

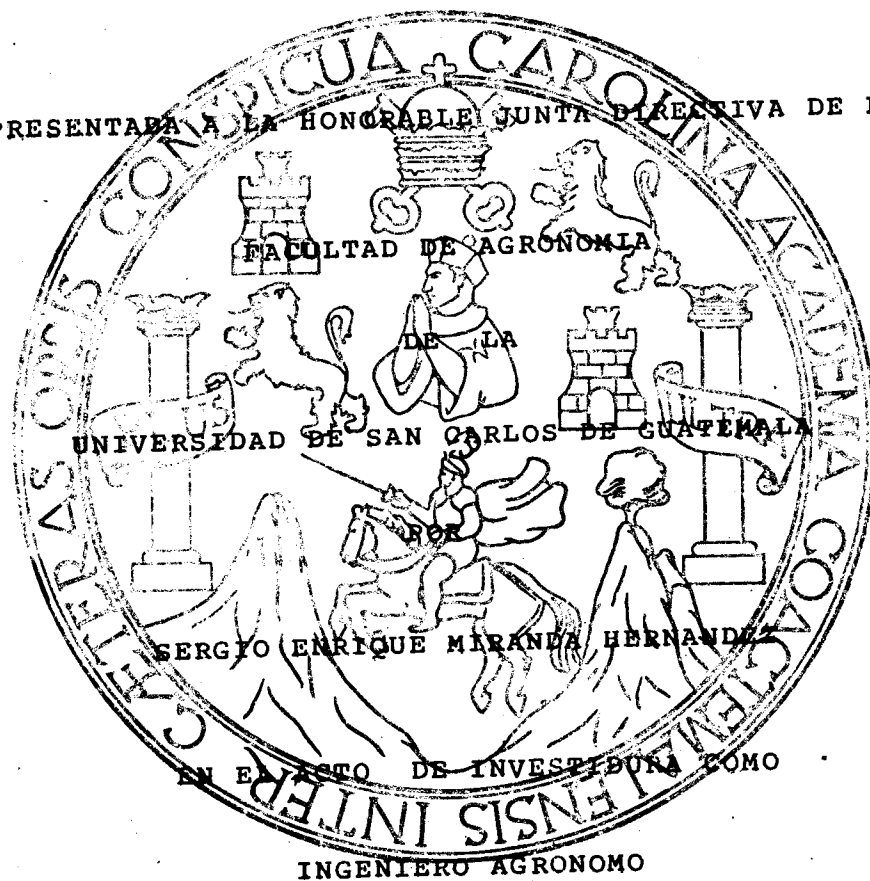
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

"EVALUACION DE LAMINAS DE EFLUENTE DE BIODIGESTOR Y NIVELES DE MACRONUTRIENTES (N-P-K), SOBRE EL CRECIMIENTO EN ALFALFA FORRAJERA (Medicago sativa L.)"

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA



EN EL GRADO ACADEMICO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, 1986

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
T(868)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. Mario Moreno Cámara

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	:	Ing. Agr. César Castañeda
VOCAL 1o.	:	Ing. Agr. Oscar René Leiva R.
VOCAL 2o.	:	Ing. Agr. Jorge Sandoval
VOCAL 3o.	:	Ing. Agr. Mario Melgar
VOCAL 4o.	:	P.A. Leopoldo Jordán
VOCAL 5o.	:	P.A. Axel Gómez Ch.
SECRETARIO	:	Ing. Agr. Luis Castañeda

TRIBUNAL QUE REALIZO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	:	Dr. Antonio Sandoval S.
EXAMINADOR	:	Ing. Agr. Salvador Castillo O.
EXAMINADOR	:	Ing. Agr. Héber Rodríguez A.
EXAMINADOR	:	Ing. Agr. Fredy Hernández Ola
SECRETARIO	:	Ing. Agr. Carlos R. Fernández

Guatemala, noviembre de 1984

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con lo establecido por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"EVALUACION DE LAMINAS DE EFLUENTE DE BIODIGESTOR Y NIVELES DE MACRONUTRIENTES (N-P-K), SOBRE EL CRECIMIENTO EN ALFALFA FORRAJERA (Medicago sativa L.)"

Presentándolo como requisito previo para optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



P.A. Sergio Enrique Miranda Hernández



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

6 de noviembre de 1984

Ing. Agr. César A. Castañeda  
Decano de la  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de  
Guatemala

Señor Decano:

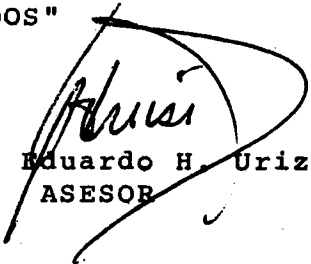
En atención al nombramiento que emitiera, para asesorar al estudiante Sergio Enrique Miranda Hernández, en su trabajo de tesis "EVALUACION DE LAMINAS DE EFLUENTE - DE BIODIGESTOR Y NIVELES DE MACRONUTRIENTES (N-P-K), SOBRE EL CRECIMIENTO EN ALFALFA FORRAJERA (Medicago sativa L.)", informamos a usted que ha sido concluída la asesoría y revisión del documento final.

Por lo antes expuesto, consideramos que el trabajo presentado por el estudiante Miranda Hernández, llena los requisitos de una tesis universitaria, además aporta conocimientos básicos sobre uso y manejo de fertilizantes orgánicos. Asimismo, para que sea sometida a discusión en su Examen General Público.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr.  José A. Chonay  
ASESOR

Ing. Agr.  Eduardo H. Urizar  
ASESOR

ACTO QUE DEDICO

A DIOS SUPREMO CREADOR

A MIS PADRES

Gerardo Miranda Berducido

Julia Laura Hernández de Miranda

A MIS HERMANOS

A MIS SOBRINOS

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION EN ESPECIAL A:

Ing. Agr. Diego León Medrado (Q.E.P.D.)

AL PERSONAL DE EQUIAGRO LTDA.

A MIS AMIGOS Y AMIGAS

TESIS QUE DEDICO

A:

La Escuela Normal Central para Varones de Guatemala

AL:

Instituto Técnico de Agricultura

A:

La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos  
de Guatemala

A:

La Investigación Agrícola

A:

La Agricultura Nacional

## AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES: Ing. Agr. MSc. José Jesús Chonay P.

Por su decidido interés en asesorar, revisar y corregir este trabajo de tesis

Ing. Agr. Eduardo Hiram Urizar

Por su valioso apoyo, colaboración y revisión de esta tesis.

AL PERSONAL TECNICO del proyecto de Biogas del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial - (ICAITI), principalmente a los Ingenieros:

José Antonio Silva

Carlos Alegre y

Víctor Burgos

Quienes prestaron su valioso apoyo moral y material en la ejecución del presente trabajo de investigación.

## CONTENIDO

	Pag.
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE GRAFICAS	v
INDICE DE APENDICE	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
A. Utilización de fuentes energéticas no convencionales	2
B. Características del efluente y biolodo	3
C. Requerimientos de bioabono y biolodo	8
D. Algunas ventajas del proceso en biodigestores	8
E. Información sobre alfalfa ( <u>Medicago sativa</u> L.)	9
III. OBJETIVO E HIPOTESIS	12
IV. MATERIALES Y METODOLOGIA	13
A. Localización del sitio experimental	13
B. Características del suelo	13
1. Origen del suelo utilizado en el experimento	13
2. Ubicación geográfica y características climáticas	14
C. Análisis de suelo	14
1. Análisis físico	15
2. Análisis químico	15
3. Interpretación de análisis físico y químico	16
D. Características medidas	17
E. Método experimental	18



## CONTENIDO

	Pag.
1. Factores en estudio	18
2. Diseño de tratamientos y experimental	18
3. Análisis del Diseño	19
F. Manejo de experimento	21
1. Preparación de suelo	21
2. Fertilización	22
3. Aplicación de láminas de efluente	22
4. Control fitosanitario	22
5. Cortes	24
V. RESULTADOS Y DISCUSION	25
A. Primer corte	25
B. Segundo corte	32
C. Tercer corte	41
VI. CONCLUSIONES	53
VII. BIBLIOGRAFIA	54
VIII. APENDICE	57

## INDICE DE CUADROS

	Pag.
1. Producción de desechos orgánicos en el Perú y su uso energético potencial en 1976	3
2. Resultados analíticos promedio en muestras de estiércol y efluente.	4
3. Comparación entre la producción de nitrógeno por un biodigestor y una abonera de pileta abierta, durante un período de 30 días.	5
4. Resultado del análisis del efluente de biodigestor, ubicado en el municipio de la Nueva Concepción, Escuintla, Guatemala, octubre de 1982.	6
5. Composición del fango de biogas y del efluente de biodigestor en Ta Heh, China	7
6. Análisis proximal de la alfalfa ( <u>Medicago sativa</u> L)	10
7. Temperatura y humedad relativa en el invernadero de la Facultad de Agronomía durante el experimento	13
8. Elementos intercambiables	15
9. Elementos disponibles	16
10 Fechas de cortes de la alfalfa	17
11 Factores y niveles en estudio	18
12 Tratamientos evaluados según espacio de exploración de la matriz Plan Puebla II	19
13 Análisis de las muestras de efluente utilizado	23
14 Análisis de varianza de peso seco en gramos por maceta, para los 27 tratamientos	25
15 Promedio de peso seco en gramos por maceta	26

	Pag.
16. Análisis de varianza de peso seco en gramos por maceta, de los 27 tratamientos	32
17. Análisis de varianza de peso seco en gramos por maceta, para tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla II	33
18. Efecto factorial medio de los tratamientos centrales de la matriz	34
19. Comparación de medias debido al efecto del efluente y niveles de potasio	35
20. Promedio de peso seco en gramos por maceta del segundo corte	36
21. Análisis de varianza de peso seco en gramos por maceta de los 27 tratamientos	41
22. Análisis de varianza de peso seco en gramos por maceta, para tratamientos de la matriz Plan Puebla II	42
23. Efecto factorial medio de los tratamientos de la matriz	43
24. Efecto residual del factor lámina de efluente (L)	44
25. Efecto residual de la interacción nitrógeno-fósforo (NP)	44
26. Comparación de medias entre la prolongación de lámina de efluente en la matriz Plan Puebla II, y el rendimiento promedio de los tratamientos 13, 14, 15 y 16.	45
27. Efecto residual de la interacción nitrógeno-lámina de efluente (NL)	46
28. Promedio de peso seco en gramos por maceta, tercer corte	47
29. Altura de plantas de alfalfa en centímetros para los tres cortes	48

## INDICE DE GRAFICAS

No.		Pag.
1	Efecto del nitrógeno aplicado al suelo en kg/ha sobre el contenido de nitrógeno en planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje.	27
2	Efecto del fósforo aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en hojas de alfalfa expresado en porcentajes	28
3	Efecto del potasio aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en planta de alfalfa, expresado en porcentaje	29
4	Efecto de las láminas de efluente aplicadas al suelo, expresadas en porcentaje con relación al agua de riego, sobre el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa, expresado en porcentaje	30
5	Efecto del nitrógeno aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en la planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje.	37
6	Efecto del fósforo aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa, expresado en porcentaje	38
7.	Efecto del potasio aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje	39
8	Efecto de las láminas de efluente aplicadas al suelo, expresadas en porcentajes con relación al agua de riego, sobre el contenido de nitrógeno en planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje.	40
9	Efecto del nitrógeno aplicado al suelo en kg/ha sobre el contenido de nitrógeno en la planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje	49
10	Efecto del fósforo aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa, expresado en porcentaje.	50

No.

Pag.

- 11 Efecto del potasio aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje. 51
- 12 Efecto de las láminas de efluente aplicadas al suelo, expresadas en porcentaje con relación al agua de riego, sobre el contenido de nitrógeno en planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje. 52

INDICE DE APENDICE

	Pag.
Características de la variedad utilizada	57

## RESUMEN

"EVALUACION DE LAMINAS DE EFLUENTE DE BIODIGESTOR Y NIVELES DE MACRONUTRIENTES (N-P-K) SOBRE EL CRECIMIENTO EN ALFALFA FORRAJERA (Medicago sativa L.)

Guatemala es un país que debe utilizar los recursos naturales que posee. En la actualidad, existen sub-productos y desechos agrícolas rurales y urbanos, que pueden fermentarse en biodigestores para obtener gas metano y el biolodo, el cual puede utilizarse como fertilizante orgánico, pues ayuda a la reducción del uso de fertilizantes químicos, ya que aporta macro y micronutrientes, materia orgánica, fauna y flora microbiana, todos estos factores importantes en suelos de uso agrícola.

El objetivo de la investigación es evaluar la aplicación de diferentes láminas de efluente o biolodo (agua más sólidos) de biodigestor alimentado con estiércol de ganado bovino y la interacción con niveles de N-P-K, en el cultivo de alfalfa forrajera, para determinar:

Lámina de efluente y niveles de N-P-K, sobre el rendimiento de materia seca en alfalfa forrajera, variedad AS-13.

El experimento se condujo en el invernadero de la Facultad de Agronomía, ubicado en la Ciudad Universitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La Unidad Experimental consiste en una maceta de polie

tileno, con capacidad para 3.5 kg de suelo y 10 semillas de alfalfa forrajera.

Para darle respuesta a los objetivos e hipótesis, se evaluaron los siguientes factores: láminas de efluente, niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, con base en peso seco de biomasa en gramos por maceta y el contenido de nutrientes en cada unidad experimental.

El diseño de tratamientos utilizado es el Factorial - Incompleto dentro de la matriz experimental plan prueba II, distribuidos al irrestricto azar, con tres repeticiones.

En la fertilización se aplica: fósforo, potasio y nitrógeno 50% al momento de la siembra y el resto a los 20 días después de la misma. El efluente es aplicado durante los primeros 60 días del cultivo.

Durante el experimento se realizan 3 cortes de las plantas de alfalfa, con intervalos de 30 días.

Con base en los resultados obtenidos, se concluye:

En el peso del primer corte no hay diferencia significativa, se rechaza la hipótesis planteada.

Para el segundo corte, el tratamiento significativo al 10% de probabilidad, corresponde a la aplicación de una lámina con 49% de efluente más 51% de agua de riego y la aplicación de 34 kg/ha de N, 14 kg/ha de P y 52 kg/ha de K.



Para el tercer corte existe efecto significativo al 10% de probabilidad, que corresponde al efecto residual del factor láminas de efluente y de las interacciones N-lámina de efluente y N-fósforo. Para este caso, el tratamiento significativo es lámina con 49% de efluente más 51% de agua de riego; y para las interacciones, los tratamientos significativos son las aplicaciones de 34 kg/ha de N y 14 kg/ha de P.

El menor rendimiento corresponde al tratamiento testigo, al que se le aplica únicamente agua de riego.

## I. INTRODUCCION

Debido a la necesidad de utilizar nuevas fuentes energéticas de bajo costo, en Guatemala se ha incrementado la construcción de biodigestores de tipo familiar y el tipo industrial. Los biodigestores utilizan como materia prima, desechos orgánicos, excretas y residuos de cosechas. Al final del proceso anaeróbico se obtienen dos sub-productos principales:

- a. metano,  $CO_2$  y otros gases (la mezcla se denomina Bio-gas) y
- b. efluente o biolodo, que contiene nutrimentos esenciales para las plantas (19).

El biogás es un sustituto de hidrocarburos y combustibles forestales (7).

La mayoría de biodigestores construidos y en proceso de construcción, están ubicados en lugares aledaños a explotaciones ganaderas. La carga se realiza con estiércol y agua en relación 1 : 1 (17).

En nuestro medio es necesaria la investigación sobre la utilización del efluente como fuente de nutrimentos para las plantas.

El propósito del presente trabajo es evaluar el efecto del efluente proveniente de un biodigestor alimentado con estiércol de ganado bovino y la interacción con la aplicación de niveles de N - P - K, en el rendimiento de materia seca en alfalfa forrajera (Medicago sativa L.)

## II. REVISION DE LITERATURA

### A. Utilización de fuentes energéticas no convencionales

En Latinoamérica, como en todo el mundo, existe una serie de problemas; crisis energética, alimenticia, de contaminación y depredación. La tecnología de la degradación anaeróbica de biomásas, puede colaborar en la resolución de problemas energéticos permanentemente a diferentes escalas, a nivel rural y/o urbano (12).

La eficiencia del proceso de biodegradación bacteriana puede ser hasta del 80%; esto significa alto índice de recuperación energética de residuos orgánicos que actualmente causan problemas de contaminación, como: las excretas, estiércoles, basuras, Jacinto acuático (Hyacinthus sp. L.), residuos agrícolas y forestales (12).

Penagos, 1983, describe a una planta biológica como: "Instalaciones que por un proceso anaeróbico de fermentación transforman las basuras, estiércol, bagazos de citronela, té de limón, pulpa y cascabillo de café, caña de maíz, tazol, aguas cloacales, aserrín de madera, rastrojos y otros desechos orgánicos, en 2 productos fundamentales para el desarrollo económico de los pueblos: Bio-abono y Bio-gás".

Verastegui en 1971, dice que el proceso de fermentación anaeróbica, convierte la materia orgánica en un combustible con alto contenido de metano (bio-gás, dejando un residuo con alto poder fertilizante sin riesgos de contaminación. En el cuadro 1, se enumera información del uso potencial de los desechos orgánicos.

CUADRO 1. Producción de desechos orgánicos en el Perú y su uso energético potencial en 1976.

Estiércol de animales domésticos	Rastrojos de cultivos de cereales y excreta humana.	Kilocalorías de energía - (47% del consumo del país)	Fertilizante
Toneladas métricas/año.	Toneladas métricas/año		Toneladas métricas/año
522.9 x 10 <sup>6</sup>	52.96 x 10 <sup>6</sup>	23.4 x 10 <sup>6</sup>	17.9 x 10 <sup>6</sup>

Verastegui, además informa que en la India, existen más de 10,000 plantas que producen gas y fertilizante, y que en diciembre de 1978, funcionaban 7 millones de biodigestores en la China.

Salazar, Granados y Martínez, 1981, reportan que la república de El Salvador, importa 400,000 toneladas métricas de fertilizante químico por año, por lo que recomiendan la utilización de fertilizantes orgánicos junto con los químicos.

#### B. Características del efluente y biólodo

Salazar, Granados y Martínez, también reportan el análisis de estiércol y efluente utilizado en un experimento, se presenta en el cuadro 2.

CUADRO 2. Resultados analíticos promedio en muestras de es  
tiércol y efluente.

Determinaciones	Estiércol de bovinos (ma- teria prima)	Efluente (subpro- ducto <u>lf</u> quido)	Efluente (subpro- ducto <u>se</u> cado al sol)
Humedad	82,33	93.90	----
pH	-----	6.37	----
Materia orgánica	82,00	75,63	43.05
N	% 1.05	1.68	0.85
P	% 0.81	1.04	0.45
K	% 0.55	0.85	0.26
Ca	% 1.46	1.56	1.28
Mg	% 0.28	0.50	0.50
S	% 0.22	0.30	0.28
Fe	ppm 628,56	1358.58	29705.45
Mn	ppm 153.37	225.88	705.17
B	ppm 0.27	13.10	6.76
Zn	ppm 172.54	310.74	167.73
Cu	ppm 15.25	22.22	55.07
Co	ppm 0.75	0.57	24.54
Mo	ppm trazas	3.70	9.21

Investigaciones hechas en Beijing, China, 1980, muestran la comparación entre la producción de nitrógeno por un biodigestor, con el producido por una abonera de piletta abierta - (degradación aeróbica), durante un período de 30 días, que se muestra en el cuadro 3.

CUADRO 3. Comparación entre la producción de nitrógeno por un biodigestor y una abonera de piletta abierta, durante un período de 30 días.

Tratamiento	Total de nitrógeno		nitrógeno amoniácál	
	%	comparación	%	comparación
Estiércol en bio digestor (anaeróbico)	0.0454	114.00	0.0315	119.4
Estiércol en abo nera de piletta (aeróbico)	0.0339	100.00	0.0264	100.0

El grado de fertilizante, derivado de los desechos de animales y plantas fermentadas anaeróbicamente, está en su contenido de N y P. El 99% del nitrógeno del lodo residual está en forma amoniácál, el cual es fácilmente asimilable por las plantas. Sin embargo, la forma amoniácál es volátil y tiende a perderse en el secado y almacenado (19).

El abono obtenido de las plantas biológicas cargadas con estiércol de vacuno, contiene aproximadamente el 1.5% de nitrógeno, además aporta materia orgánica bien digerida, la cual mejora las condiciones del suelo (11).

El ICAITI, reporta el análisis del efluente del biodigestor ubicado en la Nueva Concepción, Escuintla, Guatemala, octubre de 1982 (10), se aprecia en el cuadro 4.

CUADRO 4. Resultado del análisis del efluente de biodigestor, ubicado en el municipio de la Nueva Concepción, Escuintla, Guatemala, octubre de 1982.

Componentes	Proporción
pH	7.10
Sólidos (105° C)	2.56 %
Humedad (105°C)	97.44 %
Cenizas (850° C)	1.44 %
Nitrógeno (N)	0.085%
Fósforo (como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.058%
Potasio (como K <sub>2</sub> O)	0.14 %
Magnesio (como MgO)	0.022%

Verastégui, 1979, agrega que el lodo residual extraído periódica o continuamente de un biodigestor, puede aplicarse directamente al suelo o bien, almacenarse en fosas y/o ser secado para su aplicación en la sementera. El lodo húmedo retiene el nitrógeno inicial, por lo que recomienda su uso en cultivos alrededor del digestor. El valor fertilizante del lodo puede optimizarse, almacenándolo en fosas o lagunas

de mínima área superficial, para conservar el nitrógeno amoniacal, que se volatiliza al aplicarlo en la superficie del suelo. La forma de aplicar el lodo digerido, es enterrarlo unos 5 días antes de la siembra o en el momento de la misma.

La Brigada de producción de Ta Heh, China, 1977, comunica la composición del fango-efluente de digestor, la cual se muestra en el cuadro 5.

CUADRO 5. Composición del fango de biogas y del efluente de biodigestor en Ta Heh, China

Componente	Fango	Efluente
N*	650 ppm	500 ppm
P*	40 ppm	15 ppm
K	9,400 ppm	2,000 ppm
Materia orgánica	35 %	

\* = Asimilable

Existen algunos resultados de experimentos realizados, en los cuales se utilizó efluente como fertilizante, como los que se muestran a continuación.

En Beijing, China, 1980, se realizaron experimentos de campo, en los cuales, los resultados mostraron que la aplicación de biolodo producido del estiércol tratado en un biodigestor, en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), aumentó la producción de la cosecha en 9.7% en relación al uso de compost, y en un 12% comparado con estiércol tratado en abo- nera de pileta (17).

En Ta Heh, China, 1977, se llevó a cabo un experimento práctico, en el cual se determinó que con la



aplicación de efluente a cultivos de trigo, se obtienen más retoños y espigas, que con cloruro de amonio como fuente de nitrógeno.

### C. Requerimientos de bioabono y efluente

Gómez y Viniegra, 1979, hacen una suposición basada en experimentos previos, que para una producción de 200 kg/ha de nitrógeno, equivale al uso anual de 678 mt<sup>3</sup> de efluente (estiércol digerido) por hectárea, el cual representa un uso diario de 1.86 mt<sup>3</sup>; así, un biodigestor tamaño familiar de 10 mt<sup>3</sup>, con un tiempo de retención bajo (30 días), podría ser capaz de fertilizar aproximadamente 0.18 hectáreas de cosechas de hortalizas bajo cultivo intensivo. La implicación práctica importante de esta tecnología, es que podría ser un medio de utilización del efluente en pequeñas áreas cerca de los digestores.

Salazar, 1981, informa que un metro cúbico de efluente puede fertilizar 100 mt<sup>2</sup> de terreno por año, o sea que se necesitan 100 mt<sup>3</sup> de efluente por hectárea por año.

Se recomienda un metro cúbico diario, para fertilizar una manzana de terreno (7).

### D. Algunas ventajas del proceso en biodigestores

El biólodo o efluente obtenido de la fermentación a maeróbica carece de olor desagradable y no atrae insectos (14).

Disposición y tratamiento de los desechos orgánicos, reducen la contaminación ambiental y los peligros para la sa lud pública (3).

Es una forma fácil para deshacerse de los desechos agropecuarios y urbanos que provocan problemas a los animales, como también al hombre (13).

En un biodigestor no se pierde nitrógeno volátil por estar encerrado, tener baja temperatura y fijarse en compuestos orgánicos, no hay lixiviación de hormonas ni de los macronutrientes (12).

Verastegui, reporta que en Cajamarca, Perú, con el propósito de determinar la carga parasitaria del estiércol que se agrega periódicamente al digestor y el grado sanitario de los efluentes, se han realizado análisis biológicos de muestras de estos materiales y se ha reportado que el 95% de los huevos de parásitos mueren dentro de la cámara de digestión (20).

#### E. Información sobre alfalfa (Medicago sativa L.)

La alfalfa es un forraje de alto valor nutritivo utilizado en alimentación de ganado bovino, porcino y otros. Pertenece a la familia de las leguminosas, planta perenne, con tallos tiernos cuadrados, las hojas poseen vellocidades esparcidas, los folíolos son oblongos y cuneiformes, las flores de color violeta, de donde brotan pequeñas vainas en cartuchadas que contienen de 2 a 6 semillas. En la unión entre el tallo y la raíz, forma la corona, de donde brotan varios tallos. Esta adaptada a los climas frío y templado (9).

En cuanto a nutrimentos, la alfalfa es exigente especialmente en cuanto a fósforos y azufre. Las plantaciones adultas responden a las aplicaciones de potasio. Se requieren alrededor de 10 libras de semilla por manzana (9).

Las variedades comerciales que se encuentran bien definidas en Guatemala son: La Peruana, La Africana y la Hunter River (9).

Bressani, 1968, realizó un estudio en el cual determinó la composición de productos y especies vegetales que pueden utilizarse como forraje; dentro de éstas incluye a la alfalfa, mostrándose sus componentes en el cuadro 6

CUADRO 6. Análisis proximal de la alfalfa (Medicago sativa L.)

Componentes	Contenido (promedio)	
Materia seca	89.0	%
Extracto libre de N	34.5	%
Extracto heteréneo	3.8	%
Fibra cruda	23.5	%
Nitrógeno	2.96	%
Proteína (N x 6,25)	18.5	%
Cenizas	8.8	%
Calorías	200.0	%
<b>Minerales</b>		
Ca	1147.0	mg/100 gr
P	419.0	mg/100 gr
Fe	32.2	mg/100 gr
<b>Vitaminas</b>		
Tiamina	0.30	mg/100 gr
Riboflavina	0.72	mg/100 gr
Niacina	4.98	mg/100 gr
Caroteno	10.98	mg/100 gr

Buller, Sánchez y Garza, 1960, concluyeron una investi  
gación iniciada en 1956, en el campo experimental de Cal Gran  
de, Bajío de México, a una altura de 1680 metros sobre el ni-  
vel del mar, con una precipitación de 950 milímetros anuales.  
La variedad utilizada fue Velluda Peruana. Ellos recomien-  
dan que se coseche la alfalfa cuando alcance un 10% de flora  
ción, para el período de febrero a noviembre, con un interva  
lo entre cortes, es de 32 días.

### III. OBJETIVO E HIPOTESIS

#### A. OBJETIVO

Evaluar la aplicación de diferentes láminas de efluente de biodigestor alimentado con estiércol de ganado bovino y su interacción con niveles de N - P - K, en el cultivo de la alfalfa forrajera (Medicago sativa L.)

#### B. HIPOTESIS

La utilización de efluente y niveles de N - P - K, incrementa el rendimiento de materia seca de alfalfa forrajera (Medicago sativa L.)

#### IV. MATERIALES Y METODOLOGIA

##### A. Localización del sitio experimental

El experimento se realiza en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, cuya localización geográfica es: 14°15' latitud norte y 40°31' longitud oeste, a una altura de 1500 metros sobre el nivel del mar.

El cuadro 7 muestra el promedio de Temperatura y humedad relativa del invernadero.

CUADRO 7. Temperatura y humedad relativa en el invernadero de la Facultad de Agronomía durante el experimento.

Mes	Temperatura en °C	Humedad relativa
Marzo/83	23.60	65.90
Abril/83	29.50	59.80
Mayo/83	28.14	64.22
Junio/83	27.70	67.40

##### B. Características del suelo

###### 1. Origen del suelo utilizado en el experimento

Según Simmons, Tárano y Pinto, 1957, los suelos de Bárcena pertenecen a la División Fisiográfica I, correspondiente a los suelos de la Altiplanicie Central, de la serie Guatemala, cuyas características son:

Suelo superficial; color café muy oscuro, textura y consistencia franco arcilloso friable, espesor aproximado de 30 a 50 cm.

Subsuelo; color café rojizo, consistencia friable (plástica cuando húmeda), textura arcillosa y espesor aproximado de 50 a 100 cm.

Declive dominante de 0 a 2%, drenaje lento, muy alta capacidad de abastecimiento de humedad, no existe ninguna capa que limite la penetración de las raíces de las plantas y posee bajo peligro de erosión.

## 2. Ubicación geográfica y características climáticas

Las coordenadas en las cuales se encuentra situada la finca Bárcena son, 14° latitud norte y 90° longitud oeste, a 1450 metros sobre el nivel del mar.

La precipitación oscila entre 760 a 1130 milímetros. La temperatura máxima y mínima anual es 30°C y 7° (8).

## C. Análisis de suelo

Para el presente trabajo de investigación, se caracteriza el suelo en las siguientes propiedades físicas y químicas, cuyos resultados se muestran a continuación.

1. Análisis físico:

- a) Profundidad de muestra = de 0,30 cm.
- b) Clase textural = Franco arcillo Arenoso
  - % Arcilla = 24
  - % Limo = 27
  - % Arena = 49
- c) Constantes de humedad
  - i. Contenido de humedad
    - a 1/3 de atmósfera = 38.88%
  - ii. Contenido de humedad
    - a 15 atmósferas = 17.12%
- d) Densidad aparente = 1.12 gr/cm<sup>3</sup>

2. Análisis químico

En los cuadros 8 y 9, se muestran los resultados del análisis químico

CUADRO 8. Elementos intercambiables

CIC	meq/100 ml de suelo --					
	Ca	Mg	Na	K	H	% SB
31.18	10.78	4.97	0.26	1.8	13.37	57.12



CUADRO 9. Elementos disponibles

pH	ppm		meq/100 gr	
	P	K	Ca	Mg
6.3	20.83	460	11.22	4.11

### 3. Interpretación de análisis físico y químico

Según los resultados del análisis físico, se puede decir que el suelo utilizado para el experimento tiene una clase textural franco-arcillo-arenosa.

Las características químicas son las siguientes:

CIC, Capacidad de Intercambio Catiónico, se considera adecuada, por tener un valor mayor que 20

%SB, Porcentaje de Saturación de Bases, se considera adecuado

pH, Se considera levemente ácido.

Niveles:

Fósforo, se considera adecuado

Potasio, se considera alto

Calcio, se encuentra adecuado

Magnesio, se considera adecuado.

La relación Ca/Mg es 2:1, considerada baja en este suelo.

D. Características medidas

Para probar la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación, se miden las siguientes características:

1. Altura de plantas en centímetros, en cada corte
2. Rendimiento en gramos/maceta de materia seca de cada corte.

Los cortes se realizan a cada 30 días a partir de la fecha de siembra, se muestra en el cuadro 10.

CUADRO 10, Fechas de cortes de la alfalfa

Actividad	Fecha
Siembra	25/marzo/83
1o. corte	26/abril/83
2o. corte	24/mayo/83
3o. corte	22/junio/83

En cada corte se analiza el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre y zinc de plántulas.

## E. Método Experimental

### 1. Factores en estudio

Para la ejecución del experimento se evalúan cinco niveles de efluente, nitrógeno, fósforo y potasio, se muestran en el cuadro 11.

CUADRO 11. Factores y niveles en estudio

Factor		Niveles				
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% de nitrógeno

TPS = 46% de  $P_2O_5$

K = muriato de potasio 60% de  $K_2O$

### 2. Diseño de tratamientos y experimental

El diseño de tratamientos es Factorial Incompleto dentro de la matriz Plan Puebla II.

Los tratamientos se distribuyen completamente al azar con 3 repeticiones cada unidad experimental se muestran en el listado de tratamientos en el cuadro 12.

CUADRO 12. Tratamientos evaluados según espacio de exploración de la matriz Plan Puebla II

Tratamiento	N P K			Proporción	
	kg/ha			% efluente	% agua
1	34	14	28	31	69
2	34	14	28	49	51
3	34	14	52	31	69
4	34	14	52	49	51
5	34	26	28	31	69
6	34	26	28	49	51
7	34	26	52	31	69
8	34	26	52	49	51
9	46	14	28	31	69
10	46	14	28	49	51
11	46	14	52	31	69
12	46	14	52	49	51
13	46	26	28	31	69
14	46	26	28	49	51
15	46	26	52	31	69
16	46	26	52	49	51
17	40	20	40	40	60
18	22	14	28	31	69
19	58	26	52	49	51
20	34	2	28	31	69
21	46	38	52	49	51
22	34	14	4	31	69
23	46	26	76	49	51
24	34	14	28	13	87
25	46	26	52	67	33
26	0	0	0	100	0
27	0	0	0	0	100

### 3. Análisis del diseño

a) Modelo estadístico lineal de análisis de varianza para la interpretación de resultados:

$$Y_{lmno} = U + N_1 + P_m + K_n + L_o + N_1K_n + N_1L_o + P_mK_n + P_mL_o + K_nL_o + N_1P_mK_n + N_1P_mL_o + N_1K_nL_o + N_1P_mK_nL_o + E_{lmno}$$

$Y_{lmno}$  = Variable respuesta del lmno-ésimo nivel del NPKL-ésimo factor

- $N_1$  = Efecto del 1-ésimo nivel del factor nitrógeno
- $P_m$  = Efecto del m-ésimo nivel del factor fósforo
- $K_n$  = Efecto del n-ésimo nivel del factor potasio
- $L_o$  = Efecto del o-ésimo del factor lámina de efluente
- $U.$  = Efecto de media general

Efecto de las interacciones:

Segundo orden:  $N_1 P_m, N_1 K_n, P_m K_n, P_m L_o, K_n L_o, N_1 L_o$

Tercer orden :  $N_1 P_m K_n, N_1 P_m L_o, N_1 K_n L_o, P_m K_n L_o$

Cuarto orden :  $N_1 P_m K_n L_o$

$E_{lmno}$  = Error experimental asociado a la lmo-ésima observación.

Los niveles para los niveles son:

$l$  = 22, 34, 40, 46 y 58 kg de N/ha

$m$  = 2, 14, 20, 26 y 38 kg de P/ha

$n$  = 4, 28, 40, 52 y 76 kg de K/ha

$o$  = 13, 31, 40, 49, 67 % de efluente en agua de riego

b) Análisis de varianza del diseño completamente al azar para 27 tratamientos y 25 tratamientos de la matriz, de las características medidas.

c) Separación de medias por los siguientes estadísticos:

i) Diferencia mínima significativa entre medias comparadas (DMS)

ii) Efecto mínimo significativo (EMS)

iii) Prueba de Tukey o diferencia significativa honesta (DSH)

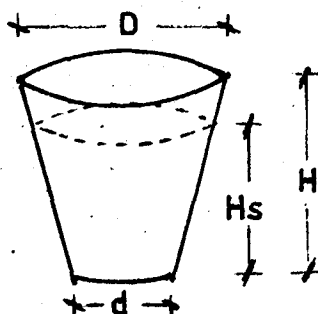
### F. Manejo de experimento

#### 1. Preparación de suelo

A las macetas de polietileno se les agregó 3.5 kilogramos de suelo.

Las dimensiones de las macetas utilizadas en el experimento se muestran en la figura 1.

Figura 1



D = diámetro superior  
19.5 cm

d = diámetro inferior  
17.5 cm

H = Altura de maceta  
14.45 cm

Hs = Altura de suelo  
12 cm

La siembra se realizó el 25 de marzo de 1983, con semillas de la variedad AS-13, cuyas características se detallan en el apéndice. La densidad de siembra es el equivalente a 10 lb de semilla por manzana.

## 2. Fertilización

Las dosis de los fertilizantes correspondientes a los tratamientos de N - P - K, se aplicaron de la manera siguiente:

- a) El P y el K al momento de la siembra
- b) El N, 50% de la dosis al momento de la siembra y el 50% a los 20 días después de la misma.

## 3. Aplicación de láminas de efluente

Para determinar la lámina de humedad, se utiliza la ecuación siguiente:

$$L = \frac{CC - PMP}{100} \times Dap \times \text{Prof. de suelo}$$

- Dap = Densidad aparente del suelo
- L = Lámina de riego a aplicar en cm
- CC = % de humedad a capacidad de campo
- PMP = % de humedad a punto de marchitez permanente
- Prof. de suelo = Profundidad de suelo en la maceta

La lámina de riego por maceta es de 2.93 cm.

La frecuencia de riego se determina mediante control de humedad en las macetas, por el método de pesado en balanza colgante.

El efluente que se utiliza en el experimento proviene de el biodigestor tipo Industrial, construido por el ICAITI

en el Instituto Técnico de Agricultura, Bárcena, Villa Nueva, el cual es de carga continua y la relación estiércol de ganado bovino y agua es 1 : 1.

En el desarrollo del trabajo, se utilizan tres diluciones de efluente en agua denominados: Mezcla "A", Mezcla "B" y Mezcla "C", que fueron analizados en los laboratorios del ICATTI, para determinar su contenido de elementos mayores, elementos menores y el porcentaje de sólidos totales, se detallan en el Cuadro 13.

CUADRO 13. Análisis de las muestras de efluente utilizado

Elemento Base húmeda	Efluente "A"	Efluente "B"	Efluente "C"
Nitrógeno (N)	0.00011%	0.118%	0.15%
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.07 %	0.10 %	0.11%
Potasio (K <sub>2</sub> O)	0.042 %	0.052%	0.095%
Magnesio (MgO)	0.020 %	0.035%	0.032%
Calcio (CaO)	0.085 %	0.36 %	0.32 %
Cobre (Cu)	0.25 ppm	1.42 ppm	1.1 ppm
Zinc (Zn)	1.00 ppm	4.65 ppm	5.0 ppm
Sólidos totales	0.73 %	7.31 %	6.68 %

#### 4. Control fitosanitario

Aplicación de Curater al momento de la siembra, preventivamente contra plagas.



El control de malezas se realiza en forma manual.

5. Cortes

Se efectuaron 3 cortes, midiéndose las siguientes características.

- a. Altura de plantas en centímetros
- b. Corte de plantas en cada maceta
- c. Pesado de materia seca en balanza analítica
- d. Molido a 20 mallas en molino
- e. Las muestras de materia seca de cada tratamiento, fueron enviadas a los laboratorios del ICAITI y ANACAFE para el análisis foliar.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados medidos en tres cortes de alfalfa, a intervalos de 30 días. Para la discusión, se presentan los análisis de varianza del peso, debido al efecto de los factores estudiados.

### A. Primer corte

Peso seco.

CUADRO 14. Análisis de varianza de peso seco en gramos por maceta, para los 27 tratamientos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada 5%
Tratamientos	26	0.1560	1.0202NS	1.7103
Error	54	0.1529		
Total	80			

C.V. = 10.85%

NS = No significativo al 5% de probabilidad.

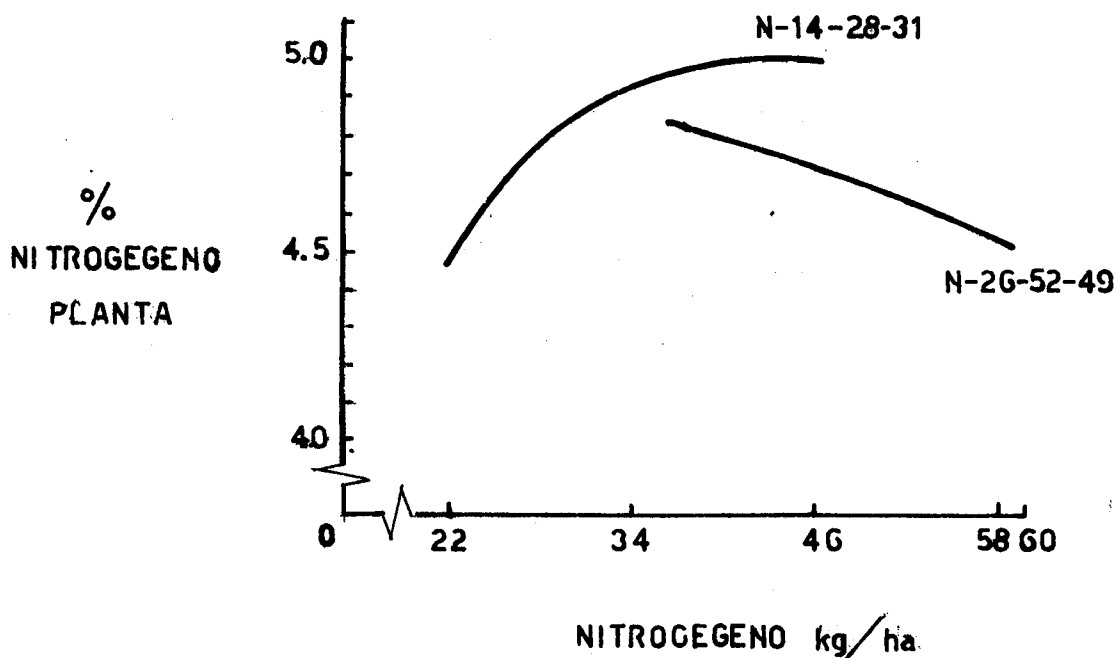
En el cuadro 14, se muestra el análisis de varianza para los 27 tratamientos, se aprecia que no existe efecto significativo de las variables estudiadas y el coeficiente de variación es 10.85%

CUADRO 15. Promedio de peso seco en gramos por maceta

Tratamiento	N	P	K	*L	Promedio de peso seco gramos/maceta
	kg/ha			% Efl.	
1	34	14	28	31	3.69 50
2	34	14	28	49	3.6189
3	34	14	52	31	3.4817
4	34	14	52	49	3.3761
5	34	26	28	31	3.5952
6	34	26	28	49	3.1458
7	34	26	52	31	3.7948
8	34	26	52	49	3.5670
9	46	14	28	31	3.8362
10	46	14	28	49	3.9444
11	46	14	52	31	3.5388
12	46	14	52	49	3.4698
13	46	26	28	31	3.9572
14	46	26	28	49	3.5217
15	46	26	52	31	3.1504
16	46	26	52	49	3.6086
17	40	20	40	40	3.8587
18	22	14	28	31	3.8098
19	58	26	52	49	3.6913
20	34	2	28	31	3.7266
21	46	38	52	49	3.5612
22	34	14	4	31	3.8833
23	46	26	76	49	3.4501
24	34	14	28	13	3.6092
25	46	26	52	67	3.4451
26	0	0	0	100	3.5078
27	0	0	0	0	2.8277

\*L = % de efluente en agua de riego aplicada al suelo para llevarlo a capacidad de campo.

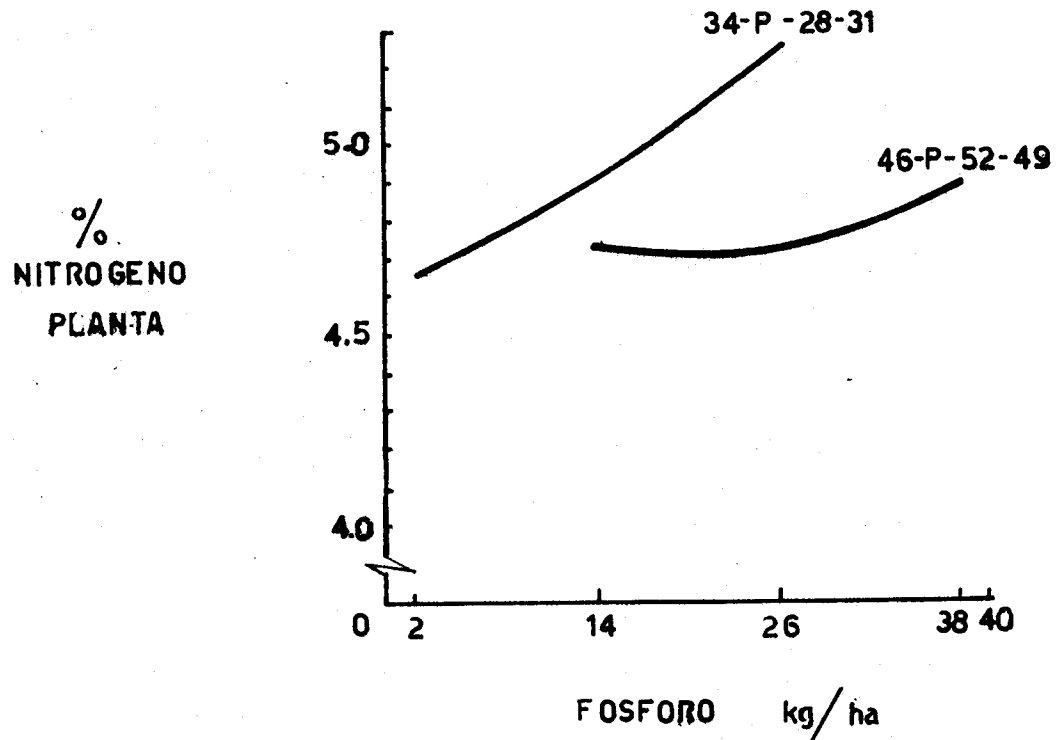
Como se puede observar en el Cuadro 15, los valores de los promedios, que incluyen los tratamientos 26 y 27, se encuentran comprendidos entre 2.8277 gramos por maceta cuando no se adiciona bioabono y 3.9572 gramos por maceta, con la aplicación de 100% de efluente como riego.



GRAFICA 1.

Efecto del nitrógeno aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje.

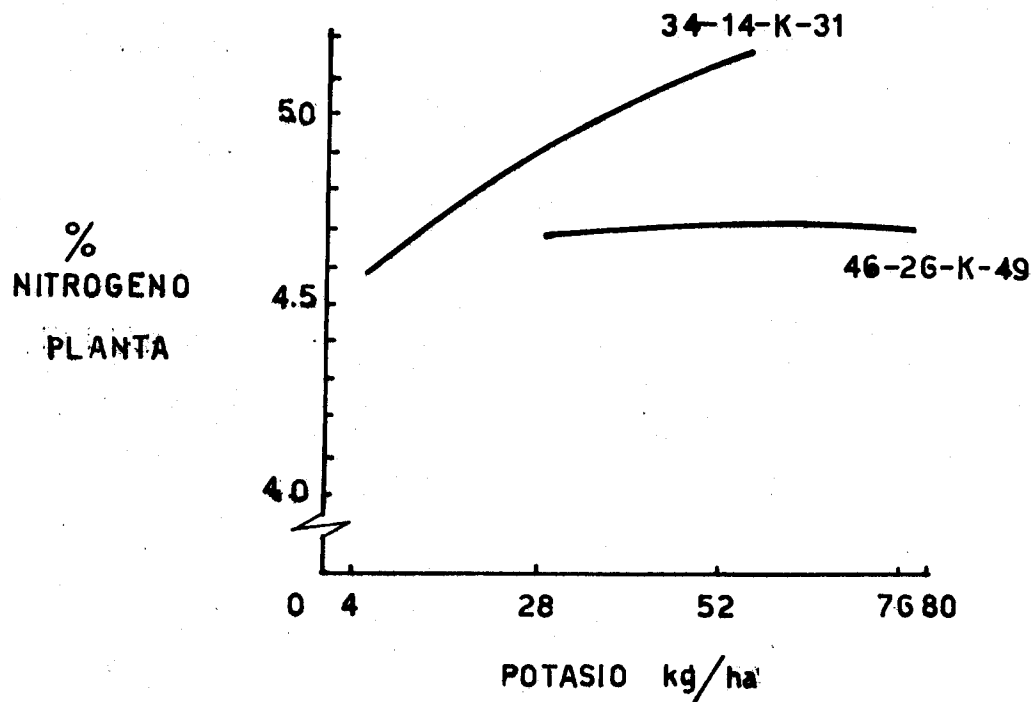
En la curva N-14-28-31, se observa que al incrementar la cantidad de nitrógeno aplicado al suelo en kg/ha, hay un aumento en el contenido de nitrógeno en la planta, mientras en la curva N-26-52-49, se observa que al incrementar la aplicación de nitrógeno de 34 a 68 kg/ha, hay una disminución del porcentaje de nitrógeno en la planta.



GRAFICA 2.

Efecto del fósforo aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en hojas de alfalfa expresado en porcentaje.

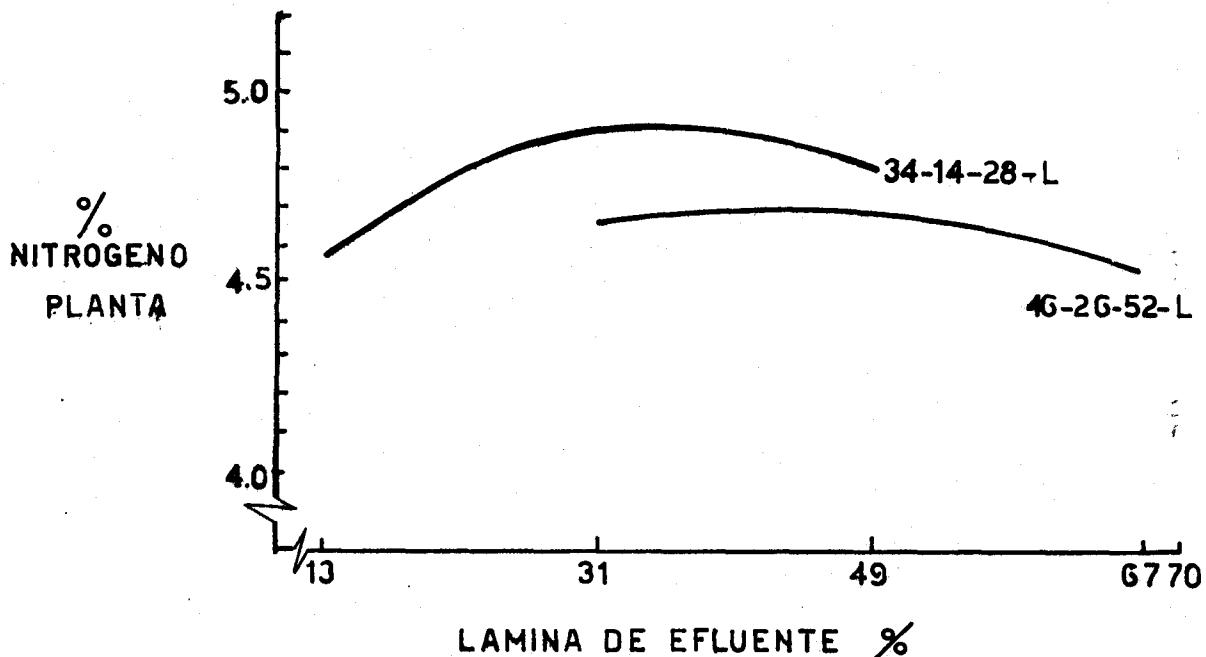
En la curva 34-P-28-31, se observa que al incrementar la aplicación de fósforo al suelo, de 2 a 26 kg/ha, ocurre un incremento en el contenido de nitrógeno en planta, mientras que la curva 46-P-52-49, puede apreciarse que al incrementar la aplicación de fósforo al suelo, de 14 a 38 kg/ha, ocurre un incremento en el contenido de nitrógeno en planta completa.



GRAFICA 3.

Efecto del potasio aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en planta de alfalfa, expresado en porcentaje.

En la curva 34-14-K-49, se aprecia que al incrementar la cantidad de potasio aplicado al suelo, de 4 a 52 kg/ha, se observa un aumento en el contenido de nitrógeno en planta, como también, en la curva 46-26-K-29, puede observarse que al aplicar de 28 a 76 kg/ha de potasio al suelo, ocurre un leve incremento en el contenido de nitrógeno en planta.



GRAFICA 4.

Efecto de las láminas de efluente aplicadas al suelo, expresadas en porcentaje con relación al agua de riego, sobre el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa, expresado en porcentaje.

En la curva 34-14-28-L, puede observarse que al aumentar la lámina de efluente aplicado al suelo de 13 a 31% en agua de riego, hay un incremento en el contenido de nitrógeno en la planta, así mismo, en la curva 46-26-52-L, puede observarse que al incrementar la lámina de 31 a 49% de efluente en agua de riego, existe un leve incremento del nitrógeno foliar, y al aumentar la lámina de 49 a 67% hay un descenso en el contenido de nitrógeno en la planta.

B. Segundo corte

Peso seco

CUADRO 16. Análisis de varianza de peso seco en gramos por maceta, de los 27 tratamientos

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F Tabulada 1%
Tratamientos	26	6.48050	12.286**	2.141
Error	54	0.52747		
Total	80			

C.V. = 9.68%

\*\* = Significativo al 1% de probabilidad.

Como se observa en el cuadro 16, en el análisis de varianza del segundo corte, sí existe diferencia significativa entre tratamientos, debido al efecto de los factores en estudio. El coeficiente de variación es 9.68%



CUADRO 17. Análisis de varianza de peso seco en gramos por maceta, para tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla II

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada 5%
Tratamiento	24	1.62038	2.1453*	1.745
Error	50	0.54165		
Total	74			

C.V. = 9.75%

\* = Significativo al 5% de probabilidad

En el cuadro 17, se aprecia que existe diferencia significativa al 5% de probabilidad entre los factores en estudio. El coeficiente de variación es 9.75%

CUADRO 18. Efecto factorial medio de los tratamientos centrales de la matriz.

Tratamiento	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	L %Efl	Rendimiento de biomasa, materia se- ca en gra- mos/maceta	Efecto fac- torial me- dio en gra- mos/maceta	Factor
1	34	14	28	31	20.6509	7.71912	M
2	34	14	28	49	26.6509	0.50693*	(L)
3	34	14	52	31	21.7917	0.52880*	(K)
4	34	14	52	49	24.2377	-0.09096	(LK)
5	34	26	28	31	20.4876	-0.18990	(P)
6	34	26	28	49	22.0893	-0.23497	(PL)
7	34	26	52	31	25.4878	0.36400	(PK)
9	46	14	28	31	23.0669	0.07052	(N)
10	46	14	28	49	22.8787	-0.12446	(NL)
11	46	14	52	31	23.8080	0.06298	(NK)
12	46	26	28	31	21.6628	-0.08050	(NP)

Efecto Mínimo Significativo 10% = 0.3787

\* Significativo al 10% de probabilidad.

En el cuadro 18, se observa que existe significancia al 10% de probabilidad, es decir, la diferencia que existe entre tratamientos, es provocada por los factores: lámina de efluente (L) y potasio (K).

CUADRO 19. Comparación de medias debido al efecto del efluente y niveles de potasio.

kg de potasio/ha	% de efluente en agua de riego	Promedio de 4 tratamientos gramos/maceta	
28	31	7.1640	c
28	49	7.7536	b
52	31	7.7756	b
49	49	8.1916	a

Diferencia Mínima Significativa 10% = 0.4164

Las medias con la misma letra indican que son iguales al 10% de probabilidad.

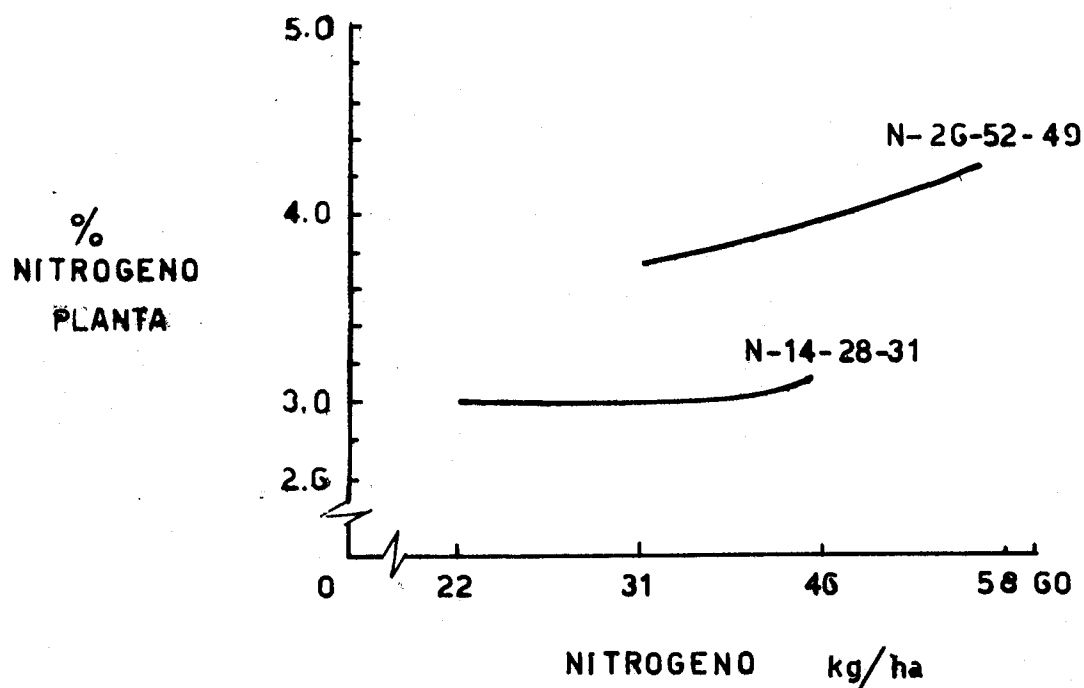
Como se puede apreciar en el Cuadro 19, el tratamiento significativo, corresponde a la aplicación de: 52 kg/ha de  $K_2O$  y una lámina de 49% de efluente más 51% de agua de riego.

Al comparar los promedios de peso seco de los tratamientos centrales de la matriz con los valores promedio de las prolongaciones, que corresponde a los niveles de nitrógeno y fósforo, no existe diferencia significativa al 5% de probabilidad, es decir, que se deben utilizar los niveles de nitrógeno y fósforo más bajos evaluados, que corresponden a: 34 kg/ha de N y 14 kg/ha de  $P_2O_5$ .

CUADRO 20. Promedio de peso seco en gramos por maceta del segundo corte.

Tratamiento	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	L %Efl.	Promedio peso seco gramos/maceta
1	34	14	28	31	6.8836
2	34	14	28	49	8.7275
3	34	14	52	31	7.2639
4	34	14	52	49	8.0792
5	34	26	28	31	6.8625
6	34	26	28	49	7.3631
7	34	26	52	31	8.4959
8	34	26	52	49	7.2884
9	46	14	28	31	7.6889
10	46	14	28	49	7.6262
11	46	14	52	31	7.9360
12	46	14	52	49	8.3071
13	46	26	28	31	7.2209
14	46	26	28	49	7.2974
15	46	26	52	31	7.4067
16	46	26	52	49	8.5516
17	40	20	40	40	7.0756
18	22	14	28	31	7.1291
19	58	26	52	49	7.4342
20	34	2	28	31	6.7414
21	46	38	52	49	7.5901
22	34	14	4	31	6.8112
23	46	26	76	49	8.4927
24	34	14	28	13	6.5030
25	46	26	52	67	7.3698
26	0	0	0	100	11.7591
27	0	0	0	0	2.2541

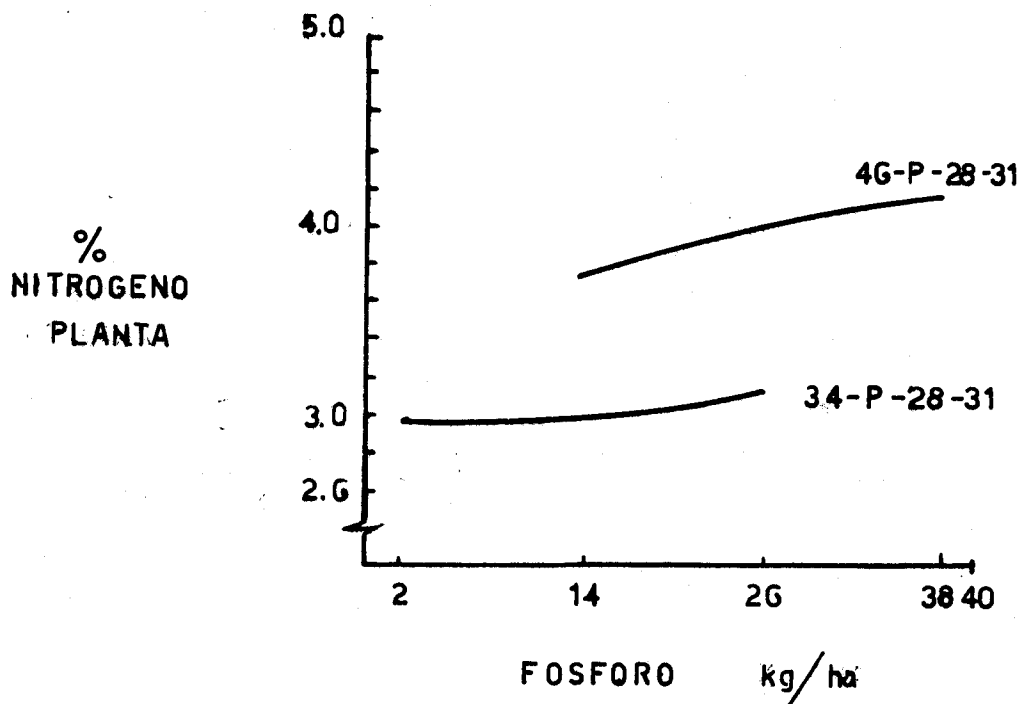
En el cuadro 20, puede observarse que el valor de peso seco promedio mayor, corresponde a la aplicación de una lámina de efluente del 100%, y el menor valor correspondiente al tratamiento sin aplicación de los factores evaluados. Los demás promedios de los tratamientos varían entre 6 y 8.8 gramos por maceta.



GRAFICA 5.

Efecto del nitrógeno aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en la planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje.

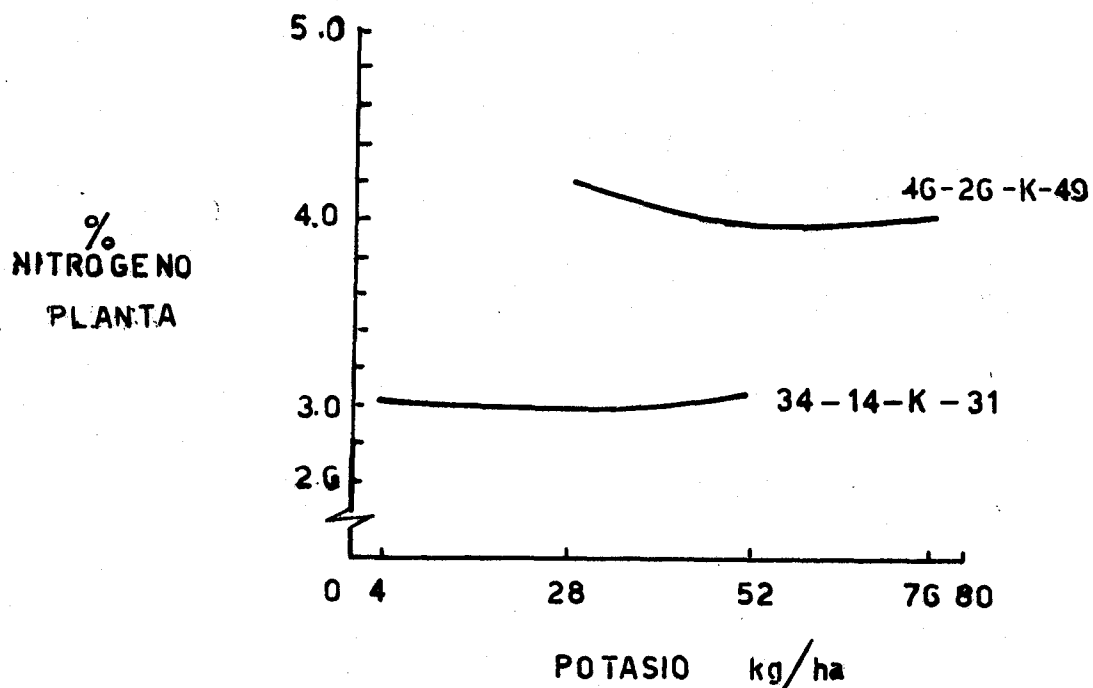
En la curva N-14-28-31, puede apreciarse que al aumentar de 22 a 46 kg/ha la aplicación de nitrógeno al suelo, ocurre un leve incremento en el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa, y en la curva N-26-52-49, se observa que al aumentar la aplicación de nitrógeno al suelo, de 31 a 58 kg/ha, ocurre un incremento en el contenido de nitrógeno en la planta.



GRAFICA 6.

Efecto del fósforo aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa, expresado en porcentaje.

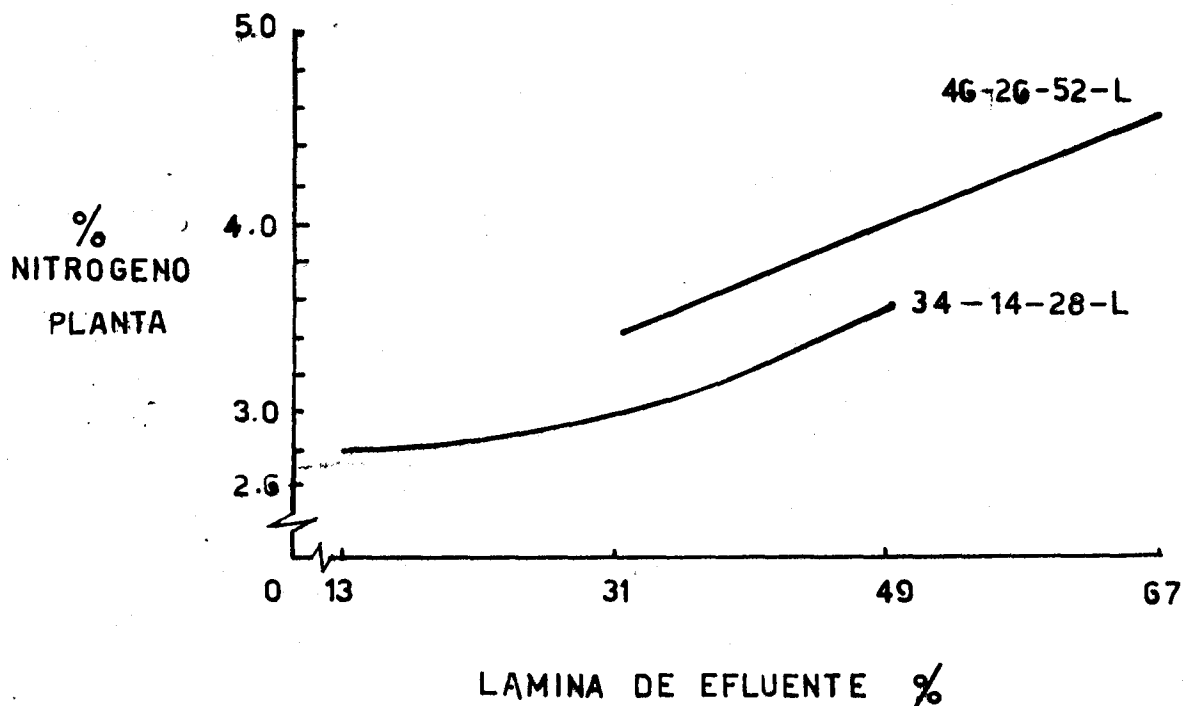
En la curva 34-P-28-31, se observa que al incrementar la cantidad de fósforo aplicado al suelo de 2 a 26 kg/ha, ocurre un incremento en el contenido de nitrógeno en la planta completa de alfalfa, y en la curva 46-P-28-31, también se observa un incremento de nitrógeno en la planta, al aumentar de 14 a 38 kg/ha de fósforo aplicado al suelo.



GRAFICA 7.

Efecto del potasio aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje.

En la curva 34-14-K-31, se aprecia un leve incremento en el contenido de nitrógeno en planta de alfalfa, al aumentar de 4 a 52 kg/ha la aplicación de potasio al suelo, mientras que en la curva 46-26-K-49, se observa que al aumentar la aplicación de potasio al suelo de 28 a 42 kg/ha, existe un descenso en el contenido de nitrógeno en planta de alfalfa y al aumentar de 52 a 76 kg/ha la aplicación de potasio al suelo, ocurre un leve incremento en el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa.



GRAFICA 8.

Efecto de las láminas de efluente aplicadas al suelo, expresadas en porcentaje con relación al agua de riego, sobre el contenido de nitrógeno en planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje.

En la curva 34-14-28-L, puede apreciarse que al aumentar de 13 a 49% la lámina de efluente aplicada al suelo en agua de riego, ocurre un considerable incremento en el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa, como también en la curva 46-26-52-L, se aprecia un incremento considerable en el contenido de nitrógeno en la planta completa de alfalfa, al aumentar la lámina de efluente de 31 a 67%.



C. Tercer corte

Peso seco, debido al efecto residual de los niveles de N-P-K al primer corte y a las láminas de efluente aplicado durante el primero y segundo corte.

CUADRO 21. Análisis de varianza de peso seco en gramos por maceta de los 27 tratamientos

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada 1%
Tratamientos	26	6.326005	11.1635**	2.1441
Error	54	0.566833		
Total	80			

C.V. = 12.35%

\*\* = Significativo al 1% de probabilidad

Se aprecia en el cuadro 21, que existe diferencia significativa al 1% de probabilidad, debido al efecto residual de los factores en estudio.

El coeficiente de variación es 12.35%.

CUADRO 22. Análisis de varianza de peso seco en gramos por maceta, para tratamientos de la matriz Plan Puebla II

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada 1%
Tratamientos	24	4.00488	6.72942**	2.141
Error	50	0.59513		
Total	74			

C.V. = 12.37%

\*\* = Significativo al 1% de probabilidad

En el cuadro 22, puede apreciarse que existe diferencia significativa al 1% de probabilidad, debido al efecto residual de los factores en estudio, y el coeficiente de variación es 12.37%.

CUADRO 23. Efecto factorial medio de los tratamientos de la matriz

Tratamiento	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	L %Efl.	Rendimiento de biomasa, materia seca en gramos/maceta	Efecto factorial medio en gramos/maceta	Factor
1	34	14	28	31	18.5748	6.32218	M
2	34	14	28	49	22.0251	1.33294*	(L)
3	34	14	52	31	18.0426	-0.13858	(K)
4	34	14	52	49	21.4236	0.02378	(LK)
5	34	26	28	31	17.2516	-0.11025	(P)
6	34	26	28	49	20.6904	0.10873	(PL)
7	34	26	52	31	17.7199	-0.05763	(PK)
9	46	14	28	31	16.5192	-0.19419	(N)
10	46	14	28	49	19.8958	0.42588*	(NL)
11	46	14	52	31	16.0474	0.11320	(NK)
13	46	26	28	31	16.4971	0.39528*	(NP)

Efecto Mínimo significativo 10% = 0.32846

En el cuadro 23, se puede observar que existe significancia al 10% de probabilidad y es debida al efecto residual del factor lámina de efluente (L) y a la interacción de los factores nitrógeno-lámina de efluente (NL) y nitrógeno-fósforo (NP).

CUADRO 24. Efecto residual del factor lámina de efluente (L)

Lámina (L) % de efluente	Promedio peso seco gramos por maceta
31	5,6557 B
49	6,9886 a

Se puede observar en el cuadro 24, que la mayor media es 6.9886 gramos por maceta, que corresponde a la lámina - de efluente con 49% en agua de riego.

Al comparar los niveles de N-P-K de las dos medias - 5.6557 y 6.9886 gramos por maceta, con los niveles de N-P-K de las prolongaciones, se concluye que no existe diferencia significativa.

CUADRO 25. Efecto residual de la interacción nitrógeno-fósforo (NP)

N kg/ha	P	Promedio peso seco gramos por maceta
34	14	6,6722 a
34	26	6,1664 b
46	14	6,0827 bc
46	26	6,3675 bc

Efecto Mínimo Significativo  $5\% = 0.4365$

En el cuadro 25, se aprecia que los promedios de 1, 2, 3, 4 y 13, 14, 15 y 16 son los más altos y son iguales, al 5% de probabilidad.

Al comparar los niveles de K y L del cuadro 26, con los niveles de K y L de las prolongaciones, sí existe significancia al 5% de probabilidad, respecto a la lámina de 67% de efluente en agua de riego, que se aprecia en el cuadro 26.

CUADRO 26. Comparación de medias entre la prolongación de lámina de efluente en la matriz Plan Puebla II y el rendimiento promedio de los tratamientos 13, 14 15 y 16.

Tratamiento	N	P	K	L	Promedio peso seco
	kg/ha			%Efl.	gramos por maceta
No. 25 (prolongación de lámina de efluente)	46	26	52	67	9.6092 a
Promedio de tratamientos 13, 14, 15 y 16	46	26	28	31	6.3670 b

Diferencia mínima significativa 5% = 0.9760

En el cuadro 26, se demuestra que al aumentar el porcentaje de efluente en agua de 31 a 67%, ocurre un incremento en el peso.

CUADRO 27. Efecto residual de la interacción nitrógeno-lámina de efluente (NL)

N kg/ha	L %Efl.	Promedio peso seco gramos por maceta
34	31	5.9657 b
34	49	6.8728 a
46	31	5.5957 b
46	49	7.1045 a

Diferencia mínima significativa 5% = 0.43649

Se puede apreciar en el cuadro 27, que los tratamientos significativos al 5% de probabilidad, corresponden a la lámina de efluente de 49% y que al aumentar el nitrógeno de 34 a 46 kg/ha, aumenta el peso seco.

CUADRO 28. Promedio de peso seco en gramos por maceta,  
Tercer corte.

Trata miento	Efecto Residual de				Promedio peso seco gramos por maceta
	N	P	K	L	
	kg/ha			%Efl	
1	34	14	28	31	6.1916
2	34	14	28	49	7.3417
3	34	14	52	31	6.0142
4	34	14	52	49	7.1412
5	34	26	28	31	5.7505
6	34	26	28	49	6.8968
7	34	26	52	31	5.9066
8	34	26	52	49	6.1115
9	46	14	28	31	5.5064
10	46	14	28	49	6.6319
11	46	14	52	31	5.3491
12	46	14	52	49	6.8433
13	46	26	28	31	5.4990
14	46	26	28	49	7.1337
15	46	26	52	31	5.0281
16	46	26	52	49	7.6290
17	40	20	40	40	5.5014
18	22	14	28	31	5.4754
19	58	26	52	49	7.4836
20	34	2	28	31	4.8131
21	46	38	52	49	6.4388
22	34	14	4	31	4.9394
23	46	26	76	49	6.3317
24	34	14	28	13	4.1403
25	46	26	52	67	9.6092
26	0	0	0	100	7.2381
27	0	0	0	0	1.5139

En el cuadro 28, se puede observar que el mayor valor de medias, lo tiene el tratamiento con 67% de efluente en agua de riego y el menor valor, lo tiene el tratamiento 27 con 0 % de efluente en agua de riego.

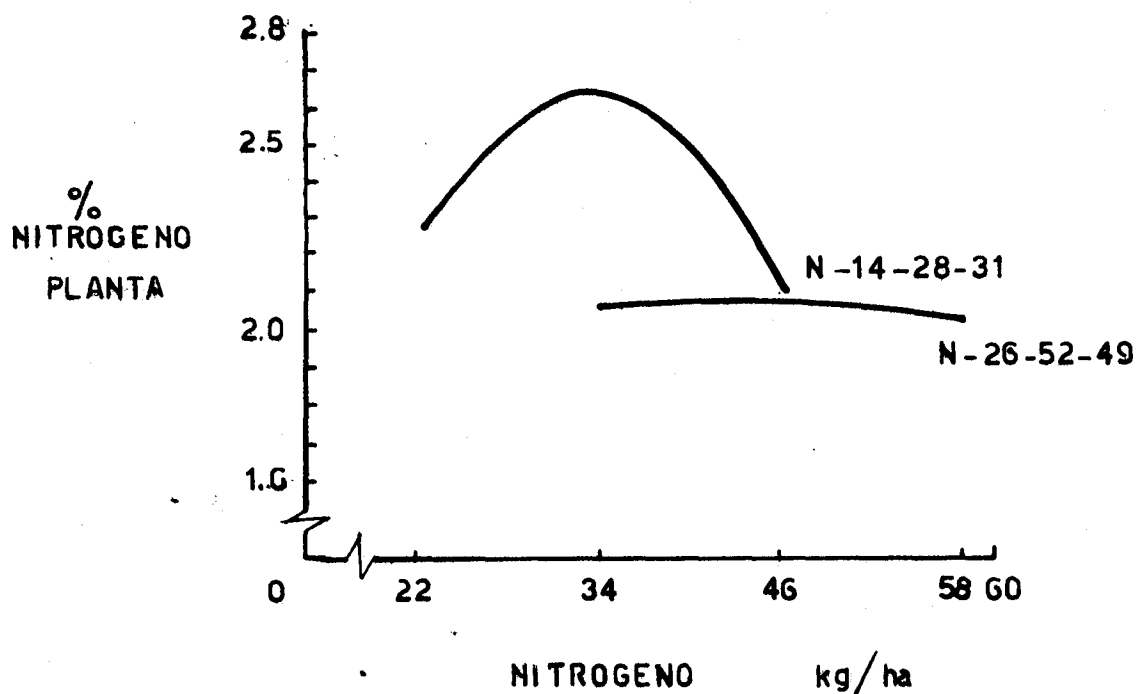
CUADRO 29. Altura de plantas de alfalfa en centímetros, para los tres cortes

Tratamiento	Primer corte altura en cm	Segundo corte altura en cm	Tercer corte altura en cm
1	31.0	53.7	74.3
2	32.7	56.3	71.7
3	32.7	57.7	73.0
4	34.7	59.0	83.3
5	33.0	51.0	65.7
6	29.3	52.3	79.7
7	36.0	56.7	76.3
8	37.3	62.0	73.3
9	36.7	54.0	70.3
10	30.0	58.0	70.3
11	34.3	55.0	74.3
12	34.0	56.3	71.0
13	34.7	56.7	72.0
14	30.3	50.3	76.3
15	34.7	49.0	68.0
16	30.7	54.7	74.3
17	37.0	49.0	71.3
18	35.3	49.3	71.7
19	29.7	51.0	70.3
20	30.3	59.0	73.0
21	32.0	52.3	63.3
22	33.3	52.7	70.3
23	32.3	49.3	73.7
24	30.3	52.0	71.0
25	33.0	47.3	59.7
26	32.0	59.7	74.7
27	32.7	43.7	45.7

Puede observarse en el cuadro 29, que la altura de plantas por tratamiento, se incrementa en cada corte.

Además puede apreciarse que el único tratamiento que no muestra mucho incremento de altura es el 27, al cual se le aplicó únicamente agua de riego, o sea 0 kg/ha de N, 0 kg/ha de K y 0% de efluente en agua de riego, y manifiesta menor altura que el resto de tratamientos en el segundo y tercer corte.



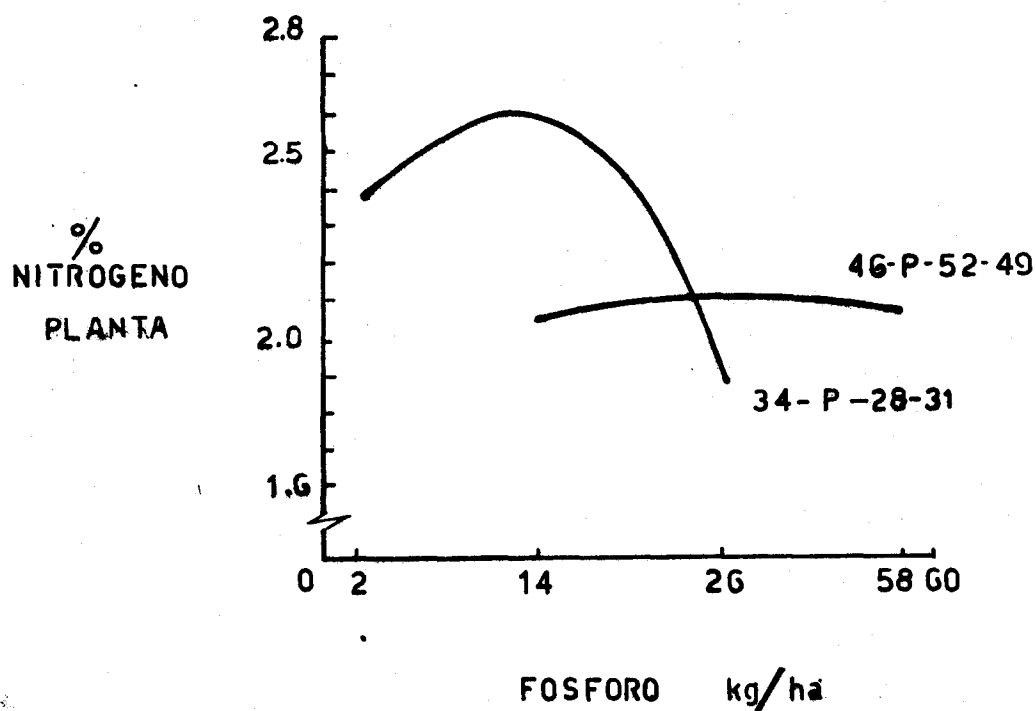


GRAFICA 9.

Efecto del nitrógeno aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en la planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje.

En la curva N-14-28-31, se aprecia que al aumentar la aplicación de nitrógeno al suelo de 22 a 34 kg/ha, ocurre un incremento en el contenido de nitrógeno de planta de alfalfa, mientras que al aumentar la aplicación de 34 a 46 kg/ha de nitrógeno, se manifiesta un descenso en el contenido de nitrógeno foliar.

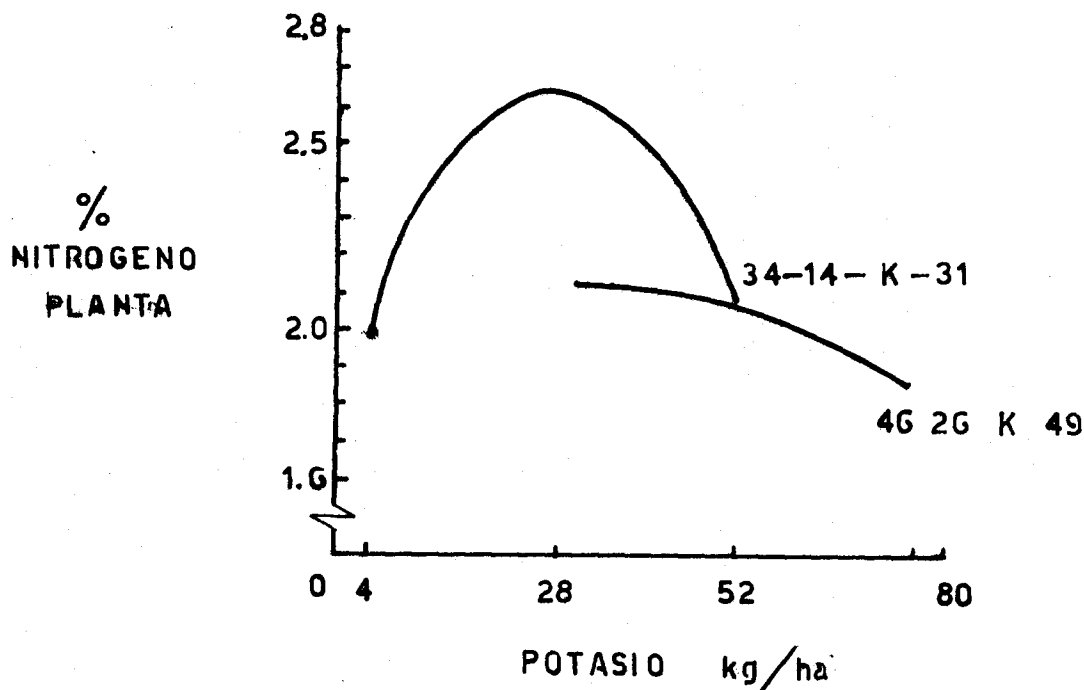
En la curva N-26-52-49, se observa que al aumentar de 34 a 58 kg/ha la aplicación de nitrógeno al suelo, ocurre un leve descenso en el contenido de nitrógeno en la planta.



GRAFICA 10.

Efecto del fósforo aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa, expresado en porcentaje.

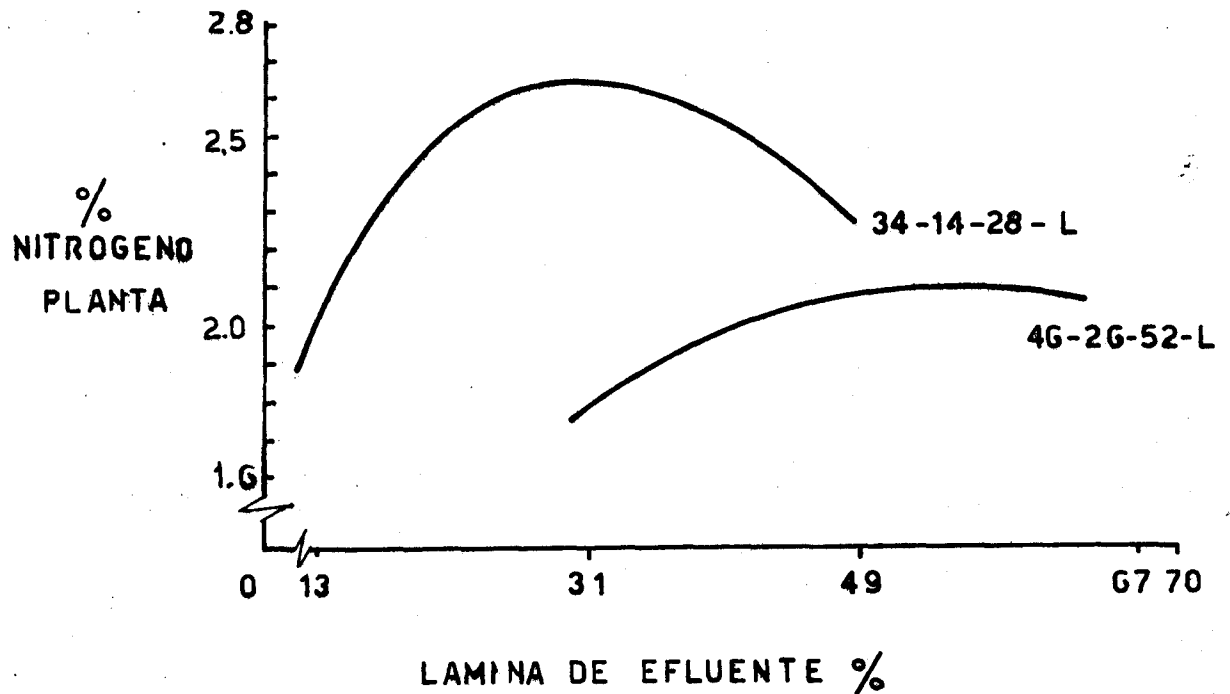
En la curva 34-P-28-31, se aprecia que al aumentar de 2 a 14 kg/ha de fósforo aplicado al suelo, hay un incremento en el contenido de nitrógeno de planta completa, mientras que al aumentar de 14 a 26 kg/ha de fósforo, se manifiesta un descenso en el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa de 14 a 26 kg/ha de fósforo aplicado al suelo, se manifiesta un leve incremento en el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa, y de 26 a 58 kg/ha de fósforo, hay un decremento.



GRAFICA 11.

Efecto del potasio aplicado al suelo en kg/ha, sobre el contenido de nitrógeno en planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje.

En la curva 34-14-K-31, se observa que al aumentar la aplicación de potasio al suelo de 4 a 28 kg/ha, ocurre un incremento en el contenido de nitrógeno en la planta, mientras que al aumentar de 28 a 52 kg/ha de potasio aplicado al suelo, se manifiesta un descenso en el contenido de nitrógeno en planta, y en la curva 46-26-K-49, se aprecia que al aumentar de 28 a 76 kg/ha de potasio aplicado al suelo, se manifiesta un descenso en el contenido del nitrógeno en la planta de alfalfa.



GRAFICA 12.

Efecto de las láminas de efluente aplicadas al suelo, expresadas en porcentaje con relación al agua de riego, sobre el contenido de nitrógeno en planta completa de alfalfa, expresado en porcentaje.

En la curva 34-14-28-L, se aprecia que al aumentar de 13 a 31% la lámina de efluente aplicada al suelo en agua de riego, ocurre un incremento en el contenido de nitrógeno en la planta de alfalfa, mientras que al aumentar la lámina - de 31 a 49%, se manifiesta un descenso en el contenido de nitrógeno en la planta, y en la curva 46-26-52-L, se observa que al aumentar la lámina de efluente en agua de riego de 49 a 67%, ocurre un incremento en el contenido de nitrógeno en la planta.

## VI. CONCLUSIONES

1. En el peso seco del primer corte, no se observó diferencia significativa entre tratamientos, por lo cual, se rechaza la hipótesis planteada.
2. Para el segundo corte, el tratamiento significativo al 10% de probabilidad, corresponde a la aplicación de 34 kg/ha de nitrógeno, 14 kg/ha de fósforo, 52 kg/ha de potasio y una lámina de 49% de efluente y 51% de agua, por lo cual se acepta la hipótesis planteada.
3. Para el tercer corte, hubo efecto significativo al 10% de probabilidad, de láminas de efluente y de las interacciones nitrógeno-lámina de efluente y nitrógeno-fósforo, que corresponden al efecto residual de los factores estudiados. Para este caso, el tratamiento significativo es: lámina con 49% de efluente más 51% de agua de riego y la interacción nitrógeno-fósforo es: 34 kg/ha de nitrógeno y 14 kg/ha de fósforo.
4. El menor rendimiento corresponde al tratamiento que no se le aplicó ninguno de los factores en estudio.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. BRESSANI, R. Tabla de composición de pastos, forrajes y otros alimentos de Centro América y Panamá. Guatemala, INCAP, 1968. p. 49
2. BULLER, R., SANCHEZ, D.A. y GARZA T., R. Efecto del estado de madurez al tiempo de corte en producción de alfalfa en el Valle de México y el Bajío. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería. Folleto Técnico no. 10, 1960. pp. 21-31
3. CASTILLO, A., MERINO, M. y ASCUE, C. Evaluación de biogas a nivel de laboratorio. Lima, Perú, ITINTEC, - 1980. s.p. (Proyecto 3239)
4. CHINA: RECICLAJE de desechos orgánicos en la agricultura. FAO. Boletín de Suelos no. 40. 1977. pp. 61-63.
5. ESTRADA L., L. Metodología de investigación utilizada para la obtención de análisis de resultados sobre prácticas mejoradas para la producción de cultivos. Guatemala, ICTA, 1978. pp. 13-26.
6. GOMEZ, G. y VINIEGRA, G. The use of anaerobically digested cattleslurry as a fertilizer for vegetables. México, Iztapalapa, Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Biotecnología, 1979. p. 30

7. GUATEMALA. INSTITUTO TECNICO DE CAPACITACION Y PRODUCTIVIDAD/ SECRETARIA DE MINERIA E HIDROCARBUROS. - Biogás. Guatemala, 1982. s.p.
8. -----, INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA. HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA. Cartas climáticas. Guatemala, 1983. s.p.
9. -----, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE AGRONOMIA. Copias del curso de agrostología. Guatemala, 1981. s.p.
10. INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL. Registros de análisis de efluente de biogestores. Guatemala, ICAITI, 1983. s.p.
11. ORGANIC MATERIALS as fertilizaer. FAO. Soil Boletin no. 27. 1975. p, 281.
12. ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA. Estrategias - y tecnologías disponibles para implementar programas rurales de biogás en América Latina. Perú, - 1982. s.p. (Serie de Documentos OLADE).
13. PENAGOS, M. Descripción de una planta biológica; sistema Guatemala para uso familiar. Guatemala, s.e., 1983. s.p. (Mimeo).
14. SALAZAR M., J.R., GRANADOS, V., R. y MARTINEZ M., M. Evaluación preliminar del sub-producto del biogás como abono orgánico. San Salvador, El Salvador, s.e., 1981. s.p. (Mimeo).

15. SIMMONS, Ch., TARANO, J.M. y PINTO, J.H. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Traducido por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. pp.21-46.
16. SUPERB. Alfalfa AS-13. Guatemala, 1983. 3 p. (Mimeo).
17. THE UTILIZATION of fermentation residue, sludge and effluent. Beijing, China, Institute of Soil and Fertilizer, 1980. pp. 5-7.
18. TURRENT, F., LAIRD, J. La matriz experimental plan - puebla para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Agrociencia (México) no. 19:121-124. 1975.
19. VERASTEGUI L., J. y MATEO, B. Producción de biogás a partir de desechos orgánicos. San Borja, Perú. ITINTEC, 1979. pp. 121-124. (Parte I, Plan Piloto Escala Familiar).
20. VERASTEGUI, L. et.al. Generación de biogás en las áreas rurales del Perú. Lima, Perú, ITINTEC, s.f. pp. 2-3, 18-20. (Proyecto 3229).

Vo.Bo.

*Patruall*





**Usos:**

Heno. Los tallos son huecos y a pesar de esto se man tienen erectos durante la época de viento y empacamiento - del heno. El heno obtenido de la variedad AS-13 es de mucha demanda, debido a su alto contenido de nutrimentos digestibles y por tener gran número de hojas.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1848

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

"IMPRIMASE"



ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.  
D E C A N O