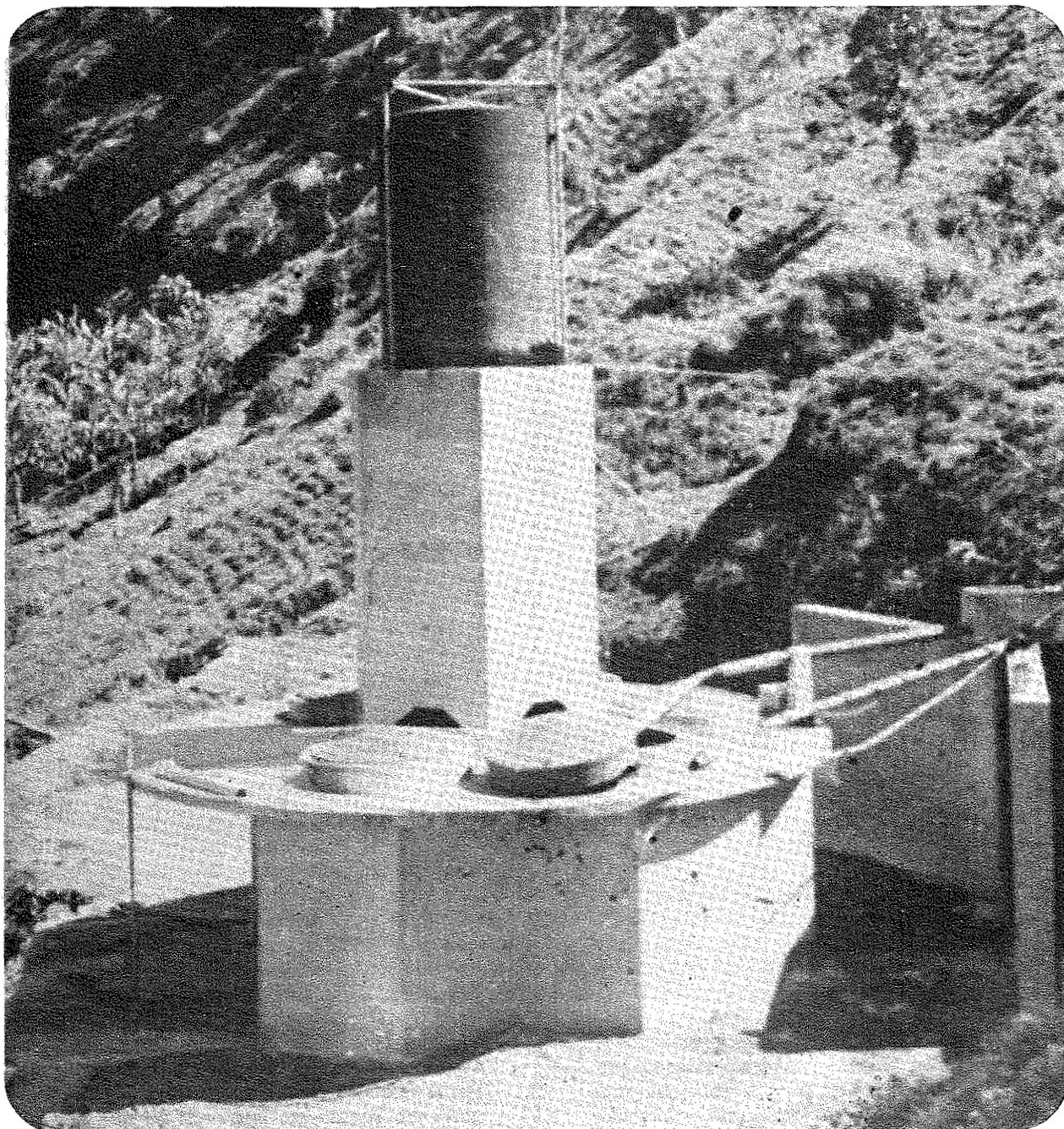


# Desarrollo de Plantas Biológicas en Guatemala

1952 - 1979



## I. INTRODUCCION

### 1.1 Período de Investigación y Experimentación: 1952-1958

En 1952 en la ciudad de Guatemala, siendo aún estudiante a media carrera en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Borromeo de Guatemala, tuvimos oportunidad de escuchar una conferencia sustentada por el Ingeniero Franz Billeb Vela, luego de gozar de una beca en Europa. El conferencista relató entre otras tantas experiencias, sobre los estudios que realizaban dos eminentes ingenieros franceses, en los Laboratorios de la Escuela de Agricultura de Algeria. El objetivo era producir por medios más adecuados y rápidos, la descomposición de la materia orgánica. Se probaba por vez primera el tratamiento anaeróbico sobre materiales procedentes del medio agrícola y se lograban nuevos beneficios por ese procedimiento. Un aspecto sobresaliente era la captación de un gas que se formaba durante la fermentación y que podría ser usado como combustible.

Inmediatamente el deseo investigativo se apoderó de la acción y en pocos días estaba lista una pequeña instalación in vitro para proceder a efectuar unas pruebas. Se hicieron diferentes fermentaciones, con diversas muestras de desechos de un establo de caballos y la que primero dio señales de despreñamiento de gases, fue inoculada a la pequeña instalación. En los siguientes días se había acumulado una cantidad suficiente para hacer pruebas con un mechero bunsen. El éxito obtenido inicialmente, que posiblemente se debió al uso de estiércol de caballo, nos estimuló a construir una pequeña planta metálica, compuesta de dos cámaras de fermentación, construida cada una diferente, para saber cuál sería la que daría el mejor resultado con la presión del gas ya conectada al gasómetro. Ver Fig. No. 1.

Esa pequeña Planta Miniatura en el lapso de seis meses, nos fue dando la clave de todos los pormenores que deben tomarse en cuenta para un buen funcionamiento a escala mayor y se probaron nuevos desechos: caña de maíz picada y paja de trigo. Los problemas de hidráulica, flujo de gases, presiones y cálculos de la instalación estaban conocidos y comprobados.

En el año 1953, se inició por nuestra propia cuenta en terrenos de un amigo el Coronel Roberto Estrada E., la construcción de una Planta Piloto, compuesta de dos cámaras de fermentación y un gasómetro, como se muestra en la Fig. No. 2.

Con esta Planta Piloto en funcionamiento, se hicieron múltiples pruebas y demostraciones en quemadores, estufas corrientes para propano, lámparas de iluminación a gas, y se accionaron varios vehículos

de los visitantes. Todas las pruebas fueron satisfactorias y demostraron el alto poder carburante del gas biológico. A los tres meses de funcionamiento se descargó la Planta y se obtuvo una cantidad considerable de abono para su uso y análisis. Se solicitaron los análisis a varios Centros de Investigación y los reportes sobre su contenido fertilizante y su acción sobre la fisiología de las plantas a través de un cambio de textura y estructura del suelo, lo situaban ventajosamente sobre los convencionales sistemas de fabricación de "humus".

El gas fue sometido a un análisis ante el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, recién fundado, reportándonos una mezcla del 68 o/o de METANO, 31 o/o de CO<sub>2</sub> y 1 o/o de Oxígeno y trazas de otros gases.

Desde el año 1954, se empezaron a dar demostraciones a los diversos elementos interesados, agricultores, ganaderos, industriales, instituciones de investigación y a las más altas autoridades de Gobierno.

En 1954, el entonces Presidente de la República Coronel Jacobo Arbenz Guzmán, por medio del Ingeniero Franz Billeb V., nos solicitó que se le construyera una Planta en su Finca "El Cajón", departamento de Escuintla. Fue derrocado ese mismo año, lo que impidió su realización.

En 1956, el ex-Presidente, Coronel Carlos Castillo Armas, quedó sumamente impresionado luego de una demostración en que se hizo funcionar una estufa, una soldadora eléctrica y un automóvil. Autorizó de inmediato para que se adquiriera el equipo de investigación más necesario por medio del Ministerio de la Defensa Nacional, que fue obtenido. Además, que se solicitara un informe de investigación bibliográfica al ICAITI y autorización de instrumento y maquinaria para la cotización de equipos ad-hoc, con el fin de construir una Planta de mayor capacidad. Su muerte trágica, impidió que se cristalizara aquel proyecto decisivo. 1957.

El Instituto Centroamericano de Investigaciones y Tecnología Industrial (ICAITI) en su Ref: 54/7/01 de julio 6 de 1956, sobre el informe solicitado, decía: "A pesar de que el trabajo realizado sobrepasa los límites de una simple consulta industrial, tal como esta fue definida en la Resolución CD/NI/56/RI de la Junta Directiva de este Instituto, y que por lo tanto debiera estar sujeto a los cargos correspondientes por los costos incurridos, el ICAITI se complace en rendirle el informe adjunto sin costo alguno, para lo cual se tomó en consideración la importancia que este proyecto puede tener para Guatemala. Firma: Alberto Mirlés, Director ICAITI.

En 1957, el ex-Presidente, Coronel Guillermo Flores Avedaño, solicitó una demostración en la Planta Piloto, a la que asistió con su Plana Mayor, quedando sumamente interesado en que se hiciera

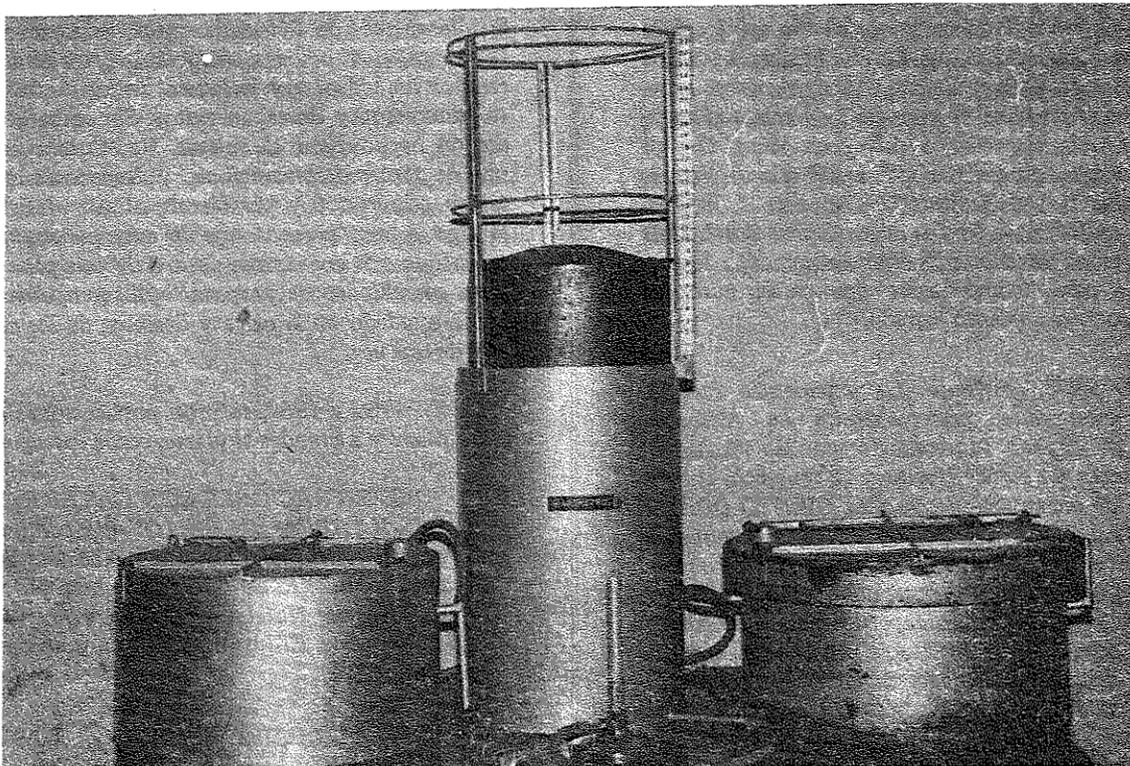


Fig. 1. Primera Planta de Biogas, construída en Guatemala en el año de 1952.  
 Capacidad de cada fermentador 4-litros  
 Gasómetro metálico calculado 5 gr/cm<sup>2</sup>.

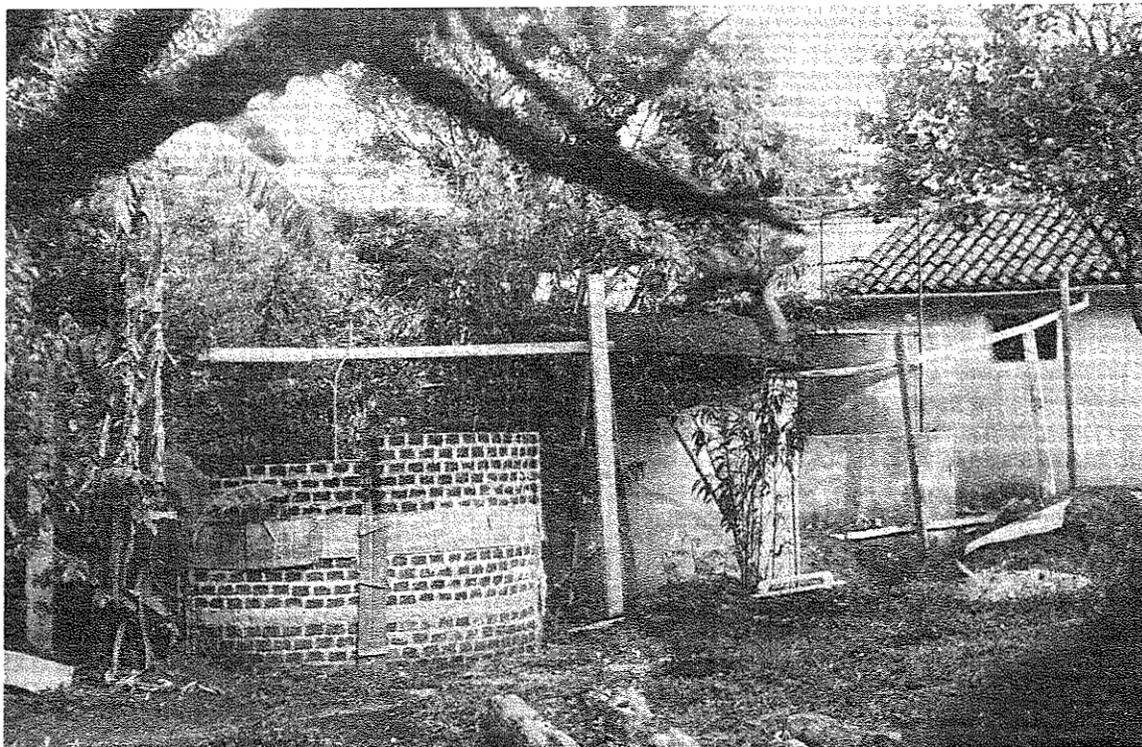


Fig. 2 Primera Planta Piloto de Biogas, construída en la ciudad de Guatemala, 1953.  
 Capacidad de cada cámara 10 Tons. Gasómetro metálico calculado 10 grs/cm<sup>2</sup>.  
 Izq. cámara en construcción; cent. cámara en funcionamiento; der. gasómetro.  
 Datos en Cuadro No. 1

público el procedimiento y ofreciendo su decidido apoyo para ponerlo en marcha. Se le hizo saber que en Europa se estaba trabajando sobre el mismo asunto, y la conveniencia de conocer los adelantos logrados, antes de proceder a una promoción. Otorgó entonces tres becas, dos por el Ministerio de Economía y una por el Instituto de Fomento de la Producción -INFOP-. El Ingeniero Franz Billeb Vela y el Técnico Mecánico Rafael Penagos G., fueron invitados para acompañarme por países europeos para conocer el adelanto logrado.

En 1958, partimos. La experiencia fue por demás interesante, principalmente en Alemania, donde ya estaban funcionando grandes Plantas de Tratamiento de Aguas Negras y se invertían en promoción de construcciones rurales, CIENTO OCHENTA MILLONES DE DOLARES. Los sistemas en práctica, usaban una alta tecnología, tales como el Allerhop, el Schmidt-eggsgluss, el Darmstadt y otros, que se han venido experimentando en Alemania, Francia, Italia e Inglaterra. En nuestro informe hicimos notar, que esa tecnología era poco apropiada para nuestro medio, no sólo por el control de su funcionamiento, sino por la mano de obra calificada para su instalación y lo oneroso de su construcción. El sistema guatemalteco, se apropiaba mejor al medio Latino Americano por su sencillez, facilidad de manejo y bajo costo.

En 1958, el entonces Presidente de la República, General e Ingeniero Miguel Idígoras Fuentes, asistió a una nueva demostración en la Planta Piloto, donde pudo observar el funcionamiento de una estufa a gas, un grupo generador y un automóvil, al que no se le hizo ningún cambio en su sistema de carburación.

La grata impresión recibida por el gobernante, se tradujo en las siguientes palabras: "Yo soy patrocinador de este procedimiento. Deben construirse cuatro o cinco de estas Plantas alrededor de la Capital, para que todo el mundo las mire". No obstante sus buenos propósitos para que el INFOP concediera préstamos fáciles a las personas interesadas en construir una Planta, fueron vanos, pues dicha Institución manifestó su escasez de fondos.

### 1.2 Período de Promoción y Desarrollo Empresarial: 1958-1979

En 1958, se decidió la formación de una Empresa denominada "ABILOGASCO" Abonos y Gas Biológico CO, con la firme decisión de promover y desarrollar la instalación de Plantas Biológicas en el medio rural guatemalteco. Esta Compañía formada por el Licenciado Rodrigo Robles Chinchilla, Coronel Roberto Estrada Estévez y el Ingeniero Agrónomo Mario David Penagos Gonzalbo; todos completamente imbuidos del beneficio que para el país, podría tener el uso del sistema y sus productos. Se patentó el procedimiento y se imprimió propaganda.

Se dieron más de 200 demostraciones a personas de la prensa, instituciones agrícolas y ganaderas, interesados individuales y la banca. Todos manifestaban su admiración y deseaban éxitos. Sin embargo, sucedió un hecho digno de relatar. Un Ministro asistió a una de tantas demostraciones y después de manifestar su admiración y parabienes, al salir del recinto, le dijo a una persona que le acompañaba: "éstos creen que nos engañaron, dentro de esas pilas deben tener un cilindro de propano". El acompañante nos había ayudado en la carga y descarga de las cámaras más de una vez.

En 1958 y 1959, salieron publicaciones en primera plana y a grandes titulares, como los siguientes:

- \* "DEMOSTRACIONES CON GAS BIOLÓGICO RESULTARON UN ÉXITO". Perspectivas para producir Energía Eléctrica y Abonos. Pruebas ante el Ministro de Agricultura hizo el Ingeniero Penagos; Notables Resultados Tras 7 Años de Estudios. El Imparcial, 14 de julio de 1958. No. 12080.
- \* "INVENTO PARA MEJORAR A LOS AGRICULTORES. PULSO ECONOMICO". Prensa Libre. Agosto 12, 1958.
- \* "FELIZ EXPERIMENTO: GAS PRODUCE ENERGIA MOTRIZ". Energía Mediante Gas Biológico logran Producir Dos Guatemaltecos. Sustituye eficazmente Gasolina, Diesel, etc. Toneladas de Abono Orgánico Pueden Producir También como Corolario. Prensa Libre, jueves 7 de agosto, 1958, No. 2175.
- \* "INDUSTRIA DE INMENSAS PROYECCIONES POR INICIARSE EN BREVE EN GUATEMALA". Trátase de la Producción de Gases Biológicos y Abonos Orgánicos Utilizando Materia Prima que en nuestro País existe en Abundancia. La Hora. 14 de julio, 1959. No. 4821.

Como consecuencia de las acciones anteriores, se inició en Guatemala la construcción de las siguientes instalaciones:

En 1959, el señor agricultor don Justo Abascal de Anda, nos encargó la construcción de la Primera Planta Biológica, Tipo Guatemala-10, con las siguientes características: Construcción en Acero; dos cámaras fermentadoras de 10 m<sup>3</sup> cada una; un Gasómetro de 10 m<sup>3</sup>, con cuba y campana de Acero; transportable, con el objeto de poder llevarla a cualquiera de sus Fincas.

El Banco del Agro, fue la primera institución que ofreció y cumplió sin mayores trámites, el otorgamiento de préstamos para este fin. Este fue un caso. Ver Cuadro No. 1.

En 1960, esta Planta del señor Abascal, fue

exhibida en la Primera Feria de Primavera que se celebró en la ciudad de Guatemala y logró las mejores manifestaciones de interés y admiración.

En esa misma Planta, se ensayó por primera vez, la obtención de Bio-abono y Bio-Gas, a partir del Bagazo de caña de azúcar. Esta prueba se hizo a requerimiento del señor don Francisco Girón, quien exigía específicamente usar esa Materia Prima. Se realizó la investigación sobre dicha materia en el

Laboratorio y se logró éxito. Ante las autoridades del ICAITI, Director y Técnicos, se cargó la Planta, se selló. Su funcionamiento fue totalmente satisfactorio para los técnicos y para el interesado. El rendimiento de gas fue  $0.6/m^3$ , a temperatura ambiente con promedio de  $22^{\circ}C$ . El gas quemó perfectamente y el rendimiento en bio-abono fue de 15 o/o menos en Materia Orgánica que la que se usó como materia prima y que se había transformado en gas. Esta Plan-

CUADRO No. 1  
EXPERIENCIA  
CONSTRUCCION DE PLANTAS PRODUCTORAS DE FERTILIZANTES Y GAS BIOLÓGICO EN  
UN SOLO PROCESO

ESTUDIO Y DISEÑO		EJECUCION							
Nombre, Planta, Propietario, Localización	Planta, Tipo, Material, Construcción	Tiempo de Construcción, Inicio, Final	Temperatura, Clima-Lugar, + °C, - °C	Mat. Prima, Clase, Cantidad, quintales	Capacidad, Bioabono *, quintales	Producción, BioGas**, Pres. Atm., año, M <sup>3</sup>	Monto de Inversión total ***, quetzales	Valor de Productos Bioab. qq., -BioGas M <sup>3</sup>	Tiempo Amortiza. Inversión, Años
Planta Piloto, Estrada Penagos, Ciudad, Guatemala, 1a. c. y 2a. Av. Z. 10	G-10, Piloto, Ladrillo	8 meses, V/1953, XII/53	Med-Amb, Templado, Semisecho, 22°C	Varias, Agrícolas, 1,320	1,200	2,400	2,500.00	3,600.00	1
"Chipo", Justo Abascal, Santa Bárbara, Escuintla	G-10, Portátil, Acero, Laminado	3 meses, VII/59, IX/59	Med-Amb, Caliente, Húmedo, 30°C	Estiércol, Bovinos, 1,320	1,200	2,400	3,000.00	3,600.00	2
San Alberto, Edmundo Vásquez, Patulul, Escuintla	G-15, Granja, Concreto, armado	5 meses, III/59, VII/59	Acondic., Caliente, Húmedo, 28°C	Est. Pulpa, Bov-café, 1,650	1,500	3,000	5,000.00	4,500.00	2
Municipal, Muncip. Guatemala, Ciudad, Guatemala, 21 C. y 6a. Av. z. 1	G-120, Sanitario, Concreto, Armado	XI/59, XII/60	Acondicio., Templado, Semí-seco, 22°C	Basuras, Mercado, 22,000	20,000	40,000	35,000.00	24,000.00	2
El Porvenir, Antonio Bonifasi, Mazatenango, Suchitupéquez	G-90, Agro-Ind., Concreto, Armado	12 meses, VIII/59, VII/60	Condicionado, Caliente, Húmedo, 30°C	Pulpa-café, Rest. Rastro, 16,500, Mínimo	15,000, Mínimo	30,000, mínimo	18,000.00	18,000.00	3
"Colima", José Bonifasi, Zunilito, Suchitupéquez	G-45, Agrícola, Concreto, Armado	6 meses, XI/61, V/62	Acond., Templado, Muy húmedo, 24°C	Pulpa-café, Rastrojo, 6,600	6,000	12,000	12,000.00	7,200.00	2
"La Esperanza", Ricardo Echeverría, Pochuta, Chimaltenango	G-45, Agrícola, Concreto, Armado	6 meses, XI/62, V/62	Condiciona., Templado, Húmedo, 24°C	Pulpa-café, Rastrojo	6,000	12,000	12,000.00	7,200.00	2

(Continúa Cuadro No. 1)

20

ESTUDIO DISEÑO		EJECUCION							
Nombre, Planta Propietario Localización	Planta, Tipo, Material, Construcción	Tiempo de Construc. Inicio Final	Temperatura Clima-Lugar + °C -	Mat. Prima Clase Cantidad -quintales	Capacidad Bioabono* Año -quintales	Producción Biogas** Pres. Atm - M <sup>3</sup> .Año	Monto de Inversión Total -Quetzales	Valor de Productos Bioab. qq + Biogas M <sup>3</sup>	Tiempo Amortiz Invers. -Años
"La Esperanza" Ricardo Echeverría Pochuta, Chimaltenango (Ampliación)	G-30 Agrícola Concreto Armado	5 meses VII/63 XII/63	Condicion. Templado Húmedo 24° C	Pulpa-café  5,500	5,000	10,000	5,000	6,000	1
"El Milagro" Ricardo Remmele Granja El Trebol Col. El Milagro	G-75 Pec-Sanit Concreto Armado	4 meses XII/64 III/65	Acondicion. Templado Seco 23 °C	Estiércol Marranos 15,200	12,000	24,000	15,000	14,400.00	2
"La Sierra" Rodolfo Castillo Patzún Chimaltenango	G-60 Pecuaría Concreto Armado	4 meses II/66 VI/66	Acondicion. Frío Húmedo 18° C	Estiércol Bovinos 11,000	10,000		8,000	10,000.00	1
"Biofert" Alvarado-Luzano Los Sauces Palín, Escuintla	G-300 Pec-Indust. Concreto Armado	7 meses V/69 XII/69	Acondicion. Templado Húmedo 24° C	Estiércol Varios 55,000	50,000		80,000	125,000.00 (Q2.50/qq)	2
"Rancho Alegre" Rosendo Gordillo Río Bravo Escuintla	G-75 Pecuario Concreto Armado	6 meses VII/69 I/70	Condiciona. Caliente Seco 28° C	Estiércol Bovinos 17,600	16,000		22,000	16,000.00	2
"Las Flores" Fernando Luna San Antonio Suchitepéquez	G-60 Pecuario Concreto Armado	6 meses VIII/69 II/70	Condiciona. Caliente Seco 28° C	Estiércol Bovinos 11,000	10,000		8,000	10,000.00	1
"Las Acacias" Milton Molina E La Gomera Escuintla	G-200 Piloto Concreto Armado	18 meses VII/77 XII/78	Acondicion. Caliente Seco 30° C	Estiércol Bovinos Rastro o 32,000	28,800	73,000	46,100	36,100.00	2

NOTA: (\*) 1 quintal (qq) = 100 libras inglesas con 30% humedad y valor mínimo de 1.00\$ U.S.  
 (\*\*\*) 1 metro cúbico (M<sup>3</sup>) a Presión atmosférica; 6,000 Kcal equivalente 23,800 B.T.U. a valor mínimo de 0.10  
 (\*\*\*\*) 1 quetzal = 1 \$ U.S.  
 MED-AMB = Medio Ambiente  
 REST-RASTRO = Desechos de Rastro (restos)

ta fue prestada al interesado para llevarla a su propia Finca "El Oasis", Zacapa, donde la temperatura ambiente es muy superior, Promedio - 30°C. El rendimiento en gas fue entonces de - 1.2/m<sup>3</sup>.

Estas demostraciones y su exhibición haciendo funcionar un generador eléctrico, una estufa de gas y una refrigeradora a gas, dentro de una casa prefabricada, más la propaganda realizada, dio origen a la construcción de las siguientes Plantas:

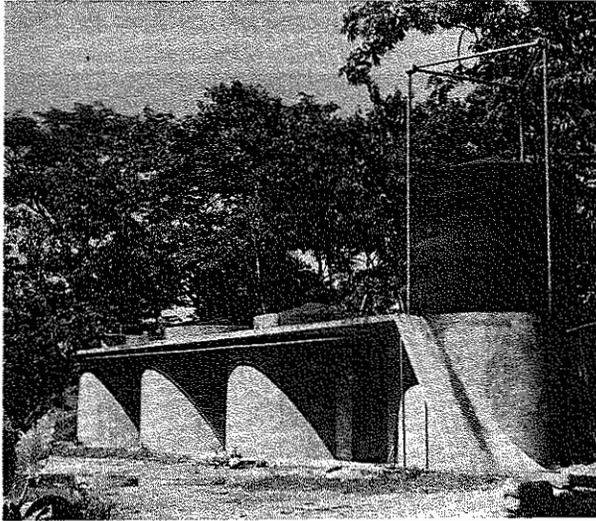


Fig. 3. Planta San Alberto, primera Planta fija montada en una finca para el aprovechamiento del estiércol de 12 vacas estabuladas y la pulpa de café del beneficio húmedo. Ver Cuadro No. 1.

1. En 1959, el señor Licenciado don Edmundo Vásquez, solicitó y se inició la construcción de una pequeña Planta Tipo "Hacienda", G-15 en su Finca "San Alberto", Patulul, Escuintla, y en un período de cinco meses la planta se encontraba prestando los servicios siguientes:

Accionar un motor generador de 3.5 Kwh, para producir la iluminación de la casa (Hacienda), esa energía se aprovecha para el funcionamiento de una bomba eléctrica de pozo, que surte el agua necesaria a los servicios; por cañería se conduce el gas hasta la cocina, donde alimenta la estufa y el refrigerador. Ver Fig. No. 3 (pág. anterior).

2. En 1959, el señor Agricultor don Antonio Bonifasi, nos encargó elaborar tres proyectos para su Finca "El Porvenir", Mazatenango, Suchitepéquez:

- a) Tipo "industrial" para aprovechar las basuras de la ciudad de Mazatenango.
- b) Tipo "Agro-Industrial" para aprovechar la pulpa procedente del beneficio de 3.000 quintales (1 quintal equivale a 45 Kg. aproximadamente) de café (oro), más desechos del rastro.

- c) Tipo "Agrícola", para fabricación de "compost" con la pulpa procedente del beneficio de café. (Sin aprovechamiento del gas).

De éstos, eligió el b), cuya construcción duró 12 meses, iniciando sus operaciones en el mes de julio de 1960. Ver Fig. No. 4. Esta Planta Biológica, será analizada en Capítulo siguiente.

En 1959, casi simultáneamente con la anterior,



Fig. 4. Planta "El Porvenir" de don Antonio Bonifasi. Con el biogas se acciona un motor Wisconsin de 35 H.P., un molino para 3 toneladas hora, un generador eléctrico de 1 Kwh, una bomba para transporte de lodos y un compresor de gas para llenar botellas con biogas. Ver Cap. II y Cuadro No. 1.

el Alcalde de la ciudad de Guatemala, doctor Luis F. Galich, nos solicitó la planificación de una Planta para tratar las basuras de un Mercado, situado en el Centro Cívico de la Ciudad y a distancia de 100 metros del Palacio Municipal. Se contrató la obra bajo nuestra dirección y supervisión, pero los materiales, equipos, instrumentos y mano de obra por acción municipal. Los trabajos se realizaron con extraordinaria lentitud. La Planta de Bonifasi entró en funcionamiento y la Municipalidad no llegaba al 50 o/o de su avance. En el año 1960, cuando ya se había construido el 75 o/o de la Obra Civil, el predio donde ésta se construía, pasó al Ministerio de Obras Públicas, el que lo tenía reservado, para los elevados del Teatro Nacional, ya en construcción, fuente danzarina, etc. Este aún no ha sido estrenado; pero la construcción a punto de concluirse, fue demolida. Ver etapa final de construcción a que llegó en Fig. 5.

En 1960, el señor don José Bonifasi, habiendo visto los resultados obtenidos por su hermano el propietario de la Planta "El Porvenir", nos solicitó la construcción de una Planta en su Finca "Colima", Zunilito, Suchitepéquez, cuya construcción se realizó en el año de 1962 y duró seis meses. Su función era el procesamiento de la pulpa procedente del

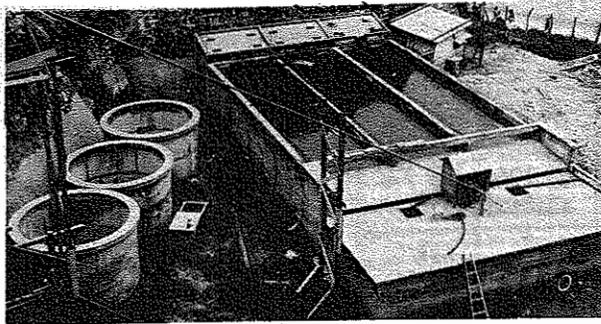


Fig. 5. Planta Biológica Municipal en construcción. Para tratamiento de basuras de Mercado Municipal. Ver cuadro No. 1

beneficio de 2.000 quintales de café oro, más los desechos de un establo de 10 vacas estabuladas. Ver Fig. No. 6.

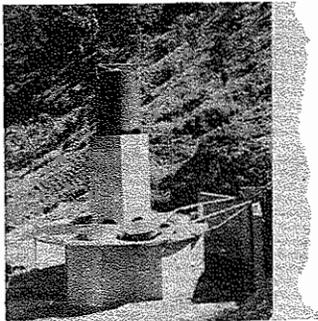


Fig. 6. Planta "Colina" en las faldas del volcán "Zunil" con el cual hace juego su arquitectura. Procesa pulpa de café y estiércol de establo. Fue construida en 1962. Ver Cuadro No. 1

En 1962, el señor don Ricardo Echeverría Herrera nos solicitó la construcción de una Planta Abiogasco, en su Finca "La Esperanza", municipio de Pochuta, departamento de Chimaltenango. La Planta sería para procesar parcialmente la cantidad de pulpa procedente del beneficio por 3.000 quintales de café oro. El gas se aprovecharía para el secamiento del café. Su construcción se finalizó en junio de 1963.

En 1963, el mismo señor Ricardo Echeverría, nos solicitó la ampliación de su Planta Abiogasco en 5.000 quintales más al año. Esta ampliación fue concluida en diciembre de 1963.

En 1964, el señor Ricardo Remmele, nos solicitó con urgencia la construcción de una Planta Biológica en su Granja "El Trébol", k-18; pues las autoridades sanitarias no le permitían el funcionamiento de las nuevas instalaciones de su fábrica de embutidos "Astoria", ni la crianza de 2.000 cerdos de crianza y engorde en la misma granja, mientras no resolviera el problema de los desechos de la fábrica y de las porquerizas, que podrían contaminar los nacimientos de aguas abajo, que surten otros pueblos. La construcción se inició en diciembre de 1964 y se terminó en marzo de 1965. La Planta procesaría el estiércol de 2.000 marranos de diferentes edades y se alimentaría con las aguas procedentes de la industria. El gas sería aprovechado para la cocción de alimentos y calor para las calderas.

22

En 1966, el señor don Rodolfo Castillo Love, propietario y administrador de la Finca "La Sierra", solicitó la construcción de una Planta Biológica, con el fin exclusivo de fabricar "Bioabono", no interesando la recuperación del gas; pues aunque éste siempre se produce, se pierde a la atmósfera luego de pasar por una trampa de presión. La Finca posee una Mini-central hidroeléctrica y no necesita más fuentes de energía. Sin embargo, necesitaba una fuerte enmienda en sus suelos, dedicados por muchos años al cultivo del trigo. El bioabono, era el fertilizante ideal para esa producción de materia prima, el estiércol de 50 vacas de ordeño en semi-estabulación. Esta Planta entró en funcionamiento en junio de 1966. Ver Fig. 7.

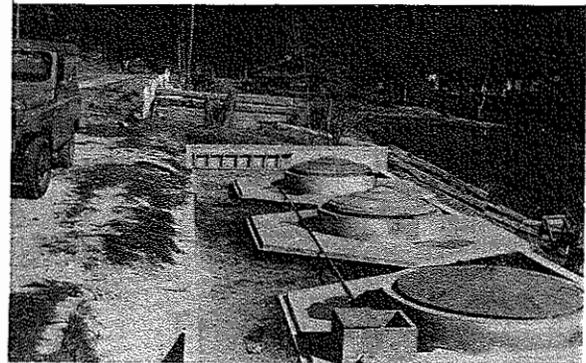


Fig. 7. La misma planta "La Sierra" vista por arriba, mostrando su estructura y diseño. Izq. camino de acceso para carga y descarga; Cen. las cámaras y sus cubiertas, dos son fibra de vidrio; Der. frente, patio de descarga y decantación; Der. fondo, un alfalfar crece-luzano con bioabono.

En 1969, se formó la Compañía "Biofert" (Alvarado, Losano, Penagos), de carácter Industrial, con el fin de producir Fertilizante Biológico para ser vendido en el mercado interno. La planta produciría en principio la cantidad de 50.000 quintales al año. Principió su producción en diciembre de 1969. Su producto fue vendido desde un principio con buena aceptación en las tiendas de productos agro-químicos. En 1971, la demanda había sobrepasado la producción en más de 100.000 quintales, por lo que se procedió a fabricar "compost" de pulpa a la que se mezclaba el bioabono en sus dos formas, líquido y sólido. El producto se vendía en bolsas de polietileno grueso con capacidad de 50 libras a razón de \$.U.S. 1.50 Ver Fig. 8.

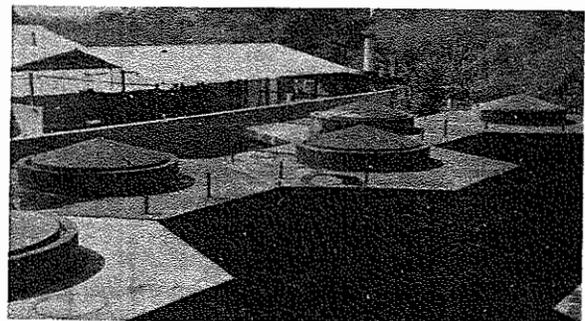


Fig. 8. Planta Biofert, semi-industrial que vende su producto envasado en bolsas de polietileno de 50 libras. Vista de un ala de la planta. A la derecha, patio para decantación de biabono. Ver Cuadro No. 1

En 1969, el doctor Rosendo Gordillo G. solicitó la construcción de una Planta para la fabricación única de "Bioabono", en su Hacienda "Rancho Alegre", Río Bravo, Escuintla, no interesando tampoco la utilización del gas producido, sino la recuperación del estiércol de un establo de bovinos. La instalación está alejada de la casa de la Hacienda y la mecanización es poco significativa. Los suelos de los pastizales son muy arenosos y el bioabono al cambiar su estructura, mejora la capacidad de retención del agua y vigoriza la producción de forraje.

En 1969, el Licenciado en Economía don Fernando Luna Del Pinal, solicitó la construcción de una Planta para la fabricación única de "bioabono", en su Hacienda "San Rafael Las Flores", municipio de San Antonio Suchitepéquez, igual y en las mismas condiciones de la Planta "Rancho Alegre", por lo cual, no era necesaria la inversión de un 30 o/o más para la instalación de captación de biogas.

En 1977, el señor agricultor e industrial don Milton Molina E., solicitó la planificación de una Planta Biológica en sus instalaciones agro-industriales "Las Acacias", municipio de La Gomera, departamento de Escuintla, para el aprovechamiento del estiércol proveniente de un "Corral de Engorde" que contiene 8.000 cabezas de ganado vacuno, con el fin de obtener los dos productos fundamentales: abono biológico y biogas. El abono para la fertilización de sus campos aldoneros, formados por un suelo areno-arcilloso y el biogas para uso energético de un gran complejo Agro-industrial reunido en esa Finca "Las Acacias", y que comprende las siguientes: una Desmotadora que elabora 500 pacas diarias de 500 libras cada una; una fábrica de extracción de aceite de maní; una fábrica que extrae aceite de semilla de algodón y una fábrica que utilizando las tortas, cascarillas y demás sobrantes de la industria, elabora diariamente la cantidad de 3.500 quintales de concentrado para el corral de engorde. Los cálculos en referencia fueron los siguientes:

"Un total de 8.000 animales en rotación, en corrales abiertos; una cantidad de 3.200 qqs. diarios de materia prima, formada por estiércol y rastrojos de algodón, en partes iguales.

Bajo la estimación de 8.000 cabezas de ganado, la producción diaria (bajo la base de Un Metro cúbico de "Bio-gas" por cada cabeza de ganado) nos da un rendimiento de 8.000 Metros cúbicos de "Biogas" diariamente.

El calor de combustión del "Biogas" es de 23.800 BTU/Metro<sup>3</sup>, lo que nos da una producción de Energía calorífica diaria de:  $200 \times 10^6$  BTU/día, cuyo equivalente en gasolina es de: 1.680 U.S. Galones, diariamente.

Observación: Prácticamente y bajo las consideraciones establecidas, usted contaría con un exceso

de "Biogas" diariamente, para otros usos, así:

Producción diaria de Energía	—	200.000.000 BTU
Consumo actual en Plantas	—	114.660.000 BTU
Diferencia en exceso	—	85.340.000 BTU

La cantidad de "bioabono sólido" a obtenerse, es aproximadamente, el 90 o/o del peso de materia prima inicial, y un 10 o/o de dicha materia inicial será lo que se transforma en "Biogas".

Por consiguiente:

El "Bioabono sólido" será:

$$3.200 \text{ qqs. } \frac{(\text{Mat. prima})}{\text{día}} \times 0.90 = 2.800 \text{ qq./día}$$

La cantidad de "Bioabono líquido", es aproximadamente el 20 o/o del peso de la materia prima inicial en proceso. Por consiguiente, el abono "Bio líquido" será:

$$3.200 \text{ qqs. } \frac{(\text{Mat. prima})}{\text{día}} \times 0.20 = 640 \text{ qqs. equivalentes a:}$$

$$\frac{640 \times 100 \times 1.000}{62.4 \times 35 \times 3.78} = 7.750 \text{ galones/día}$$

RESUMIENDO:

De 3.200 qqs. de Materia prima procesada por usted (con Humedad del 7 o/o inicial) obtendrá lo siguiente:

2.800 qqs. de "Bioabono sólido" al día  
 7.750 Gals. de "Bioabono líquido" al día  
 8.000 M<sup>3</sup> de "Biogas" (gas biológico) cuyo equivalente en gasolina es de: 1.680 U.S. Galones.

Nota: En el "Sistema Biológico" se preserva la cantidad de 40 libras de Nitrógeno puro, por cada cabeza de ganado, en un año (ésto para su caso particular). Por consiguiente, las 8.000 cabezas de ganado, en un año, aportarían: 3.200 qqs. de Nitrógeno puro, cuyo equivalente es de 16.000 qqs. de Fertilizante Nitrogenado al 20 o/o.

Además, por razones de manipuleo y Tipo de fermentación, en el Sistema de "Compost", se pierde un 25 o/o de Materia Orgánica, que en caso de hacer uso de dicho sistema, equivaldría a perder 800 qqs. de materia orgánica, diariamente.

Con base en los cálculos anteriores, se procedió a la construcción de una Cámara Piloto, para reconocer detalladamente las variables de la Materia Prima: peso, densidad, comportamiento, temperatura propia, etc., así como: variables del clima, humedad del suelo y su mecánica, etc. Esta unidad piloto, formaría parte de una batería de 18 biorreactores de igual capacidad.

La capacidad de este Biorreactor es de 200 metros cúbicos y su forma es hexagonal. La forma sería modificable, según fuera el comportamiento de la materia prima. Esta construcción se terminó el 28 de diciembre de 1978, día en que empezó a funcionar según los cálculos previstos y tomando en cuenta las condiciones de la Materia Prima, que no fueron las indicadas, por su inexistencia en esa época y su última contaminación con arena de mar. Se están realizando nuevas cargas con el material especificado y nuevos materiales, para iniciar la construcción formal. Ver Fig. No. 9.

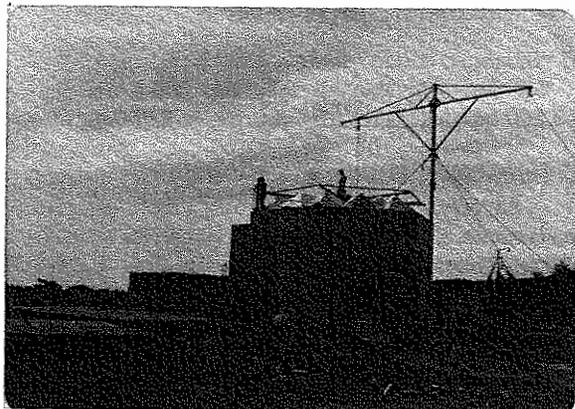


Fig. 9. Planta "Las Acacias". 1978. En construcción de la Cámara Piloto, que formará parte de una batería de 18 cámaras más. Ver Cuadro No. 1

## II. ESTUDIO DE CASO I. PLANTA "EL PORVENIR", FINCA "EL PORVENIR", MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ.

### 2.1 Descripción Física de la Planta

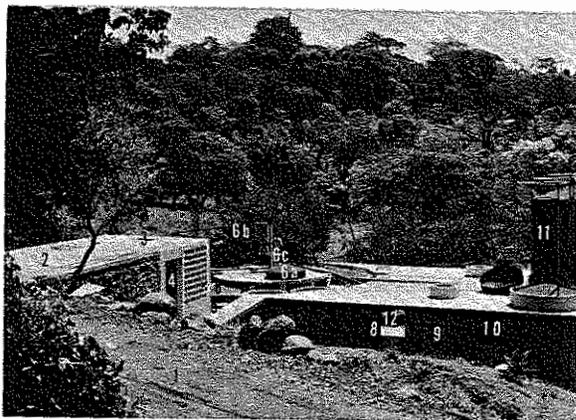


Fig. 10. Vista lateral de la planta completa.

- 1) Camino de acceso
- 2) Patio de descarga (Terraza de concreto armado).
- 3) Tolva de alimentación. (construcción metálica).
- 4) Cuarto de molienda. (Molino y motor a gas).
- 5) Tanques de fermentación. (3 tanques rectangulares de concreto con cap. 5 m<sup>3</sup> cada uno).
- 6) Batería de fermentadores. (10 cámaras, 10 m<sup>3</sup> cada una).
- 6a) Tapadera cámara de fermentación.

- 6b) Puente grúa para poner y quitar tapaderas
- 6c) Bomba para traslado de líquidos.
- 7) Cuarto de bombeo y trasiego
- 8) Sala de envasar el bioabono
- 9) Silos de envasar el bioabono (semilíquido)
- 10) Sala de compresión, controles y generación de energía eléctrica (un grupo electrógeno de 1 Kwh)
- 11) Batería de gasómetros 3 (15 m<sup>3</sup> cada uno)
- 12) Patio de carga abonos sólido y líquido
- 13) Cajas de control de válvulas.

### 2.2 Descripción de su Funcionamiento

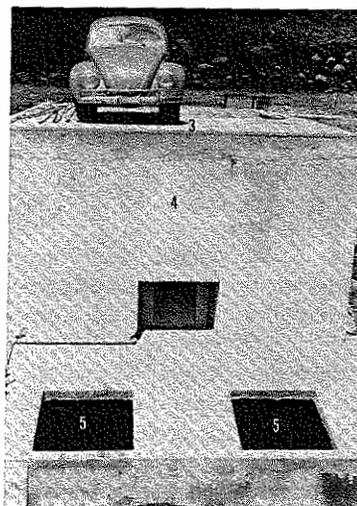


Fig. 11. Vista frontal del patio de descarga terraza superior (3) y cuarto molienda en (4), en (5) dos de los tanques prefermentadores.

Siguiendo el curso de las distintas operaciones por las instalaciones que comprende son:

En la plataforma de hormigón para la recepción de los desechos (2); los desechos líquidos y semilíquidos se reciben en un tanque lateral situado en (3a).

Los sólidos se vierten por una tolva, situada en (3), donde son triturados por un molino de martillos, al grueso deseado (4a). Luego son descargados por la compuerta (4c) y distribuidos a cada uno de los tanques "prefermentadores" cuya entrada se observa en (5).

Los desechos sólidos permanecen tres días en prefermentación. Los desechos líquidos se depositan en un tanque similar, situado al lado de los anteriores.

Los sólidos ya prefermentados se descargan por medio de un puente grúa (6b) con un cucharón que prensa la materia y la transporta y descarga en cada uno de los "fermentadores" llenándose uno cada tres días. La acción, también puede ser ejecutada hidráulicamente por medio de bomba de lodos, al disolverlos con líquido del tanque adyacente al punto indicado.

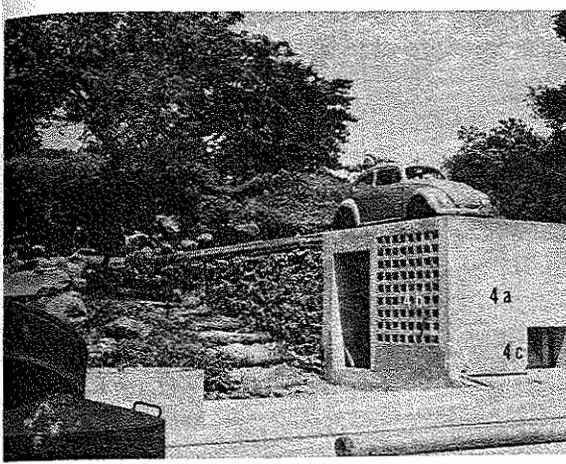


Fig. 12. Vista lateral de la sección de recibos, cuarto de mollienda (4b), en el que se encuentra un molino marca "Condux" con capacidad de mollienda para 3 toneladas/hora, que es accionado por un motor a gas.

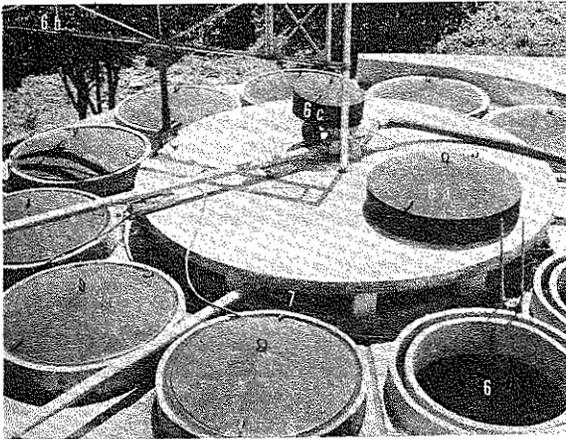


Fig. 14. Batería de diez tanques de fermentación, en cuyo centro se encuentra el cuarto de bombeo y trasiego (7). La cámara (6) se está descargando, luego de quitar su tapadera (6a), por medio del puente giratorio (6b).

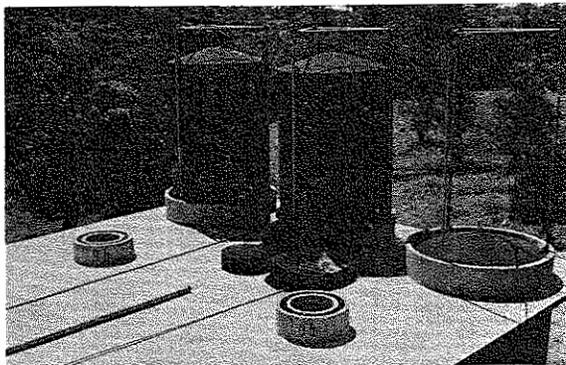


Fig. 16. Batería de gasómetros para la captación del gas y que han sido calculados para darle la presión de utilización en los diferentes motores. Compuesta de tres gasómetros, con capacidad de 15 m<sup>3</sup>. cada uno. Los dos de la izquierda captan el biogas de la batería (6); el de la derecha, el gas que producen los líquidos en la batería de silos (9). En (9b), pueden verse las aberturas de sello, que dan acceso a mantenimiento. Estos silos son cargados y descargados por medio de la bomba de lodos.

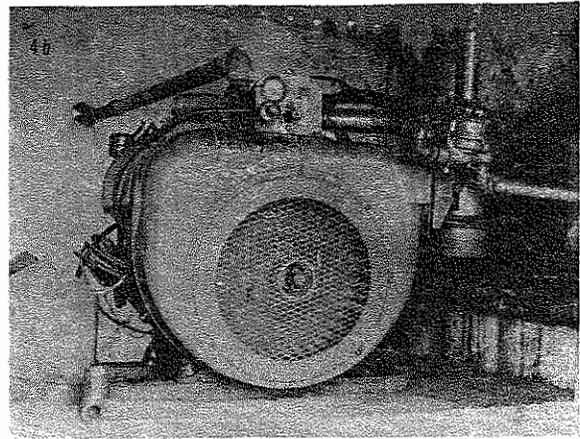


Fig. 13. Este motor situado en (4b), es marca "Wisconsin", con 35 H.P. de potencia y es el que por más de 15 años ha accionado el Molino de la Planta, consumiendo parte del gas biológico producido.



Fig. 15. Interior del cuarto de bombeo y trasiego, en el que se ve una bomba de diafragma REX, con motor de 3.5 H.P., accionado con biogas. Además, allí se encuentran los instrumentos de control y llaves de los sistemas de transporte de líquido, lodos y gases.

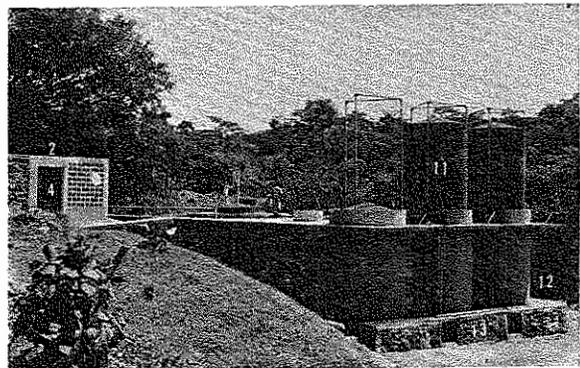


Fig. 17. Entre la batería de silos (9) y las pilas de los gasómetros (11), se encuentra la sala de administración (10), en la que funciona un generador de 1 Kwh, accionado por biogas, para la iluminación de toda la planta y casa del administrador; un poste de compresión, un filtro para el gas y control general de la línea de gas.

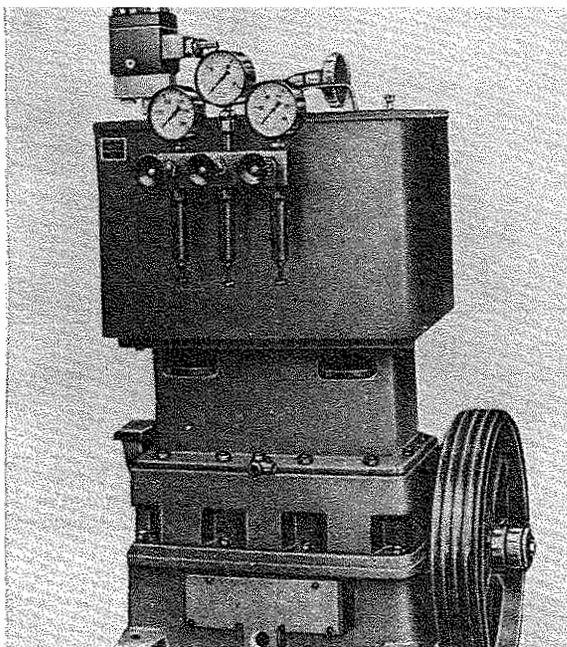


Fig. 18. Este es el compresor de alta presión, 3 etapas, modelo D 160, marca "Antillas", que comprime el biogas a 200 Kgs/cm<sup>2</sup>., en cilindros de acero con capacidad para 53 litros de agua y con un contenido de 13.25 m<sup>3</sup>. de biogas. Es accionado por un motor de cuatro tiempos, accionado a gas, marca "ILO". Una instalación de embotellamiento para llenar seis cilindros/día.



Fig. 19. En la misma sala de administración (10), se encuentran los filtros para quitar el poco de ácido sulfídrico, antes de que el gas sea comprimido o entre a los motores de combustión. En ese momento se está efectuando una prueba de pureza del biogas.



Fig. 20. Camión con capacidad para transportar 2.000 U.S. galones de bioabono líquido, que por medio de sifón es regado al pie de los cafetales. El camión marca "SYTER", es accionado por gas comprimido a 200 Kg./cm.<sup>2</sup>



Fig. 21. Aspecto de la experiencia realizada con biabono sólido, procedente de pulpa de café, prensado en maceas artificiales en las que inició el semillero, pasó a ser almácigo y llegó a la plantilla definitiva en el terreno.

## 2.3 Descripción del Uso de sus Productos

### 2.3.1 Abono Sólido

El abono biológico que se produjo desde que se inició el funcionamiento de la planta, fue única y exclusivamente para el consumo de la finca "Margaritas", situada a veinte kilómetros al Norte de la finca "El Porvenir", donde está situada la Planta Biológica. El criterio del propietario era el siguiente:

- a) El aprovechamiento del desecho de "tripa" que sale de rastro de ganado mayor, situado en el mismo terreno y la posible utilización de la basura procedente del mercado de la ciudad de Mazatenango.
- b) Que el camión que transporta concentrados a las fincas ganaderas al sur, regresará cargado con bioabono y que también transportaría la pulpa salida del beneficio y ocasionalmente estiércol de sus haciendas.

El abono es incorporado al suelo a razón de 3 libras por mata, colocándolo en terreno con ladera en la parte superior y, cubriéndolo con mantillo.

El caso más espectacular que se presentó en el primer año de experiencias, fue el siguiente:

En el año de 1961, se desarrolló con caracteres alarmantes la plaga del "minador de la hoja del café" (*Leucoptera coffeella*), estando la finca "Margaritas", precisamente en el foco de iniciación de la plaga. La plantación de café se principió a abonar justamente en el momento que se iniciaba el daño en las hojas y la defoliación era progresiva.

Las fincas vecinas, Chitalón, El Zambo y otras optaron por una poda severa en todo el cafetal, quedando al final, sólo tocones, de menos de un metro de altura.

Aplicaron cantidades no usuales de fertilizantes químicos. Todos sufrieron una merma sensible en sus cosechas y algunos, la pérdida total.

En "Margaritas", se notó un fenómeno extraño; pues conforme avanzaba la defoliación, así se compensaba el brote de los renuevos foliares. "Margaritas" no pudo, ni gastó cantidades excesivas de químicos; tampoco sufrió merma en su cosecha.

El propietario al final del año, me dijo:

"Ingeniero: MI PLANTA DE ABONOS SE ME PAGO EN EL PRIMER AÑO, PUES NO PERDI MI COSECHA COMO MIS VECINOS . . ."

Otra plaga propia de la zona, es la de "Nematodos", principalmente (*Pratylenchus SPP* y *Helicotylenchus SPP*), su acción se ha sentido disminuida sen-

cillamente desde que se inició la aplicación del bioabono en sus formas sólidas y líquidas.

En el año de 1962, se realizó otra experiencia.

Atendiendo una sugerencia, el propietario accedió a la compra de una prensa para hacer macetas con "Compost", ideada por un destacado cafetalero salvadoreño, don Ricardo Alvarez, de Santa Ana.

Se fabricaron macetas de bioabono y en el cono vacío central del hexágono prensado, se agregó más bioabono disgregado y allí se colocó directamente la semilla. Los efectos notables que se observaron fueron los siguientes:

- a) La enfermedad de pudrición del tallo conocida como "Damping-off", afectaba los semilleros de las fincas de la zona, causando daños entre un 40 o/o a 60 o/o.

En el semillero plantado directamente sobre macetas de bioabonos, no se presentó un solo caso de damping-off, como puede verse en la Fig. No. 21.

- b) El crecimiento vigoroso de las nuevas plantas permitió que su trasplante a la plantilla definitiva, se efectuara ocho meses antes de lo convencional.

- c) El hecho que se estaba produciendo en el semillero y almacigo, atrajo la atención de gran número de interesados y curiosos, que deseaban comprar las macetas o el abono ya sea líquido o sólido. El propietario se negó en todos los casos y ordenó que la fábrica de macetas y los semilleros fueran trasladados al interior de los cafetales donde nadie se acercara.

### 2.3.2 Abono Líquido

El abono líquido fue también aplicado a los cafetales desde un principio. El camión cisterna de la Fig. No. 20, trasladaba diariamente 4.000 U.S. galones de la Planta directamente al cafetal, donde se colocaba el camión a un nivel mayor en camino pendiente y por medio de una manguera de polietileno de muchos metros de largo, regaba dos hileras de cafetos, aportando dos U.S. galones promedio al pie de cada mata.

El efecto de vigor que se observa en las plantaciones que han sido regadas, es principalmente en los nuevos brotes foliares, verticilos florales y nuevas ramillas, que crecen un 50 a 60 o/o más que lo normal. Lo anterior, no fue medido en estos cafetales; pero se constató su efecto en posteriores experiencias.

### 2.3.3 Biogas

En la planta "El Porvenir", el uso del biogas es

indispensable para su funcionamiento, pues cuatro de sus motores están conectados a las tuberías que lo conducen; sin embargo, todos y cada uno de ellos, pueden funcionar con gasolina en cualquier momento que se requiera, ya que no se ha hecho ningún cambio en su cilindrada, ni en su carburación.

#### Problemas que se presentaron:

- a) La gasolina debe usarse ocasionalmente para el arranque inicial del motor cuando está muy frío, pero inmediatamente se conecta a gas.
- b) Los motores que no tienen lubricación interna, sino que se lubrican agregando el aceite al combustible, tal el caso de motores de dos tiempos y en general los muy pequeños, presentan problema, pues en tal caso debe acondicionarse la inyección del lubricante, cuando se usa biogas.
- c) Para el motor "Wisconsin" de la Fig. No. 13 se había considerado como conveniente pedirlo equipado con carburador para L.P.G., ya que en E.E.U.U., en 1960 no se conocía el biogas. Sin embargo cuando se trató de arrancarlo con todo su equipo a gas, fue imposible, se tuvo que desechar el sistema de carburación a L.P.G. y fabricarle un sencillo dispositivo que se manejaba a mano y fue resuelto el problema. En la misma forma se hizo para los demás motores que eran más pequeños; tales como el del grupo electrógeno "ONAN" y el de la bomba de lodos "REX". Ver Fig. No. 15.

El motor "ILO" del compresor, Ver Fig. No. 18, venía ya con su dispositivo de admisión de gas por tubería y su correspondiente válvula.

Los motores del camión y de un tractor "Allis Chalmers", fueron equipados con un dispositivo que se pidió a cada uno conforme especificaciones a una firma alemana de Hessenwerk Kassel.

Es necesario hacer notar que el motor "Wisconsin" del molino, trabajando por lo menos tres horas diarias durante 12 años, no sufrió ninguna carbonización ni manifestó golpe de válvulas; fue abierto para un chequeo general en el año de 1973.

### III. ESTUDIO DE CASOS 2.

#### PROBLEMATICA DEL DISEÑO, CONSTRUCCION, FUNCIONAMIENTO Y USO DE LAS PLANTAS BIOLÓGICAS.

Del análisis de un cuadro general analítico de las plantas biológicas que se han construido en Guatemala, con fines a llenar necesidades en el medio rural de pequeña, mediana y gran capacidad económica, podemos formarnos una idea de su problemática al analizar los diferentes problemas que se presentan y que son los siguientes:

#### 3.1 Diseño

Existe un diseño específico en cada una de las plantas biológicas que se han construido en Guatemala, atendiendo especialmente a los siguientes factores:

- a) El gusto y el deseo del cliente que quiere una simple abonera (28.5 o/o), una instalación digna de admirarse (14.25 o/o) y un 43 o/o una unidad útil en su empresa agropecuaria.
- b) Por su localización ya sea que se tenga que instalar en el propio centro administrativo de la finca (50 o/o) o que refundir en un lugar apartado del mismo (50 o/o).
- c) Por el interés de uso de la producción, ya sea sólo de bioabono (28.5 o/o) o la producción de bioabono y biogas (71.5 o/o).
- d) Por su capacidad, pequeñas, menores de 45 m<sup>3</sup> de gas por día (21.5 o/o), medianas entre 45 y 100 m<sup>3</sup> gas por día (64.25 o/o) y grandes, mayores de 100 m<sup>3</sup> de gas por día (14.25 o/o), que al sobrepasar ciertos límites, se complica el movimiento de los desechos tanto en la carga, como en la descarga y deben construirse sistemas especiales de transporte.
- e) Por la topografía existente en el lugar que ha sido desde muy plano (28.5 o/o) hasta extremadamente quebrado (71.5 o/o), y,
- f) Por el clima existente en el lugar que determinará la protección que deba dársele contra el viento, el frío y la humedad, que son factores determinantes en su rendimiento. Ha sido construido un 50 o/o en clima templado, un 43 o/o en clima caliente y un 7 o/o en clima frío.

En Guatemala, atendiendo todos estos factores ha sido usado el diseño cilíndrico en un 21 o/o de las plantas construidas. Este diseño, es el más adecuado en cuanto a economía de construcción, limpieza e higiene interior; pero en la integración de una batería causa problemas por los espacios que quedan entre los cilindros tangentes, lo que provoca humedad y pérdida de espacio, además, no se pueden utilizar paredes comunes.

El diseño rectangular ha sido usado en un 7 o/o, pues es menos económico que el cilindro. Presenta problemas de limpieza en sus ángulos interiores y solamente ha sido construido en un caso Fig. 5; donde se abordaría el problema de basuras de ciudad y por consiguiente el aspecto sanitario con un funcionamiento de carga y descarga diaria.

El sistema de segmento de círculo ha sido usado igual que el anterior en un 7 o/o, esto es la Fig. No. 4 planta "El Porvenir", por las siguientes razones:

- a) Porque un pequeño puente grúa puede fácilmente introducir sólidos en cada uno de los 10 segmentos.
- b) Porque la longitud de la tubería que conduce los líquidos por bombeo se acorta muy sensiblemente.
- c) Porque la extracción de los productos ya elaborados se hace con la misma condición de economía y facilidad. Descargando el bioabono elaborado a un sólo receptáculo, situado en el interior de los segmentos donde es decantado de su líquido de gravedad a una fosa interior. Igualmente, el biogas es recolectado de cada uno de los segmentos a una sola tubería de conducción a los gasómetros.
- d) Porque existe un ahorro en construcción de paredes, siendo común una de ellas para cada dos tanques segmentados.
- e) Y por último, la forma hexagonal ha sido la más empleada (en un 64 o/o), por sus especiales características que la asemejan al círculo. Se usan muchas paredes comunes. Los ángulos interiores son abiertos y se presta a una formación celular en batería con diferentes formas de agrupación. Tal es el caso de las plantas de las Figs. 6, 8 y 9.

### 3.2 Construcción

En lo que respecta a construcción, solamente la planta de la Fig. 2 ha sido construida con ladrillo de barro cocido, con revoque de cemento en su interior y pequeñas armaduras en sus paredes. Presenta problemas de filtraciones, tiempo de construcción y menor duración, correspondiendo únicamente a un 7 o/o.

Igualmente, en acero sólo ha sido construida la planta "Chipó", para la que se tomó como modelo la planta miniatura que aparece en la Fig. No 1 y por la razón que debía ser transportable de un sitio a otro, por deseo expreso del propietario.

En cambio, en concreto armado fue construido el 86 o/o de las hasta hoy existentes. La razón ha sido su facilidad de construcción al contar con formas modulares que facilitan su rápida construcción. Su durabilidad y plasticidad para determinados detalles de diseño.

Los materiales para el concreto son fácilmente obtenibles en todas las regiones y el cemento y el hierro han sido los únicos materiales extraños que se han obtenido. La mano de obra ha sido posible encontrarla en las propias fincas o en los poblados cercanos.

### 3.3 Funcionamiento

El aspecto del funcionamiento es quizá el de mayor importancia y depende directamente del sistema diseñado, del tipo de materia prima a emplearse y del volumen de producción.

El sistema de diseño por carga única, materia homogénea y volúmenes no mayores de 45 metros cúbicos de carga por día, pueden ser manejados por una o dos personas sin mayor preparación, tal es el caso en el 50 o/o de las plantas construidas en Guatemala, que podemos denominarlas de funcionamiento simple.

Instalaciones mayores de 45 m<sup>3</sup> por día de capacidad, necesitan el auxilio de un sistema de carga y descarga de tipo transportador mecánico o hidráulico y su manejo obliga el empleo de un encargado de planta y dos peones ayudantes. Se ha construido un 21.5 o/o, y las plantas con mayor capacidad de 100 m<sup>3</sup> por día, de tipo semi-industrial o industrial, ya sean de carga única o carga y descarga diaria, necesitan equipos mecánicos de transporte, bombas e instrumental más sofisticado, que obliga al uso de personal calificado, incluyendo un mecánico electricista y un laboratorista. Se ha construido un 28.5 o/o, siendo ellas las de las Figs. 4 y 5, 8 y 9.

El criterio usado en la construcción de Plantas Biológicas en nuestro medio, ha sido, el que sean de sencilla operación y de acuerdo con la preparación de las personas que las manejarán. No ha habido mayores problemas cuando se ha preparado al personal y se le ha proporcionado seguimiento.

### 3.4 Uso de los Productos

El uso que se hará de los productos, tanto en materia prima como en productos elaborados, bioabono y biogas, trae consigo la siguiente problemática:

- a) **Materia prima:** La materia prima compuesta de sustancias poco polimerizadas, son fácilmente hidrolizadas y el sistema biológico de alta dilución es el más aconsejable para su degradación;
- b) Las materias fuertemente polimerizadas por el contrario, se descomponen más lentamente y el sistema más aconsejable para su degradación anaeróbica, será entonces en muy poca dilución.
- c) Muchas materias primas, necesitarán obligadamente de una prefermentación previa aeróbica, antes de ser sometidas a la fermentación metanizante.

En igual forma deberá tomarse en cuenta el uso que se dará a los productos elaborados, por ejemplo:

- a) Cuando el bioabono va a ser utilizado en la propia explotación agrícola, no importará el aspecto de la materia elaborada. Si por el contrario, será sujeto de venta; deberá estar finamente disgregada, molida y envasada caso de las Figs. 4, 5 y 6, que comprenden el 12.5 o/o de las construidas.
- b) El biogas en igual forma, deberá ser filtrado si su uso es para motores de combustión interna; su contenido de CO<sub>2</sub>, no mayor del 35 o/o, para el buen rendimiento y conservación de los motores, caso de las plantas de las Figs. 4,5 y 9, que comprenden igualmente el 21.5 o/o.

El biogas que será utilizado en quemadores, estufas, secadoras y demás formas de combustión directa, no necesita ningún tratamiento.

Los puntos anteriores se nos han presentado en cada caso de interés por la construcción de una Planta Biológica y cada uno resuelto en la mejor forma posible en conjunción con los demás.

#### IV. CONCLUSIONES

Hemos confrontado una diversidad de necesidades y variantes a lo largo de los 21 años de promover el sistema de Plantas Biológicas, que podemos decir que cada interesado, plantea un problema diferente.

##### 4.1 Diversidad de Necesidades

4.1.1 Sanitarias: Las necesidades sanitarias nos han sido planteadas, sólo en los casos en que las autoridades respectivas o la imperiosa necesidad, han obligado al uso de un sistema de tratamiento, lo que ha ocurrido en un 14 o/o de los casos. Fig. 5.

Sin embargo, este aspecto es de los más importantes de tomar en consideración y es el que en China ha obligado a la instalación de millones de pequeñas plantas de biogas, familiares y comunales.

En Guatemala, funciona una de este tipo de plantas, promovida por "CEMAT", Centro Mesoamericano de Tecnología Aplicada, que ha tenido mucha aceptación en el pueblo indígena de San Pedro La Laguna, Atitlán; sistema que se trata de mejorar en cuanto a rendimiento y facilidad de descarga.

4.1.2 Fertilizante: El uso de fertilizantes de origen orgánico, ha tomado auge en los últimos tiempos, principalmente en los E.E.U.U., donde la demanda se incrementó con el tiempo. En Europa, ha sido y es de vital importancia. En nuestro medio, el indígena lo considera como la fuerza de la tierra y en las zonas del altiplano, lo aporta obligadamente en sus siembras de maíz.

En la demanda de plantas biológicas en Guate-

malá, el 100 o/o, ha sido con el objeto de usar el bioabono ya sea por el propio productor o para la venta a terceros. Para un 71.5 o/o de ellos como el producto fundamental de la planta y el biogas como un subproducto y para un 36 o/o como el único producto aprovechable, perdiendo el biogas a la atmósfera.

4.1.3 Energía: No ha sido sino a partir del encarecimiento del petróleo, que la demanda por el aprovechamiento del gas se ha hecho notar; pues en nuestro historial, solamente un 28.5 o/o, lo demandó en principio. Actualmente, todas las solicitudes presentadas, conllevan como principal objetivo el aprovechamiento del biogas, sin menospreciar el bioabono.

#### 4.2 Diversidad de Medios

En los diversos medios de la Nación, se hace sentir la necesidad de fuentes no convencionales de energía, tanto en el área urbana como en la rural.

4.2.1 Area Urbana: En el área urbana, la disponibilidad más inmediata consiste en el aprovechamiento de las aguas negras de las ciudades, que por el momento, están totalmente desaprovechadas y son fuente de polución de enfermedades y malos olores. Los albañales de las nuevas colonias periféricas que pueden desde ya, separar las aguas servidas de las pluviales. La energía que se produciría por el biogas generado, serviría para cubrir los picos de demanda eléctrica y bombeo de agua de pozos profundos Municipales.

En un futuro próximo, podrá pensarse en instalación del servicio por contador, al sector doméstico, productivo y de servicios por medio del biogas comprimido en grandes tanques de presión.

##### 4.2.2 Area Rural:

Es en la que ha obtenido mayor demanda (79 o/o) debido a la facilidad de obtención de los desechos y a la calidad de los mismos.

Con un mayor desarrollo el biogas traería como factores positivos en este medio: más higiene, prevención de enfermedades, una promoción en el desarrollo comunitario y en el cual participarían las cooperativas. Además, contribuiría al enriquecimiento del suelo con materia orgánica de alto valor. Se hace notar que la mayor utilidad para el campesino reside en el "fertilizante obtenido como subproducto" que en el propio combustible, ya que aún le es posible, la obtención y acarreo de leña, aunque cada día con mayor dificultad.

4.2.2.1 Sector Doméstico: Los usos son esencialmente de tipo calórico (cocción de los alimentos); calentamiento del agua; los mecánicos directos (bomba de agua); e iluminación directa. Se contempla además su conversión en electricidad.

4.2.2.2 Sector Productivo: Los usos son principalmente el riego, los motores de combustión estacionarios, grupos electrógenos, el bombeo de agua y la maquinaria agrícola móvil.

En este sector el biogas exige un complemento con los usos domésticos y requiere ser compartido a nivel de establecimientos lecheros, corrales de engorde, criaderos de cerdos, aves, hortalizas, etc., ya que, resulta ser la mejor alternativa bajo el punto de vista sanitario, la menos costosa y la más rentable. Tal es el caso de la Salchichonería Astoria en Guatemala.

4.2.2.3 Sector Agroindustrial: Los usos son la producción de calor para los procesos, la generación de electricidad y el secado de productos agrícolas. En Guatemala, "Finteca" ha tratado de introducir el biogas en los procesos de secado del café a nivel centroamericano y ya existe alguna demanda. En este sector el éxito del biogas depende en gran parte de la disponibilidad de residuos aptos para elaborarlos o bien la localización de la industria en relación a otros centros que puedan suministrarle materia prima.

#### 4.3 Diversidad de Materias Primas

Un hecho sobresaliente, en los 21 años transcurridos desde el año de 1958, sobre el aprovechamiento de nuevas materias disponibles, procedentes de la explotación agro-industrial, como son las siguientes:

- 1) En la planta "El Porvenir", ver Fig. No. 4, se requirió el aprovechamiento de la pulpa de café. Caso igual para "San Alberto", "Colina" y "La Esperanza". Logrado con todo éxito, 1958-1959.
- 2) La Municipalidad de Guatemala, Fig. 5, el tratamiento de basuras de mercado, 1959, que fue logrado previo prefermentación.
- 3) En la planta "Chipó", se experimentó por primera vez, a requerimiento del señor Francisco Girón, el "bagazó de la caña de azúcar". Con muy buen resultado, 1960.
- 4) En la planta "El Porvenir" se experimentó el aprovechamiento de la "pulpa de citronela" y "té de limón": sin obtener resultado positivo.
- 5) El año próximo pasado nos fue encomendado por la Cía. "Bionomic Resources", de New York, una investigación sobre el aprovechamiento del serrín de maderas del Norte del Estado; haya, roble rojo y sugar maple, que a su vez le había sido requerido por el "The New York Botanical Garden" y el "Cari Arboretum". En febrero del presente año, se inició la experimentación de dichos materiales, que luego de la aplicación de tres diferentes tratamientos, uno de ellos resultó ampliamente prometedor,

al producir un rendimiento de 250 litros de biogas por kilogramo de serrín de Haya "ash", que iguala los rendimientos de paja de cereales.

En la siguiente Fig. No. 22 pueden verse los diferentes materiales, que están siendo sometidos a experimentación en nuestro Laboratorio.

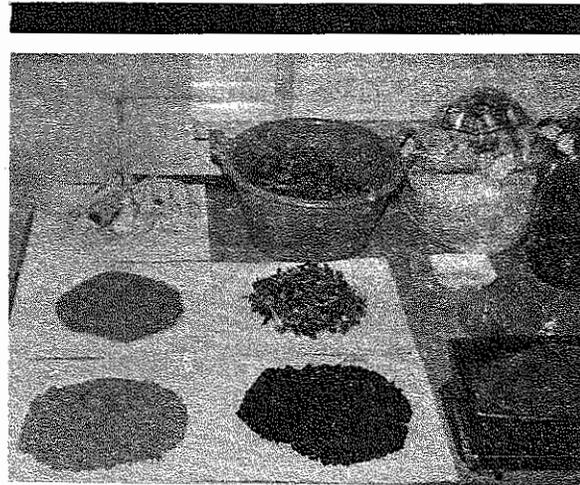


Fig. 22. Primer plano izquierda: Haya sin fermentar  
Primer plano derecha: Haya convertida en bioabono  
Segunda fila izquierda: Roble rojo sin fermentar  
Segunda fila derecha: Tallos de tabaco picado sin fermentar.  
Tercera fila izquierda: Borra de algodón sin fermentar.

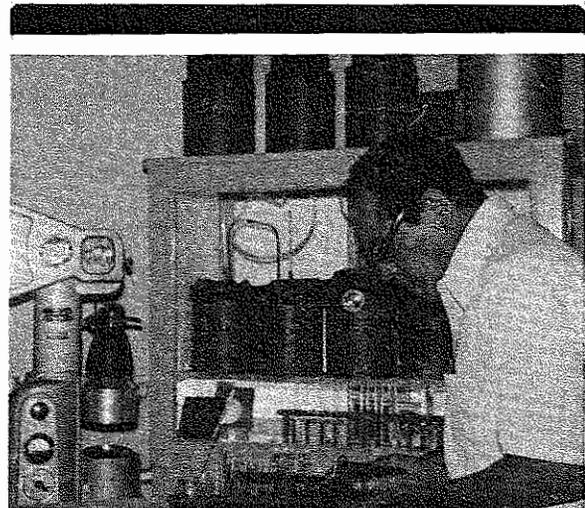


Fig. 23. Pueden observarse dentro de la recámara temperada, a los pequeños bioreactores, que contienen diferentes materiales en proceso de degradación. Arriba una batería de gasómetros que captan y miden producción diaria de gas. Equipo de laboratorio: Determinador de humedad y Determinador de PH. digital.

Luego de entregar el reporte del experimento con serrín de Haya y Roble, nos fue encomendada la investigación sobre el posible aprovechamiento del rastrojo de tabaco; por las mismas instituciones de Norte América, y ya podemos decir, que es también, un gran productor de biogas.

## V. RECOMENDACIONES

5.1 Se recomienda a las instituciones interesadas, a los investigadores y a los propietarios de fuentes de desechos orgánicos; una investigación sistemática sobre las materias primas nativas.

5.2 El diseño de digestores sencillos y económicos, que solucionen el tedioso control permanente del P.H del medio y su descarga manual después de varios meses; por medio de una tecnología apropiada.

5.3 El otorgamiento por parte de las entidades de fomento y desarrollo, de créditos blandos; para la construcción de digestores en el medio rural.

5.4 Considerar esta nueva fuente de energía y humus, como un complemento del hato lechero, el corral de engorde y del Beneficio Agro-industrial.