

# **Estudio comparativo de dos métodos de fertilización del cultivo de arroz; usando briquetas de urea con diferentes concentraciones de zeolita y el sistema tradicional de fertilización en la zona Febres Cordero - Provincia de los Ríos**

Cárdenas Darío; Touma Mario; Ing. Manuel Donoso  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN  
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
Campus Gustavo Galindo Km 30,5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador  
[daracard@espol.edu.ec](mailto:daracard@espol.edu.ec)  
[maratoum@espol.edu.ec](mailto:maratoum@espol.edu.ec)  
[mdonosos@espol.edu.ec](mailto:mdonosos@espol.edu.ec)

## **Resumen**

*El arroz como el alimento base de la nutrición de los Ecuatorianos debe ser cultivado con el uso de nutrientes esenciales, entre ellos la urea como fuente de Nitrógeno, para su mejor crecimiento y desarrollo. Por este motivo, una investigación para evaluar una moderna técnica de fertilización y determinar su grado de mejoramiento es la aplicación de fertilizantes nitrogenados de efecto retardado como son las briquetas de urea en combinación con zeolita, lo cual permite que el fertilizante sea suministrado a la planta a lo largo de todo su proceso formativo. Se estudian dos métodos de siembra (transplante y voleo) con tres tipos de briquetas y tres tiempos de fertilización para determinar rendimientos de campo y de pilado que se obtienen de cada uno de los tratamientos, usando como herramienta de análisis la estadística y determinando los mejores resultados que se produzcan de estos procedimientos en campo.*

**Palabras claves:** *briquetas, urea, nitrógeno, zeolita, transplante, voleo*

## **Abstract**

*The rice as the food bases of the nutrition of the Ecuadorians must be cultivated with the use of essential nutrients, among them the urea like Nitrogen source, for its better growth and development. For this reason, an investigation to evaluate a modern technique of fertilization and to determine its degree of improvement is the application of nitrogen fertilizers of after-effect as they are the briquets of urea in combination with zeolite, which allows that the fertilizer is provided to the plant throughout all their formative process. Three types of briquets and three times of fertilization study two methods of sowing (transplant and voleo) with to determine field yields and of pounded that is obtained from each one of the treatments, using like analysis tool the statistic and determining the best results than they take place of these procedures in field.*

**Keywords:** *briquets, urea, nitrogen, zeolite, transplant, voleo*

## 1. Introducción

Siendo el arroz el principal cereal consumido en el Ecuador y de igual manera en otros países en el mundo, su cultivo, producción y cosecha son de suma importancia para la economía y alimentación de muchos países; y lo seguirá siendo por muchos años más debido a que el arroz es la base de la alimentación diaria de los ecuatorianos y que se complementa con otros alimentos para una correcta nutrición.

En el presente proyecto se investiga el cultivo, la producción y cosecha del arroz aplicando un nutriente básico para el adecuado desarrollo de la gramínea como es la urea que ha sido reconocido ser uno de los más importantes para mejorar el rendimiento de producción. Además, de acuerdo al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en nuestro país, los suelos donde se cultiva arroz son deficitarios del nutriente Nitrógeno.

La forma de aplicación del nutriente en los arrozales va a ser de dos formas: método de voleo y método de trasplante para hacer una comparación de ambos métodos. La urea se introduce en el cultivo en forma de briquetas elaboradas en mezcla zeolita, material inerte, que ayudará a dosificar el químico de manera lenta pero segura para que la planta absorba de mejor forma el nutriente.

Las briquetas de urea se producen en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción de la ESPOL en tres niveles de concentración de Zeolita (5, 15 y 25%); es decir con concentraciones de urea del 95, 85 y 75%, lo cual va a ser evaluado para determinar la concentración más idónea para que la planta utilice el nutriente.

Adicionalmente, se realizan pruebas con aplicaciones en diferentes lapsos de tiempo: al inicio (0 días), 20 días y 30 días; así como cinco repeticiones por cada test aplicado.

A los resultados experimentales se les aplicará estadística con análisis de varianza y la prueba de Tukey al 95% de confianza para, con esto, proceder a la evaluación de los mismos, lo cual nos lleva a las conclusiones finales y, por último, recomendar lo que se estime pertinente luego de las pruebas realizadas.

La mayor área sembrada de arroz en el país está en la zona costera, aunque también se siembra en las estribaciones andinas y en la Amazonía pero en cantidades poco significantes.

Dos provincias, Guayas y Los Ríos, representan el 83% de la superficie sembrada de arroz en el Ecuador. Otras provincias que cultivan arroz son: Manabí (11%), Esmeraldas (1%), Loja (1%), Bolívar (1%); siendo el restante 3% distribuido en las otras provincias.

En términos de producción, Guayas tiene el 47% y Los Ríos el 40%. La provincia de Manabí posee el 8% y las restantes provincias productoras representan producciones menores y, por tanto, su rendimiento es también más bajo que las principales zonas productoras.

La concentración de N en las plantas de arroz declina a medida que el cultivo avanza en su ciclo. El arroz acumula N en los estadios tempranos y prácticamente no absorbe N durante el llenado de granos. Es frecuente que la cantidad de N absorbida en floración sea superior a la contenida en madurez, indicando una pérdida por volatilización foliar.

En el Ecuador, los suelos donde se cultiva arroz son deficientes en nitrógeno, de acuerdo al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

El esparcimiento a voleo del fertilizante (es decir aplicándolo a la superficie de un campo) es usado principalmente en cultivos densos no sembrados en filas o en filas densas (pequeños granos) y en prados.

La forma tradicional de fertilizar el arroz es mediante la incorporación de urea al sembrío con la técnica del "Voleo" la cual si bien cumple con su finalidad podrían obtenerse mejores resultados, porque existe pérdida de Nitrógeno (N) por volatilización, lixiviación y escorrentías, lo que determina la necesidad de nuevas formas de aplicación y presentación.

Como respuesta a la necesidad de un uso más eficiente de la urea, se ha desarrollado las llamadas Briquetas de Urea. Los fertilizantes de liberación controlada o lenta contienen el nutriente (generalmente nitrógeno) en una forma que – después de la aplicación- demora significativamente más tiempo su disponibilidad para la absorción de la planta que un fertilizante

común. Una de sus ventajas es el ahorro de mano de obra, ya que en lugar de varias aplicaciones repartidas se necesita sólo de una para el período completo de crecimiento.

## 2. Materiales y Métodos.

### 2.1. Ubicación del ensayo.

Las pruebas experimentales empleando las briquetas de urea-zeolita se realizaron en la hacienda *Lorenita* ubicada Kilómetro 3 de la vía Chilitomo-Febres Cordero, Ciudad de Babahoyo, Provincia de Los ríos, cuyos propietarios dieron todas las facilidades para llevar a cabo dichos tratamientos, colaborando además con el personal y recursos varios para todo el proceso de cultivo. Geográficamente el sitio de pruebas tiene las siguientes coordenadas: Latitud S 1° 53.3118' Longitud 79° 29.3404', lo cual fue determinado con la ayuda de un GPS (Global Positioning System) de procedencia Estadounidense. La altura del sitio sobre el nivel mar es de 4 metros.

### 2.2. Materiales y herramientas

Se elaboran las denominadas briquetas de urea en una máquina especializada con tres diferentes mezclas:

BRIQUETA # 1: 5% ZEOLITA + 95% UREA  
BRIQUETA # 2: 15% ZEOLITA + 85% UREA  
BRIQUETA # 3: 25% ZEOLITA + 75% UREA

La aplicación del fertilizante se realiza en tres diferentes lapsos de tiempo: Inicio (0 días), a los 20 días y a los 30 días.

#### Para trabajos de campo:

- 3 Sacos de semilla de arroz INIAP 14
- 3 Sacos de urea (50 kilos c/u)
- 1 Saco de Zeolita (50 kilos)
- Bomba con capacidad para 20 litros
- Piola
- Pala
- Estacas de caña
- Cinta métrica
- Sobres de papel
- Balanza (romana con capacidad de 500 kilos)
- Sacos de 25 libras (para almacenamiento de arroz cosechado)
- Herbicidas (clincher, cheker, regulador de pH, complejo para herbicidas, 4 -2 amida).
- Complejo de Zinc y Fósforo
- Estimulantes foliares

- Lannate 90 (insecticida)
- Bioplasma Fertilizante bioactivador (macroelementos)

La urea contiene 46% de Nitrógeno y fue adquirido en la empresa AGRIPAC; mientras que la zeolita fue adquirida en la empresa ZEOAGRI con base en la vía a la Costa.

## 3. Análisis de Datos.

Los datos que se obtuvieron de los tratamientos corresponden a las siguientes variables:

1. Ciclo vegetativo
2. Altura de planta
3. Número de macollos por metro cuadrado
4. Número de panículas por metro cuadrado
5. Días de floración
6. Longitud de panículas
7. Granos por panícula
8. Porcentaje de granos fértiles/ panícula
9. Porcentaje de granos vanos/ panícula
10. Peso de 1.000 semillas
11. Longitud del grano
12. Rendimiento
13. Porcentaje de arroz entero

El mayor rendimiento de campo se obtuvo en el tratamiento # 1 para el caso de transplante (695,5 g/m<sup>2</sup>) y en el tratamiento # 14 para el caso del voleo (649,8). Notando una diferencia de 45,7 gramos/m<sup>2</sup> a favor del transplante que produce mejor rendimiento de campo.

Sin embargo, hay tratamientos que producen rendimientos de campos mucho menores como el caso del tratamiento # 8 por transplante con 512,7 g/m<sup>2</sup> y el tratamiento # 13 que rinde apenas 482,8 g/m<sup>2</sup>, siendo el rendimiento más bajo de todos incluso que los dos testigos que dieron producciones de 518,5 g/m<sup>2</sup> (zona) y 614,5 g/m<sup>2</sup> (absoluto).

El tratamiento # 2 que usa 15% de zeolita y 85% de urea por el método del transplante es el que produce el mayor rendimiento (70,2%) de arroz blanco con un índice de pilado (IP) de 65,6 (arroz entero, libre de quebrados); sin embargo en este método el IP mayor se produce en el tratamiento # 3 con menor proporción de urea (75%) y mayor de zeolita (25%) en el mismo tiempo de aplicación.

Para lo acontecido en el método al voleo, el tratamiento como mayor rendimiento de arroz blanco y, al mismo tiempo, de mayor IP es el No.

11 con 67,3% que, sin embargo es menor al mismo parámetro resultante en el transplante (70,2%). El IP del voleo (62,3) es también menor al IP mayor del transplante (66,1) con 3,8 puntos de diferencia que en porcentaje representa una diferencia entre ambos de alrededor del 6%.

#### RENDIMIENTOS E ÍNDICE DE PILADO

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO DE ARROZ BLANCO (%)	ÍNDICE DE PILADO
1:Transplante - 5% Zeolita - 0 Días	69,9	65,6
2:Transplante - 15% Zeolita - 0 Días	70,2	65,6
3:Transplante - 25% Zeolita - 0 Días	70,0	66,1
4:Transplante - 5% Zeolita - 20 Días	69,2	65,4
5:Transplante - 15% Zeolita - 20 Días	68,3	64,5
6:Transplante - 25% Zeolita - 20 Días	69,0	64,9
7:Transplante - 5% Zeolita - 30 Días	69,2	65,6
8:Transplante - 15% Zeolita - 30 Días	68,7	64,7
9:Transplante - 25% Zeolita - 30 Días	69,2	65,6
10: Testigo de Zona	66,2	62,1
11: Al Voleo - 5% Zeolita - 0 Días	67,3	62,3
12: Al Voleo - 15% Zeolita - 0 Días	66,2	61,0
13: Al Voleo - 25% Zeolita - 0 Días	65,5	60,4
14: Al Voleo - 5% Zeolita - 20 Días	61,8	55,4
15: Al Voleo - 15% Zeolita - 20 Días	64,7	58,8
16: Al Voleo - 25% Zeolita - 20 Días	66,0	60,7
17: Al Voleo - 5% Zeolita - 30 Días	63,7	57,2
18: Al Voleo - 15% Zeolita - 30 Días	65,4	59,0
19: Al Voleo - 25% Zeolita - 30 Días	64,8	58,8
20: Testigo Absoluto	62,2	55,7

Para el caso de los testigos, el rendimiento de arroz blanco fue menor a los mejores resultados producidos en los tratamientos con zeolita-urea; así tenemos que, el rendimiento del testigo de zona fue de 66,2% y el absoluto de 62,2%.

El IP en ambos casos fue menor también, aunque el IP del testigo de zona (62,1) es 0,2 puntos menos que el mejor IP del método al voleo. El IP del testigo absoluto es menor con más de 10 puntos que el mejor IP del método de transplante.

#### % DE GRANOS FÉRTILES - VANOS

TRATAMIENTO	GRANOS FÉRTILES (%)	GRANOS VANOS (%)
1:Transplante - 5% Zeolita - 0 Días	89,5	10,5
2:Transplante - 15% Zeolita - 0 Días	85,3	14,7
3:Transplante - 25% Zeolita - 0 Días	86,6	13,4
4:Transplante - 5% Zeolita - 20 Días	87,2	12,8
5:Transplante - 15% Zeolita - 20 Días	88,2	11,8
6:Transplante - 25% Zeolita - 20 Días	87,5	12,5
7:Transplante - 5% Zeolita - 30 Días	88,0	12,0
8:Transplante - 15% Zeolita - 30 Días	85,3	14,7
9:Transplante - 25% Zeolita - 30 Días	84,9	15,1
10: Testigo de Zona	83,7	16,3
11: Al Voleo - 5% Zeolita - 0 Días	75,7	24,3
12: Al Voleo - 15% Zeolita - 0 Días	78,5	21,5
13: Al Voleo - 25% Zeolita - 0 Días	80,3	19,7
14: Al Voleo - 5% Zeolita - 20 Días	74,3	25,7
15: Al Voleo - 15% Zeolita - 20 Días	75,3	24,7
16: Al Voleo - 25% Zeolita - 20 Días	84,7	15,3
17: Al Voleo - 5% Zeolita - 30 Días	86,0	14,0
18: Al Voleo - 15% Zeolita - 30 Días	75,5	24,5
19: Al Voleo - 25% Zeolita - 30 Días	81,0	19,0
20: Testigo Absoluto	78,2	21,8

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante la tabulación de cada variable en el software SPSS, con los análisis descriptivos de cada una de las variables, estadísticos de ANOVA, prueba de homogeneidad de varianzas, y se utilizó la prueba de Tukey al 5% de confianza, en el caso de varianzas homogéneas; y

la prueba de Tamhane al 5 % de confianza en el caso de no homogéneas.

Las pruebas estadísticas se realizaron con el fin de aceptar o rechazar la hipótesis nula.

Hipótesis Nula (Ho):  $T1=T2=T3=T4=T5\dots = T20$   
 Hipótesis Alternativa (Ha):  $T1 \neq T2 \neq T3\dots \neq T20$

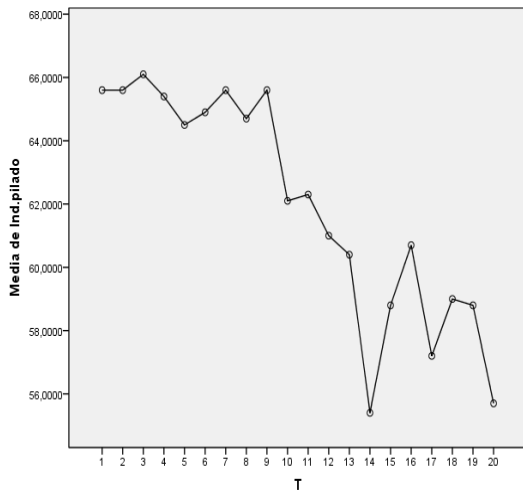
**Índice de Pilado.**

En el ANOVA se obtiene un nivel de significancia  $p = 0,000 < \alpha = 0,05$ ; se RECHAZA la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales, es decir se ACEPTA la hipótesis alternativa de que los tratamientos son diferentes o hay algunos diferentes.

Se realiza el test de homogeneidad de varianzas en el que el valor de significancia fue 0,000 por lo que se rechaza la hipótesis nula de que las varianzas son homogéneas.

Se realiza la prueba de comparaciones múltiples de Tamhane, demostrándonos que si existen diferencias entre las varianzas de cada tratamiento, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

Podemos notar que existen diferencias bien marcadas entre todos los tratamientos a excepción de los tratamientos T1, T2, T7 y T9 que están en un mismo subconjunto de homogeneidad. Observando las medias los mejores índices son los de transplante que son todos relativamente altos comparados con los de voleo, con cualquier concentración de zeolita.



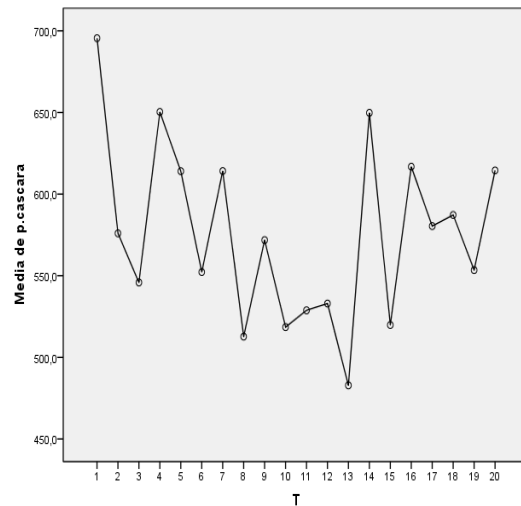
**Rendimiento de Campo.**

En el ANOVA se obtiene un nivel de significancia  $p = 0,631 > \alpha = 0,05$ ; se ACEPTA la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales, es decir se RECHAZA la hipótesis alternativa de que los tratamientos son diferentes o hay algunos diferentes.

Se realiza el test de homogeneidad de varianzas en el que el valor de significancia fue 0,005 por lo que se RECHAZA la hipótesis nula de que las varianzas son homogéneas.

Se realiza la prueba de comparaciones múltiples de Tamhane, demostrándonos que si existen diferencias entre las varianzas de cada tratamiento, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

Podemos notar que los tratamientos T1, T4, y T14 son los más altos en esta variable y el que presenta mayor diferencia respecto a los demás es el tratamiento 13, este tratamiento va de la mano con el índice de pilado por lo que en las conclusiones nos referiremos a esto.



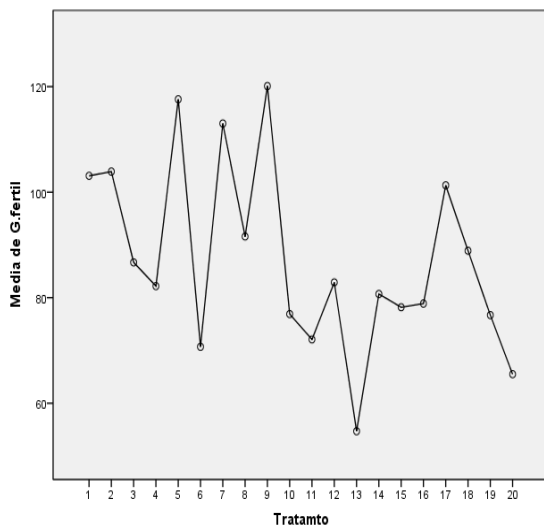
**Grano Fértil.**

En el ANOVA se obtiene un nivel de significancia  $p = 0,000 < \alpha = 0,05$ ; se RECHAZA la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales, es decir se ACEPTA la hipótesis alternativa de que los tratamientos son diferentes o hay algunos diferentes.

Se realiza el test de homogeneidad de varianzas en el que el valor de significancia fue 0,03, por lo que se rechaza la hipótesis nula de que las varianzas son homogéneas.

Se realiza la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, demostrándonos que si existen diferencias entre las varianzas de cada tratamiento, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

Podemos notar que existen diferencias entre los tratamientos T1 y T13 y que el tratamiento T5 se diferencia de muchos tratamientos como el T6, T10, T11, T13, T14, T15, T16, T19 Y T20 y podemos observar que en el gráfico de medias el T5 y el T9 tienen las medias más elevadas, lo que indica que en el método de transplante con 20 y 30 días y con un 15 o 25% de zeolita tienen los mejores resultados a nivel de granos fértiles.



#### 4. Conclusiones y Recomendaciones.

##### Conclusiones.

De acuerdo a las pruebas experimentales llevadas a cabo y al análisis estadístico realizado, podemos concluir lo siguiente:

1. La inclusión de Zeolita si ayuda a retardar la liberación del fertilizante Urea para que la planta de arroz reciba nitrógeno a lo largo de todo su proceso formativo.

2. El método de fertilización que mejor se adapta a los tratamientos con briquetas de urea-zeolita es el de TRANSPLANTE; sin embargo, los resultados al voleo son datos interesantes para la comparación final.
3. Las briquetas elaboradas tuvieron el tamaño y peso adecuado para que su efecto sea beneficioso al proceso de fertilización.
4. Las briquetas de Urea-Zeolita dieron los resultados esperando siendo mejores en muchas de las variables estudiadas a los dos testigos usados como referencias.
5. Los tratamientos que mejor resultados en la variables Índice de Pilado fueron: T3 (0 días y 25% zeolita), T7 (30 días – 5% zeolita) y T9 (30 días – 25% zeolita).
6. Para el caso del Grano Fértil, los mejores tratamientos fueron: T5 (20 días y 15% zeolita).
7. Para el rendimiento de campo, se produjeron resultados satisfactorios en los tratamientos T1 (0 días – 5% zeolita), T4 (20 días – 5% zeolita) y T14 (20 días y 5% zeolita).
8. El mayor valor de Índice de Pilado en las pruebas desarrolladas en campo, se produjo en el tratamiento # 3 con una briketa de 75% de urea y 25% de zeolita.
9. Los rendimientos de arroz blanco y de índice de pilado en el método al voleo dieron resultados considerados buenos aunque en menor proporción que los originados con el método de transplante.
10. Los testigos, de zona y absoluto, rindieron resultados muy similares a los de las pruebas al voleo.

## Recomendaciones.

Por lo realizado en campo con la aplicación de las briquetas de urea-zeolita, podemos recomendar lo mencionado a continuación:

1. Utilizar esta técnica de fertilización (briquetas mixtas) que produce resultados mejores que los dados por los métodos tradicionales.
2. Las entidades oficiales pueden proveer a los agricultores del arroz de las briquetas ya elaboradas, de la misma forma que proporcionan la urea ensacada.
3. Investigar la aplicación de la zeolita en forma de briquetas con otros fertilizantes para determinar su funcionabilidad con los mismos.
4. Incentivar a los arroceros a la aplicación de briquetas urea-zeolita por el método del trasplante con la finalidad de mejorar sus rendimientos de cosecha de la gramínea.

## Referencias.

- [1] Fao, Dpto. de Agricultura, Problemas y limitaciones de la producción de arroz. 2006. [www.fao.org](http://www.fao.org)
- [2] Bowen, Walter., Evaluación de los supergranúlos (briquetas) en la producción de arroz. International Programs – University of Florida. 2008.
- [3] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia., Guía Técnica sobre el sistema de trasplante en el cultivo de arroz. 2006.
- [4] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Argentina. Siembra. Hoja divulgativa No. 23.
- [5] Magap, Ecuador. Panorama Nacional e Internacional del cultivo de arroz. 2011. [www.magap.gob.ec](http://www.magap.gob.ec)
- [6] Magap, Sisagro, III Censo Nacional agropecuario, Ecuador. Arroz: Superficie, Producción, y rendimiento a nivel nacional, años 2000 a 2011.
- [7] Leiva, Jorge, México. Zeolita natural como mejoramiento de suelos y optimización de fertilizantes, 2010.