

# Comparación de Dos Tecnologías de Aplicación de Nitrógeno (Urea) en Diferentes Niveles en el Cultivo de Arroz: Aplicación Profunda de Briquetas de Urea y la Aplicación Tradicional al Voleo

Autor: Samuel Alejandro Mora Vargas & Coautor: Paúl Alejandro Herrera Samaniego Ph.D.  
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador.  
samora@espol.edu.ec & aherrera@espol.edu.ec

## Resumen

*El fertilizante granular urea contiene 46 % de nitrógeno siendo este el más utilizado para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo del arroz. La urea al ser aplicada al voleo se disuelve en la lámina de agua quedando expuesta a fenómenos como escorrentías, volatilización, lixiviación, nitrificación y desnitrificación provocando pérdidas de hasta el 70 % de la urea aplicada. La tecnología APBU "Aplicación Profunda de Briquetas de Urea" ofrece una solución a las ineficiencias de nitrógeno, ya que la urea es aplicada una sola vez en el ciclo del cultivo en forma de briquetas debajo de la lámina de agua en el medio fangoso donde el nitrógeno está libre de los fenómenos de pérdida. En la experimentación se evaluaron tres diferentes tamaños de briquetas de urea, un testigo positivo que simula a la fertilización al voleo y un testigo absoluto. Una vez analizadas las variables agronómicas y económicas se comprobó que la tecnología APBU alcanzó un ahorro de un 33% de urea, incremento de número de macollos, de rendimiento así mismo de los ingresos netos.*

**Palabras Claves:** Arroz, nitrógeno, urea, tecnología APBU.

## Abstract

*The Urea in contrast to the other fertilizers has 46% of Nitrogen, for this reason it is the fertilizer more used for rice crops in Ecuador. When the urea is applied to rice crop, this is dissolved in the water where it is exposed to different ways of loss as runoff, volatilization, leaching, nitrification and denitrification. Therefore, the wastes can rise to 70 % of the urea applied. The APBU technology offers a solution to the high levels of loss. The urea with APBU is applied as briquette in the soil under the water where the nitrogen is free of losses. In the experimentation was proved three different briquettes weigh, granular urea plus and a plot without urea. After analyzing each agronomic and economic variable, we could support that APBU technology besides of saving 33% of the urea applied, increased the number of stems, production and income*

**Keywords:** Rice, nitrogen, urea, APBU technology.

## 1. Introducción

Dentro de la Comunidad Andina, Ecuador es el país con mayor área sembrada de arroz alcanzando las 400 mil hectáreas anuales, por lo cual se ha constituido en el cultivo con la mayor extensión del país.

En Ecuador, el principal componente de la canasta básica de la población es el arroz. La superficie sembrada en el 2005, fue de 324, 875 ha de arroz, con una producción promedio de 3.4 TM/ha, nivel de rendimiento menor al promedio regional del área

andina. Existen 75, 814 UPA (Unidades de Producción Agropecuarias) sembradas con arroz las cuales el 65 % son de menos de 10 ha.

Este cultivo ocupa la mano de obra de numerosas familias ubicadas en los estratos socioeconómicos rurales medios y bajos y también genera ingresos a otros sectores que intervienen en el proceso: industriales, comerciantes mayoristas y minoristas y transportistas. Se estima que el 11% de la población económicamente activa del sector agrícola trabaja en este rubro. Los subproductos de la fase de campo e

industrial (arrocillo y polvillo) se utilizan en actividades relacionadas a producción bovina, porcina y avícola.

El cultivo de arroz es un gran demandante de fertilizantes nitrogenados, siendo la Urea el más adquirido por los arroceros. Un agricultor en promedio aplica 250 Kg de urea por hectárea por ciclo de cultivo, sin saber que cerca del 70 % de la urea aplicada no es aprovechada por las planta por procesos de volatilización del nitrógeno amoniacal a la atmosfera, nitrificación y posterior desnitrificación, inmovilización biológica, fijación por minerales arcillosos, lixiviación y escorrentía.

La ineficiencia de asimilación de nitrógeno por parte de las plantas de arroz se da por la tecnología tradicional llamada al voleo, que consiste en arrojar de forma manual la urea encima del cultivo, con el objetivo que esta se disuelva en la lámina de agua. Aquí es cuando se crea la ineficiencia ya que el nitrógeno amoniacal disuelto en el agua queda expuesto a la volatilización en forma de gas a la atmosfera, siendo este el principal proceso de pérdida de nitrógeno.

Debido a la problemática antes mencionada se propone una alternativa de solución a la ineficiencia de asimilación de nitrógeno por medio de la aplicación profunda de briquetas de urea (APBU), que consiste en compactar la urea por medio de una maquina con discos dentados, cambiando su forma física de granular a un pelete o briketa de mayor tamaño, esto permite aplicar la briketa una sola vez en el ciclo del cultivo, en medio de cuatro plantas por debajo de la lámina de agua en el medio fangoso, permitiendo que el nitrógeno quede atrapado en las arcillas del suelo libre de perdidas por escorrentías y volatilización hacia la atmosfera.



Figuras 1. Tec. APBU



Tec. Urea al voleo

## 2. Metodología

El ensayo se realizó en el Campo Experimental de Enseñanzas Agropecuarias (CENAE) de la Carrera de Ingeniería Agrícola y Biológica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (IAB – ESPOL), ubicado en el Campus Gustavo Galindo con posición geográfica -2° 8' 17.35" S, -79° 57' 41.19" W.

## 2.1. Diseño experimental

La experimentación consistió en cuatro tratamientos de fertilización con urea, de los cuales tres fueron con briquetas de urea de diferentes tamaños y uno que representaba el sistema tradicional de fertilización al voleo más un testigo absoluto como se detalla en la tabla siguiente. Cada tratamiento constaba con tres repeticiones.

Tabla 1: Representación de cada tratamiento

Tratamientos	Peso de Briketa	Kg de N/ha	Kg de Urea/ha
T 1	-	0	0,00
T 2	Urea al voleo	120	260,87
T 3	3,6 g	80,2	174,35
T 4	2,8 g	64,2	139,57
T 5	2,1 g	48	104,35

La experimentación se la realizó en un área de 1,500 m<sup>2</sup>, cada unidad experimental fue de 100 m<sup>2</sup>, como se detalla en el gráfico siguiente.

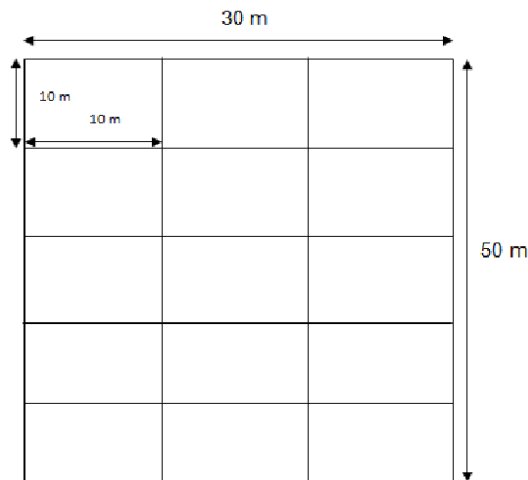


Gráfico 2. Representación del área experimental

## 2.2. Materiales y herramientas

- Semilla (INIAP 14).
- Insecticidas.
- Herbicidas.
- Bomba de 20 litros.
- Piola
- Cinta métrica
- Palas
- Fundas de Papel
- Balanza
- Estacas de Caña

## 2.3. Fase de Campo

Corresponde a todas las actividades que involucra el manejo del cultivo (desde la preparación del terreno hasta la cosecha) y toma de datos de las variables.

## 2.4. Fase de Laboratorio

Consiste en todas las actividades que involucran manipulación y tabulación de la información y análisis estadísticos y económicos de las variables.

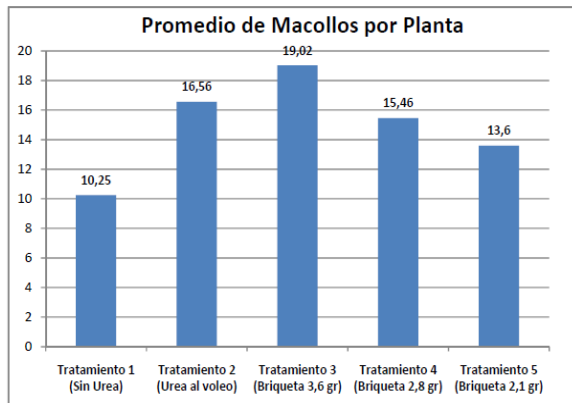
## 3. Análisis de resultados.

Se evaluaron las dos variables principales para arroz, número de macollos por planta por tratamiento y producción de arroz en cascara por tratamiento y además un análisis económico de cada tratamiento.

Los datos de cada variable se tabularon y analizaron por medio del software Microsoft Office Excel y SPSS, haciendo análisis de ANOVA, test de homogeneidad de varianzas y prueba de Tukey ó Tamhane con un 95% de confianza.

### 3.1. Numero de Macollos por planta

Todos los análisis estadísticos demostraron que el tratamiento 3 (briqueta de 3.6 g) fue el mejor, cada uno de los análisis se detallan a continuación.



**Gráfico 3. Gráfico de barras del promedio de macollo de cada tratamiento.**

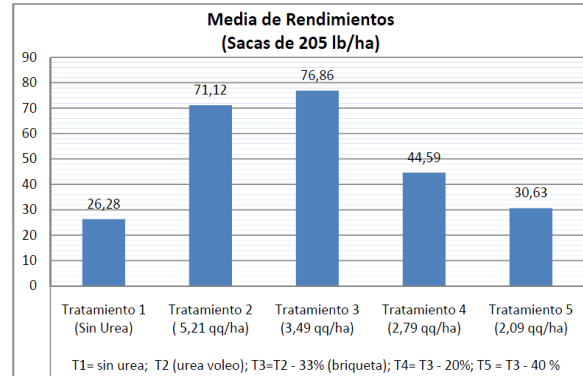
El análisis de múltiple comparación demostró que el tratamiento 3 (Briqueta de 3.6 g) fue el mejor, como se detalla en la tabla siguiente.

**Tabla 2. Análisis de múltiple comparación de variable número de macollos por planta**

5 Tratamientos	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
Tukey HSD <sup>a,b</sup> Tratamiento 1	33	11,76			
Tratamiento 5	46	13,85	13,85		
Tratamiento 4	46		15,78	15,78	
Tratamiento 2	47			16,74	
Tratamiento 3	45				19,73
Sig.		,066	,107	,742	1,000

### 3.2. Producción de arroz en cascara.

El análisis descriptivo demostró que el tratamiento 3 (Briqueta de 3.6 g) fue el mejor con una producción de 76.86 sacas de 205lb/ha, como se ilustra en el diagrama de barras que esta a continuación.



**Gráfico 4. Gráfico de barras del promedio de rendimiento por hectárea.**

El análisis de múltiple comparación Tukey se realizó con una confianza de 95 %, el cual demostró que el tratamiento 2 (Urea al voleo) y el tratamiento 3 (briqueta de 3.6g) son los mejores y estadísticamente iguales, la tabla siguiente muestra el resumen del análisis

**Tabla 2. Análisis de múltiple comparación de variable rendimiento.**

5 Tratamientos con 3 Repeticiones	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a</sup> Tratamiento 1	3	26,2767		
Tratamiento 5	3	30,6333		
Tratamiento 4	3		44,5900	
Tratamiento 2	3			71,1200
Tratamiento 3	3			76,8633
Sig.		,355	1,000	,151

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

### 3.3. Análisis Económico.

El análisis estadístico demostró que no existe diferencia estadística entre el Tratamiento 2 (Urea al voleo) y el Tratamiento 3 (Briqueta de 3.6 g), pero el análisis económico demostró que sí existe una diferencia económica significativa entre las dos tecnologías, ya que el tratamiento 3 generó 401.65 USD más que el tratamiento 2, como se muestra en resumen en el cuadro siguiente.

**Tabla 3. Análisis económico por hectárea de cada tratamiento**

INGRESOS NETOS			
Tratamientos	Ingresos	Costos Totales	Ingresos Netos
T1	\$ 883,01	\$ 811,10	\$ 71,91
T2	\$ 2.588,77	\$ 1.170,76	\$ 1.418,01
T3	\$ 3.012,91	\$ 1.193,25	\$ 1.819,66
T4	\$ 1.747,93	\$ 1.014,40	\$ 733,53
T5	\$ 1.200,70	\$ 927,10	\$ 273,60

## 4. Conclusiones y Recomendaciones.

### 4.1. Conclusiones.

- 1) La briqueta de urea por ser aplicada en el medio fangoso aproximadamente a 7 cm de profundidad, no estuvo expuesta a pérdidas por volatilización a la atmósfera ni escorrentías, esto fue la clave para que el tratamiento 3 (Briqueta de 3.6 g) sea el mejor en cuanto a número de macollos y rendimiento.
- 2) El tratamiento 2 (Urea al voleo) y el tratamiento 3 (Briqueta de 3.6 g) tuvieron un rendimiento de 71.12 sacas y 76.86 sacas respectivamente, con este resultado se puede concluir que la tecnología de fertilización al voleo tiene una gran ineficiencia, ya que a pesar que el tratamiento 2 (Urea al voleo) tuvo 86 Kg más urea que el tratamiento 3 (Briquetas de Urea), su rendimiento fue menor.
- 3) El tratamiento 2 (Urea al voleo) y el tratamiento 3 (Briqueta de 3.6 g) tuvieron un rendimiento de 71.12 sacas y 76.86 sacas respectivamente, con este resultado se puede concluir que la tecnología de fertilización al voleo tiene una gran ineficiencia, ya que a pesar que el tratamiento 2 (Urea al voleo) tuvo 86 Kg más urea que el tratamiento 3 (Briquetas de Urea), su rendimiento fue menor.
- 4) El análisis estadístico por medio de la prueba de Tukey al 95 % de confianza determinó, que el tratamiento 2 (Urea al Voleo) y el tratamiento 3 (Briqueta de 3.6 g) son estadísticamente iguales, pero con el análisis económico se pudo determinar que al usar la tecnología APBU se va a tener un incremento de ingresos de 401.05 USD por hectárea, lo cual representa un incremento significativo para los agricultores arroceros del Ecuador.
- 5) Para los pequeños agricultores que tienen igual o menos de una hectárea, la tecnología APBU es más factible, ya que por lo general ellos junto con su familia hacen las labores en el cultivo (agricultura familiar), por lo tanto el costo por aplicar las

briquetas de urea no va a representar una salida de dinero.

### 4.2. Recomendaciones

- 1) Considerar que la aplicación de las briquetas toma más tiempo que la aplicación al voleo, por lo cual se tiene que hacer un buen programa de fertilización, ya que si no se cuenta con suficiente mano de obra, se podría extender la fecha de fertilización ocasionando clorosis en el cultivo por falta nitrógeno.
- 2) Un día antes de la aplicación de las briquetas de urea se debe capacitar a los agricultores acerca de la metodología de aplicación, ya que esta tecnología es nueva y puede ser mal aplicada.
- 3) En base al buen resultado que se obtuvo con la tecnología APBU se debe hacer experimentaciones con briquetas que tengan el resto de elementos esenciales para el cultivo de arroz, es decir elaborar una briqueta completa con nitrógeno, fósforo y potasio más microelementos.

## 5. Agradecimientos.

Al Dr. Paúl Herrera, al Centro de Investigaciones Rurales (CIR-ESPOL), al personal del Campo Experimental de Enseñanzas Agropecuarias (CENAE).

## 6. Referencias

- 1) Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería (SICA).
- 2) Arregocés Oscar, Morfología de la planta de arroz, centro Internacional de agricultura tropical, Cali, Colombia.
- 3) Angladette A, Botánica y Sistemática del Arroz, ES. Editorial Blume, Barcelona, 1969.
- 4) Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Boliche. Manual No. 66. Manual del cultivo de arroz. Guayas - Ecuador 2007.
- 5) Herrera, G. 1998. Manejo de Riego. In Manejo integrado del cultivo de arroz en el Ecuador. INIAP, FENAROOZ, GTZ. Guayaquil, Ecuador 1998.
- 6) Alcivar, S. 1997. La Fertilización del cultivo de arroz en el Ecuador. In Manejo Integrado del cultivo del arroz en los sistemas de riego y secano.
- 7) Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Informaciones Anuales del Departamento de Malezas 1981-2005. Yaguachi -

- Ecuador. Estación Experimental Boliche, Departamento de Protección Vegetal.
- 8) Arias de López M. Manejo Integrado de Insectos Plagas del Arroz. Manejo Integrado del Cultivo del Cultivo de Arroz en los Sistemas de de Riego y Secano.
  - 9) FEDEARROZ (Federación Nacional de Arroceros, CO). 1985. Manejo y Control de Enfermedades. Bogotá, Colombia, Federación Nacional de Arroceros. p. 163-166.
  - 10) Escuela de Agricultura de la Universidad de Filipinas, IRRI. 1975. El cultivo del arroz: Manual de Producción. Editorial Limusa. P. 275-276.
  - 11) Banco Central del Ecuador, Sistema de Información Agropecuaria (SIA) - Ministerio de Agricultura y Ganadería disponible en : [http://www.sica.gov.ec/comext/docs/import/mpro\\_actual.htm](http://www.sica.gov.ec/comext/docs/import/mpro_actual.htm)
  - 12) LEGG, J.O. and JJ. MEISINGER. Soil nitrogen budgets. In: Nitrogen in agricultural soils. FJ. Stevenson Ed. Agronomy 22. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy. 1982.
  - 13) VLEK, P.L.G. and B.H. BYRNES. The efficacy and loss of fertilizer N in lowland rice. Fert. Res. 9: 131-147. 1986.
  - 14) International Plant Nutrition Institute, Manejo del nitrógeno en arroz, Achin Dobermann y Thomas Fairhurst. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/\\$webindex/0C9D2A7BC4A5424785256E1B0014553E](http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/$webindex/0C9D2A7BC4A5424785256E1B0014553E)