

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



**Estudio Preliminar de la Eficiencia de Algunos Abonos Orgánicos
como Fuente de Nitrógeno para los Cultivos.**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
P R E S E N T A

Javier Vásquez Navarro

GUADALAJARA, JAL. 1984



LABORATORIO
BUSQUE LA PRIMARIA
CENTRO DE DOCUMENTA
& INFORMACION



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

Expediente

Número

Noviembre 8, 1957.

C. PROFESORES

- ING. GUILLERMO VASQUEZ NAVARRO, Director Honorario.
- ING. FLORENTINO GARCIA SUAREZ, Director.
- ING. J. JESUS GONZALEZ RAMIREZ, Asesor.
- Q.F.B. LUIS MARIA VILLANOR DE ZARAGOZA, Asesor.

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

"ESTUDIO PRELIMINAR DE LA EFICIENCIA DE ALGUNOS ASIDOS ORGANICOS COMO FUENTE DE NITROGENIO PARA LOS CULTIVOS."

presentado por el PASANTE JAVIER MIGUEL ROSALES han sido ustedes designados Director y Asesores respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO.

ING. JOSE ALBERTO SANDOVAL MADRIGAL.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

hlg.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

Expediente

Número

Mayo 2, 1984.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____

JAVIER VASQUEZ NAVARRO titulada,--

"ESTUDIO PREELIMINAR DE LA EFICIENCIA DE ALGUNOS ABONOS ORGANICOS -
COMO FUENTE DE NITROGENO PARA LOS CULTIVOS."

Damos nuestra aprobación para la impresión de la mis-
ma.

DIRECTOR HONORARIO

ING. GUILLERMO VASQUEZ NAVARRO.

DIRECTOR

ING. FLORENTINO SANCHEZ SAMANIEGO.

ASESOR

ING. J. JESUS GODINEZ HERRERA.

ASESOR

ING. RICARDO RAMIREZ MELENDREZ.

hlg.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Guillermo Vasquez Navarro por su valiosa --
colaboración del presente trabajo.

Al Ingeniero Jose Antonio Sandoval Madrigal, por su de-
sinteresada ayuda.

A los Ingenieros Florentino Sanchez Samaniego, J. Jesus
Godínez Herrera, Ricardo Ramirez Melendrez, Director y Asesor
es respectivamente por su valiosa ayuda en la revisión y cor
rección de este trabajo.

Al Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del --
Instituto Politécnico Nacional, por permitirme colaborar en
la presente investigación.

A la Sra. María Concepción Reyes Cortes por la mecanograf
ía del presente.

A todos los maestros, que contribuyeron para mi forma---
ción como profesionista.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES Y HERMANOS CON CARINO

A MIS MAESTROS CON GRATITUD

A MI ESCUELA

CONTENIDO

INTRODUCCION

OBJETIVOS

REVISION DE LITERATURA

- Los estiércoles
- Descripción
- Tipos
- Contenido de nutrientes
- Disponibilidad de los Nutrientes en el Estiércol
- Efecto de la adición de Estiércoles en las características Físicas y Químicas del suelo

El sistema Azolla Anabaena

- Descripción y Localización
- Contenido de Nutrientes
- Utilización en la Agricultura
- Alternativas de uso

Metodología de investigación

- Los trazadores en la Investigación Científica
- Conceptos fundamentales del isótopo estable ^{15}N
- Análisis de N y ^{15}N
 - Principios de detección
 - Principios de Espectrometría de Masas
 - Espectrometría de emisión

Conceptos sobre la eficiencia relativa de diferentes

fuentes de nutrientes para las plantas.

-Determinación de eficiencias relativas de fuentes nutritimentales no marcadas.

MATERIALES Y METODOS

RESULTADOS Y DISCUSION

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

APENDICE

INTRODUCCION

Es un hecho reconocido que en México la producción agrícola ha sufrido un estancamiento debido principalmente a una deficiente tecnología; entre otros factores a una deficiente preparación del terreno, al mal combate de malezas y plagas, al uso inadecuado de fertilizante, etc.

Como se mencionó, el uso inadecuado de los fertilizantes acarrea un incremento en su aplicación ya que según el V informe de Gobierno* para el ciclo agrícola 1970-1971 se vendieron 406,000 toneladas de N. en forma de fertilizante y para el ciclo 1979-1980 se vendieron 921,000 toneladas, esto es un incremento del 127% en 10 años. Esto trae consigo que el costo de los fertilizantes aumente considerablemente.

También el uso creciente de este insumo, entre otros factores, se debe a la obtención de variedades mejoradas que son más exigentes en elementos nutritivos.

Una de las desventajas que trae el uso intensivo de fertilizantes es la mineralización del nitrógeno orgánico en el suelo que va aunado con una disminución en la población microbiana que vive en él y que juega un papel muy importante en la evolución de éste. Por tales motivos se deben buscar alternativas para la obtención de buenas cosechas sin descuidar el factor suelo.

* V informe de gobierno sector agropecuario. Lic. Jose López Portillo. 1981.-

Una solución a estos problemas sería el usar abonos orgánicos como fuente de nutrientes para las plantas, que como se sabe aumentan la fertilidad de los suelos, cuando se mineralizan aumenta la capacidad de retención de humedad, es buen termorregulador y aumenta la población microbiana entre otros factores positivos.

Por todo lo anotado anteriormente se decidió realizar un ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA EFICIENCIA DE ALGUNOS ABONOS ORGANICOS COMO FUENTE DE NITROGENO PARA LOS CULTIVOS, que -- trate de solucionar el problema de la nutrición de los vegetales pero sin descuidar el factor suelo que tan importante es en la agricultura.



INSTITUTO NACIONAL DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

OBJETIVOS

Los logros que se pretenden alcanzar con la realización del presente trabajo son:

- 1.- Conocer la eficiencia relativa de algunos estiércoles (vacuno, caprino, gallinaza, y de conejo) en -- comparación a la del Sulfato de Amonio como posi--- bles fuentes de nitrógeno a los cultivos.
- 2.- Determinar la eficiencia relativa del sistema fijador de N_2 atmosférico Azolla-Anabaena en compara--- ción a varios estiércoles y a el Sulfato de Amonio como posible fuente de nitrógeno a los cultivos.
- 3.- Calcular las cantidades equivalentes de cada uno -- de los materiales en estudio correspondiente a una unidad de nitrógeno suministrado como Sulfato de -- Amonio.
- 4.- Conocer la eficiencia de todos los abonos orgánicos entre si.
- 5.- Conocer la tasa de absorción, por parte de las plantas, del nitrógeno proveniente de los abonos orgánicos en estudio.
- 6.- Difundir la utilización de la técnica de isótopos - pesados para el estudio en la nutrición mineral de las plantas.



REVISION DE LITERATURA

Los Estiércoles

LABORATORIO
BOSQUE LA PRIMAVERA
CENTRO DE DOCUMENTACION
E INFORMACION

Descripción

El uso de los abonos orgánicos no se sabe con exactitud cuando ni en donde se empezaron a usar, pero en la mitología griega se dan pintorescas explicaciones. Jenofonte en el año 400 a.c. recomendaba arar la tierra en primavera por que era más desmenuzable, y por lo tanto se enterraban las plantas que habían crecido y esto era suficiente para reintegrar la fertilidad a los suelos.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1982) menciona que era creencia hasta el año 1850 que las plantas se nutrían de sustancias orgánicas hasta que Liebig demostró con claridad que las plantas se nutren también de agua y sustancias inorgánicas principalmente Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

Buckman y Brady (1977) anotan que la palabra "Estiércol" se usa respecto a todos los desechos animales de granja, aunque como regla general la mayor parte del estiércol que modernamente se aplica en el suelo es producido por el ganado vacuno. Esto viene complementado más o menos extensamente por el estiércol de caballo, cerdo, carnero y animales de corral, y de acuerdo a ellos el estiércol consta de dos componentes que son sólidos y los líquidos en una relación aproximada de 3 a 1; en la actualidad se utiliza paja

u otro tipo de cama para evitar la perdida de los líquidos - por infiltración.

Estudios realizados por Thompson y Troeh (1980) -- concluyen que en los ranchos de America del Norte se producen anualmente casi mil millones de toneladas de estiércol y el valor de esta producción es superior al de la cosecha de trigo. Los elementos nutricionales contenidos en esta cantidad de estiércol equivalen a tres veces los elementos contenidos y vendidos en los fertilizantes comerciales durante -- 1955 en la unión Americana. Desgraciadamente, la mayor parte de los materiales que se producen se pierden por el poco cuidado de los agricultores.

Fassbender (1975), Buckman y Brady (1977), Tamhane etal (1978) citan que la constitución química de los estiércoles depende de la edad del animal y el tipo de alimento -- que haya consumido, pero en general tienen los siguientes -- compuestos: Carbohidratos, que incluyen azúcares, almidones y celulosa; ligninas; Taninos; Grasas, aceites y ceras; Resinas; Proteínas; Pigmentos; minerales como calcio, fósforo, - azufre, hierro, magnesio y potasio.

Tipos

Los abonos orgánicos como fuentes de nutrientes - para las plantas se pueden dividir, según la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1982), de la siguiente manera:

- 1.- Subproductos pecuarios: estiércoles, purín, camas de establo, forraje dañado, etc.

- 2.- Subproductos urbanos: basura, tierras cloacales, --
orina y excremento humano, aguas negras y fangos de
las mismas, desperdicios de mataderos, desperdicios
sólidos y líquidos de fabricas, etc.
- 3.- Subproductos agrícolas: Pajas, cáscaras, tallos, --
ramas hierbas, hojas, malas hierbas, bagazo de caña
etc.
- 4.- Subproductos silvícolas: Aserrín.
- 5.- Abonos verdes y plantas acuáticas.
- 6.- Biofertilizantes como Algas Mixofíceas, Azolla.
- 7.- Sedimentos.

De los anteriormente anotados, los que tienen una aplicación directa e inmediata al campo, ya sea por facilidad de obtención y más cercano para la aplicación son, por lo general, los subproductos pecuarios, subproductos agrícolas y los abonos verdes, ya que los demás tendrían un valor más elevado por concepto de fletes y maniobras.

Los subproductos agrícolas y abonos verdes también tienen sus desventajas, ya que si su contenido de nitrógeno no es adecuado este material tenderá a atrapar el nitrógeno existente en el suelo al principio de la descomposición, ya que los microorganismos que atacan a esta no tienen suficiente nitrógeno en el material y lo toman del suelo; como ejemplo tenemos que cuando se incorpora la paja de trigo de invierno y no se le aplica nitrógeno, el cultivo de primavera-verano -- mostrará una deficiencia de este elemento.

Buckman y Brady (1977), Thompson y Troeh (1980) citan -

que a menudo se pone en duda la conveniencia de añadir paja u otro tipo de cama al estiércol, como es natural este proceder presenta un efecto diluyente y aumenta el peso del producto, pero ayuda a retener el excremento líquido ya que este -- contiene la mitad del nitrógeno y más de la mitad del potasio.

Contenido de Nutrientes

Trabajos llevados a cabo por Thompson y Troeh (1980) - establecen que el contenido nutrimental en el estiércol es - muy variable, ya que depende de muchos factores tales como: La especie y edad del ganado, uso de camas, la inclusión o -- separación del excremento líquido y la magnitud de los procesos de descomposición y lavado que hayan tenido lugar durante el almacenamiento. El estiércol es un fertilizante que aporta sobre todo nitrógeno y potasio. La liberación de estos nu--ntrientes ocurre con mayor rapidez cuando el suelo proporciona condiciones de calor y humedad adecuadas para la descomposi--ción microbiana. Por ello, las aplicaciones de estiércol son mas efectivas en tiempos calurosos y sobre cultivos exigentes en nitrógeno y potasio.

Tisdale y Nelson (1970) establecen que aunque hay una gran variación entre los animales y sus alimentos hay casi un 75 % de nitrógeno, 80 % de fósforo y un 90 % de potasio, además el 50 % de la Materia Orgánica que se recuperan en los - incrementos evacuados. A causa de las pérdidas por la volatili--zación y lixiviación, sin embargo, solo se gana actualmente de un 33 a un 50 % del valor del estiércol en la producción - de cultivos. Un aspecto a menudo olvidado del estiércol de --

las granjas es el contenido de nutrientes secundarios y micronutrientes como lo son el Boro, Cobre, Hierro, Molibdeno, Manganeso, Zinc, Azufre, Magnesio y Calcio.

Singh, Panigrahi y Satapathy (1981) realizaron estudios acerca de la eficiencia de algunos abonos orgánicos y el Sulfato de Amonio. Los abonos orgánicos en estudio fueron: Algas azul verdes (Aulosira sp), abonos verdes (Sesbania cannabina) y abonos de corral; los cuales tenían una relación C:N entre 9 y 10, lo cual favoreció la liberación de amonio.

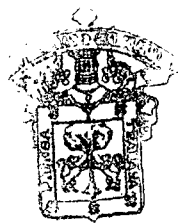
Los resultados obtenidos en esta investigación fueron los siguientes: El sulfato de amonio liberó el 87 % del amonio durante los primeros diez días y fue disminuyendo hasta el 6 % a los 50 días; la liberación del amonio por los abonos verdes fue más lenta ya que en 50 días solo se mineralizó el 50 % del nitrógeno original a amonio; Las algas verdes liberaron el 38 % de amonio en los primeros 40 días; En los abonos de corral se tornó disponible el 69 % del nitrógeno en los primeros 20 días, el cual fue disminuyendo gradualmente en etapas posteriores.

Resultados de experimentos realizados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1982) dedicados a determinar el contenido nutrimental de algunos estiércoles y tomando en consideración solo los elementos mayores se muestran a continuación:

Contenido Nutrimental (%)

ESPECIE	Nitrógeno	P ₂ O ₅	K ₂ O
---------	-----------	-------------------------------	------------------

Bovinos	0.6	0.2	0.5
Ovinos	0.7	0.3	0.9
Caprinos	---	---	---
Porcinos	0.5	0.3	0.5
Equinos	0.7	0.3	0.6
Aves	1.1	0.8	0.5
Conejos	2.4	1.4	0.6



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

Disponibilidad de los nutrientes en el Estiércol

Los compuestos orgánicos deben sufrir una serie de descomposiciones para que los elementos nutritivos contenidos en ellos estén en condiciones asimilables para los vegetales y estas descomposiciones dependen de ciertos factores que Fassbender (1975), Cajuste (1977) describen de la siguiente manera:

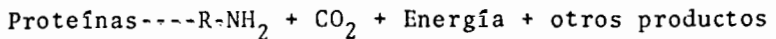
- A) Composición y tamaño de los materiales orgánicos: - Esto es que los carbohidratos y proteínas sencillas son los primeros en descomponerse mientras que las ligninas son más resistentes a la descomposición. El tamaño también es importante por que mientras de menor tamaño sean mayor superficie tendrán para el ataque microbiano.
- B) Disponibilidad de los nutrientes: Casi todos los elementos requeridos por los animales y plantas superiores son requeridos por los microorganismos. Esto explica el por que rara vez se necesita añadir nutrientes inorgánicos para la nutrición de los microorganismos.

- C) Temperatura: Este factor influye en el tipo de microorganismos existentes en el suelo, y se conocen dos tipos que son los mesófilos que necesitan una temperatura de entre 0 a 45°C y los termófilos cuyo desarrollo óptimo está entre los 45 y 60°C. El ritmo de descomposición es generalmente igual a las diferentes temperaturas, pero la velocidad de descomposición y la evolución del CO₂ es mayor a altas temperaturas.
- D) Humedad: Este factor es importante por que a una humedad adecuada (50-60 % de la capacidad de campo) - aumenta la velocidad de descomposición.
- E) Ph del suelo: Este es un factor de los más importantes en la descomposición de la Materia orgánica, -- cuando el ph es alto el contenido de bacterias es mayor que el de hongos y por lo tanto es más rápida la descomposición de la Materia Orgánica y con esto la formación de CO₂ y NH₃; cuando el pH es ácido el contenido de hongos en el suelo es mayor y, el producto final de la mineralización, será diferente.

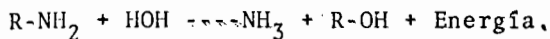
De acuerdo a Buckman y Brady (1977), además es importante considerar la relación C:N, ya que si esta relación es de 25 a 30 el proceso de descomposición de estos residuos será mayor que si la relación es mayor a 30; ya que el contenido de nitrógeno es bajo y habrá necesidad de conseguir nitrógeno de otra fuente para poder llevar a cabo la descomposición. Como ejemplo de esto último tenemos a los materiales que tengan un alto contenido de celulosa ó lignina.

Como se mencionó anteriormente, las proteínas deben sufrir una descomposición, en compuestos más sencillos de nitrógeno como son el NH_4^+ y NO_3^- para que las plantas la puedan aprovechar. Esta descomposición de las proteínas ha sido ampliamente descrito por Tisdale y Nelson (1970), Buckman y Brady (1977) de la siguiente manera:

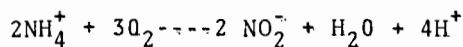
- 1.- Aminización: Que es la descomposición hidrolítica de las proteínas, y la liberación de aminas y aminoácidos y esto lo llevan a cabo organismos Heterotrofos. Esto se puede explicar esquemáticamente como sigue:



- 2.- Amonificación: Este proceso también lo llevan a cabo organismos Heterotrofos. En este proceso las aminas y aminoácidos formados en la Aminización, son descompuestos con la liberación de compuestos amoniacales, este proceso se puede describir de la siguiente forma:

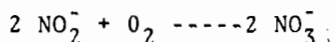


- 3.- Nitrificación: Este proceso es la oxidación del NH_4^+ hasta NO_3^- . La Nitrificación no se lleva a cabo en un solo paso si no que se desarrolla en dos; el primero lo llevan a cabo bacterias autótrofas pertenecientes al género de las Nitrosomonas sp. oxidando al NH_4^+ parcialmente hasta NO_2^- :



La segunda etapa lo llevan a cabo un grupo de bacte-

rias Autótrofas obligadas del género Nitrobacter sp. y estas son las encargadas de la oxidación de los nitritos hasta nitratos.



Estudios realizados por Sahrawat (1982) donde investigó la nitrificación en 8 suelos minerales y 2 orgánicos. Estos suelos tenían un rango de pH entre 3.4 y 8.6, un contenido de carbono orgánico desde 1.22 hasta 22.70 % y un contenido de nitrógeno de 0.99 a 1.20 %; las muestras de suelos se incubaron a 30°C. durante cuatro semanas.

Los resultados que se obtuvieron fueron que la cantidad de nitratos formados vario de 0-123 mg/g de suelo. En dos suelos ácidos no hubo nitrificación; los que tuvieron un pH mayor a 6 la nitrificación se llevo a cabo rápidamente teniendo un rango de 93 a 123 mg/g de suelo. En los suelos orgánicos hubo diferencias considerables en su capacidad nitrificante; la cantidad de N-NO₃ formada en los suelos estuvo correlacionado con el pH, pero no hubo correlación con la cantidad de carbono orgánico.

Experimentos realizados por la N.A.A.S. citados por Gooke (1983) encaminados a evaluar la eficiencia del estiércol de gallina como fuente de nitrógeno para las plantas; las aplicaciones de este abono en primavera mostraron una eficiencia del 50 % en terminos de nitrógeno total en comparación con el fertilizante nitrogenado aplicado en la misma época.

Experimentos realizados antes de la segunda guerra -- mundial reportados por Garner y citados por Cooke (1983) donde se probó que la gallinaza secada en hornos y usada como fuente de nitrógeno a los cultivos se observaron las siguientes eficiencias en terminos de N, al compararlo con un patrón de Sulfato de Amonio: En papas, 53%; col de hoja, nabo de Suecia y col de Bruselas, 65 % en remolacha forrajera, 75% en remolacha azucarera, betabel, frijol ejotero, brocoli y ejotero, brocoli y frijol lima, 100% o más.

Efecto de la adición de Estiércoles en las características Físicas y Químicas del suelo

Hasta el momento se ha hablado acerca de los mecanismos de descomposición de los estiércoles, así como de los factores que influyen tal descomposición para aportar elementos nutritivos (nitrógeno para la planta). También existen otras ventajas de la adición de estiércoles a los terrenos como son: La conservación del suelo y aumentar la fertilidad de estos.

Estudios realizados por Thompson (1965), Tisdale y Nelson (1970), Fassbender (1975), Buckman y Brady (1977), -- Thamane et al (1978); concluyen que la materia orgánica mejora condiciones físicas y químicas en los suelos; los cuales se describen en forma breve.

-Evitan en cierto grado la erosión eólica y la hídrica, ya que al descomponerse los residuos orgánicos se favorece la agregación de las partículas del suelo, impidiendo así que el aire o el agua los erosionen.

-La materia orgánica proporciona alimento a seres como lombrices, hormigas, ratones, etc. que viven en el suelo y su movimiento afloja los terrenos, hacen galerías en este y proporcionan una mayor aereación que tan importante es en el desarrollo vegetal.

Incrementan la capacidad de retención de humedad pero

no necesariamente aumentan la cantidad de agua disponible - para los vegetales ya que los deshechos orgánicos pueden retener fuertemente esta humedad,

-Reducen la evaporación, ya que como son termorregulares disminuyen la temperatura en verano, y en invierno los mantienen templados.

-Sirven como depósitos de elementos nutritivos, además de contener hormonas y antibióticos.

-Los residuos orgánicos, al descomponerse, producen ácidos orgánicos y CO_2 que ayudan a disolver minerales como al potasio y sales insolubles en agua como las de fósforo.

-Ayudan a evitar cambios bruscos del pH por la adición de sales y fertilizantes, ayudado también a reducir la alcalinidad de los suelos.

-Proporcionan energía a organismos heterótrofos como el Azotobacter sp., que fijan el nitrógeno atmosférico en el suelo y lo hacen asimilable para los vegetales.

-Aumentan el intercambio catiónico ya que al descomponerse forman humus que tienen mayor intercambio que los coloides inorgánicos.

El Sistema Azolla-Anabaena.

Descripción y Localización

Otra de las alternativas que existen para suministrar nutrientes a los cultivos son los denominados biofertilizantes que son aquellas fuentes orgánicas, ya sea que se incorporen o hagan crecer en el suelo durante algún tiempo

y posteriormente se incorporen.

En la actualidad China emplea como, biofertilizantes a las algas mixoficias y el Azolla sp se utilizan para suministrar nitrógeno a los cultivos y en especial, el último se emplea demasiado como fijador de nitrógeno atmosférico y como abono verde.

El Azolla es un helecho acuático que vive en simbiosis con una cianobacteria (algas azul verdes) llamada Anabaena Azolle.

La morfología de las algas es muy simple, por lo general son organismos filamentosos caracterizados por la presencia de heterocistos que son los responsables de la fijación del nitrógeno. Esta cianobacteria se encuentra en las cavidades de las hojas de Azolla sp, y se conocen 6 especies de Azolla. El Azolla es un rizoma flotante ramificado con pequeñas hojas alternadas, superpuestas y bilobadas y raíces simples que cuelgan dentro del agua. La forma de reproducción de este helecho es vegetativamente ya que no produce semillas.

Estudios realizados por Ferrera-Cerrato (1980) indican que este helecho es de una amplia distribución mundial, encontrándose abundantemente en las zonas tropicales y subtropicales y en menor cantidad en las zonas templadas. En México no existen estudios acerca de las condiciones óptimas para su desarrollo; pero la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1982) por investigaciones realizadas comenta cuales son estas condiciones en China.

Se desarrolla a una temperatura que oscila entre los 20 y 28°C y no resiste temperaturas inferiores a 0°C. El pH es importante ya que Arens citado por Cuautle (1980) dice que el óptimo para su desarrollo es de 4 a 7 ya que necesita bastante Hierro y a pH mayores a 7 no hay suficiente en forma asimilables y a pH menor a 4 el arroz no se desarrolla. Para un buen desarrollo necesita aguas estancadas de poca profundidad y una cantidad suficiente de Fósforo.

Contenido de nutrientes

Azolla sp. es un organismo potencialmente donador de nitrógeno más que de otros elementos y para poder llevar a cabo esta fijación necesita crecer en aguas estancadas ya que Ferrera-Cerrato (1980) cita que cuando el agua tiene un buen abasto de oxígeno este poder disminuye, esto tal vez se deba a que la fijación de nitrógeno se ve inhibida por la presencia de oxígeno.

Estudios donde se evaluó la eficiencia de Azolla sp. Singh et-al (1981) en su investigación con este helecho y otro abonos orgánicos, aplicados a razón de 25 ppm al suelo y se mantuvo, anegado por 60 días. Se observó que Azolla sp. liberó el 77% de su nitrógeno en los primeros 40 días siendo superior a todos los demás abonos orgánicos estudiados.

Encuestas realizadas por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1982) citan que, estudios realizados sobre el contenido de Nitrógeno de proteínas de diferentes abonos verdes como Alternaria-eichornia, Sesbania y Azolla pinnatta esta última fue la que tuvo un mayor rendimiento -

de Nitrógeno y protefna ya que los resultados obtenidos mues
tran que este helecho produce 26.8 Kg/ha/dia de protefna, --
teniendo un inóculo de 157.5 toneladas y contiene como prome
dio 0.27% de nitrógeno.,

Utilización en la Agricultura

La utilización del Azolla sp. en la producción agrícola en México es casi nula, pero se sabe que en China y Vietnam su uso está muy difundido en el cultivo de arroz.

Las técnicas usadas en la siembra de arroz, donde se usa Azolla, Ferrera-Cerrato (1980) cita que dos cultivos de Azolla pinnatta es suficiente para producir de 5 a 6 ton./ha. de arroz sin la necesidad de adicionar fertilizantes nitrogenados.

El método de siembra de arroz en China y Vietnam en hileras está planeado para que entre las filas crezca el Azolla aún cuando el arroz esté creciendo permite la entrada de la luz a este helecho ya que solo alcanza una altura de pocos centímetros, si tomamos en cuenta que 10 toneladas de Azolla proporciona de 30 a 40 kg. de nitrógeno.

También se usa como abono verde ya que Hamdi citado por FAO (1977) menciona que se hace crecer azolla en el terreno donde se va a sembrar el arroz, con una densidad de siembra de este helecho de 7,5 ton/ha, y después de 10 a 15 días se elimina el agua y se incorpora al suelo; esta operación se puede repetir varias veces antes de sembrar el arroz.

Alternativas de uso

Una de las ventajas que se pueden tener con el uso del Azolla es que a diferencia de otros abonos orgánicos y en es

pecial los estiércoles, este helecho gana peso de una manera acelerada y rápidamente duplica su peso y la ventaja que presenta en relación a los bonos vegetales la mayoría se reproduce por semilla y el Azolla se reproduce únicamente en forma negativa. La FAO (1977) cita que un inóculo inicial de 500 Kg duplica su peso en 5 días, es decir 100 kg en 5 días y 2000 - Kg. en otros 5 días y si la temperatura es óptima se puede duplicar en solo 3 días. Otra de las ventajas es que uno establece cuando hay que incorporarla al suelo.

Las alternativas de uso podrían ser aplicarlas al suelo como abono verde o ya compostado pero Ferrera-Cerrato (1980) cita que podría darse como alimento al ganado Bovino, caprino, aves, etc. esto tal vez sea porque como se mencionó anteriormente el contenido proteínico es muy alto. La ventaja más importante es que el campesino la podría reproducir en lugares pequeños que podrían ser almácigos de 12 m^2 (3 x 4m) con un inóculo de 700 g/m^2 , después de 4 a 6 semanas se tendrán 500 Kg que pueden ser transplantados a lugares más grandes y de aquí en adelante su desarrollo es muy rápido con lo cual obtendría alimento para su ganado o como abono para aplicarlo al terreno, con un costo demasiado bajo y que solo tendría que pagar los costos de almácigo.

Metodología de investigación

Los trazadores en la investigación científica

La energía atómica, es para la mayoría, los reactores nucleares. Pero pocos saben que hay otros aspectos de esta energía que ha transformado su vida cotidiana en los últimos

30 años. En 1957 se creó el organismo internacional de Energía Atómica y sus objetivos primordiales fueron fomentar el uso de radioisótopos y de las fuentes de irradiación en la investigación, la industria, la agricultura y la medicina.

La materia esta compuesta de átomos. Los átomos de un mismo elemento que tienen nucleos de masa diferente se llaman isótopos. Algunos isótopos tienen nucleos inestables y emiten radiaciones, se les conoce con el nombre de isótopos radioactivos, radioisótopos o radionuclidos. Otros isótopos tienen nucleos estables y no emiten radiaciones espontaneamente; se denominan isotopos estables.

En 1964 la Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Organismo Internacional de energía Atómica (OIEA) crearon la División Mixta FAO/OIEA de Energía Atómica en la Agricultura y la Alimentación ubicada en Viena.

Esta división mixta apoya y coordina proyectos de investigación en todo el mundo sobre el empleo de isótopos y radiaciones en: Fitotecnia, Fertilidad de Suelos, riegos y Cultivos, Lucha contra los insectos y las plagas, Producción y sanidad pecuarias, residuos químicos y contaminación y conservación de alimentos.

De 1958 a 1976 la OIEA ha apoyado la investigación con mas de 8 mil millones de dolares; de los cuales 3'334,900.00 dolares tan solo en la Agricultura y alimentación, \$ 1'339,200.00 dolares para las Ciencias Fisicas y \$ 4'106,000.00 dolares para las Ciencias Biologicas. En México se apoyó

con \$ 64,700.00 dolares a la Agricultura y alimentación; \$ -
9,000.00 dolares en las Ciencias Físicas y \$ 55,700.00 dola-
res en las Ciencias Biológicas.

Conceptos Fundamentales del isótopo estable ^{15}N

Zapata (1981) cita que el nitrógeno en la naturaleza está constituido por dos isótopos estables que son el ^{14}N y ^{15}N , los cuales se encuentran en un porcentaje del 99.6337 y 0.3663 respectivamente. Esto no indica que no existen otro tipo de isótopos del Nitrógeno, si no que son radioactivos y su vida es muy corta para poderlos utilizar en experimentos de larga duración; como ejemplo podemos citar al ^{13}N que tiene una vida media^{*/} de 10 minutos. Para experimentos de campo el isótopo que se usa es el ^{15}N que como se mencionó es un isótopo estable y se puede detectar cuantitativamente en experimentos de nutrición en plantas.

Para poder referirse a experimentos en que se usa al ^{15}N como trazador es importante conocer una serie de conceptos que a continuación se mencionan.

-Abundancia natural (a_0) : Cantidad del isótopo que se encuentra normalmente en la naturaleza esto es 0.3663 at%.

-Abundancia en el material (a) : Cantidad de ^{15}N en un material dado.

^{*}/ Vida media: Tiempo requerido para que el número de átomos sin decaer en una muestra se reduzca a la mitad del número original.

-Exceso en % de átomos de ^{15}N (% ^{15}N a.e.): Cantidad -- de más que se encuentra en un material o abundancia en exceso de ^{15}N y se obtiene restando $a - a_0$.

En la actualidad no simplemente se realizan experimentos con nitrógeno isotópicamente marcado, también para probar otros nutrientes como puede ser el Fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y todos los micronutrientes; también se pueden realizar experimentos donde es casi imposible los nutrientes como podrían ser fijación biológica, fuentes naturales como rocas fósforicas, estiércoles, abonos verdes, etc.

Análisis de N y ^{15}N

Principios de detección

Como se mencionó anteriormente, en la naturaleza existen dos isótopos estables del nitrógeno, el ^{14}N y ^{15}N , estos se encuentran principalmente apareados en moléculas y se pueden describir como ^{14}N , $^{14}\text{N}^{15}\text{N}$ y $^{15}\text{N}_2$ y se pueden escribir como $^{28}\text{N}_2$, $^{29}\text{N}_2$ y $^{30}\text{N}_2$.

Existen dos métodos para la detección del ^{15}N los cuales son la espectrometría de masas y espectrometría de emisión, estos determinan la cantidad total de señales que son proporcionadas por los tres tipos de moléculas en alguna mezcla de nitrógeno en forma de gas; el % ^{15}N se puede derivar de la siguiente fórmula.

$$\frac{30\text{N} + \frac{1}{2} 29\text{N}}{(28\text{N} + 29\text{N} + 30\text{N})} \cdot 100$$

Lo cual representa la relación de los átomos de ^{15}N

del total de nitrógeno, en porcentaje. Si existe el equilibrio entre estos tipos de nitrógeno se puede decir que $^{28}\text{N} + ^{30}\text{N} = 2 \ ^{29}\text{N}$, esto trae como consecuencia que no sea necesario medir la cantidad de los tres tipos de nitrógeno, sino que solamente la cantidad de ^{28}N y ^{29}N .

El proceso analítico para la determinación práctica del contenido de ^{15}N en muestras específicas consta en general de cuatro etapas. La primera de ellas es la determinación del porcentaje de nitrógeno de acuerdo al método de Kjeldahl modificado para la inclusión de los nitratos; una preparación del destilado obtenido de acuerdo a la técnica descrita (concentración del NH_4^+ en la muestra); la oxidación hasta N_2 del Nitrógeno en las muestras concentradas (método Rittenberg ó método deumas) y por último la discriminación de las moléculas obtenidas (^{28}N , ^{29}N y ^{30}N) en la oxidación mediante espectrometría de masa o espectrometría de emisión.

Principios de espectrometría de masas

El espectrometría de masas usado para el análisis de gases Friedler y Proksch (1975) citan que esencialmente comprende de cinco partes; La primera es la entrada al sistema para la introducción de nitrógeno gaseoso, segunda, es la parte en que el gas es bombardeado con electrones con lo que las moléculas de nitrógeno son cargadas y aceleradas. La tercera parte consta de un magneto el cual separa las moléculas excitadas por diferentes caminos de acuerdo a su momento (masa).

La cuarta parte consta, que despues de que las moléculas son separadas, de un amplificador y por último un lugar donde se grafican los tres tipos de moléculas.

Espectrometría de emisión

Fiedler y Proksch (1975) mencionan que una fuente externa de energía puede ser usada para detectar las moléculas excitadas de nitrógeno, ya que cuando estas moléculas regresan a su estado original, la diferencia de energía es emitida como radiación electromagnética de energía específica. Hay una diferencia muy pequeña en las longitudes de onda de la luz emitida de las moléculas excitadas de ^{28}N , ^{29}N y ^{30}N ; cuando la luz es emitida y diferenciada por un monocromador, la intensidad de luz correspondiente a los tres tipos de moléculas de nitrógeno pueden ser medidas. Las gráficas muestran las alturas de los picos y % ^{15}N puede ser calculado en una forma semilar que en espectrometría de masas.

Conceptos sobre la eficiencia relativa de diferentes fuentes de nutrientes para las plantas

Broeshart (1974) y Zapata (1981) citan que las técnicas que se utilizan para determinar la cantidad de nutrientes que ha sido asimilado por el vegetal y que proviene de un fertilizante se pueden dividir en dos; el tradicional y el isotópico.

El método tradicional es el que se ha usado desde el principio de la investigación en México y se basa principalmente en el rendimiento producido por los cultivos en res--

puesta a tratamientos de fertilización. Este método tiene -- sus desventajas ya que se basa en que el rendimiento está en función de la cantidad de fertilizante añadido al suelo, -- sin tomar en cuenta de que existen otros factores que afectan el rendimiento, como podrían ser los siguientes:

- Cuando los suelos tienen niveles altos de fertilidad, los diferentes tratamientos no muestran diferencias significativa.

- En un solo año y una sola localidad no dan valores reales del rendimiento con respecto a la fertilización.

- Se caracterizan por ser experimentos bastante grandes.

- Son poco o nada útiles cuando se trata de medir el -- efecto de una variable diferente a la fertilización.

- Se considera experimentos perdidos cuando sucede un -- siniestro y no se puede obtener el rendimiento.

La otra técnica que se tiene es la isotópica y consiste en la evaluación directa y cuantitativa de las prácticas de fertilización mediante el uso de fertilizantes isotópicamente marcados. La aplicación al suelo de un fertilizante -- isotópicamente marcado donde crece el cultivo, permite conocer al investigador que porción del nutriente en el vegetal proviene del fertilizante. Broeshart (1981) describe el desarrollo analítico del problema para el caso del nitrógeno, de la siguiente manera:

$$\%N_{pp} \text{ dF} = \frac{\%^{15}N \text{ a.e. muestra de planta}}{\%^{15}N \text{ a.e. del fertilizante}} 100$$

Donde:

$\%N_{pp} dF$ = Fracción (en porcentaje) de nitrógeno en el cultivo proveniente del fertilizante.

$\%^{15}N_{a,e}$ muestra de planta = Enriquecimiento del cultivo.

$\%^{15}N_{a,e}$ del fertilizante = Enriquecimiento del fertilizante.

Conociendo la cantidad de nutriente en planta proveniente del fertilizante, por diferencia podemos conocer la fracción de nutrientes proporcionado por el suelo.

Las ventajas que presenta ésta técnica, en comparación con el método tradicional, Zapata (1981) las describen de la siguiente manera:

- Alta sensibilidad en la medición directa de la cantidades de nutriente absorbido por el vegetal.
- Se obtienen resultados favorable aún en suelos con niveles altos de fertilidad.
- Los resultados obtenidos por años y localidades son bastante consistentes.
- Si estos experimentos han sido llevados cuidadosamente es posible obtener valores muy bajos del coeficiente de variación.
- Los experimentos con fertilizantes marcados deben ser mas pequeños ya que el costo de estos es mayor.
- Es posible el estudio de diversas prácticas de fertilización de nutrientes son esencialmente independientes al rendimiento.
- Es posible obtener resultados en experimentos conside

rados como "perdidos" para fines de rendimiento.

Una desventaja que podría presentar el método isótopico es que se requiere de cierta infraestructura básica, tal como personal técnico entrenado y facilidades de laboratorio que incluyen la disponibilidad de equipos de medición y los fertilizantes marcados.

Determinación de eficiencias relativas de fuentes nutrimentales no marcadas

Dentro de las técnicas isótopicas existentes hay un método para evaluar las eficiencias de los abonos o fuentes de nutrientes que es prácticamente imposible marcar como son: Abonos orgánicos, rocas fósforicas, fijación biológica, etc.

El método se basa en la aplicación de un fertilizante marcado en todas las unidades experimentales donde se hace crecer un cultivo y al cabo de un tiempo se cosecha el vegetal y se realizan los análisis de laboratorio pertinentes, que en el caso del nitrógeno son nitrógeno total, por ciento de ^{15}N átomos en exceso en el tejido vegetal y por ciento de ^{15}N átomos en exceso del estandar. Pero para lograr conocer la eficiencia de estas fuentes no marcadas es necesario tener un tratamiento que solo contenga el fertilizante marcado. Este tratamiento es importante para poder determinar el valor A_s (cantidad de nutriente suministrado por el suelo en forma de fertilizante marcado) y se puede obtener mediante el uso de la fórmula propuesta por Fried (1978).

$$A_s = \frac{A_f (100 - X)}{X}$$

Donde:

A_s = Aporte del suelo

A_f = Cantidad de nutrientes suministrado como fertilizante.

X = Cantidad de nutriente en planta proveniente del fertilizante expresado en porcentaje (tratamiento el cual solo contenía el fertilizante marcado).

Resultados experimentales obtenidos por Broeshart (1974) establecen que el valor "A" es constante para los demás tratamientos y no se ve afectado por la adición de fuentes no marcadas.

Para conocer el valor "A" de la fuente no marcada (cantidad de nutriente suministrada por la fuente natural en forma de fertilizante marcado), Zapata (1981) describe el desarrollo y se llega a la obtención de la siguiente fórmula:

$$A_{f.o.} = \frac{A_f (100 - Y) - (A_s \times Y)}{Y}$$

Donde:

$A_{f.o.}$ = Aporte de la fuente no marcada expresada como cantidad de nutriente suministrado como fertilizante marcado.

Y = Cantidad de nutriente en planta proveniente del fertilizante marcado (del tratamiento que contiene la fuente no marcada) en porcentaje.

Estos valores son importantes para conocer la eficiencia relativa de las fuentes naturales, es decir la cantidad de nutriente aplicado como fuente natural necesario para su-

ministrar una unidad de nutriente en forma de fertilizante, -
Lo que se logra dividiendo la cantidad de nutriente suminis-
trado como fuente natural entre el valor "A" de la fuente na-
tural.

MATERIALES Y METODOS

Para lograr los objetivos planteados anteriormente se -
instaló un experimento de invernadero en el cual se evalua--
ron cinco orgánicos, siendo estos: estiércol de ganado vacuno
y caprino, los cuales se obtuvieron del establo de la Escuela
de Agronomía y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato; es--
tiércol de conejo, el cual procedió del Centro Nacional de --
Cunicultura ubicado en Irapuato; estiércol de gallina, proce-
dente de una granja comercial de gallinas ponedoras y por úl-
timo el sistema Azolla-Anabaena, obteniendo el inóculo ini--
cial del Dr. Ronald Ferrera-Cerrato de la sección de Microbio-
logía de suelos del Centro de Edafología del Colegio de Post-
graduados de Chapingo y reproducida en la Escuela de Agrono--
mía y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato,

Estos materiales se secaron al aire hasta peso constan-
te, posteriormente se procedió a molerlos en un molino de mar-
tillos y se tamizó con una malla de 0,5 cm. Al sistema Azolla
-Anabaena se le secó colocándolo en medio de papeles absorben-
tes. A los abonos en estudio se les hicieron los siguientes -
análisis: Nitrogeno total por el metodo de Kjeldahl modifica-
do para la inclusión de nitratos, Materia Orgánica por el mé-
todo de combustión humeda de Walkley-Black; los resultados de
los análisis se observan, en la tabla del apéndice,

Para poder detectar el Nitrógeno proveniente de las -- fuentes orgánicas se requirió usar un standard⁺ marcado como lo fué el Sulfato de Amonio con 1% ¹⁵N a.e. de origen Alemán.

Estos materiales se colocaron en macetas con 3 kg de -- suelo del tipo vertisol pélico [análisis Físico y Químico tabla del apéndice] el cual previamente fué secado al aire y tamizado con una malla de 0,5 cm, el abono y el fertilizante marcado junto con el suelo se mezclaron perfectamente mediante una mezcladora del suelo, ya el material homogenizado se colocó en bolsas de plástico, para evitar pérdidas de Nitrógeno por lixiviación, y posteriormente se ubicaron dentro -- de la maceta.

Se ensayaron los materiales en un diseño experimental completamente al azar con seis repeticiones, la lista de tratamientos fué como sigue:

- 1.- Tratamiento testigo
Suelo
- 2.- Tratamiento control
Suelo + Standard⁺
- 3.- Tratamiento vacuno
Suelo + Standard⁺ + estiércol de vaca
- 4.- Tratamiento caprino
Suelo + standard⁺ + estiércol de cabra
- 5.- Tratamiento conejo
Suelo + standard⁺ + estiércol de conejo
- 6.- Tratamiento gallinaza
Suelo + standard⁺ + estiércol de gallina

7.- Tratamiento Azolla

Suelo + standeard⁺ + sistema Azolla-Anabaena.

Es standard⁺ se usó a razón de 80 ppm de Nitrógeno, los abonos orgánicos a razón de 200 ppm de Nitrógeno y a todos -- los tratamientos se les aplicó 25 ppm de Fósforo.

La planta indicadora utilizada fué el pasta ballfco tipo Rye Grass (Lolium multiflorum Lam.), variedad comercial -- "Baspectra" el cual se sembró el día 21 de Junio de 1983 y -- se resembraron las fallas el día 27 del mismo mes. Las unidades experimentales se instalaron en el invernadero del Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Irapuato. Durante el tiempo que duró el experimento la temperatura en el invernadero se mantuvo constante entre los 20 y 25 -- grados centígrados.

El suelo contenido en las macetas se mantuvo a capacidad de campo reintegrándoles la humedad perdida gravimétricamente cada tercer día, regándose con agua destilada para evitar contaminaciones.

Al experimento se le hicieron tres cortes al follaje -- con separación de unos treinta días entre cada corte; las -- variables analizadas en cada ocasión fueron:

1.- Rendimiento de materia fresca: lo cual se logró -- cortando la biomasa hasta raz de piso y pesándola en una balanza analítica marca OHAUS

2.- Rendimiento de materia seca: Esta se obtuvo secando la materia fresca en una estufa a 60°C durante 72 h.

pesandose en una balanza analítica.

3.- Nitrógeno total: Se usó el método de Kjeldahl modificado para la inclusión de nitratos.

4.- Rendimiento de Nitrógeno: Este se determinó multiplicando el rendimiento de materia seca por el %N correspondiente.

5.- $\%^{15}\text{N}$ a.e.: Se hizo tomando una alícuota del destilado cuando se determinó Nitrógeno total, y a esta alícuota se le determinó ^{15}N usando un espectrómetro de masas modelo Micromass 622 de la compañía Vacuum Generator -- LTD.

6.- Por ciento de Nitrógeno proveniente del Fertilizante ($\%N_{pp}^{dF}$): Se obtuvo mediante la fórmula que ha sido utilizada y recomendada por el Organismo Internacional de Energía Atómica:

$$\%N_{pp}^{dF} = \frac{\%^{15}\text{N a.e. muestra} \cdot 100}{\%^{15}\text{N a.e. standard}}$$

7.- El aporte de Nitrógeno del suelo (A_s): El cual fue exclusivo para el tratamiento control mediante el uso de la siguiente relación:

$$\frac{\%N_{pp}^{dF}}{A_f} = \frac{\%N_{pp}^{dF}}{A_s}$$

Donde:

A_f = Aporte del fertilizante, que equivale a la cantidad de Nitrógeno aplicada como Sulfato de Amonio.

$\%N_{pp}^{dS}$ = Por ciento de Nitrógeno proveniente del suelo -

y se obtuvo por medio de la siguiente expresión 100

$$-\%N_{pp} dF.$$

8. Por ciento de Nitrógeno proveniente de la fuente orgánica ($\%N_{pp} dFO$) y se obtuvo mediante la siguiente relación:

$$\frac{\%N_{pp} dF}{A_f} = \frac{\%N_{pp} d(S + FO)}{A(s + fo)} = \frac{\%N_{pp} dFO}{A_{fo}}$$

También se le hizo el Análisis de Varianza en cada corte y cada variable para observar si existían diferencia significativas entre tratamientos.

Los resultados obtenidos de las variables cuantificadas se graficaron, donde en el eje de las "X" se ubicó al tiempo (días) y en el eje de las "y" las variables dependientes de nuestro trabajo (rendimiento de materia seca, rendimiento de Nitrógeno, Nitrógeno total, $\%N_{pp} dF$; $\%^{15}N_{a,e}$, $\%N_{pp} dS$, $\%N_{pp} dFO$).

Ya con toda esta serie de datos se obtuvo en condiciones de calcular las eficiencias equivalentes a fertilizante químico (Sulfato de Amonio) y las eficiencias de los abonos orgánicos entre sí.

RESULTADOS Y DISCUSION

Una vez realizados los trabajos de invernadero y laboratorio se procedió a realizar los análisis de nitrógeno total como isótopico para calcular las demás variables descritas - en el capítulo anterior y posteriormente se realizó el análisis de varianza para cada variable y cada corte. Los resultados se discuten analizando cada variable y como se comportan en el tiempo.

Rendimiento de Materia Seca

El rendimiento de materia seca en el primer corte varió desde 4.28 g. que correspondió al tratamiento con estiércol de vaca hasta 9.28 g del tratamiento con el sistema Azolla-Anabaena; estos rangos se pueden observar en el cuadro # 6 del apéndice. Esta variable mostró, ante el análisis de varianza, ser altamente significativos (cuadro # 3 del apéndice), esto tal vez se debió a que el sistema Azolla-Anabaena es de rápida descomposición por los microorganismos que habitan en el suelo, lo cual pudo favorecer el desarrollo vegetal.

En el segundo corte se pudo observar que el rango de variación, en rendimiento de materia seca, fue mayor que para el primer corte; esto es 14.02 g para el tratamiento que se le adicionó el sistema Azolla-Anabaena y 6.6 g del tratamiento testigo (cuadro # 7 del apéndice) pudiendose observar

que estos resultados fueron altamente significativos, esto -- posiblemente se debió a que el contenido de nitrógeno disponible en el suelo del tratamiento testigo no fue el suficiente para proporcionar un desarrollo satisfactorio aunque en este tratamiento no se observó clorosis, ocasionado tal vez por -- que el vegetal se encontró en lo que se denomina normalmente como hambre oculta.

En el último corte se observó que el sistema Azolla--
Anahaena, como en los anteriores cortes (cuadros # 6,7,8 del apéndice) resultó ser el tratamiento que se asoció con la ma
yor producción de materia seca.

Así mismo en la gráfica # 1 del apéndice se observa que independientemente del tratamiento, los abonos orgánicos indujeron un mayor crecimiento ya que mostraron valores similares de ganancia de peso en relación al tiempo, esto es que - en todos los tratamientos que tuvieron fuentes orgánicas, las pendientes de las ecuaciones de regresión fueron prácticamente iguales y superiores al control y testigo (cuadro # 12 del apéndice). Estas ecuaciones mostraron coeficientes de correlación lineal muy altos, con lo que se podría concluir que se - comportaron en forma lineal (cuadro # 12 del apéndice).

También se realizó la separación de medias por el método propuesto por tukey ($\alpha = 0.05$) mostrando 6 grupos los cuales fueron: Azolla, gallinaza-conejo, caprino, control, vacuno, testigo.

Rendimiento de Nitrógeno

En los tres cortes se observó que el tratamiento que --

indujo a un mayor contenido de nitrógeno en el vegetal fue -- el estiércol de gallina, con un rendimiento de 251.88 mg/mac. 306.87 mg/mac. y 342.93 mg/mac. en el primer segundo y tercer corte respectivamente, no comportándose en forma similar los demás tratamientos (cuadros # 6, 7 y 8 del apéndice).

En el primer corte el tratamiento que indujo a un menor rendimiento de nitrógeno fue el que contenía estiércol de vaca (66.8 mg/mac) siguiéndole el testigo con 77.63 mg/mac., caprino 110.41 mg/mac., conejo 137 mg/mac. y el sistema Azolla-Anabaena 231.62 mg/mac. (cuadro # 6 del apéndice) estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas -- (cuadro # 13 del apéndice) entre tratamientos. Estos resultados obtenidos tal vez se debieron a que mientras más estrecha sea la relación C:N en los abonos orgánicos la liberación de este elemento sea rápida como sucedió en el presente estudio ya que el estiércol de gallina, tuvo una relación C:N de 7.91 y el estiércol de vaca de 28.35 (cuadro # 1 del apéndice.

En el segundo corte el que indujo a una menor absorción de nitrógeno por el vegetal fue el tratamiento testigo con un rendimiento de 107.4 mg/mac., siguiéndole el estiércol de vaca 112.27 mg/mac., caprino 163.03 mg/mac., control - 219.65 mg/mac., y el sistema Azolla-Anabaena 291.38 mg/mac. - cuadro # 7 del apéndice]; en este corte también mostraron -- tener diferencias estadísticamente significativas ya que la probabilidad de incertidumbre fue de 1.5258×10^{-6} (cuadro # 4 del apéndice).

En la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) se observaron que ha--

bía 5 grupos que fueron: Gallinaza-Azolla, control, Conejo, Caprino, y por último Vacuno-Testigo, acomodados del grupo más eficiente para inducir una mayor absorción de N. en la planta al menor.

En este último corte se observó que los tratamientos es comportaron en ofrma similar (cuadro # 8 del apéndice) que en el corte anterior (cuadro # 7 del apéndice), es importante mencionar que la absorción del nitrógeno por la planta y por día en los tratamientos que contenían abonos orgánicos fue muy similar ya que la variación fue de 1,83 mg/día en el tratamiento que contenía estiércol de gallina hasta 2,06mg/día en el sistema Azolla-Arañaena

Los resultados obtenidos tal vez se deban a la relación C:N que mientras más estrecha sea esta en los abonos orgánicos tendrán una más rápida liberación de nitrógeno (gráfica # 2 del apéndice) y esto concuerda con lo mencionado por Buckman y Brady (1977) Tisdale y Nelson (1970).

Por ciento de Nitrogeno

En el primer corte se observó como el por ciento de N varió desde 2,8% en el tratamiento que contenía estiércol de gallina hasta 1,6% en el tratamiento con estiércol de vaca (cuadro # 6 del apéndice). Estos valores mostraron tener diferencias estadísticamente significativas entre tratamiento ya que la probabilidad de incertidumbre fue de $6,23 \times 10^{-8}$ y ante la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) se observaron dos que fueron: Gallinaza-Azolla-Control y Caprino-Vacuno-Testigo.

En el segundo y tercer corte no se mostraron diferencias estadísticamente significativas, ya que la probabilidad de incertidumbre fué de 0,4726 y 0,2786 respectivamente, por lo tanto todos los tratamientos considerando a la variable %N en estudio fueron iguales.

Por ciento de Nitrógeno en la planta proveniente del Fertilizante.

En el primer corte efectuado se observó que en los tratamientos con abonos orgánicos con relaciones C/N estrechas suplieron al fertilizantes como fuente aportadora de N, ya que el % de nitrógeno presente en la planta proveniente del $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ solo fué del 26,79% en el tratamiento con gallinaza y de 29,63% en Azolla. Los tratamientos con estiércoles de relación C/N amplia presentaron niveles de 37,33% en el estiércol de conejo, 39,33% en el caprino y 42,48% en el estiércol de vaca. En el segundo corte se observó que el tratamiento con estiércol de gallina siguió teniendo el menor contenido de nitrógeno proporcionado por el fertilizante químico en el vegetal; pero se debe enfatizar que el tratamiento con estiércol de vaca mostró una baja considerable del nitrógeno proporcionado por el Sulfato de Amonio en el tejido vegetal ya que disminuyó de 42,48% en el primer corte (cuadro # 6 del apéndice) hasta 30,31 % en el segundo (cuadro # 7 del apéndice), sin que este tratamiento supere al sistema Azolla-Anabaena (cuadro # 7 del apéndice).

En el tercer corte se observó que el tratamiento con estiércol de gallina siguió teniendo el más bajo contenido -

de N en el vegetal proporcionado por el fertilizante químico Siguiéndole el tratamiento con estiércol de vaca (cuadros -- # 6, 7 y 8 del apéndice); aquí es importante mencionar que - cada día que pasaba toamando en cuenta desde el primer corte hasta este último el tratamiento con estiércol de vaca mostró una disminución en 0,37% en el contenido de nitrógeno en el - vegetal que provenía del fertilizante (cuadro # 14 del apéndice).

Otro factor de importancia es que en la gráfica # 4 del apéndice se observan claramente dos grupos que son el Gallinaza-Azolla y Vacuno-Caprino-Conejo-Control,

Por ciento de Nitrógeno en la planta proveniente del suelo

En el primer corte se observó que el tratamiento que -- indujo a una mayor absorción de nitrógeno proveniente del suelo fue el tratamiento control, con un valor del 51,47% siguiéndole el estiércol de vaca (41,76%), conejo (36,59%), sistema Azolla Anabaena (31,43%) y por último de gallinaza (28,38%), - esto se puede observar en el cuadro # 6 del apéndice. En la gráfica # 5 (del apéndice) se observan claramente tres grupos son: Control, vacuno-Caprino-Conejo, Azolla-Gallinaza,

En el segundo corte observó como el tratamiento que contenía estiércol de vaca tuvo una disminución con respecto al contenido de nitrógeno absorbido por el vegetal y que provenía del suelo, ya que dicha absorción fue menor que para los tratamientos con estiércol de caprino y conejo; por otra parte los tratamientos que contenían estiércol de gallina y el

sistema Azolla-Anabaena indujeron a que aumentara la cantidad de N en el follaje proporcionado por el suelo (cuadros # 6 y 7 del apéndice).

En el último corte se observó que el tratamiento que contenía estiércol de vacuno seguía tomando el vegetal menor cantidad de nitrógeno proveniente del suelo ya que con cada día que pasaba el porcentaje disminuía en un 0,16% mientras que el tratamiento con estiércol de gallina y el sistema Azolla Anabaena aumentaba en un 0,12% y 0,10% respectivamente; el tratamiento que contenía estiércol de conejo permaneció igual durante todo el tiempo que duró el experimento, esto se puede observar claramente en la gráfica # 5 del apéndice y en los cuadros 6,7,8 y 15 del mismo.

Estos valores son importantes conocerlos por que cuando se usan fertilizantes químicos que aportan N, se dice que de un ciclo a otro se pierde totalmente este fertilizante y tal vez sea por esto el empobrecimiento de los suelos año, con - - año.

Por ciento de Nitrógeno en la planta proveniente de la Fuente Orgánica

Durante el primer corte se observó, claramente que la capacidad de mineralización del estiércol de gallina fue muy alta ya que el contenido total de nitrógeno en las plantas - el 44,86% provenía de esta material y el que más lenta mineralización tuvo la del estiércol de vacuno con tan solo un 12,47% provenía de esta abono. Esto tal vez se deba a que la relación C/N influye grandemente en la mineralización (Cuadro

6 del apéndice).

En el segundo corte se observó que el estiércol de gallina siguió con una rápida mineralización, pero el estiércol de vacuno en este período mostró una descomposición más rápida que la del estiércol de caprino y conejo (cuadro # 7 del apéndice). Esto quizá se deba a que los compuestos con que fueron alimentados estos animales hayan tenido un contenido variable de ligninas y celulosa que son difícilmente descomponibles por los organismos que habitan en el suelo.

En el último corte se observó claramente que el estiércol de vacuno mientras más tiempo paso fue más rápida la mineralización ya que este material proporcionó el 41,39% del nitrógeno en el vegetal, siendo mayor incluso que el sistema Azolla-Anabaena, ya que aportó el 40,22% (cuadro 8 del apéndice) esto tal vez se deba a que como este sistema es de rápida mineralización quizá este llegando al máximo de liberación de N. Otro punto importante es que el estiércol de gallina después de los primeros dos meses mostró su máxima capacidad de liberar nitrógeno y en este último corte se observó como decrece la cantidad suministrada al vegetal (cuadro # 6 7 y 8 del apéndice). En la gráfica # 6 del apéndice se observa como se comportan los diferentes abonos con relación al tiempo. Otro punto importante es que los estiércoles y el sistema Azolla-Anabaena muestran tener diferentes pendientes y un alto coeficiente de correlación (cuadro # 16 del apéndice)

Eficiencia relativa de los Abonos Orgánicos

En el primer corte se observó como los abonos orgánicos

que tenían una relación C:N estrecha mostraron, una eficiencia elevada, ya que el tratamiento que contenía estiércol de gallina se necesitó de 1.49 unidades de nitrógeno en forma -- de este estiércol para suministrar una unidad de nitrógeno -- en forma de Sulfato de Amonio siguiéndole el sistema Azolla - Anabaena (1.9), conejo, (4.04), caprino (5.21) y por último el estiércol de vacuno (8.52); esto último se puede observar claramente en el cuadro # 6 del apéndice, lo cual pudo ser -- causado, como se mencionó a la relación C/N, estos resultados concuerdan con lo citado por Thompson (1965), Buckman -- y Brady (1977) ya que mencionan que mientras más estrecha sea la relación C:N en los abonos orgánicos, mas rápida la liberación del nitrógeno y las relaciones en los abonos en estudio muestran estas características (cuadro # 1 del apéndice).

En el segundo y tercer corte se observó que la eficiencia del estiércol de gallina siguió teniendo el valor más -- cercano a la unidad (cuadros # 7 y 8 del apéndice), pero un punto interesante de resaltar es que el estiércol de vacuno, pese a tener una relación C/N elevada (28.35) mostró mejorar la eficiencia con mucho en comparación con el estiércol de conejo y caprino. (cuadros # 7 y 8 del apéndice),

Con lo que respecta a las eficiencias de los abonos -- entre sí, se pudieron observar tres grupos que fueron: Gallinaza-Azolla, Caprino-Conejo y Vacuno, ya que si se observan las graficas # 7 a la 11 del apéndice; se demuestra que la -- disminución o aumento de las eficiencias, fué muy similar --

dentro de cada grupo, además que las ecuaciones de regresión fueron muy similares en cada uno, esto es, las pendientes resultaron prácticamente iguales en cada grupo,

Un punto interesante de resaltar es que las eficiencias de los abonos en estudio, en el último corte, llegaron a ser casi iguales, otro punto importante de mencionar es que el estiércol de vacuno tiene una mineralización lenta ya que para suministrar una unidad de N en forma de los otros abonos orgánicos en estudio se llegó a necesitar hasta cerca de 6 unidades (cuadro #9 del apéndice), pero en el segundo y tercer corte se observó que esta eficiencia mejoró notablemente ya que superó al estiércol de caprino, conejo y el sistema Azolla-A-Anabaena (cuadros # 7 y 11 del apéndice).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados del presente trabajo y a la literatura consultada se puede concluir que:

La relación C:N de las fuentes orgánicas de N determinó la tasa de mineralización de las mismas; mientras más estrecha resultó ser tal relación, la disponibilidad para las plantas de N. contenido en los abonos fué alta desde las etapas iniciales posteriores a su adición al suelo mientras que aquellas fuentes con relación C:N amplia liberaron su N en forma asimilable hasta después de 90 días de su aplicación.

En función de lo anotado en el párrafo anterior y de los análisis efectuados, se determinó que la eficiencia relativa de los abonos orgánicos estudiados comparada con la del Sulfato de Amonio varió en función al tiempo, ya que se observó que para la gallinaza y Azolla-Anabaena se mantuvo prácticamente a niveles constantes (1.2.-1.9 mgN como tales fuentes para suministrar a las plantas el equivalente a 1.0 mg N como fertilizante químico) durante el ensayo; mientras que para el estiércol de ganado vacuno, caprino y conejo aumentó considerablemente al paso del tiempo (de 8.5 a 1.4 mg N como estiércol de vaca para suministrar 1 mg N como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). Así mismo se determinaron tres grupos de acuerdo a las eficiencias y su variación con respecto al tiempo.

-Abonos de eficiencia alta en lapsos cortos: Gallinaza
Azolla Anabaena

-Abonos de eficiencia intermedia: Conejo y estiércol de ganado caprino.

-Abonos de alta eficiencia en lapsos largos de tiempo:-
Estiércol de ganado vacuno.

Quedó demostrada la bondad del sistema fijador de N_2 atmosférico Azolla Anabaena como fuente orgánica de N para los cultivos, ya que su eficiencia fué alta en los períodos iniciales del ensayo (1,5) y aumentó ligeramente hacia el final del mismo (1,2,3).

Gracias a la utilización de técnicas isotópicas (^{15}N), fué posible hacer una discriminación adecuada del origen del N contenido en las plantas, con lo cual se estuvo en capacidad de conseguir los objetivos planteados con la realización de este trabajo.

Como cualquier investigación que forma parte de líneas definidas de trabajo, y en especial aquellas que son preliminares, concluyen con planteamientos que sugieren la dirección en que se ha de seguir para resolver los problemas para la que fue planteada, este trabajo no resulta ser una excepción las recomendaciones que se pueden hacer con las conclusiones obtenidas se anotan a continuación.

-Se debe reconsiderar la utilización de abonos orgánicos en la producción agrícola; las recomendaciones para el uso racional de tales abonos deben de surgir de trabajos de investigación adecuadamente planteados.

- Estudiar la eficiencia relativa de otras fuentes orgánicas de nutrientes para las plantas */ que posibilidad de ser usadas en regiones específicas. **/

- Determinar las condiciones ideales para la reproducción del helecho Azolla sp dada la eficiencia y potenciales mostradas por el.

- Aplicar las metodologías que involucren la utilización de trazadores (pesados o radioactivos) en los casos en que sea necesario la discriminación (isotópica) del origen o fuente de los elementos tomados por las plantas durante su desarrollo.

*/ y de algunas combinaciones de abonos orgánicos,

**/ que permitan un suministro continuo de N para las cosechas.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Austria, Organismo Internacional de Energía Atómica, ---
1981.
Los isótopos en la vida cotidiana, Austria, Organismo Internacional de Energía Atómica, .
- 2.- Broeshart, H, 1974, Quantitative measurement of fertilizer uptake by crops, Neth J. Agric. Sci., 22:245-254 .
- 3.- Broeshart, H, 1981, FAO/IAEA/SIDA, Workshop on the use of N-15 in soil plant nutrition investigations: New approaches, conclusions and interpretations, Preliminary notes on the workshop hel at Vienna, .
- 4.- Buckman, H.O, Brady, N.C, 1977 Naturaleza y propiedades de los suelos, Traducción del inglés por R, Salord Barcelo, la ed. Barcelona, Montanar y Simon, .
- 5.- Cajuste, L.J, 1977, Química de suelos con un enfoque agrícola la ed . Mexico, Colegio de Postgraduados rama de suelos, Chapingo, .
- 6.- Central institute for isotope and radiation research, 1976
Internacional training course on the use of ¹⁵N in soils - research, Academic of Sciences of GDR, Leipzig GDR, .
- 7.- Cochran, W.G, Cox, G.M, 1981 Diseños experimentales, Traducción del inglés por el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de --- Agricultura, Chapingo, México, Mexico Trillas, .
- 8.- Cooke, GW, 1983, Fertilización para rendimientos Máximo

Traducción del inglés por Antonio Marino Ambrosio, 1a,ed.
Mexico, CECSA,

- 9.- Cuautle, F.E. 1980 Reunión taller latinoamericano sobre reciclaje de materias orgánicas en la Agricultura Mag-FAO SIDA, Sn, Jose Costa Rica.
- 10.- Chapman, H.D. Pratt, P.F. 1979, Métodos de Análisis para suelos, plantas y aguas, Traducción del inglés por Agustín Contin, 1a,ed, Mexico Trillas,
- 11.- FAO, 1976 Materias orgánicas fertilizantes, Bol num,27
- 12.- Fassbender, H.W,1975, Química de suelos con énfasis en suelos de America Latina, 1a ed Turrialba, Costa Rica -- Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA,
- 13.- FAO 1977 China en la Agricultura Bol, suelos num 40
- 14.- Faust, H. ed, 1980, Interregional training course on the use of ^{15}N in soil science and plant nutrition lecture, Academy of sciences of GDR, Leipzig GDR,
- 15.- Faust, H. ed, 1980 Interregional training course on the use of ^{15}N in soil science and plant nutrition Training, manual, Academy of sciences of GDR, Leipzig GDR,
- 16.- Ferrera-Cerratos, R. 1980, Estudio preliminar de Azolla sp. un helecho acuático con potencial agrónomico en el trópico húmedo Mexicano, Lat-Amer-Microbiol, 22(4):171-174.
- 17.- Fiedler, R. Proksch, G, 1975, the determination of nitrate- ^{15}N by emission and mass spectrometry in biochemical analysis:

- a review, *Analytica Chimica acta*, 78(1975)162.
- 18.- Fried, M. 1978, Direct quantitative assessment in the -- field of fertilizer management practices, *Trans.Int. -- Soil Sci Congress, Canada.*
 - 19.- IAEA/FAO, 19761 Tracer manual on crops and soil Technical reports serie # 171 Internacional Atomic Energy Agency -- Vienna.
 - 20.- Krumbiegel, P. 1983 ¹⁵N isotope terminology, Akademie der Wissenschaften der DDR.
 - 21.- L' Annunziata , MF, 1979 Radiotracers in agricultural -- chemistry, 1a.ed, Academic Press Great Britain,
 - 22.- Mexico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1982 La materia orgánica en el suelo, México Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos,
 - 23.- Pidello, A. 1980 Contribución al estudio del efecto de -- Compost urbano en un suelo Brunizem, *Lat-Amer, Microbiol* 22(3):143-149.
 - 24.- Russell, E.J, Russell, E.W, 1972 Condiciones del suelo -- y desarrollo de las plantas, Traducción del inglés por -- Gaspar Gonzalez y González, Cuba Instituto Cubano del -- Libro.
 - 25.- Sahrawat, K.L, 1982 Nitrification in some tropical soils *Plant and Soil*, 65[2]:281-286,
 - 26.- Singh, P.K, Panigrahi, B.C, 1981 Comparative efficiency -- of Azolla, Bluegreen algae and other organic manures in relation to N and P availability in a flooded rice soil.

plant and Soil, 62(1):35-44

- 27.- Steel, R.G. Torrie, J.H. 1981 Principles and procedures of Statistics; a Biometrical approach, 2a, ed, United -- States, of America, mc, Graw Hill,
- 28.- Tamhane, R.V. et-al, 1978 Suelos: Su química y fertili-- dad en zonas tropicales, Traducción del inglés por Aurelio Romeo del Valle, 1a, ed, Mexico Diana,
- 29.- Thompson, L.M. 1965, El suelo y su fertilidad, Traducción del inglés por Ricardo Clara Camprubi, 3a, ed, Reverte,
- 30.- Thompson, L.M, Troeh, F.R, 1980, Los suelos y su fertili-- dad Traducción del inglés por Juan Puigdefabregas Tomas 4a, ed. España Reverte,
- 31.- Tisdale, S.L, Nelson, W.L, 1970, Fertilidad de los suelos y fertilizantes, Traducción del inglés por Jorge Balash y Carmen Piña, 1a, ed, Barcelona, Montaner y Simon,
- 32.- Zapata, F. 1981, Técnicas isotópicas en estudio de ferti-- lidad de suelos y nutrición mineral de las plantas, Orga-- nismos Internacional de Energía Atómica,
- 33.- 1981, Determinación cuantitativa de la fijación Biológica de nitrógeno por medio de técnicas isotópicas Organismo Internacional de Energía Atómica (mimeógrafo)
- 34.- 1981, Conceptos fundamentales sobre el isótopo estable -- ¹⁵N, Organismo Internacional de Energía Atómica (mimeografo).

CLAVES

————— TESTIGO

- - - - - CONTROL

- VACUNO

- CAPRINO

- CONEJO

- GALLINAZA

——— AZOLLA

Cuadro # 1, Analisis quimico de los estiercoles y el sistema Azolla-Anabaena, CINVESTAV-UI.

VARIABLE	%N	%M.O.	C/N
ABONO			
GANADO VACUNO	1,090	53,28	23,35
GANADO CARINO	1,920	67,01	20,24
CONEJO	2,301	63,69	16,05
GALLINAZA	5,143	70,18	7,91
AZOLLA-ANABAENA	0,180	3,76	12,10

Cuadro # 2. Análisis Físico y Químico de los suelos.

CINVESTAV-UI.

ANÁLISIS \ PROFUNDIDAD	0- 30. (cm)	30 - 60 (cm)
pH (1:2)	7.3	7.4
% Arena	22.0	24.0
% Limo	18.0	16.0
% Arcilla	60.0	60.0
Clasificación	Arcilla	Arcilla
% Materia Orgánica	1.28	0.81
Nitrógeno total %	0.06	0.05
Fósforo ppm	3.6	1.7
Potasio ppm	167.0	87.0
Calcio ppm	4000.0	3600.0
Magnesio ppm	420.0	336.0
% Carbonatos insolubles	0.80	0.46
% de saturación	67.0	71.0
pH a saturación	7.9	7.9
C.E. saturación (mmhos/cm)	0.51	0.58
C.I.C. meq/ 100 g de suelo	32.8	31.80

Cuadro # 3 Analisis de varianza del primer corte . CINVESTAV-UI.

VARIABLES ANDEVA	RENDIMIENTO SECO.	RENDIMIENTO DE N.	%N _{total}	% ¹⁵ Na.e.
C.M. trat.	24.60	31939.57	1.57	0.03
C.M. error	4.31	2586.90	0.11	0.0019
F.c.	5.71 **	12.35 **	13.67 **	13.45 **
P _r F.c _{trat}	3.2×10^{-4}	2.0002×10^{-7}	6.23×10^{-8}	7.54×10^{-8}
\bar{Y} .	6.88	151.02	2.12	0.3032
Tukey _{0.05}	3.75	91.88	0.60	0.08

Cuadro # 4 Analisis de Varianza del segundo corte CINVESTAV-UI.

variables ANDEVA	RENDIMIENTO SECO.	RENDIMIENTO DE N .	%N _{total}	% ¹⁵ Na.e.
C.M. trat.	4.70	662.90	0.04	0.0037
C.M. error	0.83	64.65	0.04	0.0005
F.c.	5.67 **	10.25 **	0.95 N.S.	8.28 **
P _r F.c. trat	3.37×10^{-4}	1.53×10^{-6}	0.4726	1.29×10^{-5}
Ȳ..	3.62	47.48	1.36	0.1083
Tukey 0.05	1.65	14.53	-----	0.04

Cuadro # 5 Analisis de varianza del tercer corte . CINVESTAV-UI.

VARIABLE ANDEVA	RENDIMIENTO SECO.	RENDIMIENTO DE N.	%N _{total}	% ¹⁵ N a.e.
C.M. trat.	4.11	498.92	0.03	0.00015
C.M. error.	0.34	62.42	0.02	0.00002
F.c.	12.25 **	7.99 **	1.31 N.S.	9.78 **
P _r F.c. trat.	2.20x10 ⁻⁷	1.81x10 ⁻⁵	0.2786	2.48x10 ⁻⁶
Ȳ..	3.70	48.08	1.32	0.0486
Tukey _{0.05}	1.05	14.27	-----	0.01

Cuadro # 6. Análisis isotópico de los resultados del primer corte de los tratamientos con fuentes orgánicas de N, CINVESTAV-UI.

TRATAMIENTO VARIABLE	TESTIGO	CONTROL	VACUNO	CAPRINO	CONEJO	GALLINAZA	AZOLLA
M.S. (g/maceta)	4.33 ^b	6.90 ^{ab}	4.28 ^b	6.55 ^{ab}	7.80 ^{ab}	9.03 ^a	9.28 ^a
Rend. N (mg/maceta)	77.63 ^c	181.78 ^{ab}	66.80 ^c	110.41 ^{bc}	137.00 ^{bc}	251.88 ^a	231.62 ^a
%N	1.85 ^b	2.65 ^a	1.6 ^b	1.68 ^b	1.75 ^b	2.80 ^a	2.50 ^a
% ¹⁵ N a.e.	-----	0.3939	0.3448	0.3195	0.3030	0.2172	0.2405
%N _{pp} dF	----	48.53	42.48	39.37	37.33	26.76	29.63
%N _{pp} dS	100	51.47	45.05	41.76	39.59	28.38	31.43
%N _{pp} dF.O ₂	----	-----	12.47	18.87	23.08	44.86	38.94
A (mg N)	----	254.54	70.46	115.06	148.37	402.32	315.45
Eq. a (NH ₄) ₂ SO ₄	----	1.00	8.52	5.21	4.04	1.49	1.90

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales para la prueba de Tukey_{0.05}

Cuadro # 7, Análisis isotópico de los resultados del segundo corte de los tratamientos con fuentes orgánicas de N. CINVESTAV-UI.

TRATAMIENTO VARIABLE	TESTIGO	CONTROL	VACUNO	CAPRINO	CONEJO	GALLINAZA	AZOLLA
M.S. (g/maceta)	6.61 ^e	9.74 ^d	7.45 ^e	10.44 ^{cd}	11.82 ^{bc}	13.44 ^{ab}	14.02 ^a
Rend.N (mg/maceta)	107.40 ^f	219.65 ^c	112.27 ^f	163.03 ^e	188.88 ^d	306.87 ^a	291.38 ^b
% N	1.62	2.26	1.51	1.56	1.60	2.28	2.08
% ¹⁵ N a,e.	-----	0.3534	0.2460	0.2492	0.2464	0.1950	0.2113
%N _{pp} dF	-----	43.54	30.31	30.70	30.36	24.02	26.03
%N _{pp} dS	100	56.46	39.30	39.81	39.37	31.15	33.75
%N _{pp} dF.O.	-----	-----	30.39	29.49	30.27	44.83	40.22
A (mg N)	-----	311.22	240.60	230.54	239.29	447.95	370.79
Eq. a (NH ₄) ₂ SO ₄	-----	1.00	2.49	2.60	2.51	1.34	1.62

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales para la prueba de Tukey_{0.05}

Cuadro # 8. Análisis isotópico de los resultados del tercer corte de los tratamientos con fuentes orgánicas de N. CINVESTAV-UI.

TRATAMIENTO VARIABLE	TESTIGO	CONTROL	VACUNO	CAPRINO	CONEJO	GALLINAZA	AZOLLA
M.S. (g/maceta)	9.18 ^e	12.62 ^d	11.58 ^d	15.02 ^c	16.40 ^b	16.59 ^b	18.03 ^a
Rend. N (mg/maceta)	142.9 ^e	256.85 ^b	167.62 ^d	218.59 ^c	246.21 ^b	350.98 ^a	342.93 ^a
% N	1.56	2.04	1.45	1.46	1.50	2.11	1.90
% ¹⁵ N a.e.	-----	0.3113	0.1824	0.1978	0.1986	0.1750	0.1857
%N _{pp} dF	-----	38.29	22.44	24.33	24.43	21.53	22.85
%N _{pp} dS	100.00	61.71	36.17	39.21	39.37	34.70	36.83
%N _{pp} dF.O.	-----	-----	41.39	36.46	36.20	43.77	40.32
A (mg N)	-----	386.80	442.72	359.64	355.60	487.92	423.53
Eq. a (NH ₄) ₂ SO ₄	-----	1.00	1.36	1.67	1.69	1.23	1.42

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales para la prueba de Tukey_{0.05}

Cuadro # 9. Equivalencias entre fuentes organicas en el primer corte.
CINVESTAV-UI.

	CONTROL	VACUNO	CAPRINO	CONEJO	GALLINAZA	AZOLLA
CONTROL	1.00	8.52	5.21	4.04	1.49	1.90
VACUNO	0.12	1.00	0.61	0.47	0.18	0.22
CAPRINO	0.19	1.63	1.00	0.78	0.29	0.36
CONEJO	0.25	2.11	1.29	1.00	0.37	0.47
GALLINAZA	0.67	5.71	3.50	2.71	1.00	1.28
AZOLLA	0.53	4.48	2.75	2.13	0.78	1.00

Cuadro # 10. Equivalencias entre fuentes organicas en el segundo corte.
CINVESTAV-UI.

	CONTROL	VACUNO	CAPRINO	CONEJO	GALLINAZA	AZOLLA
CONTROL	1.00	2.49	2.60	2.51	1.34	1.62
VACUNO	0.40	1.00	1.04	1.01	0.54	0.65
CAPRINO	0.38	0.96	1.00	0.96	0.51	0.62
CONEJO	0.40	0.99	1.04	1.00	0.53	0.65
GALLINAZA	0.75	1.86	1.94	1.87	1.00	1.21
AZOLLA	0.62	1.54	1.61	1.55	0.83	1.00

Cuadro # 11. Equivalencias entre fuentes orgánicas en el tercer corte.

CINVESTAV-UI.

	CONTROL	VACUNO	CAPRINO	CONEJO	GALLINAZA	AZOLLA
CONTROL	1.00	1.36	1.67	1.69	1.23	1.42
VACUNO	0.74	1.00	1.23	1.24	0.91	1.05
CAPRINO	0.60	0.81	1.00	1.01	0.74	0.85
CONEJO	0.59	0.80	0.99	1.00	0.73	0.84
GALLINAZA	0.81	1.10	1.36	1.37	1.00	1.15
AZOLLA	0.71	0.96	1.18	1.19	0.87	1.00

BIBLIOTECA
 SOCIEDAD DE AGRICULTORES



Cuadro # 12. Ecuaciones de regresión del rendimiento de ---
 materia seca (g/maceta) , CINVESTAV-UI,

REGRESION ABONOS	COEFICIENTE DE CORRELACION	PENDIENTE	INTERCEP- TO EN Y
TESTIGO	1.00	0.09	1.08
CONTROL	0.74	0.04	6.01
VACUNO	1.00	0.14	-0.71
CAPRINO	1.00	0.16	0.84
CONEJO	1.00	0.16	2.02
GALLINAZA	0.99	0.14	4.27
AZOLLA-ANABAE.	1.00	0.16	3.64

Cuadro # 13, Ecuaciones de regresión del rendimiento de ---
 Nitrógeno (mg/maceta). CINVESTAV-UI.

REGRESION ABONOS	COEFICIENTE DE CORRELACION	PENDIENTE	INTERCEP- TO EN Y
TESTIGO	1.00	1.21	33.52
CONTROL	1.00	1.39	132.36
VACUNO	1.00	1.87	-1.53
CAPRINO	1.00	2.00	38.48
CONEJO	1.00	2.02	63.94
GALLINAZA	1.00	1.83	188.45
AZOLLA	1.00	2.06	159.65

Cuadro # 14, Ecuaciones de regresión del por ciento de Nitrógeno en planta proveniente del fertilizante.

CINVESTAV-UI.

REGRESION ABONOS	COEFICIENTE DE CORRELACION	PENDIENTE	INTERCEP- TO EN Y
CONTROL	-1,00	-0,19	55,34
VACUNO	-0,99	-0,37	54,93
CAPRINO	-0,99	-0,28	48,88
CONEJO	-1,00	-0,24	45,66
GALLINAZA	-1,00	-0,10	30,17
AZOLLA	-1,00	-0,13	34,03

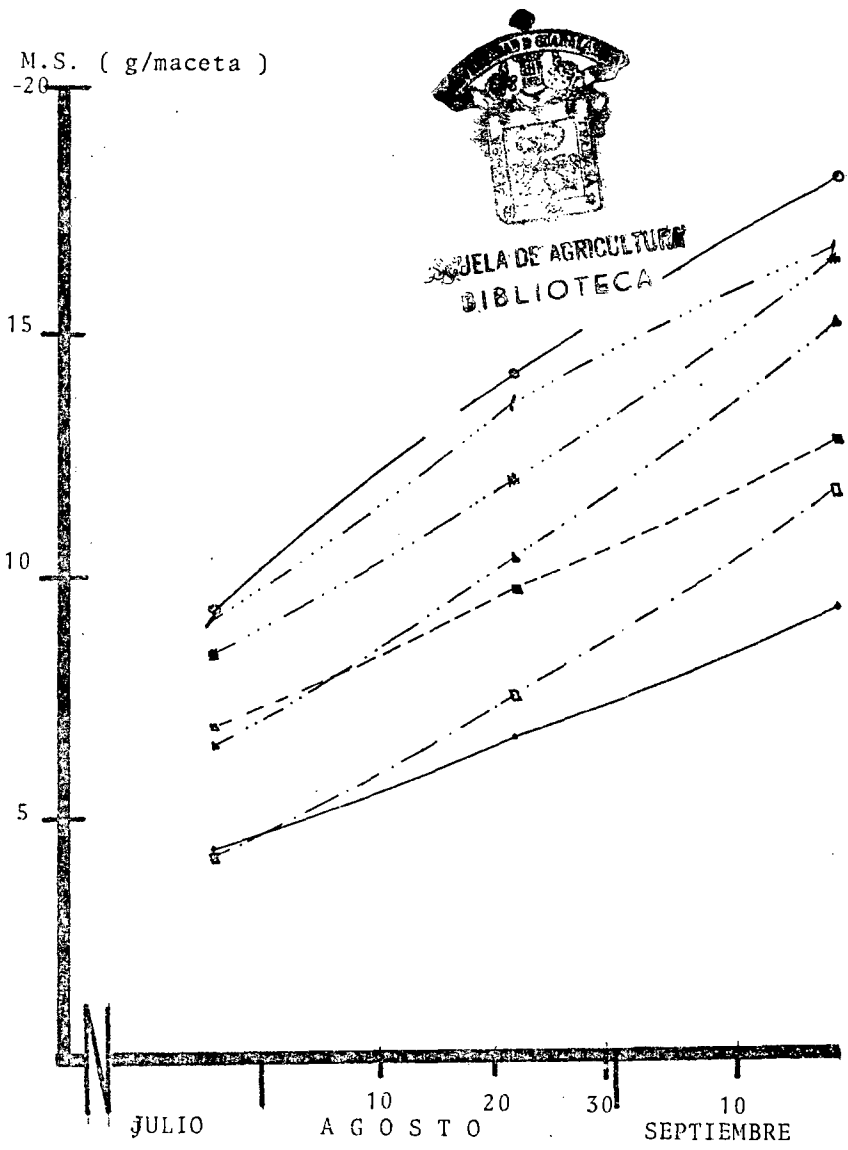
Cuadro # 15. Ecuaciones de regresión del por ciento de Nitrógeno en planta proveniente del suelo.

CINVESTAV-UI,

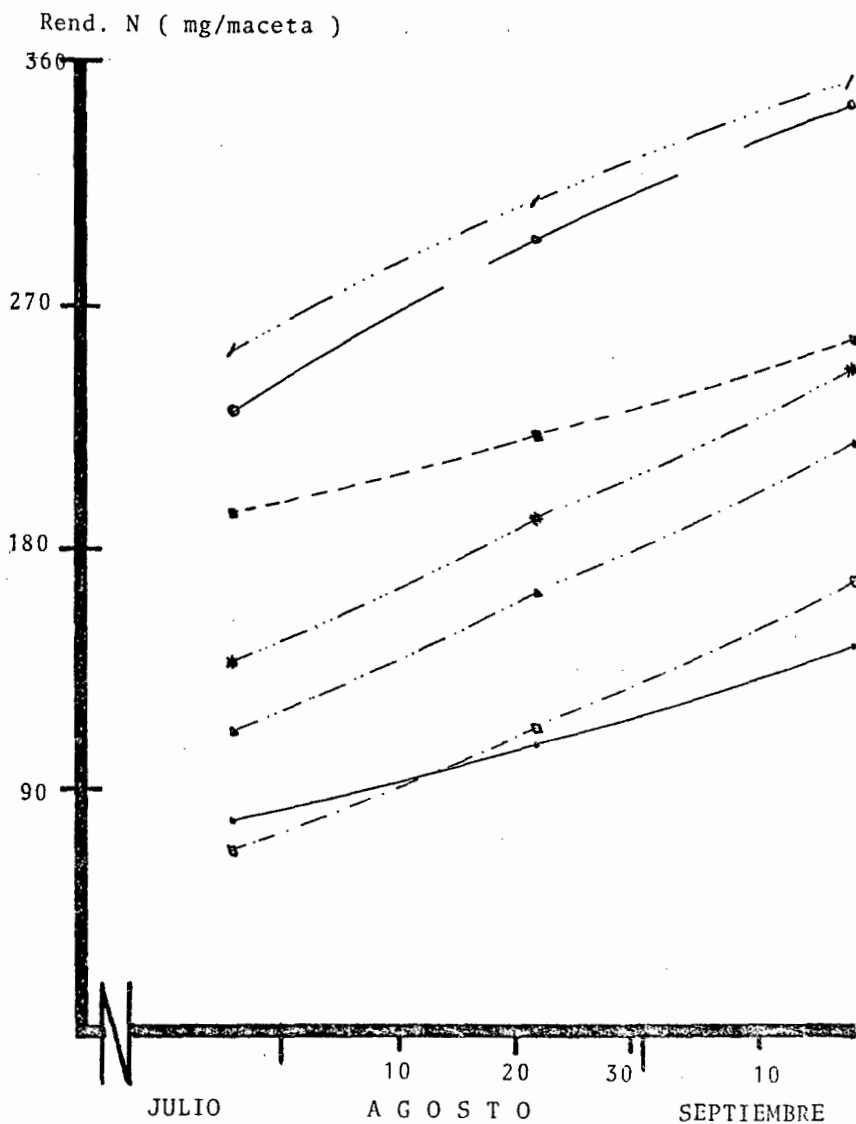
REGRESION ABONOS	COEFICIENTE DE CORRELACION	PENDIENTE	INTERCEP TO EN Y
CONTROL	1,00	0,19	44,66
VACUNO	-0,98	-0,16	50,44
CAPRINO	-0,95	-0,05	43,20
CONEJO	-0,86	0,00	39,70
GALLINAZA	1,00	0,12	24,07
AZOLLA	1,00	0,10	27,73

Cuadro # 16. Ecuaciones de regresión del por ciento de Nitrógeno en planta proveniente de la fuente orgánica, CINVESTAV-UI.

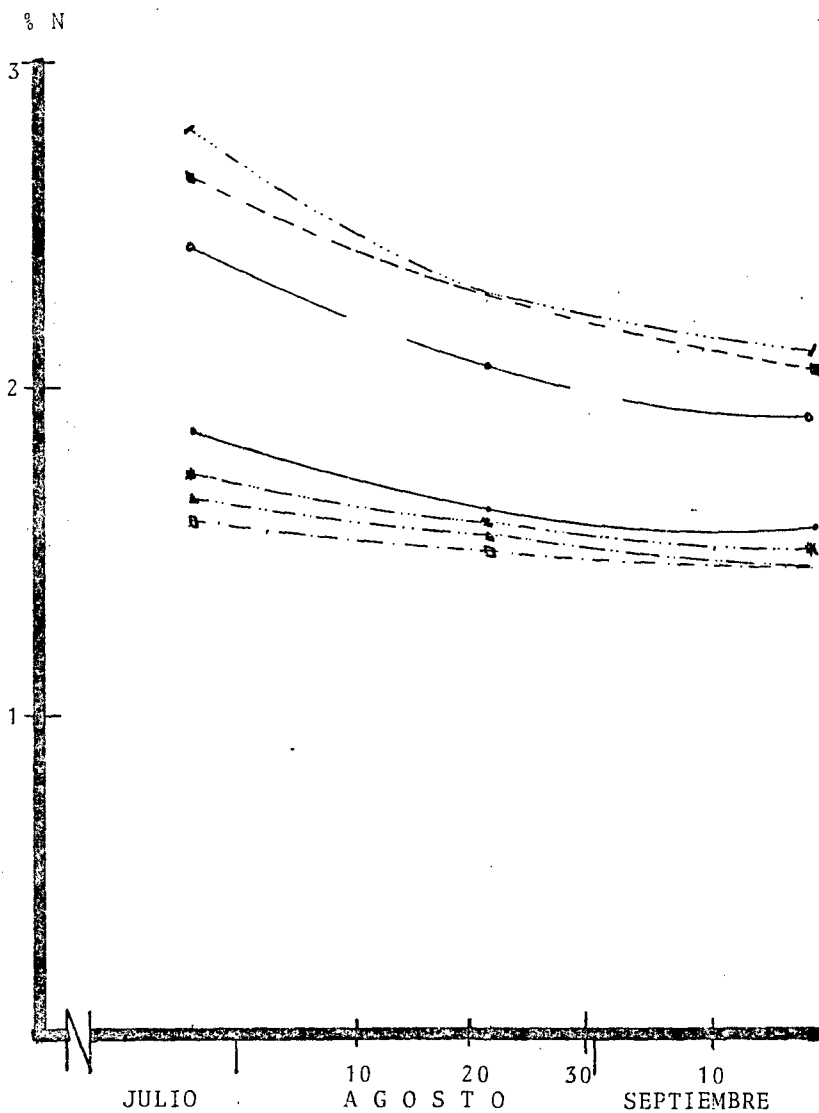
REGRESION ABONOS	COEFICIENTE DE CORRELACION	PENDIENTE	INTERCEPTO EN Y
VACUNO	0,99	0.53	-5.36
CAPRINO	0,99	0.32	7.92
CONEJO	1,00	0.24	14.65
GALLINAZA	-0,89	-0.02	45.77
AZOLLA	0,89	0.03	38.24



Grafica # 1. Rendimiento en materia seca (g/maceta) para los diferentes tratamientos en los cortes realizados. CINVESTAV-UI.

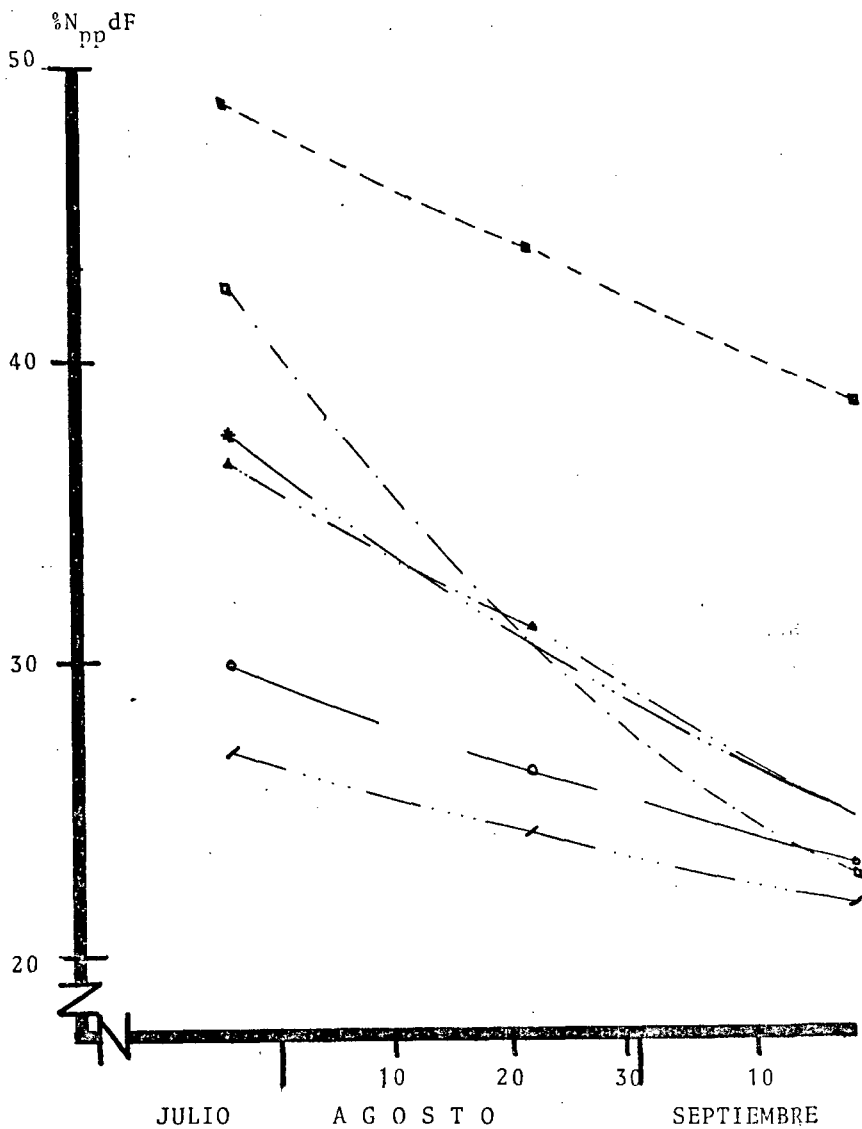


Grafica # 2. Rendimiento de Nitrógeno (mg/maceta) para los diferentes tratamientos en los cortes - realizados. CINVESTAV-UI.

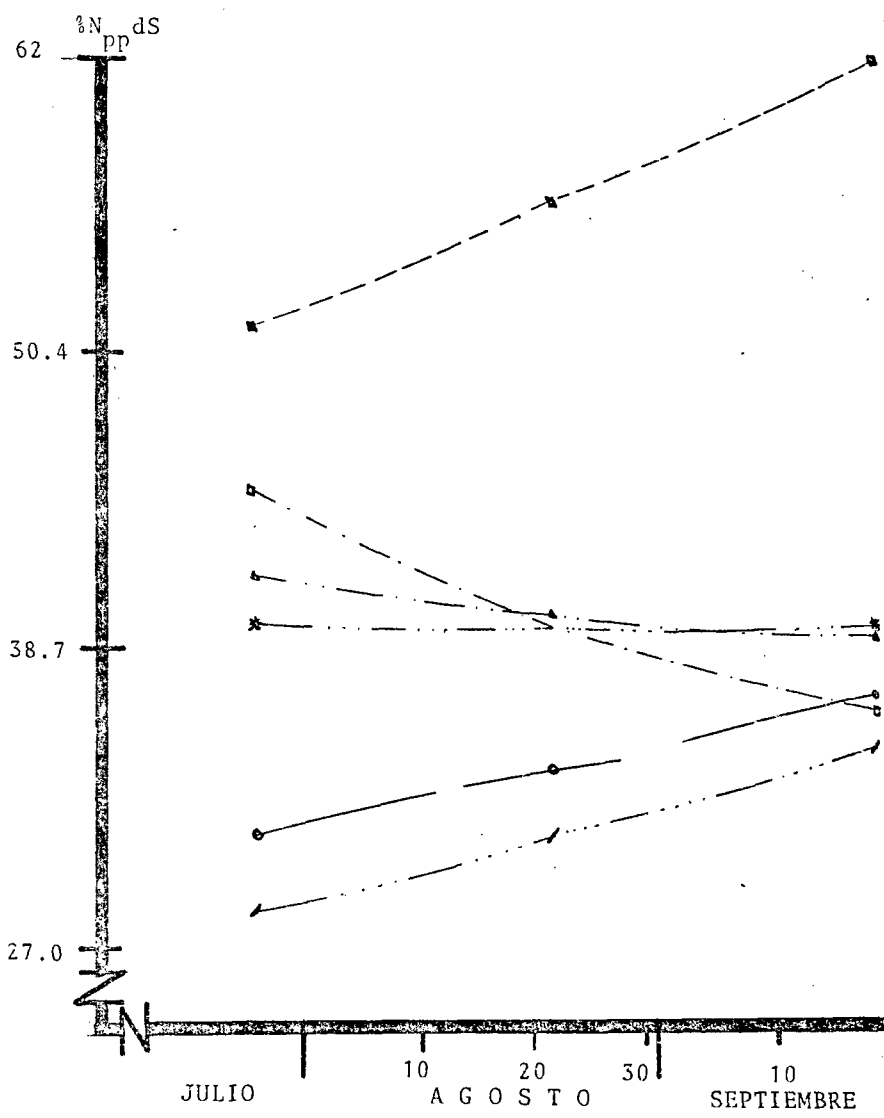


Grafica # 3. Por ciento de Nitrógeno para los diferentes -
tratamientos en los cortes realizados.

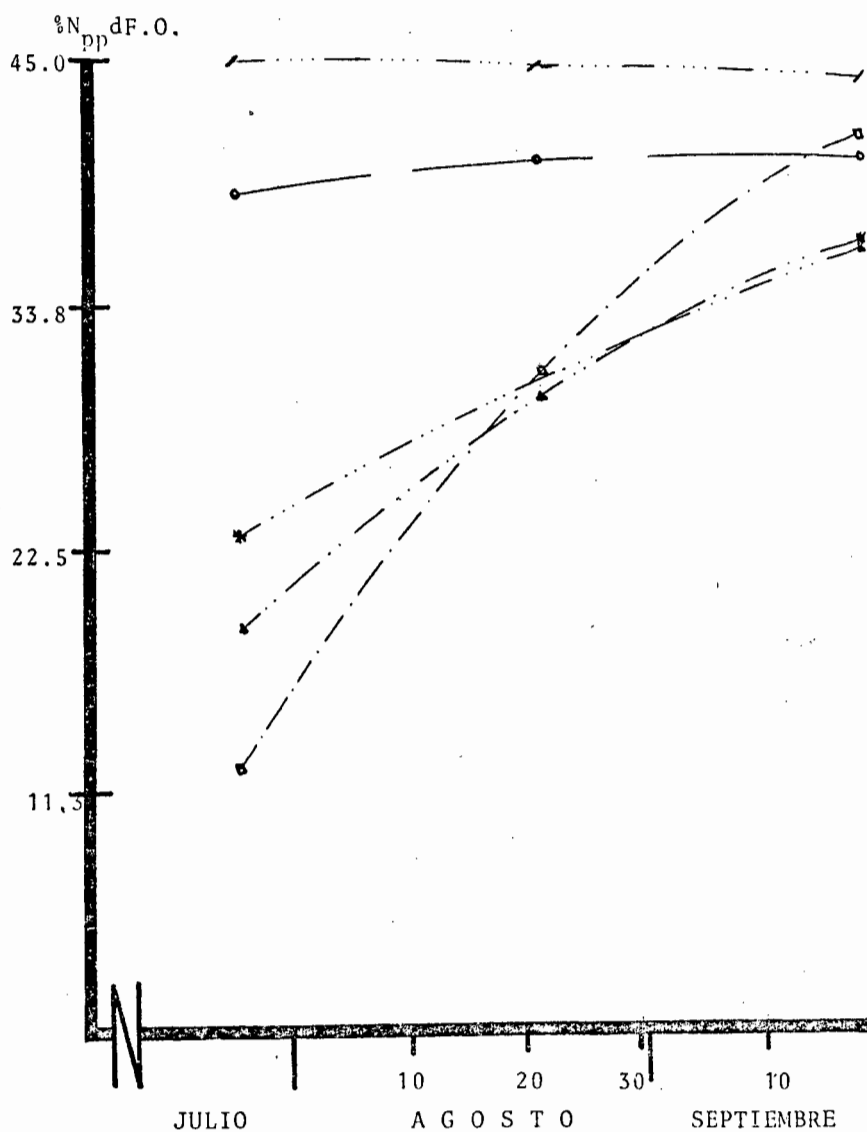
CINVESTAV-UI.



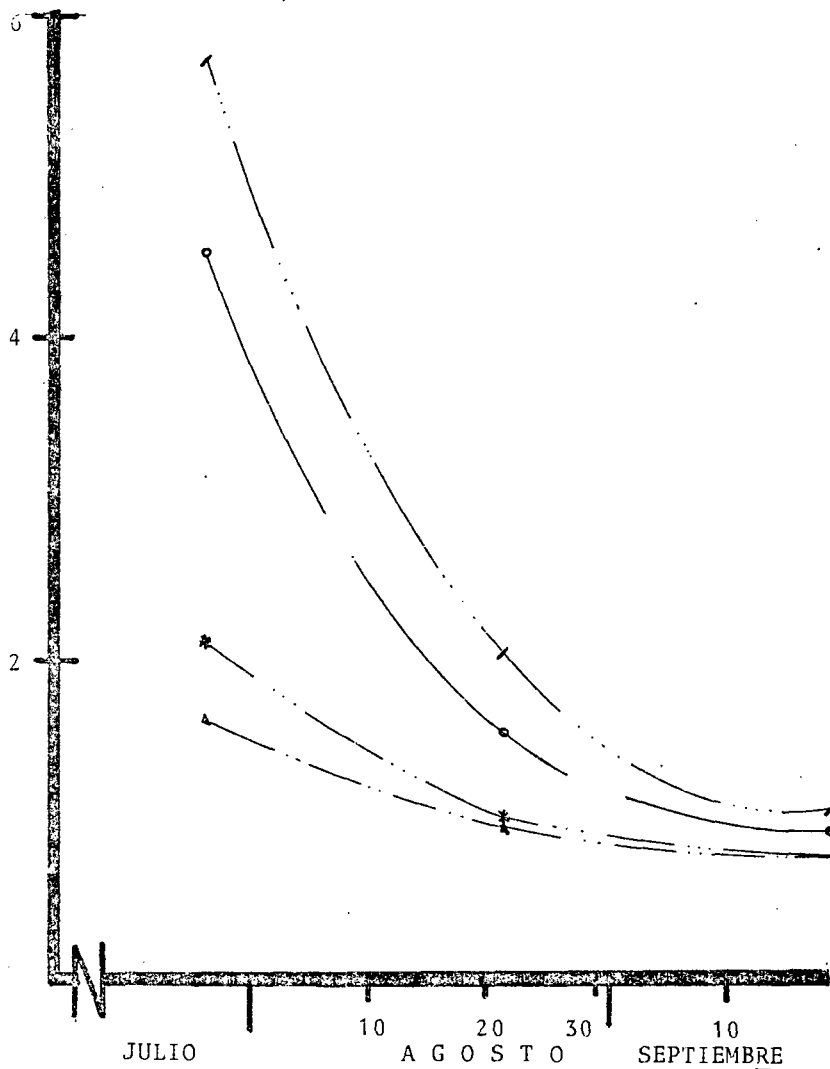
Grafica # 4. Por ciento de Nitrógeno en planta proveniente del fertilizante para los cortes realizados. CINVESTAV-UI.



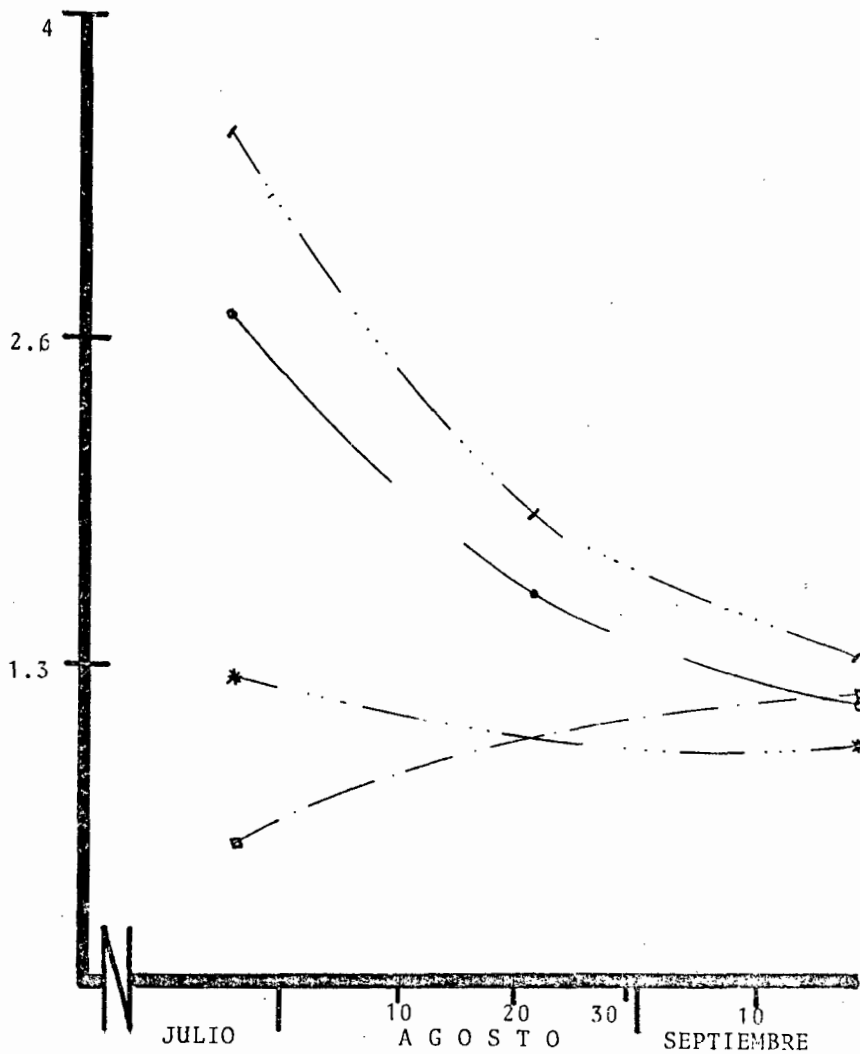
Grafica # 5. Por ciento de Nitrógeno en planta proveniente del suelo para los diferentes tratamientos en los cortes realizados. CINVESTAV-UI.



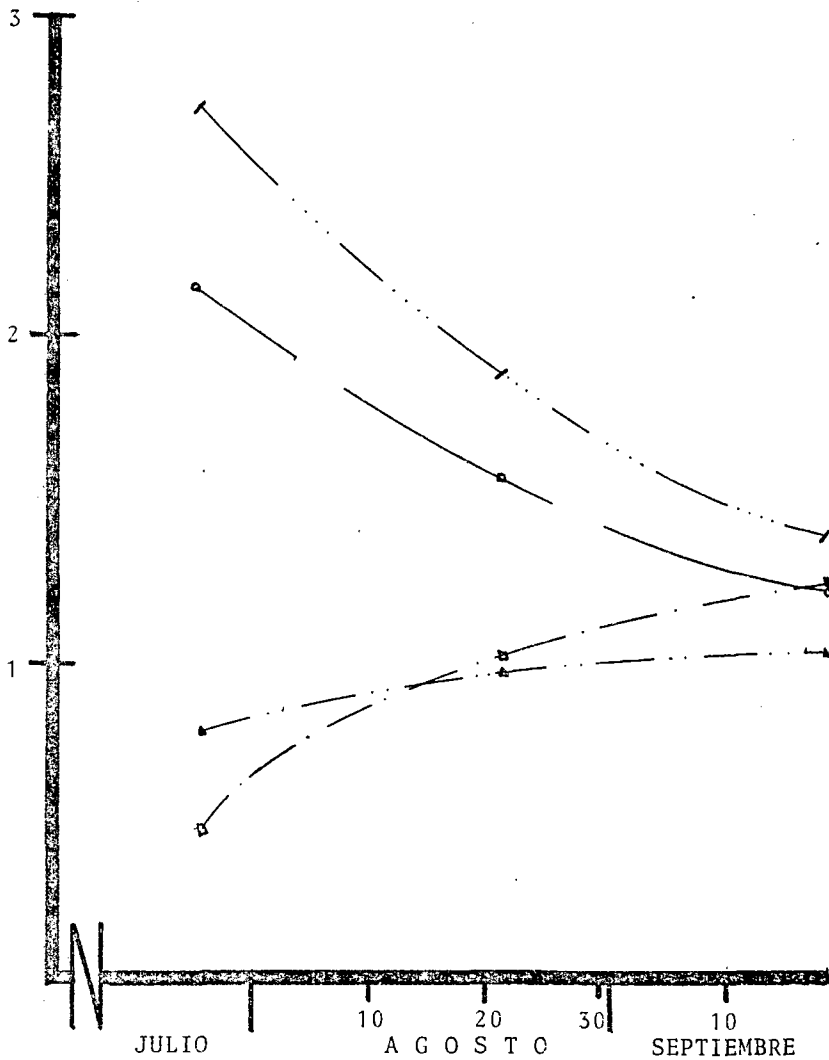
Grafica # 6. Por ciento de Nitrógeno proveniente de la Fuente Orgánica para los diferentes tratamientos - en los cortes realizados. CINVESTAV-UI.



Grafica # 7. Eficiencia relativa del estiercol de ganado --
 vacuno en relacion a los abonos en estudio.
 CINVESTAV-UI.

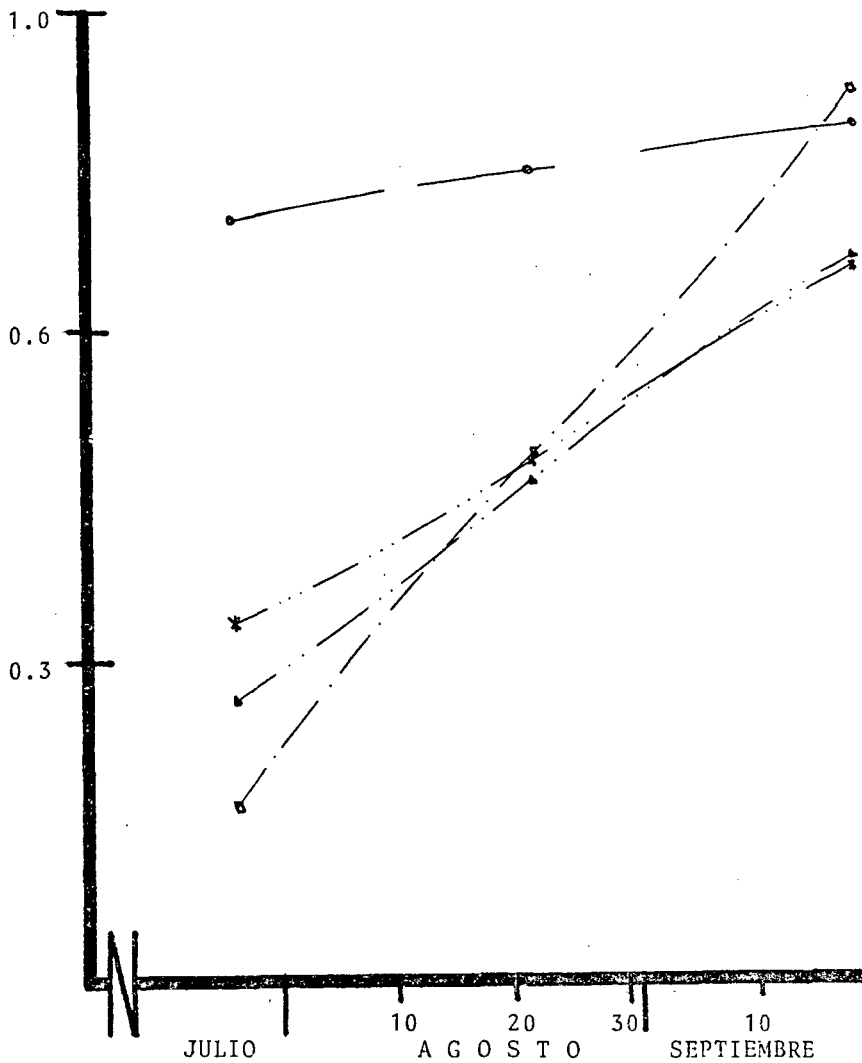


Grafica # 8. Eficiencia relativa del estiercol de ganado -- caprino en relacion a los abonos en estudio. CINVESTAV-UI.



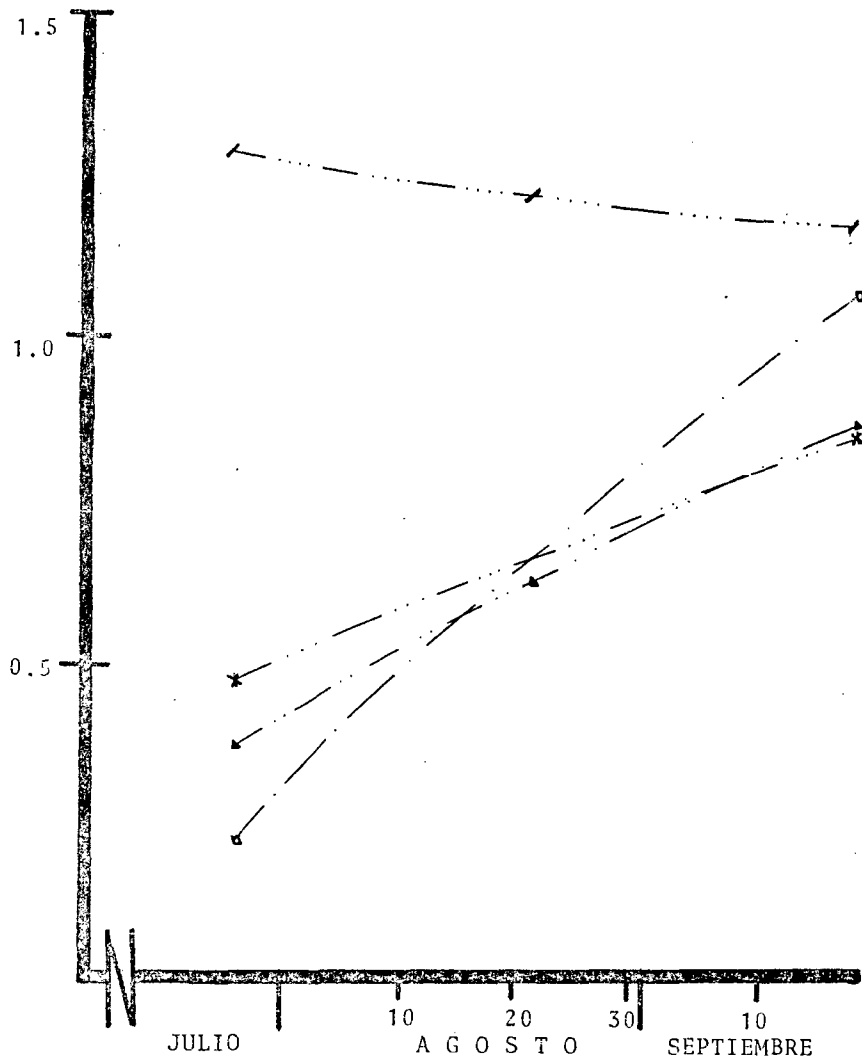
Grafica # 9. Eficiencia relativa del estiércol de conejo en relacion a los abonos en estudio.

CINVESTAV-UI.



Grafica # 10. Eficiencia relativa de la gallinaza en relacion a los abonos en estudio.

CINVESTAV-UI.



Grafica # 11. Eficiencia relativa del sistema Azolla-Anabaena en relacion a los abonos en estudio.
CINVESTAV-UI.