

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

**La Cachaza: Con Referencia Especial a su
Utilidad en los Suelos**

T E S I S

Que para obtener el título de:
Ingeniero Agrónomo
p r e s e n t a :
RODOLFO OSCAR BAUMBACH CEBALLOS

Con gratitud a mis padres y a la memoria de
mi abuelo Sr. Rodolfo Oskar Baumbach R.

Con afecto a mis maestros:
Especialmente al
Dr. Alfonso L. Fors
Ing. Julio Espinosa Hidalgo
Ing. Bonifacio Zarazúa

I N D I C E

	PAGINA	
INTRODUCCION	1	
CAPITULO I	DEFINICION	7
CAPITULO II	NATURALEZA Y PRODUCCION	8
CAPITULO III	UTILIZACION INDUSTRIAL	13
CAPITULO IV	ASPECTO AGRICOLA DE LA CACHAZA . .	21
	A.- Como un mejorador del suelo. .	21
	B.- En la alimentación del ganado.	35
	C.- Como fertilizante.	39
	1.- Efectos sobre la caña de azúcar	42
	2.- Efectos sobre otras cosechas .	50
	3.- Cantidades a aplicar	55
	4.- Costos de aplicación	56
CAPITULO V	CONCLUSIONES	60
	A.- Recomendaciones.	62
	B I B L I O G R A F I A	64

I N T R O D U C C I O N .

Las plantas superiores no pueden vivir a base de la mezcla puramente mineral, debido a que necesita un derivado del "C" o [componente vital].

La Materia Orgánica, referida, la mayoría de las veces como "Humus" que es necesario como fuente energética para todos los microorganismos del suelo, aparte de otras funciones importantes que desempeña.

Derivado en un principio de somas muertas de "algas" y "bacterias" el humus dió primeramente a las plantas acuáticas y luego a las terrestres su oportunidad para comenzar a ser.

Aún en la actualidad las "algas", bacterias, musgos y líquenes son los principales formadores del "humus" en un suelo mineral, preparado así el camino para las plantas superiores.

Los términos "Humus" y "M.O.", comprenden una gran variedad de sustancias derivadas de las somas muertas y descompuestos de toda clase de animales, así como los residuos de plantas muertas, incluyendo los grandes árboles, las pequeñas algas y toda la gama de tamaños intermedios entre estos extremos.

Esta descripción nos indica que un suelo que contenga "M.O." puede incluir aparte de los tipos conocidos de minerales, cualquier compuesto orgánico que pueda encontrarse sobre la tierra.

Desde un punto de vista químico. la "M.O." del suelo consiste en sustancias orgánicas no descompuestas, descompuestas y en descomposición, aunque en el producto final aparezcan -- también compuestos orgánicos recientemente formados. Por lo tanto, se deduce que la composición química de la "M.O." es muy compleja.

La falta de una constitución química uniforme o definida, está indicada por la gran variedad de materiales orgánicos de los cuales se origina.

En la naturaleza el "humus" proviene de los vegetales o sus partes, por ejem: hojas, frutos, raíces y proporciones leñosas; proviene también del soma de los animales muertos: desde los grandes mamíferos hasta los insectos y microbios.

Esta "M.O." muerta está sujeta a una descomposición química continua sobre todo a la descomposición biológica a través de una serie de procesos.

Antes de fundamentar sobre la M.O. es conveniente - hacer ciertas aclaraciones:

Principiaremos por definir lo que es suelo: la definición que más se ajusta a las necesidades agronómicas es la siguiente:

"Suelo es un cuerpo independiente dinámico y de tal naturaleza que adquiere propiedades de acuerdo con los factores físicos, químicos o biológicos que actúan sobre él".

COMPOSICION DEL SUELO: El suelo está constituido - por dos grandes grupos de materiales; el material orgánico y el material inorgánico, estas dos fracciones pueden encontrarse en un suelo dado, en proporciones muy variables, desde 99% de material mineral, hasta 95% de material orgánico.

ORIGEN DE LA MATERIA ORGANICA.- Al decir M.O. nosotros estamos tratando de abarcar todos aquellos materiales de origen vegetal o animal, que se encuentran en diferentes estados de descomposición en un suelo dado; así tenemos fracciones del tipo coloidal que han sufrido una descomposición casi total y cuyo compuesto resultante se le ha denominado "humus", partes de estos materiales son usados como fuente de energía, otras partes se emplean en la formación de nuevos tejidos, pero al final de todo proceso biológico estos materiales sufren una descomposición química, las cuales en su último término dan origen al bióxido de carbono y agua.

FACTORES QUE AFECTAN LA CANTIDAD DE M.O.

Los factores más importantes que afectan la cantidad de materia orgánica son:

- a) CLASE DE VEGETACION.
- b) TOPOGRAFIA.
- c) NATURALEZA DE LOS MATERIALES PRIMARIOS.
- d) CLIMA.
- e) TIEMPO.
- f) FACTOR HUMANO.

En los terrenos de cultivo el más importante es el "factor humano", ya que puede destruir en un momento la acumulación de cientos de años, por el contrario enriquecer con adiciones orgánicas por ejem: estiércoles o algunas otras fuentes de materia orgánica como sub-productos industriales.

a) VEGETACION.- La M.O. está distribuida en el suelo de acuerdo con la distribución de los residuos dejados por la especie de vegetación existente en cada lugar: La M.O., de un suelo que tiene gramíneas procede en principio por las raíces de estas; La M.O., de un bosque proviene de las hojas caídas de este,-

tanto las raíces de las gramíneas como las del bosque se encuentran en el suelo superior y van disminuyendo a mayor profundidad.

b) TOPOGRAFIA. - Una topografía muy accidentada produce gran poder de erosión eliminando fácilmente la M.O.

c) MATERIALES PRIMARIOS: Afectan ya que en gran parte depende de la vegetación que en él se desarrolle; "Tompson" encontró que un contenido elevado de fósforo se puede asociar también con un contenido de M.O.

d) INFLUENCIA DEL CLIMA. - Tiene una influencia muy marcada sobre la acumulación de la M.O. ya que de él depende la cantidad de residuos que se incorporen al suelo año con año, y la velocidad de descomposición de los residuos.

e) INFLUENCIA DEL TIEMPO. - Para mayor comprensión del factor tiempo, respecto a la acumulación del M.O. es preciso visualizar la toma de muestras a determinada profundidad y poder observar las capas de acumulación en determinada cantidad de años.

Las substancias importantes del "humus" que han sido identificadas son:

- 1.- CARBOHIDRATOS (contienen: carbono, hidrógeno y oxígeno) incluyendo celulosa, hemicelulosa, almidones, azúcares, diversos, pentosanos (casi intermedios entre los almidones y los azúcares-pectina) de los frutos de maduración) y glucósidos, si bien estos últimos deben ser de origen animal.
- 2.- LIGNINAS, que provienen de la armazón leñosa de las plantas y de las células viejas.
- 3.- PROTEINAS, compuestos complejos formados por --

carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, azufre y a veces fósforo y hierro, varios tipos de proteínas se encuentran comunmente en los organismos animales y vegetales. Su descomposición origina la formación de aminoácidos que pueden producir finalmente amoniaco a sales de amonio.

4.- GRASAS y diversos tipos de ceras, aceites y resinas.

Una de las propiedades más valiosas del "humus" es su capacidad para absorber y retener agua, manteniéndola así en reserva e impidiendo que se pierda por percolación o por escurrimiento superficial. Al mismo tiempo actúa como una especie de filtro, reteniendo gran parte de las sales nutritivas disueltas en la solución del suelo, cuando se presenta la sequía, para luego liberar lentamente los nutrimentos cuando se añade agua. Su caracter coloidal le da fuerza cohesiva, lo cual significa que es capaz de mantener unidas a las partículas del suelo, y de esta forma hace que los suelos arenosos retengan mayor cantidad de agua y elementos nutritivos y que en los arcillosos pesados aumente el espacio de poro, enlazando íntimamente las pequeñas partículas de suelo y constituyendo agregados o grupos de ellos. El mayor espacio de poro resultante equivale a una mejor aereación y drenaje. Esta doble acción en diferentes tipos de suelo es tan curiosa como importante aunque se comprende que la incorporación de materia orgánica fibrosa y sin descomponer, producirá el aflojamiento de los suelos pesados.

El color oscuro del "humus" es de gran valor también para el desarrollo vegetal. El color negro absorbe y retiene calor, mientras que el blanco lo refleja y permanece frío. Por lo tanto, el "humus" oscuro hace que los suelos pesados sean más calientes y tiende a igualar las fluctuaciones térmicas indeseables y repentinas de los suelos livianos.

De igual importancia es el caracter coloidal del --

ácido húmico y de sus sales.

Los coloides orgánicos aunque de función similar difieren de los minerales en que son amorfos. Al igual que otras -- sustancias amorfas, tales como la goma, la gelatina, el ácido húmico y los humatos pueden absorber y retener cantidades considerables de agua, proceso que acompaña por un hinchamiento que llega a varias veces su tamaño original, y por la formación de una sustancia gelatinosa. En el suelo, dicha acción hace que se conserve la humedad, y al mismo tiempo, su valor aumenta notablemente en el sentido de hacer más permanentes los terrones del suelo, formados por cohesión de las partículas de éste.

Otra de muchas propiedades valiosas del ácido húmico es su capacidad para funcionar en el fenómeno denominado intercambio catiónico o intercambio de bases. Este complejo se lleva a cabo entre los coloides del suelo y la solución del mismo.

Después de haber observado algunas de las ventajas que reporta la materia orgánica sobre los suelos de origen mineral, hablaremos sobre una fuente de ella: que es un sub-producto de la industria azucarera. El cual ha estado relegado sin dársele ningún aprovechamiento tanto agrícola como industrial; se enfocará más bien el aspecto agrícola que es el de mayor interés.

Mencionaremos las ventajas que aporta en su utilidad como mejorador de suelos y la economía que redundará al adicionarlo.

C A P I T U L O I

D E F I N I C I O N .

La Cachaza, conocida también como "tortas" y "lodos", es el residuo eliminado en el proceso de clarificación del guarapo o jugo de caña en la industria azucarera. Como la separación de la cachaza se realiza en más de una etapa, habrá que distinguirla con un adjetivo que indique su procedencia. El residuo que se obtiene por sedimentación del guarapo en los clarificadores, y que se descarga suspendido en una cantidad relativamente grande de líquido, se conoce también con el nombre de cachaza, aunque en esta forma contiene una cantidad considerable de jugo. A este residuo semilíquido, que se somete a la filtración, se le llama "cachaza primaria", y al que se descarga de los filtros para ser desechado, "cachaza final". Aquellos ingenios que cuentan con refinerías también producen cachaza en los clarificadores de refino, pero normalmente este residuo se devuelve al proceso de crudo.

C A P I T U L O I I

NATURALEZA Y PRODUCCION.

Durante el proceso de clarificación en una fábrica de azúcar de caña, los lodos se obtienen por decantación del jugo alcalizado y calentado. Estos lodos son bombeados a un mezclador donde se les añade bagacillo, (material que se obtiene del bagazo en tamices instalados en los conductores). Los lodos mezclados -- con el bagacillo alimentan un filtro rotativo que trabaja al va - cío. Este filtro consiste en un tambor rotativo cubierto con una lámina de cobre perforada que se sumerge parcialmente, mientras - gira, en un baño que contiene la mezcla que se va a filtrar. La - proporción de bagacillo a sólidos de los lodos es de aproximada - mente 1:1 en peso. A medida que el tambor gira se aplica succión - a los distintos segmentos, formándose una torta delgada en la su - perficie filtrante. Esta torta se lava con unos rociadores, se se - ca parcialmente por succión y se desprende mediante un raspador - en una superficie sin vacío.

Al salir de los filtros como un subproducto de la - industria de caña, la cachaza es un material negruzco, suave, es - ponjoso, amorfo y de poco peso que consiste en una mezcla de fi - bras de caña (bagacillo), azúcares (sacarosa y reductores), coloi - des coagulados (cera y grasa) y sustancias nitrogenadas (albumi - noides), además de fosfato de calcio y pequeñas cantidades de tie - rra y arenas. Su reacción es ligeramente ácida, con un PH de - -- aproximadamente 5.6. La cachaza seca puede absorber 4 veces su pe - so en agua, ya que su peso por volumen es muy bajo. Una tonelada -

de cachaza con 65% de humedad ocupa aproximadamente 1.70 m^3 , y en la práctica se considera que 1 m^3 del material con 75% de humedad pesa unos 680 kilogramos. Al salir de los filtros la cachaza contiene entre 65 y 75% de humedad, secándose en el campo hasta un 15%.

LA CACHAZA

La composición de la cachaza es variable ya que depende del método de filtración, grado de extracción del guarapo, tamaño de los orificios de los coladores de guarapo, variedad de caña y cantidad de cal y demás clarificantes usados. Cuando el ingenio cuenta con refinería la cantidad de P_2O_5 en la cachaza aumenta considerablemente. Existen una gran cantidad de trabajos técnicos que nos dan cifras muy disímiles en ciertos componentes de la cachaza, así que a continuación exponremos los límites máximos y mínimos obtenidos por distintas autoridades:

		<u>MINIMA</u> (+) %	<u>MAXIMA</u> %
Nitrógeno	(N)	1.07	3.12
Fósforo	(P_2O_5)	1.30	6.30
Potasio	(K_2O)	0.04	1.73
Calcio	(CaO)	1.07	6.25
Magnesio	(MgO)	0.21	0.60
Manganeso	(MnO_2)	0.17	0.22
Hierro	(Fe_2O_3)	0.30	4.40
Boro	(B_2O_3)	vest.	0.02
Materia Orgánica		18.00	40.00
Humedad +		60.00	75.00
Fibra		30.00	50.00
Tierra		5.00	12.00
Cera y Grasas		7.60	25.00
Albuminoides		1.80	2.15
Fosfato de Calcio		2.92	12.00

(+) En material fresco.

Cuando la cachaza procede directamente de los clarificadores o defecadores, las sustancias insolubles están generalmente suspendidas en 85 a 95 por ciento de jugo. Después que ha sido filtrada en filtro-prensas, la torta descargada contiene no menos de 40% de materia seca. Cuando la cachaza ha sido pasada por filtros rotativos al vacío, las cantidades de humedad y fibra son mucho más elevadas que las correspondientes de la torta obtenida de los filtro-prensas; en consecuencia, las demás sustancias se hallan en una proporción más baja en la cachaza final descargada por los filtros rotativos al vacío.

En general, la cachaza contiene las materias orgánicas que el calor coagula durante la defecación de los jugos, los que precipita el hidróxido de calcio y; restos de fibra de la caña que son arrastrados por el guarapo (jugo de caña) y algunos -- compuestos minerales, como fosfatos y silicatos de calcio, la magnesia y un exceso de calcio.

CANTIDAD DE CACHAZA PRODUCIDA.- En la industria de azúcar de caña se obtienen tres subproductos en cantidades apreciables: bagazo, miel final y cachaza. Cuando se muele una tonelada de caña se producen aproximadamente unos 330 kilogramos de bagazo con una humedad de 48% más o menos, alrededor de 47 kilogramos de miel final con aproximadamente 52% de azúcares totales, y unos 230 kilogramos de cachaza con una humedad de 74%. De estos subproductos, el único que tiene un valor real es la miel final, utilizada en la fabricación de alcohol y la alimentación del ganado. El bagazo tiene un valor nominal, ya que se utiliza mayormente como combustible en las calderas de los ingenios. El poco bagazo utilizado en México en la fabricación de material de construcción puede tener un valor aproximado de unos \$ 68.00 la tonelada tal como sale de los molinos. La cachaza es el único subproducto que no tiene valor real, ya que no conocemos en México de ningún ingenio que la venda. Las cantidades que se producen son aprecia-

bles, y en ocasiones llega a ser un estorbo para las fábricas. -- Las dos formas principales de deshacerse de este material es -- echándola a los campos cercanos tal como sale de los filtros, o -- echándola diluida a las zanjas de riego o desagüe. Un ingenio de tamaño mediano que muele 300,000 toneladas de caña en una zafra, produce cerca de 10,000 toneladas de cachaza fresca.

Observando las moliendas efectuadas en cuatro años por los ingenios azucareros mexicanos, tomadas de las zafra de 1967 a 1970.

ANO	TONS. DE CANA MOLIDAS	TONS. DE CACHAZA PRODUCIDA CON 74% DE HUMEDAD.
1967	25'518,109	5'869,165
1968	25'509,532	5'867,192
1969	27'046,787	6'220,761
1970	24'476,119	<u>5'629,507</u>

Haciendo un total de : 23'586,625 toneladas de cachaza fresca (74% de humedad) suficiente cantidad para aplicar en una superficie de 140,589 Has. un volumen de 167.77 toneladas/Ha. Que es una lámina de 2.5 cm/Ha.

Haciendo comparaciones con los fertilizantes químicos existentes en el mercado se podrá ver las cantidades de nutrientes que se adicionan por Ha. a un costo mínimo que hablaremos después.

Una tonelada de Urea al 46% de N	{ 35 Tons. de cachaza fresca 11.5 Tons. de cachaza seca.
Una tonelada de Nitrato de Amonio al 33% de N.	
	{ 25.08 Tons. de cachaza fresca. 8.085 Tons. de cachaza vieja.

	15.200 Tons. de cachaza fresca.
Una tonelada de sulfato de Amonio	4.900 Tons de cachaza vieja.
	100 Tons. de cachaza fresca.
Una Ton. de Superfosfato de calcio Triple 46% (P_2O_5)	30 Tons. de cachaza vieja.
	43.500 Tons. de cachaza fresca.
Una ton. de Superfosfato de calcio Simple 19% (P_2O_5)	13.000 Tons. de cachaza vieja.
	300.000 Tons. de cachaza fresca.
Una ton. de Cloruro de potasio al 50% (K_2O)	146.000 Tons. de cachaza vieja.

Con estas comparaciones y observando esas cantidades que se adicionarían por Ha. se hace notar el desperdicio de cientos de toneladas de fertilizantes que se pierden año con año, nada más en nuestro país. Encareciendo así al agricultor (principalmente al cañero) los nutrientes que necesitan las plantas (cañas) y que de ellas mismas extraen sin regresárselas al terreno de cultivo.

C A P I T U L O I I I

UTILIZACION INDUSTRIAL DE LA CA- CHAZA.

Existen una gran cantidad de trabajos técnicos que tratan sobre las posibilidades de la cachaza como materia prima para la obtención de ciertos productos de uso común. Distintas autoridades se basan en el hecho de que la cachaza contiene la mayor parte de la materia orgánica coloidal presente en el guarapo, junto con aquellos aniones orgánicos e inorgánicos que se precipitan como sales de calcio en la alcalización. La incógnita es que si estos productos pueden separarse y producirse económicamente. Los ácidos aminos y protéicos ocurren en muy pequeñas cantidades para poderse producir económicamente. El aislamiento de los ácidos orgánicos que existen en forma de sales de calcio, pudiera ser un proceso más factible, ya que la cachaza seca llega a contener hasta 2% de ácido aconítico. Y es de suponerse que otros ácidos orgánicos contenidos en el guarapo también estén presentes en la cachaza, tales como los ácidos cítrico, oxálico y málico.

Pero realmente las substancias que han sido objeto de mayores estudios y aún producciones comerciales, son las grasas y cerosas de la caña de azúcar que se concentran en la cachaza durante el proceso de clarificación. Las cachazas de ciertos ingenios pueden llegar a contener hasta 25% de su peso seco en material graso y ceroso soluble en ciertos disolventes. Estas substancias son fácilmente obtenidas mediante procesos de extracción con disolventes aromáticos o derivados del petróleo. Una parte --

del extracto es suave y grasoso, mientras que la otra es dura y cerosa. El material grasoso contiene largas cadenas de alcoholes grasos, esteroides y ácidos grasos en complejas combinaciones químicas con un muy bajo contenido de glicerol. Aparentemente este material no ofrece una perspectiva alentadora en su obtención comercial. No obstante, la extracción por disolvente de la fracción cerosa, no solo ha sido realizada satisfactoriamente, sino que se ha llegado a producir en escala comercial. La cera de cachaza se puede llegar a refinar a tal extremo que su calidad se aproxime mucho a la famosa cera de "carnauba". Existen antecedentes que esta cera obtenida de la cachaza se llegó a vender por el año de 1954 entre \$13,000 y \$17,000 la tonelada.

La cera de cachaza fue producida en escala comercial durante la I Guerra Mundial, llegando su producción al máximo en 1924, cuando Natal exportó 12 millones de libras. Poco después se discontinuó la producción cuando los precios de las otras ceras descendieron a un nivel muy bajo. La producción comercial se restableció en 1948 después de varios años de pruebas en plantas pilotos por la S. C. Johnson & Son, Inc. y la Cuban American-Sugar Co. en los ingenios cubanos Delicias y Chaparra. Tenemos entendido que la producción en Cuba fue suspendida hace ya varios años.

En conclusión, el uso industrial de la cachaza ha sido enfocado principalmente en la producción de cera.

La cachaza como materia prima para la fabricación de superfosfato de Calcio.

La cachaza propiamente, es el residuo insoluble procedente de los filtros rotativos al vacío o los filtros prensa de la fábrica de azúcar formado por las materias orgánicas que el calor coagula durante la defecación y la Cal precipita, restos de tejidos de caña arrastrados por la corriente de guarapo, porciones de tierra acarreadas por la caña hasta la fábrica y distintos compuestos minerales como: Silicato y fosfato de Ca y de Mg y un-

exceso de hidróxido de Ca procedente de la alcalización de los ju-
gos.

Según Noel Deer, la composición de la cachaza seca -
es la siguiente:

	%
Fibra	30-40
Tierra	10-15
Cera	20-30
Albuminoides	10-15
Fosfato de Ca.	10-15

Según records de análisis de A. Castillo Mújica la -
composición promedio de las cachazas procedentes de distintos cen-
tros azucareros donde se usan filtros rotativos al vacío es la si-
guiente:

	<u>I N G E N I O S</u>					
	A	B	C	D	E	F
Humedad	73.81	74.06	80.30	75.50	76.50	69.50
Azúcar	2.50	3.30	2.50	3.30	3.22	3.33
Acido Fosfórico (P_2O_5)	1.29	1.20	1.12	1.35	1.44	1.52
Nitrógeno Protéico	3.32	3.19	3.13	3.27	3.12	3.22
Cachaza % de caña	2.02	2.14	2.70	2.42	2.55	1.99

ENSAVOS DE LABORATORIO. - A 100 grs. de cachaza proce-
dente de filtros rotativos al vacío se le añadió poco a poco y agi-
tando 400 c.c. de una solución de ácido clorhídrico en agua al - -
1.33%. La preparación se hirvió durante 3 minutos y se filtró al -
vacío recuperándose 360 c.c. del líquido adicionado. Al residuo de
esta primera filtración se le añadió 200 c.c. de agua corriente, -
se hirvió 3 minutos, agitándose y se filtró al vacío recuperándose
190 c.c. del agua adicionada. El total del líquido obtenido de am-
bas filtraciones fué de 550 c.c. y su composición promedio fué:

	%
Acidez en CIH	0.93
Acido fosfórico (P_2O_5)	0.21

Esta misma técnica se efectuó repetidas veces, usando solución de ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y mezcla de ambos ácidos en agua, obteniéndose los siguientes resultados:

Resultados obtenidos en el primer tratamiento con - 100 grs. de cachaza.

Medio	% de (P_2O_5) en el líquido	c.c. de Sol. recuperados.	% de P_2O_5 en la ca- chaza.	% de aci- dos en la solución.
Acido Sulfúrico	0.076	570	0.433	0.93
Acido Sulfúrico	0.077	550	0.423	0.80
Acido Sulfúrico	0.095	450	0.427	0.79
Ac. Muriático CIH.	0.212	540	1.144	0.93
Ac. Muriático	0.217	530	1.150	0.91
Mezcla de ambos	0.318	330	1.04	0.87

La solución ácida de la primera extracción se usó - para hacer la segunda sobre cachaza nueva y la de la segunda para una tercera extracción, con reducción evidente de la acidez ini - cial, como puede verse en el siguiente cuadro:

	% de acidez en SO_4H_2	% de acidez en CIH
Solución original	1.115	1.330
Solución primer tratamiento	0.832	0.931
Solución segundo tratamiento	0.507	0.673
Solución tercer tratamiento	0.211	0.332

A la solución fosfórica procedente del tercer trata - miento y los tres lavados, se les añadió poco a poco y agitando - hidróxido de CA en forma de lechada de cal hasta reducir su aci -

dez en CIH a 0.15% y se filtró. Al líquido filtrado se le añadió lechada de cal hasta franca alcalinidad. Precipitando todo el P_2O_5 contenido en el máximo en forma de fosfato tricálsico $(PO_4)_2Ca_3$ que separado por filtración y seco en la estufa pesó 3.5 grs. con una riqueza de 23% de P_2O_5 . Los 3.5 grs. de fosfato tricálsico se tratarán con 78 grs. de ácido sulfúrico y se convirtieron en 5 grs. aproximadamente de superfosfato de Ca.

OBSERVACIONES

- 10.- Por filtración al vacío de la cachaza tratada con sol. ácida se recupera del 90 a 95% del líquido adicionado.
- 20.- Los 100 grs. de cachaza mezclada con 400 c.c. de solución ácida ocupan un V de 500 c.c.
- 30.- El total de P_2O_5 recuperada por la solución ácida de 100 grs. de cachaza es de 1% aproximadamente.
- 40.- Empleando CIH se obtiene mejores resultados que con ácido sulfúrico o mezcla de ambos.
- 50.- Antes de separar el $(SO_4)_2Ca_3$ de la solución debe reducirse la acidez hasta 0.15% de CIH para obtener la sal más rica en P_2O_5 .
- 60.- El precipitado de fosfato tricálsico obtenido de 750 c.c. de la solución fosfórica contenida en un beaker de 1000 c.c. se sedimenta, con tanta rapidez que a los 5' ocupa la tercera parte del volumen total de la misma.
- 70.- Si se tiene buen control en la alcalización para que el fosfato tricálsico precipite en medio moderadamente alcalino. Se consumirán pe -

queñas cantidades de ácido sulfúrico al convertirlo en superfosfato.

En la actualidad la única industria azucarera que se ha fijado en la cachaza como fertilizante orgánico ha sido:

SOCIEDAD COOPERATIVA DE EJIDATARIOS Y OBREROS DEL INGENIO DEL MANTE, S.C.L.

El cual ha formado una Planta de Fertilizantes Orgánicos: Anexa a la fábrica de azúcar se ha instalado dicha planta; con una capacidad de producción de 20,000 toneladas de fertilizantes orgánicos por año.

La producción de abonos orgánicos a base de bagacillo y cachaza, se hace logrando en las materias primas las características adecuadas para el composteo-aeróbico. Los materiales se han enriquecido con nutrientes químicos con Urea, superfosfato de calcio triple, Cloruro de potasio y además miel final.

La miel es agregada con el fin de hacer un buen cultivo microbiológico, tomando en base la cantidad de nitrógeno fijado por algunos microorganismos por cada 100 grs. de carbono aprovechable: Ejem: La Azotobacter Chroococum: utilizando diferentes - fuentes de energía:

Miligramos de N fijado por cada 100 grs. de "C" aprovechable.

Hojas de pino.	571.3
Hojas de encino	129.9
Hojas de arce.	89.5
Paja de trigo	325.4
Restos de raíces y plantas.	596.8
Alfalfa	319.5
Trébol	1,237.9
Glucosa	1,456.5

Como puede observarse, los azúcares son los más al-tos fijadores de "N" por cada 100 grs. de "C" aprovechable.

La lignina como fuente de ácido húmico.

La mayoría de las sustancias acabadas de mencionar son rápidamente desdobladas por los microorganismos del suelo has-ta compuestos más sencillos, y finalmente se disuelven casi total-mente en los elementos de que consistían originalmente. Las subs-tancias a base de lignina, sin embargo muestran considerable resis-tencia a la descomposición biológica y por el hecho de descomponerse tan lentamente, representan uno de los compuestos más estables de la materia orgánica del suelo. El ingrediente más esencial de todas las ligninas es el ácido húmico que representa el componente húmico de mayor importancia.

El ácido húmico, está presente en casi todos los sue-los en proporciones variables. En su forma química pura se nos pre-senta como un polvo de color café rojizo insoluble en agua.

SOLUBILIDAD: Una propiedad importante del ácido húmi-
co es que al ponerse en contacto con ciertas bases forma sales. --
Aunque la mayoría de estas sales (cálsicas, magnésicas, férricas -
de aluminio y de manganeso) son prácticamente insolubles en agua, -
otras como los humatos de "K", "NH"₄ y "Na" si se disuelven en - -
ella. Esta solubilidad en líquidos alcalinos, que en ciertas condi-
ciones se puede presentar en el suelo, es de enorme significación.

Pero el ácido húmico libre y algunas de sus sales in-
solubles en agua, lo son en soluciones neutras. Estas sustancias -
son los "actatos, citratos, tartratos, y oxalatos de potasio, amon-
nio y sodio". Estas soluciones de ácido húmico permanecen estables
aún cuando el líquido tenga una reacción ligeramente ácida - - -
(PH 5 a 7). Puesto que ciertos ácidos orgánicos como el acético, -
cítrico, etc., se encuentran comunmente en la naturaleza, sus sa-
les (acetatos, citratos) también se encontrarán en el suelo. No --
hay duda de que el ácido húmico y muchas de sus sales son solubles

en diversas circunstancias, aún cuando esta solubilidad no es más que uno de los pasos en la descomposición ulterior, e implica indirectamente la aprovechabilidad de los elementos nutritivos por las plantas, que desaparece cuando el humus se pierde.

"Caracter coloidal del ácido húmico y sus sales". - Los coloides orgánicos, aunque de función similar difieren de los coloides minerales en que son amorfos. Al igual que otras sustancias amorfas como son la goma y la gelatina, el ácido húmico y los humatos pueden absorber y retener cantidades considerables de agua, proceso que se acompaña por un hinchamiento que llega a varias veces su tamaño normal y por la formación de una sustancia gelatinosa. Cuya acción hace que se conserve la humedad y al mismo tiempo, su valor aumenta en la cohesión de las partículas del suelo.

Intercambio de bases de los coloides húmicos otra de sus muchas valiosas propiedades del ácido húmico, es su capacidad para funcionar en el fenómeno denominado intercambio catiónico o intercambio de bases. Unos cuantos ejemplos de este proceso de intercambio pueden darse desde ahora.

Los iones de calcio, su particular importancia por la facilidad con que se separan de los coloides del suelo, siendo fácilmente substituidos por otros si el Ca es substituido por el H aumenta la acidez del suelo, ya que el Ca se perderá en el drenaje. Si por el contrario se le añade caliza a un suelo ácido sucede lo contrario, los iones calcio, por causa de la ley de masas; "echan fuera del coloide", a los hidrogeniones (iones hidrógeno) y la acidez disminuye. Si se les agrega al suelo cualquiera de las sales solubles de K, Na o NH_4 solubles en agua y estas logran ponerse en contacto con las sales cálsicas del ácido húmico-insolubles en agua, algunos iones calcio entrarán en nuevas combinaciones por causa del intercambio y el ácido húmico formará otros compuestos solubles con los iones salinos "K", "Na" o " NH_4 " según el caso.

C A P I T U L O I V

ASPECTO AGRICOLA DE LA CACHAZA.

Si la utilización industrial de la cachaza puede dejar ciertos márgenes de dudas, no sucede lo mismo con su aprovechamiento agrícola. En el orden de su importancia, podemos decir que los tres usos agrícolas de la cachaza pueden dividirse de la siguiente manera: como mejorador de suelo, como un fertilizante y en la alimentación del ganado.

LA CACHAZA COMO UN MEJORADOR DE SUELOS:

La cachaza es el subproducto de la industria de azúcar de caña de utilización más antigua y más universal, estimada por su valor como mejorador de suelos. Aunque no existen datos que determinen su antigüedad en este sentido, podemos asumir que se ha utilizado como un mejorador de suelos en tierras cañeras y otras cosechas desde que la caña se procesa para la producción de azúcar bajo métodos modernos y convencionales de clarificación. Y decimos esto, porque es obvio pensar que la cachaza se acumula en grandes cantidades durante el período de zafra, y hay necesidad de moverla a lugares cercanos a los ingenios. Siendo así el caso, nada más conveniente que incorporarla a los suelos cañeros cerca de las fábricas. Antiguamente esta operación no era tan costosa, pero a medida que han ido subiendo los jornales de campo y los costos de los equipos, muchos ingenios han preferido diluirla con agua y eliminarla por canales de riego o desagüe.

El valor agronómico de la cachaza no estriba solamente en el contenido de nutrientes, tal como sucede con los fertilizantes comerciales de uso común. El solo hecho de contener la cachaza de 18 a 40 por ciento de materia orgánica, la hace de una importancia grande y un valor inmenso para las tierras por sus múltiples beneficios. Físicamente mejora la estructura de los suelos, haciendo más ligeras y friables las arcillas compactas, y uniendolos terrenos sueltos como son las margas arenosas. Por su alto contenido de materia coloidal, tiene una gran capacidad para retener la humedad y también los elementos fertilizantes, evitando que éstos sean arrastrados por la erosión. El poder de aumentar la retención de humedad es de una importancia inestimable, especialmente en la época de sequía en que ayua al mejor aprovechamiento del agua. Intensifica la actividad microbiana del suelo porque de ellas se nutren las bacterias y los hongos que se encuentran en la tierra, los cuales la fermentan aumentando la temperatura y produciendo gas carbónico que es uno de los elementos más importantes en los terrenos fértiles. El gas carbónico en solución, va disolviendo paulatinamente los minerales del suelo, que de otra manera serían de una disolución muy lenta y una disponibilidad escasa y tardía. El gas carbónico que se escapa a la atmósfera es también aprovechado por la planta, puesto que las hojas la absorben y lo utilizan mediante la energía de la luz solar para la síntesis de azúcares, almidones, fibra y otras materias que constituyen las partes de la planta. Debido a la estructura física de la cachaza, la materia orgánica es esponjosa, por lo cual ayuda a la aereación de las tierras, impidiendo el escurrimiento de las aguas en época de mucha lluvia y también suministrando aire a las raíces de las plantas cultivadas y a los microorganismos del suelo.

En su tratado sobre caña de azúcar alrededor del mundo, A.H. Rosenfeld dice así de este subproducto: "La cachaza es el residuo de las fábricas de azúcar de caña que normalmente es devuelto a los campos como un mejorador de suelo o fertilizante. Los buenos rendimientos y las textura apropiada de estos campos cercanos a los ingenios en muchos países donde se ha aplicado cachaza -

durante años y años, sirven como prueba elocuente al beneficio que produce este material".

El eminente bacteriólogo, W.L. Owen, ha perfeccionado un proceso mediante el cual la cachaza, libre de cera y grasa, es tratada con pequeñas cantidades de bisulfuro de carbono, secándose y reduciéndose después a una forma fácil de manipular y transportar. La Cachaza así tratada tiende a aumentar considerablemente los microorganismos del suelo, dándole a las plantas un desarrollo mucho más rápido que el que se produce cuando éstas se tratan con cachaza normal.

Una de las propiedades más valiosas del humus (M.O. o cachaza) es su capacidad para absorber y retener el agua, manteniéndola así en reserva e impidiendo que se pierda por percolación o por escurrimiento superficial.

Al mismo tiempo actúa como una especie de filtro, reteniendo gran parte de las sales nutritivas disueltas en la solución del suelo, cuando se presenta la sequía, para luego liberar lentamente los nutrientes cuando se le añade agua. Su carácter coloidal le da fuerza cohesiva, lo cual significa que es capaz de mantener unidas a las partículas del suelo y de esta forma hace que los suelos arenosos retengan mayor cantidad de agua y elementos nutritivos, y que en los arcillosos pesados aumente el espacio de poro, enlazando íntimamente las pequeñas partículas del suelo y constituyendo agregados o grupos con ellos. El mayor espacio de poro resultante equivale a una mejor aereación y drenaje. Esta doble acción en diferentes tipos de suelo, es tan curiosa como importante, aunque se comprende que la incorporación de M.O. (cachaza) fibrosa y sin descomponer producirá el aflojamiento de los suelos pesados.

El color oscuro de la "cachaza" también es de gran valor para el desarrollo vegetal. El color negro absorbe y retiene el calor, mientras que el blanco lo refleja y permanece frío. Por lo tanto, la "cachaza" que es de color oscuro hace que los suelos

pesados sean más calientes y tiende a igualar las fluctuaciones -
térmicas indeseables y repentinas de los suelos livianos.

Otro aspecto muy importante es el aspecto del intercambio catiónico pues esta le imparte al suelo una elevada capacidad de intercambio catiónico originada por los radicales carboxílicos, fenólicos, enólicos, e imídicos, los que dan en orden progresiva; los carboxílicos 54%, los fenólicos 36% y en última parte los enólicos e imídicos 10%. Los que son muy importantes en la fertilidad del suelo.

Descomposición de la "M.O." (Cachaza).

Para formarse una idea de lo que significa la descomposición al sacar el análisis de un vegetal el cual él 75% de su contenido es agua y el 25% restante lo constituyen los elementos carbono, oxígeno, nitrógeno, etc.

- I.- Compuestos característicos del tejido vegetal - fresco difíciles de descomponer, lignina, aceites, grasas, resinas, fáciles de descomponer: celulosa, almidones, azúcares, proteínas, etc.
- II.- Productos complejos intermediarios de la destrucción. Compuestos resistentes: resinas, ceras, aceites, grasa, lignina, etc.
Productos de descomposición: Aminoácidos, amidas, alcoholes, aldehidos, etc.
- III.- Compuestos finales de la descomposición.
Complejos humus (complejo coloidal, especialmente importante el ligno-proteinato).
Simples (CO₂), Nitratos, sulfatos, compuestos de Ca.
Componentes del tejido vegetal, representativo, maduro y seco.

Celulosa	20-50%
Hemicelulosa	10-28%
Lignina	10-30%
Taninos	1- 8%
Grasas, ceras, proteínas simples y crudas.	1-15%

1.- CARBOHIDRATOS: Forman la mayor parte del material esquelético de las plantas, es la base de los tejidos de conducción y forman el todo sobre el cual toman lugar la vida y el crecimiento. El componente mayor de esta estructura es un polisacárido: "La celulosa". También reforzado por otros polisacáridos, celulosanos y hemicelulosos, a las cuales se les condiera, como un papel fundamental, aumentar la fuerza y elasticidad de los tejidos vegetales.

2.- LIGNINAS: El esqueleto es también reforzado por un grupo de polímeros fenólicos cuyo nombre en general es "Lignina" y la cual puede variar en su composición química tan amplia y complejamente, como lo hacen los carbohidratos. El papel químico de la lignina estriba en la resistencia que imparte a los tejidos vegetales a descomposiciones bioquímicas. Las ligninas son consideradas como polímeros de unidades de fenilpropano en las cuales se han introducido radicales orgánicos de distintas naturalezas.

3.- PROTEINAS. - Forman la gran parte de el contenido celular. Químicamente son polímeros de aminoácidos y constituyen la base físico-química de la vida celular.

4.- GRASAS, CERAS Y RESINAS: Forman un grupo conveniente para su estudio más que un grupo específico funcional.

Son compuestos químicos cuyo principal propósito es proteger los tejidos vegetales. Regulan el movimiento del agua y gases a través de los tejidos cuticulares y vasculares. Tienen acción cicatrizante. Las grasas en particular, constituyen el mate-

rial de reserva en algunas semillas.

PROCESOS DE DESCOMPOSICION DE LOS DISTINTOS COMPONENTES VEGETALES.

1.- CARBOHIDRATOS: Incluye azúcares simples y almidones, así como sustancias altamente polimerizadas.

Los azúcares simples y almidones son rápidamente atacados por los organismos presentes en el suelo y pueden pasar a formar parte de nuevos tejidos o bien ser convertidos a bióxido de carbono y agua. Su importancia en el metabolismo del suelo, es por consiguiente pequeña.

La celulosa pura consiste en unidades de glucosa -- combinadas por uniones 1-4 dentro del dímero celobiosa.

El cual a su vez es unido en la misma forma hasta -- formar cadenas poliméricas conteniendo a lo menos 100 unidades de glucosa.

En la celulosa, que por lo regular se encuentra en el material vegetal, no sólo está compuesto de unidades sino que en sus posiciones terminales es factible encontrar otros monosacáridos, principalmente Xilosa.

La velocidad de descomposición de la celulosa parece estar relacionada con la longitud de la cadena, sin embargo, en -- los suelos depende más bien de las condiciones generales de dicho suelo, principalmente en lo que respecta a la flora microbiana que en el se encuentre.

Las condiciones ideales para una descomposición rápida de este material exigen una humedad adecuada aereación y buen --

contenido de "N" aprovechable. Del 60 - 70% de la celulosa descom-
puesta consiste en anhídrido carbónico, el resto es asimilado por-
los microorganismos del suelo formando parte de ellos.

Las hemicelulosas del tipo de las celulosas, tienen-
una velocidad de descomposición igual o mayor que las antes descri-
tas.

El otro grupo de hemicelulosas, asociadas también --
con el esqueleto vegetal, contienen en su estructura química ácido
urónico, en el cual el radical CH_2OH se ha reemplazado por un gru-
po carboxido. Entre este grupo tenemos por ejem: el ácido D - glu-
co - urónico. que presenta estructuras en cadena y uniones iguales
a la glucosa. Este ácido es el más abundante en los constituyentes
de los poliurónicos vegetales, los cuales se encuentran en asocia-
ción con hexosas y pentosas, siendo la más común la Xilosa.

En la siguiente tabla se presenta un ejem: de la in-
formación obtenida por la aplicación de métodos químicos de la ce-
lulosa al estudio de la descomposición por la acción microbiana, -
de la fracción de carbohidratos presentes en residuos vegetales.

"Desaparición de hemicelulosas y celulosas de paja -
de centeno durante una descomposición aeróbica (Los pesos, calcula-
dos sobre la base de cantidades presentes iniciales en 100 grs. de
(M.O.) la cantidad extra de "N" fue agregada como carbonato de amo-
nio).

DURACION DE LA DESCOMPOSICION

DIAS	0	4	8	24	84
	Por ciento				
M. O.	100	97	78	62	49
CELULOSA	48	47	33	25	20
XILANO ASOCIADO	9.0	9.1	8.9	5.4	4.2
GRUPOS EN LA FRACCION HEMICE					
LULOSICA. Acido Urónico.	4.5	4.2	3.0	2.3	1.8
Anhidro Pentosa	17.0	13.8	7.4	5.5	4.2
PECTINA	0.35	0.35	0.41	0.62	0.85

(Como pectato de Ca.)

Como se puede observar en los datos de esta tabla, - aproximadamente la mitad de la celulosa, un tercio de los Xilanos. La mitda de los urónicos y dos terceras partes de las pentosas asociadas han desaparecido en 24 días. Por el contrario la pectina aumenta considerablemente.

La contribución de las plantas por lo que se refiere a carbohidratos se reduce probablemente a hemicelulosas poliuróni-das.

En realidad esto es lo que sucede en el suelo al descomponerse los carbohidratos presentes en él, esto es la celulosa-desaparece rápidamente, las hemicelulosas urónicas sufren el mismo cambio y la pectina aumenta. Sin embargo, conforme el tiempo avanza, aparecen urónidos que se cree derivados de los microorganismos del suelo, y que en parte, compensan la descomposición de los uró-nidos originales. Por lo tanto se concluye que, los urónidos pue-den ser derivados, ya sea de los mismos residuos vegetales o bien-por procesos sintéticos de las bacterias y finalmente, ser los compuestos - carbohidratos originados por la descomposición de los polisacáridos presentes en el suelo. Los urónicos son más resisten-tes a la descomposición que las pentosanas y hexosanas.

Dentro de los carbohidratos, es necesario mencionar también la quitina. Esta se encuentra presente en los esqueletos externos de animales invertebrados, tales como crustaceos, insectos y moluscos, en las plantas frecuentemente se le encuentra reemplazando a materiales celulósicos, donde se requiere una protección mayor.

Desde el punto de vista químico, su estructura puede ser considerada como una celulosa en la cual el grupo hidróxilo del carbono 2 se ha reemplazado por un grupo HNOCC_3 y con hidrólisis controlada da lugar a la quitobiosa equivalente a la celobiosa. La quitobiosa da como producto final de hidrólisis un derivado aminado de la d-glucosa (d-glucosamina) y ácido acético. La quitina es más resistente al ataque químico que la celulosa, sin embargo enzimas específicas la desdoblan, originando la glucosamina antes mencionada, y azúcares aminados que constituyen del 6 al 14% del "N" contenido en los suelos cultivados. En bosques en donde por lo general los suelos presentan un carácter ácido, y los artrópodos y hongos se encuentran en cantidades considerables, la quitina juega un papel importante en la transformación del "N" y en sus productos de descomposición con carácter nitrogenado antes mencionado.

2.- LA LIGNINA: junto con los polisacáridos forman la mayor parte de los tejidos leñosos. Así mismo, se considera como constituyente mayor del hùmus, aunque no se ha podido confirmar esta aseveración, debido a que la estructura química de los distintos tipos de ligninas no se ha establecido satisfactoriamente.

En forma general se acepta que la lignina es un polímero formado principalmente de derivados substituidos del fenilpropano y de tres de sus derivados substituidos (guayacol, isoeugenol y coníferol) CH_3H_7 .

Es conocido que una gran variedad de los constituyentes vegetales contienen esta estructura, con un grupo genólico en-

posición "para" del grupo propeno y uno o más grupos "metoxi" - - (OCH₃) unidos al anillo bencénico. Tal es el caso por ejem: del coniferol que se presenta en casi todos los tejidos jóvenes de las - plantas, su presencia podría tomarse como indicación de que a partir de el, se sintetice la lignina.

Un dímero del coniferol que se ha reportado en cantidades apreciables en las células viejas del tejido leñoso, el dihidroconiferol.

DIHIDROCONIFEROL.- Este compuesto polimeriza mediante acciones enzimáticas, originando también lignina, pudiéndose considerar como fase inicial en la formación de ligninas sin existir datos concluyentes que indiquen a ciencia cierta, la síntesis de la lignina en materiales vegetales.

3.- PROTEINAS Y COMPUESTOS SIMILARES: Son los principales compuestos nitrogenados de los residuos vegetales. Las primeras cuando se encuentran libres, son fácilmente descompuestos por acción microbiana, pero al unirse con otros constituyentes de la M.O. esta velocidad se retarda considerablemente.

Las moléculas protéicas consisten de Alfa-aminoácidos unidos entre sí por uniones peptídicas cuyo número de unidades es muy grande y variado en su rearrreglo molecular. La descomposición de las proteínas no esta perfectamente establecida y únicamente se sabe que los productos resultantes pueden ser amoniaco en condiciones aeróbicas, y amidas en condiciones anaeróbicas.

La cadena protéica se rompe en fragmentos peptídicos mediante la hidrólisis de aminoácidos generando amoniaco. Cuando se encuentran carbohidratos al mismo tiempo que se libera el amoniaco, los carbohidratos es excesiva prácticamente no hay liberación de gas amoniaco ya que el "N" protéico pasa a formar de las proteínas microbianas. La oxidación posterior de amonio a nitrito y de nitrito a nitrato, es probablemente una oxidación ca-

lálitica directa, aunque el proceso bioquímico aún no se ha establecido.

El "N" orgánico del suelo consiste en un 30% de nitrógeno proteico. El 50% parece ser asociado con derivados de la lignina.

La cantidad restante incluye sustancias del tipo - de la quitina, así como compuestos nitrogenados de menor importancia.

El "N" orgánico tiende a acumularse en los suelos, - a consecuencia de la fijación atmosférica de nitrógeno, sin embargo, cuando la descomposición de la (M.O.) es excesiva sucede a la inversa.

El "N" atmosférico puede ser fijado por organismos, especiales que viven en el suelo y forman los llamados nódulos radiculares de las plantas leguminosas. El primer producto de esta fijación es el ácido aspórtico, pero el mecanismo bioquímico que toma lugar es desconocido.

4.- GRASAS, CERAS Y RESINAS: Es un grupo misceláneo de sustancias orgánicas que tienen la propiedad de ser extraídas de la M.O. del suelo, por la acción del alcohol, éter o mezcla de alcohol - benceno. Constituyen un porcentaje muy bajo del total de (M.O.) del suelo.

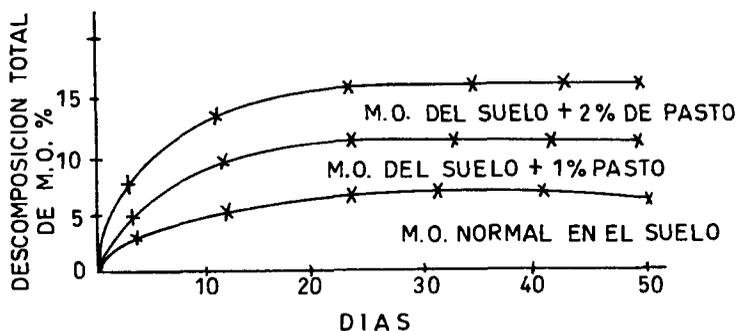
Los extractos etéreos obtenidos consisten principalmente de aceites, grasas, glicéridos de ácidos grasos, ácidos grasos de cadenas largas y alcoholes. En general estos compuestos son fácilmente atacados por los microorganismos del suelo. La química de este proceso y de sus productos a la fecha es desconocida.

d) PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA (M.O. CACHAZA).

1.- Resistencia a la descomposición: Como se ha mencionado en párrafos anteriores, se ha considerado a la fracción orgánica de los suelos como el producto final de una serie de reacciones de descomposición, los cuales dan por resultado un material químico y biológico estable. Esta propiedad se le atribuye a la presencia de lignina la cual a pesar de que por si misma no es inerte, tiene la propiedad de conferir estabilidad a otros constituyentes vegetales cuando entran en combinación con ellos.

Con numerosas investigaciones se ha demostrado que el contenido original de (M.O.) de un suelo puede ser mantenido en equilibrio, siempre y cuando se le adicione regularmente residuos vegetales de descomposición. Respecto a este punto también se ha comprobado, con el advenimiento de técnicas isotópicas que la adición de residuos vegetales frescos acelera considerablemente la descomposición de la fracción orgánica de los suelos. Esto sucederá solamente si la cantidad de material verde, agregado al suelo es en proporción mayor a la cantidad total de materia orgánica presente en el suelo.

En la presente gráfica se presentan las distintas velocidades de descomposición de la (M.O.) en relación con diferentes adiciones de pasto Sudán al suelo. (Obtenido por: Broadbent Bartholomew) (1948)



Estos datos muestran que la adición de 1% de pasto - Sudán originó el 8.8% de descomposición de la (M.O.) después de un período de 49 días mientras que el suelo por sí solo, únicamente - fué capaz de descomponer el 2.2% de ella.

2.- OXIDACION QUIMICA. - Aparte de la descomposición - de la (M.O.) por acción microbiana, existen en el suelo procesos - de oxidación de naturaleza estrictamente química. Consiste en la - absorción del oxígeno atmosférico en medio alcalino. Esta absor - ción dura largo tiempo y está afectada por la naturaleza del suelo y la concentración de alcalí. Esta oxidación química es indudable - mente la que origina el color negro de suelos fuertemente alcali - nos.

3.- El intercambio catiónico es muy alto en los sue - los orgánicos y compuestos de (M.O) obtenidos a partir de suelos - minerales; es mucho mayor si se les compara en peso con las que -- presentan los materiales arcillosos. Este intercambio aumenta, con - forme el proceso de descomposición de la (M.O.) también aumenta, - lo cual indica la formación o exposición de grupos reactantes.

La cantidad exacta que contribuye en reacciones la - (M.O.) no es conocida pero se le considera hasta un 90%, conside - rándosele un promedio entre 40 y 50%.

Los radicales orgánicos que son los responsables de - este intercambio son: Los carboxilos, hidroxilos, fenólicos, enóli - cos, imidas y probablemente uno o dos más cuyo papel no ha sido -- plenamente demostrado.

En general se puede sugerir que el grupo carboxilo - de los ácidos urónicos es el causante de una gran proporción de di - cha capacidad de intercambio.

4.- La descomposición de la Materia Orgánica es redu - cida según la cantidad del material mineral arcilloso que contenga el suelo.

5.- Influencia de la (M.O.) sobre la estructura del suelo, se han formulado varias teorías a este respecto; algunos autores (Mchenry y Russell) opinan que el efecto que pueda tener la fracción orgánica en la estructura del suelo es debido a que provee de centros de orientación para la formación de agregados y que por otro lado al descomponerse la (M.O.) produce productos químicos del tipo de los mucílagos que actúan como cementantes. Considerando el carácter hidrocarbonado de los mucílagos, se opina que son los grupos oxídrico los cuales mediante sus hidrógenos unen fuertemente las partículas del suelo. Otros autores han obtenido evidencias que también otros grupos orgánicos, intervienen en este mecanismo y citan entre otros los grupos amino y carboxilo.

El fraccionamiento de la fracción húmica es un estudio que data de bastantes años. Achard (1786) y Vaquellín (1797), encontraron que parte del humus podía ser extraída cuando se trataba previamente ácido o mediante el uso de solventes específicos. Sin embargo, no ha sido sino hasta nuestros días cuando se ha logrado obtener un fraccionamiento racional del humus. El esquema sobre el fraccionamiento más aceptado a la fecha es el siguiente y está basado en la dispersión de la M.O. y fraccionamiento de esta, dispersado mediante precipitaciones parciales con ácidos y alcoholes.

El húmus es separado de los residuos vegetales insolubles en alcalí y de la humina insoluble por medio de una solución de hidróxido de sodio al 2%. De aquí la fracción húmica es precipitada con ácido y el supernadante representa la fracción fúlvica. Por medio de una disolución controlada con alcohol la fracción húmica es separada en 2 subfracciones, una soluble, el ácido haematomelánico y una insoluble el ácido húmico propiamente dicho.

El autor Springer (1938) enfatiza más en la función que desempeñan los distintos componentes húmicos, que en la composición química de ellos. Basándose en este principio este autor los ha dividido en:

10.- DANERHUMUS: Se descompone muy lentamente en el suelo y corresponde a la fracción insoluble en bromuro de acetilo.

20.- NAHRHUNUS.- (HUMUS NUTRITIVO) se descompone - - fácilmente y consiste de hidratos de carbono y proteínas.

30.- HUMUS DE RESERVA: Que es el material compuesto de residuos vegetales o animales, pero que no ha sufrido ninguna - descomposición y que pronto serán convertidos a cualquiera de los tipos 1 o 2 antes descritos.

Otras modificaciones estriban en la substitución del hidróxido de Na. por substancias químicas o inorgánicas cuya acción sea menos drástica, entre ellas se puede citar el pirofosfato de "Na", oxalato de "Na" y citrato de "Na", que forman compuestos de coordinación con Ca y otros iones metálicos dejando la fracción orgánica fácilmente dispersable en agua.

La aplicación de técnicas modernas ha hecho posible una subdivisión y purificación químicamente definida de los distintos constituyentes. Así tenemos por ejem: que a partir de la fracción fúlvica se han obtenido pentosanas y ácidos urónicos, lo cual indica la unión de la hemicelulosa.

La fracción húmica mediante hidrólisis, produce azúcares y proteínas y la fracción húmica no hidrolizable, parece estar derivada de lignina, conteniendo grupos fenólicos, carboxílicos, acetílicos h metoxílicos. Por estas mismas técnicas se ha demostrado la presencia del nitrógeno en la fracción húmica.

El uso de la cachaza más miel final como alimento para ganado.

" COMO ALIMENTO DE GANADO "

En 1896 Boname hacía incaple sobre el valor de la cachaza como alimento potencial, y señalaba que eran usados en las -

Indias Occidentales como alimento para ganado de trabajo, vacuno y porcino.

Princen Gerleigs, en su libro sobre la manufactura de azúcar hace constar que las tortas de los filtros de cachaza generalmente son usados como fertilizantes y algunas veces como alimento para ganado y hasta para alimento de gente humilde en 1960 Parish llamó la atención que en Mauritchus varias miles de toneladas de proteína procedente de plantas eran vaciados en los campos en forma de tortas de filtros de cachaza, esto llevó a que se hicieran ensayos para separar proteínas del jugo de caña y sugerir la utilización directa del todo desecado como alimento de animales sugestión hecha por Staub y Darne.

Parrish en un número limitado de experimentos con dos borregos obtuvo:

RACION # 1.-

48% De cachaza secada en horno.

12% De mieles finales.

40% De punta de caña.

Total de nutrientes digestibles 39.6%

RACION # 2.-

38% De cachaza secada al aire.

14% Mielles finales.

48% Punta de caña.

Total de nutrientes digestibles 47.81%

RACION # 3.-

77% Puntas de caña.

23% Miel final.

Total de nutrientes digestibles 47.5%

Detalles en la siguiente tabla.

Pervish concluyó que en la cachaza secada al aire,-

la proteína cruda tenía un aparente coeficiente de digestibilidad de aproximadamente 33% y que la que se secó en horno el coeficiente era únicamente de 14%. Consecuentemente el consideró que la mezcla de punta de caña con mieles finales (RACION # 3) como en general superior a las mezclas de cachaza más mieles más punta de caña (RACIONES 1 y 2).

Staub y Darne, sin embargo de 1962 a 1964, han conducido varios experimentos con grupos de 12 vacas usando en forma alternativa "cachaza", Cachaza más miel final y harina de pescado -- (50% + 35% + 15%) y un alimento común (balanceado), para vacas. El primer alimento dió resultados regulares, mientras que el segundo dió un resultado ligeramente mejor que el alimento común visto desde el punto de vista de producción de leche y costo. El aparente coeficiente de digestibilidad para la proteína era de 69% y para las ceras 70% en la mezcla de cachaza más mieles finales más harina de pescado. Aparentemente resulta que la verdadera dificultad para la utilización industrial de la cachaza como un ingrediente en la pastura es la operación del secado que debería ser conducida tan económicamente como sea posible pero teniendo cuidado de no sobrecalentar la cachaza.

Un proceso en dos etapas, será probablemente requerido, extrayendo en el primer paso algo de humedad por presión y el secado completado con calor controlado.

Resultado de experimentos con cachaza en alimentación de ovejas:

CONSTITUYENTES	RACION # 1		
	ANALISIS	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD.	TOTAL DE NUTRIENTES D.
PROTEINA CRUDA	11.6	24.3	2.81
FIBRA CRUDA	20.4	35.4	7.23
CERA	6.3	26.6	3.70

CONSTITUYENTES	ANALISIS	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD	TOTAL DE NUTRIENTES D.
CENIZAS	12.1	20.3	-. -
N. LIBRE EXTRATADO	49.6	52.2	25.89
M. O.	87.9	42.7	-. -
<i>T o t a l :</i>			<u>==39.63==</u>

R A C I O N # 2.

CONSTITUYENTES	ANALISIS	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD	TOTAL DE NUTRIENTES D.
PROTEINA CRUDA	9.7	33.1	3.21
FIBRA CRUDA	21.2	40.1	8.69
CERA	5.5	50.6	6.26
CENIZAS	10.8	30.9	-. -
N. LIBRE EXTRACTADO	52.3	56.7	29.65
M. O.	89.2	49.7	-. -
<i>T o t a l :</i>			<u>47.81</u> =====

R A C I O N # 3.

CONSTITUYENTES	ANALISIS	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD	TOTAL DE NUTRIENTES D.
PROTEINA CRUDA	7.1	38.4	2.72
FIBRA CRUDA	28.0	42.6	11.91
CERA	2.5	33.2	1.87
CENIZAS	8.9	53.5	-. -
"N" LIBRE EXTRACTADO	53.5	57.9	31.00
M.O.	91.1	51.0	-. -
<i>T o t a l :</i>			<u>47.50</u> =====

LA CACHAZA COMO UN FERTILIZANTE.

De los 6 elementos principales que la planta utiliza para su desarrollo, 5 están presentes en la cachaza.

Su contenido en nitrógeno es relativamente bajo y ocurre principalmente como proteína y otras formas complejas; sin embargo, su conversión a formas más simples sucede rápidamente a medida que la materia se descompone. El fósforo como P_2O_5 , puede llegar hasta un poco más de 6%, y está presente en combinaciones orgánicas complejas, tales como fosfolípidos y núcleo-proteínas. También ocurre en forma de fosfato de calcio, que se produce cuando se añade la lechada de cal al guarapo en la clarificación. Normalmente el fósforo está como complejos orgánicos que se descomponen rápidamente y suministran a la planta una cantidad apreciable de este elemento. El contenido de potasio, como K_2O , es muy bajo y rara vez llega al 1%. Esto se debe al potasio en la caña de azúcar no ocurre en forma orgánica compleja y la mayor proporción -- que contiene el guarapo se concentra principalmente en las mieles finales. El poco potasio presente en la cachaza está en una forma muy soluble y de fácil y rápida asimilación. El contenido de calcio, en forma de CaO , es alto promediando alrededor de un 3.5%. La mayor parte proviene de la cal agregada en el proceso de alcalinización del guarapo, más que de la caña de azúcar propiamente. El concentrado de magnesio en la cachaza, en forma de MgO , es lo suficientemente significativo como para que la planta pueda aprovechar este elemento. No tenemos antecedentes de la presencia del azufre como para ser utilizado por los vegetales.

Entre los elementos menores que contiene la cachaza figuran principalmente: Manganeso MnO_2 , después el boro B_2O_3 , el Hierro como Fe_2O_3 , puede no estar en forma disponible para la planta porque parte del mismo proviene de la materia extraña en los suelos y parte como trazas del Hierro metálico de los molinos.

Cuando nos referimos a la cachaza como fertilizante

tomamos principalmente en consideración los tres macroelementos o sean, $N-P_2O_5 - K_2O$. Son estos tres elementos los que normalmente vienen formulados y especificados en los fertilizantes comerciales.

Si la cachaza se valora intrínsecamente por su contenido de elementos mayores, entonces tendremos un producto fertilizante con fórmula 2.2-3-0.5 aproximadamente. Esto resultaría muy desalentador si no se consideran las características señaladas en la sección que trata de la cachaza como mejorador de suelos.

Entre la bibliografía consultada encontramos cifras muy disímiles, en cuanto al contenido de elementos nutritivos en la cachaza. Esto puede ser debido a los métodos utilizados en la filtración del guarapo y más aún a la naturaleza del subproducto. En este último aspecto, se sabe que el contenido de nutrientes en la cachaza puede variar considerablemente con los distintos tipos de suelo y las variedades de caña cultivadas.

Entre los análisis de cachaza proveniente de filtros rotativos al vacío, consideramos que los resultados obtenidos por la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica en muestras enviadas de numerosos ingenios de diversas partes del mundo, incluyendo México resultan muy fehacientes.

El promedio obtenido con más de 100 análisis se detalla a continuación:

	<u>Cachaza</u>	
	Fresca	Vieja (†)
Reacción pH	5.10	5.40
Humedad	75.00	16.50
Materia Orgánica	18.40	20.00
Nitrógeno (como N)	.63	2.11
Nitrógeno (como NH_3)	.76	2.57
Acido fosfórico (P_2O_5)		

	<u>Cachaza</u>	
	Fresca	Vieja
Asimilable	.33	1.00
Insoluble	.16	.60
Total	.49	1.60
Potasio (K_2O) sol. en agua	.16	.34
Calcio (como CaO)	.62	1.35
Magnesio (como MgO)	.09	.22

+ Varios meses expuesta a la intemperie.

Consideramos que los trabajos realizados en Australia, hace un año, contienen datos muy interesantes relacionados no solamente con sus análisis, sino también comparando la "cachaza" con los fertilizantes más comunes usados en la región cañera de -- Queens Land. En este sentido tuvimos la oportunidad de platicar ampliamente con el Dr. Norman J. King, Director de la Oficina de Estaciones Experimentales de la caña de azúcar en Australia, durante su visita a Guadalajara, y pudimos comprobar que la naturaleza de sus "lodos" (cachaza) son similares a las obtenidas en algunos Ingenios de México, y únicamente existen variaciones significativas en la azúcar retenido (perdido) en este sub-producto.

En estos análisis de cachaza en Ingenio Australia nos solamente les interesaba el contenido de elementos principales utilizados por la caña de azúcar en su nutrición. De un gran número de análisis se obtuvieron los siguientes valores:

N = 1.46%
 P = 0.70%
 K = 0.26%
 $CaCO_3$ = 3.60%

Como se podrá comprobar estos elementos están dentro de los límites que hemos citado anteriormente, con excepción del "P". Esto puede ser debido a que todos los Ingenios Australianos -

producen azúcar mascabado, estando las refineras en complejos industriales independientes.

Las mismas cifras citadas anteriormente en porcien - tos, han sido convertidas en Kgs. de nutrientes por tonelada de ca chaza húmeda, producida en filtros rotativos:

N = 4.924 Kgs/tonelada.
P = 2.349 Kgs/tonelada.
K = 0.879 Kgs/tonelada.
CaCO₃ = 12.099 Kgs/tonelada.

El contenido de humedad de esta cachaza era aproxima damente 70%.

EFFECTOS SOBRE LA CANA DE AZUCAR.

Las dudas más importantes sobre el uso agrícola de - la cachaza han sido:

- 1o.- ¿Puede aplicarse recién salida de los filtros o resulta perjudicial; siendo mejor utilizarla al segundo año, después que se haya efectuado la - descomposición?
- 2o.- ¿Debe aprovecharse únicamente en tierras que va yan a ser sembradas, o puede también aplicarse en retoños, sin peligro de que se quemem o ani quilen?
- 3o.- ¿Cuál es la cantidad (tons./Ha.) adecuadas que - deben de aplicarse para que su poder fertilizan te sea efectivo?
- 4o.- ¿La aplicación de cachaza como fertilizante en - las cañas trae por consecuencia una disminución

del rendimiento azucarero?

50.- ¿Sistema económico para la aplicación de la ca-
chaza?

EXPERIMENTOS REALIZADOS.

- A.- Aplicación de cachaza fresca sobre retoños cu --
biertos de paja.
- B.- Aplicación de cachaza fresca (recién salida de -
los filtros) sobre retoños cuya paja fué quemada
después se aplicó la cachaza y finalmente se - -
aporcó.
- C.- Aplicación de cachaza "fresca" en campos que pos
teriormente se prepararon para ser sembrados.

El resultado de éstas tres pruebas fué que en todas -
brotaron las cañas y se mantuvieron perfectamente verdes, sanos y -
vigorosos, a pesar de la intensa sequía existente, ya que prove -
charon la humedad que les proporcionó la cachaza.

Existía duda también en si la acidez y fermentación -
que se provoca al descomponerse la cachaza, no criaba un medio ade -
cuado para el desarrollo normal de la caña.

Se analizaron las muestras de esta cachaza, en los -
mejores laboratorios de la Habana, y el Departamento de Agricultu -
ra de los Estados Unidos, en Washington, los resultados fueron:

	+Un año sobre el terreno	
	Cachaza fresca	Cachaza vieja.
	%	(+) %
Reacción P ₂ H	5.10	5.40
Humedad	75.50	69.60
Materia orgánica	18.40	19.25
Nitrógeno (como N)	0.63	2.10
Nitrógeno (como NH ₃)	0.75	2.55
Acido fosfórico (P ₂ O ₅ Asimilable)	0.30	0.99
Acido fosfórico (P ₂ O ₅ Insoluble)	0.15	0.58
Acido fosfórico (P ₂ O ₅) Total	0.45	1.57
Potasa (K ₂ O soluble en agua)	0.17	0.34
Calcio (CaO)	0.60	1.30
Magnesio (MgO)	0.09	0.21

Observando que los elementos nutritivos de la cachaza vieja duplican y hasta triplican a los de la cachaza fresca, es cuando hayamos la respuesta química del por qué las cañas tratadas con cachaza mejoran aún más en el segundo año después de haber sido abonadas.

Esto en ningún modo significa que la cachaza "fresca" no debe ser aplicada; todo lo contrario; si la cachaza nos produce el primer año de un 20% a un 30% de incremento en la producción y el segundo desde un 50-80% o sea un total de 70-110% en los dos años; si se aplicara solo el segundo año entonces no solo se perdería los beneficios del primero, sino que se elevaría tan enormemente el costo de manipulación que no sería económica aplicarla.

La segunda duda, de si se puede aplicar cachaza fresca sobre retoños sin peligro de que se quemen o aniquilen, es igualmente importante, y para experimentarlo se hicieron dos pruebas A y B, aplicando en la primera 167.77 toneladas de cachaza fresca por hectárea, (1 pulgada de espesor) sobre los retoños cu-biertos con paja y en la segunda 335.54 toneladas de cachaza fres-

ca/Ha. (2 pulgadas de espesor) también sobre retoños, pero que se les había quemado la paja y después se aparcaron.

Los resultados de ambas pruebas fueron altamente positivas, pues en vez de quemarse o ahogarse los retoños como se -- pensaba podía suceder, brotaron tan llenos de vida, verdes y vigorosas cual si fuera recién plantada.

A los pocos días de aplicada la cachaza comienza a -- descomponerse (fermentarse) apareciendo sobre la misma manchones -- blancos y otros rojizo-anaranjados, que no son más que hongos y -- bacterias cuya función es descomponer la M.O. produciendo amoníaco (amonización) que a su vez es transformado por otro grupo de bacterias en nitratos (nitrificación) pasando de un estado insoluble a -- soluble, que es la forma de asimilación de las plantas.

De ahí el porqué cuando se aplica cachaza a cañas em pobrecidas por falta de nitrógeno y demás elementos, salta a la -- vista a las pocas semanas un cambio muy notable y favorable en el desarrollo vegetativo.

Uno de los argumentos que existía para dudar sobre -- la aplicación de la cachaza fresca sobre los retoños, era que la -- temperatura que la misma mantenía era muy alta y podía quemar los -- retoños.

Este argumento se basaba en el hecho indiscutible de que al salir la cachaza de los filtros y se almacena en grandes pílas, la cachaza que esta en el fondo tiene una temperatura muy elevada que quema la mano, pero cuando la cachaza es utilizada en el -- campo se distribuye, aplicándose en capas delgadas de una o dos -- pulgadas de espesor, en esta forma el calor existente en la misma -- se irradia prontamente, y en pocas horas la temperatura se normaliza hasta llegar a casi a la del medio ambiente con diferencias de -- uno a dos grados.

Para llegar a esta conclusión, se distribuyeron va -

rios termómetros enterrándolos bajo la capa de cachaza aplicada y de esta manera se hicieron lecturas durante varias semanas a diferentes horas del día: 7 a.m., 1 p.m. y 5 p.m.

Con respecto a determinar cuánta es la cantidad (toneladas) de cachaza adecuada que se debe aplicar de manera que no vaya a ser tan poca que su poder fertilizante no sea efectivo, ni tanta como para que pudiera existir peligro de que la cepa fuera afectada y la aplicación resultara demasiado costosa.

Como por los análisis que se tienen se sabe que el contenido de la misma en sus elementos nitrógeno, fósforo y potasio, es poco, siendo únicamente rica en su humedad y M.O. tenemos pues que en modo alguno puede considerársele como un abono concentrado del que sólo basta aplicar una pequeña cantidad, sino todo lo contrario, es decir: que la cachaza, para que pueda rendir utilidad como abono, tiene necesariamente que aplicarse en grandes cantidades y por ello, es que en las pruebas A, B y C, se aplicaron: 167.77 toneladas/Ha; 335.54 tons./Ha. y 402.64 tons./Ha. respectivamente.

Para demostrar que la cachaza en manera definitiva no afecta a los retoños, aunque se aplique en grandes cantidades, se construyeron dos cuadros de madera, uno de siete pulgadas de altura y otro de catorce. Los cuales se colocaron llenos de cachaza sobre una cepa de caña recién cortada y cubierta de paja, con el objeto de ver si los retoños podían nacer y desarrollarse a pesar de tener encima una cantidad tan grande de cachaza o si por el contrario se quemaban o ahogaban muriéndose.

Apenas transcurridos quince días el retoño del cajón conteniendo siete pulgadas de cachaza (que equivalen a 1,174.39 toneladas/Ha.) brotó muy naturalmente con un color verde, vigoroso y sin la menor señal de haber sufrido en absoluto.

Del cajón que contenía 14 pulgadas de cachaza (de espesor que equivalen a 2348.78 toneladas/Ha.): no obtuvieron la me-

nor noticia positiva hasta transcurrido un mes, que fue cuando se observó con satisfacción que el retoño comenzaba a perforar la superficie de la cachaza, abriéndose paso hacia el exterior, con muy buen vigor, color y lozanía.

Tanto los retoños del cajón con siete pulgadas, como el de catorce, continuaron desarrollándose perfectamente, con muy buen tamaño lo que demuestra que la cachaza aún recién salida de los filtros, aplicada directamente sobre retoños y en grandes cantidades, no los perjudique en lo más mínimo sino todo lo contrario, es decir, los estimula y mejora, alimentándolos con gran beneficio.

PRUEBAS REALIZADAS.

Aunque apenas transcurridas las primeras semanas, -- las cañas que se les había aplicado cachaza comenzaron a distinguirse notablemente sobre "los testigos", hasta haber transcurrido nueve meses de éstas pruebas se pudo medir los resultados y así tenemos:

CAMPO # 16 TRATAMIENTO "A"

La aplicación de cachaza fresca por Ha. para comparar con el testigo fue de una pulgada de espesor en la superficie tratada, equivalente a 167.67 toneladas/Ha.

Los resultados obtenidos fueron:

Siembra realizada en: Junio 1948

Varietal: Media Luna.

Primer corte (1950): 51.111 toneladas/Ha. caña de 24 meses.

Segundo corte (1951): 25.555 " " " " 12 meses.

Prueba realizada con cachaza, aplicada después del segundo corte.

Tercer corte (1952) :

Testigo: 17.037 Tons./Ha. edad 12 meses.

Experimento: 42.629 Tons./Ha. 167.77 Tons./Ha. de cachaza fresca.
La diferencia de rendimiento Testigo a Cachaza; como se puede no -
tar es del 150% de incremento en favor de los abonados con Ésta últ
tima.

CAMPO # 19
TRATAMIENTO "B"

La aplicación de cachaza fue de un espesor de -2" en
la superficie tratada, equivalente a 335.54 Tons/Ha. de cachaza --
fresca y los resultados fueron:

Siembra realizada en: Agosto de 1948.

Variedad: P O J 2727.

Primer corte (1950) 93.703 Tons/Ha. de caña edad 18 meses.

Segundo corte (1951) 25.555 " " " " " 11 meses.

Aplicación de cachaza al finalizar el segundo corte, se realizó la
prueba, aplicándose 335.54 Tons/Ha. de cachaza fresca.

Tercer corte (1952):

Testigo: 17.237 Tons/Ha. de caña de 10 meses.

Experimento: 59.629 Tons./Ha. de caña de 10 meses tratada con ca -
chaza.

Es sumamente notable el incremento que presentan las
cañas abonadas con cachaza, las cuales rebasan con un 250% a las -
no tratadas (Testigo).

CAMPO # 21
TRATAMIENTO "C".

Siembra realizada en: Junio de 1945

Variedad: P O J 2883 y P O J 2727.

Primer corte (1947) : 59.629 Tons/Ha. caña de 24 meses.

Segundo corte (1948): 34.074 Tons/Ha. " " 12 "

Tercer corte (1949) : 25.555 Tons/Ha. " " 12 "

Cuarto corte (1950) : 21.296 Tons/Ha. " " 15 "

El cultivo se barbechó demoliéndose completamente. -
En marzo de 1951 se le aplicó cachaza, la dosis utilizada fue de -
402.64 Tons/Ha. la siembra se realizó en ese mismo mes.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Primer corte (1952) :

Testigo: 34.74 Tons/Ha. caña de 11 meses.

Experimento: 59.629 Tons/Ha. " " " " tratada con cachaza.

El incremento de las cañas sacadas con referencia a las Testigo fue de 175%, además se economizó tanto en limpias como en resiembra.

A pesar de que se llegó a un agotamiento excesivo la superficie experimental y además de la poca edad que tenía la caña cuando se realizó el corte y teniendo poco tiempo para que la ca - chaza tuviera una mayor fermentación el incremento nos puede demos - trar que valió la pena la aplicación de este subproducto. Estos -- años de intensa sequía y además que fue el primero en que se aplicó la cachaza. Es muy probable que el siguiente año fueran superiores (sin datos), debido a que la cachaza se habría descompuesto más, - produciendo una nitrificación (humus). En forma más asimilable y - mejor mezclas con el suelo.

Los resultados benéficos que la cachaza suministra - tanto como fertilizante o mejorador del suelo se mantienen de 2 a - 3 años consecutivos y se pueden expresar como sigue:

Químicamente: Por sus elementos nutrien - tes.

A) MEJORA LA CALIDAD
DEL
TERRENO.

Físicamente: Por sus propiedades de rete - ner la humedad, aumentar la porosidad y soltura de la - tierra.

Biológicamen- Por sus propiedades favora-

to fué:

Cucárvita pepo Variedad : Zuchinni
La densidad de población fué de 60 000 plantas/Ha.
Temperatura media: 29°C Mínima 9°C Máxima 35°C
Humedad promedio: 61% " 51% " 70%

Los tratamientos utilizados fueron 4 más un testigo:

TRATAMIENTO	DOSIS
	Tons/Ha. de cachaza fresca.
1.-	100 Tons
2.-	150 "
3.-	200 "
4.-	115-46-50 fórmula de fertilizante químico, a razón de una Tonelada/Ha.
5.-	Testigo

Los componentes de dicha fórmula química fueron:

250 Kgs. de Urea aplicados en tres partes iguales, - con un lapso de tiempo entre cada una de 30 días.

100 Kgs. de Superfosfato de calcio triple en una so-la aplicación.

100 Kgs. de Cloruro de Potasio en una sola aplica -- ción.

Los análisis de suelo y cachaza que se utilizaron en dicho experimento fueron realizados en los Laboratorios de Agrología de la Secretaría de Recursos Hidráulicos; en Guadalajara, Jal.

Los resultados obtenidos de dichos análisis fueron:

"RESULTADOS EXPRESADOS EN p.p.m."

Muestra	Ca	K ₂ O	Mg	Mn	P ₂ O ₅	N Nítri co.	N Amonia cal.	pH
Cachaza recién salida de los filtros, sin - exponerse a intempe - rie.	2200	670	110	6	28	3	150	4.3
Suelo (Testigo)	2200	170	28	6	56	3	12	6.6

Se puede notar que la cachaza no había iniciado su -
descomposición biológica, por lo tanto no existía todavía humus y -
nutrientes asimilables, por lo tanto casi no existe diferencia en -
los análisis de dichas muestras.

Los datos obtenidos de este experimento fueron lleva -
dos a un análisis de varianza, la cual resultó altamente significa -
tiva por lo cual se analizó con la "Prueba Múltiple de Duncan".

Los datos se expresan en gramos por metro cuadrado -
el cual fue tomado como unidad de muestreo:

TRATAMIENTO	REPETICIONES				\bar{X}
	I	II	III	Z	
1.- 100 Tons. de cachaza	1247	1252	809	3308	1102
2.- 150 Tons. de cachaza	796	1685	927	3388	1129
3.- 200 Tons. de cachaza	1402	1137	1960	4499	1499
4.- 115-46-50 una tonelada	326	875	212	1413	471
5.- Testigo	93	33	63	189	63
Z	3864	4962	3971	12797	
\bar{X}	773	992	794		852

NOMENCLATURA

Fc.- Factor de corrección.

ZcTT.- Suma de cuadrados totales.

Zc Trat.- Suma de Tratamientos.

Zc Rep.- Suma de repeticiones.

Zc E.Exp.- Suma de cuadrados del Error experimental.

Cv.- Coeficiente de Variación.

ET \bar{X} .- Error típico de la media.

rp.- Valores dados con la tabla de Duncan, para 8 grados de libertad del Error.

RP.- Límites de significancia de la diferencia entre dos promedios.

$$\begin{aligned}
 Fc &= \frac{(12\ 797)^2}{15} = \underline{10\ 917\ 547} \\
 ZcTT &= \underline{16\ 072\ 689} = 10\ 917\ 547 = 5\ 155\ 142 \\
 Zc\ Trat. &= \frac{44\ 694\ 699}{3} - 10\ 917\ 547 = 3\ 980\ 686 \\
 Zc\ Rep. &= \frac{55\ 320\ 781}{5} - 10\ 917\ 547 = 146\ 615 \\
 Zc\ E.Exp. &= \underline{5\ 155\ 142} - (3\ 980\ 686 + 146\ 615) = 1\ 027\ 841
 \end{aligned}$$

CUADRO DE VARIANZA

	Sc	GL	Varianza	FC	FT 0.05	0.01
Tratamientos	3 980 686	4	995 171.5	7.745	3.47	5.14
Rep.	146 615	2	73 307.5	0.570	3.26	4.74
Error	1 027 841	8	128 480.1			N.S.
Total	5 155 142	14				

Como el análisis resulta con alta diferencia significativa entre tratamientos, se procedió a efectuar la prueba múltiple.

tiple de Duncan.

$$ETX = \frac{128\ 480.1}{3} = 206.92$$

$$CV. = \frac{128\ 480.1}{852} = 42.07$$

$$CV. = 42.02 \%$$

Para encontrar RP = $r_p \times ET\bar{X}$

Trat.	Media	Medias por comparar	r_p .	RP.
A - 1	1499			
B - 2	1129	2	3.26	674.55
C - 3	1102	3	3.39	701.45
D - 4	471	4	3.47	718.01
E - 5	63	5	3.52	728.35

A - E	=	1499 - 63	=	1436	>	728.35
A - D	=	1499 - 471	=	1028	>	718.01
A - C	=	1499 - 1102	=	397	<	701.45
A - B	=	1499 - 1129	=	370	<	674.55
B - E	=	1129 - 63	=	1066	>	718.01
B - D	=	1129 - 471	=	658	<	701.45
B - C	=	1129 - 1102	=	27	<	674.55
C - E	=	1102 - 63	=	1039	>	701.45
C - D	=	1102 - 471	=	637	<	674.55
D - E	=	471 - 63	=	408	<	674.55

Tratamiento	Media				
3	1499	_____	A		
	1129	_____	A	_____	B
1	1102	_____	A	_____	B
4	471	_____		_____	B _____ C
5	63	_____		_____	_____ C

Los rendimientos unidos con la misma literal no difieren significativamente al nivel del 5% de probabilidad.

CANTIDADES A APLICAR

1.- Las recomendaciones que se tienen al respecto -- son las dadas por los técnicos: Sr. Guillermo R. Morini Cowley, autor de los experimentos con cachaza, realizados en Cuba (Junio 1948-Abril 1952) y del artículo editado en la memoria de la XXV Conferencia Anual de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba.

El cual nos indica que la mejor y más económica manera de aplicar la cachaza como fertilizante es, aplicándola en la cantidad de 167.77 toneladas de cachaza fresca (70% de humedad) por hectárea (1" de espesor).

Otra de las recomendaciones efectuadas al respecto, ha sido la indicada por el Dr. Brandes, ex-Director del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica: en el XXIII Congreso de la A.T.A.C., expresó que podían aplicarse la cantidad de 335,54 toneladas de cachaza fresca por Ha. (2" de espesor).

Analizando lo antes mencionado en el capítulo II, al hacer comparaciones con productos químicos y conociendo las necesidades, (más o menos apegadas a la realidad) de la cantidad de nutrientes que necesitan los determinados cultivos, sería factible que para cada uno de ellos se aplicara una determinada cantidad; aunque tendría que ser de cualquier forma un volumen considerado, para poderlo aplicar más fácilmente en la superficie, ya que no se cuenta en ninguno de los ingenios de la República con equipo necesario para la aplicación de cachaza en poco volumen.

COSTOS DE APLICACION.

Para poder calcular costos de aplicación por Hectárea, tomando como base la caña de azúcar, que es el cultivo precisamente aledaño a las fábricas, para flete más barato, ya que hay deficiencia de fletes baratos como serían los de ferrocarril, analizaremos los costos originados de acarreos con camiones de carga.

Se sabe que para una aplicación uniforme, es necesario un volumen considerable, de aproximadamente 167.8 Toneladas -- por Hectárea que sería una aplicación con un espesor de 1", que es la recomendación que hace el Técnico Sr. Guillermo R. Morini -- Cowley.

Sabemos que un metro cúbico con el 70% de humedad pesa aproximadamente 770 Kgs $167.8 \div .77 = 218 \text{ Mt}^3/\text{Ha}$. y el costo de acarreo por Mt^3 y por Km. es de \$ 0.50.

$$218 \text{ Mt}^3 \times .50 \text{ ¢} = 109.00 / \text{Km}.$$

Como las distancias promedio de abastecimiento en los Ingenios en la República Mexicana son aproximadamente de 5 - - Kms. el costo real promedio sería:

$$\text{\$ } 545.00 / \text{Ha}.$$

Además a esta erogación se le debe agregar el costo de aplicación (esparcirlo); ya que debido a que en México no hemos estimado el valor real de este subproducto como una riqueza en fertilización, no se dispone de equipos para hacer más económica la aplicación en los terrenos cañeros.

El costo por esparcirlo en el terreno será lo que se le pague a un peón el cual se calcula sobre:

$$0.50 \text{ ¢} / \text{Mt}^3.$$

$$218 \times .50 = 109.00 / \text{Ha}.$$

Lo cual hace un egreso por Ha. de:

$$545.00 + 109.00 = \$ 654.00$$

La aplicación de este volumen de cachaza es comparable con un volumen considerable de fertilizante químico, el cual se puede representar con la siguiente fórmula que sería: - - - Kgs de N - P_2O_5 - K_2O /Ha, sin tomar en cuenta los micronutrientes -- que se están agregando como impurezas, además de la M.O. que está mejorando la textura de los suelos Tratados; la fórmula química sería en Kgs. por Hectárea.

N	P_2O_5	K_2O
1678	822.5	268.5

en cachaza fresca, sin tomar en cuenta que según sea su descomposición, incrementará estos nutrientes, a disposición de las plantas, al grado que durante 2 o 3 años no será necesario aplicarle fósforo y potasio, debido a la estabilidad que tienen en el suelo estos elementos.

Analizando el costo con respecto de los productos -- químicos que proveerían esta cantidad de nutrientes y tomando los productos que por su concentración y flete resultan más baratos sería:

PRODUCTOS QUÍMICOS.

Por Tanelada.

Precios de dichos productos en -
la región.

Urea	\$ 1382.00
Superfosfato de calcio triple	\$ 1250.00
Cloruro de Potasio	\$ 908.00
$(NH_4)_2SO_4$	\$ 733.00
NH_4NO_3	\$ 1292.00
Una Ton. de cachaza a 5 Kms de la fábrica.	\$ 3.57

La cantidad que se tendría que aplicar para suplir -
los agregados por medio de 167.8 Tons. de cachaza serían:

Urea	3 866 Kgs/Ha.	=	\$ 5 342.71
Superfosfato de Ca. Triple	1 788 Kgs/Ha.	=	\$ 2 235.00
Cloruro de Potasio.	537 Kgs/Ha.	=	\$ 407.00
T o t a l		=	<u>\$ 7 985.30</u>

Lo cual sería la cantidad aplicada con cachaza.

En la mayoría de los Ingenios se tienen mapas de suelo por consiguiente ya han seleccionado sus fórmulas adecuadas para una buena fertilización; mencionaremos algunas de las fórmulas más comunes, así como cantidades de aplicación por Hectárea.

FABRICA	FORMULA O PRODUCTO QUIMICO	DOSIS KGS/HA.
Bellavista	20 - 10 - 10 - $(NH_4)_2 SO_4$	400+100
Estipac	Superfosfato de Ca+ $SO_4(NH_4)_2$ o, NO_3NH_4 o, 8 - 6 - 0.	270+240
Guadalupe	$SO_4(NH_4)_2$ y CIK	1 000
José Ma. Morelos	20 - 10 - 10	600
La Purísima	$SO_4(NH_4)_2$ o, $NO_3(NH_4)$	800 o 500
Santiago	$SO_4(NH_4)_2$ y Superfosfato de Potasio	800
San Francisco Ameca	"13.4 - 4.6 - 0"+ $SO_3(NH_4)_2$ o, $NO_3(NH_4)_2$ + Superfosfato de Calcio Triple	500+650
San José del Tule	35 - 5 - 5	600
Tala	20 - 10 - 10 ----- Urea	1 000 o 350
Tamazula	17 - 4 - 8; 26 - 8 - 12	1 500 o 1 000

PRECIOS / TON.

FORMULA

\$ 1 362.00	20 - 10 - 10
\$ 1 210.00	134 - 46 - 0
\$ 1 528.00	35 - 5 - 5
\$ 895.00	17 - 4 - 8
\$ 1 400.00	26 - 8 - 12
\$ 3.57	1 Ton. de cachaza a 5 - Kms. de la fábrica.

Al observar los precios, tanto de los productos químicos solos como ya formulados, es notable el incremento de costo con respecto al de la aplicación de cachaza, además de las ventajas que el uso de ésta implica.

Tomando como ejemplo la aplicación de una Ton. de -- 26 - 8 - 12 comparando con la aplicación de cachaza nos refleja un gasto muy superior al de ésta última, ya que el costo del fertilizante químico por Ton. sería de \$ 1 400.00 y el de la cachaza ya aplicada \$ 654.00, lo cual reflejaría un ahorro de \$ 746.00 aproximadamente por Ha. abonada.

CAPITULO V
CONCLUSIONES.

En el Edo. de Jalisco se cuenta actualmente con diez Ingenios Azucareros y su molienda promedio anual es de:

FABRICA	MUNICIPIO	MOLIENDA ANUAL PROMEDIO - DE 4 AÑOS 67/70.
Bellavista	Acatlán de Juárez	145 421.5 Tons. de caña.
Estipac	Villa Corona	83 675.0 " "
Guadalupe	Tecalitlán	61 571.2 " "
José Ma. Morelos	Casimiro Castillo	261 733.7 " "
La Purísima	Tecalitlán	68 967.7 " "
Santiago	Tecalitlán	50 792.5 " "
San Francisco Ameca	Ameca	279 717.0 " "
San José del Tule	Pihuamo	65 020.7 " "
Tala	Tala	596 164.5 " "
Tamazula	Tamazula	885 809.0 " "

Nota: La cantidad de cachaza producida por Ton. de

caña molida es aproximadamente de 230 Kgs, por lo tanto tenemos -- las toneladas que produce por año cada uno de los Ingenios:

FABRICA	TONS. DE CACHAZA/ANO.
Bellavista	33 446.94
Estipac	19 245.25
Guadalupe	14 161.37
José Ma. Morelos	60 198.75
La Purísima	15 862.57
Santiago	11 682.27
San Francisco Ameca	64 334.91
San José del Tule	14 945.76
Tala	137 117.83
Tamazula	203 736.07
T o t a l:	<u>574 740.72</u>

Sabemos que la media del porcentaje en nutrientes -- que contiene la cachaza es:

N	1.07 %
P ₂ O ₅	0.49 %
K ₂ O	0.16 %
Ca	1.07 %
Mg	0.21 %
M.O.	18.00 %

Pérdidas que estiman en la cantidad de cachaza producida, cuando no son aprovechadas tanto en el uso agrícola como-

ganadero.

PÉRDIDAS en el Edo. de Jalisco en Tons. de nutrientes:

Nitrógeno	7 931.41	Tons
P ₂ O ₅	2 815.22	"
K ₂ O	919.58	"
Ca	6 149.71	"
Mg	1 206.95	"
M.O.	103 653.32	"

Con lo cual se hace notar las pérdidas de nutrientes que año con año son desperdiciadas sin darles la importancia económica que requieren; Esta pérdida afecta más al cañero que a la empresa, por lo que el indicado para solventar esta imprudencia, es el productor de caña.

La cantidad de Hectáreas que sería posible fertilizar (mejorar) año con año serían aproximadamente (en el Edo. de Jalisco) 3 500 Has.

En las cuales el ahorro real por Hectárea (a grosso modo) sería \$ 700.00 por unidad (Ha) de superficie tratada.

Con un ahorro para los cañeros del Edo. de \$2'450,000.00 los cuales podrían ser empleados con diversos fines, con el objeto de alcanzar un incremento en su producción anual.

A.- RECOMENDACIONES.

Habiendo obtenido resultados halagadores con los experimentos realizados en la utilización de la cachaza como mejorador de suelo, pero siendo tan poco lo que se ha experimentado al respecto, es necesario llevar a cabo un mayor número de pruebas; -

para poder hacer recomendaciones más exactas, sobre las dosis por Hectárea y la frecuencia de aplicaciones para una mayor ferti- lidad en los suelos cañeros, ya que es un cultivo intenso y agota - dor para los suelos.

Las pruebas deben hacerse extensivas en toda la ga- ma que afecte dicho cultivo, ya que también sería muy importante hacer con láminas de riego sobre las superficies aplicadas con -- "cachaza", debido a que es conocida la gran absorción de humedad que tiene dicho subproducto, ya que podría resistir con mayor se- guridad una sequía prolongada por la cantidad de M.O. que se le - agrega.

Otra de las observaciones que es necesario efectuar es: ¿Qué afectación pudiera causar en el ciclo vegetativo de la caña, por una asimilación de humedad unida a una alta temperatura en el suelo por la M.O.?, ya que podría afectar la madurez y con- tenido de azúcares que es lo que deben cuidar, tanto los cañeros - como la industria procesadora.

Todos estos factores se deben unir y analizar, com- parándolos con la economía que garantiza la aplicación del subpro- ducto de la Industria Azucarera " CACHAZA".

B I B L I O G R A F I A .

- A.C. BARNES (1964) THE SUGAR CANE, - 188-384
- N.J. KING
R.W. MUNGOMERY (1965)
C.G. HUGAES
MANUAL OF CANE GROWING, - 93-96-97.
- F. AGETE PINERO (1946) LA CANA DE AZUCAR EN CUBA, - 391-392
- A. DE J. GONZALEZ (1937) EMPLEO DE LA CACHAZA EN EL ABONADO -
DE TIERRAS PARA CANA, - XI MEMORIA-
ATAC. - 269-273.
- ANON. (1968) ROTARY FILTER MUD-CANE GROWER'S - -
QUARTERLY, - *Bulletín* Abril 10. 1970
129-131.
- ANON. (1955) MILL MUD, - C.G.Q.B. *abril* 10. 1955,
113-114.
- GUILLERMO R. MORINI COWLEY (1951) MEMORIA DE LA XXV CONFERENCIA ANUAL
DE TECNICOS AZUCAREROS DE CUBA,
*Aprovechamiento de la cachaza como -
magnífico fertilizante en los cañave
rales.* 57-79.
- A. CASTILLO MUJICA (1951) MEMORIA DE LA XXV CONFERENCIA ANUAL-
ASOCIACION DE TECNICOS AZUCAREROS DE
CUBA,
La cachaza como materia prima para -

la fabricación de superfosfato de Ca.
401-410.

ING. JULIO ESPINOZA H. FISICA Y QUIMICA DE SUELOS, - 1-12

DR. ENRIQUE ORTEGA TORRES QUIMICA DE SUELOS, - 34 - 35.

BONNER J. PLANT BIOQUE MISTRY - Partes I y II-
1950.

MC. HENRY J.R. Y RUSSELL SOIL SCIENCE - 57-351-357 (1944).
M.B.,

RUSSELL E. W., SOIL CONDITIONS AND PLANT GOWTA, --
(1950)

ING. BONIFACIO ZARAZUA C. MICROBIOLOGIA GENERAL, AGRICOLA Y PE
CUARIA. - 50 - 54.

TEUSHER Y ADLER EL SUELO Y SU FERTILIDAD. - 39-46.

ING. JULIO ESPINOZA H. APUNTES DE QUIMICA AGRICOLA. 6-12

J. M. PATURAU BY PRODUCTS OF THE CANE SUGAR INDUS-
TRY, - 119-121-137-149.

ANON. MANUAL AZUCARERO MEXICANO. - 1967 -
1968-1969-1970.

JOSE LUIS DE LA LOMA EXPERIMENTACION AGRICOLA, 316-334.