

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

OBTENCION DE FERTILIZANTES POTASICOS
A PARTIR DE VINAZAS RESIDUALES DE LA
ELABORACION DE ALCOHOL.

TESIS



que para obtener el título de
QUIMICO

presenta

MARIO LIMA GUTIERREZ

México, D. F. 1950

1922



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

**OBTENCION DE FERTILIZANTES POTASICOS
A PARTIR DE VINAZAS RESIDUALES DE LA
ELABORACION DE ALCOHOL.**

TESIS

que para obtener el título de
QUIMICO

presenta

MARIO LIMA GUTIERREZ

México, D. F. 1950



A mi madre

A mi padre

A la Universidad de México

SUMARIO

CAPITULO I.—Generalidades.

CAPITULO II.—Estudio de la materia prima.

CAPITULO III.—Experimentación y resultados.

CAPITULO IV.—Conclusiones.

BIBLIOGRAFIA.

CAPITULO I

GENERALIDADES

- a) Introducción.
- b) El potasio en el mundo.
- c) El potasio en México.

INTRODUCCION

Este trabajo fue realizado bajo los auspicios del Departamento de Investigación Industrial del ingenio "Emiliano Zapata", por lo que deseo expresar mi agradecimiento al personal de dicho departamento.

El aprovechamiento de los subproductos de la industria azucarera ha sido uno de los principales objetivos de la investigación en Zacatepec; labor que en nuestro medio fabril es especialmente meritoria, pues ese importantísimo renglón de la riqueza nacional no ha recibido nunca la atención que merece.

Parte de este plan de trabajo es el aprovechamiento de las vinazas residuales de las fábricas de alcohol, que usan como substrato fermentescible la miel final de las fábricas de azúcar.

La riqueza en sales potásicas de las vinazas es bien conocida y su industrialización data en Europa de principios de siglo (1); en Cuba y en E. U. A. desde la pasada guerra se utilizan las cenizas de las vinazas como fertilizante.

Resulta doblemente interesante el aprovechamiento de este subproducto, pues a la vez que se evita el derroche de un material valioso, se libra a la vecindad de las fábricas de un desperdicio molesto por las fermentaciones que produce en los canales de desagüe, siendo la fermentación más frecuente la pútrida, de emanaciones muy molestas.

El estudio de este subproducto y sus posibilidades de industrialización constituyen el objetivo de este trabajo, que en su carácter de investigación de laboratorio, pretende solamente fijar las bases que permitan hacer un estudio económico completo.

H. T. Smith (2) al hacer un estudio del mercado mundial del potasio señala que el 90% de la producción de sales de este elemento, encuentran su aplicación en la manufactura de fertilizantes, correspondiendo el 10% restante a industrias varias, especialmente la química y la farmacéutica. Es por eso que de acuerdo con las necesidades del mercado potencial, al estudiar los productos que se pueden hacer derivar de las vinazas, se enfocó la atención a las posibilidades que como fertilizantes pueden tener esos productos.

El uso de las sales de potasio como constituyentes de los abonos que deben suministrarse a las tierras en explotación, se ha ido extendiendo a medida que la agricultura se ha modernizado y que la investigación agrícola ha demostrado el importante papel que este elemento juega en el metabolismo vegetal. (3)

En el suelo, el potasio tiene un marcado efecto en la absorción del fósforo, especialmente en el caso de las formas menos solubles. Tal como fue probado por los trabajos de Neubauer, en veintidós formas de fósforo probadas, el incremento en la absorción por adición de cloruro de potasio fue de 16%. En la raíz de los vegetales el potasio ayuda a mantener la presión osmótica en el punto más favorable para la absorción del agua del suelo. El potasio juega también importante papel en la síntesis y fijación de gran cantidad de productos vegetales como almidón, azúcares y proteínas. En la parte aérea del vegetal tiene una importante función en la economía del agua, haciendo al vegetal más resistente a la sequía.

En la actualidad, se reconoce generalmente la necesidad de una relación entre el contenido de nitrógeno y el de potasio en todos los fertilizantes, para el correcto aprovechamiento de ellos por parte de la planta.

EL PROBLEMA MUNDIAL DEL POTASIO

Uno de los más importantes aspectos de la modernización de la agricultura es, sin duda la utilización racional de los fertilizantes y al extenderse el uso de ellos, sobre todo en las últimas décadas, ha aumentado notablemente el consumo de todos los productos que se utilizan para su fabricación.

El aumento en la producción mundial de sales de potasio puede verse objetivamente en el siguiente cuadro estadístico:



PRODUCCION MUNDIAL DE POTASIO

Toneladas métricas de K₂O

1931	1 457 000
1932	1 342 500
1933	1 570 500
1934	2 031 500
1935	2 280 600
1936	2 308 800
1937	2 715 718

En la industria de fertilizantes se acostumbra tomar el porcentaje de K₂O como medida del contenido de potasio en un abono, tierra, etc., aún en el caso de que dichas sustancias no contengan oxígeno en su composición.

Aun cuando el potasio es un elemento abundante en la naturaleza y está ampliamente distribuido en la corteza terrestre, la concentración de los yacimientos rara vez alcanza una importancia económica. Así, hasta el principio de la primera guerra mundial, la mayor parte de las sales que circulaban en el mercado mundial provenían de los grandes yacimientos salinos de Stassfurt, situados en Alemania.

Al cerrarse este mercado, los países agrícolas se vieron obligados a buscar nuevas fuentes de aprovisionamiento, lo cual llevó a un conocimiento aproximado de los principales yacimientos y de su potencialidad.

ESTIMACION DE LA RESERVA DE POTASIO EN EL MUNDO

Millones de Toneladas métricas de K_2O

Alemania	2 500
Palestina	1 200
Rusia	700
Francia	300
España	270
E. U. A.	85
Polonia	10

La segunda guerra mundial incrementó la producción, sobre todo en los Estados Unidos, en donde en el año de 1941 se produjeron 968 458 toneladas de K_2O en forma de sales diversas.

EL POTASIO EN MEXICO

Es muy poca, por no decir ninguna, la atención que a este renglón de la industria de fertilizantes se le ha dado en nuestro país. Esto se explica, en parte, porque nuestros suelos por regla general contienen una cantidad suficiente de este elemento. Los análisis efectuados por la Secretaría de la Agricultura en diversas zonas lo muestran así. (4)

Análisis de tierras de acuerdo con su contenido de potasio. (R-rica, B-buena, P-pobre).

Mexicali (R), Ciudad Obregón (R), Ciudad Juárez (R), Región de la Laguna (P), Matamoros (B), Xicotencatl (P), Nuevo León (P), San Mateo (P), Irapuato (R).

Hay que tener presente sin embargo, que las tierras que se dedican al cultivo intensivo de vegetales que extraen cantidades fuertes de potasio de los suelos, agotan a éstos con relativa rapidez. Este es el caso de las tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar y al tabaco, dos de las industrias de transformación más importantes en nuestro país.

Como fuentes conocidas de potasio pueden citarse las siguientes:

1. Vinazas de las fábricas de alcohol.
2. Lago de Texcoco. En la solución final del evaporador solar "El Caracol" se ha reportado un contenido de 27.4 gramos por litro de cloruro de potasio.
3. Domas salinos de Tehuantepec. Durante la perforación de pozos petroleros se han atravesado capas hasta de 50 metros de espesor de Carnalit ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$), en el campo de San Cristóbal Copoacan.

Las reservas nacionales deben ser consiguientemente de importancia y la importación de sales de este elemento, sólo pone de manifiesto nuestro atraso industrial.

CAPITULO II

ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

Cuando la elaboración de alcohol etílico se hace utilizando miel final, procedente de la fabricación de azúcar de caña, las vinazas residuales de la destilación son ricas en sales de potasio.

A ojo de pájaro podemos observar el canino que durante la elaboración de azúcar siguen las sales formadas por el catión potasio, para llegar a la miel final y de ahí pasar a los mostos y finalmente a las vinazas. En los procedimientos modernos de molienda las sales que contiene la caña de azúcar pasan casi totalmente al jugo mezclado, en el cual el potasio representa el veintiuno por ciento de las cenizas (Jugo de cañas "Co 290" del ingenio "Emiliano Zapata" de Zacatepec, Morelos).

Durante la clarificación del jugo, la cantidad de potasio casi permanece inalterada, pues en la composición del precipitado obtenido y llamado "cachaza", la parte mineral está formada principalmente por CaO , P_2O_5 en añadidura de cantidades apreciables de magnesio, aluminio y fierro. (5)

En el azúcar refinada la cantidad de cenizas es muy pequeña: 0.06%, por lo que la totalidad de las sales conteni-

das en el jugo van a parar a la fiel final. El análisis de ésta lo confirma.

ANÁLISIS DE MIEL FINAL DE ZACATEPEC

Cenizas sulfatadas	16.04%
Humedad	18.02%
Materia orgánica	65.94%

Análisis de las cenizas

K ₂ O	30.96%
CaO	9.84%
MgO	3.26%
Fe ₂ O ₃ y Al ₂ O ₃	1.68%
P ₂ O ₅	0.22%
Materia insoluble	12.00%

Por dilución de la miel y acidulación con ácido sulfúrico, se obtiene el mosto que se hace fermentar con levaduras. De este mosto fermentado se destila el alcohol, llamándose al residuo "vinazas". Es conveniente hacer notar que tanto durante la fermentación cuanto durante la destilación hay una disminución de materia orgánica en el substrato. Los mostos alcanzan por término medio una concentración alcohólica de 7.5% en volumen; este dato y la observación de la reacción principal de la fermentación alcohólica nos dan una clara idea de la magnitud de esa pérdida.



Por ese motivo la proporción de cenizas en las vinazas es mayor que en los mostos como lo demuestran los datos siguientes:

Cenizas % sólidos por desecación.

Miel final	12.21
Vinazas	33.90

Las vinazas que se utilizaron en este trabajo proceden de un aparato Barbet, del tipo de destilación continua, el cual trabaja con vapor vivo de presión de (80 a 100 libras por pulgada cuadrada) 5.62 a 7.03 kilogramos por centímetro cuadrado y prácticamente puede considerarse que produce un litro de vinazas por litro de mosto destilado.

En los análisis que a continuación se dan, fueron usados los métodos ordinarios, (8 y 9) por lo que se consideró innecesario detallar cada una de las determinaciones. Sin embargo, las principales serán tratadas al sugerir los métodos de control químico de cada uno de los productos obtenidos.

Se da el análisis de una muestra tomada al azar y el de una muestra promedio, con lo cual es posible apreciar la homogeneidad de la materia prima cuando se opera con un aparato continuo.

ANALISIS DE VINAZAS (muestra No. 1)

Sólidos por desecación	8.46%
Grados Brix a 20 C	11.0
Peso específico con picnómetro	1.04020 27/4º
Polarización	+ 0.9

Cenizas	2.90 %
Materia orgánica	5.50 %
NH ₃	0.011 %
Nitrógeno orgánico	0.051 %
Acidez a la fenoftaleína	8 gramos por litro en H ₂ SO ₄
pH	4.7
Riqueza alcohólica	0
Color	café negro
Olor	característico dulzaino

Análisis de las cenizas

K	32.77%	K ₂ O	39.49%
Ca	5.60%	CaO	7.83%
Mg	3.08%	MgO	5.70%
SO ₄	23.28%	P ₂ O ₅	2.05%
Cl	9.62%		
CO ₃	13.47%		
PO ₄	2.75%		
Fe ₂ O ₃ y Al ₂ O ₃	1.41%		
Materia insoluble	3.51%		

ANALISIS DE VINAZAS (muestra de 15 días).

Sólidos por desecación	8.40%
Grados Brix a 20 C	11.28%
Peso específico con picnómetro	1.04147 a 27/4º
Polarización	+ 0.8
Cenizas	2.90%
Materia orgánica	5.50%

NH ₃	0.012%
Nitrógeno orgánico	0.065%
Acidez a lafenoftaleína en H ₂ SO ₄	7.6 gramos por litro
pH	4.9
Riqueza alcohólica	0
Análisis de las cenizas	

K	32.16%	K ₂ O	38.74%
Ca	5.45%	CaO	7.62%
Mg	3.06%	MgO	5.07%
SO ₄	22.91%	P ₂ O ₅	1.27%
Cl	9.66%		
CO ₂	14.56%		
PO ₄	1.71%		
Fe ₂ O ₃ y Al ₂ O ₃	1.62%		
Materia insoluble	3.60%		

Respecto a la naturaleza de los componentes orgánicos de las vinazas se conoce muy poco, por ser éstos extraordinariamente complejos, pues la miel se altera durante la fermentación alcohólica produciéndose además del alcohol, otros productos originados por reacciones secundarias; los principales son: glicerina, ácido acético, alcoholes y ácidos superiores y sus ésteres. (6) Y estos productos junto con los residuos celulares, azúcares y gomas de la miel, son nuevamente alterados por el calentamiento durante la destilación. A estos productos originados por la acción del calor puede agrupárseles como compuestos húmicos (7), por analogía con los productos de descomposición vegetal en el suelo.

CAPITULO III

EXPERIMENTACION Y RESULTADOS

- a). Concentración de las vinazas.
- b). Vinazas secas.
- c). Cenizas de vinazas.
- d). Sulfato de potasio.

CONCENTRACION

Las vinazas, al salir de un aparato de destilación continua, están diluídas, contienen 8% de sólidos en promedio, y calientes, de 75 a 85 grados centígrados de temperatura. El primer paso en su aprovechamiento debe ser, en consecuencia, la concentración, y el sistema más económico para efectuarla es el uso de un evaporador de múltiple efecto.

Pero previamente a la concentración, es necesario modificar el pH de las vinazas, pues con un pH de 4.5 a 5, los vasos del evaporador de múltiple efecto se corroerían rápidamente. Para rectificar el pH, el álcali más apropiado es la cal por las siguientes razones: las vinazas secas o las cenizas se van a utilizar como fertilizantes, siendo preferible para usos la alcalinidad debida al Calcio; además, la cal es el álcali más barato que se encuentra en el comercio.

Se encontró experimentalmente que al alcalinizar las vinazas a valores de pH mayores de 8.5, hay una precipitación; por lo tanto el pH deberá regularse en un valor comprendido entre 7 y 8 pues el precipitado formado ocasionaría serias molestias en la evaporación al adherirse a las superficies de calefacción del aparato.

Siendo la acidez de las vinazas (expresada en ácido sulfúrico) de 8 gramos por litro, la cantidad de cal necesaria para la neutralización puede estimarse en 4.6 gramos de CaO por litro de finazas tratado, de acuerdo con un sencillo cálculo estequiométrico.

Para regular la alcalinización, el método más recomendable es el electrométrico por la siguiente razón.

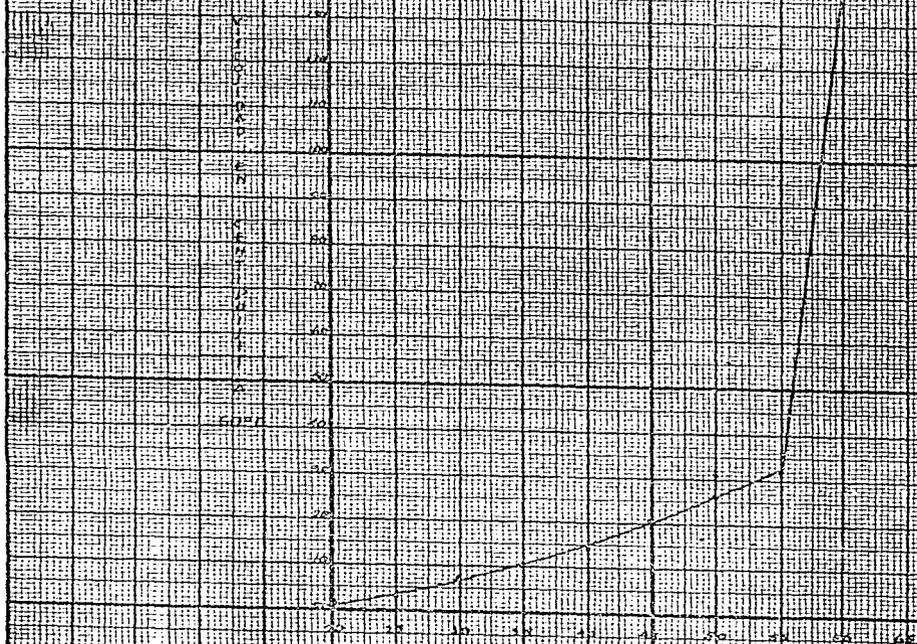
Las vinazas son fuertemente coloridas por lo que hacen muy difícil la utilización del método colorimétrico de series tipo para la determinación del pH. Se ensayó, con malos resultados, la determinación por este sistema usando Rojo de Fenolque, en su vire, cubre el intervalo comprendido entre los pH 6.75 y 8.65; los tipos y el indicador se prepararon según las indicaciones de Snell. (10)

En el método electrométrico, el color no es una desventaja y además la alcalinización puede hacerse de una manera continua y en un tanque pequeño, lo que evita un enfriamiento de las vinazas.

Los aparatos Beckman, con compensador de temperatura, se adaptan perfectamente para usos como éste.

Al concentrar a fuego directo las vinazas, se observó que la viscosidad se eleva rápidamente cuando el contenido de sólidos alcanza concentraciones altas. Como una excesiva viscosidad hace impracticable el uso del sistema de eva-

RESISTENCIA DE DISCORDANCIAS



RESISTENCIA DE DISCORDANCIAS

poración de múltiple efecto, por razones que luego se explicarán, se hizo necesario investigar la relación entre la concentración de una solución y su viscosidad. Esta relación debe encontrarse para una temperatura de 60 C, que es la que aproximadamente prevalece en el último vaso de un evaporador de múltiple efecto común.

La medida de la viscosidad se efectuó con aparato eléctrico marca Brookfield modelo MVE y los resultados aparecen en la tabla siguiente y en la gráfica adjunta para mayor claridad.

Estos valores fueron encontrados de la siguiente manera: la vinaza alcalinizada a un pH de 7.4 se concentró a fuego directo hasta obtener aproximadamente el grado brix deseado; después dedejear enfriar, se ajustó hasta el valor exacto y a continuación se calentó en maría hasta una temperatura de 62 C; se retiró del baño y se puso en el viscosímetro, haciéndose la lectura cuando un termómetro colocado cerca del rotor del viscosímetros marcaba 60" C.

TABLA DE VISCOSIDADES

Concentración en Bx Viscosidad en centipoises
 corregidos a 20 C a 60" C

20	2.0
25	3.0
30	7.0
35	10.5
40	14.5
45	20.5
50	26.0

55	32.0
60	140.0
70	1336.0

De los datos anteriores se concluye que el límite práctico de concentración en un evaporador de múltiple efecto se alcanza con un grado brix de 50 a 55.

Dos razones pueden darse por las cuales no es práctico llevar más adelante la concentración en un evaporador del tipo citado.

1-La excesiva viscosidad disminuye grandemente la eficiencia del calentamiento al dificultar la circulación en los últimos cuerpos.

2-Los líquidos muy viscosos son difíciles de manejar en bombas, ductos, etc.

OBTENCION DE VINAZAS SECAS

Se orientaron los ensayos de secado considerando que el secador del tipo de tambor rotativo se presta bien para este fin, por ser de bajo costo y operación sencilla.

En primer lugar, se hicieron pruebas de secado a diferentes temperaturas para averiguar la estabilidad de los constituyentes de las vinazas a la acción del calor.

Estas pruebas fueron hechas en una placa calentada eléctricamente y provista de un reóstato. Se ajustó la temperatura y se extendió sobre la placa una capa delgada de concentrado de vinazas que se dejó permanecer sobre ella hasta que se ionderó que estaba totalmente seca. Este producto seco, se molió y conservó durante 24 hs. en una estufa de convección gaseosa a una temperatura de 110° C.

Considerándose que las muestras así obtenidas están totalmente desprovistas de humedad, se procedió a determinar en ellas la materia orgánica. El contenido de materia orgánica puede considerarse para fines comparativos, como la pérdida por incineración a una temperatura de 600 a 700 C.

Con este concepto fueron obtenidos los datos que aparecen en la tabla siguiente y en la gráfica adjunta.

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN EL POLVO DE VINAZAS

Temperatura de secado C	Materia orgánica %
130	65.02
140	64.52
150	64.04
160	63.04
170	62.89
180	61.74
190	61.20
200	60.59
240	58.34

Como puede verse, las pérdidas no son muy grandes al elevarse la temperatura, por lo que puede usarse un valor alto que permita un tiempo de secado pequeño; este valor puede situarse de modo que la presión de vapor equivalente a esa temperatura se encuentre próxima a la presión de trabajo de la caldera de la fábrica de alcohol. En el presente caso, como la presión de vapor es de 100 libras, una temperatura de 150 a 180 C resulta práctica.

Basándose en la anterior conclusión, se preparó una muestra de polvo seco, procediéndose como a continuación se detalla. Se alcalinizó con cal hasta obtener un pH de 7.5, utilizándose para ello un potenciómetro Beckman de laboratorio. Se concentró seguidamente a un brix de 53, el cual equivale aproximadamente a un 40% de sólidos reales. El concentrado se secó en una placa calentada eléctricamente a 160 C; por último se molió en un motero hasta obtener un polvo fino.

Las características físicas.—Es un polvo fino, ligero, de color café claro, de olor dulzón no desagradable y de gusto salado. Absorbe humedad cuando se abandona al aire.

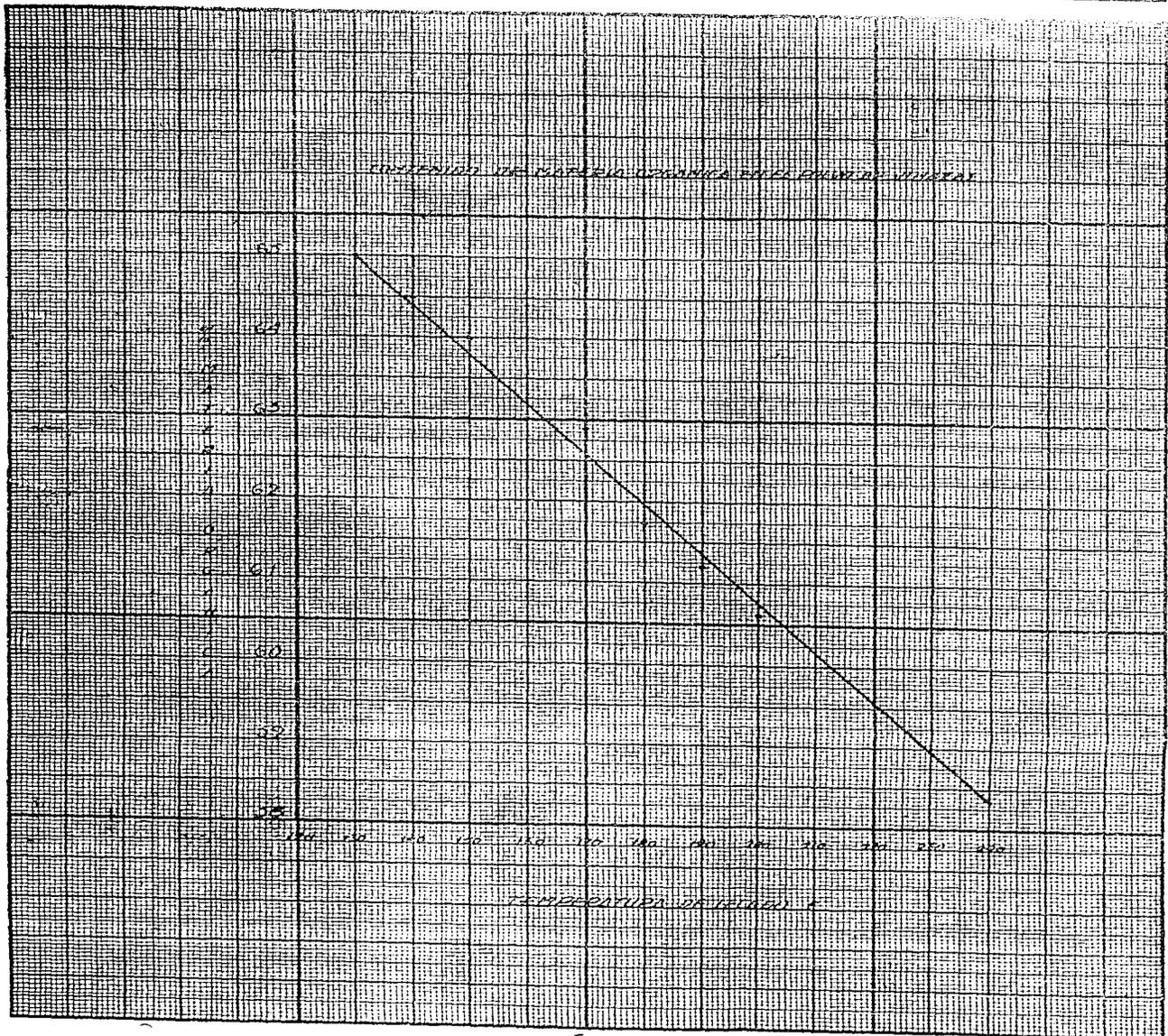
ANALISIS QUIMICO

Humedad	2.12%
Materia orgánica	61.43%
Cenizas	36.45%
K ₂ O	12.47%
CaO	8.31%
MgO	1.44%
P ₂ O ₅	0.32%
N total	0.55%

Posibilidades agrícolas.—Los resultados del análisis nos permiten deducir las posibilidades que, como fertilizante puede tener la vinaza seca.

Su contenido de potasio la hace apropiada para abonar tierras pobres en este elemento, así como aquellas en

GRAFICA



que se cultivan vegetales que, por la gran demanda de este elemento, agotan los suelos; tal es el caso de la caña de azúcar y el tabaco. Como ya se había señalado, la deficiencia de este elemento hace a estos vegetales más sensibles al ataque del "virus del mosaico".

El contenido en fósforo es pequeño, por lo que deberá ser agregado según las necesidades propias del terreno.

La poca proporción de nitrógeno hace que ésta deba ser añadido en forma de concentrado, si se desea obtener un fertilizante completo. Es pertinente hacer notar que las experiencias de varias estaciones agrícolas experimentales de diversas partes del mundo, coinciden en que los fertilizantes con alto contenido de materia orgánica, favorecen la fijación del nitrógeno atmosférico en cuanto que ayudan grandemente a la proliferación de la flora microscópica de los suelos (11). Al mismo tiempo los abonos de este tipo ayudan a la fijación de la humedad en los suelos.

Suministra además, este polvo de vinazas, una cantidad suficiente de casi todos los elementos llamados menores pero que deben ser añadidos cuando faltan pues también son indispensables en las tierras. Estos elementos son calcio, magnesio y fierro.

Rendimiento.—La cantidad deducida de las experiencias de laboratorio que de este producto puede obtenerse, es de 85 Kg. por tonelada de vinazas. Este cálculo se basa en el análisis de la muestra promedio utilizada para la obtención del polvo de vinazas, dicha muestra alcalinizada con cal contenía 8.5% de materia seca. En Zacatepec, con una producción de 23,000 litros diarios de alcohol, se tienen aproximadamente 306,500 litros de vinazas (para una ri-

queza alcohólica de 7.5%) o sea, en números redondos, 320 Ton. de vinazas, lo cual arroja una posibilidad de producción de 27 Ton. diarias de polvo de vinazas.

Control químico del producto.—Se considera que las siguientes determinaciones son suficientes para el control del producto: Humedad, cenizas, materia orgánica y potasio.

Humedad.—(12) La determinación de humedad se hace cómodamente en una caja de aluminio, la cual se seca y se pesa previamente. La cantidad de muestra, debe ser cercana a 5 g. y el secado se efectúa en una estufa de convección gaseosa regulada para mantener una temperatura de 100 a 110° C; un tiempo de 10 a 12 horas es suficiente para que la muestra adquiera peso constante. Después de enfriarse en un desecador se pesa. La pérdida en peso se considera como humedad y se reporta por 100 g. de muestra.

Precauciones (12).—Puesto que el producto absorbe humedad del ambiente se eligen cajas que cierren bien y la muestra se añade de una sola vez haciéndose la pesada rápidamente.

Cenizas.—(12) La higroscopia del producto hace que la pesada deba ser hecha por diferencia, una cantidad comprendida entre dos y cinco gramos es suficiente como muestra.

La incineración puede hacerse en una cápsula pequeña o en un crisol mediano de porcelana, los cuales se han tarado previamente.

Las muestras deben ponerse con la mufla fría, dejando que la temperatura aumente lentamente hasta alcanzar

el punto de ignición, terminada ésta se cierra la mufla y se calcina a una temperatura equivalente al calor rojo en la mufla por un tiempo de 3 a 4 hs. Transcurrido el cual se deja enfriar en un desecador y se pesa. El peso del residuo referido a 100 g. de muestra seca se reporta como cenizas.

Materia orgánica.—(2) Esta determinación se hace por diferencia: Materia orgánica igual a 100, menos la suma de humedad y cenizas.

Potasio.—Esta determinación se hace sobre las cenizas y el método a seguir es el siguiente: (8)

Reactivos.—Solución de ácido cloroplátinico. Debe contener 2.1 g. de ácido en cada 10 ml. de solución acuosa.

Solución de cloruro de amonio. Disuélvase en 500 ml. de agua 100 g. de la sal y añádanse 5 a 10 g. de cloroplátinato de potasio pulverizado; agítense intermitentemente durante 6 a 8 hs. Déjese sedimentar y fíltrese. El residuo se utiliza para preparar nueva solución.

Alcohol. 80% Pe 0.8593 a 20/4

Determinación.—Hiérvanse 5 g. de la muestra de cenizas con 300 ml. de agua durante 30 min., añádase a la solución caliente suficiente amoníaco para que su olor se perciba claramente y un ligero exceso de solución saturada de exalato de amonio, para precipitar todo el calcio presente. Enfríese, dilúyase a 500 ml., agítense bien y pásese por un filtro seco.

Tómese una parte de 50 ml. de la solución anterior y evapórese casi a sequedad, después de dejar enfriar añá-lase un mililitro de ácido sulfúrico (1:1), evapórese a sequedad y calcínese después a la temperatura del rojo oscuro, hasta que el residuo sea completamente blanco. Disuélvase

luego en agua caliente usando cuando más 20 ml. por cada decigramo de K_2O presente; añádase HCl (unas gotas) y un exceso de solución de Pt. Evapórese a baño maría y en ausencia de amoníaco hasta una consistencia de pasta. Trate el residuo con alcohol y decante sobre un Gooch, lávese primero por decantación y luego sobre el filtro hasta que el filtrado sea incoloro. Lávese a continuación cinco o seis veces con la solución de cloruro de amonio para remover las impurezas del precipitado: lávese otra vez con alcohol y séquese el precipitado a 100 C durante treinta minutos. El precipitado debe ser completamente soluble en agua.

Los cálculos se hacen teniendo en cuenta la dilución, el factor de conversión a potasio o a K_2O y refiriendo a 100 g. de muestra.

CENIZAS DE VINAZAS

La incineración de las vinazas puede ser precedida de una concentración o del secado; en ambos casos, el calor generado durante la combustión puede ser utilizado para producir parte del vapor usado en la evaporación.

Para obtener una muestra y estudiar sus propiedades, se incineraron muestras del producto anterior y se analizaron.

Las cenizas son de un color gris claro y se muelen fácilmente hasta un polvo fino.

ANALISIS PROMEDIO DE CENIZAS DE VINAZAS

K	28.41%	K_2O	34.22%
Ca	16.30%	CaO	22.81%

Mg	2.38%	MgO	5.07%
SO ₄	17.98%	P ₂ O ₅	0.87%
CO ₂	11.20%		
Cl	11.51%		
PO ₄	1.16%		
Fe ₂ O ₃ y Al ₂ O ₃	2.82%		
O	3.99%		
Na	1.76%		
Materia insoluble	3.10%		
Sulfuros	huellas		

Es necesario en este caso, aclarar el procedimiento seguido para obtener algunos de los valores que aparecen en el análisis.

Los carbonatos fueron determinados gravimétricamente por el método de Sroeder. (9)

El sodio fue determinado por diferencia, de la siguiente manera: previamente a la precipitación del potasio como cloroplatinato se pesó la mezcla de sulfatos de sodio y potasio y conocido el potasio se calculó el sodio.

Para evaluar los óxidos se procedió de la siguiente manera: (5)

Una muestra de cuatro a cinco gramos de cenizas se pesa en un matraz de 100 ml. aforado y con tapón. Se disuelve en poca agua y luego en una solución de azúcar de 20 a 25 Bx, preparada con agua destilada y recién hervida para eliminar todo el bióxido de carbono disuelto. El matraz debe permanecer perfectamente tapado durante la disolución de los hidróxidos, la cual se consigue por agitación. El uso del azúcar tiene por objeto disolver los hidróxidos alcalino-té-

reos, por formación de sacaratos. La disolución completa se logra sólo después de tres a cuatro horas de contacto y con agitación intermitente.

Pasado ese tiempo se afora con la misma solución de azúcar y después de agitar, se filtra a través de un filtro seco. Las primeras porciones se desechan y el embudo debe cubrirse con un vidrio de reloj durante toda la filtración. Se pipetea porciones de 10 ml. y se titulan con ácido clorhídrico decimonormal, usando fenolftaleína como indicador.

Posibilidades agrícolas.—Siendo un producto alcalino y rico en potasa y cal, es recomendable para corregir la acidez en tierras pobres en potasa.

Además puede ser un producto valioso en la obtención de fertilizantes mezclados.

Rendimiento.—Según las experiencias de laboratorio puede esperarse un rendimiento de 31 kg. de cenizas por tonelada de vinazas, cantidad que fácilmente se deduce del rendimiento y análisis del polvo seco de vinazas. La producción en Zacatepec podría ser de 10 toneladas diarias.

Control químico.—La determinación de potasio por el método ya descrito es la que se juzga indispensable, pues este elemento es el que fijaría fundamentalmente el precio del producto. A los demás componentes puede asignárseles un valor fijo e igual al promedio.

OBTENCION DE SULFATO DE POTASIO

La constitución química de las cenizas de vinazas facilita grandemente la obtención de sales de potasio técnicamente puras, pues al lexiviar con agua hirviente las cenizas

zas, las principales impurezas, que son las sales de calcio, magnesio y óxidos de fierro y aluminio, no se solubilizan, dada la reacción alcalina de la solución. En consecuencia, sólo pasan como sales disueltas las formadas por los cationes sodio y potasio y los aniones presentes con excepción del fosfórico que no se encontró en la solución.

La sal que puede obtenerse más fácilmente es el sulfato, por ser uno de los aniones más abundantes y además por no ser volátil.

Por lo que, si la solución se acidula con sulfúrico, se evapora a sequedad y el residuo se calcina, se obtendrá sulfato de potasio de pureza elevada.

En las experiencias de laboratorio se usaron 10 g. de cenizas, los que se lexiaron con 100 ml. de agua destilada, lo que constituye un fuerte exceso, dada la solubilidad de las sales que teóricamente pueden estar presentes.

SOLUBILIDAD A 100 C (13)

Na_2CO_3	45.5 g.
K_2CO_3	156.0 g.
KCl	56.7 g.
NaCl	39.12g.
Na_2SO_4	42.7 g.
K_2SO_4	24.1 g.

El agua se agregó a la temperatura de ebullición y la solución se mantuvo hirviendo durante treinta minutos. Se filtró en caliente lavando con poca agua, también caliente. Se agregó la cantidad teórica de ácido sulfúrico, 18.4 g., se evaporó a sequedad y se calcinó al rojo oscuro.

Se obtuvieron 6.5 g. de sulfato de potasio de 91.4%, de pureza.

Posibilidades agrícolas.—El sulfato de potasio encuentra su principal uso en la fertilización del tabaco.

Rendimiento.—Se podría obtener en Zacatepec una producción diaria de 6.5 toneladas de sulfato de potasio industrial. Como fácilmente puede inferirse del cálculo de rendimiento de las cenizas.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

Resumiendo la experimentación podemos decir que los resultados son prometedores, la industrialización de las vinazas orientada a la obtención de fertilizantes potásicos presenta grandes posibilidades, pues los productos que de ellas se derivan son de fácil elaboración y es de esperarse para ellos un mercado seguro.

Brevemente podemos exponer las posibilidades de cada uno de esos tres productos:

1. **Vinazas secas en polvo.**—Es un producto que puede utilizarse en los mismos campos de los ingenios azucareros y seguramente con buenos resultados.
2. **Cenizas de vinazas.**—Estas constituyen una excelente base para fertilizantes mezclados y como tal puede proponerse a los fabricantes de esos productos.
3. **Sulfato de potasio.**—Este producto industrial tiene ya un mercado creado en la fertilización del tabaco, donde es preferida esta sal a las demás del mismo catión.

No obstante, la última palabra respecto a las posibilidades económicas de estos productos, no pueden decirse en tanto que un estudio económico no permita fijarles un precio.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Residui Agricoli. Dott C. Formenti. Milano 1915. Ulrico Hoepli Editore.
- (2) Potash. H. I. Smith. Industrial and Engineering Chemistry. Sept. 1940.
- (3) Potash in North America. J. W. Turrentine. New York, 1943. Reihold Publishing Co.
- (4) El establecimiento de la industria química pesada en México. Bacon y Davis. Monografías del Banco de México. México, 1948. Gráfica Panamericana.
- (5) Manual de Fabricantes de Azúcar y Químicos Azucareros. G. L. Spencer y Meade. New York, 1932. John Wiley Sons Inc.
- (6) Microbiología Industrial. Prescott y Dune. México. 1949. Labor.
- (7) Manual práctico de fabricación de azúcar, mieles y siropes invertidos. López Ferrer. La Habana, 1949. Cultural, S. A.
- (8) A.O.A.C. Agricultural Chemists. Washington.
- (9) Análisis Químico Cuantitativo. Orozco. México, 1944. Imprenta Universitaria.

- (10) Colorimetric Methods of Analysis. F. D. Snell and C. T. Snell. New York, 1945. D. Van Nostrand Co.
- (11) La caña de azúcar en Cuba. F. A. Piñero. La Habana, 1946. Ministerio de Agricultura.
- (12) Apuntes de la clase del Sr. Prof. Rafael Illescas. 1948.
- (13) Handbook of Chemistry and Physics. Ch. D. Hoggman. Cleveland, Ohio., 1943. Chemical Rubber Publishing.