



## “Evaluación de diferentes niveles de nitrógeno mediante la aplicación de briquetas de urea como alternativa para pequeños productores de arroz (oriza sativa), en la parroquia San Juan, Cantón Pueblo Viejo, Provincia de los Ríos”.

David Aguirre Coronel  
Imelda Medina H (Director de Tesis)  
Facultad de ingeniería en mecánica y ciencias de la producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Campus Gustavo Galindo Velasco, Km. 30.5 Vía Perimetral,  
Apartado: 09-01-5863  
Guayaquil - Ecuador  
dmaguirr@espol.edu.ec  
imedina@espol.edu.ec

### Resumen

La presente investigación se enfocó en la “Evaluación De Diferentes Niveles De Nitrógeno Mediante La Aplicación De Briquetas De Urea Como Alternativa Para Pequeños Productores De Arroz (Oriza Sativa), con la cual se determinó los efectos productivos, fisiológicos y económicos de los 5 tratamientos o niveles de fertilización para la producción de arroz, variedad INIAP-14.

El diseño aplicado fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes: T1: Testigo dosis según recomendación de examen de suelos con aplicación al voleo (5,2 sacos de urea por hectárea de 50 Kg). (1,66 kg). T2: Briquetas de urea según dosis utilizada por pequeños agricultores (2,06 sacos de urea por hectárea de 50 Kg). (2,08 gr). T3: Briquetas de urea según dosis recomendada por análisis de suelo (3,56 sacos de urea por hectárea de 50kg). (3,6 gr). T4: Briquetas de urea de T3-20% (2,74 sacos de urea por hectárea de 50kg). (2,77gr). T5: Briquetas de urea de T3+20% (4,29 sacos de urea por hectárea de 50kg). (4,33gr).

Se efectuaron los análisis estadísticos de ANOVA, prueba de Tukey y Tamhane a las variables número de macollos por plantas, producción del lote, y análisis económico. Usando el programa SPSS para dicha tarea. Al final del estudio se obtuvo un sistema de fertilización con mayor efecto T5.

<sup>(1)</sup> :**Briquetas:** pellets de urea compactadas en forma de bolitas de diferentes tamaños y pesos.

<sup>(2)</sup> :**Macollos :** expansión lateral de la planta.

### Abstract

This investigation focused on the "Evaluation of Different Levels of Nitrogen By applying briquettes of urea as Alternative for Small Farmers in Rice (*Oryza sativa*), which was determined with the productive effects, physiological and economic effects of the 5 treatments or levels of fertilization for rice production, variety INIAP-14.

The design was a design applied was completely randomized blocks with 5 treatments and 3 replications. The treatments were: T1: Witness dose as recommended by soil test with broadcast application (5.2 bags of urea per hectare of 50 kg). (1.66 kg). T2: urea briquettes in the dosages used by small farmers (2.06 bags of urea per hectare of 50 kg). (2.08 g). T3: urea briquettes in the dosages recommended by soil test (3.56 bags of urea per hectare of 50kg). (3.6 g). T4: Urea briquettes T3-20% (2.74 bags of urea per hectare of 50kg). (2.77 g). T5: urea briquettes T3 +20% (4.29 bags of urea per hectare of 50kg). (4.33 g).

Statistical analysis were performed by ANOVA, Tukey and Tamhane test the variables number of tillers per plant, batch production, and economic analysis. Using SPSS for the task. At the end of the study was obtained a greater effect fertilization T5.



## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes e Información General

La importancia del arroz en el Ecuador se cifra en lo siguiente: una superficie sembrada en incremento hasta la dimensión actual de alrededor de 400.000 ha, que le ubica en el primer lugar dentro de los países andinos; un consumo de arroz diario por persona de 115 g; una producción de 660.000 TN; un índice de empleo del 22% de la población económicamente activa, involucrando alrededor de 140.000 familias.

En la producción de arroz la urea es uno de los principales fertilizantes utilizados y debido a los altos costos de dicho producto, en el mercado se ve la necesidad de mejorar las técnicas de producción y la eficiencia de los fertilizantes utilizados en la producción.

La utilización de briquetas de urea es una técnica desarrollada en países importantes en la producción de arroz como (Bangladesh, La India, Camboya, etc.). Con esta tecnología se estudia el efecto de reducir los niveles de fertilización nitrogenada en un 40% y mejorar la eficiencia en la lenta liberación del nitrógeno, además se puede reducir el impacto ambiental al disminuir los niveles de volatilización y lixiviación del nitrógeno.

La presente investigación se enfocó en la "Evaluación De Diferentes Niveles De Nitrógeno Mediante La Aplicación De Briquetas De Urea Como Alternativa Para Pequeños Productores De Arroz (*Oriza Sativa*). Con la cual se determinó los efectos productivos, fisiológicos y económicos de 5 tratamientos o niveles de fertilización para la producción de arroz, variedad INIAP-14.

Para ello se analizaron las siguientes variables: Número de macollos, producción promedio por hectárea y análisis económico; a partir de un análisis estadístico para determinar si se producen diferencias significativas entre los tratamientos establecidos.

Se determinaron las labores de cultivo que se debe llevar a cabo para realizar una producción, reduciendo la contaminación ambiental por lixiviación y evaporación del nitrógeno. Cada tratamiento fue evaluado individualmente en una unidad experimental de 64 m<sup>2</sup>; Para eliminar el efecto del borde dentro de la unidad experimental se estableció una área útil de 1m<sup>2</sup>, en el cual se examinaron las variables descritas anteriormente, para proyectar los resultados a un nivel comercial de (1 hectárea).

## 2. Objetivos

Analizar y comparar los efectos más eficientes de diferente dosis de nitrógeno granular o briquetas de urea para la producción de arroz.

Evaluar los dos métodos de fertilización nitrogenada.

Determinar diferencias entre los métodos de fertilización y proponer una solución de fertilización a los pequeños productores utilizando estas nuevas técnicas.

## 3. Metodología

### 3.1. Ubicación y antecedentes del terreno

La hacienda CARMITA se encuentra a 2 kilómetros de la parroquia San Juan del cantón Pueblo Viejo con coordenadas geográficas de 01°37'30,03" S y 79°31'62,31" W con una altitud de 12 m.s.n.m. ( ,5). Dicha hacienda cuenta con 68 Ha., de las cuales 50 Ha. han sido dedicadas a las producción de arroz convencional.

#### 3.1.1. Características edafoclimáticas.

La hacienda CARMITA cuenta con suelos con pH ligeramente ácido, con buen contenido de materia orgánica, con textura arcilloso limoso, con una profundidad de 40 cm.

El promedio de precipitación anual es de 600 a 840 mm, con temperaturas que oscilan entre 22° hasta 35°C (13).

#### 3.1.2. Determinación del área experimental.

Dentro de los terrenos arroceros de la hacienda CARMITA se elaboraron pequeñas piscinas o cuadros de 64 m<sup>2</sup> (8 X 8 metros). En cada piscina se estableció un área útil de un metro cuadrado para de allí hacer la posterior toma de datos. Cada metro cuadrado previamente delimitado contó con 20 plantas, esto se debe a que la distancia de siembra es de 20 centímetros entre planta y 25 centímetros entre hileras.

#### 3.1.3. Preparación del terreno.

Se realizó un pase de arado de rastra para airear y descompactar el suelo, luego de esta labor se realizó otro pase de arado de discos para destruir los terrones grandes de tierra que quedaron luego de la primera pasada.

Luego se esperó hasta que empiece la época de invierno para realizar la pica, que es un pase de tractor con gavias, para batir bien el terreno.

Después se realizó la repica para destruir y terminar de incorporar la poca maleza que queda del primer pase de tractor con gavias.

### 3.1.4. Preparación Del Semillero

Se seleccionó un área con fuente de agua para realizar el semillero, cercana al lote donde se realizó el transplante. Luego se procedió a batir el terreno, para que de esta manera las raíces de las semillas puedan penetrar con facilidad y no se adhieran a terrones, lo que hará que se dificulte la extracción de las plantas.

El semillero tuvo una extensión de 3,5 metros de ancho por 12 metros de largo, que es lo más utilizado por los pequeños agricultores de la zona.

Luego se procedió a colocarle una capa de 2 cm de ceniza de tamo de arroz, de esta manera se obtienen nutrientes para el correcto desarrollo de las plantas, además esta labor redujo considerablemente el estrés y estropeo de las raíces al momento de realizar el trasplante.

### 3.1.5. Trasplante

El Trasplante es una labor que se debe realizar con sumo cuidado, para estropear al mínimo la raíz al ser arrancadas las plantas del terreno. Las plántulas están listas para ser transplantadas a partir de los 15 días desde la siembra (DDS) y no pasar los 21 DDS. Se tuvo cuidado que los trabajadores no golpeen la raíz de plántulas contra el pantalón, botas, madero o el agua. Ellos realizan esta labor para quitar el exceso de lodo que queda en las raíces. Pero lo más indicado es quitarlo con la mano y lavar bien la raíz, sin estropearla.

El trasplante se lo realizó a una densidad de siembra de 20 cm X 25 cm, estas labores fueron realizadas por personas con experiencia en trasplante. Una persona realiza entre 2 a 4 tareas por día. Una hectárea cuenta con 16 tareas, cada tarea tiene un área de 625 metros cuadrados (25 X 25 metros). El personal fue trazando una línea de plantas a un distanciamiento de 20 cm entre planta y 25 cm entre hilera, con una piola de 25 metros.

## 3.2. Determinación del ensayo

Factor A: Dosis de nitrógeno.

### 3.2.1. Tratamientos

T1: Testigo dosis según recomendación de examen de suelos con aplicación al voleo (5,2 sacos de urea por hectárea de 50 Kg). (1,66 kg). Ver figura # 1.6

T2: Briquetas de Urea según dosis utilizada por pequeños agricultores (2,06 sacos de urea por hectárea de 50 Kg). (2,08 gr). Ver figura # 1.6

T3: Briquetas de urea según dosis recomendada por análisis de suelo (3,56 sacos de urea por hectárea de 50kg). (3,6 gr). Ver figura # 1.6

T4: Briquetas de urea de T3-20% (2,74 sacos de urea por hectárea de 50kg). (2,77gr). Ver figura # 1.6

T5: Briquetas de urea de T3+20% (4,29 sacos de urea por hectárea de 50kg). (4,33gr). Ver figura # 1.6



FIGURA # 1.6  
Tamaño y pesos de las Briquetas

### 3.2.2. Elaboración y Aplicación de briquetas de urea.

Las briquetas de urea fueron compactadas con una máquina prensadora prototipo fabricada por ESPOL, el peso y tamaño de la briqueta se la calculó a base de los resultados del análisis de suelos que se realizó al suelo arrocero de la Hacienda CARMITA.

Las briquetas se aplicaron con diferentes pesos y tamaños a los 10 DDT (días después del Transplante), mientras que para el T1 se realizó una segunda fertilización al voleo a los 20 días después de la primera fertilización.

### 3.3. Diseño Experimental

Se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones, lo cual cumple con las condiciones necesarias para validar el experimento. La unidad experimental fue de 64 X 64 metros cuadrados, en el cual se tomó 1 metro cuadrado en el centro de la unidad experimental, que correspondió a la parcela de trabajo, es aquí donde se evaluaron todas las variables necesarias para establecer los resultados de esta investigación. Cada parcela se levantó parrillas o muros divisores provisionales para que en el proceso de disolución de la briqueta de urea y por gradiente de fertilidad no se mezclen y no logre estropear el experimento.

Este diseño se lo pudo realizar debido a que las condiciones del suelo fueron muy homogéneas, por las

labores realizadas anteriormente descritas y es el que mejor se acopló para dicha investigación, por tener menor error experimental y soporta los grados de libertad de los números de tratamiento. Una vez definidas las 15 piscinas, se procedió al sorteo de los tratamientos con lo cual iban a estar distribuidos los mismos. Ver (figura 7).

Una vez realizado el análisis estadístico (ADEVA) se estableció que existía algunas variables que presentaron diferencia significativa, por lo que se procedió a realizar las pruebas de Tukey y Tamhane al 90%, las cuales nos permitió establecer las diferencias significativas entre los tratamientos y de esta manera conocer cuál de los tratamientos es más favorable y cuya diferencia con el resto es significativa desde el punto de vista estadístico.

Hipótesis Nula (Ho):  $T1 = T2 = T3 = T4 = T5$

Hipótesis Alternativa (Ha):  $T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4 \neq T5$

Tratamientos: 4 tratamientos con briquetas de urea de diferentes tamaños y pesos, y 1 tratamiento testigo (urea al voleo). Ver figura # 1.7

R1	R2	R3
T5P1	T2P6	T3P11
T1P2	T3P7	T1P12
T4P3	T5P8	T4P13
T3P4	T1P9	T5P14
T2P5	T4P10	T2P15

**FIGURA # 1.7  
Distribución De Los Tratamientos**

### 3.3.1. Unidad Experimental

La unidad de estudio experimental fue de 8 x 8 metros cuadrados, de la cual solo en 1 m<sup>2</sup> se tomaron los datos de las variables, esta unidad útil se la ubicó en el centro de la unidad experimental.

### 3.3.2. Variables a Analizar

Número de macollos por metro cuadrado, Producción del lote, Análisis económico.

### 3.3.3. Datos a tomarse.

Con la finalidad de estimar los efectos de los tratamientos, se tomaron los siguientes datos.

#### 3.3.3.1. Análisis de suelo inicial

Se procedió a tomar una muestra general del lote a 20 cm de profundidad, y se procedió a realizar un análisis de suelo con la finalidad de conocer la cantidad inicial de nitrógeno.

#### 3.3.3.2. Número de macollos por metro cuadrado

Se marcó dentro de la parcela útil 1 Metro cuadrado en el cual se contaron el total de macollos a los 65 días del trasplante, se tuvo que contar además el número de golpes por metro cuadrado.

#### 3.3.3.3. Producción del lote

Se cosecharon por separado cada lote correspondiente a cada tratamiento comparando con el testigo sin aplicación, dichos datos se proyectaron a una hectárea.

#### 3.3.3.4. Análisis de datos

Cada variable de cada uno de los tratamientos se analizó mediante una prueba de ADEVA (análisis de varianza) que nos indicó si existe un efecto significativo por parte de los tratamientos en dicha variable. De existir dicho efecto se procede a realizar una separación de medias por prueba de Tukey y Tamhane al 90%, que nos indica cuál de los tratamientos provocó el efecto en la variable a analizar.

#### 3.3.3.5. Análisis económico.

Cada tratamiento fue analizado por separado tomando en cuenta la suma de todos los insumos utilizados y el número de aplicaciones realizadas, a su vez se determinó el rendimiento de cada tratamiento, de esta manera se hizo una comparación y se tomó en cuenta cuál de los métodos de fertilización generó mayor rentabilidad. Posteriormente se calculó el beneficio neto en USD/Ha.

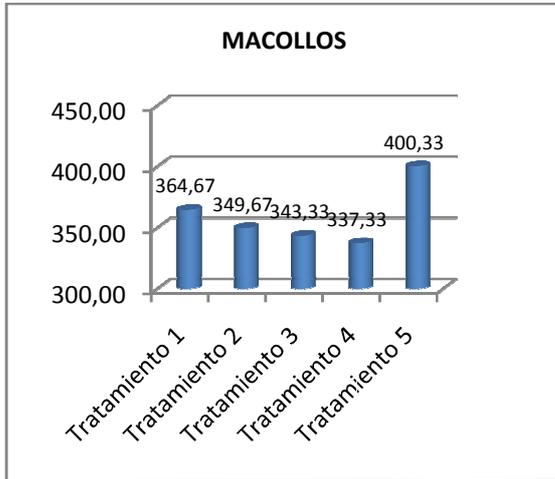
## 4. Resultados

### 4.1.1. Número de macollos

Mediante el análisis estadístico (ANOVA) se determinó que no existen diferencias significativas en el número de macollos, por lo que se aceptó la

hipótesis nula que todos los tratamientos tienen igual efecto en dicha variable. La significancia fue mayor a 0,1 como se muestra en la tabla # 7.

El diagrama de barras nos muestra el promedio de macollos por tratamientos

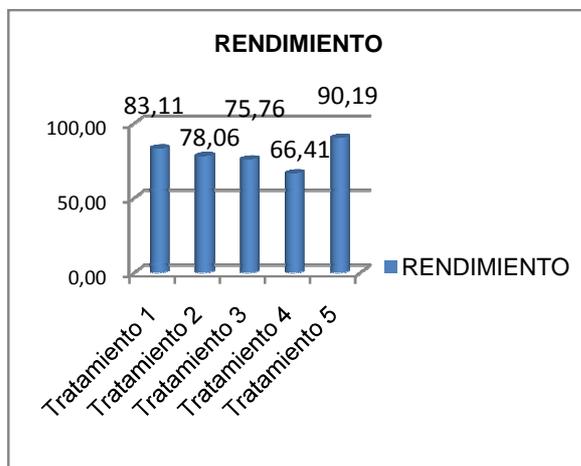


**Figura # 1.8  
Promedio De Macollos Por Tratamientos**

#### 4.1.2. Producción por hectárea.

El área útil de la unidad experimental es de un metro cuadrado. Para poder determinar si los efectos de los tratamientos son representativos a un área comercial se evaluó el área útil en el centro de los tratamientos para que por pendiente o lixiviación de las briquetas de urea no se mezclen.

El análisis descriptivo demostró que el tratamiento 5 fue el mejor con una producción de 90,19 sacas de 205 lb/ha, como se ilustra en el diagrama de barras. Ver Figura # 9



**Figura # 1.9**

#### Rendimiento De Sacas De 205 Lb/Ha.

Mediante el análisis estadístico ANOVA se determinó que existe diferencia significativa en la producción por sacas de hectáreas, por lo tanto no se aceptó la hipótesis nula. Ver Tablas # 11 y #12.

**Tabla # 11  
Anova  
Rendimiento En Sacas De 205 Libras**

	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre grupos	935,326	4	233,832	3,346	,055
Dentro de grupos	698,778	10	69,878		
Total	1634,104	14			

El test de homogeneidad de varianzas demostró que existe diferencia entre las varianzas de cada tratamiento en producción, ya que su significancia fue 0,014. De igual manera, se utilizó el test de Tamhane como prueba de múltiple comparación y para demostrar cuales son los tratamientos estadísticamente iguales o diferentes. Ver tabla # 12

**Tabla # 12  
Pruebas de homogeneidad de variancia  
Rendimiento en sacas de 205 libras**

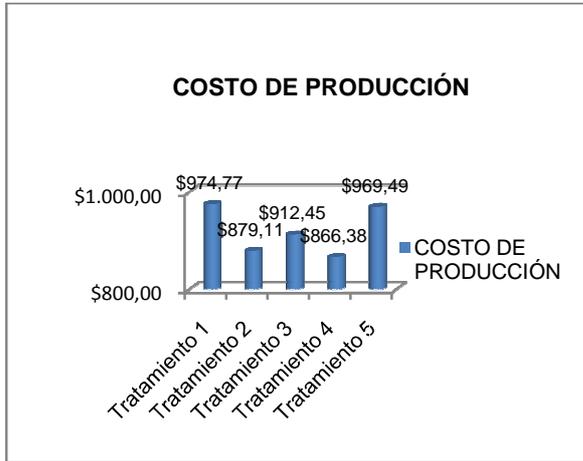
Estadístico a Levene	df1	df2	Sig.
5,380	4	10	,014

Al efectuar la prueba de Tamhane con un nivel de confianza de 90% nos mostró que estadísticamente no existen diferencias significativas ya que el tratamiento 4,3,1,2 estadísticamente son iguales así como los tratamientos 3,2,1,5 presentan similitudes cercanas, pero económicamente sí tienen gran diferencia, ya que el tratamiento 1 produjo 83,10 y el tratamiento 5 produjo 90,19 sacas por Ha. Ver Tablas # 13 y 14

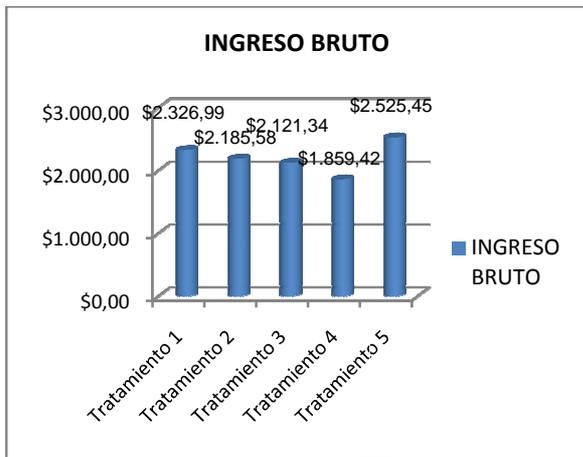
#### 4.1.3. Analisis económico.

Se analizaron los costos de producción que incluyen los gastos de los insumos y aplicaciones requeridas por cada tratamiento, análisis de suelos, y riego en todo el ciclo del cultivo. Una vez obtenida la producción se obtuvo el ingreso bruto que es el rendimiento de sacas por hectárea al costo cotizado en el mercado interno que es de 28 dólares la saca de 205 libras.

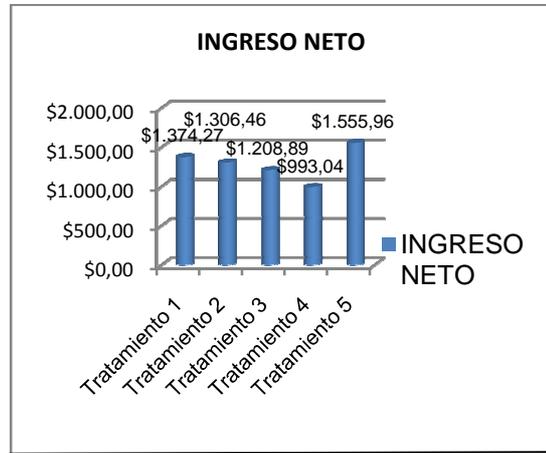
Al evaluar dichas funciones obtenemos que el tratamiento 5 generó mayor ingreso neto por hectáreas \$ 1.555,96, seguidos por el tratamiento 1 y tratamiento 2. De igual manera el tratamiento que conlleva un rubro más alto de costo de producción es el tratamiento 1. Ver Figuras # 10, 11 y 12



**Figura # 1.10**  
Costo de producción por tratamientos



**Figura # 1.11**  
Ingreso Bruto Por Tratamientos



**Figura # 1.12**  
Ingreso neto por tratamientos

El análisis estadístico demostró que no existen diferencias entre el tratamiento 1 (urea al voleo) y tratamiento 5 (briqueta de 4,33g), pero el análisis económico demuestra que sí existe una diferencia económica significativa entre los dos métodos de fertilización, ya que al aplicar las briquetas de urea se obtuvo una diferencia de ingreso neto de \$ 203,74. Ver tabla # 15

T	Promedio de macollos por tratamientos	Rendimientos en sacas de 205 lb	Ingreso bruto	Costo de producción	Ingreso neto
T 1	364,67	83,11	2.326,99	974,77	1.352,22
T 2	349,67	78,06	2.185,58	879,11	1.306,46
T 3	343,33	75,76	2.121,34	912,45	1.208,89
T 4	337,33	66,41	1.859,42	866,38	993,04
T 5	400,33	90,19	2.525,45	969,49	1.555,96

**Tabla # 15. Tabla de rendimientos, ingresos y costo de producción**



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



## 4.2. Discusiones

La presente investigación es un claro ejemplo de avances tecnológicos en la producción de arroz ya que con la lenta liberación de nitrógeno se pudo deducir que es una tecnología que sí funciona, ya que se logró aumentar la producción, aumentar ganancias, y es mas lograr reducir la contaminación por lixiviación y evaporación del nitrógeno. Esto genera una agricultura totalmente sostenible y sustentable.

En los análisis estadísticos que se realizaron sobre las variables macollos y producción, no produjeron efecto significativo, por lo tanto se aumentó el nivel de confianza de 5 a 10% para ver si el ANOVA tiene efecto significativo y se puedan realizar unas pruebas más rigurosas como las de Tukey y Tamhane.

De los tratamientos analizados el que generó mayor rendimiento es el tratamiento 5, a pesar que el tratamiento 1 genera rendimientos altos, pero hay que tomar en cuenta el costo de producción vs ingreso neto. Ver Figuras # 10 y 12.

## 5. Conclusiones

- De los diferentes niveles de nitrógeno que se evaluaron, el tratamiento que generó mayor rendimiento por Ha. fue el tratamiento 5 con 98 kg de nitrógeno puro por hectárea, compactadas en forma de briquetas y aplicada sólo en una fertilización en todo el ciclo, este tratamiento generó un rendimiento de 90,19 sacas por Ha.; mientras que el tratamiento 1 con 120 kg de nitrógeno puro por Ha. aplicada al voleo, generó un rendimiento de 83,11 sacas por Ha.
- A pesar que en el análisis estadístico no existió diferencia significativa, a nivel económico sí existen diferencias, ya que con menor cantidad de nitrógeno existe un mayor rendimiento, por lo tanto genera un mejor ingreso neto y menor costo.
- La variable macollos evaluada a los 65 días presentó igualdad en nivel de significancia por lo que no existen diferencias entre los promedios de macollos por tratamientos.
- La variable rendimiento de sacas por hectárea evaluada a los 126 días presentó el siguiente resultado 83,11; 78,06; 75,76; 66,41; 90,19 sacos de 205 libras por hectáreas para los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 respectivamente, el análisis estadístico determinó que el tratamiento T5 es quien presenta mayor efecto de dicha variable.
- De los dos métodos de fertilización aplicados en este ensayo, el que mejor resultado obtuvo, fue el método de fertilización por briquetas.

## 6. Recomendaciones

- Realizar más investigaciones en lo que tiene que ver con la lenta liberación de nitrógeno para optimizar la urea; y por otro lado, observar el impacto ambiental de esta tecnología.
- Publicar los resultados por los diferentes medios para que los agricultores logren adoptar este sistema de fertilización.
- Mediante los análisis de suelos, realizar mezclas de proporciones de elementos para compactar briquetas con mezclas compuestas y mejorar aún más las producciones.

## 7. Referencias

- [1] INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria, EC) 1987. Manual Agrícola de los Principales Cultivos del Ecuador. Manual No. 10
- [2] INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, Estación Experimental Boliche. Manual No. 66. Manual del cultivo de arroz. Guayas - Ecuador 2007.
- [3] Angladette, A 1969 Botánica y Sistemática. El Arroz. Barcelona, ES. Editorial Blume.
- [4] TRILLAS, Manual para Educación Agropecuaria Arroz Área producción vegetal, Primera Edición, Octava Impresión, México 1993
- [5] Importancia del nitrógeno del arroz, <http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cba98>.
- [6] Insumos comerciales, <http://www.edifarm.com.ec/Consultas-enlínea>.
- [7] La urea y sus propiedades <http://www.isquisa.com/site/files/productos/Urea.pdf>
- [8] superficie de arroz cultivada en el ecuador, [www.rte.espol.edu.ec](http://www.rte.espol.edu.ec)
- [9] Yoshida. 1981; Arroz: Investigación y Producción, CIAT. 1985
- [10] Angladette, A 1969 Botánica y Sistemática. El Arroz. Barcelona, ES. Editorial Blume.
- [11] James Wargo, agrónomo de la empresa Georgia-Pacific, briquetas de urea, [www.hortalizas.com/pdh/?storyid=1313](http://www.hortalizas.com/pdh/?storyid=1313)

**Ing. Imelda Medina H.**  
**Directora del proyecto**