

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EFICIENCIA DE UTILIZACION DEL FERTILIZANTE NITROGENADO POR  
EL CULTIVO DEL ARROZ INUNDADO (*Oryza sativa* L.) var. Altamira 9.**

**AUTOR: María Fabiola Obando Quintero**

**ASESORES: Ing. MSc. Félix Iván Tercero Cruz (qepd)  
Ing. MSc. Francisco Telémaco Talavera Siles  
Dr. Segundo Urquiaga Caballero**

**Managua, Octubre de 1993**

## DEDICATORIA

A DIOS : Quien con su inmenso amor y misericordia supo guiarme para alcanzar siempre las metas trazadas en mi vida.

A mi Familia : Quienes con gran sacrificio, comprensión, y cariño supieron darme apoyo moral y material para poder alcanzar un peldaño más en mi formación profesional:

Velia Adilia Quintero Penado.

Hernán Quintero Fuentes.

Adilia Penado Silva.

Patricia Mercado Sánchez.

Jertzán Quintero Penado.

A mi Patria.

## AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro profundo agradecimiento por su valiosa cooperación a:

1. Al Ing. MSc. Félix Iván Tercero Cruz (q.e.p.d.), quien con mucha voluntad dedicó especial atención al desarrollo de éste trabajo, de quién recibí siempre un apoyo incondicional.
2. Al Programa Ciencias de las Plantas (PCP) - UNA- SLU y en especial a nuestro asesor Ing. MSc. Francisco Telémaco Talavera Siles, de quién recibí total apoyo, sin el cual no hubiera sido posible la culminación de éste trabajo.
3. Al Dr. Segundo Urquiaga, experto del Organismo Internacional de Energía Atómica quién con su amplia experiencia y conocimientos y con una esmerada dedicación supo orientarme debidamente para la exitosa conclusión de éste estudio.
4. Al Programa de Recursos Genéticos de Nicaragua (REGEN) por la permanente y eficiente apoyo y de forma particular a los Ings Oscar Gómez, Juan Avelárez y Marvin Fornos.
5. Al Ing. Salvador Soto, a quién agradezco tanto su desinteresada colaboración y su asesoramiento.
6. A la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), por el apoyo material y científico brindado para la realización de este trabajo, a través del Proyecto NIC/5/003.
7. Al Ing MSc. Marcelo Calvache U., experto de la OIEA por los aportes de sus conocimientos y asesoría en general.
8. Al propietario de la finca Las Lajas por habernos facilitado el área y todas las facilidades que fueron necesarias para la exitosa finalización del experimento.
9. Al señor Desiderio de la Finca las Lajas, al cual le debo mi sincero agradecimiento y admiración por toda la colaboración brindada.

## INDICE GENERAL

SECCION	PAGINA
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCION	1
II. MATERIALES Y METODOS	3
2.1 Descripción del lugar	3
2.2 Diseño utilizado y análisis estadístico	4
2.3 manejo agronómico del cultivo.	5
2.3.1 Preparación del suelo	5
2.3.2 Fertilización	6
2.3.3 Control de malezas, plagas y enfermedades	6
2.4 Manejo del agua	6
2.5 Variables evaluadas	7
2.5.1 Influencia de la fertilización nitrogenada en el rendimiento.	7
2.5.1.1 Rendimiento de rastrojo y grano de arroz cáscara , seco y limpio.	7
2.5.1.2 Cantidad de materia seca contenida en el rastrojo y grano (kg/ha)	7
2.5.2 Componentes del rendimiento	7
2.5.2.1 Longitud de panículas	7
2.5.2.2.Peso de 1000 granos	8
2.5.3 Porcentáje de acumulación de nitrógeno y cantidad de materiaa seca en el cultivo sin aplicación (Testigo).	8
2.5.4 Nitrógeno total en la planta y órganos (NTP, %, kg/ha)	8
2.5.5 El porcentaje de nitrógeno en la planta y órganos proveniente del fertilizante (%NPPF).	8
2.5.6 Cantidades de nitrógeno en la planta y sus órganos proveniente del fertilizante (QNPPF).	8
2.5.7 La eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado por la planta y sus órganos.	9

<b>III. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Influencia de la fertilización nitrogenada en el rendimiento</b>	<b>10</b>
<b>3.1.1. Rendimiento de rastrojo</b>	<b>10</b>
<b>3.1.2 Rendimiento de arroz cáscara o paddy seco y limpio</b>	<b>11</b>
<b>3.1.3 Materia seca contenida en el rastrojo y grano</b>	<b>12</b>
<b>3.2 Influencia de la fertilización nitrogenada en algunos componentes del rendimiento</b>	<b>13</b>
<b>3.2.1 Longitud de panículas</b>	<b>13</b>
<b>3.2.2.Peso de 1000 semillas</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Porcentaje de acumulación de nitrógeno y cantidad de materia seca en el cultivo sin fertilizar (Testigo)</b>	<b>15</b>
<b>3.4 Influencia de la fertilización nitrogenada en la determinación del momento oportuno en el cultivo del arroz</b>	<b>17</b>
<b>3.4.1 Porcentaje de nitrógeno en la planta entera y órganos en el tratamiento fertilizado y el testigo</b>	<b>18</b>
<b>3.4.2 Cantidad de nitrógeno total en la planta y sus órganos en el tratamiento fertilizado y testigo .</b>	<b>19</b>
<b>3.4.3 Porcentaje de nitrógeno total en la planta y sus órganos proveniente del fertilizante, durante cuatro momentos del cultivo</b>	<b>20</b>
<b>3.4.4 Cantidad de nitrógeno acumulado en la planta y sus órganos proveniente del fertilizante durante el desarrollo del cultivo</b>	<b>23</b>
<b>3.4.5 Eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado (EUFN).</b>	<b>27</b>
<b>IV. CONCLUSIONES</b>	<b>31</b>
<b>V. RECOMENDACIONES</b>	<b>32</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>33</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADROS		PAGINA
1	Características químicas del area donde se efectuó el ensayo.	3
2	Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo	5
3	Rendimiento de rastrojo y grano (kg/ha) seco y limpio en la planta de arroz en el tratamiento fertilizado y testigo	11
4	Contenido de materia seca en rastrojo y grano (kg/ha) en la planta de arroz en el tratamiento fertilizado y el testigo.	12
5	Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la longitud de panículas (cm)	13
6	Influencia de la fertilización nitrogenada sobre el peso de 1000 granos.	14
7	Porcentaje de nitrógeno total en rastrojo y grano en el tratamiento fertilizado y el testigo	19
8	Resumen de análisis estadístico de cantidades de nitrógeno total acumulados en la planta y órganos en el tratamiento fertilizado y en el testigo.	20
9	Porcentaje de nitrógeno en la planta proveniente del fertilizante durante el desarrollo fenológico del cultivo	23
10	Cantidades de nitrógeno acumuladas en la planta y órganos (Rastrojo y Grano), proveniente del fertilizante	26
11	Eficiencia del fertilizante nitrogenado (EUFN), en el cultivo del arroz de acuerdo al momento de aplicación del fertilizante	30

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1 Datos climatológicos de la zona experimental durante el ciclo del cultivo	4
2 Acumulación de materia seca durante el ciclo del cultivo en el tratamiento no fertilizado	16
3 Variación en el porcentaje de nitrógeno contenido a través del ciclo en tratamiento testigo	17
4 Porcentaje de nitrógeno en la planta y órganos (Rastrójo, Grano) proveniente del fertilizante	24
5 Eficiencia de utilización de acuerdo a la época de aplicación del mismo	28

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la finca "Las Lajas", ubicada en Malacatoya, Municipio del departamento de Granada, IV Región; con la finalidad de determinar el momento oportuno y el fraccionamiento adecuado de aplicación del fertilizante nitrogenado, haciendo uso de la técnica de  $^{15}\text{N}$  en el cultivo del arroz inundado (*Oryza sativa* L.), variedad Altamira 9. En éste estudio se aplicaron 100 kg N/ha en forma de urea, fraccionados en cuatro partes iguales en diferentes etapas fenológicas del cultivo (Emergencia, Ahijamiento, Inicio de elongación del tallo y Cambio de primordio), siendo que urea marcada con  $^{15}\text{N}$  (5.25 átomos %  $^{15}\text{N}$  en exceso), fue aplicada en cada época, pero en parcelas diferentes. De ésta forma se trató de evaluar la eficiencia de la fertilización nitrogenada aplicada en diferentes etapas fenológicas del cultivo, pero en idénticas condiciones nutricionales. Los resultados permitieron las siguientes conclusiones : 1. En un vertisol (Typic pellusterts), de alto contenido de nitrógeno (0.14 %) la aplicación de 100 kg N/ha, elevó la producción de arroz de 2,874 para 5,400kg de granos por hectárea. 2. El total de materia seca producida por el cultivo se distribuyó en 55% para rastrojo y 45% para grano independiente de la fertilización nitrogenada. 3. La fertilización nitrogenada no afectó la longitud de las panículas (20, cm), el peso de 1000 granos (39.4 g.) ni el porcentaje de N en el rastrojo (0.475%) y granos (0.91%) de el cultivo. 4. El total de N acumulado por el cultivo se distribuyó en 39% para rastrojo y 61% para grano, independiente de la fertilización nitrogenado. 5. El mayor aprovechamiento del N aplicado se obtuvo en las aplicaciones tardías, como lo demuestran los más altos valores de porcentajes de N en la planta proveniente del fertilizante de los tratamientos de aplicación del N marcado aplicado a los 44 días (15%) y 57 días (12%), comparado con las aplicaciones tempranas (5 a 8%). 6. Del porcentaje de N en la planta proveniente del fertilizante en los granos y rastrojos fueron similares, independiente de la época de aplicación del fertilizante marcado; lo cual indica una alta movilidad del nitrógeno en la planta. 7. La eficiencia de la fertilización nitrogenada aplicándose 100 kg de N /ha divididas en cuatro fracciones iguales, fue de 34%. 8. La más alta eficiencia de absorción del fertilizante aplicado (52%), ocurrió cuando éste se aplicó en la fase de inicio de elongación del tallo.



## **I.- INTRODUCCION**

En las zonas más pobres del mundo, el arroz aporta el 60 % de las proteínas y el 75 % de las calorías de la dieta diaria. La tercera parte de las calorías que consumen los habitantes de América Latina provienen del arroz por ello es uno de los cultivos alimenticios más importantes (González y Otero,1982).

El arroz se ha convertido en los últimos años en un alimento esencial en la dieta del pueblo nicaragüense, a tal extremo que la producción no satisface la demanda de la población, por lo que se ha tenido que recurrir a las importaciones de este producto ( MIDINRA II, 1986).

Durante los ciclos 1990/91-1991/92 se registró un área de 37.80 y 57.05 miles de hectárea respectivamente; en relación a la producción para el primer ciclo fue de 74.45 miles de Toneladas (INTA, 1993).

Doll (1986), señala que la Agricultura moderna exige la integración de todos los factores de producción , como son : fertilidad , manejo de agua , variedades mejoradas , control de malezas , plagas y enfermedades , entre otros, donde todos éstos factores están íntimamente relacionados, la afeción de uno o más de esos factores, ha sido una de las principales causas de los bajos rendimientos del cultivo en el país, con rendimiento promedio de 1932.34 kg/ha.

Evidencias universales dan cuenta que el nitrógeno es el insumo que más relación tiene con el rendimiento del arroz , por lo que es necesario hacer un uso eficiente del mismo en la producción de este cultivo.

La eficiencia de uso del fertilizante se expresa como la cantidad de nitrógeno fertilizante absorbido por la planta expresado en porcentaje (Urquiaga, 1993).

Numerosos experimentos (IAEA, 1978 citado por Arregocés 1983), han demostrado que la recuperación de fertilizantes nitrogenados aplicados al cultivo del arroz es menor a un 30-40%.

La urea es el fertilizante más utilizado en arrozales inundados, pero las pérdidas de nitrógeno a partir de ésta oscilan entre 40 y 80% (De Datta *et al.*,1974).

La pobre utilización del N por el cultivo del arroz es debido a las pérdidas que ocurren en el sistema suelo-planta a través de la volatilización, denitrificación y percolación (Craswell & Vleck, 1978). La magnitud de las pérdidas de nitrógeno por los diferentes procesos ha sido determinada por varios científicos (De Datta, et al., 1974; Vleck, et al., 1980) : por denitrificación oscilan entre 25-90%; por lixiviación, entre 1-70%; y por volatilización, entre 0.5-20%.

Los fertilizantes nitrogenados utilizados ineficientemente representan una limitante en la producción, por tener una gran influencia en el rendimiento y costos de producción (Arregocés, 1983).

Mathsushima (1965) citado por Vargas et al., (1981) sostiene que existen dos estados fisiológicos críticos para la aplicación del nitrógeno que son : El macollamiento, en la fase vegetativa y el inicio del primordio floral durante la fase reproductiva.

Ante la problemática de la disminución de los rendimientos y el aumento de los costos de producción, se hace necesario el estudio de una adecuada fertilización haciendo uso de la técnica del  $^{15}\text{N}$  considerada bastante precisa para estudios de fertilización nitrogenada.

El uso de  $^{15}\text{N}$ , que es un isótopo estable, es una poderosa herramienta en este tipo de investigación y es ampliamente usado en estudios de diferentes aspectos del ciclo del nitrógeno en la agricultura (Hauck, citado por Craswell & Eskew, 1991).

Estos estudios han sido facilitados por el uso de  $^{15}\text{N}$ , consiguiéndose mayor precisión en los estudios de la marcha de absorción y movimiento del nitrógeno dentro de la planta (Epstein, 1975; Friend, et al., 1976).

Basado en los argumentos anteriores se propuso el presente estudio cuyo objetivo es :

- Determinar el momento oportuno y las proporciones adecuadas de nitrógeno que deben usarse durante las etapas de desarrollo del cultivo en su ciclo biológico.

## II.- MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Descripción del lugar:

El ensayo se estableció en la finca "Las Lajas", ubicada en Malacatoya, municipio del departamento de Granada , Región IV, siendo ésta la zona de mayor producción bajo el agroecosistema de riego en Nicaragua; encontrándose localizada a los 12° 8' L.N., 86° 10' L.O. y una elevación de 56 msnm. son suelos pesados con buena retención de humedad, tienen la característica de ser plásticos en húmedo y extremadamente duros en seco. Pertenecen al orden vertisol, sub-grupo Tipyc pellusterts caracterizados por estar constituidos de arcilla montmorillonítica principalmente del tipo 2:1, que los hace ser hidromórficos Marín y Rodríguez (1976). La zona de vida fue clasificada como bosque tropical seco Holdridge(1982).

Las características químicas del terreno se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características químicas del terreno donde se efectuó el ensayo.<sup>1</sup>

---

pH	6.8 En agua 1:2.5 (Neutro).
Materia orgánica	2.74% Walkley y Black.(Medio)
Nitrógeno	0.137 % Kjeldahl (Alto)
Potasio	0.56 Olsen modificado meq/100ml suelo (Alto)
Calcio	49.5 KCl 1N meq/100ml suelo (Muy alto)
Magnésio	22.2 KCl 1N meq/100ml suelo (Muy alto)
Fósforo	0.083 Olsen modificado (Muy bajo)

---

<sup>1</sup> Análisis realizado en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua-Nicaragua.

Asegurando contar siempre con el riego y respetando las épocas de siembra, el clima de esta zona presenta buenas condiciones para el desarrollo del cultivo durante todo el año presentando datos de precipitación de 1100mm/anual, humedad relativa de 79-80% y temperatura media anual de 26.7 °C.

Obsérvese Figura 1. Datos climáticos de la zona experimental.

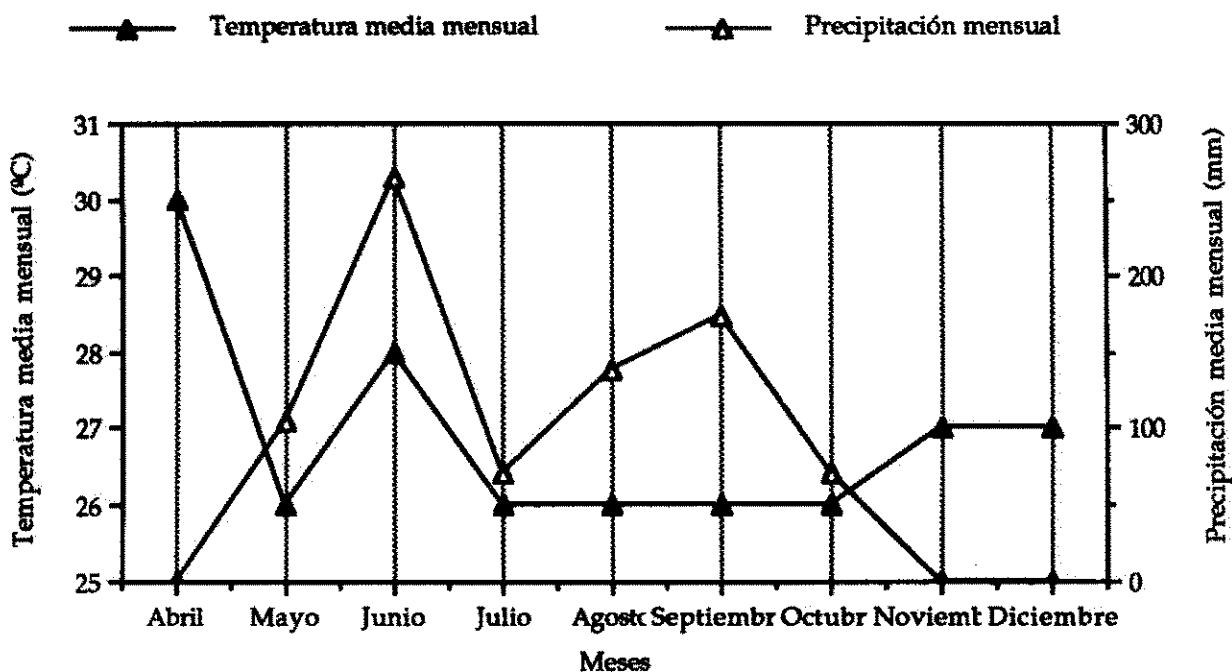


Figura 1. Datos climatológicos durante el ciclo del cultivo

## 2.2 -Diseño Utilizado y Análisis Estadístico

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cinco tratamientos incluyendo un testigo sin aplicación. El ensayo constó de 20 parcelas, con un área cada una de 18 metros cuadrados (6 x 3m), con 20 surcos a 0.15m de separación entre ellos y un área total de 486 metros cuadrados, utilizándose una parcela útil de 5m<sup>2</sup> (2.5 x 2m) para el análisis del área de <sup>14</sup>N y 0.5m<sup>2</sup> (1 x 0.5m) para análisis del área que contenía <sup>15</sup>N. Los tratamientos se describen en el Cuadro 2.

Se aplicaron 100 kg N/ha de forma fraccionada en cuatro momentos (1, 22, 44, y 57DDG respectivamente), aplicándose en cada momento 25 kg N/ha, el N-Fertilizante marcado se aplicó solo en un momento de acuerdo con los tratamientos utilizando urea marcada con <sup>15</sup>N (UREA 46%, marcada con <sup>15</sup>N en exceso).

El nitrógeno fue aplicado considerando las etapas de desarrollo del cultivo de acuerdo a la siguiente clasificación.

Cuadro 2.-Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo en kilogramos de nitrógeno por hectárea.

Tratamiento	1DDG	22DDG	44DDG	57DDG
a	25*	25	25	25
b	25	25*	25	25
c	25	25	25*	25
d	25	25	25	25*
e	0	0	0	0

DDG: Días después de la germinación.

\* Aplicación de UREA marcada con <sup>15</sup>N.

1DDG	Emergencia de plántula
22DDG	Ahijamiento
44DDG	Inicio de elongación del tallo.
57DDG	Cambio de primordio

DDG : Días después de la germinación

## 2.3 Manéjo Agronómico del Cultivo

### 2.3.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo se realizó mediante la tecnología en seco, efectuando la siembra el 2 de septiembre de 1992 y la emergencia de 8-10 DDS; utilizando una dosis de semilla seca de 120 kg/ha, en surcos separados; sembrándose a chorrillo, manualmente.

La variedad utilizada fue Altamira 9 que presenta un buen macollamiento, es un tipo de planta semienana, con un vigor en estado de plántula normal, moderadamente resistente al acame, un porcentaje de rendimiento total de 68-70 y una alta respuesta a la fertilización nitrogenada Soto (1993).

### 2.3.2 Fertilización

La fertilización en el cultivo se realizó al voleo. Donde el Nitrógeno fue de 100 kg N/ha fraccionado en cuatro momentos (Cuadro 2.) aplicado en dosis de 25 kg N. La fertilización fosfórica correspondió a 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, aplicándose 2 días después de la siembra. El potasio no fue necesaria su aplicación por ser los suelos nicaragüenses normalmente ricos en este elemento (Bird y Soto, 1991).

### 2.3.3 .Control de Malezas, Plagas y Enfermedades

El control de malezas durante el ciclo del cultivo se realizó de forma química aplicando una mezcla de herbicida post-emergente 3,4 dicloropropionaniluro (propanil) más ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D) a una dosis de 6 y 0.4 l/ha respectivamente; Así mismo, se realizaron 3 limpiezas de forma manual para el control de *Cyperus rotundus* (Coyolillo).

El control de plagas se realizó de forma química , realizándose tres aplicaciones: la primera a los 35 DDS se empleó Tamaron 600 (Metamidophos) a una dosis de 0.20 l/ha para el control de *Spodoptera*, la segunda se realizó a los 82 DDS se empleó Tamaron 600 (Metamidophos), a una dosis de 0.65 l/ha y una tercera aplicación a los 87 DDS empleándose Methil Parathión a una dosis de 2.60 l/ha de producto comercial. Las dos últimas aplicaciones fueron para la protección de espiga especialmente del chinche de la panícula *Oebalus spp.* En cuanto a enfermedades no fue necesario realizar ningún control durante el desarrollo del cultivo.

La cosecha se hizo de forma manual el día 29 de Diciembre de 1992 , a los 111 días después de la emergencia tomando en cuenta la humedad óptima de cosecha de 21 - 24 % siendo separada la granza mediante el golpeo en barriles ( aporreo ) , luego fue limpiada y secada artificialmente hasta que el grano alcanzó un contenido de humedad de 14 %. En este momento se determinó el rendimiento de cada parcela en kg/ha.

### 2.4 Manejo del Agua

Durante los primeros 25 días se mantuvieron pases de agua a intervalos de cada 6-7 días, permitiéndole así a la planta crecer algunos centímetros antes de inundar el terreno, una vez establecido el cultivo la lámina de agua se mantuvo permanente a la altura del primer tercio de la planta.

Cuando se dieron las aplicaciones posteriores a la primera 22, 44, 57DDG respectivamente, el campo se drenó un día antes de la aplicación de fertilizante nitrogenado (UREA marcada con  $^{15}\text{N}$ ) y posteriormente a las 24 horas de la aplicación se inundó el terreno. El drenaje del campo para la cosecha se realizó 15 días después del 50% de la floración (Birh & Soto, 1991).

En la parcela se encontraba una microparcela delimitada por un cajón de madera de  $1.5 \text{ m}^2$  ( $1.5 \times 1\text{m}$ ) para tratar de evitar la mezcla de UREA marcada con  $^{15}\text{N}$  aplicado en la microparcela con el  $^{14}\text{N}$  aplicado en el resto de la parcela experimental.

## **2.5 Variables evaluadas**

### **2.5.1 Influencia de la fertilización nitrogenada en el rendimiento del cultivo.**

**2.5.1.1 Rendimiento de rastrojo y grano de arroz cáscara o paddy seco y limpio (kg/ha) :** Se determinó el rendimiento en kg/ha de arroz cáscara, con 14% de humedad y de rastrojo, el área cosechada fue de  $5.5\text{m}^2$  por parcela descartándose los surcos de borde y las cabeceras.

**2.5.1.2 Cantidad de materia seca contenida en el rastrojo y grano (kg/ha):** La determinación del contenido de materia seca tanto en el rastrojo como el grano se efectuó al realizarse la cosecha del área útil; a partir de ésta se obtuvo una muestra representativa tomándole su respectivo peso fresco, las cuales se llevaron al horno sometiéndose a una temperatura de  $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$  por 48 horas. Se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación :

$$\text{Materia seca} = \frac{\text{P.S muestra}}{\text{P.F. muestra}} \times \text{P.F. total.}$$

Donde : P.S.= es el peso seco; P.F.= es el peso fresco.

### **2.5.2. Componentes del rendimiento:**

#### **2.5.2.1 Longitud de panículas:**

Se tomaron 10 panículas al azar de los tratamientos c (Tratamiento con aplicación) y e (Testigo) y se determinó la longitud de las panículas en centímetros.

### 2.5.2.2 Peso de 1000 granos:

Se realizó cuando los granos alcanzaron una humedad de 14% efectuándose en los tratamientos c y e en 10 panículas obtenidas al azar, para lo cual se determinó el peso de 250 granos multiplicado por cuatro para obtener el peso de 1000 granos.

Se realizó análisis de varianza (SAS) de los rendimientos de arroz en granza, rastrojo y componentes del rendimiento utilizándose para ello separación de medias la prueba de rangos múltiples de Duncan al  $\alpha=5\%$  de probabilidad de error.

### 2.5.3 Se determinó el porcentaje de acumulación de nitrógeno y contenido de materia seca en el arroz sin aplicación (testigo).

### 2.5.4. Nitrógeno total en la planta y partes de ésta (NTP, Porcentaje, kg/ha).

A las muestras obtenidas, se les realizó un análisis de composición isotópica de nitrógeno por el método de espectrometría de Emisión NOI-6e (Prosck, 1969; Labrada et al., 1982), obteniéndose el porcentaje de átomos de  $^{15}\text{N}$  en las muestras de N (% átomos  $^{15}\text{N}$ ). Cálculos sobre la composición isotópica de las muestras de N son detalladas por Vose (1980).

### 2.5.5. El porcentaje de nitrógeno en la planta y en sus órganos (Rastrojo, Grano) proveniente del fertilizante (%NPPF) fue determinada a través de la siguiente ecuación (Vose, 1980) :

$$\% \text{ NPPF} = \frac{\% \text{ át}^{15}\text{N en exceso en la planta (órganos)} \times 100}{\% \text{ Átomos } ^{15}\text{N en exceso en el fertilizante}}$$

Donde: % Átomos  $^{15}\text{N}$  en exceso en la planta = % Átomos  $^{15}\text{N}$  en la planta - Abundancia natural de  $^{15}\text{N}$  (0.366 % Átomos  $^{15}\text{N}$ ).

% Átomos  $^{15}\text{N}$  en exceso en el fertilizante = (5.25 % átomos de  $^{15}\text{N}$  en exceso).

### 2.5.6. Las cantidades de nitrógeno en la planta y en sus órganos (Rastrojo, Grano) proveniente del fertilizante (QNPPF) fue calculada por la siguiente



expresión :

$$QNPPF = \frac{\%NPPF \times QNTP}{100}$$

Donde: QNTP= cantidad de nitrógeno total, acumulada por la planta (órganos), en kg/ha.

%NPPF= Porcentaje de nitrógeno en la planta proveniente del fertilizante

**2.5.7 La eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado por la planta y sus órganos (Rastrojo, Grano), la EUF fue calculada de acuerdo con la siguiente expresión:**

$$EUF = \frac{QNPPF}{QNA} \times 100$$

Donde : QNPPF fue calculada por la ecuación anterior, expresada en kg/ha.

QNA= cantidades de nitrógeno aplicada al cultivo en kg/ha.

### III- RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Influencia de la fertilización nitrogenada en el rendimiento del cultivo del arroz.

##### 3.1.1 Rendimiento de rastrojo (kg/ha).

Debido a la baja capacidad de la mayoría de los suelos para suministrar nitrógeno, la mayor parte del N que necesita el cultivo debe aplicarse en la fertilización (FEDEARROZ, 1973). Sobre esto Arzola, *et al.*, (1981) estima que la alta respuesta de la fertilización se explica por la gran capacidad potencial de rendimiento que presenta la planta de arroz en condiciones de inundación.

Al intensificar la fertilización nitrogenada, se activa la formación de compuestos protéicos, lo que se manifiesta ante todo por el incremento significativo de la masa vegetal de la planta (Quesada, 1981).

La aplicación de fertilizantes y, sobre todo nitrogenados, es una de las principales formas de incrementar la productividad de la planta. Aplicaciones de éstos constituye uno de los factores fundamentales en la obtención de altos rendimientos de arroz. Este cereal es uno de los que más responden a la aplicación de fertilizantes.

El nitrógeno favorece la formación del número de hijos, hojas, y su área foliar. Por ello, la acumulación de materia verde y seca por la planta de arroz aumenta en sumo grado con la aplicación de la dosis nitrogenada (Quesada, 1981).

El análisis de varianza indica que la aplicación de N aumentó significativamente la producción de rastrojo con relación al testigo (Cuadro 3.).

El rendimiento obtenido con una dosis de nitrógeno de 100kg/ha de forma fraccionada, la variedad Altamira 9 produjo 14,829.21 kg/ha de materia fresca. El tratamiento testigo sin fertilizar presentó un rendimiento bajo en el rastrojo de 9,353.6 kg/ha. Esto lo explica el hecho de que el suelo no tuvo la capacidad de suplir las necesidades de nitrógeno, no obstante el suelo tenía un alto contenido de nitrógeno.

Los resultados anteriores están de acuerdo con lo estimado por De Datta

(1981) y Fagades, citado por De Datta, 1986), quienes han comprobado que la planta para producir tejido y grano está supeditada entre otros factores a la disponibilidad del nitrógeno principalmente durante la fase vegetativa y el inicio de la reproductiva.

### 3.1.2 Rendimiento de arroz cáscara o paddy seco y limpio ajustado al 14 % de humedad (kg/ha).

Los fertilizantes nitrogenados aplicados sobre la superficie provocan un mayor macollaje y, en consecuencia un mayor número de panojas (Piciurru & Piacco, 1969 citado por Vargas, 1981). Al mismo tiempo Aragón (1984), De Datta (1981); García & Tretto (1985), afirman que los fertilizantes nitrogenados incrementan marcadamente el número de hijos por unidad de área y por ende el rendimiento.

Al realizar el análisis estadístico se presentaron diferencias significativas entre el promedio de los tratamientos fertilizados (100kgN/ha) y el testigo, siendo el rendimiento del grano en el promedio 5,401.41 kg/ha y para el tratamiento (e) 2,874.4 kg/ha. (Cuadro 3). Como se puede observar el rendimiento del testigo fue bueno considerando la media nacional en Nicaragua, indicando las buenas condiciones de fertilidad del suelo y manejo del cultivo en que se realizó el ensayo. El incremento de cerca de 100% de la producción con la aplicación de 100kg/ha, alcanzandose 5401kg/ha de grano es una buena demostración de que éste cultivo con una adecuada aplicación de N se pueden mejorar significativamente el rendimiento de éste cultivo en el país.

Cuadro 3. Rendimiento de rastrojo y grano kg/ha seco y limpio en la planta de arroz en el tratamiento fertilizado (100 kgN/ha) y el no fertilizado (Testigo).

Tratamiento	Rendimiento de Rastrojo (kg/ha)	Rendimiento de Grano (kg/ha)
100 kgN/ha	14829.21 a	5401.41 a
0 kgN/ha	9353.63 b	2874.4 b
ANDEVA	*	*
C.V.	7.08	5.09

Obs. Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes, Duncan (p=0.05).

### 3.1.3 Materia seca contenida en el rastrojo y grano (kg/ha).

La nutrición nitrogenada tiene un importante papel en la tasa y duración de la producción de materia seca después de la floración (Tanaka, 1969). La eficacia en la producción de materia seca depende principalmente de las diferencias varietales en su respuesta al nitrógeno y a la actividad fotosintética. Estas características se reflejan no solo en la producción de materia seca como un todo, sino también en el porcentaje de granos maduros y en los rendimientos (Murata, 1969).

Por su parte (Picciurru & Piacco 1969, citado por Vargas, 1981) hacen referencia a que la aplicación del fertilizante nitrogenado sobre la superficie determina un contenido significativamente alto de N, tanto en el rastrojo como en los granos.

En el Cuadro 4, se presentan los resultados sobre la producción de materia seca en el rastrojo y grano del cultivo. Como era esperado éstos parámetros siguieron el mismo comportamiento de la producción de materia seca discutidos anteriormente.

La producción de grano que es el producto final de los procesos de crecimiento y desarrollo, es controlada por la producción de materia seca durante la fase de maduración. A su vez, ésta está regulada por la capacidad potencial de la población para fotosintetizar y la capacidad de las espiguillas para recibir los fotosintátos (Tanaka, citado por De Datta 1986).

La cantidad de biomasa adquiere una potencial importancia puesto que esta señala la existencia de una correlación positiva y significativa entre el rendimiento y la cantidad de materia seca total (Arregocés, 1983).

Cuadro 4. Contenido de materia seca en rastrojo y grano (kg/ha) en la planta de arroz en el tratamiento fertilizado (100kgN/ha) y el no fertilizado (Testigo).

Tratamiento	Materia seca rastrojo (kg/ha)	Materia seca en grano (kg/ha)
100kg N/ha	6450.83 a	5114.15 a
0 kg N/ha	3521.0 b	2726.5 b
ANDEVA	*	*
C.V.(%)	11.67	11.14

### 3.2 Influencia del fertilizante nitrogenado en algunos componentes del rendimiento.

Las interacciones que se presentaron en menor o mayor grado entre los diferentes componentes del rendimiento y la compensación entre ellos, influye en el rendimiento de grano Vlek y Filleri (1984).

Varios investigadores han demostrado que el suministro de nutrientes ejerce una considerable influencia en los componentes de rendimiento de los cereales (Mengele & Kirkby, 1982). García & Tretto, (1985) en un experimento bajo condiciones controladas, observaron un efecto positivo en los componentes de rendimiento de arroz al hacer uso de la fertilización nitrogenada.

#### 3.2.1 Longitud de panículas (cm)

Los resultados en el presente trabajo en relación a la variable longitud de panícula señalan que no hubo diferencias significativas para la dosis de nitrógeno utilizada entre el tratamiento con aplicación y el testigo (Tratamiento sin fertilizar), (Cuadro 5). Estos resultados están de acuerdo con los reportes encontrados por Tercero & Pohlan (1988), en los que no se observaron diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos.

Una posible explicación a la escasa respuesta de esta variable podría atribuirse a una fuerte dependencia genética de este componente.

Menor importancia afectando los rendimientos finales se le concede a la longitud de panículas, esta variable de acuerdo con Fuentes (1987), citado por Arregocés, (1983) está relacionada con la densidad de plantas.

Cuadro 5 Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la longitud de panícula en centímetros.

Tratamientos	Longitud de panículas (cm)
c 100 kgN/ha	20.45 a
e 0 kgN/ha	19.51 a
ANDEVA	NS
C.V.(%)	1.93

### 3.2.2 Peso de mil semillas (g).

El peso de mil semillas es una característica fuertemente influenciada por la genética de la variedad como también por el manejo agronómico; en éste estudio el valor estuvo en un promedio de 29.2 g (Bird y Soto 1991).

Al realizar el análisis no se evidencia diferencia significativa entre el tratamiento fertilizado y el testigo (Sin fertilizar), oscilando los promedios entre 28.8-30 g, estos resultados (Cuadro 6.) muestran que no hubo efecto de la fertilización nitrogenada, por las características de estabilidad genética que presenta la variedad altamira 9.

Hay muchas opiniones al respecto de acuerdo a Mengel & Kirkby (1982), el número de espiguillas por panícula depende del cultivar, de las condiciones nutricionales y del medio ambiente, todo lo cual afecta la fotosíntesis y el suministro de fotosintátos a la panícula.

A diferencia de los cereales, el rendimiento del grano del cultivo de arroz puede verse incrementado en un grado muy limitado a través del incremento del tamaño del grano y consecuentemente el peso de grano (Mengel y Kirkby, 1982). Esto es debido a que el tamaño del grano es fisiológicamente restringido por el tamaño de las glumas.

Cuadro 6 Influencia de la fertilización nitrogenada sobre el peso de 1000 granos en gramos.

Tratamientos	Peso de 1000 granos (g)
c, 100 kgN/ha	30.0 a
e, 0 kgN/ha	28.8 a
ANDEVA	NS
C.V.	2.54

Donde : c = Tratamiento con aplicación de 100 kg N/ha (UREA marcada con 15N) a los 44 días después de la germinación.

e = Tratamiento sin aplicación nitrogenada (Testigo).

### **3.3 Porcentaje de acumulación de nitrógeno y cantidad de materia seca (kg/ha) en el cultivo sin aplicación (Testigo)**

La absorción de nutrientes es importante para la obtención de una buena base de acumulación de materia seca, principalmente de fertilización nitrogenada en el cultivo del arroz (Tercero, 1992). El nitrógeno es por lo tanto el nutrimento que más influye en los rendimientos y es considerado en la mayoría de los casos como un factor limitativo en la producción de arroz (Doyle, citado por Arregocés & León 1982).

En el caso del testigo (tratamiento sin fertilizar) era de esperarse una deficiencia en la producción de asimilatos. Los resultados en el presente estudio (Figura 3.) indican que en el rastrojo el más alto porcentaje ocurrió durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo disminuyendo éste senciblemente en la etapa lechosa del grano, haciendose mínima al acercarse a la cosecha debido al trasloque de fotosintátos para el llenado del grano. Sobre la fertilización nitrogenada, De Datta, 1986 estima que la acumulación de nitrógeno en los órganos vegetativos es alta durante las primeras etapas de crecimiento y disminuye con éste último, (Figura 2.).

El arroz necesita asimilar nitrógeno durante todo su periodo vegetativo, pero existen dos etapas de mayor exigencia, durante el macollamiento y el inicio de la formación de panículas. Al momento de la floración, el nitrógeno tomado por la planta se encuentra almacenado en los tallos y en las láminas y vainas de las hojas y es precisamente en éste momento que se inicia la translocación, de tal manera que cerca de la mitad del N almacenado va a los granos. La otra mitad del N contenido en los granos es absorbido por la planta durante la formación de ellos (Arregocés & León, 1982).

Se sabe que del 75-80% de los carbohidratos del grano se fotosintetizan después de la floración (Ishizuka & Tanaka, Welbank *et al.*, Yoshida & Ahn, citado por De Datta, 1986).

En una serie de experimentos la (IAEA, 1978, citado por De Datta, 1986) sugiere que la planta utiliza el N en sus primeros estados de desarrollo con menos eficiencia , comparado con la mayor capacidad de absorción que la planta tiene al momento de la iniciación de panículas.

Para la época de floración las hojas superiores son las responsables cuales

las dos superiores son responsables de la fotosíntesis del 80% de los carbohidratos que van al grano (CIAT,1981).

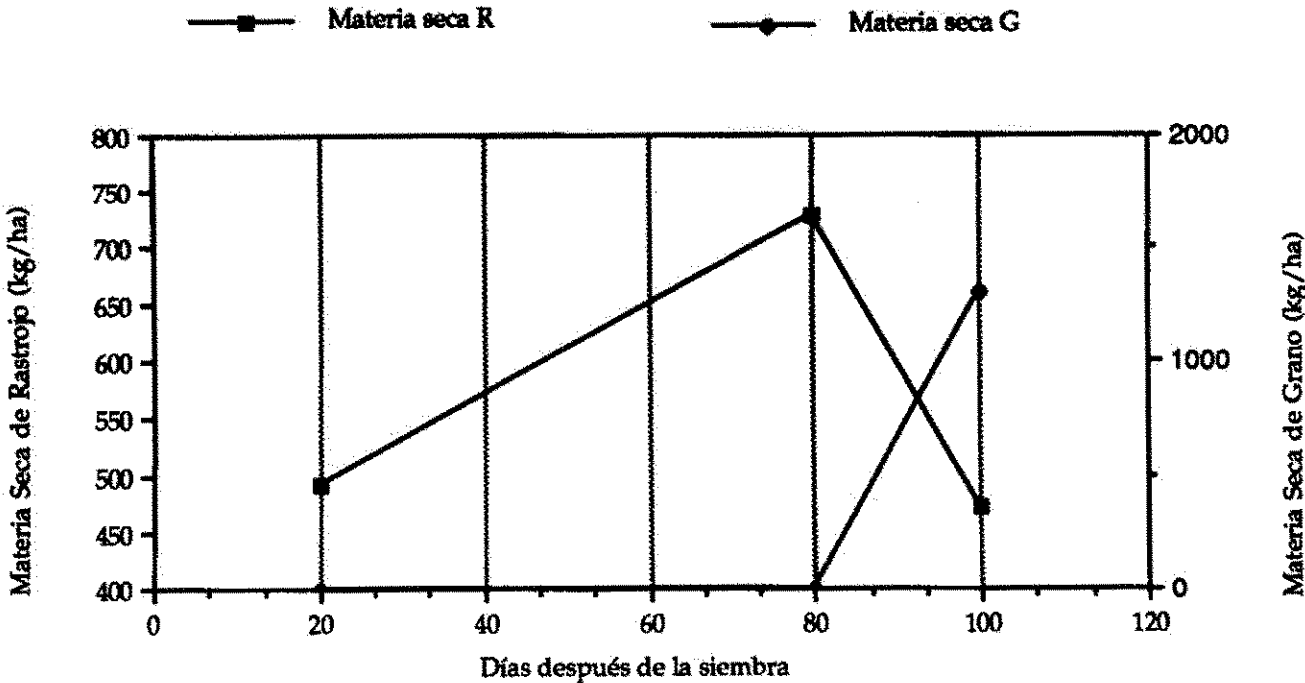


Figura 2. Acumulacion de materia seca durante el ciclo del cultivo en el tratamiento no fertilizado.



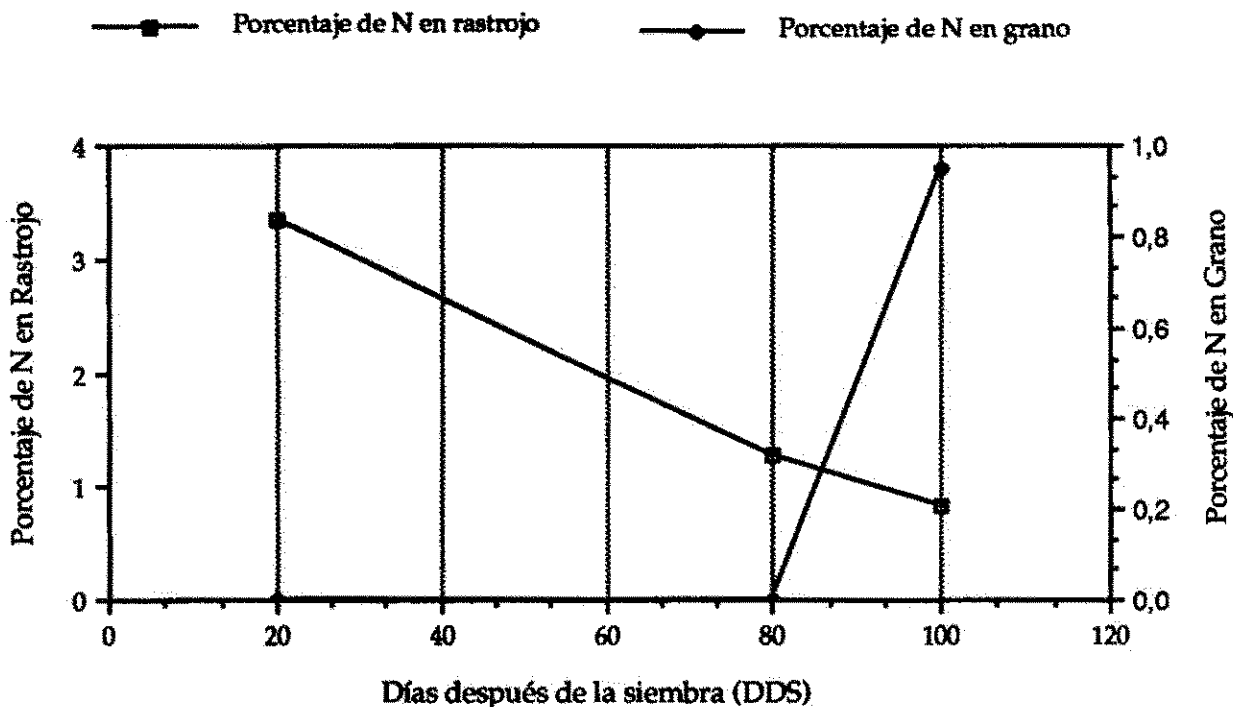


Figura 3. Variación en el %N contenido en la planta a través del ciclo en el testigo.

### 3.4 Influencia de la fertilización nitrogenada en la determinación del momento oportuno en el cultivo del arroz *Oryza sativa* L.

En forma natural existen ocho isótopos del N, el más abundante con un 99.6% de átomos de N es el  $^{14}\text{N}$ , de los restantes, el  $^{15}\text{N}$  por su estabilidad es el más empleado en estudios para cuantificar la recuperación de N del fertilizante por las plantas, este isótopo se encuentra en la atmósfera en un 0.366% de átomos de N y su uso demanda mayor manipulación química y el uso de aparatos sofisticados como el espectrómetro de masas, con el que separa los átomos de N de los dos isótopos ( $^{14}\text{N}$  y  $^{15}\text{N}$ ) en base a sus diferencias en masa atómica o fotoeléctricas (Foht & Poth, 1980).

El uso de trazadores permite evaluar directamente la mayoría de las variables que afectan la eficiencia de la fertilización, permitiendo resultados consistentes a corto plazo. Para dicha evaluación es necesario tomar el camino mediante el uso de fertilizantes marcados con isótopos, o técnicas nucleares (Urquiaga & Calvache, 1992).

### **3.4.1 Porcentaje de nitrógeno en la planta entera y sus órganos (Rastrojo, Grano) en el tratamiento fertilizado (100kg N/ha) y el no fertilizado (Testigo).**

El nitrógeno es uno de los elementos químicos más ampliamente distribuidos en la naturaleza; se encuentra presente en la atmósfera, litósfera y en la hidrósfera (Mengel & Kirkby, 1987). Sin embargo, aún cuando es abundante es el principal nutrimento que limita la producción de arroz (Richards, 1990), especialmente en los sistemas agrícolas del trópico (Graham, *et al.*, 1988).

El nitrógeno es el nutriente más eficaz en el desarrollo y producción del cultivo del arroz (Wells & Turner, 1984).

Al realizar el análisis estadístico (cuadro 7.) entre el tratamiento fertilizado (c), en rastrojo con 0.49% y el testigo (e) 0.46%, no hubo diferencias significativas entre ellos, lo que indica que el contenido de nitrógeno en el suelo era bueno.

La productividad del cultivo depende de la interacción suelo-clima-planta. En lo que respecta al suelo, este medio es importante por ser la principal fuente de nutrientes y de almacenamiento de agua por el cultivo (Urquiaga & Calvache, 1992).

Nuestros resultados coinciden con los reportados por Wiley e Inc (1990) donde el porcentaje de nitrógeno contenido en el rastrojo de las variedades comunes de arroz oscilan entre 0.5 y 0.6% a la madurez fisiológica.

La distribución porcentual de N absorbido y acumulado por el grano en sus estados de desarrollo en los diferentes tratamientos incluyendo el testigo, fue determinado a la madurez fisiológica.

Al realizar el análisis estadístico en el grano (cuadro 7) entre el porcentaje total de nitrógeno en la etapa de Inicio de elongación del tallo, momento que recibió aplicación a los 44 DDG y el testigo no se presentaron diferencias significativas entre dichos tratamientos.

En el porcentaje total de nitrógeno contenido en la planta, se puede notar que el grano supera en un 50% al porcentaje registrado en el rastrojo.

La razón por la cual en el grano se reporta una mayor concentración de

N, es debido a que gran parte de las proteínas almacenadas en la fase vegetativa se degradan para la producción de energía necesaria en la formación de espigas y, es a partir de la floración que el N almacenado en hojas es traslocado rápidamente al grano Bonilla, *et al.*, (1987), citado por De Datta, (1986).

**Cuadro 7** Porcentaje de nitrógeno total en el rastrojo y Grano en el tratamiento fertilizado (kgN/ha) y el no fertilizado (Testigo) en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), con su respectivo análisis estadístico.

Tratamiento	NTR (%)	NTG (%)
c 100kgN/ha	0.49 a	1.03 a
e 0 kgN/ha	0.46 a	0.79 a
ANDEVA	NS	NS
C.V.(%)	10.53	6.30

c : Tratamiento fertilizado con 100kgN/ha. e : Tratamiento no fertilizado (Testigo).

### 3.4.2 Cantidad de nitrógeno total en la planta y sus órganos (Rastrojo, Grano) en el tratamiento fertilizado (100kgN/ha) y el no fertilizado (Testigo).

La fertilización nitrogenada en forma de urea es efectiva para el crecimiento y desarrollo del cultivo del arroz (Tercero & Pohlan, 1988). Además incrementa la altura de la planta (García & Tretto, 1985).

Esta bien establecido que la aplicación de N aumenta notablemente la formación de vástagos en las variedades de arroz, lo cual incide en los rendimientos (Fagades, citado por De Datta, 1986).

El Cuadro 8, muestra los resultados de las cantidades medias de nitrógeno total extraído de la planta y órganos en uno de los tratamientos fertilizados (c) y el testigo (e), registrándose entre éstos diferencias significativas. Los resultados para el tratamiento c fertilizado fue de 35.10 y 51.88 kg N/ha en el rastrojo y grano respectivamente , donde éstos recibieron su dosis de fertilización.

La cantidad más baja de nitrógeno se encontró en el tratamiento no

fertilizado (e), siendo de 16.17 y 26.3 kg N/ha en el rastrojo y grano respectivamente. En las cantidades de N total en la planta, se observa que en más del doble de N supera el tratamiento fertilizado al testigo.

**Cuadro 8. Cantidades de nitrógeno total acumulados en la planta y órganos (Rastrojo, Grano) en el tratamiento c fertilizado (100 kgN/ha) y el no fertilizado (Testigo).**

Tratamiento	QNTR (kg/ha)	QNTG (kg/ha)	QNTotal (kg/ha)
c (100 kgN/ha)	35.10 a	51.88 a	86.98 a
e (0 kg N/ha)	16.17 b	26.30 b	42.47 b
ANDEVA	*	*	*
C.V.(%)	10.43	11.62	9.30

Obs. Medias seguidas de la misma letra minúscula, no presentan diferencias significativas por la prueba de Duncan al 0.05%.

### 3.4.3 Porcentaje de nitrógeno en la planta y sus órganos (Rastrojo, Grano) proveniente del fertilizante (%NPPF)

Cada día más se emplean técnicas del trazador  $^{15}\text{N}$  en las investigaciones sobre el destino y el comportamiento del fertilizante nitrogenado, éstas determinaciones son realizadas con mayor precisión Hauck & Brenner, 1976, citado por Torbert, *et al.*, 1992). Con la utilización de ésta técnica se puede distinguir el N derivado del fertilizante del derivado del suelo, permitiendo así medir la eficiencia del fertilizante nitrogenado.

En el cuadro 9, son presentados los resultados medios de ésta variable estudiada en la planta y sus órganos en los diferentes estados de desarrollo, así mismo un análisis estadístico. Se observa que hubieron diferencias significativas con respecto a la época o momento de aplicación.

En el rastrojo el porcentaje máximo de NPPF (15.31%) ocurrió en el tratamiento que recibió su aplicación a los 44 DDG en la etapa de Inicio de elongación del tallo; disminuyendo a seguir significativamente ( $p=0.05$ ), en el momento donde su aplicación fue hecha a 57 DDG (11.47%). Los más bajos valores fueron observados en los tratamientos donde se aplicó a 1 y 22 DDG, encontrando resultados de 5.5 y 9.22% respectivamente.

Los porcentajes más altos se registraron en los momentos que recibieron dosis nitrogenada a los 44 y 57 DDG. Según Calvache et al., (1982), éstos resultados fueron producto de la mayor absorción de fertilizante nitrogenado aplicado.

Estos datos dan idea que la fertilización más eficiente fue aquella, en la que se aplicó al momento de inicio de elongación; posiblemente asociado con mayor desarrollo radicular y mayor demanda de N para la planta en ésta fase de desarrollo del cultivo.

Investigadores estiman que con un déficit de nitrógeno entre el periodo de cambio de primordio y formación de panículas disminuye el número de florecillas de segundo orden, el de grano en la panícula y como consecuencia el rendimiento (Arzola et al., 1981).

Aplicaciones de N en el cultivo de arroz resulta mas efectiva en el periodo de inicio de diferenciación del primordio Calzada, (1959); Hall y Rayley, (1964), Thenabadu, (1972) citado por Quesada, (1981).

El Cuadro 9, muestra los valores medios de nitrógeno proveniente del fertilizante en el grano en cuatro momentos, donde se observan diferencias significativas entre las épocas de aplicación. El máximo porcentaje de NPPF (15.04%), ocurre en el momento en que se aplicó el fertilizante a los 44 DDG, etapa de Inicio de elongación del tallo, disminuyendo significativamente ( $p=0.05$ ), en el momento que corresponde su aplicación a los 57 DDG (12.97%). El % NPPF en los dos primeros momentos se observa una tendencia a disminuir, registrandose datos porcentuales de, 5.12 y 7.80% respectivamente. Estos momentos coinciden con la aplicación del fertilizante a 1 y 22 DDG.

La absorción de N por la planta de arroz se produce durante todo el período de desarrollo; no obstante, en la etapa de ahijamiento activo y antes del inicio de la formación de panícula, éste proceso ocurre con mayor intensidad (Matsushima, 1969 citado por Quesada, 1981). Sobre esto estima Calderon, 1970 citado por Quesada, 1981) que la aplicación de nitrógeno durante el desarrollo del cultivo, en dependencia de la presencia de éste elemento en el suelo se realiza en los periodos críticos del crecimiento de la planta.

El cuadro 9, además, nos demuestra los porcentajes de N total

proveniente del fertilizante en la planta entera en los cuatro momentos de aplicación

En los porcentajes de NPPF se encuentran diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a las diferentes épocas o momentos de aplicación del fertilizante nitrogenado. Pero no así en los porcentajes de NPPF tanto en el grano como en el rastrojo en el mismo momento, es decir que se observa una distribución porcentual casi similares en ambos órganos de la planta

La alta movilidad del N en la planta fue demostrada en estudios realizados usando  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{N}_2$  marcados con  $^{15}\text{N}$  (Yoneyama, e Ishiznca, 1982; Ohyama, 1989 citados por Zuniga, 1993.

La similitud en el %NPPF en los órganos (Rastrojo, Grano), en cada época evaluada, demuestran una alta movilidad o dinámica del nitrógeno dentro de la planta. Resultados similares fueron encontrados por Meirelles, *et al.*, (1980); Neptune & Muraoka (1978), con un mismo cultivo y tipo de suelo.

Urquiaga, Libardi, *et al.*, (1985), estiman que una alta movilidad o dinámica de compuestos nitrogenados dentro de la planta explica una poca variación en la composición isotópica de N en los diferentes órganos de la planta, a igual se debe de que las proteínas contenidas en la planta son el resultado de una continua síntesis o degradación y a la velocidad con que los aminoácidos u otros compuestos sean traslocados dentro del floema o fácilmente redistribuidos.

El máximo valor porcentual de NPPF, en la planta entera se presentó en el momento donde la aplicación del fertilizante fue a 44 DDG (15.18%), etapa Inicio de elongación del tallo, disminuye significativamente ( $p=0.05$ ) en el momento en que fue aplicado a los 57DDG; con un valor de 12.22%, momento que pertenece a la etapa de cambio de primordio. Los tratamientos que tuvieron los resultados más bajos de 5.32 y 8.51% respectivamente, fueron los que recibieron aplicación a 1 y 22 DDG.

La gran necesidad de mejorar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados ha puesto de relieve el uso de isótopos estables. El isótopo estable de  $^{15}\text{N}$  ha sido introducido en esfuerzo de obtener más ideas sobre la utilización del fertilizante nitrogenado.

Con la realización de análisis del contenido de  $^{15}\text{N}$  de la planta en varias etapas durante la temporada de crecimiento, se permite calcular la recuperación del fertilizante en varias etapas del desarrollo (De Datta, 1986)

En la Fig. 4, puede visualizarse claramente la marcha de absorción y distribución del %NPPF presentados anteriormente en los estados de desarrollo fenológico del cultivo.

**Cuadro 9. Porcentaje de nitrógeno en la planta y órganos (Rastrojo, Grano) proveniente del fertilizante durante el desarrollo del cultivo**

Tratamiento (DDG)	NPPF-Rastrojo (%)	NPPF-Grano (%)	NPPF-Total (%)
1	5.51 c	5.12 c	5.32 d
22	9.22 b	7.80 b	8.51 c
44	15.31 a	15.04 a	15.18 a
57	11.47 b	12.97 a	12.22 b
ANDEVA	*	*	*
C.V.(%)	18.03	16.10	15.71

Obs. Medias de la columna seguidas de la misma letra no son estadísticamente diferentes, Duncan ( $p=0.05$ ).

#### **3.4.4 Cantidad de nitrógeno acumulado en la planta y sus órganos (Rastrojo, Grano) proveniente del fertilizante (QNPPF) durante el desarrollo del cultivo**

Las cantidades de nitrógeno ya sea del fertilizante o del suelo puede ser absorbido por las raíces de las plantas tanto en forma amoniacal como nítrica (Viets, *et al.*, 1946 citado por Calvache *et al.*, 1982), por eso está determinado que éste cultivo preferentemente absorbe el ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) preferencialmente en la fase inicial de crecimiento (Schrader *et al.*, 1972; Warncke & Barber, 1973 y Zsoldos, 1971 citados por Libardi *et al.*, 1982).

Mediante el uso de técnicas de enriquecimiento isotópico se pueden marcar los fertilizantes nitrogenados para estudiar más fácilmente la dinámica de éste nutriente en la planta (Ivanko y Maxianova, 1968 citado por

Calvache *et al* 1982).

Numerosos investigadores (Neptune, 1966; Malavolta & Pires, 1978; Reichardt, 1979 citado por Calvache, 1982) han usado abonos nitrogenados marcados con  $^{15}\text{N}$ , procurando obtener un máximo aprovechamiento del abono nitrogenado por el cultivo.

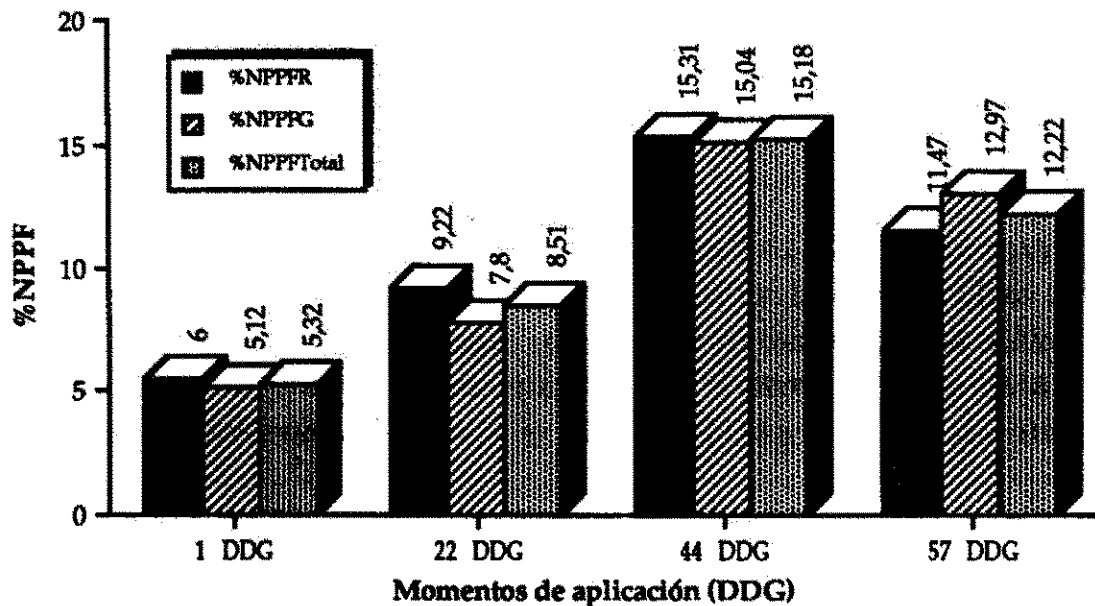


Figura 4. Porcentaje de nitrógeno en la planta proveniente del fertilizante en el rastrojo, grano y planta total.

El cuadro 10, muestra los resultados de las cantidades medias de nitrógeno proveniente del fertilizante (kg N/ha), en la planta y sus órganos en los diferentes estados de desarrollo con su análisis estadístico correspondiente ( $p=0.05$ ).

Se observa que en el rastrojo hay variación significativa en sus cantidades de NPPF en los diferentes momentos de aplicación. La máxima acumulación de nitrógeno (5.40 kg N/ha de N-Fert.) ocurre en el momento que recibió aplicación a los 44 DDG, momento que obedece a la etapa de Inicio de elongación del tallo.

Mikkelsen y Evatt, 1973 citado por Quesada, 1981) estiman que el nitrógeno proveniente del fertilizante aplicado en la superficie tenga éxito en



las variedades de arroz, la aplicación no debe llevarse a cabo después de la etapa de Inicio de elongación del tallo

Sobre esto (Eriguin, 1968 citado por Quesada, 1981), consideran que mientras mayor sea el suministro de N antes de la etapa de cambio de primordio (I, II, III etapas de la organogénesis), tanto mayor serán las posibilidades de que se forme una panícula compacta; mientras más grueso y grande sea el punto de crecimiento (primordio) que se diferencia en la panícula mayor será el tamaño de ésta, y mientras mejor sea el suministro de sustancias nutritivas a la planta durante la formación de granos el número de los mismos será mayor en la panícula.

En la etapa de cambio de primordio la cantidad de NPPF disminuye a seguir senciblemente (3.40 kg N/ha) en la época en que se fertiliza a los 57 DDG, Las menores acumulaciones de N proveniente del fertilizante se estiman en los dos primeros tratamientos que fueron fertilizados a 1 y 22 DDG con resultados promedios de 1.54 y 2.83 kg N/ha respectivamente.

Las bajas cantidades de nitrógeno en el rastrojo proveniente del fertilizante a la cosecha en los diferentes tratamientos en estudio indica que fueron acompañados por el incremento de las cantidades en el grano, lo que indica una gran translocación de N para los granos. De acuerdo a estudios realizados por Tanaka, et al.,(1959) el nitrógeno absorbido durante la fase vegetativa es almacenada para ser utilizada en desarrollos posteriores.

El estado de la planta durante la fase reproductiva determina el número y tamaño de las espiguillas, así como el estado de las hojas que contribuyen a la maduración (Tanaka *et al.*, 1966).

Las cantidades medias de N en el grano proveniente del fertilizante (Cuadro 10.) en los diferentes momentos de aplicación, se evidencia una alta variación significativa ( $p=0.05$ ). Cabe destacar que en el momento que recibió aplicación a los 44 DDG, la planta obtiene su máxima acumulación (7.82 kg/ha de N-Fert.), en la etapa de inicio de elongación del tallo disminuyendo un poco (6.35 kg N/ha de N-Fert.), en el momento fertilizado a los 57 DDG, que pertenece a la etapa de cambio de primordio .

Los primeros momentos de aplicación en el desarrollo del cultivo, 1 y 22 DDG correspondientes a las etapas de a las etapas de Emergencia de plántula e

Inicio de ahijamiento presentaron resultados similares de 2.85 y 4.26 kgN/ha respectivamente.

El cuadro 10., muestra los resultados de las cantidades medias del N proveniente del fertilizante en la planta entera, en los diferentes estados de desarrollo con su respectivo análisis estadístico.

Se observa que en las cantidades totales extraídas del fertilizante por la planta a la cosecha varían significativamente ( $p=0.05$ ) en cuatro momentos de la aplicación del fertilizante nitrogenado.

La máxima acumulación en la planta entera ocurre en la época fertilizada a los 44DDG con un valor de (3.21kgN/ha), coincidiendo con la etapa de Inicio de elongación del tallo y permanece así mismo una variación de (9.73 kg/ha de N-Fert.) en el momento aplicado a los a los 57DDG que pertenece a la etapa de Cambio de primordio. Los tratamientos que recibieron aplicación en los momentos de 1 y 22 DDG, obtuvieron resultados de 4.39 y 7.09 kgN/ha respectivamente.

En la Fig. 4, puede visualizarse mejor la marcha de absorción y distribución del NPPF presentados anteriormente en los momentos de aplicación y etapas de desarrollo del cultivo.

Cuadro 10. Cantidades de nitrógeno acumulado en la planta y órganos (Rastrojo, Grano) provenientes del fertilizante (QNPPF)

Tratamiento (DDG)	QNPPF-Rast. (kgN/ha)	QNPPF-Gran (kgN/ha)	QNPPF-Tot. (kgN/ha)
1	1.54 c	2.85 b	4.39 d
22	2.83 d	4.26 b	7.09 c
44	5.40 a	7.82 a	13.21 a
57	3.38 b	6.35 a	9.73 b
ANDEVA	*	*	*
C.V.(%)	15.70	21.91	18.26

Obs. Medias seguidas de la misma letra minúscula no son significativamente diferentes ,Duncan (P=0.05).

### 3.4.5. Eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado (EUF)

La eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado ha sido definida de diversas maneras, algunas desde el punto de vista fisiológico, como la relación entre la producción de grano o biomasa por unidad de nutriente absorbido o también como la relación de la cantidad de N absorbido por la planta del fertilizante como en nuestro caso (Urquiaga, 1993).

Resultados de investigaciones de muchos países arroceros indican que para poder disminuir las pérdidas de N y aumentar su eficiencia, los fertilizantes nitrogenados deben aplicarse durante las etapas críticas del cultivo y el método de aplicación tendrá que ajustarse a la época y necesidad del cultivo Vargas, Bonilla & Ottavo (1981).

De Datta(1986), define la eficiencia de los fertilizantes como la capacidad de absorción por la planta del fertilizante.

Numerosos experimentos de respuesta al nitrógeno han demostrado que la recuperación de los fertilizantes nitrogenados aplicados al cultivo de arroz rara vez es mayor del 30 al 40% (De Datta, et al., 1968).

Los fertilizantes marcados con  $^{15}\text{N}$ , permiten medidas directas de absorción por la planta del N fertilizante aplicado al suelo (Urquiaga, 1993).

En lo que respecta a la eficiencia (%) de utilización del fertilizante nitrogenado (EUF), para la planta entera (Cuadro 11), se observó que ésta aumentó significativamente hasta llegar a la aplicación efectuada a los 44 DDG, disminuyendo senciblemente a la aplicada a los 57 DDG.

La aplicación de 100 kg N/ha aplicadas en cuatro fraccionamientos de 25 kg/ha en las épocas estudiadas permitió una EUFN de alrededor de 34%, la cual puede ser considerada buena en éste cultivo bajo inundación donde se dan las condiciones favorables para su pérdida (Lixiviación, Denitrificación, etc), que disminuye su disponibilidad y ya que ésta en cereales difícilmente excede al 50% (Aurora, et al.,1980 citado por Urquiaga et al., 1985). Por otro lado, los resultados alcanzados permiten visualizar que es posible aumentos en ésta eficiencia si realizamos un fraccionamiento más adecuado, como por ejemplo aplicando la mayor dosis a los 44 DDG, pues en esa época se encuentra una eficiencia de 53%, el triple de la aplicación a la germinación.

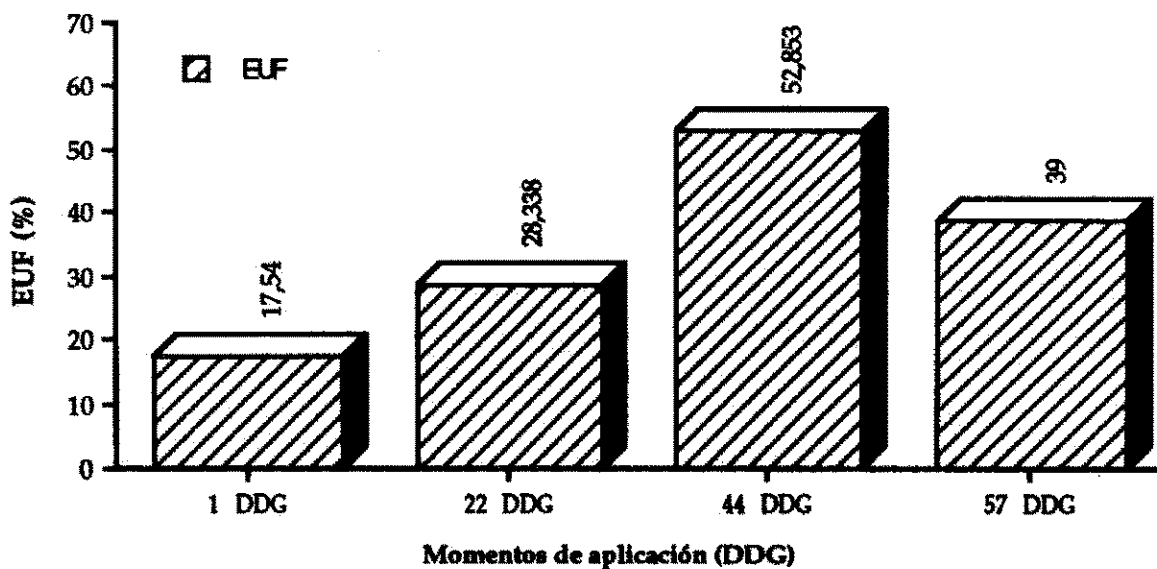


Figura 5. Eficiencia de utilización del fertilizante de acuerdo al momento de aplicación del mismo

El tratamiento c, que obtuvo mayor eficiencia de utilización del N-Fertilizante, fu el que recibió aplicación en la etapa de Inicio de elongación del tallo (44 DDG). En esta etapa se darían las condiciones para que el cultivo aproveche el N de manera mas eficiente. De acuerdo a estudios realizados por Tanaka, *et al.*,(1959), el N absorbido durante la fase vegetativa es almacenado para ser utilizado en las fases de desarrollo posteriores

Estudios llevados a cabo en California demostraron que el 18% del trazador<sup>15</sup>N era absorbido cuando el N se aplicaba sobre la superficie durante la etapa de máxima formación de vástagos y el 45% cuando se aplicaba sobre la superficie durante la elongación de entrenudos y panículas (Patnaik & Broadbent,1967 citado por Muhammad et al.,1973). Nuestros resultados superan a los reportados anteriormente

Se deduce que la dosis de aplicación del fertilizante tiene un papel importante en la variación de la eficiencia Neptune & Muraoka (1978), también en un suelo similar, mostraron que las más altas eficiencias ocurren con bajas dosis (15-30 kgN/ha) de fertilizante nitrogenado aplicado en épocas de mayor absorción por la planta.

De los datos del cuadro 11, se deduce posiblemente que los mayores o menores valores de eficiencia de utilización del N-Fertilizante por el cultivo estuvieron directamente relacionados con las menores o mayores pérdidas del N por los procesos prevaecientes en ese momento.

La Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 1978 citado por De Datta, 1986), en la realización de varios experimentos encontró que el N aplicado al momento de la siembra es utilizado con una EUF de aproximadamente un 12% y al momento de la iniciación de formación de panícula de un 34%. En general la eficiencia de recuperación del nitrógeno por aplicaciones tardías es usualmente más alta.

En un estudio de laboratorio de suelos utilizando un modelo de difusión de  $\text{NH}_4$  y  $\text{NO}_3$  en suelos inundados la eficiencia total del uso del N promedió en 45%. Donde bajo inundación continúa aproximadamente 2/3 del fertilizante aplicado (64% de eficiencia del uso del N) fue recuperado por el arroz, y bajo condiciones alternas de inundación y secano la respuesta fue muy pobre con aproximadamente cerca de 1/4 (26% de la eficiencia del uso) fue recuperado por el cultivo. Esto demuestra la importancia de la combinación apropiada de la irrigación y manejo del fertilizante en suelos arroceros para maximizar la utilización del nitrógeno Hanif, (1987).

En condiciones de aniego el N proveniente del fertilizante es más efectivo en forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), con una adecuada aplicación de N en forma amoniacal éste se mantiene en el suelo anegado en forma asimilable para que lo pueda tomar la planta de arroz. Después del aniego el nitrógeno nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ) se reduce y se transforma en nitrógeno gaseoso que se evapora del suelo anegado (Dijkshoorn e Ismunadji, 1972 citado por Quesada, 1981).

La eficiencia del fertilizante puede ser aumentada dandose las condiciones favorables para el cultivo como mediante la aplicación fraccionada de los fertilizantes en el momento en que la planta más lo necesita y reduciendose las posibilidades de pérdida (Arzola et al., 1981; De Datta, 1986).

Como la mayor eficiencia del fertilizante nitrogenado se logra al aplicarlo en el momento en que la planta más lo necesita (De Datta, 1978). Esto sugiere considerar los estados de desarrollo del cultivo, al decidir sobre la fertilización

nitrogenada Tanaka (1959) y De Datta (1986), sostienen que el nitrógeno absorbido entre los estados iniciales o medios del ahijamiento y la iniciación de panículas conducen a un incremento en el número de panículas.

Cuadro 11 Eficiencia del fertilizante nitrogenado (EUFN) en el cultivo del arroz de acuerdo al momento de aplicación del fertilizante.

Tratamiento (DDG)	Eficiencia (EUF) (%)
1	17.54 d
22	28.34 c
44	52.85 a
57	38.93 b
ANDEVA	*
C.V.(%)	18.28

Obs. Medias seguidas de la misma letra minúscula no son significativamente diferentes, Duncan (p=0.05).

#### IV. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. En un vertisol (Typic pellusterts), de alto contenido de nitrógeno (0.14 %) la aplicación de 100 kg N/ha, elevó la producción de arroz de 2,874 para 5,400 kg de granos por hectárea.
2. El total de materia seca producida por el cultivo se distribuyó en 55% para rastrojo y 45% para grano independiente de la fertilización nitrogenada.
3. La fertilización nitrogenada no afectó la longitud de las panículas (20, cm), el peso de 1000 granos (39.4 g) ni el porcentaje de N en el rastrojo (0.475%) y granos (0.91%) de el cultivo.
4. El total de N acumulado por el cultivo se distribuyó en 39% para rastrojo y 61% para grano, independiente de la fertilización nitrogenado.
5. El mayor aprovechamiento del N aplicado se obtuvo en las aplicaciones tardías, como lo demuestran los más altos valores de porcentajes de N en la planta proveniente del fertilizante de los tratamientos de aplicación del N marcado aplicado a los 44 días (15%) y 57 días (12%), comparado con las aplicaciones tempranas (5 a 8%).
6. Del porcentaje de N en la planta proveniente del fertilizante en los granos y rastrojos fueron similares, independiente de la época de aplicación del fertilizante marcado; lo cual indica una alta movilidad del nitrógeno en la planta.
7. La eficiencia de la fertilización nitrogenada aplicándose 100 kg de N /ha divididas en cuatro fracciones iguales, fue de 34%.
8. La más alta eficiencia de absorción del fertilizante aplicado (52%), ocurrió cuando éste se aplicó en la fase de inicio de elongación del tallo.

## **V.- RECOMENDACIONES**

En base a los resultados obtenidos se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- 1- En el cultivo de arroz inundado variedad Altamira 9, la fertilización nitrogenada debería ser realizada entre el estado fenológico de pre-ahijamiento y cambio de primordios de las plantas correspondiendo entre los 20 y los 57 días después de la emergencia.
- 2- Para la variedad Altamira 9, en suelos de media fertilidad se recomendaría aplicar el fertilizante nitrogenado de la siguiente manera: 40 % en la fase de pre-ahijamiento y 60% en la fase de inicio de elongación del tallo.
- 3- Se recomienda continuara este tipo de estudios para otras variedades, suelos y otras condiciones de manejo del cultivo.



## VI.- BIBLIOGRAFIA

- ARAGON, E.L.; J. C. CALABIO; J. L. PADILLA ; R.A. SHAD; M. I. SAMSON; DE DATTA . 1974. Fertilizer management under systems of rice culture IRRI Philippines.
- ARZOLA, P.N.; H. O. FUNDARA y A.J. MACHADO.1981. Suelos, planta y abonado. Editorial Pueblo y educación. La Habana, Cuba 360 P.
- ARREGOCES, O. 1993. Evaluación de la efíicancia agronómica de cuatro formas de área en el cultivo del arroz. Revista Arroz. Vol. 32. No. 326. Bogotá Colombia Pp .1-40.
- ARREGOCES , P.O. y L. A. LEON. 1982. Fertilización nitrogenada del arroz, Calí, Colombia, CIAT P. 40.
- ARREGOCES , P.O. y L. A. LEON. 1982. Fertilización nitrogenada del arroz, Calí, Colombia, CIAT P. 40.
- BIRD, F. W. y SOTO, B. S. 1991. El cultivo del arroz en Nicaragua (CNIGB). Managua, Nicaragua pp. 18.
- CALVACHE, U.M; P. L. LIBARDI, K. REICHARDT; R. VICTORIA; J. C. S. ARANJO y C. S. URQUIAGA. 1982. Absorcao e redistribucao Do nitrogenio proveniente do fertilizante. pesq. agropec. bras., Brasilia, 17 (11): Pp 1547-1557.
- CALVACHE, U. M.; P. L. LIBARDI, K. REICHARDT, R. VICTORIA J. C. S. ARANJO y C. S. URQUIAGA 1992. Absorcao e redistribuicao do nitrgenio proveniente do fertilizante. pesq. agropec. bras., Brasilia, 17 (11) Pp. 1547-1557.
- CIAT (1981). Centro internacional de agricultura tropical. 1981 Morfología de la planta de arroz. Joaquin González y Manuel Posero. Dscar arepoces. Cali, Colombia CIAT 13 P.
- CRASWELL, E.T. y P.L. VLECK 1978. Effects of nitrogen sourse and management on amonia volatilization losses from flooded rice soil systems soil science society of América journal.

- CRASWELL, E.T. y D. L. ESKEW 1991. Nitrogen and nitrogen-15 análisis Using. Automated Mass and Emisión spectrometers. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol 55, Pp 750-756.
- CRASWELL, E.T. y D. L. ESKEW 1991. Nitrogen and nitrogen-15 análisis Using. Automated Mass and Emisión spectrometers. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol 55, Pp 750-756.
- DE DATTA, S. K. *et al.* 1974. Increasing efficiency of fertilizer nitrogen in flooded tropical rice. En optimising agricultural production under limited availability of fertilizer. New Delhi, FAI, FAO Pp 265-288.
- DE DATTA, S. K; SALADAYA, F.A.; OBCEMEA, W, N; YOSHIDA, T. 1974. Increasing efficiency of fertilizer nitrogen in flooded tropical rice. In FAI-FAO seminar on optimising Agricultural production under limited Availability of fertilizers. New Delhi, 1974. Proceeding. Pp 265-288.
- DE DATTA, S. K. 1986. Improving fertilizer efficiency in lowland rice in tropical Asia. International Rice Research Institute (IRRI). Los Baños. Laguna, Phillipines. P 38
- DE DATTA, S. K. 1981. Agricultura tropical Vol. 34 No. 3 Santiago, Chile.
- DE DATTA, S.K. 1986 Producción de arroz fundamentos y prácticas. Los baños. Filipinas Pp. 423-448.
- DE DATTA, S. K., A. C. TAUR0, y S.N. BALAOING. 1968. Efect of plant type and nitrogen level on the growth characteristics and grain yield of indica rice in the tropics. Agron. 60 (6) Pp 643-647.
- DOLL, J.1986. Manejo y control de malezas en el trópico. CIAT. 2da reimpresión. Cáli, Colombia.
- EPSTEIN, E. 1975. Nutrigao mineral das plantas; princípios e perspectivas. Trad de E. Malavolta. Sao Paulo, Livros Técnicos e Científicos/EDUSP. Pp. 286-324.

- FEDEARROZ. 1973. Arroz. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia Pp. 20
- FRIEND, M.; TANJI, K. K. & Pol, R. M. 1976. Van de simplified long term concept for evaluating leaching of nitrogen from agricultural land. *J. Environ. Qual*, 5. Pp 197-200.
- FOHT, D.D. and M. POTH 1980. Measurement of biological nitrogen fixation by  $^{15}\text{N}$  Techniques in simbiotic nitrogen fixation tecnology. Edited by 6 erald H. Elkan. Mercel Dekker, Inc.
- GONZALEZ, F. J. & C. OTERO. 1982. Aportes de la investigación en el incremento de la producción de arroz. *Revista Arroz*. Vol 31 No. 320. Bogotá Colombia.
- GARCIA, N. y E. TRETTO. 1985. Eficacia del análisis de la planta y el suelo para el diagnóstico del estado nutricional de N en las plantas de arroz cultivadas bajo condiciones controladas. *Cultivos tropicales*. Vol. 8. No. 2. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.
- GRAHAM, P. H., J. BALE, D. BAKER, M. Friend, J. Roskoski, K. T. Macay and E. Craswell. 1988. The contribution of biological nitrogen fixation to plant production: An overview of the sywposium and its implications. *Plant and soil*, P. 1-6.
- HANIF, N. 1987. Diffusion of ammonium and nitrote ions in flooded soil and nitrogen use efficiency of an irrigated rice system, N use efficiency oryza sativa L., soil se plant anal. 18 (9). Pp 115-1172.
- HOLDRIDGE, R. L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Inst., Internacional de cooperación para la agricultura IICA, San José Costa Rica P. 216.
- International ATOMIC ENERGY AGENCY. 1978. Isotope Studies on rice fertilization. Vienna, Austrial. Tech. Reports Series No. 181. P.
- INTA, 1993. Proyecto de conformación del Ministerio de Agricultura y

Ganadería Instituto Nicaraguense de tecnología Agropecuaria.  
Managua, Nicaragua.

LABRADA, A.; ROMERO, R.; PERALTA, T. y PEREZ, C. 1982. Técnicas para la determinación del nitrógeno procedente del fertilizante mercado con  $^{15}\text{N}$  en nuestros vegetales Habana Cuba 13 Pp.

MARIN, E. Y I. RODRIGUEZ 1976. Mapas de sub-grupos de suelos proyecto catastro managua, Nicaragua.

MEIRELLES, N. M. F. ; P.L. LIBARDI & K. REICHARDT. 1980 Absorcao e lixiviacao de nitrogenio em cultura de feijao (*Phaseolus vulgaris*

MENGEL, K. & E. A. KIRBY. 1982. Principles of plant nutrition. International potash Institute Bern, Switzerland. 3rd Ed. p. 655.

MENYEL y KIRKBY, (1982), Mengel, K. y E. A. KIRBY. 1982. Principles of plant nutrition International potash Institute Bern, Switzerland. 3rd Ed. pp. 655.

MURATA, V. 1969. Physiological responses to nitrogen in plants. América Society of Agronomy. Physiological aspects of the crop yield Madison, Wisconsin.

MUHAMMAD, S.; U. J. KIM, and K. KUMAZAWA 1974. The uptake, distribution, and accumulation of  $^{15}\text{N}$ -labelled ammonium and nitrate nitrogen Top-Dressed at different Growth stages of rice. Soil sci Plan Nutr., 20 (3), 279-286.

NEPTUNE, A. M. L. & T. MURAKA .1978. Aplicao de urcia  $^{15}\text{N}$  em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) cultivar carioca. R. bras. C. solo, Campinas. Pp. 51-55.

NICARAGUA, MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y REFORMA AGRARIA. 1986. Programa de Arroz, 1986-87. Tomo II. División General de Economía.

PROKSCH, G. 1969. Routine analysis of  $^{15}\text{N}$  in plant material by mass-spectrometry. Plant soil, 31 (2) Pp 380-384.

- QUEZADA, M. S. 1981. Arroz, particularidades de la fertilización nitrogenada en el cultivo del arroz. No. 2. La Habana Cuba. 13 P.
- RAYNER, J. H. 1985. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen the se-called. Priming effect J. soil Sci. 36, pp 425-444.
- RICHARD, R. L. 1990. The chemistry of biological nitrogen fixation soil use and management vol. 6 No. 2 . México D.F. Pp 80-82.
- SOTO, S. 1993. Comunicación personal. Centro Nacional de Investigación de Granos Básicos. Managua, Nicaragua.
- TANAKA, A, S. A. NAVASERO., C.V. GARCIA F. T. PARAO & E. RAMIREZ. 1959. Growth habit of the rice plants in the tropics and its effects on nitrogen response. International Rice Research Institute (IRRI) Phillipines.
- TANAKA, A. 1969. Physiological basis for fertilizer response of rice varieties. Sywposium on optimization of fertilizer effect in rice cultivation. Trop. Agric. Res. Ser. 3.
- TERCERO, C.F.I. y J. POHLAN. 1988. Influencia del inhibidor de hidrólisis CMP, sobre el aprovechamiento de la fertilización nitrogenada en arroz (*Oryza sativa* L.) Var. Altamira 7, UNA. Managua, Nicaragua.
- TERCERO, C. F.I. 1992. Comunicación personal, REGEN UNA, Managua, Nicaragua.
- TRIVELIN, P.C.O.; SALATI, E. & MATSNI, E. 1973. Preparo de amostras para análisis de 15 N por espectrometría de masapiracicaba, CENA, BOLETIN técnico 12 P. 41.
- TORBERT, H. A., R. L. Mulvaney, R. M. VANDEN HEUVEL, and R.G. HOEFT. 1992. Soil type and moisture repme effects on fertilizer efficiency calculation methods in a nitrogen-15 traser study. Agron J. Pp. 66-70.

- URQUIAGA, S. VICTORIA, L. R.; BUITRON, F. CHAVEZ, N. L. 1989. Perdas por volatilizacao do 15 N-UREIA e 15 N Sulfato de amonio. *Pesq. Agropc. bras. Brasilia* 24 (2) Pp. 607-613.
- URQUIAGA, S.C.; P.L. LIBARDI; K. REICHARDT; S. O. MORAES & R. L. VICTORIA. 1984. Variacao do nitrogenio nativo e do proveniente de fertilizante, en terra roxa estructura, durante o desenvolvimiento de una cultura de feijao. *Pesq. Agropec. bras. Brasilia* Pp 223-327.
- URQUIAGA, C. S.; LIBARDI, L. P.; REICHARDT, K. MATSUI. E.; VICTORIA, L. R. 1985. Utilizacao do fertilizante nitrogenado aplicado a una cultura de feijao. *Pesq. agropec. bras., Brasilia*, 20(9) : 1031-1040.
- URQUIAGA, S. y M. CALVACHE. 1992. Introduccion al uso de técnicas nucleares en estudios de las relaciones suelo-planta. Aplicación de 15 N y 32 P. en estudios de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. *Managua, Nicaragua* 2 P.
- URQUIAGA, S. C. 1993. Comunicación personal Experto IAEA.
- VOSE, P. B. 1980. Introduction to nuclear technique in Agronomy and plant biology. *oxford, perpamon*, Pp. 328-60.
- VLEK, P. L. G.; BYRNES, B. H.; CRASWELL, E.T. 1980. Effect of Urea placement on leaching loss of nitrog from flooded rice soils, *plant and soil* 54.
- VARGAS, Z. J. P. ; O. R. BONILLA y A. V. OTTARO 1981. ecto del nitrógeno y métodos de aplicación sobre el arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Arroz. Vol. 30 No. 310. Bogata, Colombia*, Pp 28-31.
- VARGAS, Z. P. 1981. *Arroz. Bogotá, Colombia* Vol. 30 No. 312 Pp 16-18.
- VLEK, P.L. G. I.R.P. FILLERY. 1984. Improving nitrogen efficiency in wetland rice soils. International fertilizer derelopwent center (IFDC). Muscle shoals, USA. The fertilizer society of London Pp. 3-27.

WALTHER, H. and LIETH 1960. Klima diagram we tatlas. William R. D. and Wawn G. 1975. Competition stetween porple nat sedge and respebles meed sciencie año 23 PCCMCA. Vol III.

ZUNIGA, L. E. 1993. Eficiencia en la absorción de nitrógeno de plantas de soya bajo condiciones de campo e invernadero. Tesis para optar al grado de maestría en Ciencia. Colegio de Posgrados. Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, centro de edafología Montecillo, México 147 p.