

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

Departamento de Suelos



**“ Efecto de la Aplicación del Bioabono en el Desarrollo
y Rendimiento del Cultivo del Tomate**

(Lycopersicon esculentum M.)

TRABAJO DE GRADUACION

PRESENTADO POR:

Quirino Argueta Portillo

PREVIA OPCION AL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

Diciembre de 1988

SAN SALVADOR,

EL SALVADOR,

CENTROAMERICA

T-UES
1304
A 694
1 988

131001



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Lic. LUIS ARGUETA ANTILLON
RECTOR

ING. RENE MAURICIO MEJIA MENDEZ
SECRETARIO GENERAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

ING. Agr. HECTOR ARMANDO MARROQUIN AREVALO
DECANO

ING. Agr. JOSE ALBERTO ULLOA
SECRETARIO

Tesis
A686

E. 2 - 603

DEPARTAMENTO DE SUELOS

JEFE DE DEPARTAMENTO : ING. AGR. JOSE MIGUEL TABLAS DUBON.

ASESORES : ING. AGR. GLADYS AGUIRRE VIGIL,
ING. AGR. JOSE ROBERTO SALAZAR MAZA.

JURADO CALIFICADOR

ING. AGR. JULIA AMALIA NUILA DE MEJIA

ING. AGR. FELIPE DE JESUS CHINCHILLA

ING. AGR. ROBERTO CALDERON

Administración Académica Fac. de C. A. G. / Ene 1989

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico especialmente a:

MIS PADRES

Magdaleno Argueta (Q.D.D.G.)

María Nicolasa Portillo de Argueta

MI ESPOSA

Berta Lilian Jacinto de Argueta.

MIS HIJOS

Silvia Lorena, David Ernesto y José Alfredo Argueta Jacinto.

MIS HERMANOS

Buenaventura, José Vicente y Pedro Alfonso Argueta Portillo.

MI CUÑADA

María Teresa Portillo de Argueta.

A TODOS MIS Profesores y Amigos, que en una u otra forma me orientaron y me apoyaron para culminar mi carrera.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

El Autor desea expresar su agradecimiento a las Autoridades de la Escuela Nacional de Agricultura "Roberto Quiñónez" (ENA), por los materiales y equipo facilitados para el desarrollo del presente trabajo.

A los Ingenieros Gladys Aguirre Vigil y José Roberto Salazar Maza, por su colaboración y Asesoría.

A los señores del Jurado por su pronta y valiosa colaboración.

Al personal del Departamento de Suelos y Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA), por su valiosa y desinteresada colaboración.

A mis hermanos, especialmente al Agr. Buenaventura Argueta Portillo, por su valioso apoyo al desarrollo de mi formación profesional; lo mismo a mi cuñada María Teresa Portillo de Argueta. A mi esposa por el trabajo mecanográfico.

A todas aquellas personas que de una u otra forma, contribuyeron a la realización del presente trabajo.

INDICE

	<u>Pág.</u>
I. INTRODUCCION ✓	1
II. ANTECEDENTES ✓	3
III. REVISION DE LITERATURA ✓	6
A. Efectos del bioabono y materia orgánica en las características del suelo.	6
B. Propiedades del bioabono.	8
C. Propiedades de la materia orgánica.	13
D. Trabajos realizados	14
IV. MATERIALES Y METODOS ✓	17
A. Características del lugar	17
B. Fase operativa del proyecto	18
V. RESULTADOS EXPERIMENTALES	28
A. Altura promedio de plantas, número promedio de racimos y número promedio de frutos formados por planta.	28
B. Número total de frutos y rendimiento de tomate en kg por parcela útil	28
C. Número de frutos de primera, segunda y tercera clase por parcela útil	29
D. Calidad de frutos en base a la acidez y densidad aparente	31
E. Análisis químico del suelo antes y después del ciclo del cultivo	32
VI. DISCUSION ??	33
VII. CONCLUSIONES	36
VIII. RECOMENDACIONES	37
IX. BIBLIOGRAFIA	38
X. ANEXOS	40

INDICE DE CUADROS

	<u>Pág.</u>
Cuadro 1 Relaciones de volúmenes de digestores, agua, estiércol, número de animales para operar y volúmenes diarios obtenidos de efluente en digestores.	11
Cuadro 2 Materias primas utilizadas en la producción de biogás, bioabono y años de experiencia en América Latina.	13
Cuadro 3 Variaciones de temperatura, humedad relativa, precipitación, horas luz, nubosidad y velocidad del viento durante el desarrollo del experimento. ENA. Oct. 1986 a marzo 1987.	17
Cuadro 4 Composición química del bioabono líquido, determinado por el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA. Nov. 1986.	20
Cuadro 5 Niveles de bioabono en estudio y sus respectivas equivalencias de aplicación. ENA. 1986.	22
Cuadro 6 Resultados del efecto de la aplicación de bioabono en la acidez y densidad aparente en frutos de cultivo de tomate variedad Santa Cruz Kada. ENA enero 1987.	31
Cuadro 1A Resultados del efecto de la aplicación de bioabono por covarianza, para altura promedio de plantas de tomate en cm. ENA Feb. 1987.	41
Cuadro 2A Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para promedio de racimos florales por planta. ENA. feb. 1987	42
Cuadro 3A Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para promedio de frutos formados por planta. ENA. feb. 1987.	43

Cont. Indice Cuadros

Pág.

Cuadro 4A	Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para número total de frutos/parcela útil de 4 m ² . ENA. feb. 1987	44
Cuadro 5A	Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para rendimiento de tomate en kg/parcela útil de 4 m ² . ENA. feb. 1987.	45
Cuadro 6A	Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para frutos de primera clase/parcela útil de 4 m ² . ENA, feb. 1987	46
Cuadro 7A	Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para frutos de segunda clase/parcela útil de 4 m ² . ENA, feb. 1987	47
Cuadro 8A	Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para frutos de tercera clase /parcela útil de 4 m ² . ENA, feb. 1987.	48
Cuadro 9A	Análisis comparativo de las diferentes variables de los tratamientos con bioabono en relación al testigo absoluto (100%) y al tratamiento con fertilizante químico.	49
Cuadro 10A	Resultados del análisis de suelo en el área de investigación con bioabono y fertilizante químico. ENA, octubre 1986 a marzo 1987.	50

INDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Fig. 1 Plano de distribución de tratamientos en el campo, en la investigación de bioabono y fertilizante químico en el cultivo de tomate. ENA, octubre 1986 a marzo de 1987.	23
Fig. 2 Plano de Parcela útil de 4 m ² en el Ensayo de Aplicación de bioabono y fertilizante químico en el cultivo de tomate.	24
Fig. 3 Análisis comparativo de las respuestas de los tratamientos con bioabono en relación al Testigo absoluto (100%) y al tratamiento con fertilizante químico, tomando como base el rendimiento por parcela útil.	31

RESUMEN

El trabajo se inició en octubre de 1986 y finalizó en marzo de 1987, se hizo en condiciones de campo en la Unidad de Ganado de Carne de la Escuela Nacional de Agricultura "Roberto Quiñónez" (ENA), San Andrés, Departamento de La Libertad; la cual está a una elevación de 460 msnm, se utilizó como planta indicadora tomate variedad Santa Cruz Kada; se sembró en un suelo franco arenoso. El bioabono se obtuvo de los digestores instalados en la misma Unidad. Se utilizó el diseño de bloques al azar con 3 repeticiones, los tratamientos en estudio fueron: 40, 80 y 120 m³/ha de bioabono, 109 kg de N/ha y el Testigo absoluto.

Considerando que en el país es urgente y necesario la introducción de técnicas apropiadas que ayuden a mejorar los suelos y a la vez incrementar la producción de los cultivos a un bajo costo, se considera necesario evaluar el efecto de diferentes niveles de bioabono comparado con la aplicación recomendada de fertilizantes químicos en el desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate, y lograr un mejor aprovechamiento de los subproductos de origen animal; y así evitar la contaminación ambiental por la descomposición aeróbica de los desechos orgánicos.

La evaluación de los tratamientos se realizó considerando la altura de plantas, número promedio de racimos florales,

número promedio de frutos por plantas, para estas variables el análisis estadístico demostró que los tratamientos no produjeron efectos significativos; en cambio para la variable rendimiento de tomate por parcela útil, se demostró que las aplicaciones de bioabono con 80 y 120 m³/ha superaron los rendimientos en relación a la fertilización química. Por otro lado el análisis químico del suelo, después del ensayo demostró que las condiciones del suelo mejoraron con la aplicación de este compuesto orgánico.

I. INTRODUCCION

El Salvador es un país eminentemente agrícola, con una extensión territorial reducida, alto índice demográfico, bajos recursos económicos disponibles y con suelos que sufren una degradación continua por efecto de la erosión e intenso laboreo; debido a esta última situación ha sido necesario incrementar la importación de fertilizantes químicos para cubrir la demanda interna de las áreas dedicadas a la siembra de cultivos. En el período de 1986-87, se importaron aproximadamente 238,483 toneladas métricas de fertilizantes químicos simples y compuestos, por un valor de ¢ 177,256,015 (12); por esta razón es necesario la búsqueda de técnicas que ayuden a mejorar la fertilidad de los suelos e incrementar la producción de los cultivos a un bajo costo; siendo una buena alternativa el uso de abonos orgánicos.

Estudios realizados han demostrado que entre el grupo de abonos orgánicos, los de mejor calidad están los residuos orgánicos de origen animal, los cuales se obtienen en forma sencilla por digestión anaeróbica, para ser aplicados al suelo en forma líquida; con los cuales se ha logrado mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, permitiendo una recuperación continua de los nutrientes de éste, mejores rendimientos de los cultivos por unidad de área, disminución de la contaminación del medio ambiente, mejora los

aspectos higiénicos y ecológicos del campo (3, 5, 13 y 14); razón por la cual se consideró importante evaluar los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de diferentes niveles de bioabono * comparado con la aplicación recomendada de fertilizantes químicos en el desarrollo y rendimiento del cultivo del tomate.
- Lograr un mejor aprovechamiento de los subproductos de origen animal y evitar la contaminación ambiental por la descomposición aeróbica de los desechos orgánicos.

* Bioabono: Es el producto final de la fermentación anaeróbica que proviene de los desechos orgánicos con que se alimenta un digestor.

II. ANTECEDENTES

De 1960 a 1984 la tecnología salvadoreña del biogás* y bioabono, se basa en la utilización integral y eficiente de los desechos agropecuarios, con la finalidad de recuperar energía en forma de gas combustible y los nutrientes que en ellos se encuentran como abonos orgánicos. En el Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA), se evaluó el subproducto producido por digestión anaeróbica del estiércol bovino, con el propósito de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (3, 17).

En 1981 se realizaron trabajos preliminares de aplicación de bioabono en tres suelos de diferentes textura: arenosa, franca y arcillosa, (realizado a nivel de invernadero) y aplicando diferentes dosis de bioabono. La dosis mínima fue de $3.2 \text{ m}^3/\text{ha}$, y la mayor de $100 \text{ m}^3/\text{ha}$; se utilizó como planta indicadora maíz H-3; se encontró que en los tres suelos hubo respuesta significativa en la cantidad de materia vegetativa fresca, teniendo una tendencia lineal y los mejores resultados se obtuvieron con la mayor aplicación de bioabono. En el suelo de textura franca se observó que este tratamiento superó en 11.8 gramos al Testigo en la producción de materia ve

* Biogás: es un gas combustible que se produce a partir de la fermentación anaeróbica de los desechos orgánicos, en forma natural y espontánea.

getativa fresca; el suelo de textura arcillosa, en 6.0 gramos y en el suelo de textura arenosa en 3.2 gramos (16).

En otra investigación bajo condiciones de invernadero, utilizando los mismos tipos de suelo y maíz H-9 como planta indicadora, se estudió el efecto de la fertilización orgánica a base de bioabono en dosis de 100 y 400 m³/ha, y se comparó con la fertilización química que también se estudió a 100 y 400 kg/ha.

Los resultados se evaluaron en base a la producción de materia fresca y seca, encontrándose diferencias altamente significativas para los tres tipos de suelos; se observó además que el bioabono y el fertilizante químico actuaron independientemente en los tres suelos, teniendo una tendencia lineal. Los mejores rendimientos se obtuvieron con la mayor cantidad de bioabono (400 m³/ha). Se observó que en el suelo de textura arenosa el contenido de materia seca se incrementó en 14.6 mg/cm³; en el suelo arcillo en 24.0 mg/cm³ y en el suelo franco en 19.6 mg/cm³ en relación a la fertilización química.

En 1984 se investigó el efecto del bioabono en el rendimiento de grano y biomasa producida en el cultivo del maíz, variedad H-9; los niveles de aplicación de bioabono utilizados fueron de 100, 200 y 300 m³/ha, aplicándolo antes de cada ciclo de siembra (15 a 30 días); el cual fue manejado con labranza mínima en un suelo franco arenoso.

Los resultados obtenidos fueron comparados con fertili-

zante químico (Sulfato de Amonio, a razón de 103 kg de N/ha).

Las aplicaciones de bioabono en todos los niveles incrementó el rendimiento de grano y biomasa producida, obteniéndose mayor rendimiento con 300 m³ de bioabono/ha.

Después de cada cosecha se analizó el suelo encontrándose en el último ciclo de siembra (1987), que las parcelas donde se aplicaron 300 m³/ha de bioabono se incrementó el contenido de potasio, calcio, magnesio, zinc, manganeso y materia orgánica; observándose por otra parte que la acidez del suelo disminuyó, el hierro y boro. En las parcelas donde se aplicó fertilizante químico se incrementó el contenido de potasio y zinc, observándose una disminución de la materia orgánica (6).

III. REVISION DE LITERATURA

A. Efectos del Bioabono y materia orgánica en las características del suelo

a) Características físicas.

Se ha demostrado que con la aplicación de bioabono al suelo, éste mejora sus características físicas, ya que se obtiene una mayor adherencia de las partículas del suelo, con lo cual se logra una formación ordenada de micro y macro poros y por consiguiente, mejora las condiciones de aireación y circulación de agua en el suelo, disminuye la densidad aparente del suelo, aumenta la disponibilidad de agua para la planta. Esto quedó demostrado en un ensayo donde se evaluó la producción de arroz de secano (13).

De 1985 a 1986 se evaluaron los efectos de aplicación del bioabono en las características físicas del suelo. Se ha demostrado que los cambios físicos que el bioabono provoca al suelo son:

- 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.
- En suelos muy pesados se mezcla con las arcillas para producir suelos porosos y bien drenados.

- Disminuye las pérdidas de suelo causada principalmente por la acción del agua y viento.
- Evita las pérdidas por lixiviación de nutrientes minerales (aportados por fertilizantes químicos).
- Cambia el color original de la tierra a colores más oscuros que absorben mayor cantidad de energía radiante proveniente del sol (8).

b) Características químicas.

Se ha comprobado que cada m^3 de bioabono bovino líquido (90% de agua) aplicado en el suelo contiene aproximadamente de 1 a 2 kg de nitrógeno (N); 1.5 a 3 kg de fósforo (P_2O_5); y de 2 a 4 kg de Potasio (K_2O); por lo tanto es difícil saber la composición exacta de bioabono, porque ella depende de la fuente de origen y concentración del material adicional (residuos vegetales), compuestos químicos que se utilizan para acelerar la fermentación; generalmente su aplicación reduce la acidez del suelo, que se atribuye a la capacidad de retención de bases, debido a la formación de complejos orgánicos.

Los abonos orgánicos son fuentes de cargas negativas que retienen elementos de cargas positivas como el calcio, magnesio y potasio principalmente, y con lo que mejora la disponibilidad de nutrientes por la planta (13).

Se ha demostrado que los cambios químicos que produce la adición de bioabono en los suelos son:

- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Causa un efecto tampón (buffer) en pH del suelo.
- Aporta micronutrientes y macronutrientes para el consumo de la planta.

El bioabono aplicado en suelos que han perdido sus características originales (fertilidad, porosidad, etc) hace que sean recuperados y contribuyen a que no sufran un progreso deterioro, aunque sean explotados intensivamente (8).

B. Propiedades del Bioabono

Este compuesto se obtiene de digestores como un residuo semisólido llamado también efluente* que de acuerdo a su composición química es muy apropiado para fertilizar suelos agrícolas, por lo que resulta muy conveniente construir digestores a bajo costo en fincas lecheras, instalaciones ganaderas, granjas agrícolas y criaderos de cerdos, siempre y cuando el número de animales sea suficiente para producir la cantidad necesaria de estiércol, con ello se logra un doble propósito: disponer de desechos que son normalmente molestos y de difícil manejo, producir combustible y abono orgánico a bajo costo.

Se ha determinado que el bioabono entra en la categoría

* Efluente: Líquido residual de una planta de biogás en tratamiento.

de abonos orgánicos de buena calidad, su apariencia negra y viscosa puede dar la idea de que no es un producto bueno para la nutrición de las plantas, pero en realidad es todo lo contrario, ya que es totalmente inofensivo y les da vigor y potencia suficiente para soportar condiciones adversas como sequías, ataque de plagas y enfermedades, etc.

Se considera un abono excelente para el desarrollo y rendimiento de los cultivos por tener todos los nutrientes necesarios que éstos requieren.

*El bioabono se ha determinado que puede sustituir parcial o totalmente el fertilizante químico (8).

Se ha demostrado que un Digestor* de 15 m³ produce anualmente 180,000 kilos de abono en estado líquido. Análisis realizado en este tipo de abono se han determinado que volúmenes de 0.480 m³ de bioabono obtenido diariamente se pueden lograr anualmente 360, 155 y 612 kilos de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente. Estas cantidades de elementos se puede obtener con una disponibilidad de 25 a 30 cabezas de ganado vacuno (9, 10).

En 1985 se realizaron evaluaciones de las producciones diarias de bioabono, en una planta de biogás con capacidad de 15 m³, el cual fue cargado diariamente con 0.450 m³ de estiércol bovino; el bioabono obtenido se le hizo análisis en el Laboratorio de Química Agrícola (CENTA), para conocer los ele

* Digestor: Tanque hermético donde se lleva a cabo la digestión anaeróbica.

mentos presentes y realizar sus respectivas conversiones a fertilizantes químicos comerciales:

- Nitrógeno: 0.48 kg/día, equivalente a 175 kg de N/año, que reducido a volumen de fertilizante químico comercial es igual a 834.29 kg de sulfato de amonio.
- Fósforo: 0.19 kg/día equivalente a 69.35 kg de P/año, 158.85 kg P_2O_5 /año, que reducido a volumen de fertilizante químico comercial es igual a 794 kg de Superfosfato simple.
- Potasio: 0.28 kg/día equivalente a 102.20 kg de K/año, 123.15 kg K_2O /año que reducido a volumen de fertilizante químico comercial es igual a 205.25 kg de Muriato de potasio.

De acuerdo a estos resultados obtenidos anualmente, se consideró que producir biogás y bioabono constituye una solución a los problemas energéticos y de recuperación de los nutrientes de los suelos degradados por efectos de erosión e intenso laboreo en las zonas rurales (4).

* Los fertilizantes químicos suministran sus nutrientes a la planta en forma rápida; mientras que el bioabono lo hace en forma lenta pero continua a través del desarrollo de la planta; lo que indica que el bioabono libera solamente un tercio de su potencial nutritivo en un período de 100 días; de esto resulta que para suplir la demanda de nutrientes de un cultivo es necesario aplicar el triple de las cantidades teóricamente necesarias (7, 8).

Un análisis completo de bioabono de estiércol bovino demuestra que sus elementos y sus correspondientes cantidades fueron:

<u>Componentes</u>	<u>Cantidad (%)</u>
Sólidos totales	6.5
Humedad	93.5
Nitrógeno	2.6
Fósforo	1.5
Potasio	1.0
Otros microelementos	1.4 (10,11).

Estudios realizados sobre la producción de bioabono han determinado la producción diaria de éste, considerando la relación entre el volumen de digestor, agua, la clase y número de animales a necesitar, basados en 30 días de período de retención.

Las relaciones entre dichas variables se especifican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Relaciones de volúmenes de digestores, agua, estiércol, número de animales para operar y volúmenes diarios obtenidos de efluente en digestores.

Volumen de di- gestor (m ³)	Volumen diario agua (lt)	Volumen diario estiér col (lt)	Número de animales		
			Ganado Vacuno	Ganado Porcino	Aves de corral
3	45	45	3-5	6- 8	900-1000
4	60	60	5-7	8-10	1200-1400
5	75	75	7-9	10-12	1500-1700
6	90	90	9-11	12-14	1800-2000
7	105	105	11-13	14-16	2100-2300
8	120	120	13-15	16-18	2400-2600
9	135	135	15-17	18-20	2700-2900
10	160	160	17-20	20-25	3000-3500
15	240	240	25-30	30-35	4500-5000

Para el caso del Estiércol Bovino, el volumen diario en m³ de Bioabono obtenido fueron:

Volu- men del diges.	3	4	5	6	7	8	9	10	15
Volu- men diario bioabo no en m3.	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.32	0.48

Estas relaciones fueron hechas para ganado vacuno semi-estabulado de 300 kg de peso, ganado porcino de 100 kg de peso y aves de corral de 2 kg de peso (11).

Datos estadísticos demuestran que la producción de bioabono está siendo muy fomentada a nivel de latinoamérica, ya que las bondades que esta técnica ofrece, radican principalmente en la conservación del medio ambiente, cumpliendo un rol muy importante en la tecnología y reciclaje de materiales orgánicos al suelo, incrementándose de esta manera la producción de alimentos de origen vegetal, permite una mejor conservación de los suelos y mejora la productividad de los cultivos por unidad de área en suelos erosionados.

Entre las materias primas de mayor uso en América Latina, para la producción de este compuesto orgánico, se mencionan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Materias primas utilizadas en la producción de biogás, bioabono y años de experiencia en América Latina.

Materias primas	%	Años de experiencia	Número de países que han investigado
(1) Estiércoles	96.7	5	
Vacuno	67.69	5	12
Porcino	27.08	3	10
Aves	0.97	2	7
Equinos	0.73	3	2
Ovocaprino	0.24	2	3
(2) Desechos Vegetales	3.0	3	
Trigo	1.4	3	2
Maíz	0.8	3	2
Arroz	0.5	3	1
Caña de azúcar	0.1	3	1
Pastos	0.2	2	6
(3) Desechos industriales	0.3	3	
Vinazas	0.15	3	1
Mataderos	0.15	2	1

Puede notarse que el bioabono de estiércoles es el más utilizado en América Latina (14).

C. Propiedades de la Materia Orgánica

Estudios realizados han demostrado que la materia orgánica es producto de la descomposición de los residuos de origen animal y vegetal, que al ser incorporados al suelo como abono sufren una degradación aeróbica, produciendo malos olores, proliferación de moscas y otros insectos.

Por medio de este proceso, se pierde por volatilización gran cantidad de nitrógeno en forma de ion amonio $(\text{NH}_4)^+$ y el abono obtenido no resulta degradado uniformemente como el bioabono (8).

* La materia orgánica desempeña un papel muy importante en la retención, infiltración y circulación del agua en el suelo; y además sirve como protección, disminuyendo de esta manera la evaporación (13).

* La materia orgánica añadida al suelo como abono, tiende a producir cambios físicos y químicos en él; estos cambios - generalmente son beneficiosos aunque su importancia dependerá de la cantidad y calidad de la materia orgánica agregada (9).

D. Trabajos realizados

En el Centro de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), Brasil, se midió el efecto comparativo de diferentes aplicaciones de bioabono con fertilizantes químicos, en los cultivos de frijol y trigo. Los resultados mostraron que los tratamientos entre 50 y 100 m³/ha de bioabono presentaron los mejores rendimientos en dichos cultivos. Se notó que el bioabono bovino aplicado a lo largo de los surcos tuvo mejor influencia en la producción de granos que el fertilizante químico.

En otro trabajo realizado en el mismo lugar se evaluó el efecto acumulativo y residual del bioabono en los culti-

vos de frijol y arroz; los resultados revelan que las adiciones de 12 a 48 m³ de bioabono proporcionaron buenas producciones.

Estudios posteriores mostraron durante el segundo año de aplicación del bioabono en el cultivo de frijol, que el efecto residual fue similar para las dosis de 24 y 48 m³/ha en el rendimiento del cultivo; pero quedó demostrado que la dosis más baja de bioabono es suficiente para obtener buenos rendimientos a un bajo costo (13).

Estudios realizados sobre la aplicación de bioabono a sue los cultivados con arroz, zanahoria, tomate y cebolla, se obtuvieron los resultados siguientes: al experimentar con arroz y zanahoria usando niveles altos de bioabono se obtuvo un desarrollo foliar exuberante, pero sin el resultado deseado de grano y raíz respectivamente; para el caso del tomate y ce bolla se obtuvieron buenos resultados, debido a que el bioabo no mejora las condiciones del suelo permitiendo un buen de-  sarrollo del bulbo de la cebolla y con el sistema radicular bastante superficial (sin presentar datos numéricos), debido a estos resultados los niveles recomendados de bioabono para estos casos fueron de 10 a 12 m³/mz, combinado con dosis apro piadas de fertilizantes químicos (8).

De 1979 a 1981, trabajos realizados con aplicaciones de 20 m³/ha de bioabono y la dosis de fertilizante químico recomendados en cultivos hortícolas (lechuga y legumbres) y aplicados 15 días antes de la siembra, distribuido en banda

corrida y en surco, no mostraron diferencia significativa entre el bioabono y fertilizante químico. Los resultados obtenidos con bioabono en lechuga mostraron mayor altura de plantas, diámetro de cabeza y un rendimiento de 13.8 Ton/ha. Se demostró que el bioabono mejoró los rendimientos en un 19% más que el fertilizante químico (1,5).

Experiencias obtenidas en los cultivos demostraron que para solucionar los problemas de fertilidad del suelo, es necesario aplicar los elementos que éste necesita en forma orgánica o combinado con los fertilizantes químicos y en cantidades razonables, ya que los fertilizantes químicos en combinación son mejor aprovechados por las plantas, pues son mejor retenidos en el suelo. También se demostró que fertilizando los suelos en estas formas en los cultivos, se incrementó el nitrógeno total en 9.7%, el nitrógeno no disponible en un 12%; lográndose mayor eficiencia cuando la fertilización se hizo a profundidades de 6 a 10 cm (14).

IV. MATERIALES Y METODOS

A. Características del lugar

a) Localización del ensayo

La investigación se inició en octubre de 1986 en la Escuela Nacional de Agricultura "Roberto Quiñónez", localizado en el kilómetro 33½ carretera Panamericana, Cantón San Andrés, Departamento de La Libertad. El lugar se encuentra a una altura de 460 msnm.

b) Condiciones de clima

Para medir más eficientemente la respuesta de los tratamientos en estudio, se registraron las variaciones de clima durante el desarrollo del experimento, los cuales se especifican en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Variaciones de temperatura, humedad relativa, precipitación, horas luz, nubosidad y velocidad del viento durante el desarrollo del experimento. ENA. Oct 1986 a marzo 1987.

Mes	Temperatura			HR	Preci- pitac	Nubo- sidad	Hóras Luz	Velocidad viento km/h
	Max	Min	Media					
Nov	31.1	16.5	22.8	77	37	4.4	8.2	4.6 W
Dic	30.8	14.7	22.2	72	7	3.2	9.2	5.4 N
Ene	33.3	14.5	22.5	69	7	3.0	9.4	6.0 N
Feb	34.7	14.8	23.2	68	2	3.2	9.6	7.1 N

FUENTE: Estación Agrometeorológica, San Andrés, La Libertad. 1986-1987 (12).

c) Características del suelo.

El lugar donde se desarrolló la investigación presentaba una pendiente del 15%, suelo franco arenoso en la capa superior a los 15 cm de profundidad, densidad aparente de 1.174 gr/cc, este análisis fue determinado por el método de cilindro.

El análisis químico del suelo mostró las siguientes características: pH 5.9 moderadamente ácido, fósforo alto 59 ppm, Potasio muy alto más de 200 ppm, para determinar estos elementos se utilizó el método de Carolina del Norte (Solución extractora de Carolina del Norte); materia orgánica 3.2%, la cual fue determinada por el método de oxidación-reducción de Walkey y Black.

B. Fase Operativa del Proyecto

a) Preparación del semillero.

Se prepararon 5 m² de semillero utilizando la variedad Santa Cruz Kada como planta indicadora. El suelo se trató con una mezcla de Dithane M-45 y Curater a razón de 14 y 16 gramos/m² respectivamente, y luego se fertilizó con fórmula 15-15-15 a razón de 272 gramos/m²; el semillero fue regado todos los días hasta la fecha del transplante.

b) Preparación del área experimental.

El deshierbo del área experimental se hizo manualmente,

luego se trazaron curvas a nivel para darle la orientación al ensayo y se delimitaron las parcelas de cada repetición. Cada parcela fue muestreada para conocer el grado de fertilidad natural, los resultados se dan en el Cuadro 10A; luego se preparó el suelo manualmente con azadón y se aplicó una mezcla de Volatón granulado al 2.5% y Namacur 10 g, a razón de 65 y 16 kg/ha respectivamente, para el control de plagas del suelo.

c) Preparación del bioabono.

Se utilizó un biodigestor* tipo desplazamiento horizontal, con un volumen de 15 m³, éste fue cargado diariamente con estiércol fresco de ganado vacuno y el cual se mezcló con agua en volúmenes iguales con un tiempo de retención de 10 días a una temperatura de 29 °C, estando de esa manera listo para ser aplicado a las parcelas en estudio. Se tomó 1 litro de bioabono líquido para ser llevado en la misma fecha al Laboratorio de Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA), para determinarle su composición química. Los componentes de este material después del análisis realizado se dan en el Cuadro 4.

* Biodigestor: es un estanque totalmente cerrado, que en su interior ocurre una mezcla de estiércol con agua, el cual sufre una fermentación natural en la cual la materia orgánica es descompuesta por medio de bacterias que no requieren de oxígeno.

Cuadro 4. Composición química del bioabono líquido*, determinado por el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA. Noviembre 1986.

Componentes	Cantidad (%)
Humedad	94.57
Sólidos totales p/p	5.43
Sólidos totales gr/lt	55.96
Sólidos volátiles p/p	3.65
Sólidos volátiles gr/lt	37.61
Nitrógeno	3.15
Fósforo	1.18
Potasio	2.59
Calcio	1.42
Magnesio	0.46
Hierro	6.478 ppm
Densidad a 37 °C	1.0305 gr/cc
pH	7.24

* Los resultados del análisis están dados en base seca.

d) Trasplante y fertilización.

El trasplante se realizó colocando las plántulas sobre el camellón de los surcos. El bioabono se aplicó en forma líquida y se distribuyó uniformemente con baldes de 8 litros de capacidad, en el área de cada parcela, un día antes del trasplante. El volumen de efluente o bioabono líquido se especifica de acuerdo a cada tratamiento en el Cuadro 5. El fertilizante químico se aplicó en dos fases a los 8 días después del trasplante y durante la formación de frutos; la dosis aplicada en cada fase fue de 54.5 kg de N/ha, el cual fue distribuido en bandas.

e) Cuidados culturales.

De acuerdo a lo programado se regó cada 2 días desde el trasplante hasta el penúltimo corte, aplicando 68 litros de agua por parcela en cada riego.

Se desarrolló un calendario de aplicaciones de insecticidas y fungicidas en forma preventiva cada 8 días después del trasplante, alternando los productos siguientes: Tamarón 600 y Dithame M-45 a razón de 8 cc y 5 gr/gl de agua; Difolatán con Tamarón 600 a 5 gr y 8 cc/gl de agua; Thiodan con Difolatán a razón de 5 cc y 5 gr/gl de agua y Arribo con Dithane M-45 a razón de 6 cc y 6 gr/gl de agua, respectivamente.

En el desarrollo del cultivo se realizaron 2 limpiezas de las malezas; una a los 15 días después del trasplante y una segunda a los 30 días después de la primera.

La actividad de tutorado se inició cuando las plantas tenían una altura de 25 cm. Se utilizaron tutores de vara de bambú de 2.5 m para poner el tendido de alambre y tensado, usando alambre # 16 y 18. Las hileras se colocaron cada 25 cm.

f) Metodología estadística.

Para evaluar el efecto del bioabono en el desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate, se utilizó el Análisis de covarianza aplicado a un diseño de bloques al azar, con 5 tratamientos y 3 repeticiones; el área total del experimento fue de 180 m², dividida en parcelas de 12 m² cada una con 4 surcos de 3 m de largo. Se utilizó un distanciamiento entre hileras

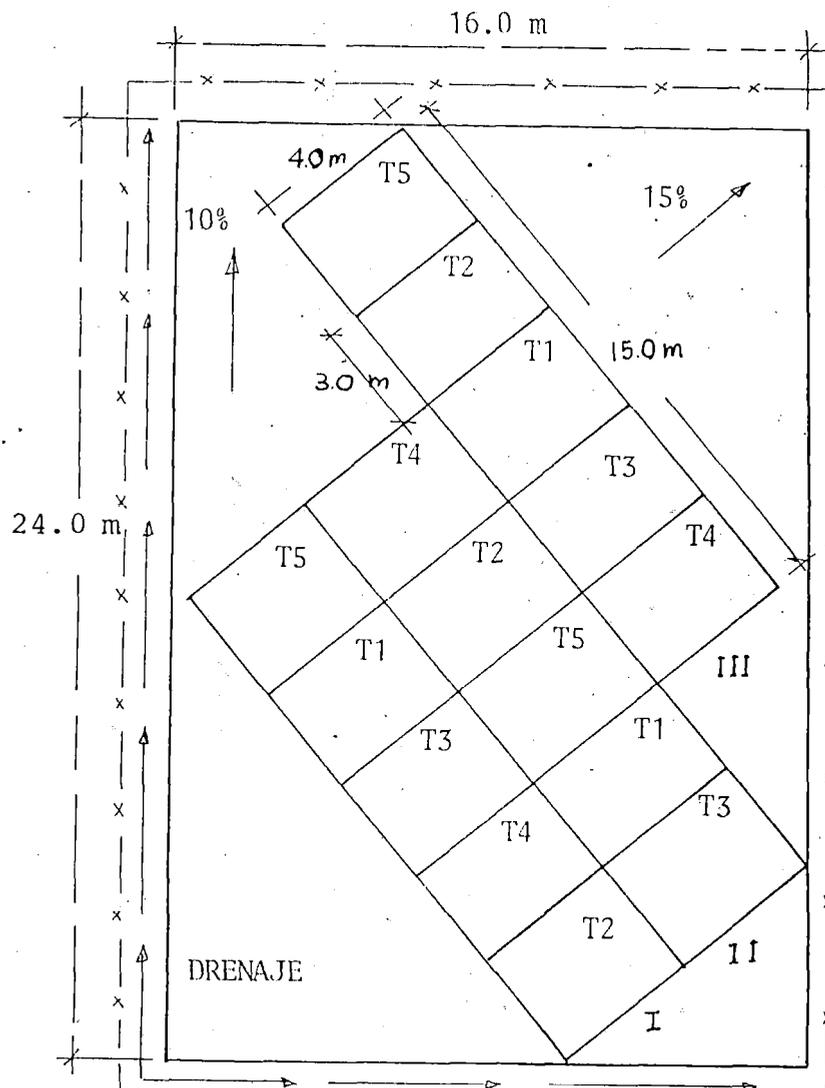
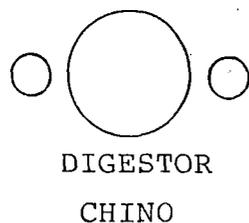
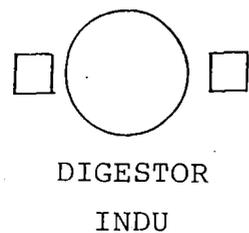
de 1.0 m y entre plantas de 0.25 cm.

El área útil experimental de cada parcela fue de 4 m², con un número de 16 plantas cada una, lo que tiene un equivalente de 40,000 plantas/ha (Ver Figura 1 y 2).

Los tratamientos en estudio y sus respectivas equivalencias de aplicación se dan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Niveles de bioabono en estudio y sus respectivas equivalencias de aplicación. ENA. 1986.

Tratamientos	Aplicac. Parcela	Equival/ ha	Equival/ kg N/ha
T ₁ = Testigo absoluto	0.0 lt	0.0 m ³	0.00
T ₂ = Dosis inferiores de bioabono	48.0 lt	40.0 "	70.49
T ₃ = Dosis intermedia de bioabono	96.0 "	80.0 "	140.99
T ₄ = Dosis superior de bioabono	144.0 "	120.0 "	211.49
T ₅ = Dosis de Sulfato de Amonio	622.0 gr	109.0 kg	109.00



Tratamientos

- T₁ = Testigo absoluto
 T₂ = $48/12 \text{ m}^2 = 40 \text{ TM/ha}$
 T₃ = $96/12 \text{ m}^2 = 80 \text{ TM/ha}$
 T₄ = $144/12 \text{ m}^2 = 120 \text{ TM/ha}$
 T₅ = Sulfato de Amonio
 518.34 kg/ha

Cultivo de Tomate variedad Santa Cruz.

Distanciamiento entre planta 25 cm, entre surcos 1 metro.

ESC 1:200

Fig. 1 Plano de Distribución de tratamientos en el campo, en la investigación de Bioabono y fertilizante químico en el cultivo de tomate. ENA, octubre de 1986 a Marzo de 1987.

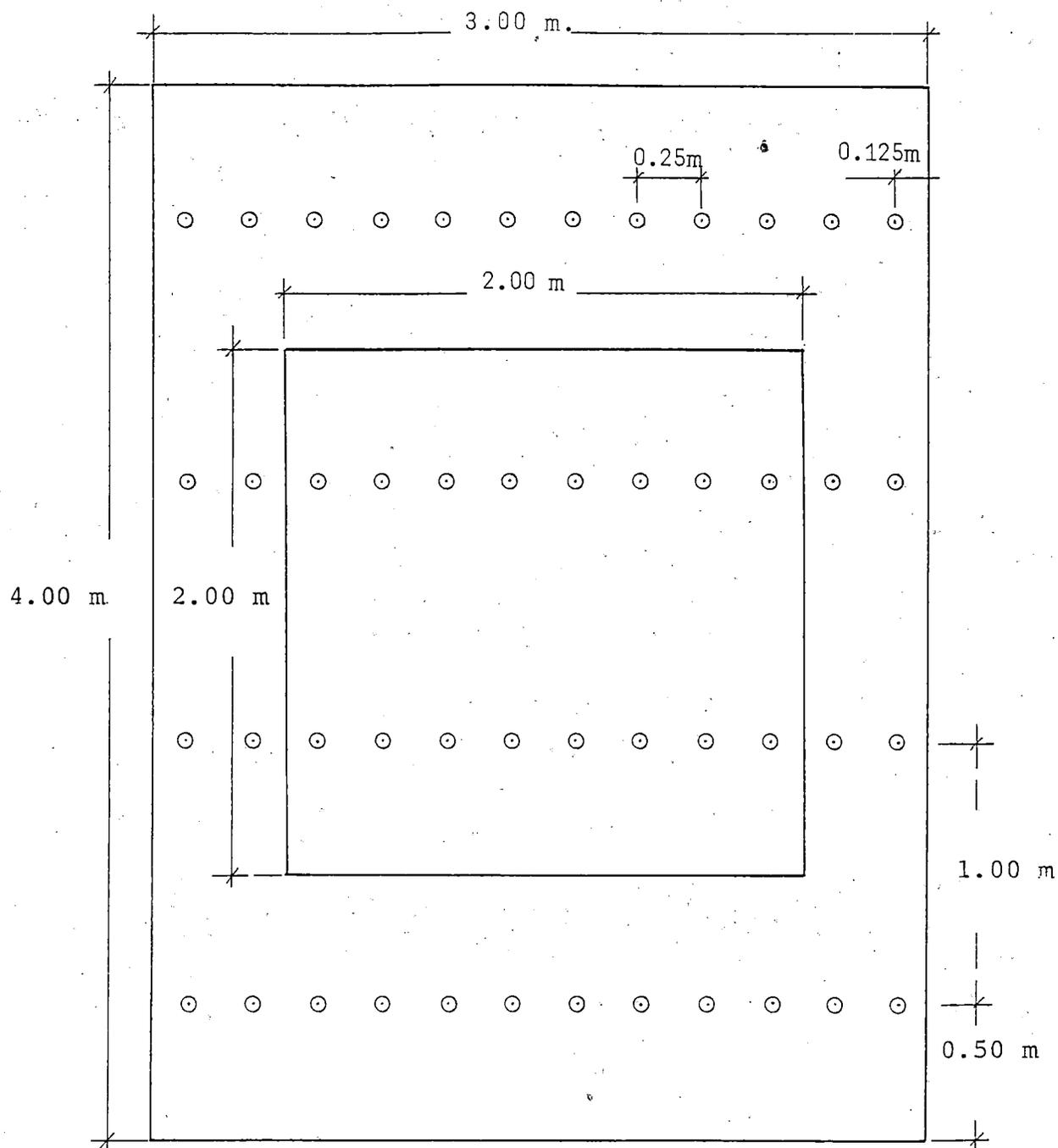


Fig. 2. Plano de Parcela útil de 4 m^2 en el Ensayo de Aplicación de bioabono y fertilizante químico en el cultivo de tomate.

g) Datos a tomar- Altura promedio de plantas/tratamiento.

Esta actividad se realizó durante la época de cosecha del cultivo, considerando el 50% de las plantas existentes en el área útil, el muestreo se hizo al azar y los datos están dados en cm.

- Número promedio de racimos florales por planta/tratamiento.

Esta variable fue evaluada a los 70 días después del transplante, tomando como base el 50% de las plantas existentes en el área útil; el muestreo se hizo al azar.

- Número promedio de frutos formados planta/tratamiento.

Estos datos fueron tomados antes del primer corte, 80 días después del transplante; los datos obtenidos reflejaron el promedio de 8 plantas tomadas al azar.

- Cosecha.

Esta actividad se realizó del 25 de enero al 10. de marzo de 1987. El criterio de cosecha fue cuando los frutos estaban pintones, cosechando los dos surcos centrales de cada parcela útil. Los frutos fueron clasificados en tres categorías: la primera clase de frutos con diámetro mayores de 4.5 cm; segunda clase con diámetro mayor o igual a 3.5 cm; y los de tercera clase, frutos de diámetro menor de 3.5 cm. El rendimiento para cada clase de fruto se obtuvo de 12 cortes, realizados en el área útil. Los resultados de esta variable están dados en ki

logramos por parcela útil.

- Determinación de densidad aparente y acidez de los frutos. El estudio de la densidad y la acidez de los frutos se realizó durante el tercero y sexto corte. Para su determinación se tomó una muestra de frutos con una madurez similar a como lo compra el consumidor; se consideraron estas variables para determinar el grado de compactación del fruto y acidez, los cuales son indicadores de la calidad del fruto de tomate.

Para evaluar la densidad se siguieron los siguientes pasos:

- . Se tomó una muestra de 2 frutos de tomate de igual tamaño y madurez.
- . Se colocaron en un recipiente con agua y se continúa llenando hasta aforar.
- . Luego se pesa el recipiente más líquido más frutos, teniendo el cuidado de que no hayan burbujas.
- . Luego se pesan independientemente los frutos y el agua.
- . Luego el grado de compactación del fruto se determina relacionando el peso y el volumen (P/V), con lo cual se determina la densidad de éstos.

La acidez se determinó con el uso de un Potensiómetro.

- Análisis químico del suelo antes y después del ciclo del cultivo.

Con la finalidad de medir las mejoras del suelo por el uso del bioabono en relación al fertilizante químico se hizo muestreo en cada parcela en forma azarizada, se tomaron 20

submuestras, luego se homogenizaron para obtener una sola muestra que fuera representativa y se les determinó el análisis químico correspondiente.

V. RESULTADOS EXPERIMENTALES

A. Altura promedio de plantas, número promedio de racimos y número promedio de frutos formados por planta.

El análisis de covarianza para estas variables muestra que los tratamientos en estudio, no produjeron diferencias significativas lo cual se demuestra en los Cuadros 1A, 2A y 3A.

Al relacionar la altura de plantas con la aplicación de 80 m^3 de bioabono por hectárea, se observó un incremento del 22% sobre el testigo y en un 21% sobre el fertilizante químico; con relación al número promedio de racimos florales por planta, este mismo tratamiento manifestó un incremento del 42% con relación al testigo y un 26% al fertilizante químico y en cambio en la variable número promedio de frutos formados por planta, el tratamiento superior fue $120 \text{ m}^3/\text{ha}$ de bioabono superando al testigo en 61% y al fertilizante químico en 34% (Cuadro 9A).

B. Número total de frutos y rendimiento de tomate en kg por parcela útil.

La evaluación de estas variables por la Prueba de Duncan reflejan que el tratamiento con $120 \text{ m}^3/\text{ha}$ de bioabono fue significativo al 5% de probabilidad en relación al Testigo abso-

luto; pero igual al resto de tratamientos (Ver Cuadros 4 A y 5A).

Al relacionar el número total de frutos por parcela con la aplicación de $120 \text{ m}^3/\text{ha}$ de bioabono, se observó un incremento de 116% con relación al Testigo absoluto y 86% sobre el fertilizante químico; con relación al rendimiento por parcela este mismo tratamiento demostró un incremento de 145% sobre el Testigo absoluto y un incremento de 112% con relación al fertilizante químico (Ver Figura 3 y Cuadro 9A).

C. Número de frutos de primera, segunda y tercera clase por parcela útil.

Con relación al número de frutos promedio de primera y tercera clase el análisis estadístico muestra que los tratamientos en estudio no produjeron diferencias significativas (Ver Cuadros 6A y 8A); pero se encontró diferencia significativa al 5% de probabilidad para la variable frutos de segunda clase. La Prueba de Duncan para esta última variable refleja que el tratamiento con $120 \text{ m}^3/\text{ha}$ supera al Testigo absoluto, al de $40 \text{ m}^3/\text{ha}$ de bioabono y al tratamiento con fertilizante químico, pero resultó ser igual al de $80 \text{ m}^3/\text{ha}$ de bioabono (Ver Cuadro 7A).

Al relacionar el número de frutos de primera clase, se observó que el tratamiento con $120 \text{ m}^3/\text{ha}$ de bioabono, resultó tener un incremento de 252% sobre el Testigo absoluto y un 127% de incremento sobre el fertilizante químico; con rela-

ción al número de frutos de tercera clase, se obtuvo un incremento de 33% sobre el Testigo y 4% al fertilizante químico; con relación al número de frutos de segunda clase este mismo tratamiento presentó un incremento de 126% con respecto al Testigo absoluto y un incremento del 82% sobre el fertilizante químico (Ver Cuadro 9A).

D. Calidad de frutos en base a la acidez y densidad aparente

El análisis estadístico para acidez y densidad aparente demostró que los tratamientos en estudio no produjeron ninguna variación, tal como se demuestra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Resultados del efecto de la aplicación de bioabono en la acidez y densidad aparente en frutos de tomate, variedad Santa Cruz Kada. ENA. Enero 1987.

Tratamientos	Promedio de acidez	Promedio de densidad aparente (gr/cc)
T ₁	4.3	0.970
T ₂	4.4	0.993
T ₃	4.4	0.967
T ₄	4.4	0.978
T ₅	4.3	0.991

Puede notarse que el pH osciló entre 4.3 y 4.4 y la densidad aparente en 0.967 y 0.993, en donde dichos valores son los que deben tener los frutos de tomate, según lo establecido por las Normas de Control de Calidad de Alimentos del CENTA.

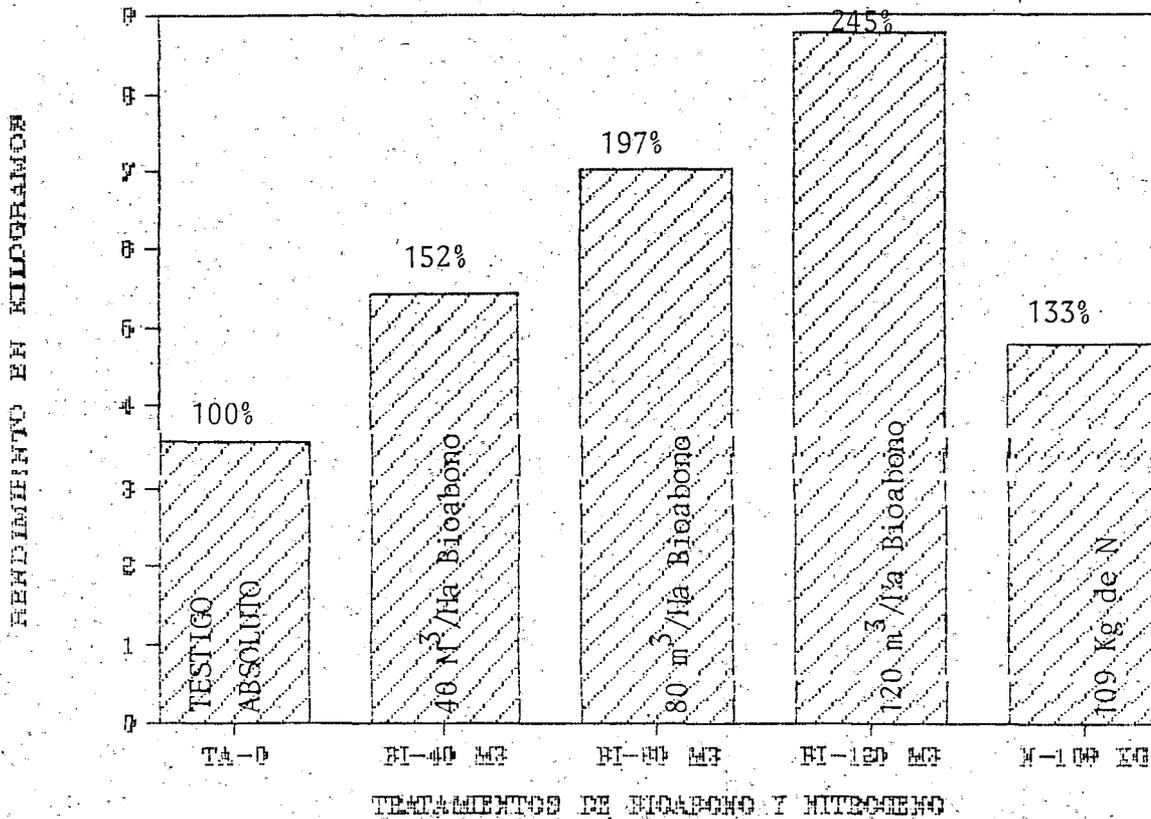


Fig. 3. Análisis comparativo de las respuestas de los tratamientos con bioabono en relación al Testigo absoluto (100%) y al tratamiento con fertilizante químico, tomando como base el rendimiento por parcela útil.

E. Análisis químico del suelo antes y después
del ciclo del cultivo

En el Cuadro 10A los resultados de los análisis químicos del suelo antes y después del ciclo del cultivo, fueron prácticamente iguales, notándose únicamente una disminución drástica de los elementos Manganeso y Sodio en el análisis post cultivo en relación al análisis pre cultivo.

VI. DISCUSION

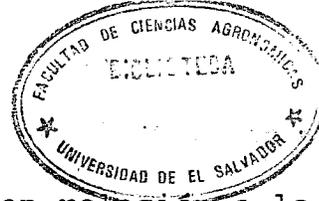
Bajo las condiciones en que se realizó el experimento, los resultados para altura promedio de plantas, número promedio de racimos florales y número promedio de frutos formados por planta mostraron un incremento cuando se aplicó bioabono en relación a la aplicación de fertilizante químico y Testigo absoluto, aunque estadísticamente no hubo significancia. Podríamos explicar esta situación diciendo que la fertilidad natural del suelo era alta, es decir, que presentaba los nutrientes necesarios para el buen desarrollo del cultivo (Cuadro 10A).

En cuanto al número total de frutos por planta y rendimiento en kilogramos por parcela útil, los resultados entre tratamiento según la Prueba de Duncan, fueron significativos al 5% de probabilidad; siendo la dosis más alta (120 m³/ha) de bioabono la mejor en relación al resto de tratamiento; esto concuerda con estudios hechos en otros cultivos donde la dosis superior de bioabono produjo los mejores efectos (2,6, 13 y 16). Esta situación puede deberse a la liberación paulatina de macro y micro nutrientes por parte del bioabono como K, Zn, P y Mg y otros, que son indispensables para la formación de frutos; y es evidente para estas variables la

superioridad del bioabono, pues éste superó en 145% más en relación al Testigo absoluto (100%) y en 112 con relación al fertilizante químico (Cuadro 9A); podemos respaldar los resultados anteriores con los obtenidos en el ICAITI, en donde obtuvieron buenos resultados en el cultivo del tomate y lo cual lo atribuyen a que el bioabono mejora las condiciones del suelo, permitiendo un buen desarrollo radicular, y esto se debe a que el bioabono aporta los elementos necesarios que la planta necesita en el momento oportuno, pues se ha demostrado que este compuesto suministra los macro y micronutrientes en forma lenta y continua, a través de todo el ciclo vegetativo, lo cual da vigor a la planta para soportar condiciones adversas a sequías, ataque de plagas y enfermedades (8).

En relación al número promedio de racimos florales, número promedio de frutos formados por planta y altura de promedio de plantas, no mostraron diferencia significativa lo que aparentemente es discordante con la significancia que se obtuvo en número total de frutos y rendimiento por parcela, lo cual es debido a que la toma de datos para las variables (número promedio de racimos florales y frutos formados por planta) fueron realizados hasta los 70 días después del trasplante; lo que significa que por efecto del bioabono se continuaron formando frutos que determinaron la superioridad del bioabono en la producción.

En cuanto a la calidad de frutos cosechados, en la categoría de segunda clase, los tratamientos con 80 y 120 m³/ha



de bioabono superaron la producción en relación a la aplicación de fertilizante químico, demostrándose nuevamente la superioridad del abono orgánico; lo cual se debe según estudios en el ICAITI a que este compuesto contribuye a la formación de complejos orgánicos en el suelo, que son fuentes de cargas negativas que retienen a las positivas como Ca, Mg y K principalmente y las cuales contribuyen grandemente en la formación de los frutos (8).

No se detectaron mejoras físicas y químicas del suelo, ya que en un ciclo de cultivo no es suficiente tiempo para que estas propiedades de los abonos orgánicos se manifiesten.

Con este trabajo de investigación se logró un doble propósito, en primer lugar se logró mejor aprovechamiento de los estiércoles bovinos que pueden ser utilizados como abonos orgánicos en la mayoría de cultivos agrícolas, y lo cual permite al pequeño agricultor hacer un mejor uso de los recursos de su propia finca y reducir de esa manera los costos de producción por unidad de área; y en segundo lugar se evita la proliferación de moscas y malos olores por la descomposición aeróbica de estos residuos, contribuyendo de esa manera a evitar la contaminación del medio ambiente.

VII. CONCLUSIONES

- 1- En general puede concluirse que la aplicación de bio-abono mejoró los rendimientos en el cultivo del tomate, siendo las dosis de 80 y 120 m³/ha las mejores.
- 2- No se detectaron mejoras físicas y químicas del suelo; ya que en un ciclo de cultivo no es suficiente tiempo para que estas propiedades de los abonos orgánicos, se manifiesten.
- 3- El estiércol bovino puede ser aprovechado eficientemente en el lugar de producción, por medio de la digestión y de esa manera se mejorarían las condiciones ambientales del lugar, pues se evitan malos olores y la proliferación de moscas.

VIII. RECOMENDACIONES

- 1- Identificar zonas ganaderas y cooperativas del Sector Reformado, en el cual se puedan realizar futuros proyectos de biogás y bioabono en El Salvador.
- 2- Continuar experimentando la aplicación de bioabono en diferentes tipos de suelo y especies agrícolas para determinar su efectividad en el desarrollo y rendimiento de los cultivos.
- 3- Estudiar el efecto residual del bioabono en forma continua, para determinar las mejoras químicas y físicas del suelo.
- 4- El análisis químico de éste puede realizarse después del ciclo vegetativo del cultivo, y el análisis físico cada 3 ó 5 años después de aplicado del bioabono.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. CARRION BALLENA, G. 1981. Efecto del Bioabono (efluente líquido) en el desarrollo del cultivo de lechuga (Lactuca sativa: variedad blanca de Boston) en el Valle de Cajamarca, Perú. ITNTEC. s.p.
2. CHAVEZ PORTAL, O y SANCHEZ, H.R. 1984. Evaluación del subproducto del biogás como abono orgánico. San Andrés, La Libertad. El Salvador, CENTA. s.p.
3. FLORES, N.R. y LARDE, G. 1985. La tecnología del biogás en El Salvador 1960-1984. San Andrés, La Libertad, El Salvador, C.A. CENTA. pp 8-11. (Boletín Técnico No. 11).
4. FLORES, N.R. 1985. Construcción y evaluación de una planta de biogás de quince metros cúbicos de capacidad. San Andrés, La Libertad, El Salvador, C.C. CENTA. pp 15,35,37,41. (Boletín Técnico No. 14).
5. GOMEZ GOMEZ, J. and VINIEGRA GONZALEZ, G. 1979. The use of anaerobically digested Cattle Slurry as a fertilizer for vegetable. Universidad Autónoma Metropolitana Iztalapa. México, D.F. pp 26-30.
6. GUZMAN, E. 1987. Biodigestión en El Salvador, evaluación del subproducto de biogás como abono orgánico. San Andrés, La Libertad, El Salvador. CENTA. (Informe especial).
7. INDRICK, S. 1985. La utilidad del efluente de un biodigestor. In Simposio Centroamericano sobre aplicaciones de energía biomásica, diseño y construcción de biodigestores. 2a. Ed. Cartagena, Editorial Costa Rica. pp. 99-113.
8. INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL (ICAITI). 1985. Biogás y bioabono aplicaciones; proyecto de leña y fuentes alternas de energía ICAITI-ROCAP. pp 23-29 (D 106).
9. INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL (ICAITI). 1986. Biogás Guatemala, C.A. ICAITI (D 108).

10. INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL (ICAITI). 1986. Digestor para biogás; construcción convencional. Guatemala, Proyecto de leña y fuentes alternas de energía. ICAITI (hoja de datos técnicos No. 100).
11. _____, 1986. Digestor para biogás de bajo costo. Guatemala, Proyecto de leña y fuentes alternas de energía. ICAITI (hoja de datos técnicos No. 200).
12. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Anuario de Estadísticas Agropecuarias. 1986-1987. Dirección General de Economía Agropecuaria. Ed. 24. San Salvador, El Salvador, C.A.
13. OLIVEIRA, I.P. de, MOREIRA, J.A.A. & SOARES, M. 1986. Resultados técnicos y económicos de aplicación de biofertilizante bovino en las culturas de Feijás, arroz e trigo. Brasil, EMBRAPA. pp 5-23. Circular técnico No. 21.
14. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO). 1986. Reciclaje de la materia orgánica y biogás; uso del biogás; uso del bioabono china. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. pp 16-17, 29-30, 35.
15. REUNION ANUAL. 1986. Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. 32a Memoria de la Mesa de Hortalizas. San Salvador, El Salvador, C.A. CENTA.. pp. H 25/7.
16. SALAZAR MAZA, J.R. 1981. Evaluación preliminar del subproducto del biogás como abono orgánico. San Andrés, La Libertad. El Salvador, CENTA. 19 p. (Boletín Técnico No. 7).
17. SEMINARIO SOBRE LA TECNOLOGIA DEL BIOGAS EN EL SALVADOR Y LA EXPERIENCIA PARTICULAR DE CHINA. 1983. San Salvador. 1985 (Memoria). San Andrés, El Salvador. CENTA. pp 13-20.

X. ANEXOS

Cuadro 1A. Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para altura promedio de plantas de tomate en cm. ENA. Feb. 1987.

	G.L.	S.C.X.	S.C.Y	S.P. XY	Valores ajustados			
					G.L.	S.C.Y	C.M.	F.C.
Total	14	19 365.60	14 547.88	- 13 821.53				
Bloques	2	15 910.00	10 438.08	- 11 618.84				
Tratamientos	4	1 410.27	2 289.36	- 1 422.85	4	1 182.64	295.66	1.36 ^{ns}
Error	8	2 045.33	1 820.44	- 779.84	7	1 523.11	217.59	
Tratam.+ Error	12	3 455.60	4 109.80	- 2 202.69	11	2 705.75	245.98	

n.s. = No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Medias de Tratamientos	\bar{Y}_3 (80 m ³)	\bar{Y}_4 (120 m ³)	\bar{Y}_2 (40 m ³)	\bar{Y}_5 (109 kg N)	\bar{Y}_1 T1A
	187.17	183.75	155.02	154.39	152.72
\bar{Y}_1 T1A = 152.72	34.45 ^{ns}	31.03 ^{ns}	2.30 ^{ns}	1.67 ^{ns}	---
\bar{Y}_5 109 = 154.39	32.78 ^{ns}	29.36 ^{ns}	0.63 ^{ns}	---	
\bar{Y}_2 40 = 155.02	32.15 ^{ns}	28.73 ^{ns}	---		
\bar{Y}_4 120 = 183.75	3.42 ^{ns}	---			
\bar{Y}_3 80 = 187.17	---				
	Límites de Significancia de Duncan				
Número posición	2	3	4	5	
LS Tablas	3.26	3.39	3.47	3.52	
LS Duncan	42.51	44.21	45.25	45.90	

Cuadro 2A

Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para promedio de racimos florales por planta. ENA, Febrero 1987.

	G.L.	S.C.X	S.C.Y	S.P.XY	Valores ajustados			
					G.L.	S.C.Y	C.M.	F.C
Total	14	19 365.60	184.69	- 1 538.86				
Bloques	2	15 910.00	107.52	- 1 276.12				
Tratamientos	4	1 410.27	42.00	- 173.46	4	25.92	6.48	1.45 ^{ns}
Error	8	2 045.33	35.17	- 89.29	7	31.27	4.47	
Tratam.+ Error	12	3 455.60	77.17	- 262.74	11	57.19	5.20	

n.s. No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Medias de Tratamientos	\bar{Y}_3 (80 m ³)	\bar{Y}_4 (120 m ³)	\bar{Y}_5 (109 Kg N)	\bar{Y}_2 (40 m ³)	\bar{Y}_1 T1A
	16.84	16.51	13.73	12.73	11.88
\bar{Y}_1 T1A = 11.88	4.96 ^{ns}	4.63 ^{ns}	1.85 ^{ns}	0.85 ^{ns}	----
\bar{Y}_2 40 = 12.73	4.11 ^{ns}	3.78 ^{ns}	1.00 ^{ns}	-----	
\bar{Y}_5 109 = 13.73	3.11 ^{ns}	2.78 ^{ns}	-----		
\bar{Y}_4 120 = 16.51	0.33 ^{ns}	-----			
\bar{Y}_3 80 = 16.84	-----				
Límites de significancia de Duncan					
Número posición	2	3	4	5	
L.S. Tablas	3.26	3.39	3.47	3.52	
L.S. Duncan	6.09	6.33	6.48	6.58	

Cuadro 3A Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para promedio de frutos formados por planta. ENA, Febrero 1987.

	G.L.	S.C.X	S.C.Y	S.P.XY	Valores ajustados			
					G.L.	S.C.Y	C.M.	F.C
Total	14	19 365.60	2 753.30	- 5 596.63				
Bloques	2	15 910.00	1 771.00	- 4 695.95				ns
Tratamientos	4	1 410.27	325.83	- 485.36	4	175.41	43.85	0.54
Error	8	2 045.33	656.47	- 415.32	7	572.14	81.73	
Tratam.+ Error	12	3 455.60	982.30	- 900.68	11	747.54	67.96	

n.s. No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Medias de Tratamientos	\bar{Y}_4 (120 m ³) 47.29	\bar{Y}_3 (80 m ³) 42.42	\bar{Y}_5 (109 kg N) 37.27	\bar{Y}_2 (40 m ³) 34.32	\bar{Y}_1 (T1A) 29.40
\bar{Y}_1 T1A = 29.40	17.89 ^{ns}	13.02 ^{ns}	7.87 ^{ns}	4.92 ^{ns}	----
\bar{Y}_2 40 = 34.32	12.97 ^{ns}	8.10 ^{ns}	2.95 ^{ns}	-----	
\bar{Y}_5 109 = 37.27	10.02 ^{ns}	5.15 ^{ns}	-----		
\bar{Y}_3 80 = 42.42	4.87 ^{ns}	-----			
\bar{Y}_4 120 = 47.29	-----				
	Límites de significancia de Duncan				
Número posición	2	3	4	5	
L.S. Tablas	3.26	3.39	3.47	3.52	
L.S. Duncan	26.06	27.09	27.73	28.13	

Cuadro 4A Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para número total de frutos/parcela útil. ENA. febrero 1987.

	G.L.	S.C.X	S.C.Y	S.P.XY	Valores ajustados			
					G.L.	S.C.Y	C.M.	F.C
Total	14	19 365.60	21 155.73	- 16 180.20				
Bloques	2	15 910.00	8 848.93	- 11 863.00				
Tratamientos	4	1 410.27	8 469.73	- 3 060.87	4	3 847.80	961.95	2.2 ^{ns}
Error	8	2 045.33	3 837.06	- 1 256.33	7	3 065.36	437.91	
Tratam.+ Error	12	3 455.60	12 306.79	- 4 317.20	11	6 913.17	628.47	

n.s. No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Medias de Tratamientos	\bar{Y}_4 (120 m ³)	\bar{Y}_3 (80 m ³)	\bar{Y}_2 (40 m ³)	\bar{Y}_5 (109 Kg N)	\bar{Y}_1 (T1A)
	159.07	123.49	99.40	95.23	73.48
\bar{Y}_1 T1A = 73.48	85.59*	50.01 ^{ns}	25.92 ^{ns}	21.75 ^{ns}	----
\bar{Y}_5 109 = 95.23	63.84 ^{ns}	28.26 ^{ns}	4.17 ^{ns}	-----	
\bar{Y}_2 40 = 99.40	59.67 ^{ns}	24.09 ^{ns}	-----		
\bar{Y}_3 80 = 123.49	35.58 ^{ns}	-----			
\bar{Y}_4 120 = 59.07	-----				
	Límites de significancia de Duncan				
Número posición	2	3	4	5	
L.S. Tablas	3.26	3.39	3.47	3.52	
L.S. Duncan	60.31	62.72	64.20	65.12	

* Significativo al 5%.

Cuadro 5A Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para rendimiento de tomate en kg/parcela útil de 4 m². ENA, Febrero 1987.

	G.L.	S.C.X	S.C.Y	S.P.XY	Valores ajustados			
					G.L.	S.C.Y	C.M.	F.C
Total	14	19 365.60	123.87	- 1 349.52				
Bloques	2	15 910.00	73.34	- 1 077.57				
Tratamientos	4	1 410.27	29.85	- 177.30	4	12.83	3.21	1.38 ^{ns}
Error	8	2 045.33	20.69	- 94.64	7	16.31	2.33	
Tratam.+ Error	12	3 455.60	50.54	- 271.95	11	29.14	2.65	

n.s. No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Medias de Tratamientos	\bar{Y}_4 (120 m ³)	\bar{Y}_3 (80 m ³)	\bar{Y}_2 (40 m ³)	\bar{Y}_5 (109 Kg N)	\bar{Y}_1 (T1A)
	8.75	7.02	5.42	4.74	3.57
\bar{Y}_1 T1A = 3.57	5.18*	3.45 ^{ns}	1.85 ^{ns}	1.17 ^{ns}	----
\bar{Y}_5 109 = 4.74	4.01 ^{ns}	2.28 ^{ns}	0.68 ^{ns}	-----	
\bar{Y}_2 40 = 5.42	3.33 ^{ns}	1.60 ^{ns}	----		
\bar{Y}_3 80 = 7.02	1.73 ^{ns}	----			
\bar{Y}_4 120 = 8.75	----				
Límites de significancia de Duncan					
Número posición	2	3	4	5	
L.S. Tablas	3.26	3.39	3.47	3.52	
L.S. Duncan	4.40	4.57	4.68	4.75	

* Significativo al 5% probabilidad

Cuadro 6A Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para frutos de primera clase/parcela útil de 4 m². ENA, febrero 1987.

	G.L.	S.C.X	S.C.Y	S.P.XY	Valores ajustados			
					G.L.	S.C.Y	C.M.	F.C
Total	14	19 365.60	9 867.60	- 1 340.60				
Bloques	2	15 910.00	6 727.60	- 1 0021.00				
Tratamientos	4	1 410.27	1 278.27	- 747.27	4	934.50	233.62	0.96 ^{ns}
Error	8	2 045.33	1 861.73	- 572.33	7	1 701.58	243.08	
Tratam.+ Error	12	3 455.60	3 140.00	- 1 319.60	11	2 636.08	239.64	

n.s. No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Medias de Tratamientos	\bar{Y}_4 (120 m ³)	\bar{Y}_3 (80 m ³)	\bar{Y}_2 (40 m ³)	\bar{Y}_5 (109 Kg N)	\bar{Y}_1 (T1A)
	43.07	42.29	38.21	21.37	17.06
\bar{Y}_1 T1A = 17.06	26.01 ^{ns}	25.23 ^{ns}	21.15 ^{ns}	4.31 ^{ns}	----
\bar{Y}_5 109 = 21.37	21.70 ^{ns}	20.92 ^{ns}	16.84 ^{ns}	-----	
\bar{Y}_2 40 = 38.21	4.86 ^{ns}	4.08 ^{ns}	-----		
\bar{Y}_3 80 = 42.29	0.78 ^{ns}	-----			
\bar{Y}_4 120 = 43.07	-----				
Límites de significancia de Duncan					
Número posición	2	3	4	5	
L.S. Tablas	3.26	3.39	3.47	3.52	
L.S. Duncan	44.93	46.73	47.83	48.52	

Cuadro 7A. Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para frutos de segunda clase/parcela útil de 4 m². ENA, febrero 1987.

	G.L.	S.C.X	S.C.Y	S.P.XY	Valores ajustados			
					G.L.	S.C.Y	C.M.	F.C
Total	14	19 365.60	9 804.40	- 10 923.20				
Bloques	2	15 910.00	4 922.80	- 8 614.00				
Tratamientos	4	1 410.27	4 085.07	- 2 136.20	4	2 556.58	639.14	5.72*
Error	8	2 045.33	796.53	- 173.00	7	781.90	111.70	
Tratam.+ Error	12	3 455.60	4 881.60	- 2 309.20	11	3 338.48	303.50	

n.s. No significativo . * Significativo al 5% de probabilidad.

PRUEBA DE DUNCAN

Medias de Tratamientos	\bar{Y}_4 (120 m ³)	\bar{Y}_3 (80 m ³)	\bar{Y}_5 (109 kg N)	\bar{Y}_2 (40 m ³)	\bar{Y}_1 T1A
\bar{Y}_1 T1A = 39.52	89.43	65.72	56.87	47.46	39.52
\bar{Y}_2 40 = 47.46	49.91*	26.20 ^{ns}	17.35 ^{ns}	7.94 ^{ns}	----
\bar{Y}_5 109 = 56.87	41.97*	18.26 ^{ns}	9.41 ^{ns}	-----	
\bar{Y}_3 80 = 65.72	32.56*	8.85 ^{ns}	-----		
\bar{Y}_4 120 = 89.43	23.71 ^{ns}	-----			
	-----	Límites de significancia de Duncan			
Número posición	2	3	4	5	
L.S. Tablas	3.26	3.39	3.47	3.52	
L.S. Duncan	30.46	31.67	32.42	28.03	

* Significativo al 5% de probabilidad.

Cuadro 8A

Resultados del efecto de la aplicación de bioabono, por covarianza, para frutos de tercera clase/parcela útil de 4 m². ENA. Feb. 1987.

	G.L.	S.C.X	S.C.Y	S.P.XY	Valores ajustados			
					G.L.	S.C.Y	C.M.	F.C
Total	14	19 365.60	2 756.93	5 612.60				
Bloques	2	15 910.00	2 314.13	5 960.00				
Tratamientos	4	1 410.27	123.60	- 177.40	4	102.80	25.70	0.59 ^{ns}
Error	8	2 045.33	319.20	- 170.00	7	305.07	43.58	
Tratam.+ Error	12	3 455.60	442.80	- 347.40	11	407.88	37.08	

n.s. No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Medias de Tratamientos	\bar{Y}_4 (120 m ³)	\bar{Y}_5 (109 Kg N)	\bar{Y}_1 T1A	\bar{Y}_2 (40 m ³)	\bar{Y}_3 (80 m ³)
	23.74	18.55	17.86	14.80	14.72
\bar{Y}_3 80 = 14.72	9.02 ^{ns}	3.83 ^{ns}	3.14 ^{ns}	0.08 ^{ns}	----
\bar{Y}_2 40 = 14.80	8.94 ^{ns}	3.75 ^{ns}	3.06 ^{ns}	-----	
\bar{Y}_1 T1A = 17.86	5.88 ^{ns}	0.69 ^{ns}	-----		
\bar{Y}_5 109 = 18.55	5.19 ^{ns}	-----			
\bar{Y}_4 120 = 23.74	-----				
Límites de significancia de Duncan					
Número posición	2	3	4	5	
L.S. Tablas	3.26	3.39	3.47	3.52	
L.S. Duncan	19.03	19.79	20.25	20.54	

Cuadro 9A. Análisis comparativos de los diferentes variables de los tratamientos con bioabono en relación al Testigo Absoluto (100%), y al Tratamiento con fertilizante químico.

Variables en estudio	Tratamientos				
	Testigo Absoluto (T ₁)	Fertil. químico (T ₅)	40 m ³ /ha (T ₂)	80 m ³ /ha (T ₃)	120 m ³ /ha (T ₄)
Altura promedio de plantas en cm.	152.72 (100%)	154.39 (101%)	155.02 (102%)	187.17 (122%)	813.75 (120%)
No. de racimos florales /Planta.	11.88 (100%)	13.73 (116%)	12.73 (107%)	16.84 (142%)	16.51 (139%)
No. de frutos formados por planta.	29.40 (100%)	37.27 (127%)	34.32 (117%)	42.42 (144%)	47.29 (161%)
No. total de frutos/parcela útil.	73.48 (100%)	95.23 (130%)	99.40 (135%)	123.49 (168%)	159.07 (216%)
Rendimiento kg/parcela útil 4 m ² .	3.57 (100%)	4.74 (133%)	5.42 (152%)	7.02 (197%)	8.75 (245%)
No. de frutos de 1a. clase.	17.06 (100%)	21.37 (125%)	38.21 (224%)	42.29 (248%)	43.07 (252%)
No. de frutos de 2a. clase.	39.52 (100%)	56.87 (144%)	47.46 (120%)	65.72 (166%)	89.43 (226%)
No. de frutos de 3a. clase.	17.86 (100%)	18.55 (104%)	14.80 (-17%)	14.72 (-18%)	23.74 (133%)

Cuadro 10A. Resultado del Análisis de Suelo en el área de investigación con bioabono y fertilizante químico. ENA. Oct. 1986 a Marzo 1987.

TRATAMIENTO (Promedio)	E L E M E N T O S												SUMATORIA DE BASE*	SATURACION DE BASE*
	pH	P ppm	K ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm	M.O. %	CIC *	Ca *	Mg *	Na *		
Pre-Cultivo														
T1	6.5	44.33	+200	6.43	61.32	21.98	1.83	4.01	23.75	10.26	3.49	0.41	17.38	73.53
T2	6.4	44.00	+200	7.14	48.44	19.73	1.54	3.85	23.00	11.33	3.44	0.29	18.06	79.33
T3	6.2	30.67	+200	5.71	63.46	33.41	2.33	4.05	21.33	9.69	3.34	0.34	15.57	73.26
T4	6.4	47.33	+200	7.67	51.58	21.45	1.73	3.96	23.43	10.25	3.43	0.33	18.13	71.52
T5	6.2	52.33	+200	7.26	34.96	20.04	1.55	4.49	23.42	10.93	3.29	0.31	17.32	74.17
Post-Cultivo														
T1	6.2	44.00	+200	5.00	18.00	22.27	1.83	4.06	24.12	9.31	3.41	0.05	15.70	65.23
T2	6.4	31.31	+200	5.97	37.62	27.20	1.52	4.44	23.35	11.13	3.40	0.05	17.16	73.02
T3	6.1	28.67	+200	5.38	25.95	32.28	2.17	4.12	23.55	8.88	3.11	0.08	14.63	62.52
T4	6.2	52.67	+200	6.33	17.35	22.38	1.47	4.29	25.58	9.39	3.41	0.04	15.66	66.44
T5	6.2	52.00	+200	6.98	19.25	21.85	1.38	4.25	23.95	9.58	3.24	0.07	15.31	64.14

*: meq/100 gramos de suelo.