


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
MAESTRIA EN DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure on horseback, likely a saint or historical figure, holding a staff. The figure is surrounded by various symbols, including a crown at the top, a shield, and a banner. The Latin motto "CONSPICUA CAROLINA" is inscribed at the top of the seal. Other text within the seal includes "PLUS" and "ULTRA".

EVALUACIÓN DEL USO DE LOS SUBPRODUCTOS DE
LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR
EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST.

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

POR

ING. MARCO VINICIO FERNÁNDEZ MONTOYA

PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRIA EN
DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL.

GUATEMALA, ENERO DEL 2003.

D.L.
02
T (1064)

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA.

ARQ. CARLOS VALLADARES CEREZO
ARQ. EDGAR ARMANDO LÓPEZ PAZOS
ARQ. JORGE ARTURO GONZÁLES PEÑATE

BR. JORGE GARCIA
BR. NERY FELIPE SABÁN
ARQ. ALEJANDRO MUÑOZ

DECANO
VOCAL I
VOCAL II
VOCAL III
VOCAL IV
VOCAL V
SECRETARIO

TRIBUNAL EXAMINADOR:

DECANO:
SECRETARIO:
COORDINADOR DE MAESTRÍA:
EXAMINADOR:
EXAMINADOR:

EDGAR LÓPEZ
JULIO ROBERTO ZUCHINI
MARCO ANTONIO TO
RODOLFO GODINEZ
MANUEL BASTARRACHEA

ASESOR DE TESIS:

ING. GILBERTO DANIEL ALVARADO

INDICE

Tema	Pagina.
INTRODUCCIÓN	01
CAPITULO I	
1. El problema a investigar.	02
1.1 Definición	02
1.2 Alcances y limites.	02
1.3 Justificación de la investigación	03
1.4 Objetivos.	04
1.4.1 Objetivos Generales.	04
1.4.2 Objetivos Específicos.	04
1.4.3 Productos.	04
CAPITULO II.	
2. MARCO METODOLOGICO	05
2.1 Hipótesis.	05
2.2 Descripción de las variables a medir.	05
2.3 Instrumentos.	05
2.4 Estadística.	06
2.4.1 Diseño experimental a utilizar	06
2.4.2 Tratamientos	06
2.5 Análisis experimental	06
CAPITULO III.	
3. MARCO REFERENCIAL.	08
3.1 Ubicación y descripción del área	08
3.2 Clima y Zonas de vida.	08
3.3 Localización del área azucarera en Guatemala	09
3.4 Localización de las áreas donde se montaron los ensayos.	10
3.5 Fisiografía y Geomorfología	11
3.6 Características de los suelos	11
3.6.1 Génesis	11
3.6.2 Suelos Mollisoles	11
3.6.3 Suelos Andisoles	11

CAPITULO IV.

MARCO TEORICO CONCEPTUAL.	12
4.1 Procesos de producción de azúcar , obtención y uso de subproductos.	12
4.2 Grafica del proceso de producción del azúcar.	14
4.3 Desarrollo cañero en Guatemala, presente Y futuro.	15
4.4 Participación de la agroindustria azucarera dentro de la economía nacional	17
4.5 Tendencias y regulaciones ambientales.	17
4.5.1 Programa de manejo ambiental..	17
4.5.2 Los sistemas de gestión ambiental, una actividad de importancia para el corto, mediano y largo plazo.	19
4.6 Costo de fertilización de una hectárea de caña plantía	21
4.7 Elementos esenciales	21
4.8 Nitrógeno del suelo	22
4.9 Mineralización del nitrógeno	22
4.10 Nitrificación del Amonio	22
4.11 Lavado del Nitrógeno	23
4.12 Pérdidas gaseosas del nitrógeno del suelo	23
4.13 Fósforo del suelo	23
4.14 Factores que influyen la retención del fósforo en los suelos	24
4.14.1 Tipo de barro	24
4.14.2 Tipo de reacción	24
4.14.3 Reacción del suelo	24
4.14.4 Temperatura	24
4.14.5 Materia orgánica	24
4.15 Potasio	24
4.16 Cachaza	25
4.17 Composición de la cachaza	25
4.18 Factores agroindustriales que influyen en la Composición de la cachaza	27
4.18.1 Variedad de la caña	27
4.18.2 Tipo de cosecha	27
4.18.3 Clima	27
4.18.4 Temperatura del agua en el proceso de Molienda	27

4.18.5	Proceso de clasificación	27
4.18.6	Bagacillo añadido	27
4.19	Almacenamiento de la cachaza	27
4.20	Usos de la cachaza	28
4.21	Efectos beneficiosos de la cachaza	29
4.22	Estratificación de la zona cañera	29
4.23	Suelos predominantes	30
4.24	Variedad de caña de azúcar	30
4.25	Microorganismos eficaces	31
4.26	Abonos orgánicos fermentados	31
4.26.1	Principales factores que afectan el proceso de fabricación del bocashi	31
4.26.2	Aportes de cada ingrediente	32

CAPITULO V.

4.	MARCO OPERATIVO	33
5.1	Técnicas de recolección de datos	33
5.2	Trabajo de campo	33
5.2.1	Primer paso	33
5.2.2	Segundo paso	33
5.2.3	Tercer paso	34
5.3	Procesamiento de información	34
5.4	Control	35

CAPITULO VI.

5.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	36
-	CONCLUSIONES	40
-	RECOMENDACIONES	41
-	GLOSARIO	42
-	BIBLIOGRAFÍA	45
-	ANEXO	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Evolución de la industria azucarera en Guatemala.	17
Cuadro 2: Composición de cachaza fresca procedente de cinco fábricas de Trinidad	26
Cuadro 3: Análisis microbiológico de la cachaza almacenada en pilas	28
Cuadro 4: Resultados de análisis químico de Bocashi.	36
Cuadro 5: Resumen del Análisis de varianza de las Variables de la finca Pantaleón. Localidad Mangalito.	37
Cuadro 6: Resumen del Análisis de varianza de la Finca Playa Grande. Localidad Mapache.	37
Cuadro 7: Análisis de Varianza para la Altura de la Localidad Mangalito	48
Cuadro 8: Análisis de Varianza para el Diámetro de la localidad Mangalito	48
Cuadro 9: Análisis de Varianza para la población de la localidad Mangalito	48
Cuadro 10: Análisis de Varianza para la producción de la localidad Mangalito	49
Cuadro 11: Análisis de Varianza para el altura localidad de Mapache.	49
Cuadro 12: Análisis de Varianza para la diámetro de la localidad de Mapache.	50
Cuadro 13: Análisis de Varianza para la población de la localidad de Mapache.	50
Cuadro 14: Análisis de Varianza para la producción de la localidad de Mapache.	50

INTRODUCCIÓN.

La industria azucarera en Guatemala, es una de las industrias más importantes; en la actualidad se generan aproximadamente US\$ 235.1 millones, exportándose el 71% de lo producido, lo anterior lo hace ocupar el sexto lugar como país exportador de azúcar a nivel internacional y tercero a nivel latinoamericano. Para lograr esta producción se tienen sembradas aproximadamente 180,000 has de caña de azúcar en la región costera del sur, en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu principalmente.

Sin embargo, los precios a nivel internacional mantienen una crisis económica sin precedentes en su historia, de tal manera que de no tomarse medidas de optimización de los recursos, diversificación en la producción y reciclamiento de subproductos la crisis se vera agravada.

Dentro de las alternativas que ya se manejan esta la de diversificación y uso de subproductos por medio de la cogeneración de energía eléctrica a partir del uso de bagazo de caña de Azúcar como combustible, sin embargo aun no se utilizan de una forma adecuada LA CACHAZA, CENIZAS, MELAZA.

Generalmente en la actividad agrícola un 30 a 40% del producto corresponde a la parte consumible y un 60 a 70% corresponde a desechos, estos desechos o subproductos, si no son manejados o tratados de alguna forma contribuyen a generar grandes problemas de contaminación .(16)

Todos los países que se caracterizan por ser productores de materias primas, también se caracterizan por ser dependientes desde todo punto de vista, principalmente el agrícola (Compra de fertilizantes químicos, pesticidas, etc.) a pesar de contar con una alta producción de desechos orgánicos que en la actualidad contaminan las fuentes de aguas, generan malos olores, dañan el ambiente o son hospederos de insectos vectores de enfermedades, cuando muy bien estos residuos podrían ser reciclados o utilizados en compostaje y disminuir la dependencia en la importación de fertilizantes.

Por no contar el país con una cultura de uso de los desechos orgánicos, el reciclaje y control de calidad de los mismos es deficiente, no contándose con una legislación encargada de velar por la calidad de los desechos sólidos generados por las empresas agroindustriales a pesar de contar con el " Reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas". (16)

Para el caso particular de la caña de azúcar se estima que una tonelada (1000 Kg) de caña de azúcar produce 270 Kg de bagazo con un 50% de agua y 30 Kg de cachaza con un 72% de agua, si se industrializan 14,140,000 Ton de caña (Zafra 99/00), se producen 3,817,800 toneladas de bagazo y 424,200 toneladas de cachaza por año.

Para evitar los efectos negativos que los desechos orgánicos producen existen diferentes métodos de aprovechamiento de los desechos como pueden ser: Producción de bioabono y biogás, sustrato para la producción de hongos comestibles, vermicultura, composteo, etc. (16)

En ensayos realizados en Colombia por el Centro de investigación de la Caña de Azúcar (CENICAÑA), se encontró que la cachaza mejora algunas propiedades químicas de los suelos. Así, aumentaron ligeramente el pH, los contenidos de materia orgánica y de potasio intercambiable, pero el efecto más importante ocurre con el fósforo disponible, ya que un mes después de la aplicación los contenidos de este nutrimento en algunos suelos, que inicialmente eran bajos, alcanzaron valores muy altos, los cuales fue posible mantener después de tres cortes consecutivos con aplicaciones de 200 ton/ha de cachaza. Debido a lo anterior, este subproducto se considera como un buen sustituto de fertilizantes fosforados. (9)

CAPITULO I

1. EL PROBLEMA A INVESTIGAR.

1.1 DEFINICION.

En el proceso de la producción de azúcar se generan los siguientes subproductos orgánicos: CACHAZA, CENIZAS, BAGAZO, MELAZA los cuales generalmente no tienen un manejo apropiado, situación que genera contaminación ambiental; por otro lado, investigaciones realizadas en otros países productores de caña de azúcar han sido orientadas a evaluar la posibilidad de utilizar estos subproductos en la producción de fertilizantes orgánicos, cuyo impacto se visualiza en beneficios para la empresa productora de azúcar, al bajar la dependencia de los fertilizantes químicos y consecuentemente bajas en el costo de producción al haber una reducción en las divisas utilizadas para tal fin. El otro aporte principal de los resultados esperados es el de minimizar la contaminación ambiental que se genera debido al manejo inadecuado de dichos subproductos.

1.2 ALCANCES Y LIMITES.

La investigación se orientó a la producción y evaluación de abono orgánico con la metodología de producción de bocashi, con base en utilizar los subproductos de la industria azucarera (Cachaza, cenizas, melaza y bagazo.) En la primera fase se produjo y evaluó en el laboratorio, por medio de los contenidos nutricionales del fertilizante orgánico obtenido; y en la segunda fase se comparó este fertilizante contra otras formas de aplicación de la cachaza y hasta con el mismo fertilizante químico utilizado por la empresa bajo un sistema de producción convencional.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El principal subproducto de la industrialización de la caña de azúcar, en relación con la cantidad que se produce, lo representa la cachaza, su producción a nivel nacional se estima en más de 400,000 toneladas por año. Este subproducto orgánico ha sido evaluado en otros países determinándosele altos contenidos de fósforo, calcio, materia orgánica potasio y nitrógeno.

Sin embargo, en la mayoría de los ingenios azucareros del país, la cachaza, cenizas y buena parte del bagazo no es aprovechado apropiadamente, es más, la cachaza se disuelve en el agua de riego, sin previa evaluación del impacto que pueda causar a la capa freática y a las fuentes de agua.

Además de lo descrito anteriormente se puede observar que la investigación que se pretende realizar lleva implícitas externalidades difíciles de cuantificar como lo son: la recuperación y conservación de suelos, la no "contaminación" del agua, la eliminación de riesgos a la salud, la eliminación de residuos en los alimentos, entre otros.

A lo anterior deberá sumársele, la utilización de los resultados obtenidos al momento de la transferencia de tecnología en el proceso de cultivo de caña de azúcar a nivel nacional, regional e internacional.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVOS GENERALES.

- Determinar la potencialidad del reciclaje de los subproductos derivados del beneficiado de la caña de azúcar para la producción de fertilizantes orgánicos.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Determinar la potencialidad del fertilizante orgánico producido.
- Comparar los efectos de las aplicaciones de fertilizantes orgánicos en el desarrollo y producción de la caña de azúcar.
- Evaluar el efecto del fertilizante orgánico, en dos ordenes de suelos predominantes en la zona cañera del país.

1.4.3 PRODUCTOS.

- Mejorar el medio ambiente al reducir la contaminación provocada por el manejo no apropiado de estos desechos.
- Producción de su propio fertilizante en los ingenios.
- Reducción de la dependencia de los fertilizantes químicos, disminuyendo el uso de divisas utilizadas en su compra.
- Mejorar las condiciones físicas del fertilizante producido de tal manera que se facilita su mecanización.

CAPITULO II

2. MARCO METODOLOGICO:

2.1 HIPÓTESIS

- En los dos ordenes de suelos evaluados, cualquier forma de fertilizante orgánico evaluado, puede sustituir al fertilizante químico.
- El Bocashi producido a partir de desechos de la industrialización de la caña de azúcar representa la mejor alternativa para que los ingenios azucareros produzcan sus propias plantas de producción de abono ORGANICO.

2.2 DESCRIPCION DE LAS VARIABLES A MEDIR.

- POBLACION: (Número de plantas/ha)
Número de plantas de caña encontradas en un área determinada, en un tiempo (7 meses después de la siembra) los cuales se considera que sobrevivirán hasta la cosecha.
- CRECIMIENTO: (m)
Fue determinado por la longitud de los tallos desde la base hasta el punto natural de quiebre.
- DIÁMETRO: (cm)
Grosor que presenta cada una de las cañas al momento del muestreo.
- PRODUCCIÓN: (Kg/ha)
Peso obtenido de la cosecha de la parcela neta al momento del corte, el cual será referido a kg/ha sobre la base del área cosechada.

2.3 INSTRUMENTOS.

- Instrumentos utilizados en la etapa I.
- Palas.
- Azadones.
- Termómetro.
- Libreta de Campo.
- Lápiz.
- Tractor con Carretón.

- Cinta métrica.
- Instrumentos utilizados en la Etapa II.
- Cinta métrica.
- Tractor con carretón.
- Romana y Balanza
- Libreta de campo.
- Tractor Cargador frontal
- Trailer con Jaula.
- Machete tipo Australiano.

2.4 ESTADISTICA.

2.4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL A UTILIZAR.

El Diseño a utilizado fue el de Bloques al Azar, con 5 tratamientos, 4 repeticiones y 2 localidades, las cuales respondieron a las ordenes de suelos estudiadas.

El tamaño de las parcelas fue de 5 surcos de 10 m de longitud, separados a 1.50 m para tener una área experimental de 60 m² y finalmente se evaluó sobre el área neta. (3 surcos centrales)

2.4.2 TRATAMIENTOS.

Los tratamientos que se evaluaron en la presente investigación fueron los siguientes:

1. Cachaza.
2. Cachaza más EM.
3. Bocashi.
4. Testigo absoluto.
5. Testigo Relativo (0-46-0 mds + Urea a las 8 sds)

2.5 ANALISIS EXPERIMENTAL.

ETAPA I (ETAPA DE ELABORACIÓN DEL ABONO)

En ésta etapa se produjo el abono orgánico (Bocashi) para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

- Todos los insumos se distribuyeron en capas alternas, posteriormente se agregó el agua y la melaza hasta obtener la humedad deseada.
- Se mezclaron todos los insumos hasta lograr una mezcla homogénea para luego extenderse sobre el piso donde se mezcló.

- Una vez terminada esta etapa de mezcla de los insumos y controlada la humedad, la mezcla se extendió sobre el piso, de tal forma que la altura no superó los 50 cm, para fermentación se cubrió con sacos de nylon durante los 3 primeros días. La temperatura se controló todos los días a partir del segundo día evitando que la misma superara los 50°C para lo cual se volteó dos veces por día (Por la mañana y por la tarde), lo que permitió darle una mayor aireación y enfriamiento al abono. Con el fin de mejorar el enfriamiento y aireación se procedió a ir bajando gradualmente la altura del montón, hasta lograr estabilizar la temperatura, momento desde el cual se volteó una sola vez por día. Cuando el abono adquirió una temperatura igual a la temperatura ambiente, y un color gris claro, y seco con una consistencia suelta se consideró listo para ser utilizado.

Finalmente se obtuvo una muestra del abono producido con el fin de enviarlo al laboratorio de la Facultad de Agronomía para su respectivo análisis de elementos mayores, menores y pH.

ETAPA II (ETAPA DE EVALUACIÓN.)

En esta etapa se evaluó el abono durante la zafra 2000/01, (Ver Cronograma) en las series de suelos Mollisoles y Andisoles de las fincas Playa Grande y Pantaleón respectivamente. La variedad de Caña a utilizar fue la variedad CP 722086, por ocupar esta variedad el 51.37% del área dedicada a la producción de caña de azúcar en la costa sur.

CAPITULO III

3. MARCO REFERENCIAL.

3.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL AREA.

Pantaleón es una empresa que en la actualidad cuenta con más de 100 años de dedicarse a la producción de azúcar cristalizada, tanto para consumo nacional como para la exportación, siendo en la actualidad el ingenio de mayor producción en el área centroamericana.

El Ingenio se encuentra ubicado en el Kilómetro 86 de la carretera al pacífico, en el municipio de Siquinalá, del departamento de Escuintla. Ocupa una área de 8,136 has distribuidas en 9 fincas anexas (Pantaleón, San Bonifacio, Bálsamo, Santa Rita, Ilusiones, Limones, Retiro, Playa Grande y la Presa.) Esta investigación se realizó en la superficie geográfica del ingenio Pantaleón que colinda al NORTE las fincas La Cuchilla, Santa Sofía y La Asunción; al ESTE Finca El Peñón, Campo Mayor, Velásquez, Obraje y Finca Cabeza de Toro; al OESTE el río Pantaleón, Parcelamiento el Cajón y río Agüero; al SUR el municipio de La Gomera.

En las áreas donde se montaron los ensayos se encuentra dentro de las ordenes de suelos MOLLISOLES y ANDISOLES. Correspondiendo respectivamente a las fincas Playa Grande, Pante Mapache lote 01150101 y finca Pantaleón, pante Mangalito, lote 0011401.

3.2 CLIMA Y ZONAS DE VIDA.

De acuerdo a la zonificación de Holdridge (19), se encuentra dentro de dos zonas bien definidas,

Zona Tropical Húmeda.

Zona Tropical Perhúmeda

La primera esta caracterizada por una precipitación que va de los 2,000 a los 4000 mm. Anuales, con una temperatura mayor de los 24 grados centígrados, y la segunda la caracteriza una precipitación superior de los 4,000 mm anuales y una temperatura menor de 24 grados centígrados. La precipitación se distribuye de mayo a octubre, siendo los meses de junio a septiembre los que reportan mayor precipitación.

De acuerdo con la clasificación de la zona de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento de De la Cruz (11) ubica el área de estudio en BOSQUE HÚMEDO SUBTROPICAL CALIDO, e indica que esta zona posee un alto régimen de lluvias, pudiendo variar entre 2,136 mm y 4,327 mm anuales distribuidos en 172 días con una biotemperatura que va desde los 21 a los 23 grados centígrados.

De acuerdo a los datos reportados por la estación metereológica (tipo B) El Mangalito, ubicada a 250 metros del área experimental, las condiciones climáticas promedio son las siguientes:

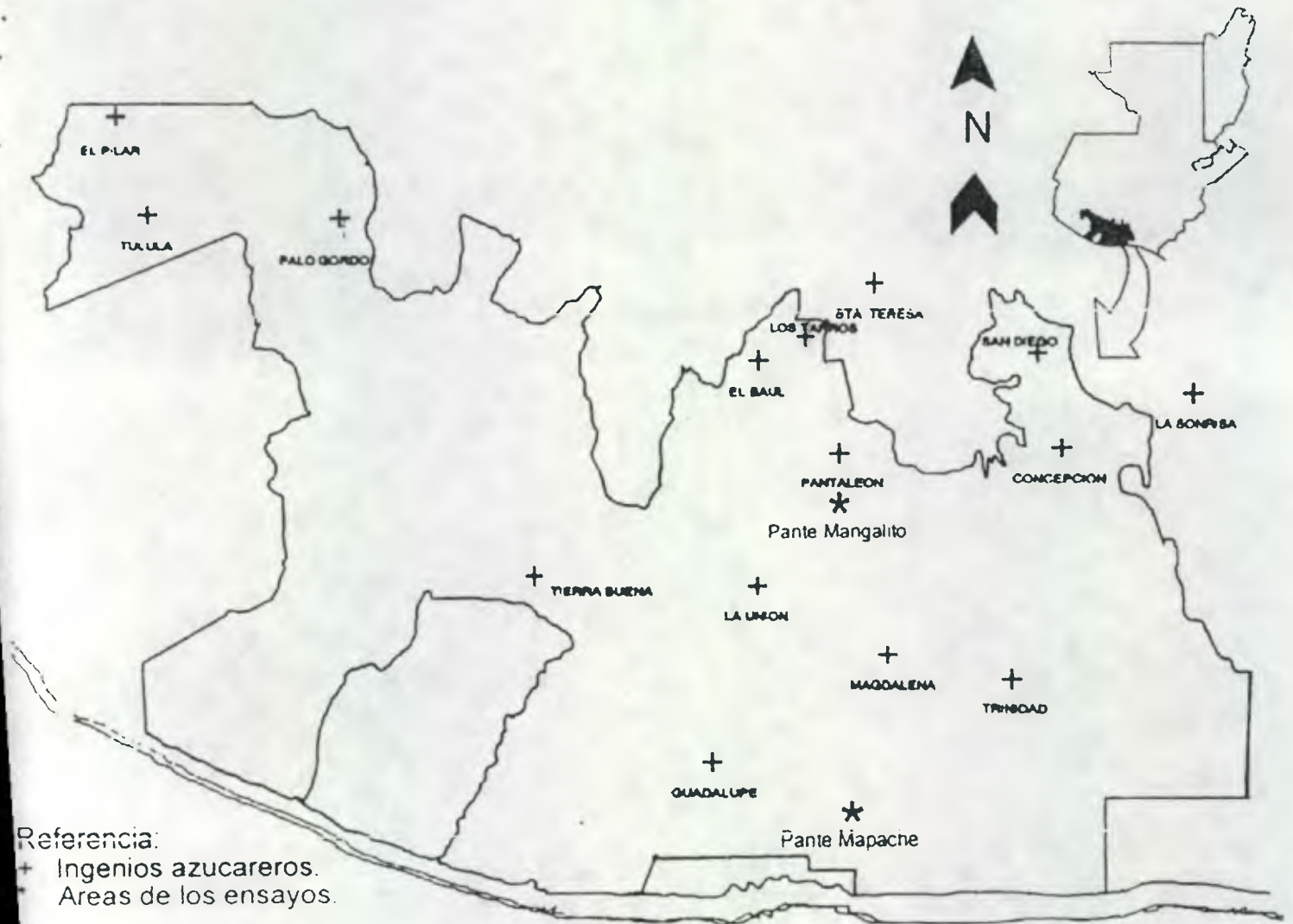
- Humedad relativa media anual	70%
- Precipitación pluvial media anual	3721 mm
- Días de lluvia promedio anual	210 Días.
- Temperatura mínima media anual	21.77 °C
- Temperatura máxima media anual	31.54 °C
- Oscilación térmica media anual	11.09 °C
- Horas sol media anual	2,471
- Evaporación media anual	1,597 mm

3.3 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA AZUCARERA EN GUATEMALA.



FUENTE: Informe anual , zafra 1999/2000

3.4. Localización de las áreas donde se montaron los ensayos.



3.5 FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA.

El ingenio Pantaleón se encuentra ubicado en la región fisiográfica denominada "Llanura Costera del Pacífico", dentro de esta provincia fisiográfica del sur, está conformado de material aluvial cuaternario que cubre los estratos de la plataforma continental. Los ríos que corren desde el altiplano volcánico, y que al cambio de la pendiente depositan grandes cantidades de materiales que han formado esta planicie de poca ondulación y de aproximadamente unos 50 Kms. de ancho a lo largo de la costa del pacífico.

3.6 CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS.

3.6.1 Génesis.

La producción cañera está ubicada en fincas e ingenio localizados en la planicie coluvio aluvial de la región fisiográfica denominada "Planicie Costera del Pacífico", planicie que ha sido formada por los abanicos coalescentes de los diferentes ríos que vienen del altiplano volcánico y que desembocan en el océano Pacífico, por lo que se puede afirmar que toda la producción azucarera guatemalteca se realiza en un ambiente aluvial reciente, aspecto este, que influye directamente en la génesis y desarrollo de los suelos.(1)

3.6.2 Suelos Mollisoles:

Ocupan el 40% del área cañera de Guatemala, se encuentran en el cuerpo y pie de los abanicos, cerca de la planicie costera en relieve ligeramente plano a plano. Presentan un horizonte superficial grueso de color oscuro, rico en materia orgánica, saturación de bases mayor del 50% en todos sus horizontes y un grado de estructuración de moderado a fuerte. Predominan las texturas franco arenosas, franca y franco arcilloarenoso, y de subsuelo frecuentemente arenoso.

3.6.3 Suelos Andisoles:

Ocupan el 26% del área y se encuentran en el cuerpo y ápice de los abanicos al pie de la cadena montañosa, su origen son cenizas volcánicas. El relieve es ligero a fuertemente ondulado en las partes altas y ligeramente inclinado en el cuerpo de los abanicos. Son suelos poco evolucionados de color oscuro, con altos contenidos de materia orgánica, de baja densidad aparente, consistencia friable a suelta, desarrollados principalmente sobre materiales amorfos. Reacción ácida y de alta capacidad de retención de fósforo. Presentan textura franca y franco arenosa. (15)

CAPITULO IV

4. MARCO TEÓRICO.

4.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL AZÚCAR OBTENCIÓN Y USO DE SUBPRODUCTOS.

La caña se prepara para la molienda mediante cuchillas giratorias que cortan los tallos en pedazos pequeños. El molino o trapiche consta de unidades múltiples que utilizan combinaciones de 3 rodillos a través de los cuales pasan sucesivamente la caña exprimida o bagazo. Para ayudar a la extracción del guarapo se aplican aspersiones de agua o guarapo diluido sobre la capa de bagazo, con el fin de obtener la mayor extracción de guarapo (95%). El **bagazo** final contiene fibra y un 45% a un 55% de agua. Este material pasa a las calderas como combustible directo de la fábrica, sin embargo un ingenio eficiente debe de producir un 20% más bagazo del necesario para satisfacer sus propios requerimientos. **El excedente puede ser utilizado en la fabricación de tableros de bagazo prensado, pulpa de papel, alimentación de ganado, combustible para la cogeneración de electricidad, sustrato para la producción de hongos comestibles, producción de metano, principalmente. (5,14)**

El guarapo procedente de los trapiches es ácido y turbio, el proceso de clarificación, el proceso de clarificación consiste en añadir cal (pH 7.5 – 7.8)) al guarapo y calentarlo rápidamente (102 –104 grados centígrados) y ponerlo en reposo para remover las impurezas tanto solubles como insolubles. La cal (CaO) alrededor de 1 libra (0.5 Kg) por tonelada de caña, neutraliza la acidez natural del guarapo. El calentamiento del guarapo alcalinizado hasta el punto de ebullición o ligeramente arriba coagula las grasas, ceras y gomas, el precipitado así formado atrapa los sólidos en suspensión al igual que las partículas más finas. Los lodos se separan del jugo clarificado por sedimentación y se filtran por succión en tambores rotativos de filtración, estos lodos conforman el segundo subproducto de la industrialización de la caña de la cual recibe el nombre de **cachaza**, la cual es desechada del proceso. **Los usos alternos que se le pueden dar a la cachaza son, la obtención de ceras comercial, aditivo para alimento para animales, fertilizante orgánico, vermicultura, compostaje, etc. (4,5)**

El jugo clarificado, contiene aproximadamente el 85% de agua, dos terceras partes de esta agua se evaporan en evaporadores al vacío, que no son más que cuerpos dispuestos en serie, de manera que cada cuerpo subsiguiente tiene un grado más alto de vacío, y por consiguiente hierve a una temperatura más baja. Al salir del último evaporador el jugo recibe el nombre de meladura y contiene aproximadamente el 65% de sólidos y un 35% de agua.

De los evaporadores la meladura pasa a los tachos , donde la meladura es cocida hasta formar cristales de sacarosa los cuales una vez formados tienen gran estabilidad a temperaturas menores de 70 grados centígrados. El crecimiento de cristales continúa hasta tener lleno el tacho, estos cristales y la meladura sin cristalizar dentro del tacho se le conoce como templa (el contenido del tacho), la cual se descarga por medio de válvulas a un mezclador.(3)

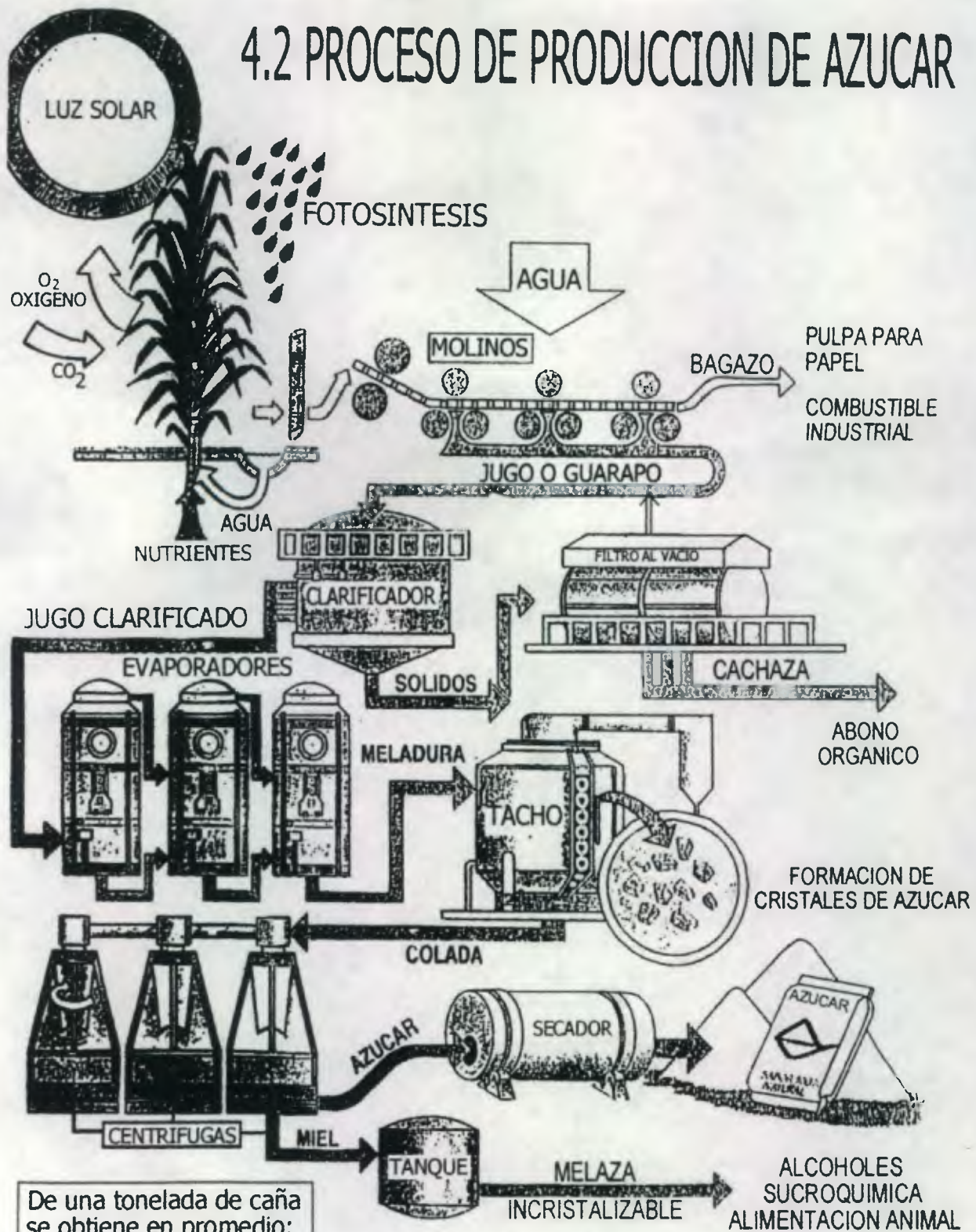
El mezclador o cristalización es la operación por medio de la cual la masa cocida, después de descargada el tacho, es movida lentamente en un cristizador hasta su total enfriamiento a la temperatura óptima, posteriormente es calentada para lograr una purga eficiente en las centrifugas. Esta disminución progresiva de la temperatura, hace disminuir la solubilidad de la sacarosa y provoca la deposición de ésta sobre los cristales formados. (2)

La masa cocida proveniente del mezclador se lleva a máquinas giratorias llamadas centrifugas. Conformada por tambores cilíndricos suspendidos de un eje con paredes laterales perforadas, forradas en el interior con tela metálica , entre ésta y las paredes hay láminas metálicas que contienen de 400 a 600 perforaciones por pulgada cuadrada. El tambor gira a velocidades que oscilan entre 1000 y 1800 rpm. El revestimiento perforado retiene los cristales de azúcar que pueden lavarse con agua si se desea. La melaza pasa a través del revestimiento debido a la fuerza centrífuga ejercida (de 500 a 1800 veces la fuerza de la gravedad). (2)

El azúcar pasa directamente a la secadora para luego ser empacada. Mientras que **la melaza (magma)** material denso y viscoso que contiene sacarosa, azúcares reductores, compuestos orgánicos no azúcares y agua, conforma un tercer subproducto derivado del proceso de producción del azúcar, el cual se puede utilizar como base para **la alimentación de ganado, fabricación de alcohol industrial, producción de levadura, jarabes, proteína unicelular (levadura)**. (2)

Al mismo tiempo que se lleva todo este proceso de producción del azúcar, se está generando energía utilizando como combustible el bagazo de la caña, este bagazo incinerado produce un último subproducto que son **las cenizas** obtenidas de los hornos.

4.2 PROCESO DE PRODUCCION DE AZUCAR



De una tonelada de caña se obtiene en promedio:

- 116 Kgs de azúcar
- 300 Kgs de bagazo
- 050 Kgs de cachaza
- 030 Kgs de melaza

4.3 DESARROLLO CAÑERO EN GUATEMALA, PRESENTE Y FUTURO.

El cultivo de la caña de azúcar se remonta desde la época colonial cuando sólo se conocía la panela que desde entonces se producía para fines del consumo nacional. A mediados del siglo XIX se comenzó a fabricar azúcar cruda o moscabado y después en 1900 el azúcar de grano grande amarilla, cuando varios ingenios instaron las centrifugas. (17)

De acuerdo a los datos estadísticos registrados en 1920 la producción ascendía a 1,500,000 cargas de panela y a 300,000 quintales de azúcar blanca. Según John C. Bellamy gerente de la asociación de azucareros de Guatemala, durante el periodo de 1915-22 los ingenios exportaban panela y azúcar amarilla a Europa y Estados Unidos a un precio de \$0.22 la libra.

El desarrollo de la industria azucarera en Guatemala se incrementó a partir de 1932 cuando se estableció el consorcio azucarero, para entonces la producción era de 500,000 quintales y se producía en un total de 12 ingenios. Desde esa época los aumentos en las demandas y de los mercados nacionales y extranjeros se han distribuido de acuerdo con las capacidades individuales de los ingenios asociados. (17)

La cuota de exportación aprobada por los Estados Unidos en 1960 causó un gran impacto en la economía del país y un interés entre los cañeros independientes para intensificar este cultivo que con la creación del Mercado Común Centroamericano se operó un cambio trascendental en la economía no sólo de Guatemala, sino también de los demás países centroamericanos. (17)

El panorama que se impulsaba con anterioridad tuvo un cambio muy distinto, los empresarios azucareros comenzaron a invertir en la adquisición de equipos y maquinaria moderna para aumentar su capacidad y mejorar su eficiencia. A la fecha la industria azucarera de Guatemala es una de las fuentes de producción agrícola-industrial más importantes de la economía nacional. (17)

Más recientemente, durante el año azucarero 1999/2000, la agroindustria nacional ha experimentado una serie de sucesos importantes que han puesto a prueba la capacidad de superarlos. El más importante de ellos lo provocó la caída del precio internacional que se inició desde la zafra 1998/99, la cual llevó a la caída del precio a niveles inferiores a los US \$ 0.05/libra, caída que no se había observado en los últimos 15 años. Esto, para un país como Guatemala que exporta más del 70% de su producción, representó una serie crisis. (7)

En cuanto al mercado internacional se refiere, las posiciones de los países desarrollados no pareciera que fuera a modificarse en la próxima negociación con la organización mundial de la salud (OMS), ya que el acceso a sus respectivos mercados continuará estando cerrado o limitado a cuotas (Unión Europea, USA, Japón, etc.), a lo anterior se suman los altos stocks que se han venido acumulando y que superan los 50 millones de toneladas métricas, con lo cual resulta incierto el nivel de precios internacionales que se tendrán.

En los últimos meses del año azucarero 2000/01, los precios experimentaron una recuperación, en febrero los precios del azúcar cruda se duplicaron, en septiembre los precios bajaron en torno a US \$ 0.01/libra, cayendo hasta US \$ 0.0923 /libra.

Sin embargo los precios han seguido la misma pauta de recuperación; obteniéndose una media de US \$ 270.86/tonelada (\$ 0.1229/libra) en agosto, y bajaron hasta US \$ 240.00/tonelada (\$ 0.1089/libra) el 22 de septiembre.(7)

Hubo dos razones principales para esta rápida recuperación, en lo que respecta a la oferta, al inicio de la zafra 2000/01 en Brasil, se hizo patente el impacto de la sequía en la región centro-sur. Se sabe ahora que el volumen azucarero estará al menos 20% por debajo del año anterior. En lo que respecta a la demanda, se prevé que la racionalización industrial en China dejará una gran diferencia entre la producción y el consumo, lo que hace aumentar las expectativas de que China, no solamente se convertirá de nuevo en importador neto, sino que además necesitará según algunas estimaciones hasta de 1.7 millones de toneladas

La producción de azúcar ha crecido más rápidamente que el consumo en los últimos años, como resultado de los altos rendimientos y crecimiento por parte de los productores. Las existencias de excedentes mundiales siguen altas ocasionando así una caída del precio internacional. La localización de esos inventarios determinará el impacto sobre el futuro de los precios mundiales. Las malas condiciones climáticas y los bajos precios internacional han tenido un efecto negativo en la producción de azúcar, lo que ha hecho especular sobre una producción más baja que el consumo. (7)

Las cifras preliminares sugieren que el consumo global puede superar a la producción mundial en unos 3.2 millones de toneladas. Es importante destacar que aunque estadísticamente el déficit de producción se podría cubrir fácilmente con las grandes existencias acumuladas durante las temporadas anteriores es posible que no se saquen al mercado todas las existencias debido al nivel actual de los precios mundiales.

El mercado del azúcar, ha sentido los efectos de la reducción en la disponibilidad de exportaciones, en particular las de Australia y centro/sur de Brasil, cuyas industrias actualmente están cosechando por debajo de sus niveles debido a que los cultivos han sido afectados por las malas condiciones climatológicas. Se esperan reducciones productivas del 23% para Australia y del 28% para Centro/Sur de Brasil). La actual reducción en la disponibilidad de crudos se ha visto aunada por incrementos en las demandas, y se espera que Egipto, Pakistan y Rusia actúen como importadores. Como resultado de lo anterior, hay razón para creer que los precios mundiales se mantendrán firmes. (7)

A pesar de las altas existencias, el nivel de precios actuales de US \$ 0.10/libra se podrá sostener si se dan las condiciones meteorológicas normales en las principales áreas productoras de azúcar. La dinámica de los precios dependerá de factores como el desarrollo de las nuevas cosechas en el hemisferio sur (Brasil y Australia concretamente) y la magnitud y fechas de las compras por parte de China, así como las exportaciones de la India. (7)

Cuadro 1.

EVOLUCION DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA DE GUATEMALA.

ZAFRA	AREA COSECHADA (Miles/ha)	CAÑA MOLIDA (Miles Tm)	RENDIMIENTO CAÑA (Tm/Ha)	CAPACIDAD DE MOLIENDA DIARIA DE LA INDUSTRIA	AZUCAR (Millones qq)	AZUCAR (Tm)	AZUCAR (Lbs/Tc)
1984-85	84	5,492	65.4	57,710	11.95	542,177	197
1989-90	120	8,712	72.6	85,072	18.24	827,184	190
1994-95	150	12,737	84.9	80,274	28.11	1,275,257	200
1996-97	170	14,587	85.8	112,090	32.98	1,495,972	205
1997-98	180	17,420	96.8	130,386	38.95	1,766,817	203
1998-99	180	15,427	85.7	120,146	34.42	1,561,066	202
1999-00	180	14,140	78.6	126,899	35.98	1,632,162	231

Fuente: Asociación de azucareros de Guatemala (ASAZGUA)
Informe anual zafra 1999/2000.

4.4 PARTICIPACIÓN DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA DENTRO DE LA ECONOMIA NACIONAL.

- El Incremento en la exportación ha colocado al azúcar como el segundo renglón más importante de la economía del país (Inmediatamente después del café), en cuanto a la generación de divisas anuales se refiere. Hasta el mes de octubre del 2000, las exportaciones de azúcar y melaza representaron el 7.05% de las exportaciones totales del país.
- La agroindustria azucarera genera entre 45,000 y 50,000 empleos directos, de los cuales dependen más de 225,000 guatemaltecos, siendo sus ingresos superiores al ingreso promedio de las actividades agrícolas. De los empleos directos, alrededor de 20 mil corresponden a cortadores de caña. Asimismo, genera empleo para 250 mil personas de forma indirecta.
- En la zafra 1999/2000 se generó hasta 145 MW de potencia al sistema nacional, contribuyendo con más del 15% de la energía eléctrica total del país.
- Fortalece la actividad cambiaria y contribuye a la estabilidad de la moneda. (7)

4.5 TENDENCIAS Y REGULACIONES AMBIENTALES.

4.5.1 PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL.

De acuerdo al PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL de la Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA) el principal componente lo constituye la estrategia de Gestión Ambiental, la cual se encuentra orientada a lograr que la industrialización de la caña de azúcar, pueda ser paulatinamente considerada como un proceso de producción limpia.

Para lo cual la agroindustria azucarera se ha propuesto la siguiente MISIÓN "Incorporar paulatinamente las técnicas limpias en los procesos de la agroindustria azucarera guatemalteca, para que pueda competir en el mercado mundial con la solvencia de ser una industria compatible con el medio ambiente". (7)

Para lo cual basa las actividades que realiza en el convenio de cooperación y coordinación suscrito en 1995 con la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y en las iniciativas que han surgido dentro del sector azucarero para fortalecer su estrategia de gestión ambiental.

Con base a ello, durante 1999-2000 se llevaron a cabo los siguientes eventos:

- **GESTIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.**

En el manejo adecuado del recurso hídrico, los esfuerzos de los ingenios se centraron en la incorporación de tecnologías limpias y en lograr avances para el aprovechamiento racional del agua.

Durante la zafra 1999-2000, se concluyeron los diagnósticos ambientales y se principiaron a discutir las bases de la tecnología que permitirá aprovechar de mejor manera el agua en los ingenios.

- **GESTIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LAS TÉCNICAS LIMPIAS.**

La agroindustria azucarera ha logrado poner en marcha tres tecnologías limpias:

- La recuperación y valorización ambiental de la cachaza.
- La recuperación y valorización ambiental de la ceniza.
- La recuperación y valorización ambiental del bagazo.

La cachaza se esta empleando en el campo con excelentes resultados. Con relación a la ceniza, se han principiado a experimentar aplicaciones separadamente y en combinación con la cachaza. En lo que respecta al bagazo, su aprovechamiento como combustible da lugar a contar con una fuente de energía renovable.(7)

- **GESTION RELACIONADA CON LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA.**

Con la instalación de equipos especiales, diez ingenios se encuentran realizando una labor importante en el tema de la gestión de emisiones a la atmósfera. En cuatro ingenios se tiene cobertura total, ya sea empleando separadores de hollín o filtros ciclónico húmedos. Con los sistemas en funcionamiento se han logrado altos niveles de eficiencia, al remover las partículas de hollín en un rango de 85% a 95%.

- **COMISION DE MANEJO AMBIENTAL DE LOS AZUCAREROS DEL ISTMO CENTROAMERICANO.**

El 18 de agosto del 2000, el directorio de los azucareros del istmo centroamericano aprobó la creación de la Comisión de Manejo Ambiental, para que a través de esta instancia se pueda desarrollar una estrategia de gestión ambiental, en la cual se tomen en cuenta los temas prioritarios de cada país.(7)

- **EMPRESAS MAS LIMPIAS Y COMPETITIVAS DE GUATEMALA.**

En febrero del 2000, se puso en marcha la siguiente etapa con la selección de once empresas dentro de las cuales la agroindustria participa a través del Ingenio Santa Ana. Este ingenio al igual que las otras diez empresas calificaron para recibir el apoyo de la empresa sueca de consultoría ambiental AF-IPK, en el desarrollo de un plan que será de gran beneficio para el mejoramiento continuo de las operaciones del ingenio. (7)

4.5.2 **LOS SISTEMAS DE GESTION AMBIENTAL, UNA ACTIVIDAD DE IMPORTANCIA PARA EL CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO.**

Ante el auge que han cobrado las normas ambientales promovidas por la Internacional Organization for Standardization (ISO) a través de la familia de normas ISO 14,000, la agroindustria azucarera de Guatemala ha principiado a dar los pasos que permitirán el establecimiento de los sistemas de gestión ambiental (ISO 14001). (6)

El PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL DE ASAZGUA, programo en septiembre de 1995, una serie de acciones ambientales, para su cumplimiento a corto, mediano y largo plazo, entre las que se consideran:

- **Acciones a corto plazo (menos de 2 años).**

1. Firmar el convenio de coordinación y cooperación con CONAMA.
2. Crear la comisión técnica asesora del departamento de manejo ambiental de ASAZGUA.
3. Recopilar toda la información posible sobre el tema del medio ambiente en la agroindustria azucarera.
4. Cursos y publicaciones para concienciar sobre el problema a funcionarios, ejecutivos y técnicos.
5. Cursos de capacitación específicos a los técnicos de la agroindustria.
6. Detectar fuentes de financiamiento externo para los proyectos medioambientales.
7. Medición y cuantificación inicial de la contaminación producida por la agroindustria (Zafra 1995-1996 y 1996-1997). Revisar los parámetros existentes.
8. Definir un programa de investigación con CENGICAÑA y tener un presupuesto específico para el mismo.
9. Establecer horarios adecuados para efectuar las quemas de los cañaverales.
10. Recoger la caña que se cae en las vías principales de las poblaciones afectadas. (6)

- **Acciones a Mediano Plazo (menos de 5 años)**

1. Reducir los niveles de contaminación en las aguas residuales.
 - Hacer un estudio de los efluentes y aguas residuales, para buscar soluciones futuras.
 - Estudios para reducir el volumen de agua utilizada, por quintal de azúcar producido, mediante la recirculación.
 - Extraer la cachaza por medios mecánicos, sin utilizar el agua residual como medio de transporte.

2. Reducir las molestias producidas por la quema de los cañaverales.
 - Instalación de una red metereológica en la zona de influencia de los ingenios para determinar las horas más convenientes de efectuar la quema y lograr con esto reducir las molestias a los poblados vecinos.
 - Analizar la posibilidad de que los ingenios con caña cercana a las poblaciones la puedan cortar en verde.

3. Evaluación del uso de cosechadoras mecánicas en caña verde. (6)

- **Acciones a largo Plazo (menores de 10 años)**

1. Desarrollo y promociones de variedades de contenido de sacarosa, buen deshoje, erectas y de alto contenido de fibra.
2. Análisis de información y pronóstico del clima.
3. Estudio de factibilidad sobre cosecha manual de caña verde, alce manual y transporte.
4. Evaluación de alternativas para el manejo y aprovechamiento de los residuos después de un corte en verde. Que incluya análisis sobre los diseños de campo, metodologías de riego, fertilización y labores culturales.
5. Uso de productos químicos.
 - Utilizar metodologías de manejo integrado de plagas.
 - Manejo adecuado de los madurantes.
 - Investigaciones de herbicidas de baja toxicidad en el control de malas hierbas.
6. Extraer la ceniza de las calderas por medios mecánicos.
7. Reducir progresivamente las emisiones en las chimeneas de las calderas.
8. Iniciar estudios que permitan implementar metodologías y sistemas en la racionalización del uso de los recursos hídrico y suelo. (6)

4.6 COSTO DE FERTILIZACIÓN DE 1 HECTÁREA DE CAÑA PLANTIA. (INGENIO PANTALEÓN, ZAFRA 2000/01)

De acuerdo con los registros llevados por el ingenio Pantaleón, la fertilización se lleva a cabo de manera mecanizada y los costos tienden a variar de acuerdo con la eficiencia del tractor, relieve del terreno, pedregosidad, principalmente.

Tomando en cuenta estas variables, y los promedios de trabajo se llegó a determinar los siguientes gastos para un tractor Jhon Deer, de las series 7,400 o 7410.

- Costo de mano de obra:	
- Un operador	Q. 45.00/día.
- Un peón	Q. 26.00/día.
- Área promedio fertilizada.	1.40 ha/día.
- Velocidad del tractor	5 – 10 Km/hora.
- Fertilizante Utilizado (Nitrato de Amonio)	3.5 qq/ha.
- Costo del Fertilizante	Q. 64.00/qq
- Costo Total (Fertilización)	Q. 270.00/ha.

4.7 ELEMENTOS ESENCIALES

Para que un elemento se considere esencial es necesario que su deficiencia haga imposible completar a la planta su ciclo de vida, cuya muerte solo puede ser prevenida o corregida aportando el elemento en cuestión, el cual esta directamente envuelto en la nutrición de la planta muy alejado de posibles efectos de corrección de condiciones microbianas o químicas desfavorables del suelo u otros medios de cultivo.

De más de 90 elementos que pueden contener las plantas superiores, solo 16 han sido reconocidos a ser esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas. Estos elementos son: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, hierro, zinc, boro, manganeso, cobre, molibdeno y cloro.

Sin embargo, los elementos mayores (nitrógeno, fósforo, potasio) denominados así por ser requeridos por las plantas en grandes cantidades, son los de mayor importancia en los programas de fertilización.
(15)

4.8 NITRÓGENO DEL SUELO

El nitrógeno es el elemento más crítico en el crecimiento de las plantas. Es un constituyente de las proteínas de las plantas, de la clorofila y de los ácidos nucleicos. Un suministro adecuado de nitrógeno produce paredes celulares más grandes y por ende mayor producción.

Baja producción es frecuentemente debido a una deficiencia de nitrógeno. Como en todos los demás nutrientes suministrados por el suelo, no es una falta total de nitrógeno en el suelo, sino una falta de nitrógeno suficiente que pueda ser utilizado por las plantas. Hay casi 12 libras de nitrógeno, en forma de gas por cada pie cuadrado de la superficie de la tierra, pero en esta forma no puede ser absorbido por la mayoría de las plantas; por lo que debe de ser cambiado a otras formas. El nitrógeno puede ser utilizado por las plantas en forma de catión amonio (NH_4^+) o en forma de anión, nitrato (NO_3^-). Solo una pequeña parte del nitrógeno del suelo está presente en estas formas. En forma de nitrato es lavado fácilmente y en ambas formas amonio y nitrato, puede ser consumido por microorganismos o convertido a gas, originando su pérdida a la atmósfera. (15)

4.9 MINERALIZACION DEL NITRÓGENO

La mayor fuente de nitrógeno en el suelo es la materia orgánica. Cuando la materia orgánica del suelo se descompone, el nitrógeno es liberado con un ión utilizable, (amonio). Esta liberación de nitrógeno de la descomposición de la materia orgánica es la fuente más importante de nitrógeno utilizable en campos no fertilizados.

Aunque la materia orgánica del suelo contiene aproximadamente 5% de peso del nitrógeno, solo cerca de 2 a 5% del total es liberado anualmente por descomposición. La descomposición es más rápida en suelos cálidos, bien aireados y húmedos, como los arenosos en el verano y es lenta en suelos arcillosos. Mineralizando el 3% de la materia orgánica de un suelo que contiene solo un 4%, el suelo obtendría 120 libras por acre (134 kg/ha) de nitrógeno como amonio. (15)

4.10 NITRIFICACIÓN DEL AMONIO

Los iones mineralizados de amonio tienen un corto período de vida. Algunos son temporales, absorbidos a la superficie de arcillas cargadas negativamente a las partículas orgánicas, otros son usados directamente por las plantas. Eventualmente, la mayoría de los iones de amonio son oxidados por bacterias selectivas (nitrosomas y nitrobacterias) a la forma de nitrato (NO_3). Esta oxidación de cationes de amonio a aniones de nitrato por las bacterias se denomina NITRIFICACIÓN. Este proceso es rápido, pequeñas cantidades de iones de amonio mineralizados son nitrificados en 1 0 2 días, a menos que el suelo sea fuertemente ácido (pH menor de 4.5), frío o húmedo, que reduce la nitrificación marcadamente. (15)

4.11 LAVADO DEL NITRÓGENO

La forma más lavable del nitrógeno es en nitrato (NO_3^-). Los iones de amonio, cargados positivamente son retenidos en los lugares de intercambio catiónico, resistiendo el lavado. Las pérdidas por lavado aumentan como aumenta la cantidad de agua percolada y cuando poco o nada de cubierta vegetal se encuentra para utilizar los nitratos tan rápido como ellos se producen por nitrificación (21)

4.12 PERDIDAS GASEOSAS DEL NITRÓGENO DEL SUELO

El nitrógeno del suelo también puede perderse a través de dos mecanismos que producen gas que se escapa a la atmósfera **DESNITRIFICACION Y VOLATILIZACION** del amonio. La pérdida más grande es por desnitrificación, el cambio por bacterias de nitrato a nitrógeno gaseoso o su óxido (N_2 y N_2O). La desnitrificación usualmente ocurre cuando la aireación limita la cantidad de oxígeno libre en el suelo, las bacterias son forzadas a usar el oxígeno del ion nitrato (NO_3^-) para sus necesidades, dejando residuos de nitrógeno (N_2) y óxido nitroso (N_2O), volátiles que se mueven en el suelo a la atmósfera. (15)

4.13 FÓSFORO DEL SUELO

El fósforo es el segundo más crítico nutriente vegetal; el núcleo de cada célula de la planta contiene fósforo, por lo que la división y crecimiento celular son dependientes de adecuadas cantidades de él. El fósforo es concentrado en las células que se dividen rápidamente, las que activan el crecimiento de las partes de raíces y tallos.

El fósforo como nutriente es doblemente crítico porque el total suministro de fósforo en la mayoría de los suelos es bajo y no está realmente disponible para las plantas. El fósforo total en un suelo arable promedio es aproximadamente 0.1% por peso, del cual sólo una infinitésima parte esta disponible a las plantas. La fuente original del fósforo en el suelo es la apatita ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3\text{F}$) un fosfato cálcico de baja solubilidad. Los iones solubilizados H_2PO_4^- , reaccionan rápidamente en el suelo para formar fosfatos insolubles, llamados **FIJACION DE FOSFATOS**, con iones de calcio o con hidróxidos de hierro y aluminio. En suelos ácidos, los factores reaccionan con hierro y aluminio solubles o con sus formas sólidas para formar nuevos fosfatos aún menos solubles. En suelos alcalinos, fosfato tricálcico es formado, que también es poco soluble. (21)

Tisdale, asegura que el fósforo en el suelo puede clasificarse en general como orgánico o inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos en que se halla. La fracción orgánica se halla en el humus y otros materiales orgánicos, que pueden o no estar asociados con él. La fracción inorgánica se halla en numerosas combinaciones con hierro, aluminio, calcio, fluor y otros elementos. Estos compuestos usualmente son muy ligeramente solubles en agua. Los fosfatos reaccionan también con los barros para formar complejos barro-fosfatados, insolubles por lo general.

Deficiencias de fosfatos es comúnmente remediadas mediante la aplicación de fertilizantes, la mayoría fabricados a partir de rocas fosfatadas. Las deficiencias de fósforo interfiere con la normal apertura de los estomas de ciertas plantas, creando temperaturas 10% más altas de la hojas, durante periodos de sol que en las hojas de plantas con adecuado fósforo. Las altas temperaturas en las hojas pueden afectar críticamente el crecimiento de las plantas en áreas donde la temperatura aumenta.(21)

4.14 FACTORES QUE INFLUENCIAN LA RETENCIÓN DE FÓSFORO EN LOS SUELOS

4.14.1 Tipo de Barro: Tisdale, señala que los suelos ricos en barros caoliníticos, tales como aquellos que se hallan en áreas de fuertes lluvias y temperaturas elevadas, pueden fijar o retener cantidades mayores de fósforo.

4.14.2 Tipo de Reacción: Cuando mayor sea el tiempo en que el suelo y el fósforo añadido están en contacto, mayor será la cantidad de fijación. Una importante consecuencia práctica es el tiempo tras la aplicación durante el que la planta es capaz de utilizar el fósforo del fertilizante añadido. En algunos suelos eleva la capacidad de fijación este período puede ser corto, mientras que en otros suelos, el periodo de utilización puede durar meses o incluso años.(21)

4.14.3 Reacción del Suelo: El pH del suelo es uno de los factores que afecta la utilización del fósforo. En la mayoría de los suelos la disponibilidad del fósforo es máxima en un orden de pH que oscila de 5.5 a 7 disminuyendo cuando el pH cae por debajo de 5.5 y disminuyendo también cuando este valor sube por encima de 7.(21)

4.14.4 Temperatura: Los suelos de climas cálido son generalmente mucho más fijadores de fósforo que los suelos de las regiones más templadas.(21)

4.14.5 Materia Orgánica: El abonar periódicamente con abonos de establo o verdes da como resultado una mejor utilización del fósforo por los cultivos subsiguientes. La descomposición de los residuos orgánicos se acompaña por la evolución de apreciables cantidades de CO₂. Este gas, cuando se disuelve en agua, forma ácido carbónico, que es capaz de descomponer ciertos minerales primarios del suelo. (21)

4.15 POTASIO

Tisdale, (21) menciona que la cantidad total de potasio en la mayoría de los suelos es suficiente para varias generaciones, inclusive el uso de fertilizantes la está aumentando. La explicación para esta aparente contradicción es que la mayoría del potasio en el suelo es un constituyente de minerales muy poco solubles, tales como feldespato ortoclasa (KAlSi₃O₈), resultando potasio soluble disponible en forma muy esparcida para las plantas. Los suelos pueden contener 2% del potasio total, del cual sólo una pequeña fracción está en forma realmente disponible. El 2% del potasio significa que el suelo puede contener un total de 80,000 libras de potasio por acre-pie (89,600 kg/ha a 30 cm de profundidad) y solamente cerca de 150 libras/acre (168 Kg/ha) es necesario para el crecimiento de las plantas.(21)

El potasio de las plantas esta en una forma móvil más que como una parte integral de cualquier compuesto fijo. El potasio ayuda a mantener la permeabilidad de la célula, ayuda en la traslocación de carbohidratos, mantiene el hierro más móvil en la planta y aumenta la resistencia de las plantas a ciertas enfermedades. Cuando mucho potasio esta soluble y no es usado por las plantas, es absorbido en los lugares de intercambio catiónico. La mitad o más del potasio usado por las plantas proviene de potasio intercambiable, la otra mitad es potasio soluble.(21)

4.16 CACHAZA

La cachaza es un residuo (sedimento) que se obtiene de la clarificación del jugo de la caña de azúcar, los altos contenidos de materia orgánica, fósforo, calcio y nitrógeno lo potencializan como un recurso para la fertilización y mejoramiento de los suelos marginales. La cachaza es un material de café oscuro a negro, consiste principalmente en una mezcla de fibras de caña, sacarosa, cera, fosfatos de calcio, azufre, arena y suelo. La mayor parte de estos compuestos proceden de la molienda de la caña. Los fosfatos de calcio y el azufre se agregan durante el proceso de neutralización y clarificación del jugo de caña. (12)

El residuo que se obtiene por sedimentación del jugo suspendido, y con posteridad se somete a filtración se le denomina cachaza primaria, y cachaza final al residuo que se descarga de los filtros para ser desechado. Su constitución depende de varios factores, tipo de suelo, variedad de caña, tipo de cosecha (mecanizada o manual), grado de extracción del jugo, cantidad de cal y otros productos usados en la clarificación, métodos de filtración empleados, y tamaño de los orificios de los coladores del jugo, entre otros.(13)

4.17 COMPOSICIÓN DE LA CACHAZA

Este subproducto contiene gran parte de materia orgánica coloidal dispersa en el jugo, la cual al alcalinizarse precipita con los aniones orgánicos en forma de sales de calcio, junto con otros materiales que son arrastrados en estos precipitados. (10)

El contenido de nutrientes que contiene la cachaza y que pueden ser asimilados por las plantas en su uso como fertilizante, se pueden apreciar en el cuadro 2.

CUADRO 2. COMPOSICIÓN DE CACHAZA FRESCA PROCEDENTE DE CINCO FABRICAS DE TRINIDAD.

MACRONUTRIENTES.				
Porcentaje peso seco.				
N	P	K	Ca	Mg
1.33	1.01	0.47	2.09	0.26
MICRONUTRIENTES.				
Partes por millon peso seco.				
Fe	Mn	B	Cu	Zn
3500	1000	6	50	350

Fuente: CENGICAÑA, segundo congreso de la sociedad colombiana de técnicos de la caña de azúcar.

Los componentes químicos de la cachaza muestran variaciones de acuerdo con el lugar y las condiciones de obtención, aunque en general se observa que contienen gran cantidad de nitrógeno y fósforo, entre otros elementos.

El nitrógeno se presenta como proteínas y otras formas amoniacales más simples o en forma nítrica. El fósforo aparece en combinaciones orgánicas complejas como fosfolípidos y nucleoproteínas, y algunas veces en forma de fosfato de calcio proveniente del proceso de clarificación; sin embargo el contenido de potasio (0.47%) es muy bajo. La cachaza al degradarse microbiológicamente, varía en la concentración de nitrógeno, mientras que en el calcio y el fósforo estos cambios no son apreciables.
(12)

4.18 FACTORES AGROINDUSTRIALES QUE INFLUYEN EN LA COMPOSICION DE LA CACHAZA:

Por ser la cachaza desechos del proceso de fabricación del azúcar, su composición está influida por los factores agroindustriales que se detallan a continuación:

4.18.1 Variedad de la Caña:

El contenido de nitrógeno, fósforo y otros elementos depende de la variedad de caña, así como de la cantidad de materia cerosa, la cual varía de una especie a otra.

4.18.2 Tipo de Cosecha:

El incremento en la mecanización aumenta la materia extraña que entra en la fábrica, y por lo tanto, aumenta el contenido de cenizas, materia orgánica y otros sedimentos que hacen variar la composición de la cachaza.

4.18.3 Clima:

La cera contenida en la caña aumenta en época de sequía, por ser su función la de proteger a la planta contra la evaporación del agua. En períodos de lluvia es arrastrada una mayor cantidad de tierra, lo que aumenta la materia orgánica.

4.18.4 Temperatura del Agua en el proceso de Molienda:

El agua utilizada en el proceso de extracción de azúcares del bagazo generalmente se calienta, esto implica que el arrastre de materiales solubles se efectúe con mayor facilidad.

4.18.5 Proceso de Clarificación:

Dependiendo de las sustancias químicas utilizadas en la clarificación de los jugos, así será la composición de los precipitados formados. Al utilizar cal, hay un mayor arrastre con los precipitados y se forman diferentes compuestos.

4.18.6 Bagacillo Añadido:

La cantidad de bagacillo añadido para ayudar a la filtración de la cachaza, no es fijo, y trae como consecuencia que el contenido de materia orgánica varíe. (13)

4.19 ALMACENAMIENTO DE LA CACHAZA.

No existen estudios en cuanto a almacenamiento de cachaza, aunque se sabe que cuando se almacena en grandes pilas sufre paulatinamente el proceso de autocombustión, sin embargo, esparcida a 3 o 4 cm de espesor esto no ocurre, pues la cachaza por su carácter esponjoso presenta gran capacidad de aireación. En estudios realizados en el Instituto Cubano de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) se reporta el siguiente análisis microbiológico. (13)

Cuadro 3.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE CACHAZA ALMACENADA EN PILAS.
(Unidades formadoras de colonias/g)

MUESTRA	Bacterias Mesófila	Bacterias Termófilas	Levaduras	Mostos
1	3×10^{10}	3×10^7	-----	3×10^5
2	3×10^{10}	3×10^{10}	-----	-----

FUENTE: Manual de derivados de Caña de azúcar. 2da. edición
Instituto Cubano de los derivados de la Caña de Azúcar.

4.20 USOS DE LA CACHAZA

La utilización más difundida es como fertilizante, a causa de la gran cantidad de nitrógeno, fósforo, calcio y materia orgánica en general, que aporta al suelo. Se utiliza para la alimentación de ganado vacuno, previo secado al sol, con buenos resultados, aún cuando tiene un bajo valor nutritivo.

En lo que se refiere a la utilización de la cachaza como fertilizante, muestra resultados favorables en rendimientos para el cultivo de la caña de azúcar. Puede aplicarse diseminándola (de 80 a 100 ton/ha) y en los surcos (20 ton/ha) en la caña plantía. Las socas pueden recibir cachaza (de 30 a 50 ton/ha) en los espacios inter surco, antes de las operaciones de cultivo. (18)

El sistema de aplicación de cachaza en campos de producción puede ser realizada de las siguientes maneras:

- Al Voleo: Esta forma de aplicación requiere de grandes volúmenes, para lograr una buena distribución.
- Al Surco: Aplicaciones al fondo del surco al momento de la siembra tiene la ventaja de requerir menos dosis, con el problema de tener un retardo en la descomposición.
- En los Entresurcos: Se usa en caña soca, este método permite al igual que el método anterior usar dosis menores de cachaza. (18)

4.21 EFECTOS BENEFICIOSOS DE LA CACHAZA

En ensayos realizados en Colombia por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CENICAÑA), se encontró que la cachaza afectó algunas propiedades químicas de los suelos. Así, aumentaron ligeramente el pH, los contenidos de materia orgánica y de potasio intercambiable, pero el efecto más importante ocurrió con el fósforo disponible, ya que un mes después de la aplicación los contenidos de este nutrimento en algunos suelos, que inicialmente eran bajos, alcanzaron valores muy altos, los cuales fue posible mantener después de tres cortes consecutivos con aplicaciones de 200 ton/ha de cachaza. Debido a lo anterior, este subproducto se considera como un buen sustituto de fertilizantes fosforados. (10)

La cachaza influye en el mejoramiento físico del suelo, tales como:

4.21.1 Al mezclar cachaza con suelos del tipo franco arenoso, se mejora la capacidad de retención de humedad.

4.21.2 Se reduce la compactación debido a las propiedades físicas de la cachaza.

4.21.3 La cachaza proporciona una mayor resistencia a la formación de una película o costra sobre la superficie del suelo, la cual es a menudo causada por el impacto de las gotas de lluvia o de los aspersores del sistema de riego. Dicha película reduce la entrada de aire y agua por la superficie del suelo.

4.21.4 Promueve un mejor crecimiento y desarrollo de raíces en sitios donde se añade a suelos arenosos. (10)

4.22 ESTRATIFICACION DE LA ZONA CAÑERA

La estratificación de la zona cañera esta basada en las tres zonas altitudinales siguientes:

Estrato I:

También llamado "Zona Alta" es un área comprendida entre los 300 y 800 msnm, que se caracterizan por la predominancia de suelos del orden Andisol, la precipitación es mayor a los 3000 mm anuales, temperatura promedio anual de 25°C.

Estrato II:

También llamado "Zona Media" se encuentra comprendida entre los 100 a 300 msnm, los ordenes de suelos predominantes son Andisoles e inceptisoles, la precipitación media anual varía entre los 2000 a los 3000 mm según su altura.

Estrato III:

También llamada "Zona Baja" se encuentra ubicada a menos de 100 msnm, entre otros, predominan los suelos Mollisoles, la precipitación promedio anual va de 1500 a 2000 mm .

4.23 SUELOS PREDOMINANTES

De acuerdo con el estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala realizado por CENGICAÑA (1994), existen en la región 6 órdenes de suelos, 26 subgrupos y 37 familias de suelos. Los 4 órdenes más importantes en el área representan 34 familias y 23 subgrupos de suelos. Los dos principales órdenes de suelos de la región, por ocupar estos la mayor proporción de la zona cañera del país son los suelos MOLLISOL Y ANDISOL.

El orden MOLLISOL ocupa el 40% del área cañera de Guatemala. Se encuentran en el cuerpo y pie de los abanicos, cerca de la planicie costera, en relieve ligeramente plano a plano. Presentan un horizonte superficial grueso de color oscuro, rico en materia orgánica, saturación de bases mayor de 50% en todos sus horizontes y un grado de estructuración de moderado a fuerte. Predominan las texturas franco arenosa, franca y franco arcillo arenosa, y de subsuelo frecuentemente arenoso. El pH varía de ligeramente ácido a neutro.

Mientras que el orden ANDISOL, ocupa el 26% del área cañera del país y se encuentra en el cuerpo y ápice de los abanicos al pie de la cadena montañosa, su origen son cenizas volcánicas. El relieve es ligero a fuertemente ondulado en las partes altas y ligeramente inclinado en el cuerpo de los abanicos. Son suelos poco evolucionados de color muy oscuro, con altos contenidos de materia orgánica, de baja densidad aparente, consistencia friable a suelta, desarrollados principalmente sobre materiales amorfos. Reacción ácida a ligeramente ácida y de alta calidad de retención de fósforo. Textura franca a franco arenosa.

4.24 VARIEDAD DE CAÑA DE AZÚCAR (CP 722086)

Por las características que muestra esta variedad la hacen ocupar el primer lugar, ya que en Guatemala existe un área sembrada con caña de azúcar de aproximadamente 165,000 has, de las cuales un 51.37% (43,125 has) es cultivada con la variedad CP 722086. De acuerdo con los estudios de Orozco y Soto esta variedad (CP 722086), posee nudo obconoidal, anillo de crecimiento prominente y yemas de forma redonda con poro germinativo central. La lígula al nivel del último cuello visible es de forma creciente con centro ancho. Esta variedad se reconoce a cierta distancia durante su etapa de crecimiento por un color verde claro rojizo presente sobre la vaina de sus hojas.

4.25 MICROORGANISMOS EFICACES. (ME)

Es el nombre comercial que se le da a un producto conformado por la mezcla de bacterias ácido lácticas fotosintéticas, hongos, levaduras y actinomicetes no patógenas que requieren previamente de u activación para su uso.

4.26 ABONOS ORGÁNICOS FERMENTADOS (BOCASHI)

Los abonos tipo bocashi, no son más que un proceso de descomposición aeróbica y termofílica de residuos orgánicos a través de poblaciones de microorganismos y bajo condiciones controladas.

Durante este proceso se dan dos etapas bien definidas que son:

- Etapa de fermentación del abono hasta su estabilización, aquí la temperatura puede alcanzar entre 70 y 75 °C debido al incremento de la actividad microbiana. Luego es notable un descenso de la temperatura, debido al agotamiento de la fuente energética que retroalimenta el proceso. Durante ésta etapa el abono comienza su estabilización y solamente sobresalen los materiales que presentan una mayor dificultad para su degradación a corto plazo.

- Etapa de Maduración, aquí se da la degradación de los materiales orgánicos que aun permanecen sin descomponerse, para luego llegar a su estado ideal para su utilización. (20)

4.26.1 LOS PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE FABRICACION DEL BOCASHI:

- Temperatura:

Esta está directamente influenciada por la actividad microbiológica del abono, el abono debe de presentar temperaturas que superen los 50°C lo que determina una buena señal para las demás etapas.

- Humedad:

La humedad óptima para lograr la máxima eficiencia del proceso de fermentación del abono oscila entre un 50 y un 60% del peso, abajo del 40% de humedad, hay una descomposición aeróbica muy lenta de los materiales orgánicos. Cuando la humedad supera el 60%, la cantidad de poros que están libres de agua son muy pocos, lo que dificulta la oxigenación de la fermentación, realizándose un proceso anaeróbico no ideal. (20)

- Aireación:

La presencia de oxígeno es necesaria para que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono. Debe de existir entre 5 y un 10% de concentración de oxígeno en los macroporos de la masa.

- Relación Carbono-Nitrógeno:

La relación ideal para la fabricación de un buen abono se calcula entre 25 a 35. Las relaciones menores resultan en pérdidas de nitrógeno por volatilización, las relaciones mayores resultan en una fermentación más lenta.

- Potencial hidrogénico:

La fabricación de este tipo de abono requiere de un pH que oscile entre 6 y 7.5 ya que los valores extremos inhiben la actividad microbológica.

- Tamaño de las Partículas de los Ingredientes:

La reducción del tamaño de las partículas del abono puede presentar la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbológica, sin embargo el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar fácilmente a una compactación favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, lo que se corrige con la mezcla de material de relleno de partículas mayores. (20)

4.26.2 APORTES DE CADA INGREDIENTE

- Ceniza de las calderas:

Mejora las características físicas del suelo con aireación, absorción de humedad y calor. Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbológica de la tierra, tiene la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a la planta, disminuyendo la pérdida y el lavado de los mismos en el suelo.

- Cachaza:

Será la principal fuente de materia orgánica, su principal aporte consiste en mejorar las características de la fertilidad del suelo con algunos compuestos como materia orgánica y elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, boro, cobre y cinc.

- Bagazo de Caña de Azúcar:

Mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de la humedad y el filtraje de nutrientes. Beneficia el incremento de la actividad macro y microbológica de la tierra y al mismo tiempo estimula el desarrollo uniforme del sistema radical de las plantas. (20)

- Melaza de Caña:

Será la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos, favoreciendo la actividad microbológica. Es rica en potasio, calcio, magnesio y contiene micronutrientes, principalmente boro.

- Levadura:

Será la fuente de inoculación microbológica para la fabricación de los abonos fermentados.

- Tierra común:

Tiene la función de dar una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbológica de los abonos, contribuyendo a lograr una mejor fermentación. (20)

CAPITULO V

5. MARCO OPERATIVO.

5.1 TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS.

Las técnicas de recolección de los datos de campo se plantean a continuación de acuerdo a cada una de las variables estudiadas.

- POBLACION: (Número de plantas/ha)

La población fue determinada por medio del total de plantas de caña, a los 7 meses después de la siembra por medio del conteo de los tallos encontrados dentro de la parcela neta (surcos 2,3 y 4)

- CRECIMIENTO: (m)

Fue determinado por un muestreo de la longitud (altura) que tuvieron 20 tallos tomados al azar de los dos surcos centrales, una semana antes de la cosecha midiendo su longitud desde la base hasta el punto natural de quiebre.

- DIÁMETRO: (cm)

El diámetro fue determinado en centímetros con la ayuda de un vernier, de las mismas 20 cañas tomadas al azar para medir altura.

- PRODUCCIÓN: (Kg/ha)

La producción fue determinada al momento de la cosecha por medio de la obtención del peso de la parcela neta.

5.2 TRABAJO DE CAMPO.

ETAPA I (ETAPA DE ELABORACIÓN DEL BOCASHI.)

En ésta etapa se produjo el abono orgánico (Bocashi) para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

5.2.1 PRIMER PASO:

Todos los insumos se distribuyeron en capas alternas, posteriormente se agregó el agua y la melaza hasta obtener la humedad deseada.

5.2.2 SEGUNDO PASO:

Se mezclaron todos los insumos hasta lograr una mezcla homogénea para luego extenderse sobre el piso donde se mezcló.

5.2.3 TERCER PASO:

Una vez terminada esta etapa de mezcla de los insumos y controlada la humedad, la mezcla se extendió sobre el piso, de tal forma que la altura no superó los 50 cm, para fermentación se cubrió con sacos de nylon durante los 3 primeros días. La temperatura se controló todos los días a partir del segundo día evitando que la misma superara los 50°C para lo cual se volteó dos veces por día (Por la mañana y por la tarde), lo que permitió darle una mayor aireación y enfriamiento al abono. Con el fin de mejorar el enfriamiento y aireación se procedió a ir bajando gradualmente la altura del montón, hasta lograr estabilizar la temperatura, momento desde el cual se volteó una sola vez por día. Cuando el abono adquirió una temperatura igual a la temperatura ambiente, y un color gris claro, y seco con una consistencia suelta se consideró listo para ser utilizado.

Finalmente se obtuvo una muestra del abono producido con el fin de enviarlo al laboratorio de la Facultad de Agronomía para su respectivo análisis de elementos mayores, menores y pH para cumplir así con uno de los objetivos intermedios.

5.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Todas las variables (Población, Crecimiento, Diámetro y Producción), fueron sujetas a un Análisis de Varianza (ANDEVA), realizándose un total de 8 ANDEVAS, 4 para cada una de las localidades estudiadas, los análisis fueron hechos por medio del programa STATISTICAL ANALISIS SISTEM (SAS) utilizándose un grado de significancia de 0.05.

CAPITULO VI.

6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Cuadro 4.

Resultados del Análisis Químico del Bocashi

PH	Mg/kg		cm(+)kg-1		mg/ml				%	%
	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O	N
7.2	307	380	12.16	2.31	1.00	11.50	53.50	45.00	47.45	0.88

De acuerdo a los valores obtenidos la potencialidad del bocashi producido según de el análisis anterior, el pH puede considerarse adecuado pues se encuentra dentro del margen de la neutralidad, sin embargo los elementos mayores (nitrógeno, fósforo, potasio) se encuentran bajos al igual que los elementos menores, sin embargo con estos últimos, como las cantidades que la planta requiere son mínimas no se consideran como limitantes en la producción.

Con base en lo anterior se rechaza la segunda hipótesis propuesta, ya que el fertilizante orgánico producido (Bocashi) carece de altos valores nutritivos, principalmente de elementos mayores que son los limitantes en el aumento y mantenimiento de la productividad.

Con relación al porcentaje de materia orgánica encontrado en el análisis, se considera alto, lo cual pudo haber incidido en los resultados de la evaluación, ya que el efecto de la materia orgánica contenida en el Bocashi, y demás fertilizantes orgánicos evaluados, al aplicarlos al suelo, requirieron que los microorganismos del suelo aprovecharan los nutrientes disponibles y los usarán como fuente de energía para la descomposición de la materia orgánica.

El Bocashi, en su preparación requiere de la adición de LEVADURA , cuya función es proveer de microorganismos benéficos, los cuales se multiplican al momento de su elaboración, esto implica que al aplicarlo al suelo, se estará enriqueciéndose el mismo con microorganismos que influirán en su momento en la fertilidad luego que la materia orgánica aplicada, sea totalmente disponible a la planta. El otro elemento que conforma este fertilizante es el carbón y que para este caso fue sustituido por las cenizas cuya función es la de retener los nutrientes para evitar su pérdida, por lo que las pérdidas por lixiviación serían mínimas.

Cuadro 5.**Resumen de Análisis de Varianza de las variables de la finca Pantaleón, localidad Mangalito.**

Fuente de variación	Valores de probabilidad			
	Altura	Diámetro	Población	producción
Bloques	0.1185	0.6010	0.0298	0.1780
Fuentes	0.9002	0.5888	0.5265	0.7776
C.V.	7.606032	4.566338	6.548024	14.21074

C.V. = Coeficiente de Variación.

En la serie de suelos Andisoles (Localidad Mangalito), no se encontró diferencia significativa para ninguna de las variables analizadas a un grado de significancia de 0.05. Esto indica que estadísticamente todos los tratamientos son iguales, por lo que indistintamente podría utilizarse cualquiera de las formas de aplicación evaluadas podría ser utilizadas.

Una de las principales causas, por las cuales se considera que no hubo diferencia significativa aun con el testigo relativo (Fertilización química utilizada por la empresa) fue por el efecto del enmascaramiento provocado por la fertilidad potencial de los suelos donde se establecieron los ensayos.

Cuadro 6.**Resumen de Análisis de Varianza de las variables de la finca Playa Grande, localidad Mapache.**

Fuente de variación	Valores de probabilidad			
	Altura	Diámetro	Población	producción
Bloques	0.1781	0.6524	0.126	0.0311
Fuentes	0.2307	0.9869	0.5903	0.5875
C.V.	3.685270	3.887010	35.44373	8.998776

Al igual que en la serie de suelos Andisoles en los suelos mollisoles no se encontró diferencia significativa para ninguna de las variables analizadas al mismo grado de significancia. Esto indica que estadísticamente para estos suelos, también todos los tratamientos son iguales, por lo que indistintamente podría utilizarse cualquiera de las formas de aplicación evaluadas.

La causa a la que se le puede atribuir este efecto de enmascaramiento podría ser el mismo que el mencionado en los suelos Andisoles, originado principalmente por la profundidad que estos suelos alcanzan.

Con base a lo anterior se acepta la primera hipótesis propuesta ya que en los dos ordenes de suelos indistintamente se puede utilizar cualquiera de los fertilizantes orgánicos para sustituir al fertilizante químico, pues al no mostrar diferencia estadística significativa debería de optarse por utilizar el fertilizante orgánico (Cachaza sin ningún tratamiento) por poder obtener esta directamente del ingenio, sin ningún costo.

El suelo puede compararse a una bodega de insumos, si solo se efectúan salidas de este sistema, tarde o temprano terminarán por agotarse las reservas, razón por la cual, aunque no se haya encontrado respuesta a los tratamientos, las cantidades de nutrientes utilizados en cada cosecha no son reintegrados, principalmente por el tipo de cosecha realizado por el ingenio (Cosecha mecanizada que requiere de quema) deberán reponerse las salidas de este sistema, con el fin de mantener la fertilidad natural de estos suelos.

Específicamente para el ingenio Pantaleón, que cuenta con una extensión de 8136 has y donde el costo de fertilización de 1 ha asciende a Q. 270.00, considerando que la finca tiene la necesidad de renovar anualmente un total del 20% del área sembrada, se estima que anualmente se plantan 1627 has. El costo de fertilizar estas 1627 has es de Q. 364,448.00 /año, de tomarse en cuenta la fertilización orgánica (uso de cachaza) se estaría ahorrando esta suma en la compra de fertilizantes.

Asumiendo los mismos costos para el resto de ingenios, y de acuerdo a el área total sembrada a nivel de país (180,000 has zafra 99/00) se necesitarían renovar anualmente 36,000 has/año que equivale a un costo de Q. 8,064,000.00/año.

Las estimaciones hechas por ASAZGUA, pronostican en la actualidad una recuperación de precios, sin embargo, comparando los precios internacionales de los años 1915-1922 que fue de \$ 0.22/libra con los del año 2000 que fue de \$ 0.1089/libra, se considera que de seguir la misma tendencia por la demanda del mercado internacional que ha estimulado el aumento de la oferta, a lo cual se suma la forma de comercializar el producto (Por cuotas) ceñido a un mercado donde los compradores definen la calidad, cantidad y precio, se puede inferir que de seguir la misma tendencia (Bajar el precio en base a la oferta); el cultivo de caña de azúcar sufrirá una crisis mayor a la registrada durante la zafra 1998/99 y 1999/00 que llevo a la caída del precio internacional a niveles inferiores a los \$ 0.05/libra.

En la actualidad la recuperación estimada por ASAZGUA, solo se estima favorable si se mantienen los efectos de una reducción del volumen de producción debidas a malas cosechas por condiciones climatológicas adversas que enfrentan los mayores productores mundiales (Brasil y Australia) .

En materia de MEDIO AMBIENTE, la agroindustria azucarera de Guatemala estableció un convenio de cooperación y coordinación con la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) en Septiembre de 1995 para fortalecer las estrategias de gestión ambiental, en las que se plantean, entre las principales acciones durante la zafra 1999/00, las siguientes.

- Gestión de las aguas residuales.
- Gestión para la incorporación de tecnologías limpias.
- Gestión relacionada con las emisiones a la atmósfera.
- Comisión de manejo ambiental de los azucareros del istmo centroamericano.
- Empresas más limpias y competitivas de Guatemala.
- Los sistemas de gestión ambiental, una actividad de importancia para el corto mediano y largo plazo.

CONCLUSIONES.

- En las dos localidades (Finca Pantaleón y finca Playa Grande) los tratamientos evaluados se consideran estadísticamente iguales, ya que no presentan diferencia significativa.
- El potencial que el fertilizante orgánico (bocashi) elaborado a base de los desechos de la caña de azúcar es bajo en el contenido de macronutrientes, manteniendo dentro de los rangos aceptables el pH y la materia orgánica.
- El enmascaramiento de las aplicaciones de la fertilidad tanto orgánica como química se considera un efecto provocado por las características de las series de suelos estudiadas (Profundidad, Fertilidad natural), sin embargo, para los fertilizantes orgánicos, por considerarse estos fertilizantes de liberación lenta, podría obtenerse respuesta a estas aplicaciones en los años subsiguientes, lo que no es de esperarse en los fertilizantes químicos.
- La cachaza sola tiende a formar bloques que dificultan su manejo al momento de la aplicación en el campo, la elaboración de bocashi mejora su consistencia facilitando su manejo a tal punto que podría mecanizarse.

RECOMENDACIONES.

- Para mantener la fertilidad del suelo en condiciones aceptables en las dos fincas se recomienda aplicar cachaza descompuesta en forma localizada, sobre los surcos a razón de 300 ton/ha, ya que este tratamiento resulta ser estadísticamente igual al tratamiento químico utilizado por la empresa, sin recurrir al gasto que implica la compra del fertilizante químico.
- Evaluar en ambas localidades, la caña soca por dos años consecutivos, con el fin de observar si la activación de la materia orgánica lograda a largo plazo, tiene una respuesta diferente a la encontrada.
- Montar el ensayo en el estrato superior de la zona cañera (más de 300 msnm) donde la profundidad efectiva sea una limitante para evitar el enmascaramiento que haya podido sufrir el efecto de expresión de las aplicaciones hechas (Tratamientos evaluados).
- Si se desea mantener la fertilidad natural de los suelos, se recomienda hacer aplicaciones de cachaza. (sin ningún tratamiento) Sin embargo si lo que se pretendiera fuera, mejorar las características físicas y químicas del suelo, se recomienda usar bocashi por las bondades que este fertilizante.
- Elaborar bocashi, solo si se deseará mecanizar el proceso de aplicación al campo, lo cual no se puede lograr con la cachaza pura, ya que esta por su misma consistencia dificulta el proceso de aplicación mecanizada.

GLOSARIO

- **ABANICOS**
Geoformas que presenta el paisaje conformada por las corrientes de agua con los cambios de pendiente que presenta el relieve.
- **ANDISOLES:**
Orden de suelos, que se caracteriza por ser suelos de color oscuro formados de materiales ricos en ceniza volcánica y que por lo regular tienen un horizonte superficial oscuro.
- **APATITA:**
Suelos que se caracterizan por estar conformados por arcillas del grupo de las apatitas.
- **APLICACIÓN AL VOLEO:**
Forma de fertilizar o sembrar, la cual consiste en esparcir la semilla o el fertilizante sobre el suelo.
- **BAGACILLO:**
Restos de bagazo picado que regularmente se encuentran en la cachaza.
- **BARROS CAOLINITICOS:**
Suelos que se caracterizan por estar conformados por arcillas del grupo de las caolinitas.
- **BOCASHI:**
Son abonos orgánicos elaborados por medio de un proceso de descomposición aeróbica y termofílica, donde los residuos orgánicos son descompuestos a través de poblaciones de microorganismos y bajo condiciones controladas que producen un material parcialmente estable y de lenta descomposición.
- **CACHAZA:**
La cachaza es un residuo (sedimento) que se obtiene de la clarificación del jugo de la caña de azúcar, los altos contenidos de materia orgánica, fósforo, calcio y nitrógeno lo potencializan como un recurso para la fertilización y mejoramiento de los suelos marginales.
- **CAÑA PLANTÍA:**
Plantación de caña durante el primer año de establecida en el campo.
- **COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C.V.):**
Medida en porcentaje de la variabilidad de un ensayo, el cual puede ser un indicador del manejo del experimento.

- **COMPOST:**
Material resultante de la descomposición de residuos orgánicos ya sea de origen vegetal o animal.
- **DESCOMPOSICIÓN AERÓBICA:**
Descomposición de la materia orgánica en presencia de oxígeno.
- **ELEMENTOS MAYORES:**
Nutrimentos que son requeridos en grandes cantidades por las plantas, conformados específicamente por el nitrógeno, fósforo y el potasio.
- **GEOMORFOLOGÍA:**
Forma que presenta el relieve de la superficie del suelo en el campo.
- **INTERCAMBIO CATIONICO:**
Capacidad que tiene el suelo de poder retener y ceder los nutrientes a las plantas.
- **LEVADURA:**
Fuente de inoculación microbiológica para la fabricación de los abonos fermentados.
- **MATERIAL ALUVIAL:**
Material depositado por la diferencia de pendiente en las partes bajas por influencia directa de las corrientes de agua.
- **MATERIA ORGÁNICA:**
Son residuos de plantas y animales que pueden ser utilizados para la elaboración de compost.
- **MELAZA:**
Último subproducto obtenido de la industrialización del azúcar, también recibe el nombre de magma.
- **MICROORGANISMOS EFICACES (EM):**
Es el nombre comercial que se le da a un producto conformado por la mezcla de bacterias ácido lácticas fotosintéticas, hongos, levaduras y actinomicetes no patógenas que requieren previamente de una activación para ser inoculados.
- **MOLLISOLÉS:**
Orden de suelos, que se caracteriza por ser suelos de suaves y sueltos formados de materiales ricos en ceniza volcánico, derivan su nombre del latín molli que significa suave.
- **ORDEN DE SUELOS:**
Primera categoría de clasificación taxonómica de suelos, que representa grandes unidades homogéneas de suelos.

- **PANTE:**
Sección de terreno dentro de una finca, identificados para registros de producción.
- **PLANICIE COLUVIO ALUVIAL:**
Planicie conformada por la deposición de materiales (suelo) erodados de las partes altas hacia las partes bajas y depositados por corrientes de agua.
- **POTENCIAL HIDROGENICO (pH):**
Grado de acidez o alcalinidad de un cuerpo o de los materiales a procesar.
- **RELACIÓN CARBONO-NITROGENO (C:N):**
Es la cantidad de carbono por unidad de nitrógeno contenido en la mezcla para la conformación del compost, la cual varía de acuerdo al material a utilizar.
- **SOCAS:**
Plantación de caña durante el segundo y demás años de establecida en el campo.
- **SUELOS MARGINALES:**
Son suelos que presentan deficiencias lo que no permite lograr una producción aceptable.
- **TESTIGO ABSOLUTO:**
Se refiere al tratamiento, que para nuestro caso particular no le fue aplicada ninguna cantidad de fertilizante, por lo que sirvió de comparador. (testigo)
- **TESTIGO RELATIVO:**
Se refiere al tratamiento al cual se le aplicaron las cantidades de fertilizante químico utilizado por la empresa y que al igual que el testigo absoluto, sirvió de comparador.
- **TEXTURA FRANCA:**
Es la textura del suelo en la cual se encuentran en iguales proporciones las arenas los limos y las arcillas.
- **TEXTURA FRANCO ARENOSA:**
Es la textura que muestra un suelo, en la cual a pesar de contener arena, limo y arcilla, predominan las proporciones de arena.
- **TEXTURA FRANCO ARCILLO ARENOSA:**
Es la textura que muestra un suelo, en la cual a pesar de contener arena, limo y arcilla, predominan las proporciones de arcilla y arena, encontrándose en menores proporciones los limos.
- **VOLATILIZACIÓN DEL NITROGENO:**
Son pérdidas del nitrógeno del suelo a través de dos mecanismos que producen gas que se escapa a la atmósfera conocidos como desnitrificación y volatilización del amonio.

BIBLIOGRAFÍA.

1. ALVARADO, G.; HERRERA, I. 2001. Mapa fisiográfico y geomorfológico de la república de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; CATIE. Esc. 1:600000. Color.
2. ARCA, M.P.; ESPARZA, R. 1986. Haciendo azúcar; cristalizadores y magma. Florida, USA, Corripio. p. 8-10.
3. _____. 1986. Haciendo azúcar; evaporación del jugo. Florida, USA, Corripio. p. 9-10.
4. _____. 1986. Haciendo azúcar; filtro de cachaza. Florida, USA, Corripio. p. 14.
5. _____; TARAFÁ, J. 1986. Haciendo azúcar; clarificación del jugo. Florida, USA, Corripio. p. 13-26.
6. ASOCIACIÓN DE AZUCAREROS DE GUATEMALA. 1995. Programa de trabajo preliminar. Guatemala. 3 p.
7. _____. 2000. Informe anual zafra 1999-2000. Guatemala. 65 p.
8. BUENAVENTURA, C. 1984. CONGRESO DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE TÉCNICOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR (1., 1984, Cali, Colombia). Memorias. Cali, Colombia, Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar.
9. BUENAVENTURA, C. 1984. CONGRESO DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE TÉCNICOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR (1., 1984, Cali, Colombia). Memorias. Cali, Colombia, Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar.
10. CASSALETT DAVILA, C.; TORRES AGUAS, J.; ISSACS ECHEVERRI, C. 1995. El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia. Valle del Cauca, Colombia, Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia. s.p.
11. CRUZ, J.R. DE LA 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.

12. CUBA. INSTITUTO CUBANO DE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZUCAR. 1988. Manual de los derivados de la caña de azúcar. Ed. por Jesús Hernández Ramírez. Cuba. 252 p.
13. _____, 1988. Manual de los derivados de la caña de azúcar. 2 ed. Ed. por Jesús Hernández Ramírez. Cuba. 446 p.
14. CHEN, J.P.C. 1991. Manual del azúcar de caña para fabricantes de azúcar de caña y químicos especializados. México, Limusa. 1200 p.
15. FASSBENDER, H.W. 1983. Suelos y sistemas de producción agroforestales. Costa Rica, CATIE.
16. FERNÁNDEZ, M.V. 1997. Inventario de los recursos orgánicos una perspectiva guatemalteca. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 7 p.
17. FLORES, S. 1968. Manual de caña de azúcar. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. p. 11-12.
18. GROUP OF LATIN-AMERICAN AND CARIBBEAN SUGAR EXPORTING COUNTRIES. (Grupo de países latinoamericanos y del caribe exportadores de azúcar). Miguel M. Díaz. Editor. Julio-Agosto de 1994. volumen XI. No. 2 México.
19. HOLDRIDGE, L. 1979. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 490 P.
20. RESTREPO, J. 1998. La idea y arte de fabricar los abonos orgánicos fermentados; aportes y recomendaciones. Nicaragua, Simas. 151 p. (agricultura orgánica para todos).
21. TISDALE, S.L. 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. por Jorge Balasch. México, UTHEA. 760 p.

ANEXOS

Cuadro 7.**Análisis de Varianza para la Altura de la Localidad Mangalito**

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F Calc</i>	<i>Probabilidad</i>
bloque	3	0.13510375	0.04503458	2.40	0.1185
fuelle	4	0.01923000	0.00480750	0.26	0.9002
Error	12	0.22499000	0.01874917		
Total	19	0.37932375			

C. V. = 7.606032

Cuadro 8.**Análisis de Varianza para el Diámetro de la localidad Mangalito**

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F Calc</i>	<i>Probabilidad</i>
bloque	3	0.01885500	0.00628500	0.64	0.6014
fuelle	4	0.02848000	0.00712000	0.73	0.5888
Error	12	0.11712000	0.00976000		
Total	19	0.164455			

C. V. = 4.566338

Cuadro 9.**Análisis de Varianza para la población de la localidad Mangalito**

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F Calc</i>	<i>Probabilidad</i>
bloque	3	695.3500000	231.7833333	4.21	0.0298
fuelle	4	184.5000000	46.1250000	0.84	0.5265
Error	12	659.9000000	54.991667		
Total	19	1539.7500000			

C. V. = 6.548024

Cuadro 10.**Análisis de Varianza para la producción de la localidad Mangalito**

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F Calc</i>	<i>Probabilidad</i>
bloque	3	1141.533655	380.511218	1.93	0.1780
fuelle	4	346.299630	86.574907	0.44	0.7776
Error	12	2361.295770	196.774648		
Total	19	3849.129055			

C. V. = 14.21074

Cuadro 11.**Análisis de Varianza para la altura de la localidad de Mapache**

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F Calc</i>	<i>Probabilidad</i>
bloque	3	0.06474000	0.02158000	1.93	0.1781
fuelle	4	0.07272000	0.01818000	1.63	0.2307
Error	12	0.13396000	0.01116333		
Total	19	0.27142000			

C. V. = 3.685270

Cuadro 12.**Análisis de Varianza para el diámetro de la localidad de Mapache**

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F Calc</i>	<i>Probabilidad</i>
bloque	3	1.47737500	0.49245833	0.56	0.6524
fuelle	4	0.28325000	0.07081250	0.08	0.9869
Error	12	10.58075000	0.88172917		
Total	19	12.34137500			

C. V. = 3.887010

Cuadro 13.**Análisis de Varianza para la población de la localidad de Mapache**

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F Calc</i>	<i>Probabilidad</i>
bloque	3	7710.600000	2570.200000	1.03	0.4126
fuelle	4	7232.200000	1808.050000	0.73	0.5903
Error	12	29843.40000	2486.95000		
Total	19	44786.20000			


C. V. = 35.44373

Cuadro 14.**Análisis de Varianza para la producción de la localidad de Mapache**

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F Calc</i>	<i>Probabilidad</i>
bloque	3	2647.142200	882.380733	4.15	0.0311
fuelle	4	622.098220	155.524555	0.73	0.5875
Error	12	2550.160100	212.513342		
Total	19	5819.400520			

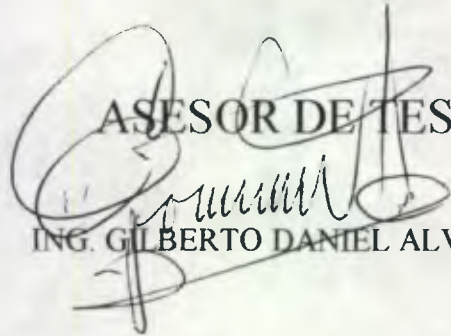
C. V. = 8.998776

SUSTENTANTE:



ING. MARCO VINICIO FERNANDEZ MONTOYA

ASESOR DE TESIS:



ING. GILBERTO DANIEL ALVARADO

IMPRIMASE:



ARQ. CARLOS VALLADARES CEREZO

DECANO