efecto. Luego se cortan trozos de 10 centímetros de alambre flexible forrado, del que se utiliza para portalámparas. Se desnudan y se raspan los extremos, y se aseguran a unas perforaciones hechas en las lengüetas de ambas láminas. Entiéndase que hasta el momento, lo que se ha hecho es colocar un alambre en cada lámina.

Los extremos pelados de los alambres de las láminas se unen retorciéndolos fuertemente, en el siguiente orden: la placa de zinc del frasco 1 se une con el cobre del frasco 2; el zinc del 2 con

el cobre del 3 y así sucesivamente. Al final deben quedar libres el alambre del cobre del frasco 1 y el alambre del zinc del último frasco. A estos terminales se conecta el radio. A éste se le sueldan o aseguran 2 alambres cortos que no estorben al ajuste de la tapa. El alambre del polo positivo se conecta con la placa libre de cobre del frasco 1 y el polo negativo con el zinc del último frasco. Cuando se usa alambre largo, doble, se conecta cualquiera al cobre y el otro al zinc. Para conectar el radio, se prueba uniendo uno y otro alambre, hasta que se oiga el sonido en el aparato. Las fallas de funcionamiento se deben a error en el orden de las conexiones o a un mal contacto cuando los alambres no se han asegurado bien, o no se ha raspado completamente el aislamiento. Se recomienda cubrir los contactos con papel plateado de cigarrillo o con cinta aislante.

Como la batería se va debilitando, se le puede agregar a los frascos cada tres o cuatro días un poco de mucílago de café fermentado, que se obtiene lavando café fermentado con agua. A falta de éste, puede agregarse aguasal, (una cucharadita por frasco), o agua de panela. La sal especialmente, activa notablemente la pila.

No es necesario colocar el radio cerca de la batería, porque la corriente se puede conducir a distancias de 20 a 30 metros por medio de alambres dobles forrados, con la ventaja adicional de que el alambre funciona como antena mejorando la recepción. Por consiguiente, ésta se puede colocar en un sitio fuera de la habitación, siempre que esté protegida del agua, en un lugar seco, y que el alambre de conducción a la casa tenga buen aislamiento.

Duración.- La duración de las pilas depende prácticamente de la duración de la lámina de zinc o de la lata, que es atacada por la pulpa. Basta entonces, para renovarlas, cambiar las láminas de zinc, lavar el cobre y poner pulpa y mucílago nuevos.

BATERIAS EN TARROS DE LATA

Estas son de fabricación más sencilla pues no hay que cortar láminas de zinc. Las que describimos a continuación, hechas en tarros de aceite vegetal de un galón de capacidad, han dado los mejores resultados, (figura 14). Se emplea un mínimo de 10 tarros. Se lavan bien con jabón y arena o esponja de acero y se perforan en la mitad del borde superior de uno de los lados largos. Deben hacerse por lo menos 2 perforaciones a un centímetro de distancia, para hacer un buen contacto del alambre. Se cortan láminas de cobre de longitud igual a la del galón, y un ancho de cinco centímetros menos que el del tarro. Se hacen dos perforaciones, a un centímetro en el centro de la placa, para asegurar bien el alambre. Los alambres se cortan de una longitud tal que al unir la placa de cobre con el tarro siguiente no queden en contacto los dos tarros, pues al formar la batería, los tarros de lata no pueden tocarse, a diferencia de las vasijas de vidrio y plástico que sí pueden quedar en contacto.

Antes de llenar los tarros con la pulpa, se les debe colocar un asiento de cartón o plástico, para evitar que la lámina de cobre toque el fondo. El plástico de talegos de abono es muy apropiado para esto. Luego se aseguran bien los extremos limpios de los alambres pasándolos por las perforaciones de la lámina y retorciéndolos fuertemente. Un trozo para el cobre y otro para el tarro.

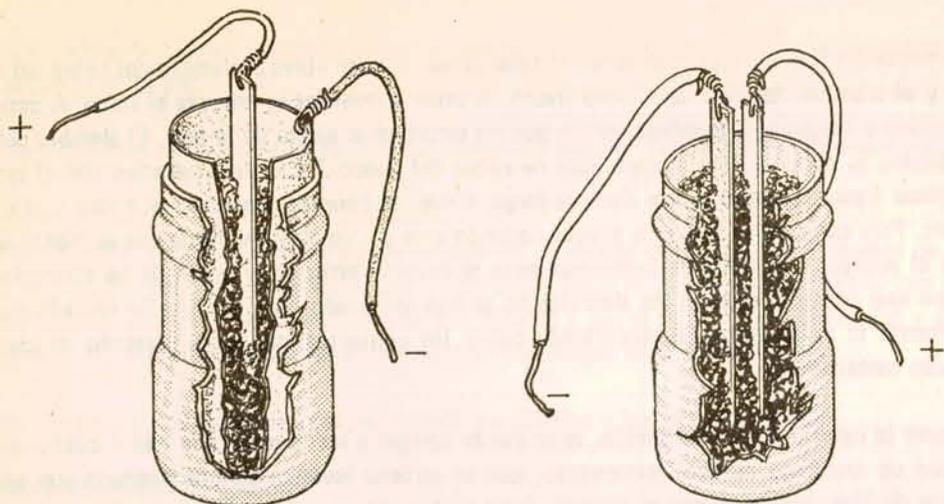


FIGURA 13.- FORMA DE ORGANIZAR LAS BATERIAS DE PULPA EN FRASCOS DE VIDRIO. A.- LA LAMINA DE ZINC CONTRA LAS PAREDES INTERNAS DEL FRASCO. B.- LAS LAMINAS DE ZINC Y DE COBRE, PARALELAS EN EL CENTRO DEL FRASCO.

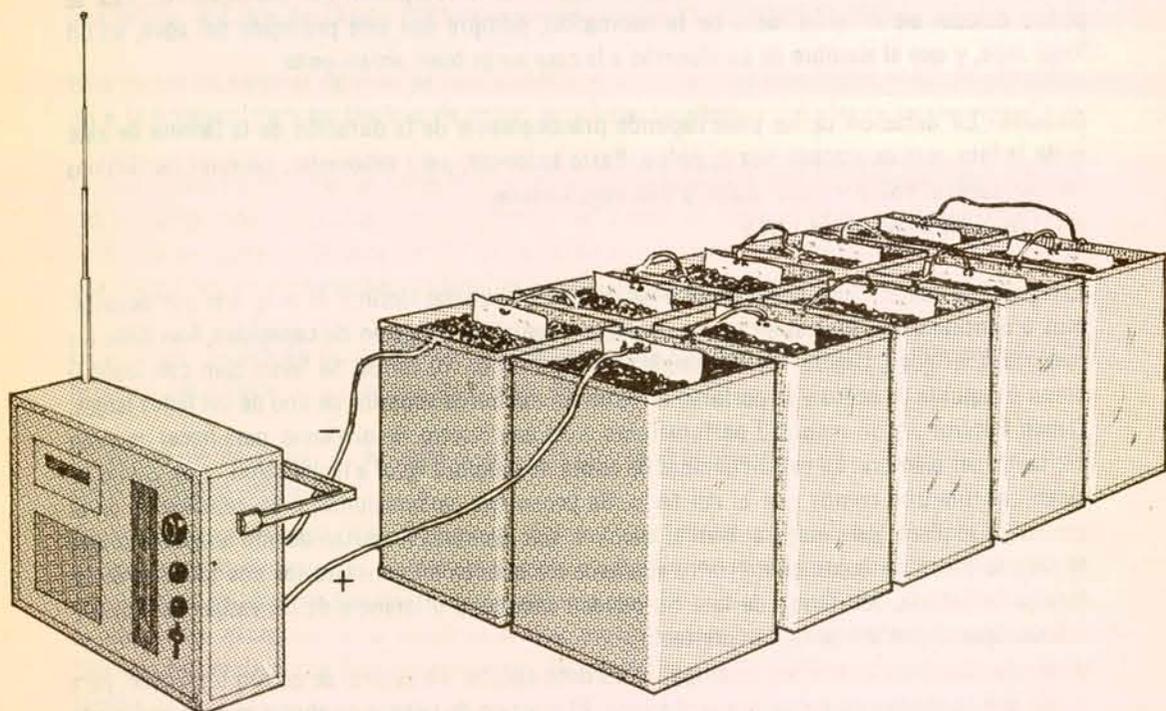


FIGURA 14.- BATERIAS DE PULPA CONSTRUIDAS EN TARRS DE ACEITE VEGETAL DE UN GALON DE CAPACIDAD.

Antes de unirlos, se procede a llenar los tarros con la pulpa fresca, o de las fosas. Se apisona bien con un cabo de madera, hasta que quede un poco por debajo de las perforaciones del tarro.

Enseguida se introducen las láminas de cobre verticalmente en el centro de los galones, y sin tocar la lata (figura 15).

Se organizan los tarros en un lugar apropiado, seco y al abrigo de la lluvia. Deben colocarse sobre un trozo de plástico. Luego se unen los alambres en el orden descrito anteriormente para las baterías de vidrio, y se cubre la batería con un plástico para que no se moje.

Para evitar molestias con olores, insectos, etc., estas baterías deben situarse fuera de la casa. Para esto puede hacerse una tarima cuadrada de latas de guadua a unos 50 centímetros del suelo, se cubre con plástico y se colocan los tarros en hileras.

La corriente se conduce al interior de la casa por medio de alambre forrado, como en el caso de la batería anterior. Hay que evitar que la pila se seque, para lo cual se le agrega periódicamente mucílago de café. Si se quiere aumentar la corriente, se le agrega sal al mucílago en proporción de una cucharadita de sal por galón, y una vez por semana.

Duración.- La duración de estas pilas depende de la duración de la lámina del tarro (5 ó 6 meses). Cuando el tarro está roto debe cambiarse, pero los envases viejos pueden cortarse en trozos que se colocan clavándolos en la pulpa contra las paredes del nuevo, teniendo la precaución de que no toquen la lámina de cobre.

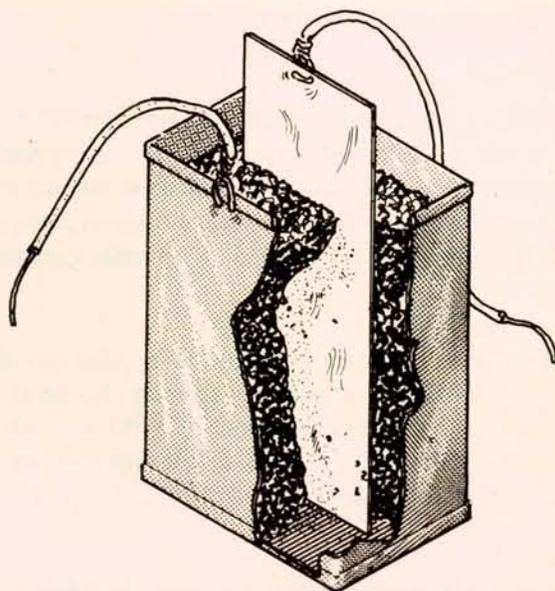


FIGURA 15.- FORMA DE ORGANIZAR LA BATERIA DE PULPA EN TARROS DE ACEITE. LA LAMINA DE COBRE SE INTRODUCE EN EL CENTRO DEL TARRO, SIN QUE QUEDE EN CONTACTO CON ESTE.

materiales de construcción

En los años 69 y 70 se hicieron numerosos ensayos para utilizar la pulpa y el cisco del café en la fabricación de cartones, baldosas y plásticos. Se lograron fórmulas que, aún en escala muy limitada de laboratorio y con equipo muy rudimentario para la elaboración y medidas de resistencia, permiten asegurar que la pulpa, el cisco y los ripios de café pueden utilizarse para fabricar cartones, paneles de revestimiento y plásticos. A continuación se presentan los resultados de estos ensayos.

Cisco. El cisco, llamado también cascarilla, es un material compuesto en su mayor parte del pergamino, y contiene también la película plateada y fragmentos de granos. Constituye cerca del 60/o del café seco de trilla y tiene un 120/o de humedad. Se analizó el tamaño promedio de las partículas que lo componen, pasando muestras de diversas trilladoras por un juego de tamices de diferentes aberturas (5.55 m m , 2 m m , 1 m m , y menos de 1 m m) con los resultados que se presentan en la tabla 6.

Se hicieron ensayos para hacer planchas de cemento y cisco sin moler, vaciando la mezcla en formaletas de un metro cuadrado y una pulgada de profundidad pero no se logró el fraguado del cemento en ningún caso.

TABLA 6.- DISTRIBUCION DE LAS PARTICULAS DEL CISCO SEGUN SU TAMAÑO (PORCENTAJE).

Tamaño	Valores Mínimos	Valores Promedios	Valores Máximos
Mayores de 5,5 m m	2.26	2.54	2.86
Entre 5,5 y 2,00 m m	23.59	26.78	30.42
Entre 2,00 y 1,00 m.m	41.50	44.63	46.92
Menores de 1,00 m m	20.22	26.05	30.46

Posteriormente, se molió el cisco hasta una finura de unos 2 milímetros, empleando un molino de martillos. Se mezclaron 20 partes por peso de cisco, 65 partes de cemento y 5 partes de cloruro de calcio del 70% de concentración, disuelto previamente en el agua que se iba a agregar.

La mezcla se puso en moldes de hierro de 20 cm de lado y una pulgada de profundidad (iguales a los empleados para fabricar baldosas); se prensó en una prensa de 30 toneladas y se dejó secar al aire durante 5 días.

Se obtuvieron baldosas muy resistentes, pero los intentos para aumentar la proporción de cisco afectaron adversamente el fraguado y la resistencia.

Se encontró que para este empleo es necesario, en primer lugar, moler el cisco. Pero se requiere investigar el tipo de molino apropiado para este material, pues los molinos corrientes de martillos y cuchillas son poco eficientes. En segundo lugar se necesita agregar al cemento un acelerante rápido y más barato que el cloruro de calcio.

Para solucionar el problema de la molienda del cisco, se ensayaron los siguientes procedimientos químicos:

- a.- Se hirvieron 1.000 gramos de cisco sin moler en una solución de 90 gramos de sulfuro de sodio y 60 gramos de bicarbonato de sodio por litro, durante 2 horas, a la presión normal. Después de enfriar se pasó el material por un molino de platos. Se le incorporó una cola de úrea formaldehído al 4% de concentración, se prensó a 30 toneladas y se dejó secar. A otras muestras se agregó "Colbón". Las muestras obtenidas fueron bastante satisfactorias en cuanto a resistencia y peso. Las muestras con Colbón fueron muy flexibles en láminas de 5 milímetros, pero la cantidad de cola agregada fue muy alta para ser económica.
- b.- Digestión en autoclave a una atmósfera durante 1 hora, en una solución de 100 gramos de sulfuro de sodio y 50 de bicarbonato por litro y por kilo de cisco. Se molió, como en el procedimiento anterior, y se moldeó en las mismas condiciones. Dió una pasta más fina y se necesitó menor cantidad de plástico para lograr la misma resistencia de la anterior.

- c.- Cocimiento a presión con soda cáustica y sulfuro de sodio (al 10⁰/o ambos), en agua: una atmósfera, durante una hora y molienda.
En todos los tratamientos, la molturación en molinos de platos es difícil cuando el material está alcalino, pero se facilita acidulándolo con ácido sulfúrico o clorhídrico.
- d.- Remojando el cisco durante 24 horas ó más en una solución de úrea y de cal apagada, se facilitó la molienda en molino de martillos, y se pudo obtener una pasta apropiada para mezclarla con el aglutinante y prensarla finalmente en los moldes.
- e.- Hirviendo cisco a presión ambiente con solución de boráx o ácido bórico, por un tiempo prolongado, se ablandó bastante el material.

El mayor problema para la fabricación de cartones con cisco es que la fibra es muy corta. Este material tiene la misma constitución del aserrín de madera, y por consiguiente podrían dársele empleos similares.

Pulpa.- La pulpa seca también se puede emplear molida, como relleno para baldosas en la misma proporción y condiciones del cisco. Pero el secamiento de la pulpa es costoso.

Los ensayos realizados con pulpa fueron los siguientes:

- 1.- La pulpa de café ensilada, con un pH ácido, se molió finamente en un molino de cuchillas para carne. Se agregó un 1/2⁰/o de nitrato o cloruro de hierro y se prensó la masa envuelta en lona, entre los platos de una prensa hidráulica de 30 toneladas. Después de dejarla secar al aire se obtuvo un cartón rígido muy resistente a la rotura y apropiado para revestimientos de paredes y cielos. La adición del nitrato o cloruro de hierro, bien mezclado con la masa hasta que esta toma un color negro, es indispensable para poder prensarla, pues estas sales coagulan la pectina y entonces el agua fluye fácilmente a través de la lona. El mayor problema que se afronta con la pulpa fresca o ensilada es el contenido de agua, que asciende a un 80⁰/o.
- 2.- La pulpa fresca o ensilada se hirvió en una solución de úrea y cal, a razón de 50 gramos de úrea y 50 de cal por cada 5 kilos de pulpa fresca, durante 2 horas, a presión ambiente. Al prensar y secar en las condiciones anteriores, se obtuvo un cartón rígido y resistente.
- 3.- La pulpa fresca se hirvió en una solución de soda cáustica, (50 gramos de soda por cada 5 kilos de pulpa con 80⁰/o de humedad), durante 2 horas. Se coló por un cedazo de anejo fino y el líquido se recogió para obtener la pectina. La pulpa se lavó enseguida y se acidificó con una solución de ácido sulfúrico o hidrosulfito de sodio. Se molió en un molino de platos, de los empleados para maíz, se escurrió y se prensó la pasta en la forma anterior. El cartón que se obtuvo fué más delgado y flexible. Los líquidos escurridos del cocimiento, se precipitaron agregando lentamente, con agitación, una solución de sulfato de zinc. Se formó un gel consistente en pectato de zinc, que se puede emplear como aglutinante para los mismos cartones.

La resistencia y flexibilidad del cartón, mejoran empleando pulpa (fresca o ensilada) que se cocina durante 4 horas en una solución al 10⁰/o de NaOH, y se deja envejecer al ambiente por 15 días. Con este material pueden fabricarse cajas y tarros que se deforman menos que cuando se emplea pulpa sin este envejecimiento.

El principal problema en la fabricación de estos cartones consiste en que la fibra de la pulpa es muy corta y quebradiza y el cartón se encoge y encurva con el secado. Se agregó a estas pastas bagazo de caña molida, en diversas proporciones, y con ello se corrigió este defecto, pero para elaborar cartones grandes se requerirían prensas de más de 100 toneladas para evitar el encorvamiento.

- 4.- Se elaboró un cartón de pulpa y cemento en la forma siguiente: la pulpa ensilada en las fosas se molió y se le mezcló nitrato férrico. Se agregó, por cada litro del molido, 150 gramos de cemento y 2 gramos de cloruro de calcio. Se vació en moldes, se prensó con un gato de 50 toneladas, se dejó fraguar 48 horas y se puso al sol 3 horas. Con esta pasta, agregando diversos acelerantes, ("Sika"), se fabricaron numerosos cartones de 25 cm de lado y 1/2 cm de grueso, con muy buenas características de resistencia. Se pueden cortar con serrucho, clavar, pulir y son malos combustibles. Sin embargo en paneles de 50 cm de lado y un centímetro de ancho, aparece el encurvamiento.

Es posible que el desarrollo de esta última fórmula, pulpa-cemento, con medios de investigación como los de el IIT, pueda concluir en la fabricación de un material apropiado para paredes y techos.

Pulpa descompuesta.- La pulpa descompuesta, (por ejemplo en chiqueros de guadua), da un material plástico que se puede compactar en bloques por presión. Pero en este caso los rendimientos son muy bajos, por la pérdida de sólidos durante la descomposición de la pulpa.

Se pueden también fabricar bloques de cemento-pulpa comprimidos en un Cimba-Ram, pero habría que estudiar a largo plazo la acción de los insectos y microorganismos sobre tal materia, para agregar preservativos, lo mismo que la absorción del agua, porque la pulpa es muy higroscópica.

En estos trabajos con pulpa, hay que tener presente la gran cantidad inicial de agua que hay que expulsar, que por otra parte encarece el transporte a industrias situadas lejos de los beneficiaderos. Las ventajas de la pulpa para la fabricación de pastas residen en su gran contenido de pectinas y hemicelulosas muy adhesivas a un pH ligeramente alcalino, y que se mezclan muy bien con los materiales plásticos de úrea-formol e inclusive polietileno.

Con algunas de las fórmulas mencionadas y añadiendo plásticos, se elaboraron cartones muy delgados para cajas y tarros, que pueden ser base para futuros empleos de la pulpa en la fabricación de empaques. Los mejores tarros (de 6 cm de diámetro y 8 cm de longitud), se obtuvieron con la mezcla de pulpa-cemento. También se obtuvieron buenos tarros con pulpa descom-

puesta de fosas, la cual se molió y se le agregó nitrato férrico y sulfato de sodio, exprimiéndola luego entre lonas antes de pasarla al molde.

Como sub-producto de los cartones, se pueden obtener pectinas del siguiente modo: en la pulpa tratada con soda quedan disueltas las pectinas y las hemicelulosas. Se obtiene un precipitado agregando cloruro de zinc, hipoclorito cálcico o sulfato de magnesio a los líquidos que escurren en la preparación de la pulpa para la fabricación del cartón. Allí se forman pectatos con aspecto de jaleas; al cortar estas masas y exprimir las entre telas finas con una prensa, se logran las pectinas concentradas, susceptibles de secar en polvo. Este se puede redissolver en soluciones de bicarbonato de sodio, regenerando el coloide.

rayón viscosa

rayón viscosa

Para producir 7.000.000* de sacos de café pergamino de trilla, (promedio de la producción nacional), que equivalen a 420.000 toneladas, se desperdician otras 420.000 toneladas de pulpa, mucílago, pergamino, película y granos defectuosos y partidos. Las fábricas de café soluble en incremento, producirán además la borra o residuo de la tostación en grandes cantidades.

Se estima que un 70^o/o de todos estos sobrantes es celulosa y hemicelulosa, que se puede aprovechar en diversas formas en la industria de fibra o películas, (rayón o acetato).

El análisis químico del pergamino de C. arabica, realizado por el Laboratoire de Recherches Chimiques de Tervuren de Kivu dió los siguientes resultados:

Extracto petroléico	0.35 %
Proteínas brutas	1.46
Celulosa bruta (método ácido-soda)	50.20
Celulosa (método al cloro)	63.20
Hemicelulosa (pentosanas reducidas)	11.60
Azúcares	21.30
Pentosanas	26.00
Cenizas	0.96

La celulosa bruta obtenida por el método ácido-soda está fuertemente incrustada, pero desembarazada de la mayor parte de las pentosanas, mientras el método del cloro da una celulosa blanca, desincrustada, pero donde las pentosanas no están eliminadas al mismo grado.

Métodos para producir viscosa del cisco de café.- Se encontraron dos métodos para preparar xantato de celulosa. Uno sigue con algunas variaciones el proceso corriente para prepararlo del serrín de madera, pero con una demora de unos 3 días. El otro es una innovación original que puede utilizarse no solamente con el cisco sino con cualquier material celulósico. Este es un proceso que reduce los días para elaborar la viscosa, a solamente uno, y supone una gran economía de equipo, si se le industrializa.

El reactor consiste en un frasco de vidrio de paredes resistentes, de boca ancha y de un litro de capacidad. En el fondo del frasco gira a 3.000 rpm una hélice horizontal de 6 cuchillas, fija a un eje de acero que atraviesa un tapón de caucho con un cojinete de bolas en el centro para facilitar la rotación del eje. Este está acoplado a un motor de agitador de 1/2 caballo de potencia, y de velocidad variable. Este método lento ha sido patentado.

Los ensayos del proceso acelerado dieron el siguiente resultado: se pusieron en el frasco 100 gramos de cisco, 100 de NaOH, 300 cc de agua, 400 cc de bisulfuro de carbono, 100 cc de hexano, 25 gramos de sulfuro de sodio. Se agitó la mezcla a 3.000 rpm durante 2 horas, interrumpiendo la agitación a intervalos durante unos minutos, por el recalentamiento del agitador. En tres horas se formó una gelatina de viscosa color naranja. Se dejó quieta durante la noche. Al día siguiente se agregó un poco de solución de soda cáustica y se filtró la solución de viscosa entre un talego de tela por medio de una prensa. En esta forma se obtuvo la viscosa filtrada de las partículas de cisco que no se disolvieron.

Los rendimientos dependen de muchos factores que no fueron completamente determinados, siendo superiores varias veces a los del proceso corriente.

plásticos

La pulpa, el mucílago y el cisco de café se pueden incorporar a las fórmulas para preparar resinas del tipo úrea-formol, por medio de cualquiera de los siguientes procedimientos ensayados en Cenicafé.

- 1.- Se dejó fermentar el café durante 24 horas, agregándole agua suficiente para cubrirlo; se estregó y se coló por tamices de anejo de 0.5 de ojo. Así se obtuvo el mucílago en solución densa. También, al café recién despulpado, se le agregó una solución de NaOH al 4 por mil en cantidad suficiente para cubrirlo. Se estregó con un cilindro de anejo fuerte y se coló por la zaranda de anejo, enjuagando el grano con poca agua. Las disoluciones de mucílago obtenidas por cualquiera de los métodos, se llevaron a un balón de vidrio provisto de refrigerante de reflujo, y se agregaron, por cada 500 ml. de mucílago, 100 cc de formol, 100 gramos de úrea y 10 gramos de ácido bórico.
Se hirvió a reflujo durante 1/2 hora a una hora hasta que la masa tomó un color blanco. Luego se separó el plástico del líquido madre colándolo con telas, se secó al aire y se molió para obtener un polvo que moldea por calentamiento y presión como las resinas de úrea. Puede colarse el coágulo inmediatamente después de enfriar, pero es mejor quitar el refrigerante, tapar el balón y dejar en reposo durante unos tres días para que el plástico madure.

- 2.- Se cocinó cisco en una solución de sulfuro de sodio y nitrato de hierro. Al hervir se le agregó una solución concentrada de úrea. Se hirvió 10 minutos. Al enfriarse se agregó formol, formándose un gel que se dejó madurar para secarlo y molerlo luego.
- 3.- Se agregó al cisco, ácido fosfórico concentrado, en suficiente cantidad y agitando, para que toda la masa dé un pH 1. Se dejó 24 horas en reposo, y se molió en un molino de platos bien ajustados, para obtener una masa fina. Se agregó a ésta, 100 cc de formol, y 100 gramos de úrea por cada 550 cc de la masa de cisco. Al cabo de una hora empezó a formarse el plástico. Se dejó madurar varios días y se procedió como en los casos anteriores.
- 4.- Pulpa de café acidificada en las fosas, (lo cual se reconoce por su color amarillo), se colocó en baldes y se cubrió con agua. A cada balde de 10 litros de pulpa se agregaron 150 gramos de bisulfito de sodio, 150 de cal y 250 de úrea. Se dejó en reposo 3 días. Se molió en un molino de maíz, para obtener una pasta fina. Se agregaron 100 cc de formol y 100 gramos de úrea para cada litro de pasta. Se calentó a ebullición durante 5 minutos. Al enfriarse se formó el plástico, que se dejó madurar varios días.

productos varios del cisco

Disolución del cisco.- El cisco puede disolverse casi completamente, dejándolo en un balón de vidrio con igual volumen de fenilendiamina concentrada, a la temperatura ambiente. En 15 días se obtiene una disolución viscosa de color rojo oscuro. Desafortunadamente el disolvente es un producto muy tóxico para operaciones industriales.

Destilación seca.- Se destiló cisco en una retorta cilíndrica de hierro, de una tonelada de capacidad instalada en posición vertical. La parte inferior de la retorta se conectó por medio de un tubo con un ventilador eléctrico, y la superior con un tubo en serpentín, de 2 pulgadas de diámetro y 5 metros de longitud, sumergido en un tanque de agua para la condensación de los vapores de la destilación. Cargada parcialmente la retorta con cisco apisonado, se prendió fuego por una compuerta en la parte inferior y se estableció la ventilación para que el cisco ardiera progresivamente de abajo hacia arriba. Se obtuvieron gases combustibles en gran cantidad, (que se pueden mantener encendidos durante toda la operación en la boca del serpentín), y un condensado compuesto de alquitranes y ácido piroleñoso, (unos 40 litros por cada 500 kilos de cisco). La destilación de ripios de trilladora dió productos amoniacaes, mientras que la de pulpa seca dió buena cantidad de alcohol metílico y acetona, cuando se sometieron sus condensados a destilación fraccionada.

Hemicelulosa.- Se hirvió el cisco en una solución al 18^o/o de NaOH y carbonato sódico; después de una hora de ebullición se coló el cocimiento por una zaranda de anejo. El cisco se lavó, se acidificó con sulfúrico y se molió, para obtener una pasta fina que puede usarse para hacer cartones. Las lejías del cocimiento, precipitadas con alcohol etílico, dieron una gelatina de hemicelulosa, que puede utilizarse en el apresto de papeles, como relleno de plásticos etc.

Aromáticos.- Durante 8 días se dejó cisco de café en un erlenmeyer cubierto con 500 cc de una mezcla de alcohol etílico y butílico, más acetona alcalinizada a pH 10 con NaOH. Se filtró para separar el cisco y el filtrado se concentró al baño maría; se agregó agua y se separó una capa aceitosa con olor fuertemente aromático de eucaliptol; el cisco se digirió completamente. Dejando el cisco por más tiempo a la acción de la mezcla, al cabo de uno a dos meses se obtuvo mayor cantidad de aceite aromático, con olor a mentol.

Utilizando amoniaco en lugar de la soda, se obtuvo al cabo de 8 días, aparte del producto aromático, un colorante amarillo fluorescente que tiñe la piel con color amarillo indeleble.

Furfural.- Se tomaron 200 gramos de cisco limpio de ripios y se pusieron en un balón de 3.000 cc con 600 ml de agua y 160 ml de ácido sulfúrico. Se adaptó un condensador de destilación y se procedió a efectuar la destilación, recogiendo unos 500 cc de destilado. Se agregó sal común al balón y se continuó destilando. El furfural destila en forma de aceite más denso que el agua, de manera que se puede separar por decantación. El rendimiento fue de un 10^o/o, comparable con ventaja con el 7.5^o/o dado por la cascarilla de arroz; la cascarilla de avena, de donde se obtiene furfural industrialmente, da un rendimiento de 13^o/o.

OTROS USOS DEL CAFE

Resinas de la borra.- El residuo de la bebida se hirvió durante varias horas en aceite de petróleo (A.C.P.M.) y agregando ácido fosfórico se precipitó un producto con las propiedades de una cera dura que se plastifica con el calor.

Tintas fotosensibles y termosensibles de la almendra.- Los cambios de color experimentados por la almendra sometida a la exposición solar y a la acción de la temperatura durante el secamiento, se deben a los pigmentos del grano, principalmente las sales del ácido clorogénico. Estos pigmentos se extrajeron en la forma siguiente: la almendra fresca se trilló, se molió en un molino de platos y se colocó en un erlenmeyer con una solución al 40^o/o de óxido de magnesio. Se dejó 8 días en reposo, resultando una coloración verdosa oscura. Se impregnó papel de filtro con la solución verde y se dejó secar en un cuarto oscuro. Para probar la fotosensibilidad se hicieron dibujos con tinta negra sobre papel transparente, se humedeció el papel verde con alcohol o solución amoniacal, y se colocó el papel con el dibujo superpuesto fijándolo a una tabla por medio de puntillas; se expuso a la luz de una lámpara solar, colocada a unos 10 centímetros, durante unos 5 minutos. Al secarse el papel, quedó una copia clara del dibujo.

Se mejoró el contraste poniendo una esponja de acero en el erlenmeyer que contiene el café y la solución amoniacal, (para disolver algo de hierro), se fijaron sobre la tabla el papel de filtro y el dibujo, impregnándolos con la solución, sin dejar secar como en el ensayo anterior. Expuestos a la luz y al calor de la lámpara durante el tiempo necesario para secarlos, se obtuvo la reproducción del dibujo. En la misma forma se lograron fotocopias de periódicos.

También se obtuvieron copias de objetos impregnando papel de filtro en "tinto" concentrado o en café soluble; el papel húmedo se puso a secar bajo la lámpara, con un objeto sobrepuesto, quedando al secarse la impresión clara del objeto.

Bebidas por infusión de las hojas de café.- Se recolectaron hojas sanas, tiernas o maduras. Se lavaron bien y se dejaron secar a la temperatura ambiente hasta quedar con 13^o/o de humedad, haciendo la operación sobre papel y distribuyéndolas en una capa delgada. Se cortaron en tiras estrechas y se sometieron a un tostado suave haciéndolas girar en una cápsula de porcelana colocada bajo una lámpara infrarroja. Se molieron en un molino de cuchillas hasta un tamaño de partícula de unos dos milímetros, y se arreglaron en bolsitas de papel similares a las del te. Las infusiones de muestras tostadas a diversos grados, dieron una bebida del color del te, aromática y agradable al paladar, pero de sabor diferente al café.

Harina de café para panificación.- La granulosis es una condición muy importante en las harinas para pan, porque se requieren partículas muy finas, como las de los cereales, de 100 micras por término medio.

Con el café es muy difícil obtener partículas tan pequeñas, (por la constitución córnea de la almendra), en cantidades industriales.

Con un molino de cuchillas de alta velocidad se logro una partícula de 0,5 milímetros, que se hincha hasta un milímetro al remojar la masa. Se optó entonces por utilizar procesos químicos para ablandar la almendra, y para solubilizar las proteínas.

El ensayo se hizo con café seco trillado de calidad inferior o pasilla. Se pasó por un molino de platos para aplastar la almendra, con lo cual se facilitó la hidratación. Se cubrió con agua hirviente y se dejó en reposo durante la noche. Al cabo de treinta horas, se observó la extracción de un coloide. Este precipitó con alcohol etílico en forma de un filamento que dejó al secarse una substancia dura y elástica; la ebullición del grano seguida de enfriamiento brusco, en soluciones diluídas del 1 al 5^o/o de cloruro de sodio, o mejor, de potasio, facilitó la formación del coloide, que probablemente se origina por rotura de la célula. El análisis reveló la presencia del 15^o/o de proteína.

Después de hidratar completamente los granos, se sometieron a un cocimiento a presión, en soluciones de HCL al 2^o/o y a 120^oC durante 1/2 hora. Se lavaron y neutralizaron las almendras con abundante agua y bicarbonato de soda. Se molieron a pasta fina en molino de platos y finalmente se tamizó y secó para obtener una harina muy fina. En los ensayos para pastelería, se mezclaron 50^o/o de harina de trigo y 5^o/o de harina de café. Se obtuvieron pasteles con muy buenas propiedades leudantes, buen sabor y textura.

INDUSTRIALIZACION INTEGRADA

Las dificultades para aprovechar los residuos agrícolas como materia prima industrial, provienen de varios factores: su dispersión en el campo, su gran volumen y alto contenido de humedad, el deterioro rápido y su producción estacional.

La instalación de una planta para obtener un solo producto, por ejemplo alcohol, pectinas, furfural etc., o varios productos de un solo material como la pulpa de café o el pergamino, estaría sometida a un lucro cesante entre las cosechas, como ocurre en los beneficios de café.

Una solución sería la instalación en regiones de agricultura diversificada, de plantas que pudieran trabajar durante todo el año en la extracción o elaboración de productos con desperdicios de diversas cosechas.

La investigación ha desarrollado numerosos procesos para elaborar melazas, proteínas, pectinas, celulosa, antocianinas, ácidos, alcoholes etc. de muchos desperdicios de frutas, hojas, bagazos, afrechos, tallos.

De otro lado, se han desarrollado molinos coloidales como el desintegrador Rietz para reducir a suspensiones coloidales pulpas y bagazos, con un rendimiento horario de 30 toneladas de material molido. Centrífugas de gran capacidad para recuperar y concentrar los efluentes acuosos como los lavados del café. Prensas continuas para pulpas de remolacha y de uvas. Digestores, destiladores y prensas hidráulicas de la industria del papel para producir azúcares, alcoholes y cartones de muchas plantas de fibra corta.

Se dispone pues de todos los elementos necesarios para planear fábricas agrícolas con todos los desperdicios y cosechas combinadas de una región.

LA ASOCIACION CAFE-CAÑA-PASTO.

De los diversos productos obtenidos de la pulpa y el mucílago del café, la melaza tiene el mayor número de aplicaciones, similares a las de la miel de caña: producción de alcohol, vinos y licores, alimento para ganado, confitería, producción de levaduras, ácidos orgánicos, azúcares invertidos etc. Pero la condición para lograr la mayor concentración de azúcar es la de que el café pueda despulparse en el término de 5 horas después de su recolección, a menos que se usen métodos preservativos. Su elaboración en cantidades industriales requiere la instalación de evaporadores al vacío empleados en la industria azucarera, que serían antieconómicos por la falta de pulpa y de mucílago entre las cosechas.

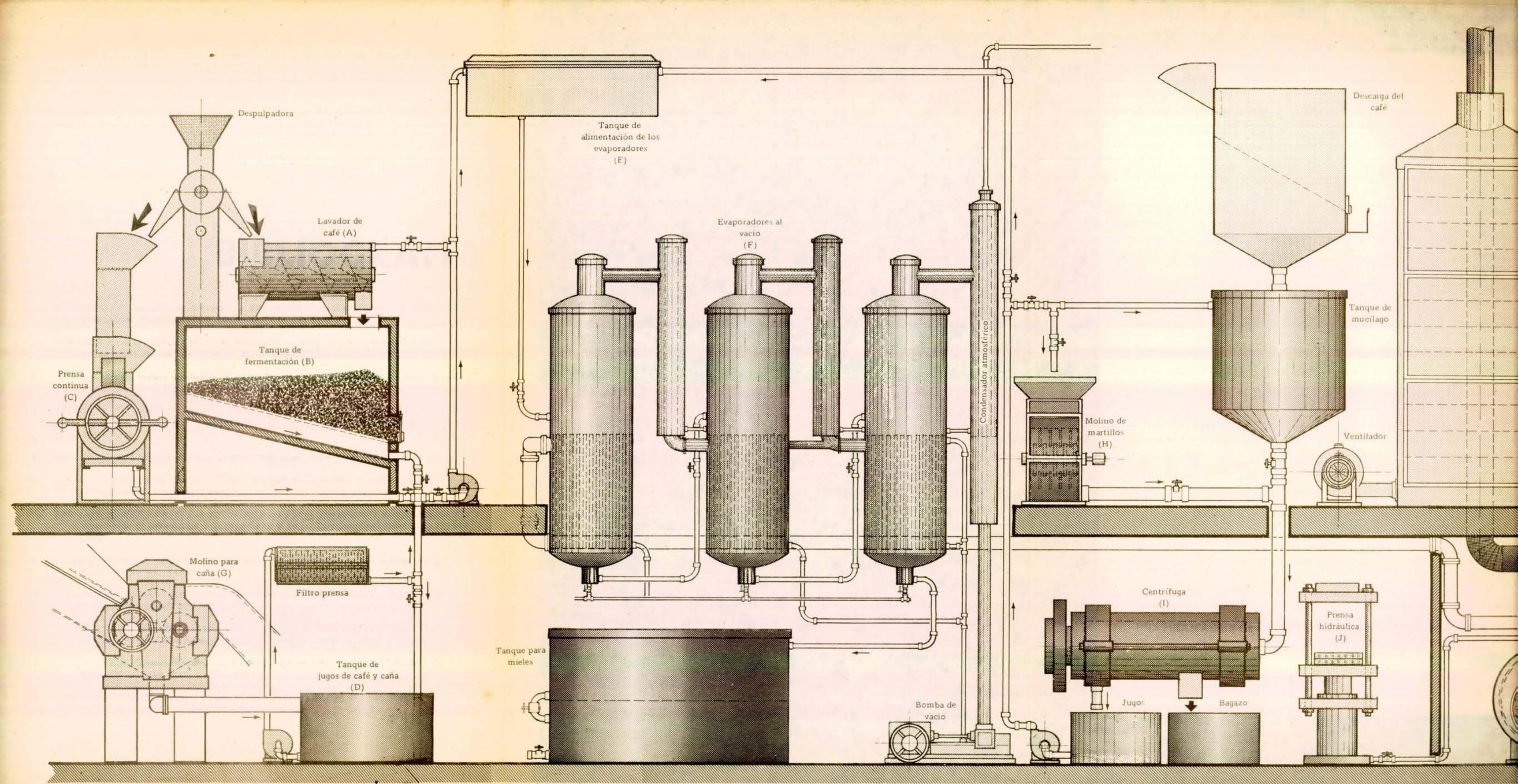
La ocurrencia en las regiones cafeteras de otras cosechas como la caña, plátano, frutales y pastos, las hace especialmente apropiadas para una integración de labores y aprovechamientos, en una instalación mixta de beneficio de café y de ingenio azucarero.

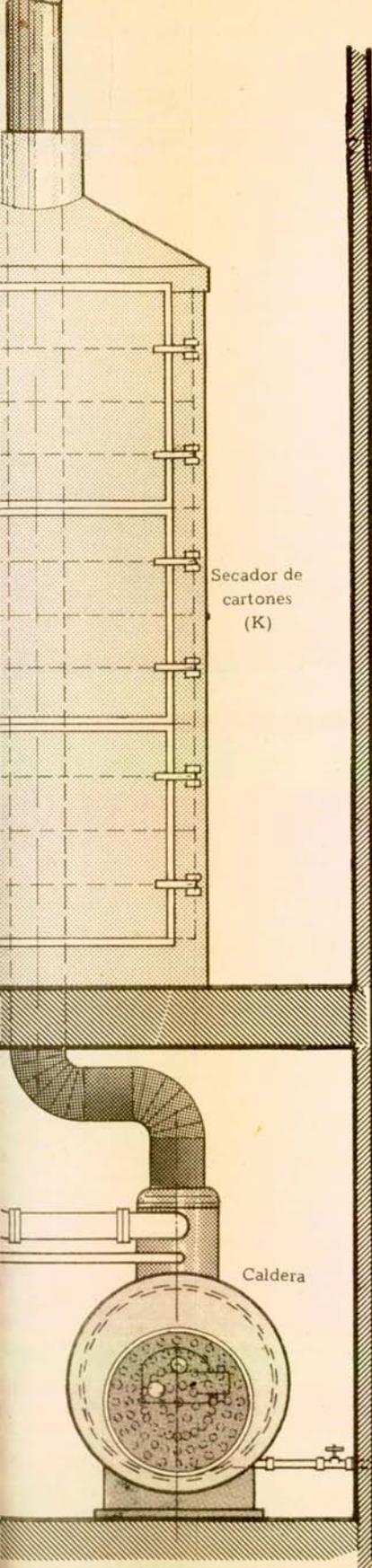
Algunas regiones y haciendas de café y caña en los países cafetaleros ofrecen las condiciones apropiadas para este tipo de fábricas, pero sería más indicado escoger el terreno apropiado para hacer los cultivos planificados a una producción rotatoria y al traslado económico del café y de la caña a la central.

La central de beneficio mixto constaría de cuatro unidades, distribuídas en una edificación de tres plantas. a) Un grupo de aparatos para procesar el café hasta pergamino seco, compuesto de despulpadoras, prensa continua para pulpa, lavador de café despulpado, tanques de fermentación, bombas de recirculación y lavado, y silos secadores. b) Molino para caña, tanques depuradores de jugo, bombas elevadoras y evaporador al vacío de triple efecto para concentrar las mieles de caña y café. c) Molinos de martillos, filtro zaranda, tanques de precipitación, centrífuga y bomba elevadora que se utilizarán básicamente para extracción de proteínas de hojas. d) Prensa hidráulica y secador para cartones. Caldera y planta de gas metano.

FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL DE BENEFICIO MIXTA

De acuerdo con el escalonamiento de cultivos, las épocas de cosecha y la diversificación de la región, la planta tendría trabajo para todo el año, porque la versatilidad de los equipos permitiría que se pudieran preparar otros productos como harinas de plátano, maíz y yuca intercalando uno o dos aparatos en un proceso o circuito, con lo cual se iría multiplicando la diversidad en la producción.



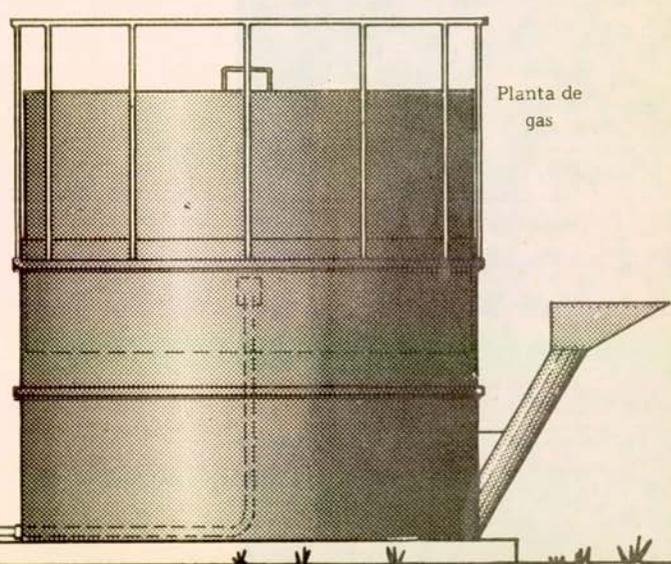


El funcionamiento de esta planta, la cual se presenta en esta figura, sería el siguiente: el café despulpado pasa a un tambor rotatorio que lo somete a fricción mientras se lava con agua a presión de la motobomba (A), para caer al tanque de fermentación (B). Al agua de lavado se pueden agregar pectinas pectolíticas o una solución diluida de NaOH al 4 por mil si se quiere acelerar el desmucilaginado. El agua de lavado escurre por un doble fondo perforado del tanque de fermentación para reunirse con los jugos que provienen de la prensa de pulpa (C) en el tanque del molino de caña (D). Enseguida se someten a defecación y filtración para separar las pectinas y se elevan al tanque (E) y se concentran finalmente a miel en los evaporadores de triple efecto (F). La miel de caña se obtendría moliendo la caña en el molino (G) y concentrando en los evaporadores el jugo calentado, precipitado con cal y filtrado.

El proceso para la preparación de extractos de hojas trabajaría en la forma siguiente: las hojas de caña, pasto, yuca etc., se muelen con una cantidad regulada de agua en los molinos de martillo o desintegradores (H). Se separa la fibra del jugo parcialmente en una zaranda y finalmente en la centrifuga (I). El jugo se deja fermentar en tanques durante 48 horas, lo cual precipita las proteínas y la clorofila, o se le agrega KCL para precipitarlo rápidamente a un pH controlado. El precipitado se seca en la misma forma que los almidones o se mezcla con miel, para alimento de animales. Otro método sería sembrar el jugo con levadura y airearlo por medio de aire a presión y centrifugarlo para obtener un producto más rico en proteínas.

Para la fabricación de cartones, se utilizaría la pulpa exprimida fresca o ensilada varios meses, mezclada con bagazo molido de caña y la fibra resultante de la extracción de los pastos. Las pastas de pulpa y cemento se preparan agregando a la pulpa molida cloruros de hierro y de calcio, cemento y prensándola en la prensa (J) en moldes provistos de telas o anjeos para que escurra el agua fácilmente. Los cartones sin cemento no requieren sino la adición del cloruro férrico u otro coagulante para facilitar la expresión de la pulpa. Finalmente se secan a temperatura moderada para impedir su encojimiento en el secador (K).

La planta de gas se alimentaría con aguas residuales, como las de los lavados de café, de la precipitación de las proteínas y escurrida de los cartones; a ésta se agregarían los otros detritus heterogéneos como carozos de maíz, pajas resultantes de las deshierbas, estiércol de vacunos, cáscaras y vainas, hojas etc. El gas se llevaría a un quemador de combustión mixta con pergamino de café pulverizado o carbón pulverizado para calentar la caldera.



BIBLIOGRAFIA

- 1.- AGUIRRE B., F. La utilización industrial del grano de café y sus subproductos. Guatemala, ICAITI. Investigación Tecnológica, 1. 1968. 44 p.
- 2.- ANDRADE, B. M. de; PENTEADO, L. A.; RAIMO, H. F. Accao tóxica dos farelos de torta de café e de amendoim nas aves em crescimento. Bol. Ind. Anim. N^o 20:379-383. 1962.
- 3.- ————. Efeitos toxicos dos farelos de tortas de café e de amendoim sobre a postura das aves e eclosao dos avos. Bol. Ind. Anim. N^o 20:385-390. 1962.
- 4.- BOLLEN, W. B. y LU, K. C. Microbial decomposition and nitrogen availability of reacted sawdust bagasse and coffee grounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry (EE. UU.) N^o 9:9-15. 1961.
- 5.- BARBERA, C. E. L'utilization du marc de café. Café Cacao The (Francia) 9(3):206-218. 1965.
- 6.- ———— y LARRARTE, A. Planta de furfural a partir de la cascarilla del café. Revista Universidad de Santander (Colombia) 8(1):59-70. 1966.
- 7.- BRESSANI, R., ESTRADA, E. y JARQUIN, R. Pulpa y pergamino de café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. Turrialba (Costa Rica) 22(3):299-304. 1972.
- 8.- CALLE V., H. Algunos métodos de desmucilaginado y sus efectos sobre el café en pergamino. Cenicafé (Colombia) 16:3-11. 1965.
- 9.- ————. Ensayo sobre cultivo de levaduras alimenticias en pulpa. Chinchiná (Colombia). Cenicafé. Boletín Informativo 2(14):33-46. 1956.
- 10.- ————. Estado actual de los trabajos sobre propagación de microorganismos alimenticios en pulpa y mucilago de café. Chinchiná (Colombia). Cenicafé. Boletín Informativo. 5(50):22-29. 1954.
- 11.- ————. Los concentrados de pulpa y de mucilago del café. Chinchiná (Colombia). Cenicafé. Boletín Informativo 3(35):22-30. 1952.
- 12.- CARNEIRO, B. Cafelite. Revista do Instituto de Café (Brasil) 26(158):470-472. 1940.

- 13.- CARRILLO P., I. F. Comentarios sobre el análisis químico en café. Chinchiná, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1974. 10 p. (Mimeografiado).
- 14.- CHAVES S., R. Justificación de un proyecto para investigar la obtención de pectina a partir del mucílago del café. San José de Costa Rica, Oficina del Café. 1974. 36 p.
- 15.- CONSEJO INTERAMERICANO ECONOMICO Y SOCIAL. Investigaciones llevadas a cabo por el Instituto Tecnológico sobre el empleo de la pulpa de café como alimento para el ganado. El café de El Salvador 19(216):1373-1382. 1949.
- 16.- ————. La utilización de la pulpa seca del café como alimento para el ganado de carne en los países tropicales de América. El Café de El Salvador 19(214):1339; 19(215):1365-1369. 1949.
- 17.- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Sección de Química Industrial. Estudio químico físico general de los productos obtenidos en el deshidratado mecánico de pulpa de café. Chinchiná (Colombia), 1976. (Proyecto QI-3) (mecanografiado).
- 18.- HALE, H. Análisis sobre los productos de café. La Nación; San José de Costa Rica, enero 1º, 1974.
- 19.- JARAMILLO A., E.; CALLE V., H. Informe de visita a Costa Rica a Centrales de Beneficio. Chinchiná (Colombia), Centro Nacional de Investigaciones de Café, Sección de Beneficio, 1969. 13 p. (mecanografiado).
- 20.- LOCKHART, E. E. Chemistry Coffee. New York, The Coffee Brewing Institute, Publication Nº 25. 1957. 19 p.
- 21.- MAERZ, A.; REA PAUL, M. A dictionary of color. London McGraw Hill, 1930. 207 p.
- 22.- MENCHU, J. F. Buscando el aprovechamiento integral del café. Revista Cafetalera (Guatemala) Nº 23: 20-21. 1963.
- 23.- Productos y Subproductos del Café. Café de El Salvador 28(324-325):618-619. 1959.
- 24.- La pulpa del café es un buen abono que podemos usar. Chinchiná, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Campaña de Defensa y Restauración de Suelos, 1955. 24 p. (Boletín de Extensión).
- 25.- REST, D. J. *et al.* Methods of ensiling pulp. Transactions of A.S.A.E. (EE. UU.) 12(2):252-253. 1960.
- 26.- RUBIO U., J. Composición química y digestibilidad in vitro de la pulpa de café. Tesis M. Se. Bogotá, Universidad Nacional, Instituto Colombiano Agropecuario, 1973.
- 27.- SATUDINGER, W. L. A laboratory investigation of some agricultural waste products for growth of *Candida utilis*. Turrialba (Costa Rica) 18(3):234-241. 1968.
- 28.- SIVETZ, M.; FOOTE, H. E. Coffee processing technology. Estport, Avi, 1963. 2 v.
- 29.- SUAREZ DE C., F. Valor de la pulpa del café como abono. El café de El Salvador Nº 342-343: 321-332. 1960.
- 30.- URIBE H., A.; RUBIO U., J.; ARCILA O., F. Informe de la delegación de Colombia a la Primera Reunión Internacional sobre la utilización de subproductos del café en la alimentación animal y otras aplicaciones agrícolas e industriales; realizada en Costa Rica, junio 11-14 de 1974. Chinchiná (Colombia) Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1974. 37 p. (mimeografiado).

- 31.- VALENCIA A., G.; CALLE V., H. La miel de café y su composición. Cenicafé (Colombia) 19(4): 135-139. 1968.
- 32.- WILBAUX, R. El beneficio del café. Roma, FAO, s. f. pp. 6-34 (Boletín no oficial de trabajo N° 20).
- 33.- ————. Les cafeiers au Congo Belge; technologie du café arabica et robusta. Bruxelles, Ministère des Colonies, Direction de L'Agriculture des Forest et de L'Elevage, 1956. pp. 12-14.
- 34.- WURZIGER, J. L'huile du café vert et du café torrefié. Café, Cacao, The (Francia) 7(4):331-340. 1963.
- 35.- ZULUAGA V., J.; BONILLA, V., QUIJANO R., M. Contribución al estudio y utilización de la pulpa de café. Bogotá, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Laboratorio de Investigaciones sobre la Química del Café. s.f. 22 p.

APENDICE. COMPOSICION QUIMICA DE LA PULPA, EL MUCILAGO, EL PERGAMINO Y LA ALMENDRA DE CAFE.

Los datos que se presentan en este apéndice son una compilación de resultados obtenidos en varias investigaciones realizadas por técnicos del Centro Nacional de Investigaciones de Café en diferentes laboratorios, a excepción de los correspondientes al pergamino que fueron realizados por Hale y Weber en Costa Rica.

PULPA

		°/o parcial Base seca	°/o total Base seca
Humedad 60°C	79.5 °/o		
Humedad residual 90°C		1 - 3	
Materia seca 60°C	20.5 °/o		
Materia orgánica (hallada por diferencia)		86.5 - 88.5	
Cenizas			10.5
Fósforo		0.10	
Potasio		3.03	
Calcio		0.25	
Magnesio		0.05	
Hierro	76.3 - 250 ppm	0.01 - 0.02	
Sílice		0.27	
Celulosa			29.51
Hemicelulosa			4.63
Fibra cruda		19.4	
Lignina			16.85
Fibra detergente ácida		46.4	
Extracto etéreo (sustancias grasas)			3.9
N (menos N de la cafeína)		1.25 - 1.68	
N (protéico albuminoideo)		0.34	
Cafeína		0.60 - 0.75	0.6 - 0.75
Taninos			3.7
Azúcares reductores (como glucosa)		4.63	
Azúcares totales (como glucosa)			4.66
D. Q. O. (Demanda química de oxígeno)	22 - 30 °/o de O		
Acidez total (a pH 8.0) (como ácido málico)	83.1 me/100 g		5.57
Acidez libre (a pH 4.5)	25.5 me/100 g		
pH	3.6		
Energía bruta	4.46 M cal/kg		
Energía digestible	1.15 M cal/kg		
Energía metabolizante	0.94 M cal/kg		

PERGAMINO

	0/o total Base seca
Lignina detergente ácido	20.6 - 23.15
Ceniza detergente ácido	0.6 - 0.5
Extracto en éter de petróleo	3.4
Proteínas brutas	3.2
Fibra detergente ácido	69
Celulosa	57.0 0/o
alfa - Celulosa	5.5 0/o
beta - Celulosa	4.5 0/o
Energía bruta	4.6 M cal/g

MUCILAGO

	Base húmeda 0/o	Base seca 0/o
Humedad	75.0	
Residuo seco	25.0	
Determinación de azúcares reductores		2.4
Polisacáridos y disacáridos reductores al hidrolizarse con HCl		8.0
Cenizas		2.7
Fibra		0

ALMENDRA SECA

	0/o parcial Base seca	0/o total Base seca
Humedad (residual a 90°C)	10 - 11	
Sólidos solubles		26.8 - 30.7
Extracto en éter de petróleo 40-60° (con hidrólisis previa)		15.0 - 16.0
Proteína (restando cafeína)		12.1
Fibra		16.0
Cafeína		1.2 - 1.3
Cenizas		3.5 - 3.7
Fósforo	0.15	
Potasio	1.2 - 1.7	
Calcio	0.12 - 0.18	

Magnesio	0.3 - 0.5
Hierro	0.0035 - 0.0050
Manganeso	0.0029 - 0.0035
Boro	0.0029
Cobre	0.0015
Zinc	0.0007 - 0.0011
Azufre	0.16 - 0.17
Energía Bruta	4.8 M cal/g

NOTA: La mayoría de los resultados que aparecen en esta tabla fueron obtenidos de muestras de las cuales se separó la pulpa del café baba sin adición de agua.