

PN-ABE-796

APROVECHAMIENTO DE EFLUENTES DE BIODIGESTORES

ESTE DOCUMENTO FORMA PARTE DE UNA SERIE DE INFORMES FINALES SOBRE EL DESARROLLO DE LAS TECNOLOGIAS INVESTIGADAS POR EL PROYECTO DE LEÑA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA, HASTA FINALES DE 1987.

EN UNO DE LOS ANEXOS SE ENCUENTRA LA LISTA COMPLETA DE ESOS INFORMES Y DE OTRAS PUBLICACIONES PREPARADAS POR EL PROYECTO.

ICAITI ESPERA QUE LA INFORMACION PRESENTADA EN ESTOS DOCUMENTOS SEA UTIL PARA LAS PERSONAS INTERESADAS EN UN MEJOR APROVECHAMIENTO DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA.

V6

INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION
Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL
ICAITI

APROVECHAMIENTO DE EFLUENTES DE BIODIGESTORES

Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energia
ICAITI-ROCAP No. 596-0089

1989



El INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL (ICAITI) es un organismo regional de carácter tecnológico, creado por los cinco Gobiernos de Centroamérica, con la asistencia de las Naciones Unidas, para servir al desarrollo y a la integración económica centroamericana. El ICAITI persigue, entre otros, los siguientes objetivos fundamentales:

Realizar investigaciones tecnológicas para la utilización apropiada de materias primas regionales; desarrollar procesos de fabricación; elaborar nuevos productos y adoptar tecnologías mejoradas.

Desde su fundación en la ciudad de Guatemala, en enero de 1956, el ICAITI funciona como una entidad autónoma, de carácter internacional, no lucrativa, dedicada de lleno a impulsar el fomento del sector industrial de Centroamérica y, por ende, el incremento de su nivel productivo.

Durante los años de 1980 a 1987, el ICAITI llevó a cabo el Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía, con apoyo financiero de la Oficina Regional para Programas Centroamericanos (ROCAP) de la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). Los resultados del Proyecto están resumidos en una serie de informes como éste (ver Anexo A-5). El ICAITI espera que el contenido de esta serie de informes sea útil a los interesados en el uso de las técnicas mejoradas para aprovechar las fuentes renovables de energía.

El ICAITI cuenta con un equipo de técnicos en los siguientes campos: energía, desarrollo de pequeñas industrias y desarrollo industrial en general. Ofrece servicios de información, con acceso a redes computadorizadas internacionales. Puede, asimismo, brindar, tanto a empresas como a instituciones o personas individuales: asistencia técnica, capacitación, evaluación; asesoramiento técnico en producción, normas y control de calidad; estudios de factibilidad, pruebas y análisis, investigación aplicada y otros servicios relacionados con la industria centroamericana.

Más información puede obtenerse directamente en:

ICAITI
Ave. Reforma 4-47
Zona 10
Guatemala, Guatemala

Apartado Postal 1552
Telex: 5312-ICAITI-GU
Cable: ICAITI
Teléfonos: 3106-31/35

INDICE

RESUMEN	1
1. ANTECEDENTES	3
2. INTRODUCCION	5
2.1 Contenido del Informe	
2.2 Generalidades sobre el Bioabono	
3. OBJETIVOS	13
4. METODOLOGIA Y RESULTADOS	14
4.1 Revisión de la literatura	
4.2 Análisis de efluentes en el laboratorio	
4.3 Investigación primaria cualitativa, de campo	
4.4 Investigación cuantitativa del bioabono en la producción de forraje	
4.5 Investigación cuantitativa de campo con hortalizas productoras de fruto, follaje y bulbo	
4.6 Sustitución y complementación del fertilizante químico por bioabono	
4.7 Utilización de bioabono como alimento animal	
5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS	40
5.1 Limitaciones generales	
5.2 Efecto de diferentes tratamientos de bioabono sobre los rendimientos de alfalfa forrajera	
5.3 Investigación cuantitativa a nivel de campo con hortalizas productoras de fruto, follaje y bulbo	
5.4 La sustitución y complementación del abono químico por bioabono	
6. CONCLUSIONES	45
7. RECOMENDACIONES	47
8. ANEXOS (Ver detalle en página siguiente)	49

LISTA DE ANEXOS

A-1	Bibliografía	50
A-2	Composición Química Proximal de los Efluentes Deshidratados	53
A-3	Detalles adicionales sobre la investigación cuantitativa en el campo, con tomate, cebolla y repollo	54
A-4	Composición química proximal de las raciones experimentales con efluente bovino	67
A-5	Lista de informes técnicos y otras publicaciones del ICAITI correspondientes al Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía	68

LISTA DE CUADROS

CUADRO	1	Análisis de Efluentes de la Biodigestión	8
CUADRO	2	Efecto del Secamiento sobre los Nutrientes del Bioabono	9
CUADRO	3	Comparación entre Fertilizantes Químicos Orgánicos	11
CUADRO	4	Composición Promedio del Efluente. en Base Seca	17
CUADRO	5	Análisis Microbiológico de Estiércol Bovino y Bioabono	18
CUADRO	6	Análisis Microbiológico de Estiércol Porcino y Bioabono	18
CUADRO	7	Análisis Químico de Bioabono Proveniente de Estiércol Bovino (base húmeda)	19
CUADRO	8	Análisis Proximal de Estiércol Bovino	19
CUADRO	9	Niveles de Abonos Evaluados: Alfalfa Forrajera	21
CUADRO	10	Promedio de peso en gramos por maceta, según tratamiento y corte: Alfalfa Forrajera	23
CUADRO	11	Efecto del Bioabono Sobre Rendimiento: Alfalfa Forrajera	24
CUADRO	12	Tratamientos por comparar en el Experimento con Cebolla, Repollo y Tomate	27
CUADRO	13	Dosis por comparar en los cultivos de Cebolla, Repollo y Tomate	28
CUADRO	14	Rendimiento de la Cebolla, fertilizada únicamente con Bioabono (sin fertilizante químico)	32
CUADRO	15	Rendimiento de la Cebolla Fertilizada con Bioabono como Complemento Fertilizante Químico (Dosis Recomendada por ICTA)	32
CUADRO	16	Tratamientos Probados para Analizar su Potencial para Sustituir Fertilizante Químico en el Cultivo de la Cebolla	33

CUADRO 17	Rendimiento de la Cebolla Fertilizada con diferentes tipos de Abono Orgánico, Comparación con Fertilizante Químico	33
CUADRO 18	Análisis Económico de Cinco Fertilizantes Probados con Cebolla	34
CUADRO 19	Rendimiento del Glicoy (calabaza) con Bioabono como Complemento a Fertilizante Químico	35
CUADRO 20	Rendimiento de la Acelga con Bioabono como Complemento y como Sustituto de Fertilizante Químico	37
CUADRO 21	Composición de las Raciones Experimentales para conejos utilizando Harina de Bioabono	38
CUADRO 22	Composición Química Proximal de los Efluentes Deshidratados	53
CUADRO 23	Pesos Promedio de los Tomates Obtenidos en cada uno de los Tratamientos Evaluados	55
CUADRO 24	Tomate, Análisis de Varianza para el Arreglo Factorial en Parcelas Divididas	55
CUADRO 25	Cuadro de Resultados de Aplicación de Bioabono (AO) y Fertilizante Químico (AQ) en Tomate	56
CUADRO 26	Análisis de Varianza para Diseño en Bloques al Azar, en Tomate	56
CUADRO 27	Resultados de Campo obtenidos en el Cultivo de Cebolla con los 12 Tratamientos de Fertilización	60
CUADRO 28	Análisis de Varianza para el Arreglo Bifactorial de Parcelas Divididas, Cebolla	60
CUADRO 29	Prueba de Tukey al 5% de Significancia para la Interacción AB	61
CUADRO 30	Cebolla, Datos de Campo. Detalle de los Resultados Obtenidos a Nivel de Campo con la Aplicación de los Tratamientos	62
CUADRO 31	Análisis de Varianza para Diseño en Bloques al Azar, en Cebolla	63
CUADRO 32	Rendimiento Promedio del Cultivo de Repollo en los 12 Tratamientos que se Evaluaron (Ton. de Biomasa/ha)	63

CUADRO 33	ANDEVA, para los Rendimientos en Peso manifestado por el Cultivo del Repollo (Ton/ha)	64
CUADRO 34	Repollo, Datos de Campo, Detallé de los Resultados Obtenidos a Nivel de Campo Mediante la Aplicación de los Tratamientos	66
CUADRO 35	Análisis de Varianza para Diseño en Bloques al Azar en Repollo	66
CUADRO 36	Composición Química Proximal de las Raciones Experimentales con Efluente Bovino	67

RESUMEN

Se revisó la literatura disponible sobre uso de bioabono en Centroamérica y otras partes del mundo. Se hicieron análisis de laboratorio a los efluentes. Se estudió el efecto de diferentes tratamientos de bioabono: una investigación cualitativa con hortalizas, en el campo; una investigación cuantitativa con alfalfa forrajera, en el invernadero; y ocho estudios independientes cuantitativos en el campo, con hortalizas productoras de fruto, follaje y bulbo (tomate, cebolla, repollo, güicoy, acelga). Se estudió la sustitución y complementación del abono químico por bioabono; se estudió también el uso de efluentes como alimento para conejos.

El estudio cualitativo indicó que varias hortalizas de un huerto familiar típico de la región centroamericana respondieron favorablemente a la aplicación de bioabono como complemento al fertilizante químico. Las excepciones fueron la zanahoria, el rábano y, en menor grado, la remolacha, ya que tuvieron un excesivo desarrollo foliar y la formación de "raicillas". Tampoco dió buenos resultados con acelga y calabaza, por excesiva humedad de los suelos. En general, el bioabono favoreció a las plantas formadoras de follaje, especialmente los pastos (alfalfa y napier).

Sin embargo, quedó claro que el bioabono no es ideal: su manejo implica un costo significativo y los mejoramientos cualitativos observados no correspondieron a mejoras reales que se pudieran cuantificar. El bioabono NO mejoró, en forma estadísticamente significativa, los rendimientos de la gran mayoría de los cultivos ensayados en los estudios cuantitativos (alfalfa forrajera, la excepción). En base a esos estudios, no se puede recomendar el uso del bioabono como sustituto de las dosis recomendadas de fertilizante químico, porque no dió resultados satisfactorios y rentables.

Es bastante difícil valorar los efectos del uso del bioabono. Se cree que sus mayores beneficios ocurren a largo plazo, como un agente de mejoramiento de la textura de los suelos y como fuente de nutrientes. No se puede llegar a conclusiones definitivas sobre su uso, con base en estudios aislados de una sola temporada. Los agricultores deben realizar pruebas para ir estableciendo sus propias

conclusiones sobre las dosis que dan mejores resultados para las condiciones que se presentan en sus fincas. Como punto de partida, se recomienda que los dueños de los biodigestores usen el bioabono en dosis moderadas (no mayor de 10 toneladas de efluente por hectárea) como complemento del fertilizante químico.

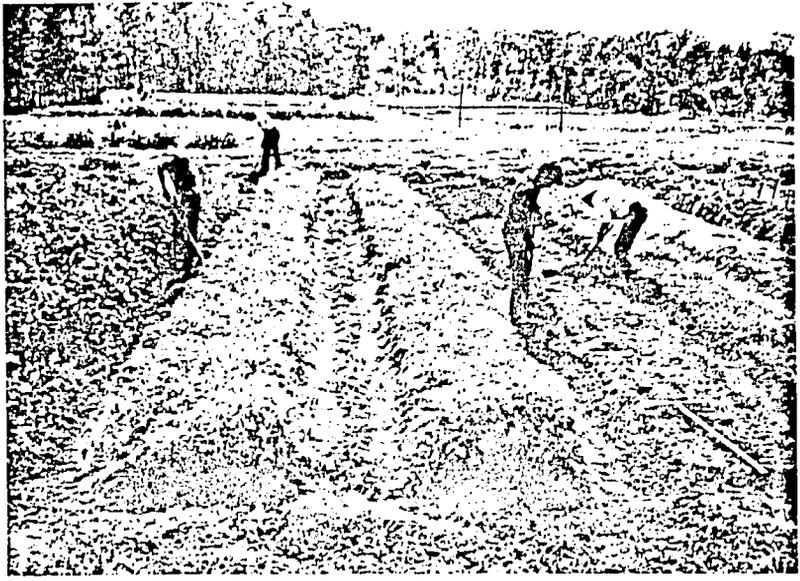
El bioabono no dió resultado como ingrediente en una ración para la alimentación de conejos, pero se reportan resultados satisfactorios en la alimentación de aves.

Comparado con el abono químico, el bioabono es difícil de manejar, de aplicar (controlar dosis) y de almacenar. Los resultados de las investigaciones sugieren que ésta es una tecnología cuyo uso tiene costos relativamente altos y cuyos beneficios inmediatos son limitados. Se debe tomar esto en consideración en los cálculos de beneficios y costos de biodigestores, y no sobreestimar el valor económico del bioabono en los primeros años de uso de un sistema de bio-digestión.

66



CULTIVOS EXPERIMENTALES DE REPOLLO Y TOMATE
PARA PROBAR LOS EFECTOS DEL BIOABONO



1. ANTECEDENTES

La población de América Central depende en gran medida de los recursos forestales para satisfacer sus necesidades energéticas; en el año 1984 la biomasa, principalmente la leña, constituyó la fuente del 65% de la energía total consumida en el istmo. Mientras tanto, según se estimó, la cubierta vegetal de bosque denso había quedado reducida al equivalente del 34% del territorio total, debido a la continua destrucción a que ha estado sometida; esta destrucción es tal que, de continuar al mismo ritmo, la hará desaparecer totalmente hacia principios del siglo entrante.

Un 90% de la leña es empleada para cocinar. El 10% restante se emplea para la producción artesanal y tradicional de artículos como pan, ladrillos y tejas, cal, cerámica, sal, panela, y algunos procesos de secado. Muchas de estas actividades artesanales suelen estar concentradas en zonas geográficas reducidas (por causa de la disponibilidad de materia prima, mercados, etc.) y por su fuerte demanda de leña, son causa de una deforestación localizada.

El 68% de la población total de la región, más de 12 millones de personas, dependen de la leña para cocinar y, de no tomarse medidas drásticas oportunas, se prevé que este gran sector de la población se verá afectado por una aguda escasez de la única fuente energética de que dispone. En la actualidad, las consecuencias de esta escasez pueden apreciarse en el surrimiento de zonas críticas, en las que una familia debe gastar más de la tercera parte de sus ingresos para adquirir la leña que necesita para cocinar.

Ante esta problemática, en septiembre de 1979, el ICAITI y la Oficina Regional para Programas Centroamericanos (ROCAP) de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (AID), celebraron un convenio para la ejecución del proyecto denominado "Leña y Fuentes Alternas de Energía".

Los dos objetivos generales que se fijaron para el proyecto fueron: a) experimentar con árboles de crecimiento rápido y patrones para su producción (a cargo del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE), y desarrollar, demostrar y diseminar tecnologías que permitieran hacer un uso más racional de la

leña y aprovechar nuevas fuentes económicas de energía, tales como la energía solar y el biogás (a cargo del ICAITI). Se establecieron como prioritarias las necesidades de las zonas rurales y de las pequeñas industrias.

El proyecto a cargo del ICAITI duró ocho años. En este período, se han probado más de cien aplicaciones de tecnologías, de las cuales se llevaron a fase de demostración unas cincuenta. En una evaluación final, se concluyó que el proyecto ha logrado un gran impacto traducido en el ahorro de 200 000 metros cúbicos de leña, como resultado de la adopción de tecnologías eficientes para el uso de la leña y de tecnologías que la reemplazan por energía solar; también se dió impulso a 400 pequeñas industrias, con la generación de empleos para más de 1500 personas. Alrededor de 13 000 familias se beneficiaron directamente del Proyecto, y fueron innumerables los beneficiados indirectos.

Hay que señalar que el desarrollo de una tecnología responde a factores dinámicos y, por lo tanto, está en continua evolución. Tiene que adaptarse a las necesidades de los usuarios y estas necesidades pueden variar con el tiempo y los inevitables cambios en las condiciones sociales y económicas de las poblaciones. Por lo tanto, no existe una "tecnología apropiada" en sí; lo que se trata de identificar es la mejor solución a un problema, aprovechando los recursos disponibles y dentro del contexto socio-económico del momento.

2. INTRODUCCION

2.1 Contenido del Informe

En el presente informe se incluye una síntesis de la información disponible sobre el uso de bioabono en América Latina. También se presentan los resultados de aplicar bioabono en cultivos hortícolas, en alfalfa forrajera y en la alimentación de conejos. Por tratarse de muchos experimentos se pone énfasis en los conceptos metodológicos de cada uno y en los resultados que se obtuvieron. Cualquier información adicional relacionada con la metodología usada puede obtenerse en el ICAITI (*).

Este informe forma parte de un conjunto de trabajos sobre biodigestión y sus aplicaciones. ICAITI ha preparado otros informes técnicos complementarios a éste:

1. Aprovechamiento energético de biogás
2. Digestor para biogás - construcción convencional
3. Digestor para biogás - construcción de bajo costo
4. Digestores especiales para biogás

También se han publicado, como parte del proyecto, varios instructivos e informes sobre los sistemas de biogás investigados. Ver el Anexo A-5.

Los resultados presentados en este informe contradicen otras fuentes en el sentido de que NO se encontraron beneficios estadísticamente significativos como resultado de la aplicación de bioabono a varios cultivos, en una serie de experimentos independientes. A pesar de esta conclusión, ICAITI reconoce las bondades del bioabono y de los sistemas de digestión, en ciertas condiciones especiales. Sin embargo, es una responsabilidad compartir información que podría beneficiar a la población centroamericana; se considera que las conclusiones y recomendaciones de este informe son sumamente importantes para las organizaciones que trabajan con sistemas de biodigestión en la región. Se concluye que el bioabono no debe utilizarse como sustituto de fertilizantes químicos en los primeros años de uso; ésta podría poner en duda la rentabilidad de sistemas pequeños de biodigestión. Sin embargo, los resultados no deben ser tomados fuera de su contexto; ellos solamente son indicativos para las condiciones de los

* Equipo de pruebas a cargo del Ing. Hugo Romeo Arriaza

experimentos (una sola temporada, métodos específicos de aplicar el bioabono, etc.). Esperamos que este informe sea una contribución a un esfuerzo general para seguir compartiendo descubrimientos en este campo.

2.2 Generalidades sobre el Bioabono

Cualquier material proveniente de organismos vivos (animales o vegetales) puede utilizarse como abono orgánico, ya que se degrada microbiológicamente en forma natural, liberando nutrientes para los cultivos.

El uso de abonos orgánicos es una práctica antigua que se redujo con el apareamiento de los abonos químicos, cuyas altas concentraciones de nutrientes logran respuestas inmediatas en los cultivos. Sin embargo, no solamente son cada día más caros sino que su uso intensivo puede deteriorar los suelos, volviéndolos arenosos, secos e improductivos. Muchos agricultores desconocen los beneficios y limitaciones del abono orgánico, tienen dificultad para obtenerlo bien degradado, inodoro e inocuo, e ignoran las formas óptimas para aplicarlo y usarlo.

Tradicionalmente se han utilizado varios procedimientos para mejorar la calidad de los abonos orgánicos. Dos de los más conocidos son: las composteras y las aboneras. Además, existe la biodigestión de desechos orgánicos.

Para lograr la biodigestión se coloca la materia orgánica en un ambiente completamente carente de aire. Ahí, cierta clase de bacterias se alimentan de ella y producen un gas combustible y un material orgánico semisólido, degradado, que es biológicamente estable y que, por su composición química y naturaleza puede ser utilizado ventajosamente como abono orgánico ("efluente" o "bioabono").

El uso de bioabono como fertilizante plantea algunos problemas que se mencionan más adelante.

Por ejemplo, se observó en el curso de trabajos con biodigestores, que los usuarios no tenían un método claro y sistemático para el aprovechamiento del bioabono. Sus formas de utilización, desarrolladas por prueba y error, eran muy variables y, aparte de eso, en la literatura no había información apropiada para sustentar recomendaciones.

Tanto las características físicas como la composición química del efluente difieren de la materia orgánica original. Cuando hay suficiente degradación anaeróbica, no despiden olores desagradables, su relación carbono-nitrógeno es menor, las semillas de malas hierbas han sido destruidas y no ofrece condiciones que permitan la proliferación de

organismos patógenos, hongos, moscas ni otros insectos indeseables. Sin embargo, normalmente no es rentable construir y manejar un digestor con la capacidad y tiempo de retención necesarios para cumplir con todos estos beneficios al 100%. El bioabono conserva la misma cantidad de macronutrientes y micronutrientes que el material cargado, pero con cambios químicos que lo hacen más estable ante las inclemencias del clima y más fácil de asimilar por las plantas.

Existe una gran variedad de diseños de biodigestores. Las investigaciones con efluentes presentadas en este informe fueron realizadas con efluentes de biodigestores de funcionamiento semicontinuo, diseño ICAITI, cargados con estiércoles animales.

Los efluentes (bioabono) de los biodigestores semicontinuos tipo ICAITI manejados en la forma recomendada, son materiales semisólidos, con un 4 a 7% de sólidos totales. Su composición química es variable y es difícil predecir exactamente la cantidad de nutrientes que contienen. Esta depende de: tipo de estiércol utilizado, madurez o grado de vejez de los estiércoles, especie animal y de tipo de alimentación, la eficiencia del proceso fermentativo, la temperatura ambiente y el tiempo de fermentación, entre otros. La gran variación que se puede encontrar en la composición química del bioabono es una de las características que dificulta precisar las formas óptimas de aplicación y dosificación. También el estado semisólido del bioabono dificulta su aplicación, ya que hay que manejar un material líquido, pesado, y con alto contenido de agua. Por ejemplo, si ya hubo suficiente (o demasiadas) lluvias, se hace problemática la aplicación de bioabono líquido, que contiene entre 85 y 98% agua. La otra alternativa en este caso, la de secar el bioabono, requiere mucho trabajo y espacio, y se pierde una gran parte de su valor como fertilizante (N-P-K).

En el Cuadro 1 se presentan composiciones medias de diferentes efluentes. En el Cuadro 2 se puede apreciar el impacto del secamiento del bioabono sobre los niveles de nutrientes. Después de secarse al sol, las cantidades de N, P y K bajan a 50%, 43% y 30% de sus valores antes de secarse, respectivamente. Se pierde más de la mitad de su valor como fertilizante (N-P-K) al secar el bioabono.

La materia orgánica añadida al suelo como abono tiende a producir cambios físicos y químicos en él. Estos cambios generalmente son beneficiosos, aunque su tipo e importancia dependerá de muchos factores, incluyendo la cantidad y la calidad de la materia orgánica agregada.

CUADRO 1 Análisis de Efluentes de la Biodigestión			
Descripción	Estiércol bovino *	Estiércol porcino *	Estiércol aviar **
Sólidos totales (%)	7.9	18.0	9.42
Sólidos volátiles (% de ST)	75.7	83.0	59.0
Nitrógeno (gr/100 gr)	1.74	1.56	3.10
Fósforo (como P205)	0.12	No se midieron otros	
Potasio (como K205)	0.28	valores para estos	
Magnesio (como Mg0)	0.06	dos casos	
Calcio (como Ca0)	0.27		
Cobre (como Cu)	1.3 ppm		
Hierro (como Fe)	0.015		
Sodio (como Na)	0.011		
Manganeso (como Mn)	18.0 ppm		
Azufre (como S04)	Negativo		
Zinc (como Zn)	3.5 mg/Kg		
pH	7.2		
Fuente: ICAITI Método AOAC, (14th Ed.).			
* Dilución de la carga: 1 de agua por una de estiércol.			
**Dilución de la carga: 2 de agua por una de estiércol.			

Nota: Estas muestras fueron tomadas de biodigestores instalados en la Costa Sur, donde la temperatura ambiente es de 28 °C, en promedio; no se tomó el tiempo de retención para cada caso, pero normalmente es de 35 días.

CUADRO 2 Efecto del Secamiento Sobre los Nutrientes del Bioabono					
Determinaciones		A Estiércol Bovinos (Mat. prima)	B Efluente (Subprod. Líquido)	C Efluente (Subprod. Secado al Sol)	% de Diferencia (B-C)/B
Humedad		82.33	93.90	-----	
N	%	1.05	1.68	.85	49%
P	%	.81	1.04	.45	57%
K	%	.55	.85	.26	69%
Ca	%	1.46	1.56	1.28	18%
Mg	%	.28	.50	.50	0%
S	%	.22	.30	.28	7%
Fe	ppm	628.56	1358.58	29705.45	
Mn	ppm	153.37	225.88	705.17	
B	ppm	.27	13.10	6.76	
Zn	ppm	172.54	310.74	167.73	
Cu	ppm	15.25	22.22	55.07	
Co	ppm	.75	.57	24.54	
Mo	ppm	trazas	3.70	9.21	

Resultados Analíticos promedio en muestras de estiércol y efluente.

Fuente: Salazar, Granados y Martínez

Los cambios químicos que provoca en un suelo la materia orgánica en general son:

1. Aumenta la capacidad de intercambio catiónico;
2. Un efecto tampón (buffer) en el pH del suelo; y
3. Aporta macronutrientes y micronutrientes para el consumo de las plantas.

Los cambios físicos que la materia orgánica provoca en el suelo al ser añadida son:

1. En suelos arenosos, favorece la adherencia de partículas, lo que origina una estructura granular que facilita la labranza, la aireación y el movimiento de agua;
2. En suelos muy pesados se mezcla con las arcillas para producir suelos mejor drenados;
3. Disminuye las pérdidas del suelo por erosión (causada principalmente por la acción del agua y del viento);
4. Evita la pérdida por lixiviación de nutrientes minerales (aportados por fertilizantes químicos, por ejemplo); y
5. Torna el color de la tierra más oscuro, con mayor capacidad de absorber energía radiante proveniente del sol.

El bioabono, aplicado suficientemente (en cantidad y en tiempo) a suelos que han perdido sus características originales (fertilidad, porosidad, etc.) hace que las recuperen y contribuye a que estos suelos no sufran un progresivo deterioro aunque sean explotados intensamente.

El Cuadro 3 presenta una comparación entre los fertilizantes químicos y los orgánicos. Como se puede apreciar, los fertilizantes químicos ofrecen muchas ventajas en términos de su manejo y dosificación.

Cuadro 3 Comparación entre Fertilizantes Químicos y Orgánicos

<u>Fertilizantes químicos</u>	<u>Fertilizantes orgánicos (bioabono)</u>
Gran velocidad de absorción de nutrientes por la planta	Las plantas absorben los nutrientes lentamente
Los nutrientes no se acumulan	Efecto acumulativo de los nutrientes
Contaminación ambiental por la lixiviación excesiva de los nutrientes	Mínima contaminación ambiental
Alto costo y necesidad de usar monedas "duras"	Bajo costo y uso de recursos nacionales
Conocimiento exacto del contenido	Difícil conocer concentraciones exactas de nutrientes
Aplicable según recetas simples de acuerdo con las condiciones del suelo y los cultivos	Poca información acerca de dosis: requiere de experimentación, prueba y error
Manejo rápido y fácil con herramientas disponibles	El manejo es más difícil y lento y requiere de implementos especiales
Alto contenido de nutrientes por peso y volumen	Cuando es bioabono líquido, hay alto peso y volumen con poco contenido relativo de nutrientes; cuando es bioabono seco, hay alto volumen con poco contenido de nutrientes
Fácil de transportar y almacenar	Más difícil de transportar y almacenar, sobre todo en forma líquida

Sin duda, en áreas donde se queman los desechos de animales por falta de otras alternativas energéticas, la biodigestión y aprovechamiento del bioabono deben ser considerados. Las experiencias de otros países indicaban que los efluentes de biodigestores eran una alternativa viable para la fertilización de cultivos también en otras circunstancias. Sin embargo, los sistemas de utilización del bioabono no estaban claros. Tampoco estaban claros los efectos del bioabono sobre los rendimientos por unidad de superficie.

Sin pretender agotar el tema, el ICAITI realizó y participó en una serie de investigaciones de campo que representan una primera incursión en el tema y que podrían servir como el punto de partida para trabajos futuros.

3. OBJETIVOS

- a. Revisar la literatura disponible y reunir toda información que sobre el uso de bioabono resultara importante para la región centroamericana;
- b. Realizar análisis de laboratorio de efluentes de digestores sometidos a prueba;
- c. Hacer una investigación primaria cuantitativa, en el campo, sobre la aplicación de bioabono a hortalizas;
- d. Llevar a cabo una investigación cuantitativa, en invernadero, sobre el efecto de diferentes tratamientos de bioabono en los rendimientos de alfalfa forrajera;
- e. Realizar una investigación cuantitativa en el campo, sobre aplicaciones de bioabono a hortalizas productoras de fruto, follaje y bulbo;
- f. Estudiar la sustitución y la complementación del abono químico por bioabono;
- g. Estudiar la utilización de los efluentes como alimento para animales pequeños.

4. METODOLOGIA Y RESULTADOS

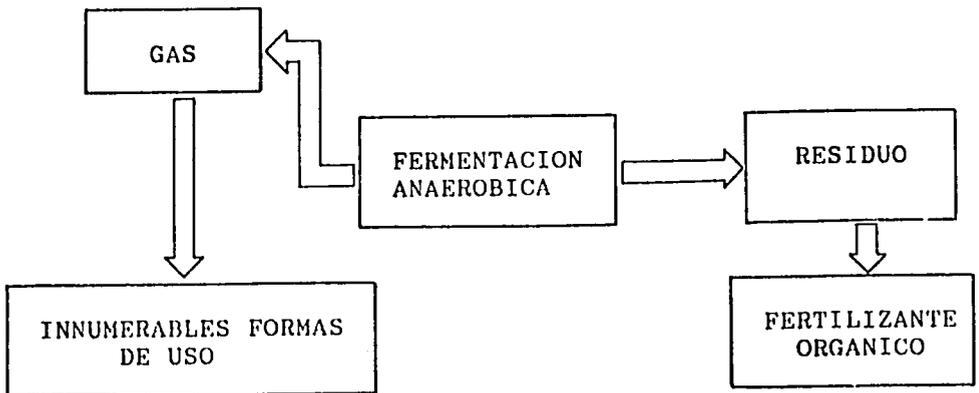
4.1 Revisión de la literatura

4.1.1 Fermentación Anaeróbica

Es un proceso puramente biológico producto de un consorcio de bacterias, las cuales actúan sobre innumerables sustratos orgánicos, causando en ellos cambios físicos y químicos. Además, como producto de esta fermentación se obtiene un combustible llamado "biogás" y un residuo o efluente que en forma general puede denominarse "bioabono" o efluente.

En muchos países se ha aprovechado este proceso para resolver problemas de índole energética y sanitaria. Así por ejemplo Verastegul (*) informa que en 1980 en la India, habían alrededor de 10 000 plantas de biogás operando, y produciendo diariamente gas combustible y fertilizante orgánico. En China en 1978 había unos 7 millones de digestores participando en el saneamiento ambiental y dando además combustible y fertilizante.

El flujo que se da a la energía en el proceso de fermentación anaeróbica, es el siguiente:



* Anexo A-1

4.1.2. El efluente o bioabono

El bioabono está constituido por la materia resultante de la biodegradación de los desechos agropecuarios con que se carga el digestor.

La primera asociación de una persona con el efluente es; generalmente, una sensación de repugnancia; sin embargo este bioabono deberá tener un olor no desagradable (como el alquitrán) o cierto olor a humedad, similar al gas que sale de él. Su apariencia oscura podría dar la impresión de que matará toda vegetación sobre la que se aplique, pero la realidad es diferente; los resultados observados muestran que no quema las plantas como lo hace el estiércol fresco cuando se hacen aplicaciones dirigidas.

Los lodos o efluentes pueden tener un alto porcentaje de N amoniacal y son ricos en los nutrientes que son de gran importancia para plantas cultivadas. La relación carbono:nitrógeno del bioabono no presenta el riesgo de que los microorganismos que llevan a cabo la degradación final en el suelo compitan por el nitrógeno con las plantas que crecen en él.

Además de una razón de N, P, y K, el efluente contiene un complemento de elementos traza (B, Ca, Cu, Fe, Mg, S, y Zn.), muchos de los cuales están en forma de quelatos (iones metálicos químicamente adheridos a ciertas partículas sólidas) que son accesibles solamente para los ácidos orgánicos asociados con las raíces de las plantas.

Los gérmenes patógenos son destruidos por el proceso de fermentación anaeróbica; es posible que se hallen algunas bacterias patógenas en biolodos provenientes de una digestión que no era suficientemente larga para el caso. Además las semillas de las malezas, tienden a perder su viabilidad durante el proceso de digestión, mientras que en el estiércol y en el compost, dichas semillas pueden mantenerse vivas con más facilidad.

El bioabono puede ser secado, almacenado y usado como fertilizante corriente (en sacos); aunque en este método se pierde hasta la mitad de su valor nutritivo y sería muy voluminoso en comparación con fertilizante químico.

La aplicación de bioabono digerido a las siembras sirve otro propósito: acondicionador del suelo. El humus del lodo en la forma de partículas, además de proveer alimentos a las plantas, beneficia al suelo incrementando su capacidad de retener agua y mejorando su estructura.

El manejo del bioabono líquido puede facilitarse almacenándolo en fosas o recipientes de mínima área superficial, ya que así se conserva más del Nitrógeno en forma amoniacal que si esparciera directamente en el suelo o se dejan muy expuesto al ambiente, donde el Nitrógeno por ser muy volátil se pierde más rápidamente.

Cada cosecha extrae del campo los nutrientes que necesita el cultivo para desarrollarse como tal; por lo que el suelo llega a perder su fertilidad a menos que se le esté renovando con fertilizantes. Mientras el fertilizante inorgánico es altamente valioso para reemplazar a los minerales consumidos para producir una cosecha, es más beneficioso combinarlo con materia orgánica en cantidades suficientes, para que se dé un suelo realmente lleno de vida.

Se deben emplear los abonos químicos solamente de acuerdo con análisis técnicos de los suelos. El uso de estos abonos tiene las siguientes características: enriquece el suelo durante los primeros años en que se recurre a ellos, pero a menos que se aporte materia orgánica, la fertilidad irá disminuyendo, constituyéndose en un problema creado por el hombre, que ocasionaría paulatinamente la esterilidad y la erosión.

La información disponible sobre la utilización de efluentes de biodigestores como abonos orgánicos es poco específica. Se indica que éste es un buen abono pero generalmente no se presentan mayores datos. En el Anexo A-1 se presenta una bibliografía y referencias. Se presentan algunos resultados y experiencias de otras regiones a continuación.

En Ecuador se realizaron experimentos para determinar el efecto de diferentes cantidades de bioabono en pruebas de campo, con plantas de maíz, col y papas, así como el rendimiento obtenido de mezclas de bioabono con otros tipos de fertilizante. El tipo de suelo fue franco arcilloso limoso. Los resultados mostraron que mientras las plantas tratadas con bioabono alcanzaron alturas ligeramente mayores que el testigo (sin fertilizante) las diferencias no eran significativas estadísticamente (Salazar, 1982).

En China, se realizaron experimentos de campo que indicaron que la aplicación de efluente en el cultivo de arroz aumentó los rendimientos en un 9.7% en relación con el estiércol hecho compost y en un 12% comparado con el estiércol tratado en aboneras de pileta (China, 1980). Se ha reportado que una de las ventajas del uso de biodigestores sobre el compost es que el material en fermentación no pierde nitrógeno volátil, por estar encerrado, tener baja temperatura y por fijarse en compuestos orgánicos. Asimismo, no se lixivian las hormonas ni se "quemán" las vitaminas en reacciones termofílicas, como en la fermentación aeróbica ("compost").

Varios estudios han notado también que el bioabono como líquido, sirve para incrementar la capacidad de intercambio catiónico y para evitar la lixiviación de macro y micronutrientes (Rosales, Leon, Miranda S.).

Finalmente, se sostiene que el mejor aporte del efluente como complemento a los fertilizantes químicos en el

cultivo de plantas de ciclos cortos y especies forrajeras consiste en su riqueza en bioestimulantes del crecimiento y desarrollo de las plantas (Medina).

4.2 Análisis de efluentes en el laboratorio

Como abono, el valor del efluente es variable, ya que cuando proviene de estiércol su capacidad nutritiva va a depender de la clase de piensos que se hayan utilizado para la alimentación del ganado.

El ICAITI ha realizado múltiples análisis sobre biogás y efluentes. Según los resultados de laboratorio proporcionados por una gran cantidad de muestras colectadas en biodigestores de desplazamiento horizontal distribuidos en diferentes regiones de la República de Guatemala, la composición química de la porción seca del efluente proveniente de estiércol bovino, es la siguiente:

CUADRO 4 Composición Promedio del Efluente, en Base Seca	
COMPONENTE	VALOR
pH	7.5
Materia Orgánica	85.0%
Nitrógeno	2.6%
Fósforo	1.5%
Potasio	1.0%
Otros microelementos	1.4%
Fuente: ICAITI. Valores promedio para sustrato de estiércol bovino.	

Los análisis (físicos, biológicos y químicos) se llevaron a cabo en los laboratorios del ICAITI con métodos internacionales aplicables a nuestro medio. Las muestras procedían de biodigestores tipo ICAITI ubicados en diferentes puntos de Guatemala. Los materiales cargados en los biodigestores fueron desechos animales (bovino y porcino).

Los análisis físicos de bioabono dieron los siguientes resultados; y los análisis análisis bacteriológicos, los que muestran en los Cuadros 5 y 6.

- Contenido de agua 88 - 95 %
- Olor ligeramente olor a húmedo
- Apariencia lodo negruzco
- Comportamiento de la mezcla abono-agua Ocasionalmente la materia orgánica se separa del agua, formando una capa superior.

CUADRO 5 Análisis Microbiológico de Estiércol Bovino y Bioabono			
Microorganismos	(Estiércol) Carga	(Bioabono) Descarga	% mortalidad
Coliformes	280,000,000	24,000,000	91.4%
<u>E. coli</u>	43,000,000	9,300	99.9%
Salmonella	negativo	negativo	-

Método: International Standards for Drinking Water, 1971. Tercera Edición, OMS, Ginebra. Para Salmonella: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Marvin L. Speck, Washington.

CUADRO 6 Análisis Microbiológico de Estiércol Porcino y Bioabono			
Microorganismos	Carga	Descarga	% mortalidad
Coliformes	320,000,000	30,000,000	90.6%
<u>E. coli</u>	118,000,000	15,000,000	87.3%
Salmonella	negativo	negativo	-
Método: igual al anterior.			

Las diferencias entre los Cuadros 1, 2 y 7, reflejan la gran variedad que se puede encontrar en la composición del bioabono.

Los análisis químicos dieron los siguientes resultados (temperaturas 28°C y tiempos de retención de 35 días en todos los casos):

CUADRO 7 Análisis Químico de Bioabono Proveniente de Estiércol Bovino (base húmeda)		
Humedad		91.80 %
Nitrógeno total		0.20 %
Fósforo		0.09 %
Potasio		0.36 %
Magnesio		0.06 %
Calcio		0.27 %
Hierro		1.3 ppm
Manganeso		18.0 ppm
Cobre		0.16 %
Zinc		3.5 ppm
Método: Espectrofotometría de absorción atómica.		

CUADRO 8 Análisis Proximal de Estiércol Bovino		
	<u>Base húmeda</u>	<u>Base seca</u>
Humedad	95.60 %	-
Grasa	0.01 %	1.90 %
Fibra cruda	0.96 %	21.88 %
Proteína	0.72 %	16.27 %
Cenizas	1.26 %	28.71 %
Método: AOAC 14th Ed.		

Los resultados para bioabono de estiércol porcino y aviar se presentan en el Anexo A-2

4.3 Investigación primaria cualitativa, de campo

Se investigó el efecto del bioabono como complemento del fertilizante químico en una gran cantidad de hortalizas que pueden ser producidas en un huerto familiar. La investigación se realizó en Bárcenas, Guatemala en 1983 con

el biodigestor ICAITI ubicado en el Instituto Técnico de Agricultura (ITA). Los cultivos fueron fertilizados con fórmulas comerciales (12-24-12, 16-20-0, 46-0-0, 15-15-15 y otros). Además eran irrigados con bioabono al pie de la planta como complemento al fertilizante químico. La idea básica de los experimentos era conocer los efectos del bioabono en cultivos que fueron elegidos por su popularidad y su importancia en la dieta y la economía de la población rural centroamericana.

Según un análisis subjetivo, muchos de los cultivos ensayados reaccionaron favorablemente a las aplicaciones complementarias de bioabono. Algunos, como la zanahoria, el rábano y la remolacha, desmejoraron al estar bajo grandes cantidades de bioabono, ya que se tuvo un marcado desarrollo foliar y una proliferación de raicillas que reducen la calidad del producto final.

La aplicación de bioabono favoreció más aquellos cultivos cuyo objetivo es la formación de follaje, siempre y cuando pueda ser aplicado sin aumentar demasiado la humedad de los suelos. Se realizaron experimentos más detallados con plantas forrajeras; la metodología y resultados se presentan seguidamente.

4.4 Evaluación cuantitativa del bioabono en la producción de forraje

Se realizó, a través de la Universidad de San Carlos de Guatemala, una "Evaluación de láminas de efluente de biodigestor y niveles de micronutrientes (N-P-K) sobre el rendimiento de alfalfa forrajera (Medicago sativa, L.)". (Ver Miranda, 1986 en la bibliografía.) El objetivo de la investigación fue evaluar la aplicación de diferentes láminas de "biolodo" (agua + bioabono, 1:1) obtenido de un biodigestor cargado con estiércol bovino y su interacción con diferentes niveles de N-P-K sobre el rendimiento de alfalfa forrajera.

El experimento se desarrolló en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, en la ciudad de Guatemala (14°15' latitud Norte y 40°31' longitud Oeste, a una altura de 1,500 m sobre el nivel del mar), en Marzo-Mayo 1983.

Según la clasificación de suelos de Simmons, los utilizados corresponden a la Clase I y serie Guatemala. Su textura es franco-arcillosa, con drenaje lento y una penetración profunda de raíces. La densidad aparente es de 1.12 g/cm³. El análisis químico del suelo dio los siguientes resultados:

pH	P	K	Ca	Mg
6.3	20.83ppm	460ppm	11.32mg/100g	4.11mg/100g

Según estos resultados, los niveles de nutrientes presentes en el suelo eran adecuados, con la excepción del potasio, que se considera alto.

El parámetro elegido para evaluar el efecto del bioabono y del fertilizante sobre los rendimientos fue el rendimiento en gramos de materia seca/maceta en cada corte. Además se hizo un análisis del contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre y zinc en las plantas cortadas y de la altura de la planta en cada corte.

Fueron evaluados cinco niveles de efluente combinado con fertilizante químico que contenía nitrógeno, fósforo y potasio.

CUADRO 9 Niveles de Abonos Evaluados: Alfalfa Forrajera					
Factor	Niveles				
	1	2	3	4	5
Efluente (%) *	23	31	40	49	67
N (kg/ha)	22	34	40	46	58
P (kg/ha)	2	14	20	26	38
K (kg/ha)	4	28	40	52	76

Fuentes: N = Urea (46% nitrógeno); P = triple superfosfato (46% P₂O₅); K = muriato de potasio (60% K₂O).

* Se aplicó según las necesidades de agua de la planta, como una forma de riego fertilizado. No se llevó un control de la cantidad de materia seca equivalente aplicada ni su contenido de nutrientes. El porcentaje se refiere a la proporción de efluente de bioabono que contenía el agua de riego cuando fue aplicado.

Se utilizaron macetas de 3.5 lt de capacidad, en las cuales se echó la tierra y posteriormente se sembraron las semillas de alfalfa de la variedad AS-13 a una densidad equivalente de 6 kg/ha ó 10 semillas por maceta.

La aplicación del nitrógeno se dividió en dos partes, una al momento de la siembra, junto con la totalidad del P y del K, el resto, veinte días después. El bioabono se aplicó diluido en agua durante los primeros 60 días del cultivo y la frecuencia del riego dependió de la necesidad de agua del cultivo. Esta se obtuvo controlando la humedad por medio de una balanza.

El diseño de tratamientos utilizado fue el factorial incompleto distribuido al azar, con tres repeticiones.

Se realizaron tres cortes, en los que se midieron las siguientes características:

- peso de materia seca
- análisis foliar de las plantas
- altura de las plantas

La variación de peso en el primer corte no fue significativa para las diferentes variables estudiadas y el experimento, según su coeficiente de variación, fue bien manejado.

Para el segundo corte el efecto del bioabono empezó a manifestarse, puesto que hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Se observó además que el contenido de nitrógeno se vio influenciado por los niveles de bioabono aplicados.

Para el tercer corte se manifestaron al 10% de probabilidad también diferencias significativas entre los tratamientos, por el efecto residual de los factores bajo estudio. Se notaron mejores rendimientos cuando se aplicó mayor cantidad de bioabono. El Cuadro 10 presenta los tratamientos y los resultados correspondientes.

CUADRO 10 Promedio de Peso en Gramos por Maceta, Según Tratamiento y Corte: Alfalfa Forrajera								
No.	Tratamiento				Promedio peso seco g/maceta			TOTAL
	N kg/ha	P	K % efl	L*	1er corte	2do corte	3er corte	
1.	34	14	28	31	3.6950	6.8836	6.1916	16.8
2.	34	14	28	49	3.6189	8.7275	7.3417	19.7
3.	34	14	52	31	3.4817	7.2639	6.0142	16.8
4.	34	14	52	49	3.3761	8.0792	7.1412	18.6
5.	34	26	28	31	3.5952	6.8625	5.7505	16.2
6.	34	26	28	49	3.1458	7.3631	6.8968	17.4
7.	34	26	52	31	3.7948	8.4959	5.9066	18.2
8.	34	26	52	49	3.5670	7.2884	6.1115	17.0
9.	46	14	28	31	3.8362	7.6889	5.5074	17.0
10.	46	14	28	49	3.9444	7.6262	6.6319	18.2
11.	46	14	52	31	3.5388	7.9360	5.3491	16.8
12.	46	14	52	49	3.4698	8.3071	6.8433	18.6
13.	46	26	28	31	3.9572	7.2209	5.4930	16.7
14.	46	26	28	49	3.5217	7.2974	7.1337	18.0
15.	46	26	52	31	3.1504	7.4067	5.0281	15.6
16.	46	26	52	49	3.6086	8.5516	7.6290	19.8
17.	40	20	40	40	3.8587	7.0756	5.5014	16.4
18.	22	14	28	31	3.8098	7.1291	5.4754	16.4
19.	58	26	52	49	3.6913	7.4342	7.4836	18.6
20.	34	2	28	31	3.7266	6.7414	4.8131	15.3
21.	46	38	52	49	3.5612	7.5901	6.4388	17.6
22.	34	14	4	31	3.8833	6.8112	4.9394	15.6
23.	46	26	76	49	3.4501	8.4927	6.3317	18.3
24.	34	14	28	13	3.6092	6.5030	4.1403	14.3
25.	46	26	52	67	3.4451	7.3698	9.6092	20.4
26.	0	0	0	100	3.5078	11.7591	7.2381	22.5
27.	0	0	0	0	2.8277	2.2541	1.5139	6.6

* L = Lámina de efluente de bioabono: % efluente aplicada con agua

Para aislar la variable "% efluente" vale presentar algunos tratamientos específicos:

CUADRO 11 Efecto del Bioabono Sobre Rendimiento: Alfalfa Forrajera						
Tratamiento	No.	N	P	K	% Efl.	Peso Seco Total
27		0	0	0	0	6.6
24		34	14	28	13	14.3
1		34	14	28	31	16.8
2		34	14	28	49	19.7
15		46	26	52	31	15.6
16		46	26	52	49	19.8
25		46	26	52	67	20.4
26		0	0	0	100	22.5

Comparando estas cifras, el efecto del bioabono (% efluente) es evidente y significativo. Sin embargo, por ser un experimento controlado, de invernadero, no se puede aplicar estos resultados a la práctica sin mayores estudios en el campo.

Se conoce de un estudio de campo realizado por un estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el pasto "Napier Costa Rica" (*Pennisetum purpureum*). El estudio duró un año (1982-1983) y se llevó a cabo en la costa, zona húmeda tropical, en la parcela de investigación del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) en Nueva Concepción, Escuintla, Guatemala (ver Peñate en la Bibliografía).

En el estudio, se comparó: a) bioabono en cantidades grandes (107 ton/ha-año) estimadas como equivalentes de las aplicaciones recomendadas por ICTA para fertilizante químico; b) dosis de fertilizante químico recomendado por ICTA y c) testigo (sin bioabono y químico). El análisis de la producción de material seco total (de los tres cortes del año), mostró que solamente el tratamiento químico de ICTA se comportó diferente y superior estadísticamente con respecto a los otros tratamientos. Sin embargo, el análisis de las producciones totales de proteína cruda disponible en la materia seca, mostró que el bioabono y el químico eran iguales estadísticamente, y superiores al tratamiento testigo.

También se realizaron análisis físico-químicos del suelo antes de iniciar el experimento y después de un año de tratamientos; los diferentes tratamientos no expresaron ninguna diferencia en este sentido.

4.5 Investigación cuantitativa de campo con hortalizas productoras de fruto, follaje y bulbo.

Esta investigación estuvo proyectada para determinar una relación bioabono:abono inorgánico, que permita obtener respuestas favorables de los cultivos sometidos al estudio, con el objeto de hacer el uso más oportuno del bioabono, cuando se tenga a disposición (ver anexo A-3).

Los cultivos utilizados como indicadores fueron seleccionados por su preferencia en la canasta familiar, así como por su importancia para los pequeños productores en la zona. Dichos cultivos fueron: Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), Repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*) y Cebolla (*Allium cepa*).

Los objetivos específicos eran: 1) Determinar los efectos de las diferentes relaciones bioabono:abono inorgánico, sobre el rendimiento de 3 hortalizas: tomate, cebolla y repollo en suelos tipo Guatemala; y 2) Determinar la relación entre los niveles de fertilización evaluados y la concentración de macronutrientes en los productos obtenidos en los cultivos bajo estudio.

El experimento, conducido por personal del ICAITI, se desarrolló en el Instituto Técnico de Agricultura, situado en la Aldea Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala. Las coordenadas de localización son: latitud 14°31' Norte; y longitud 90°36' Oeste; con una altitud de 1,450 m snm. La precipitación pluvial del lugar oscila entre los 760 y los 1,130 mm anuales; la temperatura máxima es 30°C y, la mínima, 7°C.

Los suelos son profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica débilmente cementada. Su contenido de materia orgánica es de 4% en los primeros 25 cm superficiales; el pH aproximado es de 6.0. La textura, determinada por el método Boyoucos, es arcillosa; la densidad aparente, por el método de probeta, es de 1.33 g/cc; la estructura a nivel de campo es granular.

El análisis químico, realizado en los laboratorios del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), dio los siguientes resultados:

	<u>microgramos/ml</u>		<u>mg/100 ml de suelo</u>	
<u>Ph</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>
6.5	7.25	4.98	10	5.43

Los niveles de los factores bajo estudio fueron combinados bajo el diseño de bloques al azar en un arreglo de parcelas divididas. En la parcela grande se utilizó el abono orgánico y en la parcela chica el abono químico. Se usaron tres repeticiones. El mismo arreglo fue generalizado en los tres cultivos bajo estudio. Se describe el Método Experimental y se dan más detalles sobre esta serie de experimentos en el Anexo A-3.

Como abono orgánico se utilizó el efluente procedente de un biodigestor semicontinuo, diseño ICAITI, cargado con estiércol bovino de 35 días de retención a 28°C. Como abonos químicos se usaron 16-20-0 y urea, a los niveles recomendados por ICTA según el análisis del suelo y el tipo de cultivo.

Preparación del terreno: El área experimental fue preparada con un paso de arado de disco y un paso de rastra. Luego se delimitaron las parcelas o unidades experimentales.

Siembra: Se prepararon los semilleros para los tres cultivos siguiendo prácticas tradicionales. Luego de alcanzado el punto del trasplante (aproximadamente a los treinta días) se resembraron en el campo a diferentes distancias para cada cultivo (cebolla a 10 cm; repollo a 30 cm; y, tomate a 50 cm entre plantas).

Fertilización química y orgánica: Según los resultados del análisis inicial del suelo, se calculó la dosis de fertilizante químico para cada cultivo. Estas dosis también sirvieron de base para calcular los tratamientos.

Se aplicó el fertilizante químico en dos fechas, la primera 8 días después del trasplante, en forma puntual, haciendo hoyos al pie de la planta. La segunda se efectuó 20 días después de la primera, aplicándose la fuente de nitrógeno para llenar los requerimientos del cultivo.

El abono orgánico, diluido en agua a razón de 1:1, se aplicó con regadera al pie de la planta, a manera de lámina de riego. Las dosis de bioabono fueron divididas en tres partes para su aplicación, una en el momento del trasplante, la segunda antes de la primera limpia, a los 8 días del trasplante, juntamente con la aplicación del fertilizante químico, y la tercera, antes de la segunda limpia, 28 días después del trasplante.

El control de plagas, enfermedades y malezas fueron iguales para todos los tratamientos. Para el control de plagas, enfermedades y malezas se aplicó el criterio de nivel de daño económico: aplicar la medida cuando el valor económico del daño potencial es mayor que el costo del control.

Método Experimental: Para el desarrollo del presente trabajo se evaluaron dos factores: abono orgánico y fertilizante químico; los que se combinaron en la forma que se aprecia en los Cuadros 12 y 13.

CUADRO 12 Tratamientos por Comparar en el Experimento con Cebolla, Repollo y Tomate		
Tratamiento	Abono Orgánico	Abono Químico
1	AO-0	AQ-0
2	AO-0	AQ-1
3	AO-0	AQ-2
4	AO-0	AQ-3
5	AO-1	AQ-0
6	AO-1	AQ-1
7	AO-1	AQ-2
8	AO-1	AQ-3
9	AO-2	AQ-0
10	AO-2	AQ-1
11	AO-2	AQ-2
12	AO-2	AQ-3

AO= Abono orgánico o bioabono: Es el efluente procedente de un biodigestor de desplazamiento horizontal, cargado con estiércol bovino.

AQ= Abono químico: El nivel de fertilizante que se va a usar está en función de la recomendación resultante del análisis químico del suelo realizado por el departamento de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA).

AQ0 = testigo (no fertilizante química)
 AQ1 = media dosis recomendada por ICTA
 AQ2 = dosis recomendada por ICTA
 AQ3 = doble dosis recomendada por ICTA

CUADRO 13 Dosis por Comparar en los Cultivos de Cebolla, Repollo y Tomate					
BIOABONO			FERTILIZANTE QUIMICO		
Para Cebolla:					
<u>qq/Ha de N-P-K</u>					
<u>Clave</u>	<u>Ton/Ha</u>	<u>Clave</u>	<u>16-20-0</u>	<u>46-0-0</u>	
AO-0	0	AQ-0	0	+ 0	Testigo
AO-1	10	AQ-1	3	+ 2	Media dosis ICTA
AO-2	20	AQ-2	6	+ 4	Dosis ICTA
		AQ-3	12	+ 8	Doble dosis ICTA
Para Repollo:					
<u>qq/Ha de N-P-K</u>					
<u>Clave</u>	<u>Ton/Ha</u>	<u>Clave</u>	<u>16-20-0</u>	<u>46-0-0</u>	
AO-0	0	AQ-0	0	+ 0	Testigo
AO-1	10	AQ-1	3	+ 4.86	Media dosis ICTA
AO-2	20	AQ-2	6	+ 9.72	Dosis ICTA
		AQ-3	12	+ 19.44	Doble dosis ICTA
Para Tomate:					
<u>qq/Ha de N-P-K</u>					
<u>Clave</u>	<u>Ton/Ha</u>	<u>Clave</u>	<u>16-20-0</u>	<u>46-0-0</u>	
AO-0	0	AQ-0	0	+ 0	Testigo
AO-1	10	AQ-1	0.94	+ 1.51	Media dosis ICTA
AO-2	20	AQ-2	1.88	+ 3.02	Dosis ICTA
		AQ-3	3.76	+ 6.04	Doble dosis ICTA

Los resultados obtenidos con cada cultivo se describen a continuación:

a) Tomate:

El uso del bioabono aislado no afectó el rendimiento obtenido en forma significativa estadísticamente, siendo el fertilizante químico el factor que sí afectó el rendimiento.

Se observó un incremento inicial del rendimiento de fruta al aumentar los niveles de fertilizante químico solo tanto como fertilizante químico en asociación con el bioabono. Tal incremento llegó a su máximo cuando se aplicaron 10 toneladas de bioabono, más la dosis de fertilizante químico recomendada por ITCA. Sin embargo, este tratamiento no fue estadísticamente diferente al tratamiento químico recomendado, solo. Cuando se incrementaron los niveles de aplicación de fertilizante

químico + bioabono el rendimiento disminuyó todavía más; con altos niveles de fertilizantes hubo un marcado desarrollo foliar y disminuyó la fructificación.

Los análisis químicos efectuados a los frutos mostraron una relación logarítmica entre la concentración de nitrógeno presente en ellos y los niveles de fertilizante químico aplicado. El incremento en nitrógeno en la fruta tuvo una relación directa con el -N- aplicado en el fertilizante químico. El fósforo y el potasio presentes en los frutos no manifestaron un comportamiento definido en términos de los diferentes tratamientos ensayados.

b) Cebolla:

El bioabono por sí solo no afectó significativamente los resultados; el fertilizante químico sí.

Los rendimientos obtenidos al aplicar doble la dosis de fertilizante químico más 10 y/o 20 toneladas de bioabono fueron estadísticamente iguales a los de aplicar la dosis normal de fertilizante químico más 10 toneladas de bioabono, o la mitad de la dosis normal de químico y 20 toneladas de bioabono. En este caso la cebolla demostró ser menos sensitiva que el tomate a la sobre dosis de fertilizantes.

c) Repollo:

Los rendimientos de repollo fueron influenciados marcadamente por los niveles de fertilizante químico. Se esperaba una respuesta significativa al bioabono, por ser de desarrollo foliar, pero no fue así; el repollo desarrolló un sistema radicular bastante profundo, sin tener rendimientos significativamente mayores atribuibles a la aplicación de bioabono.

d) Resultados de los experimentos con los tres cultivos:

En los tres cultivos, la apariencia física (tamaño, forma y color) mejoró, (esto a juicio del técnico encargado del proyecto) con las aplicaciones de bioabono. La aplicación de bioabono por sí solo no afectó en forma significativa el rendimiento en ninguno de los tres cultivos evaluados. En los experimentos con cebolla y repollo, los rendimientos que se obtuvieron con el doble de dosis de fertilizante químico recomendado más 10 toneladas de bioabono como complemento, fueron estadísticamente iguales al tratamiento con la dosis recomendada más 10 ton/ha de bioabono. Se encontró que no era recomendable usar más de 10 toneladas de bioabono por hectárea como complemento para estos cultivos. Tampoco es recomendable aplicar fertilizante químico en dosis mayores de la dosis recomendada.

Se considera que sería recomendable aplicar el bioabono antes de la siembra, durante la preparación del terreno. Se recomienda usar el bioabono como complemento a la dosis de fertilizante químico indicado según el caso. La dosis de

fertilizante requerido debe ir reduciéndose progresivamente mientras los suelos mejoran poco a poco por efecto del bioabono.

Más información sobre esta serie de experimentos y resultados, se incluye en el Anexo A-3.

4.6 Sustitución y complementación del fertilizante químico por bioabono:

Las investigaciones se hicieron en el campo, utilizando para el efecto los cultivos de cebolla (Allium cepa) glúico y (Cucurbita sp) y acelga (Brassica oleracea var. cida).

El propósito de las investigaciones era buscar aplicaciones de bioabono para que el agricultor cuente con más opciones conocidas al momento de querer utilizar bioabono en su terreno. Se montaron los cinco experimentos siguientes:

- i) Evaluación de cuatro niveles de bioabono como sustituto del fertilizante químico en el cultivo de la cebolla;
- ii) Evaluación de cuatro niveles de bioabono como complemento del fertilizante químico en el cultivo de cebolla;
- iii) Comparación de cuatro abonos orgánicos como sustitutos de fertilizantes químicos en el cultivo de cebolla;
- iv) Evaluación de cuatro niveles de bioabono como complemento del fertilizante químico en el cultivo de glúico y;
- v) Evaluación de cuatro niveles de bioabono como complemento y uno como sustituto del fertilizante químico en el cultivo de la acelga.

A continuación se presentan en forma resumida los resultados de campo de los cinco experimentos.

4.6.1 Evaluación de cuatro niveles de bioabono como sustituto del fertilizante químico en el cultivo de la cebolla

Este experimento fue conducido por un estudiante del Instituto Técnico de Agricultura (ITA) en Barcenás, Villa Nueva, Guatemala con la colaboración y apoyo técnico del ICAITI. (Ver Paiz, 1985, en la Bibliografía).

Se presenta el resumen de los resultados de campo, en el Cuadro 14.

CUADRO 14 Rendimiento de la Cebolla, Fertilizada únicamente con Bioabono (sin Fertilizante Químico)	
Tratamientos	Rendimiento medio
-----	-----
1. 0 ton/ha	11.11 ton.
2. 10 ton/ha	12.81 ton.
3. 20 ton/ha	14.91 ton.
4. 40 ton/ha	15.31 ton.
5. 80 ton/ha	16.05 ton.

Se hizo una prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Estadísticamente, los tratamientos 3, 4, y 5 (20, 40 y 80 ton bioabono/ha) eran superiores al testigo (tratamiento 1, sin abono). El testigo y el tratamiento 2 (10 ton/ha) eran estadísticamente iguales. El coeficiente de variación era 13; mientras existe una diferencia entre el rendimiento medio de los tratamientos, resulta que estadísticamente el tratamiento 2 es igual al testigo y también a los demás tratamientos. Para lograr una diferencia significativa comparada con el testigo, se requirió por lo menos de 20 toneladas de bioabono por hectárea, y aún así el incremento no era consistente: 3.8 ton/ha +/- 3.9 ton/ha (desviación estandar de las repeticiones con 20 ton/ha).

La calidad del producto (a juicio del técnico encargado del proyecto) aumentó conforme se incrementaron los niveles de bioabono. El problema es que se necesitan grandes cantidades de bioabono como sustituto del fertilizante químico para lograr rendimientos económicamente aceptables. Para poder disponer de esas cantidades de bioabono es necesario tener un gran biodigestor y un medio de transporte y aplicación para esas grandes láminas de bioabono. Se estima que el costo del uso de bioabono en estas cantidades sería muy alto (Ver 4.6.3 adelante). Por lo tanto, no se puede recomendar el uso de bioabono como sustituto de fertilizante químico en cebolla, en condiciones similares.

4.6.2 Rendimiento del cultivo de cebolla fertilizada con cinco niveles de bioabono como complemento a la dosis de fertilizantes químicos recomendada por el ICTA:

La investigación fue conducida por un estudiante del Instituto Técnico de Agricultura (ITA) del Ministerio de

Agricultura en Guatemala, con la colaboración y apoyo del ICAITI. Dicho experimento se desarrolló en la finca del ITA en Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, entre Junio y Octubre de 1984 (ver Gutiérrez M., 1985, en la Bibliografía).

El Cuadro 15 presenta un resumen de los resultados. Como se ve en el cuadro, aunque los rendimientos obtenidos en los lotes tratados podrían haber sido afectados por el bioabono, las diferencias no son significativas ni consistentes. Obviamente hubieron otros factores no controlados que tuvieron efectos iguales o mayores que el del bioabono. El análisis estadístico al 5% de significancia indicó que los tratamientos 1, 2, 3 y 4 eran estadísticamente iguales; solamente el tratamiento 5, la dosis de ITCA más 40 ton. de bioabono/ha, fue estadísticamente superior al testigo (la dosis ICTA sin bioabono), pero el tratamiento 5 también fue estadísticamente igual a los tratamientos 2 y 3. En conclusión, el efecto de bioabono era pequeño e inconsistente en este experimento.

CUADRO 15 Rendimiento de la Cebolla Fertilizada con Bioabono como Complemento Fertilizante Químico (Dosis Recomendada por ICTA)	
Tratamiento	Rendimiento medio
1-Dosis ICTA + 0 ton bioabono/ha	13.33 ton
2-Dosis ICTA + 5 ton bioabono/ha	14.72 ton
3-Dosis ICTA + 10 ton bioabono/ha	14.97 ton
4-Dosis ICTA + 20 ton bioabono/ha	13.73 ton
5-Dosis ICTA + 40 ton bioabono/ha	16.70 ton

4.6.3 Comparación de diferentes abonos orgánicos como sustituto del fertilizante químico en el cultivo de la cebolla

El experimento se realizó en 1984 en Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala. Fue llevado por un estudiante del Instituto Técnico de Agricultura (ITA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería, con la colaboración de técnicos del ICAITI (ver Rosales, 1985, en Bibliografía). Según el análisis de suelos, los valores de fósforo (P) y Potasio (K) eran adecuados para el cultivo, siendo deficitario de nitrógeno (N). En vista de lo anterior y de los análisis químicos realizados por ICAITI de los diferentes abonos orgánicos (compost, bioabono, estiércol fresco de bovino y gallinaza) se establecieron tratamientos que deberían haber sido apropiados para el cultivo (dosis recomendada por ICTA) y equivalentes uno a otro en su contenido del nitrógeno (Cuadro 16).

CUADRO 16 Tratamientos Probados para Analizar su Potencial para Sustituir Fertilizante Químico en el Cultivo de la Cebolla

Fertilizante -----	Dosis Aplicada Kgs/Ha -----
1. Fertilizante químico (46-0-0; urea)	131
2. Bioabono	59,583*
3. Compost	59,583*
4. Estiércol fresco de bovino	44,687*
5. Gallinaza	55,000*

* Cantidad calculada de ser equivalente al tratamiento (1) químico.

El cuadro 17 presenta un resumen de los resultados de campo.

CUADRO 17 Rendimiento de la Cebolla Fertilizada con Diferentes Tipos de Abono Orgánico. Comparación Fertilizante Químico

Tratamientos -----	Rendimiento medio -----
Fertilizante Químico	15.63 ton/ha.
Bioabono	12.25 ton/ha.
Compost	9.93 ton/ha.
Estiércol fresco	10.87 ton/ha.
Gallinaza	18.58 ton/ha.

El efecto de los abonos orgánicos sobre los rendimientos, fue relativamente bajo comparado con el fertilizante químico, excepto en el caso de la gallinaza, que superó inclusive al fertilizante químico.

El análisis estadístico mostró que la gallinaza era el mejor tratamiento, seguido por el fertilizante químico (urea), el bioabono, el estiércol fresco y el compost, estos tres últimos estadísticamente iguales.

También se realizó un análisis económico de los diferentes tratamientos, como se puede apreciar en el Cuadro 18. Del análisis de costos de producción se deduce que, mientras gallinaza dio el mayor rendimiento, también tiene el costo de producción más elevado. Económicamente, el fertilizante químico presenta la mayor rentabilidad, superando significativamente (de 2 a 3 veces) a todos los otros tratamientos. Como conclusión, en las condiciones de este estudio, el uso de los abonos orgánicos evaluados como sustitutos del fertilizante químico es impráctico y antieconómico debido a la baja rentabilidad y a la gran cantidad de abono que se tendría que utilizar.

CUADRO 18 Análisis Económico de Cinco Fertilizantes Probados con Cebolla						
Fertilizante Aplicado	Producción Ton/ha.	Costo de Producción Q/ha.*	Ingr. Bruto Q/ha.*	Ingr. Neto Q/ha.*	Rentabilidad %	B/C
Químico (UREA)	15.63	1275.31	5501.76	4226.45	331.40	4.31
Bioabono	10.87	1775.00	3826.24	2051.24	115.56	2.15
Compost	9.93	2156.33	3495.36	1339.03	62.10	1.62
Estiércol fresco de bovino	12.25	1622.32	4312.00	2689.68	165.79	2.66
Gallinaza	18.58	2257.28	6540.16	4282.88	189.74	2.90

Fuente: Rosales, 1985

* Costos en Quetzales: 1\$CA = Q.2.6

4.6.4 Evaluación de cuatro niveles de bioabono como complemento a la dosis de fertilizante químico aplicada al cultivo del "güicoy" (calabaza, Curcubita pepo, Var. Suchine black).

Este experimento fue realizado por un estudiante del Instituto Técnico de Agricultura (ITA), en Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, con la colaboración y apoyo técnico del ICAITI (Ver R. Miranda, 1985, en la Bibliografía).

Se utilizaron cuatro tratamientos de bioabono: 5, 10, 20, y 40 ton./Ha., más el testigo 0 ton./Ha; todos como complemento a una aplicación general de fertilizante químico; y con cuatro repeticiones. A continuación se presenta un resumen de los resultados de campo (Cuadro 19).

Se observa que el rendimiento sube al aumentar los niveles de aplicación de bioabono como complemento de la dosis de fertilizante químico. Sin embargo, tal como se encontró en los experimentos anteriores con otros cultivos, las diferencias entre tratamientos de 5, 10 y 20 ton./Ha, comparados con el testigo sin bioabono, no eran estadísticamente significativas. En este caso la falta de diferencia significativa está relacionada con un alto grado de variación entre repeticiones con el mismo tratamiento (coeficiente de variación era 19%).

También se notó el problema de utilizar abono líquido en este experimento; como se realizó en un periodo lluvioso, se piensa que las aplicaciones de bioabono tuvieron menos impacto positivo sobre rendimientos y aumentaron la incidencia de la enfermedad "Mal de Talluelo" que prospera en condiciones favorables de humedad y materia orgánica.

La conclusión del experimento fue que el testigo (sin bioabono) sería la aplicación más económica.

CUADRO 19 Rendimiento del Güicoy (Calabaza) con Bioabono como Complemento a Fertilizante Químico

Tratamiento	Rendimiento medio
1-Dosis ICTA + 0 ton bioabono/ha	5.58 ton/ha.
2-Dosis ICTA + 5 ton bioabono/ha	6.69 ton/ha.
3-Dosis ICTA + 10 ton bioabono/ha	7.43 ton/ha.
4-Dosis ICTA + 20 ton bioabono/ha	7.80 ton/ha.
5-Dosis ICTA + 40 ton bioabono/ha	9.97 ton/ha.

4.6.5 Evaluación de cuatro láminas de bioabono como complemento y una como sustituto al fertilizante químico en el cultivo de la acelga.

El experimento fue realizado por un estudiante del Instituto Técnico de Agricultura (ITA), Guatemala, con el apoyo técnico y colaboración del ICAITI, (ver García, 1985, en la Bibliografía).

Los tratamientos evaluados fueron: la dosis de fertilizante químico recomendada por ICTA sola (sin bioabono); la dosis ICTA complementada por varios niveles de bioabono (10, 20, y 40 ton. de efluente por hectárea) y una dosis de bioabono solo de 70 ton de efluente por hectárea (este fue establecido en base a un análisis de los nutrientes presentes en el bioabono y la cantidad necesaria para ser equivalente, aproximadamente, a la dosis de fertilizante químico recomendada por ICTA)

El cuadro 20 presenta un resumen de los resultados de campo. En todos los casos, no hubo un mejoramiento significativo relacionado con el uso del bioabono, pero sí lo hubo a causa del fertilizante químico.

Hubo una marcada diferencia entre los tratamientos en los cuales se usó el bioabono como complemento y en el que se usó como sustituto del fertilizante químico; este último dando un rendimiento mucho menor que los otros. La razón podría ser la lenta liberación de nutrientes del bioabono frente a la intensa demanda del cultivo para su desarrollo foliar. Esto se dedujo por el estado de las plantas a las que no se aplicó fertilizante químico.

Cuando se usó bioabono como complemento del fertilizante químico se notó que a tasas altas se cargaba de humedad la superficie del suelo, lo cual causaba una marcada flacidez en el follaje. El mejor rendimiento fue la dosis de fertilizante químico recomendado por ICTA más 10 ton/ha de bioabono. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre este rendimiento y lo obtenido con la aplicación de fertilizante químico solo (sin bioabono).

Como conclusión, bajo condiciones similares, no se debe aplicar bioabono como sustituto de fertilizante químico en acelga; tampoco se puede recomendar el uso de bioabono como complemento al químico en acelga, ya que su aplicación implica costos adicionales que no garantizan rendimientos mayores.

Este caso es similar al caso anterior (gülicoy) en el sentido de que se puede apreciar la problemática de aplicar bioabono por su forma líquida y los impactos negativos que pueden resultar.

CUADRO 20 Rendimiento de la Acelga con Bioabono como Complemento y como Sustituto de Fertilizante Químico

Tratamiento -----	Rendimiento medio -----
1-Dosis ICTA + 0 ton bioabono/ha.	18.27
2-Dosis ICTA + 10 ton bioabono/ha.	22.21
3-Dosis ICTA + 20 ton bioabono/ha.	18.63
4-Dosis ICTA + 40 ton bioabono/ha.	19.47
5-Sin químico + 70 ton bioabono/ha.	5.77

4.7 Utilización de Bioabono como Alimento Animal:

Se buscaba evaluar el bioabono como ingrediente para la producción semiindustrial e industrial de alimentos concentrados. En este experimento, se probaron raciones preparadas en base a bioabono como alimento para conejos. Se tomó efluente de digestores cargados con estiércol porcino, bovino y aviar y se le sometió a un proceso de secado solar. Una vez deshidratado se molió en un molino de cuchillas para convertirlo en harina. Esta harina se analizó en el laboratorio (ver Anexo A-4). De este análisis se partió para la elaboración de las dietas, en las cuales se sustituyó el 10, 20 y 30 por ciento de la proteína de granillo de trigo con la proteína de bioabono (Cuadro 21).

Las raciones se ensayaron en conejos, los cuales se distribuyeron completamente al azar (cuatro tratamientos y tres repeticiones). El manejo de los conejos fue exactamente igual al manejo rutinario en una producción cunicula. El experimento se montó en una empresa cunicula en Guatemala.

Los conejos "testigo", alimentados con las raciones normales preparadas, crecieron progresivamente durante los 21 días observados. El incremento promedio de tres grupos fue del 16% (130 gramos).

CUADRO 21 Composición de las Raciones Experimentales para Conejos Utilizando "Harina de Bioabono"

Ingredientes	Raciones (% del peso total)			
	0	10	20	30
Harina de heno de Kikuyú	40.0	40.0	40.0	40.0
Harina de bioabono	0.0	10.0	20.0	30.0
Granillo/afrecho de trigo (1)	30.0	20.0	10.0	0.0
Harina de soya	10.0	10.0	10.0	10.0
Harina de algodón	10.0	10.0	10.0	10.0
Harina de malz	5.0	5.5	6.1	6.5
Melaza (2)	3.0	3.0	3.0	3.0
Sal común	0.5	0.5	0.5	0.5
Minerales	1.5	1.0	0.4	0.0

(1) Con el efluente porcino se usó granillo de trigo y con el aviar y el bovino, afrecho de trigo.

(2) A cada ración con bioabono se le agregó 3% más de melaza.

Los conejos que recibieron raciones con el 10% de bioabono siguieron creciendo durante una semana y luego comenzaron a perder peso. El grupo que recibió efluente de ganado porcino tenía un peso inicial de 732 gramos y bajó a 718, un decremento del 2%. El que recibió efluente aviar tenía un peso inicial de 815 gramos y bajó a 772, un decremento del 5%. Los conejos que recibieron efluente bovino tenían inicialmente un peso promedio de 875 gramos y bajaron a 805, un descenso del 8%.

Al subir la proporción de bioabono en la ración al 20%, los efectos se hicieron aún más significativos. Los conejos que recibieron efluente porcino bajaron de peso un 15%. Los que recibieron efluente aviar registraron un descenso neto del 9%. Los que recibieron efluente bovino bajaron un 29% de peso.

El efecto fue parecido con la proporción de bioabono en la ración de 30%. Los tres grupos bajaron un 20% de peso en promedio.

Al investigar más este fenómeno, se encontró que la naturaleza del sistema digestivo de los conejos impide que éstos aprovechen la proteína del bioabono. Ello no ocurre con las aves, según otros experimentos realizados (Rivas,

1987). El presente experimento se suspendió cuando los primeros conejos comenzaron a morir. Aunque no se realizó una autopsia, el encargado de la crianza indicó que los síntomas indicaban que los conejos habían muerto de hambre.

En el Anexo A-4, se encuentra mayor información sobre la composición química proximal obtenida de las raciones.

5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Se presenta una breve discusión de los resultados obtenidos en los experimentos cuantitativos y sus principales limitaciones.

5.1 Limitaciones Generales

En todos los experimentos del presente informe existían una serie de limitaciones importantes que se debe tomar en cuenta. Algunas son específicas a las metodologías utilizadas y otras son limitaciones que afectarían cualquier estudio con bioabono.

- a) Tiempo: no se considera los efectos acumulados del bioabono.

Los estudios realizados están limitados en cuanto a sus resultados por el hecho de que ninguno abarcó más que una sola temporada del cultivo. Se considera que los beneficios del uso regular del bioabono acumulan con el tiempo, mejorando el suelo en forma sustantiva después de un período de varios años de aplicación. Los estudios descritos fueron realizados en una sola temporada, buscando efectos inmediatos en comparación con otras alternativas, principalmente el fertilizante químico.

Es conveniente mencionar que el fertilizante químico es diseñado para efectos inmediatos (durante la temporada de aplicación); el bioabono, al contrario, por razón de sus propias características, es muy lento en su liberación de nutrientes y funciona más como un acondicionador de suelos a largo plazo. Por ejemplo, según Penagos (ver Bibliografía), la liberación lenta de nutrientes es una característica común de la materia orgánica, la cual es capaz de liberar 1/3 de su potencial nutritivo en un período de 100 días, aproximadamente. La mayoría de los cultivos estudiados son hortalizas con períodos cortos de desarrollo, haciendo más difícil medir los efectos del bioabono.

Para evitar esta limitación sería necesaria realizar una serie de experimentos durante varios años en una finca con un digestor, preferiblemente iniciando el estudio antes de que se inicie el uso del digestor. Así sería posible evaluar los suelos y sus necesidades de fertilizantes antes

de aplicar bioabono al suelo, y medir cualquier cambio en la calidad de suelo durante varios años, además de realizar experimentos consecutivos sobre los rendimientos de los diferentes cultivos a estudiar.

b) Factores externos: variables fuera del control.

En la agricultura, siempre existen una serie de factores fuera de control del agricultor, principalmente los relacionados con el clima. Un procedimiento o semilla que funciona bien en una temporada cierto año, puede resultar desastrosa en el próximo año por los cambios de clima que se presentan. Por lo tanto, no se debe tomar conclusiones definitivas en base a unos pocos experimentos específicos, especialmente los basados en una sola temporada.

Los resultados presentados corresponden a un conjunto de factores específicos que se presentaron durante el experimento; es probable que estos factores sean diferentes la próxima vez, y el resultado sería afectado. Los factores externos tienen un impacto directo sobre el cultivo y su capacidad de crecer y aprovechar nutrientes. También pueden afectar la aplicación y el contenido del bioabono, como se explica más abajo.

c) Variación en el valor nutritivo del bioabono.

Es casi imposible controlar bien el valor nutritivo del bioabono y saber exactamente que es lo que se está aplicando en este tipo de experimento. En la práctica del campo, es todavía más difícil saber exactamente qué valor nutritivo tiene el bioabono. Los nutrientes que las plantas reciben a través del bioabono pueden variar mucho de un digestor a otro; también pueden variar bastante de una semana a otra con el mismo digestor.

El clima afecta el ritmo de digestión de la materia en el digestor, y por lo mismo, la composición final del efluente. Temperaturas más altas agilizan la fermentación mientras que temperaturas bajas lo restringen. En la práctica, las lluvias tienen un gran efecto en muchos casos, ya que el agua puede entrar en el digestor, diluyendo todo su contenido, y puede mezclarse con cualquier efluente almacenado afuera con el mismo efecto. El manejo del digestor también afecta el bioabono: los cambios en los regímenes de cargar y/o descargar y de agitación resultan en efluentes diferentes; la cantidad de agua mezclada con la carga también es variable; asimismo, la comida de los animales afecta la composición del bioabono; y si se cargan con otros materiales como desechos vegetales, o químicos para mejorar el proceso, éstos afectan el bioabono que sale después.

Pero lo más importante es el manejo del bioabono mismo. Cuánto tiempo se deja antes de su uso, y a qué grado de exposición a los elementos, pueden cambiar mucho su valor nutritivo (refiérase al Cuadro 2 en la primera parte de

este informe). Secándose en un área con mucho sol y viento, por ejemplo, se puede perder al aire más de la mitad de los nutrientes N-P-K. Obviamente, es imposible tener siempre disponible la cantidad del bioabono en el momento que se necesita. La producción de bioabono es un poco cada día, mientras los cultivos exigen la aplicación de cantidades grandes de fertilizante en temporadas específicas.

La forma de aplicar el bioabono es muy importante. La forma ideal sería a través de algún complemento que mantenga la mezcla de sólidos en suspensión en una forma siempre homogénea (parecido al "redi-mezcla" de concreto) y que asegure una incorporación inmediata en el suelo, cubriéndolo para evitar pérdidas de nutrientes. Pero tal tipo de maquinaria no es fácilmente disponible y sería muy costosa. En la práctica, casi todos los usuarios mezclan el bioabono con agua de riego. Obviamente, muchos nuevos factores entran en juego así.

Primero, el bioabono que sale del tanque de almacenamiento va a variar según su nivel de agitación y sedimentación. Este efluente de composición variable se mezcla con agua en una forma que es imposible de controlar con exactitud, y hay momentos en que el canal lleva agua casi pura, y otros ratos cuando lleva bioabono casi puro. En el escurrimiento, un sinnúmero de leyes de física complican el proceso, dejando diferentes sedimentos y nutrientes en diferentes lugares dependiendo de la inclinación del terreno, velocidad de agua, tamaño, forma y densidad de las partículas en suspensión, etc. Después entran factores como viento y tiempo antes de la próxima lluvia, y/o si se incorpora el bioabono en el suelo o se deja a percolar por su propia cuenta, etc.

Cada uno de estos factores, y otros más, afectan los nutrientes que llegan a la planta. Debe ser claro que es difícil cuantificar las aplicaciones de bioabono con exactitud, y más difícil todavía de cuantificar los nutrientes recibidos en la aplicación.

Relacionado con esto es el hecho de que el bioabono tiene un alto porcentaje de agua cuando sale (85-98%), y si se mezcla con más agua para su aplicación, resulta ser casi agua pura cuando llega a las plantas. Obviamente, la absorción de esta agua (y los nutrientes) va a depender mucho de la necesidad de agua que la planta tenga en este momento. A veces, no es posible usar el bioabono cuando se desea porque el cultivo ya ha recibido demasiada agua. Entonces, la humedad del suelo, el uso de riego, y la secuencia de lluvias en relación a la aplicación del bioabono, también afectan los resultados.

Hablando del agua, se debe mencionar que casi todos los experimentos realizados no llevaron un buen "control" para el factor de agua: en un grupo de control se deberían haber aplicado agua en cantidades y en términos iguales a la

aplicación de bioabono. Sin este control, no se sabe cuánto es el impacto de bioabono comparado con el impacto de agua sola, (aunque se sabe que el régimen de riego sí influye en el rendimiento).

Vale repetir, entonces, que los resultados presentados corresponden únicamente a los factores específicos que se presentaron durante el experimento. No se debe generalizar estos resultados para aplicarlos a condiciones ajenas.

Con respecto a los experimentos específicos, podemos mencionar lo siguiente:

5.2 Efectos de diferentes tratamientos de bioabono sobre los rendimientos de alfalfa forrajera (Ver Cuadros 9 y 10).

El tratamiento 26 (100% bioabono y no fertilizante químico) arrojó el mayor peso seco total en gramos por maceta (22.5 g/maceta) y el testigo (no químico, no bioabono) arrojó el menor (6.6 g/maceta); de los tratamientos "combinados" (fertilizante químico más bioabono), el que arrojó los mayores pesos totales fue el 25 (20.4 g/maceta) y el que arrojó los menores fue el 24 (14.3 g/maceta).

Como no se llevó un control de la cantidad de efluente aplicada y su concentración de nutrientes, no puede saberse la cantidad efectiva de nutrientes aplicada en los tratamientos. La falta de precisión de la variable "% efl" hace imprecisa cualquier comparación estadística de los resultados. También siendo un experimento de invernadero, requiere mayores verificaciones en el campo antes de llegar a conclusiones prácticas.

5.3 Investigación cuantitativa a nivel de campo con hortalizas productoras de fruto, follaje y bulbo.

En este caso, también la falta de un control efectivo de la cantidad de nutrientes presentes en el bioabono impide llegar a conclusiones seguras y verificables acerca del efecto de su utilización en estos cultivos. Sin embargo, de los experimentos realizados en el campo, esto es lo que llevó los mayores controles en cuanto a las aplicaciones y otros factores externos. Los análisis estadísticos muestran que en las condiciones del experimento, el bioabono aplicado no tuvo un impacto significativo sobre el rendimiento obtenido en los tres cultivos.

5.4 La sustitución y complementación del abono químico por bioabono.

De nuevo, los resultados deben ser tomados como cualitativos e indicativos a causa de una definición imprecisa de la variable "bioabono". Los análisis

estadísticos muestran que en las condiciones de los experimentos (y sin saber exactamente cuánto nutriente se estaba aplicando en el bioabono): a) al no utilizar fertilizante químico en cebolla, es necesario usar grandes cantidades de bioabono (20 TM/ha o más) para lograr rendimientos aceptables; b) en general, para los cultivos ensayados no hubo diferencias significativas y consistentes en los rendimientos relacionadas con las aplicaciones de bioabono; en los pocos casos en los que hubo diferencias significativas se usaron altas aplicaciones (mayor de 20 Ton/ha) y a veces el rendimiento bajó en forma significativa como efecto del bioabono (acelga); c) la aplicación de la dosis recomendada del fertilizante químico si tuvo una influencia consistente, positiva y significativa en los rendimientos; d) la gallinaza superó los rendimientos de otros abonos (químico, compost, bioabono, estiércol fresco) en un experimento comparativo con el cultivo de cebolla, pero la comparación de costos indicó que cualquier abono orgánico tuvo un costo mucho mayor que su equivalente en fertilizante químico; y e) el bioabono no dio resultados satisfactorios en la producción de acelga.

6. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta siempre las limitaciones mencionadas en la sección previa, se presentan las conclusiones que se generan como resultado de los diferentes experimentos realizados, enfocando en las áreas donde los experimentos arrojaron resultados similares.

1. El bioabono en cantidades normales (5-20 Ton/Ha) no mejoró en forma significativa los rendimientos de la mayoría de los cultivos ensayados. Los usuarios de digestores no deben tratar de reemplazar fertilizante químico con bioabono, por lo menos no en los primeros años de uso.

2. De los cultivos ensayados, la aplicación del bioabono parece más positiva para los pastos (alfalfa y napier), pero siempre se recomienda usarlo como complemento de la dosis indicada de fertilizante químico.

3. La aplicación del bioabono parece menos positiva con bulbos (zanahoria, rábano, remolacha) en las cuales se manifestó la formación de "raicillas"; en el tomate, que mostró un excesivo desarrollo foliar sin beneficios para el producto; y en la acelga que creció con una flacidez aguda.

4. No se debe sobreestimar el valor económico del bioabono como sustituto del fertilizante químico. Los resultados sugieren que el bioabono representa un costo adicional significativo (por lo complicado de su manejo), con pocos beneficios económicos en el corto plazo en la mayoría de los cultivos ensayados. Sin embargo, podría dar resultados en el largo plazo; no fue posible evaluar estos efectos en el presente estudio.

5. La utilización de cantidades moderadas de bioabono (no mayor de 10 TM por hectárea) como complemento a fertilizantes químicos no hará daño en la mayoría de los casos y debe mejorar los suelos a largo plazo.

6. La principal dificultad con que el aprovechamiento del bioabono tropieza es su manejo y aplicación. Su estado líquido, las variables que afectan el valor

nutritivo, la ubicación de los digestores en relación con el resto de la finca, y los grandes volúmenes que hace falta aplicar, hacen difícil y engorroso el uso regular de bioabono como complemento al fertilizante químico, y prácticamente imposible aplicarlo solo, en operaciones comerciales.

7. La harina de bioabono es inadecuada y peligrosa si se usa en la alimentación de conejos, a causa del sistema monogástrico (sistema digestivo de un solo estómago) de este animal y de sus hábitos de coprofagia (comerse su propio excremento).

8. Es bastante difícil evaluar los efectos del uso del bioabono. Se cree que sus mayores efectos ocurren en el largo plazo, como un agente de mejoramiento de la textura de los suelos además de fuente de nutrientes. No es apropiada su evaluación económica sobre la base de un año solamente.

9. Requiere más estudio determinar los niveles de aplicación óptima del bioabono. Pero, aún con más estudio, sería muy difícil establecer los niveles específicos de nutriente del bioabono que se está usando y las dosis de aplicación óptimas por unidad de superficie, porque estos factores variarán mucho caso por caso, e inclusive varían con el tiempo para casos individuales.

10. En general, se confirmó que la dosis recomendada por ICTA para los cultivos ensayados es la más efectiva en términos de costos y beneficios (no es rentable incrementar la dosis recomendada).

7. RECOMENDACIONES

1. Al planificar la instalación de biodigestores, tomar en cuenta dónde y cómo se va a aplicar el bioabono, para facilitar la aplicación en la medida de lo posible.
2. Realizar las aplicaciones de bioabono en la etapa presiembra, preferentemente durante la preparación del terreno. Hacer lo posible para aplicar el bioabono en una forma homogénea (agitando el efluente antes de aplicarlo y buscando formas de aplicar láminas iguales de bioabono).
3. No aplicar el bioabono como sustituto de la dosis de fertilizante químico recomendado, por lo menos no con las primeras aplicaciones.
4. Realizar pruebas de suelos para determinar las necesidades de fertilizante según las condiciones específicas (suelo, tipo de cultivo, densidad de plantas, régimen de riego, etc.), y aplicar fertilizante químico según las recomendaciones para el caso. (Con tiempo, se debe notar menores necesidades de fertilizante químico en los suelos que han venido recibiendo bioabono.)
5. En general, tener cuidado con la aplicación de bioabono en hortalizas de tubérculo como la zanahoria, rábano y remolacha. También tener cuidado para evitar humedad excesiva en los suelos por la aplicación de bioabono en cultivos foliares como la acelga y otros, que sean susceptibles de enfermedades por humedad (calabazas).
6. En otros cultivos, como punto de partida, se puede aplicar el bioabono en dosis moderadas (no más de 10 toneladas de bioabono por hectárea), como complemento al fertilizante químico.
7. Los agricultores deben realizar sus propias pruebas con el bioabono, notando las condiciones de cada caso específico, para ir estableciendo sus propias conclusiones sobre las dosis que dan mejores resultados para las condiciones que se presentan en sus fincas.

Dadas las grandes variaciones relacionadas con el uso de bioabono, es dudable que se encontrará recetas estandares de bioabono que resulten aplicables a todos; y el sistema de prueba y error, hasta cierto punto, siempre sería necesario.

8. En la medida posible, aplicar el bioabono a los campos de pastos de donde los nutrientes provienen originalmente (donde comen los animales que producen el bioabono).

9. En los cálculos de beneficios y costos para sistemas de biodigestión, tomar en cuenta los costos del manejo y aplicación del bioabono (los cuales son significativos), y no sobreestimar el valor económico del bioabono (que podría ser mínimo en los primeros años de uso).

10. No sustituir otras fuentes de proteína por bioabono en dietas de conejos.

11. Continuar con estudios del uso de bioabono a mediano y largo plazo, trabajando con los usuarios de digestores para buscar la mejor utilización del bioabono en cada caso.

8. ANEXOS

ANEXO A-1 Bibliografía

1. ARRIAZA MORALES., HUGO. R. 1987. Evaluación de diferentes láminas de biolodo y niveles de fertilizante inorgánico en el cultivo de tres hortalizas en suelos tipo Guatemala. Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, Guatemala,
2. ASHLEY, W. y LEONARD, S.R. 1984. El estiércol vale mucho, debe usarse bien. Agricultura de las Américas, 12/7. (EE.UU).
3. BAQUEDO MUÑOZ, M. M. 1979. Los digestores, energía y fertilización para el desarrollo rural. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. México .
4. CARRION BALLENA, G. 1981. Efectos del bioabono efluente líquido en el desarrollo del cultivo de la lechuga (*Lactuca Sativa*, var. Blanca de Boston) en el valle de Cajamarca. Perú. Instituto de Tecnología Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC), Perú.
5. CHINA INSTITUTE OF SOIL AND FERTILIZER. 1980. "The Utilization of Fermentation Residue Sludge and Effluent". Beijing, China.
6. FAO. 1977. China: Recycling of organic wastes in agriculture. Roma, Italia.
7. GARCIA MORALES., M. R. 1985. Evaluación de diferentes láminas de bioabono como complemento al fertilizante químico en el cultivo de la acelga. Instituto Técnico de Agricultura, Depto. de Investigación Agrícola. Guatemala.
8. GARCIA MARROQUIN, V. H. 1977. Estudio del cultivo del maíz (*Zea mayz* L.) a diferentes intensidades de siembra en relación a la aplicación de abono orgánico y de nitrógeno en el valle de Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. Guatemala.
9. GONZALEZ. B. J.; MUÑOZ V., L.A. 1978. Aprovechamiento de desechos para la generación de biogás como fuente de energía. Universidad de Panamá, Facultad de Agronomía. Panamá.
10. GUTIERREZ MEJIA., TOMAS. J. 1985. Evaluación de diferentes dosis de biolodo con fertilizante químico en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). Instituto Técnico de Agricultura, Depto. de Investigación Agrícola. Guatemala.
11. GUDIEL, V. M. 1980. Manual agrícola Superb. 5 ed. Guatemala.

12. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 1984. Cartas climáticas; estaciones de Bárcena y Villa Nueva. Guatemala.
13. INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL. PROYECTO LENA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA. Biogás. 1984. Guatemala.
14. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES METALURGICAS 1975. Desechos orgánicos, una fuente de energía para el campo. México.
15. LEON GARCIA, J. R. 1977. Selección y construcción de un sistema de producción de gas metano y abono orgánico que se adapta al medio rural. Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Guatemala.
16. MILIAR, E. E. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. AID, México.
17. MEDINA, ALBERTO. 1986. Experiencia sobre utilización del biol y biosol en la zona árida de Chile y Perú. Primer Encuentro Mesoamericano de Redes de Biogás. Comayagua, Honduras.
18. MIRANDA SOTO, R. R. 1985. Evaluación de diferentes láminas de biolodo en el cultivo de la calabaza (Cucurbita pepo, var. Suchine Black), en Bárcena. Instituto Técnico de Agricultura, Depto. de Investigación Agrícola. Guatemala.
19. MIRANDA HERNANDEZ, S. E. 1986. Evaluación de láminas de efluente de digestor y niveles de macronutrientes (NPK) y su efecto en el rendimiento de alfalfa forrajera (Medicago sativa L.) Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. Guatemala.
20. MONTERROSO SANTELIS, E.R. 1979. Fertilización orgánica en 2 suelos serie Tiquisate en Río Bravo, Suchitepequez y su influencia en el rendimiento de maíz (Zea Mayz L.). Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. Guatemala.
21. NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE (EE.UU.). 1982. Manual de fertilizantes. Limusa, México.
22. PAIZ ROSSAL, JUAN L. 1985. Evaluación de diferentes láminas de biolodo en el cultivo de cebolla (Allium cepa) en la región de Bárcena. Instituto Técnico de Agricultura, Depto. de Investigación Agrícola. Guatemala.
23. PENAGOS G., M. D. 1974. Plantas biológicas, solución inmediata a graves problemas nacionales. Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería. Guatemala.

24. PENATE M., HUGO S. 1983. Uso del estiércol bovino biodirigido como fuente de nutrientes en la producción de Napier. Universidad de San Carlos, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guatemala.
25. RIVAS A. RUDY A., 1987. Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala; Comunicación personal. Guatemala
26. ROSALES SARCEÑO, GUILLERMO. 1985. "Evaluación de cuatro fertilizantes orgánicos (bioabono, compost, estiércol fresco de bovino, gallinaza), en el rendimiento del cultivo de la cebolla" (*Allium cepa*). Instituto Técnico de Agricultura, Depto. de Investigación Agrícola. Guatemala.
27. SALAZAR, AMILCAR. Octubre, 1987. Informe de Ensayo de Bio-abono: Guarani. Instituto Nacional de Energía (INE); Quito, Ecuador.
28. SANCHEZ, P. A. 1981. Suelos Tropicales; características. IICA, Costa Rica.
29. SALAZAR ., J. R.; GRANADOS, V., R; Y MARTINEZ M., M., 1981. "Evaluación preliminar del sub-producto del biogás como abono orgánico. San Salvador, El Salvador (mimeo).
30. SIMMONS S., CH.; TARANO, J.; PINTO, J. 1959. Clasificación y reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado S. Editorial José de Pineda Ibarra, Guatemala.
31. THORTON, M. K., 1965. los suelos y cómo mejorarlos. La Hacienda EE.UU.
32. VERASTEGUI L., J.,; MATHEU, B. 1979. Producción de biogás a partir de desechos orgánicos. Instituto de Tecnología Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC). Perú.

ANEXO A-2 Composición química proximal de los efluentes deshidratados.

CUADRO 22 Composición Química Proximal de los Efluentes Deshidratados				
Composición química		Porcino	Aviar	Bovino
* Humedad	(%)	12.21	13.53	9.83
* Grasa	(%)	0.85	0.63	1.26
* Proteínas (Nx6.25)	(%)	17.55	14.46	13.60
* Fibra cruda	(%)	27.10	9.74	12.30
* Cenizas	(%)	22.86	51.11	35.13
* Carbohidratos	(%)	19.43	10.53	27.88
* Nitrogeno total		2.83	2.30	2.18
* Calcio (CaO)	(%)	6.95	10.25	0.85
* Fósforo (P2O5)	(%)	5.35	3.40	0.60
* Potasio (K)	(%)	0.50	0.53	0.30
Cobre (Cu)	(mg/Kg)	490.00	40.00	23.00
Hierro (Fe)	(%)	0.44	0.65	0.53
Manganeso (Mn)	(%)	0.06	0.06	0.02
Zinc (Zn)	(%)	0.08	0.04	0.02
Plomo (Pb)	(mg/Kg)	7.00	10.00	6.00
Arsénico (As)		N O D E T E C T A D O		
Silice (SiO2)	(%)	7.20	12.66	28.35

Fuente: ICAITI

Determinaciones en duplicado

Método espectrofotometría de absorción atómica.

* Método AOAC (14TH Ed).

ANEXO A-3 Detalles adicionales sobre la investigación cuantitativa en el campo, con tomate, cebolla, y repollo

MODELO: El modelo estadístico para la interpretación de los resultados, fué el siguiente:

$$Y_{ijk} = M + B_i + T_j + BT_{ij} + O_k + TO_{jk} + E_{ijk}.$$

Donde:

- Y_{ijk} - Efecto de la variable respuesta
- M - Efecto de la media general
- B_i - Efecto del i-ésimo bloque
- T_j - Efecto del j-ésimo nivel de parcela grande
- BT_{ij} - Efecto del error debido a la parcela grande en la i-ésima repetición y j-ésima parcela grande (error A).
- Q_k - Efecto del k-ésimo nivel de parcela chica
- TO_{jk} - Efecto de la interacción debido al factor de parcela grande con el factor de parcela chica.
- E_{ijk} - Efecto del error B.

Análisis de los datos:

Para poder alcanzar los objetivos planteados y someter a prueba la hipótesis de trabajo, fue necesario recurrir a lo siguiente:

- ANDEVA del Diseño de Bloques al Azar
- Comparación de medias por la prueba de Tukey al 5%
- Elaboración de gráficas, para facilitar la interpretación de los resultados
- Contrastes ortogonales
- Análisis de regresión

En las páginas siguientes de este anexo se consignan los resultados obtenidos en las pruebas hechas con tomate, cebolla y repollo.

RESULTADOS CON TOMATE

Sigue un resumen de los resultados de campo obtenidos en las diferentes cosechas, extrapolados a toneladas de tomate/ha.

CUADRO 23 Pesos Promedio de los Tomates Obtenidos en Cada uno de los Tratamientos Evaluados					
Tratamientos	A00	A01	A02	Y..K	Y..K
AQ0	38.84	51.56	69.25	159.66	53.22
AQ1	60.03	84.06	81.12	225.22	75.07
AQ2	98.69	104.94	95.75	299.37	99.79
AQ3	88.97	99.00	77.00	264.97	88.32
Y.J.	286.53	339.56	323.12	949.22	-----
Y.J.	71.63	84.89	80.78	-----	-----

AQ = Niveles de fertilizante quimico
A0 = Niveles de bioabono

Para interpretar en mejor forma los datos obtenidos en el campo, toda la información se sometió a un análisis de varianza, cuyo resultado se muestra a continuación.

Además se hizo un ANDEVA asumiendo que era un diseño en bloques al azar, para buscar mayores diferencias entre tratamientos.

CUADRO 24 Tomate Análisis de Varianza para el Arreglo Factorial en Parcelas Divididas						
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	I
Bloques	2	1229.49	614.74	7.22 *	6.94	
AO	2	122.82	61.41	0.71 ns	6.94	
Error a	4	170.23	85.11			
Subtotal	8	1522.54	190.32			
AQ	3	1199.26	399.75	8.87 **	3.15	5.09
AOAQ	6	242.76	40.46	0.90 ns	3.15	5.09
Error	18	811.58	45.09			
Total	35	3776.14				

* Significativo
** Altamente Significativo
ns No significativo

V Factor de Variación
GL Grados de Libertad
SC Suma de Cuadrados
CM Cuadrado Medio
FC Calculado 0.05
FT Promedio 0.01

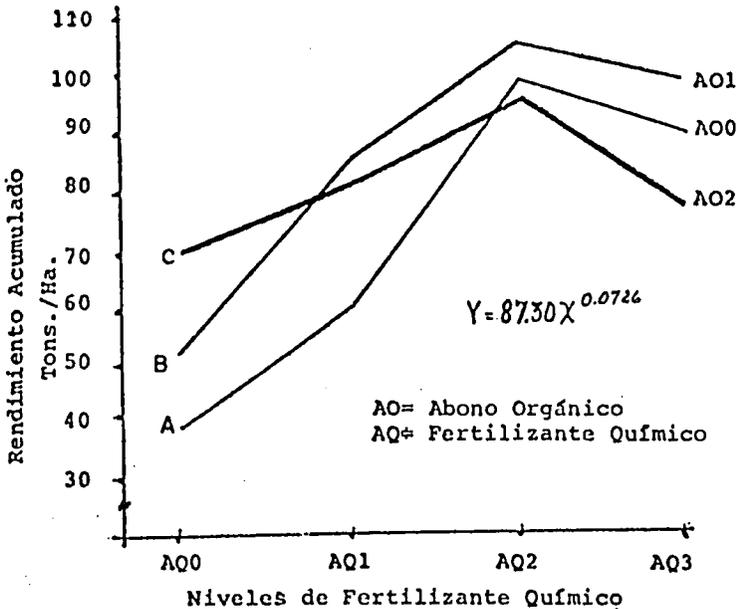
CUADRO 25 Cuadro de Resultados de Aplicación de Bioabono (AO) y Fertilizante Químico (AQ) en Tomate						
Bloques		AQ0	AQ1	AQ2	AQ3	
AQ0	B1	12.50	12.88	43.00	41.81	110.19
	B2	15.56	20.75	30.06	26.88	93.25
	B3	10.78	26.41	25.63	20.28	83.09
		38.84	60.03	98.69	88.97	286.53
AQ1	B1	26.63	27.44	47.19	50.56	151.81
	B2	14.44	32.06	32.38	31.63	110.50
	B3	10.50	24.56	25.38	16.81	77.25
		51.56	84.06	104.94	99.00	339.56
AO2	B1	30.63	36.19	46.50	31.06	144.38
	B2	19.75	25.75	29.81	28.50	103.81
	B3	18.88	19.19	19.44	17.44	74.94
		69.25	81.13	95.75	77.00	323.13
TOTAL		159.05	225.22	299.38	264.97	949.22

CUADRO 26 Análisis de Varianza para Diseño en Bloques al Azar, en Tomate						
F.T.	G.L.	S.C.	C.M.	FC	FT	I
Bloques	2	1240.23	620.11	14.05**	0.05	0.01
					3.44	5.72
Trafs	11	1564.62	142.24	3.22**	2.27	3.19
AO	2	122.85	61.42	1.39ns	3.44	5.72
AQ	3	1199.00	399.68	9.05**	3.05	4.82
AOAQ	6	242.77	40.46	0.92ns	2.55	3.76
ERROR	22	971.26	44.15			
TOTAL	35	3776.11				
** Altamente Significativo						

En el ANDEVA del arreglo en parcelas divididas, puede observarse que existe significancia entre bloques, lo cual nos indica que hubo un gradiente de variación en los resultados, pudiendo ser la pendiente el factor más importante.

Además puede notarse que en ambos ANDEVAS el abono orgánico (bioabono) no influyó significativamente en el rendimiento del cultivo; ni sólo, ni en interacción con el fertilizante químico. El rendimiento fue influenciado únicamente por el factor AQ, o sea los diferentes niveles de fertilizante químico los cuales sí manifestaron significancia entre los diferentes niveles.

Para hacer una mejor interpretación de la cantidad de producción, fue necesario hacer una serie de análisis de la información obtenida en el campo. Dicha información se presenta y se discute a continuación.



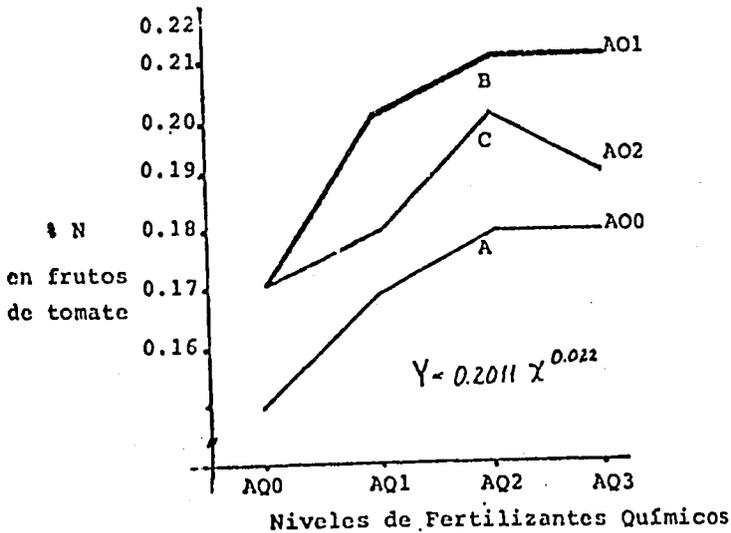
Gráfica 1 Variación del rendimiento acumulado de tomate en los 12 tratamientos evaluados durante su cultivo.

En esta gráfica puede observarse la variación que tuvo el rendimiento acumulado por las 3 repeticiones en cada uno de los 12 tratamientos. Cada curva indica el comportamiento de la producción de los 4 niveles de FQ aplicados y los 3 niveles de bioabono que se evaluaron.

En la Gráfica A se observa un incremento de la producción conforme se incrementaba el nivel de FQ, sin usar nada de AO; pero al duplicar la dosis ideal de FQ, la

producción disminuyó, posiblemente por el efecto adverso que causan las grandes cantidades de nutrientes en especial la urea (46-0-0) en sinergismo con condiciones del medio físico.

En las gráficas B y C se obtuvo un comportamiento similar al de la gráfica A, pero como puede notarse es en la gráfica B donde se obtuvo mayor rendimiento de tomate y correspondiente al tratamiento A01AQ2 donde se obtiene el más alto de todos. Dicho tratamiento es aquel en el que se aplica la dosis ideal (recomendada) de FQ complementada con en el que 10 ton. de bioabono/ha. En la gráfica C, aunque se usó el doble de la dosis de bioabono, no se logró superar el rendimiento, lo que puede deberse a que la cantidad más adecuada para el cultivo del tomate sea alrededor de 10 ton de bioabono/ha. O bien a que las condiciones de suelo y clima no permitieron al cultivo desarrollar su potencial adecuadamente.



Gráfica 2 Variación de la concentración de Nitrógeno total en frutos de tomate producidos con los 12 tratamientos evaluados.

Datos de laboratorio para Tomate

Presentación y discusión de la información obtenida en el laboratorio a partir de la cosecha de tomate. La cual sirvió como base para evaluar las variaciones de calidad nutritiva de los productos obtenidos.

La concentración de N en un producto es importante porque es el principal indicador del contenido proteínico de ese producto; y en este caso se encontró una asociación considerable entre la concentración de N de los tomates y

las cantidades de FQ aplicadas en combinación con las diferentes cantidades bioabono evaluadas.

Se observa una influencia del bioabono, sobre la concentración de N, pero aquí lo más notorio es la relación (N) y la dosis de FQ aplicada.

En la curva A se ve un incremento marcado del contenido de N en los productos conforme se incrementaba la cantidad de FQ, hasta llegar a la dosis ideal, luego la cantidad de N se mantuvo constante a pesar de que se aplicó el doble de FQ.

En la curva B (se aplicaron 10 ton de bioabono/Ha) se nota un efecto sinérgico entre el FQ y el bioabono; otra vez el contenido de N incrementó hasta la dosis ideal y se mantuvo constante cuando se duplicó la dosis ideal de FQ.

En la curva C se observa un comportamiento diferente a los anteriores; en este caso las diferentes dosis de FQ se complementaron con 20 ton de bioabono/Ha. Se evidencia un alza en la asimilación de N, conforme se incrementa la cantidad de FQ hasta llegar a la dosis ideal; después la concentración de N en el producto bajó, posiblemente por un efecto entre una alta dosis de FQ y una alta dosis de bioabono que impidieron la concentración de N en el fruto y promovieron la formación de un exuberante follaje.

En forma general, la concentración de Nitrógeno con respecto a los niveles de fertilizante químico, tuvo un comportamiento logarítmico, como lo muestra su ecuación; a esta ecuación corresponde un coeficiente de correlación de 0.961.

Hubo poca relación entre las concentraciones de P y K en los frutos del tomate y el tratamiento de fertilización. Los otros cultivos respondieron en forma similar: hubo una relación entre el nitrógeno en el producto y el FQ aplicado; y poca relación con respecto a P y K.

RESULTADOS CON CEBOLLA

En esta sección se presenta un resumen de los datos de campo obtenidos, y una interpretación de los resultados traducidos a toneladas de biomasa/ha. Para interpretar en mejor forma estos resultados de campo, se presenta un Análisis de Varianza, el cual será otra fuente de información.

CUADRO 27 Resultados de Campo Obtenidos en el Cultivo de Cebolla, con los 12 Tratamientos de fertilización					
Tratamientos	AQ0	AQ1	AQ2	Y..K	Y..K
AQ0	16.38	18.55	25.66	60.59	20.20
AQ1	21.88	26.88	27.99	76.75	25.58
AQ2	26.99	27.38	28.22	82.59	27.53
AQ3	27.84	28.98	28.50	85.32	28.44
Y.J.	93.09	101.79	110.37	305.25	-----
Y.J.	23.27	25.45	27.59	-----	-----

AQ = Niveles de fertilizante químico
A0 = Niveles de bioabono

CUADRO 28 Análisis de Varianza para el Arreglo Bifactorial de Parcelas Divididas, Cebolla					
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Bloques	2	107.80	53.90	11.44*	6.94-18
Factor (A0)	2	12.44	6.22	1.38	6.94-18.4
Error (a)	4	18.05	4.51		
Subtotal	8	138.30	17.29		
Factor (B)	3	40.88	13.63	49.02**	3.16-5.09
Interac (AB)	6	64.13	10.68	38.44**	2.65-4.01
Error (b)	18	5.01	0.28		
TOTAL	35	248.32			

El ANDEVA muestra que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes niveles de bioabono, o sea que todos los niveles de bioabono que se

utilizaron produjeron rendimientos "estadísticamente iguales", cuando actuaron por sí solos.

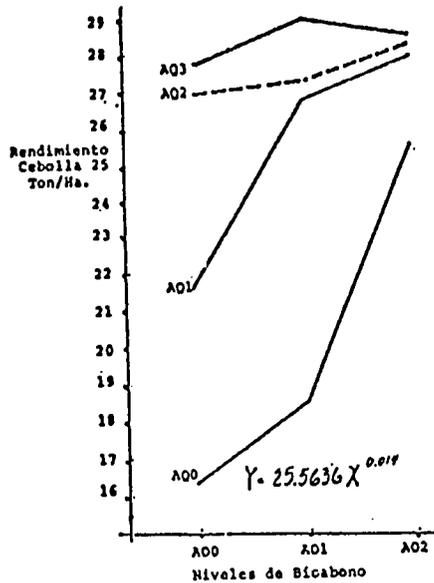
Los niveles de fertilizantes químicos si mostraron diferencia estadísticamente significativa actuando aisladamente, y en conjunto con bioabono.

Debido a las diferencias estadísticas manifestadas por la interacción de bioabono-fertilizante químico, a continuación se presenta una comparación múltiple de medias por medio del Método de la Prueba de Tukey, la cual indicará los mejores tratamientos entre los evaluados.

CUADRO 29 Prueba de Tukey al 5% de Significancia para la Interacción AB		
Interacción	ton/ha	Regla de Decisión
A01AQ3	9.66	a
A02AQ3	9.50	a b
A02AQ2	9.41	a b
A02AQ1	9.33	a b
A02AQ3	9.28	a b
A01AQ2	9.13	a b c
A00AQ2	8.99	b c
A01AQ1	8.96	b c
A02AQ0	8.55	c
A00AQ1	7.29	d
A01AQ0	6.18	e
A00AQ0	5.46	f

Del cuadro anterior se deduce que las medias obtenidas de las interacciones A01AQ3, A02AQ3, A02AQ2, A02AQ1, A00AQ3 y A01AQ2, estadísticamente y con un 5% de significancia son iguales. Son los tratamientos que arrojaron mejores resultados en este experimento. Se nota que el tratamiento solamente con la dosis de fertilizante químico recomendado, sin complemento de bioabono (A00AQ2) es igual estadísticamente a todas las aplicaciones de la dosis recomendada más bioabono.

Se considera que los rendimientos obtenidos, en forma general, son relativamente bajos debido a la influencia de condiciones adversas a que estuvo sometido el experimento.



Gráfica 3 Variación del Rendimiento del cultivo de cebolla en los 12 tratamientos evaluados.

CUADRO 30 Cebolla, Datos de Campo, Detalle de los Resultados Obtenidos a Nivel de Campo con la Aplicación de los Tratamientos		I	II	III	Y. jk	Y. jk
		-----	-----	-----	-----	-----
A00	AQ0	6.91	7.20	2.27	16.38	5.46
	AQ1	10.42	8.05	3.41	21.88	7.29
	AQ2	8.71	12.22	6.06	26.99	8.99
	AQ3	<u>8.71</u>	<u>13.35</u>	<u>5.78</u>	<u>27.84</u>	<u>9.28</u>
Total par.grande		34.75	40.82	17.52	93.09	
A01	AQ0	7.10	8.24	3.22	18.56	6.18
	AQ1	10.60	10.13	6.15	26.88	8.96
	AQ2	7.58	10.61	9.19	27.38	9.13
	AQ3	<u>6.16</u>	<u>12.03</u>	<u>10.79</u>	<u>28.98</u>	<u>9.66</u>
Total par.grande		31.44	41.01	29.34	101.79	
A02	AQ0	9.85	9.85	5.96	25.66	8.55
	AQ1	8.71	11.70	7.58	27.99	9.33
	AQ2	7.01	12.59	8.62	28.22	9.41
	AQ3	<u>6.16</u>	<u>12.03</u>	<u>10.79</u>	<u>28.98</u>	<u>9.50</u>
Total Par.grande		<u>34.47</u>	<u>45.88</u>	<u>30.02</u>	<u>110.37</u>	
Total bloques		100.66	127.71	76.88	305.70	

CUADRO 31 Análisis de Varianza para Diseño en Bloques al Azar, en Cebolla

F.V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	F.C.	F.T.
Bloques	2	98.72	49.36	11.48 **	3.44	5.72
Trats	11	65.14	5.92	1.38 ns	2.27	3.19
AO	2	12.98	6.49	0.66 ns	3.44	5.72
Q	3	41.83	13.94	3.24*	3.05	4.82
AOAQ	6	10.33	1.72	0.40	2.55	3.76
Error	22	94.59	4.30			
TOTAL	35	258.45				

* Significativo
 ** Altamente Significativo
 ns No significativo

RESULTADOS CON REPOLLO

En esta sección se encuentra un resumen del rendimiento de campo, en toneladas de biomasa/hectárea, de todos los tratamientos evaluados.

CUADRO 32 Rendimiento Promedio del Cultivo de Repollo en los 12 Tratamientos que se Evaluaron (Ton. de Biomasa/ha)

Tratamientos	AQ0	AQ1	AQ2	Y..K	Y..K
AQ0	159.95	165.74	184.26	509.95	169.98
AQ1	206.25	208.80	213.42	628.47	209.49
AQ2	240.05	250.69	231.95	722.69	240.90
AQ3	259.03	278.24	305.09	842.36	280.79
Y.J.	865.28	903.47	935.73	2703.00	-----
Y.J.	216.32	225.87	233.68	-----	-----

 AQ = Fertilizante químico
 AO = Bioabono

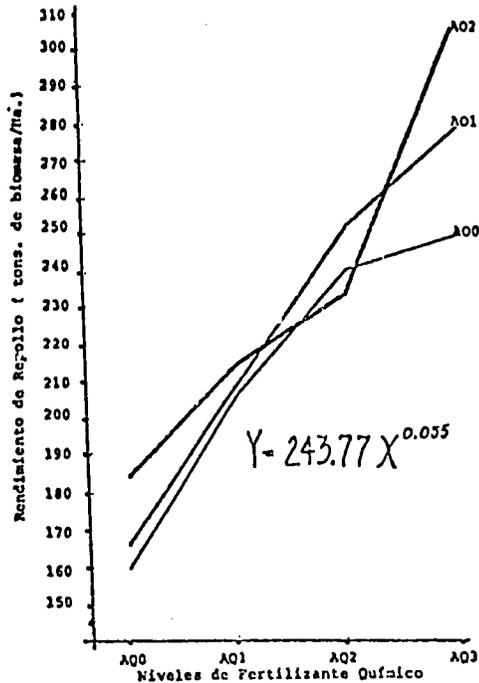
Para interpretar en mejor forma los datos obtenidos en el campo, todos los rendimientos fueron sometidos a un análisis de varianza, cuyo resumen se presenta a continuación.

CUADRO 33 ANDEVA, para los Rendimientos en Peso Manifestado por el Cultivo del Repollo (Ton/Ha.)					
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
----	----	-----	-----	-----	-----
Bloques	2	3097.158	1548.58	7.55*	6.94
Factor A (AO)	2	199.338	99.67	0.45 ns	6.94
Error (a)	4	820.512	205.13	-----	-----
Subtotal	8	4117.008	-----	-----	-----
Factor (B)	3	6631.779	2210.59	13.9*	3.16
Interac (AB)	6	332.809	55.47	0.35 ns	2.66
Error (b)	18	2662.09	155.10	-----	-----
TOTAL	35	13943.69	-----	-----	-----

La información de campo también fue sometida a un ANDEVA para diseño de bloques al azar, para buscar mayor diferencia entre tratamientos.

Según el cuadro de ANDEVA, no se presenta ninguna diferencia estadística entre los niveles de bioabono que se aplicaron (ni siquiera al 5%); lo que implica que el bioabono no afectó significativamente los rendimientos en el cultivo de repollo. Mientras que en el caso de los niveles de fertilizante químico (factor B), el ANDEVA indica que se presentaron diferencias significativas entre los diferentes niveles que se evaluaron.

No se evidenció estadísticamente ninguna interacción entre los niveles de fertilizante químico y de bioabono.



Gráfica 4 Variación del rendimiento del cultivo del Repollo en los 12 tratamientos de fertilizantes evaluados.

Aquí puede notarse que el rendimiento estuvo directamente influenciado por el fertilizante químico. Se incrementó el rendimiento al incrementar los niveles de fertilizante químico, dándose los más altos rendimientos (305.09 ton/Ha) cuando se aplicó la doble dosis (AQ3) y 20 ton de bioabono/Ha; los más bajos rendimientos se obtuvieron (159.95) cuando no se aplicó nada de fertilizantes químicos (AQ0) y nada de bioabono. La razón de estos resultados es que al aplicar la doble dosis de F.Q. y el bioabono, se produjo un crecimiento del follaje; y fue eso lo que se cuantificó para emitir los resultados.

La curva promedio de rendimiento tuvo un comportamiento logarítmico con un coeficiente de correlación de 0.907.

CUADRO 34 Repollo, Datos de Campo, Detalle de los Resultados Obtenidos a Nivel de Campo Mediante la Aplicación de los Tratamientos

	I	II	III	Y.ik
	-----	-----	-----	-----
AQO	61.11	64.12	34.72	159.95
AQ1	92.36	53.70	60.19	206.25
AOO AQ2	96.07	65.97	78.01	240.02
AQ3	<u>86.11</u>	<u>91.20</u>	<u>81.71</u>	<u>259.03</u>
Total par.grande	335.65	275.01	254.63	865.28
AQO	64.82	68.29	32.64	165.74
AQ1	81.25	75.46	52.08	208.80
AO1 AQ2	75.46	107.87	67.36	250.69
AQ3	<u>117.13</u>	<u>90.28</u>	<u>70.83</u>	<u>278.24</u>
Total par.grande	338.66	341.90	222.92	903.47
AQO	78.70	52.32	53.24	184.26
AQ1	69.91	75.46	52.08	213.43
AQ2 AQ2	78.01	86.34	67.60	231.95
AQ3	<u>127.32</u>	<u>87.04</u>	<u>90.74</u>	<u>305.09</u>
Total Par.grande	<u>353.94</u>	<u>301.16</u>	<u>279.63</u>	<u>934.73</u>
Total bloques	1028.24	918.06	757.18	2703.47

CUADRO 35 Análisis de Varianza para Diseño en Bloques al Azar en Repollo

FV	GL	SC	CM	FC
Bloques	2	3097.15	1548.59	9.25
Trat.	11	7163.92	651.26	3.89
AO	2	201.64	100.82	0.60
AQ	3	6631.77	2210.59	13.21
AOAQ	6	330.51	55.08	0.33
Error	<u>22</u>	<u>3682.62</u>	167.39	
TOTAL	35	13943.69		

ANEXO A-4 Composición química proximal de las raciones
experimentales con efluente bovino

Composición química		Raciones			
		0	10	20	30
Humedad	(%)	11.89	9.42	9.61	7.37
Grasa	(%)	1.40	1.63	1.30	1.23
Proteína (Nx6.25)	(%)	16.18	16.74	16.86	15.56
Fibra cruda	(%)	15.74	15.23	17.04	16.63
Cenizas	(%)	9.20	11.42	14.12	17.13
Carbohidratos	(%)	45.59	45.56	41.07	42.08
Nitrógeno tota		12.74	2.72	2.84	2.53
Calcio (CaO)	(%)	0.91	1.70	0.83	3.65
Fósforo (P2O5)	(%)	0.81	0.71	0.54	0.39
Potasio (K2O)	(%)	0.90	0.69	0.62	0.53
DIVMS	(%)	31.52	24.16	16.95	14.17
DIVMO	(%)	32.17	32.61	28.71	27.07
Sólidos solubles	(%)	38.65	35.41	33.91	32.65

DIVMS = Digestibilidad de la materia seca

DIVMO = Digestibilidad de la materia orgánica

Determinaciones en duplicado

Método: AOAC (14th Ed).

Resultados: Utilización del bióabono como alimento animal

ANEXO A-5 Lista de informes técnicos y otras publicaciones del ICAITI correspondientes al Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía.

1) PUBLICACIONES EN EL PERIODO 1980-1987

Título	Año	Precio (US\$)
Leña y Fuentes Alternas de Energía: Estudios sobre leyes y políticas en América Central	1983	3.00
Manual de Construcción y Operación. Planta de biogás	1983	2.00
Manual de Construcción y Operación. Planta económica de biogás	1983	2.00
Biogás: Información general	1983	2.00
Informe Técnico de Biogás. Ensayos de sustrato)	1984	2.00
Aplicaciones de Biogás y Bioabono	1985	2.00
Digestor para biogás. Construcción Convencional (Hoja de datos técnicos)	1984	0.50
Digestor para biogás. Construcción de bajo costo (Hoja de datos técnicos)	1985	0.50
Estufas domésticas: Pruebas de Eficiencia Energética	1984	3.00
Estudio sobre la introducción y adopción de estufas de leña en cinco comunidades de Guatemala	1983	3.00*
Manual de Construcción y Operación Estufa Chulah	1983	2.00*
Manual de Construcción y Operación Estufa Lorena	1983	2.00
Estufa de Cerámica. Manual de construcción y operación	1985	2.00

* Publicación agotada; disponible solamente en fotocopia

Publicaciones en el período 1980-1987 (Cont.)

Título	Año	Precio (US\$)
Manual para estufas de uso colectivo. Construcción y Operación	1984	2.00
Producción de panela, con bagazo de caña	1987	2.00
Informe del desarrollo de una estufa de cerámica	1985	2.00
Colector solar plano. Manual para la fabricación	1986	2.00
Aplicaciones de energía solar	1983	3.00
Secado solar de granos.	1985	3.00
Secadores solares Carpa y Wengert Construcción-uso-mantenimiento	1985	2.00
Secado de madera	1986	2.00
Conservación de productos marinos	1985	2.00

2. INFORMES FINALES, DISPONIBLES A PARTIR DE 1988

Título	Precio (US\$)*
Aprovechamiento energético de biogás	3.00
Digestor para biogás, construcción convencional	4.00
Digestor para biogás, construcción de bajo costo	3.00
Digestores especiales para biogás	3.00
Aprovechamiento de efluentes de biodigestores	4.00
Horno de leña para cal	2.00
Horno de leña para producción de sal	2.00
Estufas domésticas mejoradas: cerámica prefabricada	4.00
Estufas industriales de leña	3.00
Estufas domésticas mejoradas: Lorena y similares	3.00
Hornilla para panela	3.00
Hornos de leña para pan	4.00
Hornos para ladrillos	3.00
Hornos para carbón vegetal	6.00
Gasificador de biomasa	3.00
Uso de energía solar y biogás para pasteurizar leche	3.00
Pequeño secador para piña (Solar-combustión)	3.00

* Abril, 1989

Publicaciones disponibles en 1988 (Cont.)

Título	Precio (US\$)*
Secador para cacao y granos Solar-combustión	2.00
Secado de madera aserrada. Solar-combustión	4.00
Calentador solar para agua	5.00
Salinas solares	3.00
Secamiento solar de pescado	4.00
Curado solar de cebolla	3.00
Secado solar de leña y bagazo de caña	3.00
Secadores solares para fruta	5.00

* Abril, 1989