

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.

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, que consiste en compactar la urea cambiando su forma física de granular a un pelete o briquea de mayor tamaño, esto permite aplicarla en medio de cuatro plantas por debajo de la lámina de agua en el medio fangoso, quedando el nitrógeno atrapado en las arcillas del suelo libre de pérdidas por escorrentías y volatilización hacia la atmosfera.

El objetivo del estudio es demostrar que por medio de la aplicación profunda de briquetas de urea, las plantas de arroz van a tener una mejor disponibilidad del nitrógeno; disminuyendo las pérdidas de nitrógeno, incrementando los rendimientos y con la posibilidad de bajar los costos de producción. Para lo cual se realizó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con 5 tratamientos y 3 repeticiones siendo el factor la fertilización de urea en diferentes niveles hecho briquetas más un testigo positivo con urea al voleo y un testigo absoluto sin fertilización.

CAPÍTULO 1

1. EL ARROZ

El arroz a nivel mundial es la gramínea que la consumen más de la mitad de la población y es el segundo cultivo más sembrado después del trigo. En el Ecuador es el cultivo con mayor área sembrada con 324, 875 ha y el alimento básico de los ecuatorianos, siendo este el cultivo que proporciona la mayor cantidad de calorías en comparación con los demás cereales. (1)

1.1. Taxonomía.

La taxonomía se la describe en la tabla siguiente

Tabla 1.1. Descripción taxonómica de la planta de arroz.

| | |
|-------------------|---------------------|
| Reino | Plantae |
| División | Anthophyta |
| Clase | Monocotyledoneae |
| Orden | Cyperales |
| Familia | Poaceae |
| Genero | Oryza |
| Especie | Sativa |
| Nombre científico | <i>Oryza Sativa</i> |
| Nombre Vulgar | Arroz |

- Fuente: INIAP, Manual del Cultivo del Arroz, Guayas-Ecuador 2007

1.2. Morfología de la planta de arroz.

El arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es una panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4m (enanas) hasta más de 7.0m (flotantes).

Para efectos de esta descripción los órganos de la planta de arroz se han clasificado en dos grupos: órganos vegetativos y órganos reproductivos. (2)

1.2.1. Órganos Vegetativos.

1.2.1.1. Raíz.

Durante su desarrollo la planta de arroz tiene dos clases de raíces, las seminales o temporales y las secundarias, adventicias o permanentes.

Las raíces seminales, poco ramificadas, sobreviven corto tiempo después de la germinación, siendo luego reemplazadas por las raíces adventicias o secundarias, las cuales brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes. En los primeros estados de crecimiento las raíces

son blancas, poco ramificadas y relativamente gruesas; a medida que la planta crece, se alargan, se adelgazan y se vuelven flácidas, ramificándose abundantemente.

Las raíces son protegidas en la punta por una masa de células de forma semejante a la de un dedal, que facilita su penetración en el suelo. Las raíces adventicias maduras son fibrosas, con raíces secundarias y pelos radicales, y con frecuencia forman verticilos a partir de los nudos, que están sobre la superficie del suelo.

1.2.1.2.Tallo

El tallo está formado por la alternación de nudos y entrenudos. En el nudo o región nodal se forma una hoja y una yema, esta última puede desarrollarse y formar una macolla. La yema se encuentra entre el nudo y la base de la vaina de la hoja.

El septo es la parte interna del nudo que separa los dos entrenudos adyacentes. El entrenudo maduro es hueco, finamente estriado. Su superficie exterior carece de vello, y

su brillo y color dependen de la variedad. La longitud del entrenudo varía siendo mayor la de los entrenudos de la parte más alta del tallo. Los entrenudos, en la base del tallo, son cortos y se van endureciendo, hasta formar una sección sólida.

La altura de la planta de arroz es una función de la longitud y número de los entrenudos, tanto la longitud como el número de los entrenudos, son caracteres varietales definidos, el medio ambiente, puede variarlos pero en condiciones semejantes tienen valores constantes.

Un tallo con sus hojas forma un macollo. Estas se desarrollan en orden alterno en el tallo principal. Las macollas primarias se desarrollan de los nudos más bajos, y a la vez producen macollas secundarias; y éstas últimas producen macollas terciarias. El conjunto de macollas y el tallo principal forman la planta.

1.2.1.3. Hoja

Las hojas de la planta de arroz se encuentran distribuidas en forma alterna a lo largo del tallo. La primera hoja que aparece en la base del tallo principal o de las macollas se denomina prófalo, no tiene lámina y está constituido por dos brácteas aquilladas. Los bordes del prófalo aseguran por el dorso las macollas jóvenes a la original.

En cada nudo se desarrolla una hoja, la superior debajo de la panícula es la hoja bandera, en una hoja completa se distinguen las siguientes partes: la vaina, el cuello y la lámina.

La vaina, cuya base se encuentra en un nudo, envuelve el entrenudo inmediatamente superior y en algunos casos hasta el nudo siguiente. La vaina, dividida desde su base, está finamente surcada y es generalmente glabra. Puede tener pigmentos antocianos en la base o en toda su superficie.

El pulvínulo de la vaina es una protuberancia situada encima del punto de unión de la vaina con el tallo, en algunos casos es confundido con el nudo.

En el cuello se encuentran la lígula y las aurículas. La lígula es una estructura triangular apergaminada o membranosa que aparece en la base del cuello como una prolongación de la vaina.

Las aurículas son dos apéndices que se encuentran en el cuello, tienen forma de hoz, con pequeños dientes en la parte convexa.

La lámina es de tipo lineal, larga y más o menos angosta, según las variedades. La haz o cara superior tiene venas paralelas; la nervadura central es prominente y además presencia de vello en las hojas. La lámina de la hoja bandera tiene un ángulo de inserción determinado, es más corta y ancha que las demás.

1.2.2. Órganos Reproductivos.

1.2.2.1. Espiguillas

Las espiguillas de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula, que están situadas sobre el nudo apical del tallo. La base de la panícula se denomina cuello. Una espiguilla consta de dos lemas estériles, glumas rudimentarias y la florecilla. La florecilla consta de dos brácteas o glumas florales (lema y pálea) con seis estambres y un pistilo. (3)

1.2.2.2. Semillas

El grano de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente; consta de la cáscara, formada por la lema y la pálea; el embrión, situado en el lado ventral cerca de la lema, y el endospermo que provee alimento al embrión durante la germinación. (3)

1.3. Crecimiento y Desarrollo de la planta de arroz.

En base al manual del cultivo del arroz del INIAP, del cual se hizo la referencia bibliográfica; existen diez etapas de crecimiento de la planta

de arroz, que están dadas por los cambios fisiológicos que sufre a lo largo de su vida, las cuales están dentro de las fases vegetativas, reproductivas y de maduración. Como se detalla a continuación. (4)

1.3.1. Etapas de crecimiento y desarrollo en la fase vegetativa.

Etapa 0

Germinación emergencia: Desde la siembra hasta la aparición de la primera hoja a través del coleóptilo, demora de 5 a 10 días.

Etapa 1

Plántula: Desde la emergencia hasta antes de aparecer el primer hijo o macollo, tarda de 15 a 20 días.

Etapa 2

Macollamiento: Desde la aparición del primer hijo o macollo hasta cuando la planta alcanza el número máximo de ellos, o hasta el comienzo de la siguiente etapa. Su duración depende del ciclo de la vida de la variedad. En la variedad INIAP 14 Boliche varía entre 25 y 35 días.

Etapas 3

Elongación del tallo: Desde el momento en que el cuarto entrenudo del tallo principal empieza a destacarse por su longitud, hasta el comienzo de la siguiente etapa, varía de cinco a siete días.

1.3.2. Etapas de crecimiento y desarrollo en la fase reproductiva.

Etapas 4

Iniciación de la panícula o primordio: Desde cuando se inicia el primordio de la panícula en el punto de crecimiento, hasta cuando la panícula diferenciada es visible como “punto de algodón”. Tiene un lapso de 10 a 11 días.

Etapas 5

Desarrollo de la panícula: Desde cuando la panícula es visible como una estructura algodonosa, hasta cuando la punta de ella está inmediatamente debajo del cuello de la hoja bandera. Esta etapa demora entre 15 y 16 días.

Etapa 6

Floración. Desde la salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera hasta cuando se completa la antesis en toda la panícula. Tiene un lapso de 7 a 10 días.

1.3.3. Etapas de crecimiento y desarrollo en la fase de maduración.**Etapa 7**

Grano lechoso. Desde la fertilización de las flores hasta cuando las espiguillas están llenas de un líquido lechoso. Varía de 7 a 10 días.

Etapa 8

Grano pastoso. Desde cuando el líquido que contiene los granos tiene una consistencia lechosa, hasta cuando es pastosa dura. Su periodo es de 10 a 13 días.

Etapa 9

Grano maduro. Desde cuando los granos contienen una consistencia pastosa, hasta cuando están totalmente maduros. Su tiempo es de 6 a 7 días.

1.4. Labores Culturales.

1.4.1. Preparación de terreno.

El objetivo de la preparación del terreno es optimizar las condiciones para el buen manejo crecimiento y desarrollo del cultivo. Bajo condiciones de terreno seco se usan implementos como arado, romplow y rastra. En condiciones de inundación se realiza el fangueo del suelo, que consiste en batir el suelo con un tractor provisto de gavias de hierro que reemplazan a las llantas convencionales. En el último pase de fangueo se acopla un madero al tractor para nivelar el suelo. (4)

1.4.2. Semillero.

Se realiza en suelos fangueados y nivelados, con una área de 1 m x 10 m. La semilla pregerminada se siembra al voleo con una densidad de 250 g/m². Se debe mantener constante la humedad del suelo del semillero sin permitir que se agriete. (4)

1.4.3. Trasplante.

Los semilleros entre los 21 – 25 días se procede al trasplante, que consiste en arrancar las plantas cuidadosamente del

semillero para sembrarlas en el terreno definitivo, se necesita que el suelo tenga la suficiente lámina de agua para que favorezca la velocidad de trasplante y reduzca el stress de las plantas. (4)

1.4.4. Riego.

El arroz es un cultivo semiacuático, requiere más agua que la mayoría de las gramíneas. El agua es fundamental para los requerimientos fisiológicos de la planta, también influye en la emergencia y establecimiento de arroz, disponibilidad de nutrientes, control de malezas, control de insectos plaga, reducción de la incidencia de enfermedades y reduce la esterilidad provocada por bajas temperaturas en periodos críticos.

En un cultivo normal los requisitos de agua varían con las condiciones climáticas, las condiciones físicas del suelo, manejo del cultivo y periodo vegetativo de las variedades. Los requerimientos de agua del cultivo del arroz se estiman entre 800 a 1,240 mm. (5)

1.5. Fertilización.

1.5.1. Requerimientos nutricionales.

El arroz, como todas las especies vegetativas cultivables, para su crecimiento y nutrición necesita disponer de una cantidad adecuada y sobre todo oportuna de nutrientes, suministrados por el suelo o por una fertilización balanceada.

Cada uno de los nutrientes juega un rol específico en el metabolismo vegetal. Ninguno de ellos puede ser reemplazado por otro, de tal manera que no importa que las plantas dispongan de suficiente cantidad de todos ellos, pues si solo uno está en cantidad o proporción deficiente, es este el que determina el crecimiento y rendimiento del cultivo (Ley del mínimo).

Teniendo en cuenta el periodo vegetativo de la variedad INIAP 14, se recomienda aplicar el nitrógeno al voleo y en varias épocas. En siembra directa se aplica el fertilizante nitrogenado en dos fracciones a los 20 y 40 días de edad del cultivo. En siembra de trasplante a los 10 días después del trasplante y la segunda 20 días después de la primera aplicación.

Los fertilizantes fosfatados y potásicos se incorporan en la capa arable durante la fase de preparación del suelo y antes de la siembra para su mejor aprovechamiento. En suelos deficientes en azufre se debe aplicar al inicio del macollamiento de 20 a 40 Kg de azufre por hectárea, y en los suelos con contenido bajo de zinc de 10 a 20 Kg de sulfato de zinc por hectárea o un litro de un fertilizante foliar que contenga Zn en dos aspersiones entre los cuatro a 60 días de edad del cultivo (6).

Requerimientos de N, P₂O₅ y K₂O con base a los análisis de Suelo

| Interpretación del Análisis de Suelo | Kg/ha | | |
|--------------------------------------|-------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Bajo | 120 | 60 | 60 |
| Medio | 100 | 30 | 30 |
| Alto | 80 | 0 | 0 |

- Fuente: INIAP, Manual del Cultivo del Arroz, Guayas-Ecuador 2007

1.6. Malezas.

Las malezas se encuentran entre las principales plagas que interfieren con el cultivo de arroz, y para su manejo el productor invierte aproximadamente el 28 % del costo total de producción.

El cultivo de arroz tiene un periodo crítico de interferencia comprendido entre los 0 – 40 días de edad en el cual no deben presentarse malezas, ya que pueden provocar pérdidas del 45 al 75 % del rendimiento, tanto en condiciones de siembra bajo riego como en seco.

El complejo de malezas es muy diverso, encontrándose especies monocotiledóneas (poaceas y ciperáceas especialmente) y dicotiledóneas que son propias de sistemas bajo inundación, entre ellas *Cyperus iria* (Cortadera), *Sesbania exaltata* (Tamarindillo), *Leersia hexandra* (Cegua), *Ipomea tiliácea* (Betilla), *Euphorbia heterophylla* (Lechosa), *Rottboellia exaltata* (Caminadora), *Oryza sativa* (Arroz rojo), *Ludwigia* sp. (Clavo de agua). (7)

1.7. Plagas y Enfermedades.

1.7.1. Plagas.

Los daños que causan los insectos plaga en arroz son variables y dependen del estado de desarrollo de las plantas, sistemas y manejo de cultivo, condiciones climáticas, época de siembra, variedades y poblaciones de insectos (8).

1.7.1.1. Insectos plaga del suelo.

Dentro de este grupo están los insectos llamados oroscos, cutzos, gallinas ciegas o chanchos gordos, los cuales pertenecen al género *Phyllophaga* sp. Además están los grillotopos que pertenecen a la especie *Neocultilla hexadactyla* y las langostas o gusanos cogolleros de la especie *Spodoptera frugiperda*.

1.7.1.2. Insectos plaga del tallo.

Los principales insectos que atacan los tallos del arroz son: *Diatraea* sp. (Polilla o Barrenador), *Elasmopalpus lignoscellus* (Polilla menor), *Tibraca limbativentris* (Chinchorro de la pata).

Estos insectos atacan los cultivos desde el estado de plántula hasta la cosecha; los dos primeros mencionados hacen galerías y túneles en los macollos y el tercero succiona la sabia del tallo.

1.7.1.3. Insectos plaga del follaje.

Mocis latipes (Falso medidor), *Spodoptera sp.* (Langosta) son insectos de tipo trozador que se alimentan de las hojas, *Tagosodes orizicolus* (Sogata) succiona la sabia de las hojas, produciendo un secamiento de las hojas, además, da lugar a la proliferación de fumagina y transmite el virus de la hoja blanca.

1.7.1.4. Insectos plaga de la espiga.

La principal plaga de importancia en la etapa reproductiva son las ninfas y adultos de *Oebalus ornatus* (Chinche de la espiga) quienes succionan los granos en estado lechoso deformándolos y manchándolos.

1.7.2. Enfermedades.

El cultivo de arroz en el mundo es afectado por más de 70 enfermedades. En América Latina se estima aproximadamente que una docena son las que limitan la producción de arroz.

En Ecuador, las enfermedades que más prevalecen en el cultivo de arroz son *piricularia*, hoja blanca y manchado de grano. En años recientes se han presentado tres enfermedades que podrían resultar potencialmente dañinas al cultivo: la pudrición de la vaina, el entorchamiento y tizón de la vaina. (9)

1.8. Cosecha.

La cosecha es una de las etapas más importantes del proceso de producción y cuando es mal realizada, ocasiona pérdidas de grano, comprometiendo el esfuerzo y la inversión realizada en el cultivo. El contenido de humedad en los granos en esta labor constituye un factor determinante que permite la obtención de un mayor rendimiento de granos enteros.

La cosecha debe realizarse cuando el grano este maduro y que por lo menos el 95 % de los granos en espiga tengan un color pajizo y el resto este amarillento, lo cual coincide con 20 a 25 % de humedad en el grano.

La cosecha puede hacerse en forma mecánica, mediante el empleo de la combinada y en forma manual, cortando las plantas con hoces para proceder a la trilla mediante el empleo de trilladoras estacionarias o realizando la labor del “chicoteo”, la cual consiste en golpear manojos de plantas contra un madero situado en una lona.

1.9. Importancia económica del arroz.

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.

En el 2002, el arroz, se ubicó en el segundo lugar de los cultivos con mayor área sembrada (336,429 ha) y tercero de los de mayor aporte en producción (1246634 TM) para Ecuador, por tanto contribuyó con una importante 9.1 % en la formación del Producto Interno Bruto agrícola.

1.10. Importancia de la urea en el cultivo de arroz.

El nitrógeno es un constituyente esencial en los aminoácidos, ácidos nucleídos y de la clorofila. Promueve el rápido crecimiento (incremento del tamaño de las plantas y números de macollos) y aumenta el tamaño de las hojas, el número de espiguillas por panoja, el porcentaje de espiguillas llenas y el contenido de proteínas en el grano. En consecuencia el Nitrógeno afecta todos los parámetros que contribuyen el rendimiento.

La urea es el fertilizante más adquirido para la fertilización nitrogenada en el cultivo de arroz, de acuerdo al Banco Central del Ecuador a través del Sistema de Información Agropecuaria (SIA) – Ministerio de

Agricultura y Ganadería reportó que para el periodo de mayo – agosto del 2006, Ecuador importó 43,578.92 TM de urea posicionándolo en el abono mas importado. (11)

1.11. Eficiencia de asimilación de nitrógeno por las plantas.

Nitrógeno (N) es el macroelemento primario que una vez aplicado al suelo está sujeto a mayor número de procesos de pérdidas: volatilización del nitrógeno amoniacal, nitrificación y posterior desnitrificación, inmovilización biológica, fijación por minerales arcillosos, lixiviación y escorrentía. Esto explica la baja eficiencia que resulta de su utilización por la mayoría de los cultivos.

Las investigaciones realizadas en distintas partes del mundo revelan resultados muy diferentes entre regiones y naciones, pero pueden estimarse promedios que señalan recuperaciones de nitrógeno entre 40 y 60% para los cultivos en general, y de 20 a 40% del N aplicado para el arroz (13). Lo anterior plantea consecuencias económicas, socioeconómicas y ecológicas, por lo que Legg & Meisinger (12) consideran que si se utiliza eficientemente el N se contribuye a la vez

con una alta producción de los cultivos, mínima contaminación y conservación de la energía.

Las transformaciones de Nitrógeno son diferentes cuando el fertilizante nitrogenado es incorporado al suelo (aplicación basal de N) o cuando se aplica al voleo sobre el agua de inundación.

Si se aplican fertilizantes portadores de NH_4^+ en la capa reducida del suelo (fango), antes o después de la inundación, el NH_4^+ se absorbe en los coloides, lo inmovilizan temporalmente los microorganismos o se retiene abióticamente en los componentes de la materia orgánica como los compuestos fenológicos, las pérdidas por percolación son generalmente pequeñas a excepción de suelos con textura gruesa (arena).

La urea cuando es aplicada al voleo es hidrolizada rápidamente (2-4 días) y es susceptible a pérdidas por la volatilización amoniacal NH_3 debido a la profundidad de la lámina de agua, pH, temperatura, y la concentración de NH_4^+ , además de la velocidad del viento y la etapa de crecimiento de la planta. (14)

1.12. Tecnología de Aplicación de Briquetas de Urea (APBU) en el cultivo de arroz.

La Aplicación Profunda de Briquetas de Urea (APBU) es una tecnología bastante simple, pero muy innovadora, desarrollada para incrementar la eficiencia y efectividad de la urea en la producción de arroz. APBU está ya ampliamente diseminada y ha sido probada exitosamente en varias partes de Asia (Bangladesh, Cambodia y Vietnam) como un insumo crítico para la producción de arroz en pequeña escala (IFDC 2007, Savant 1990). La APBU consiste en la inserción profunda (a 7 o 10 cm) a mano de briquetas (o supergranulos) de Urea pocos días después del trasplante en arroz inundado. Las briquetas, que pueden pesar entre 0.9 y 2.7 gramos, son producidas a través de la compresión de urea granulada por medio de maquinas pequeñas con discos dentados. Estas briquetas, aplicadas una sola vez durante el ciclo productivo, se colocan en el centro de cuadrados alternados formados por cada cuatro plantas de arroz trasplantadas. La mejora en la eficiencia se logra principalmente manteniendo el N en el suelo cerca de las raíces de la planta y lejos del agua fluida donde es más susceptible a pérdidas por evaporación o lixiviación (Mohanty *et al.*, 1999; Savant y Stangel, 1990).

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del ensayo.

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 $-2^{\circ} 8' 17.35''$ S, $-79^{\circ} 57' 41.19''$ W.

2.2. Diseño Experimental.

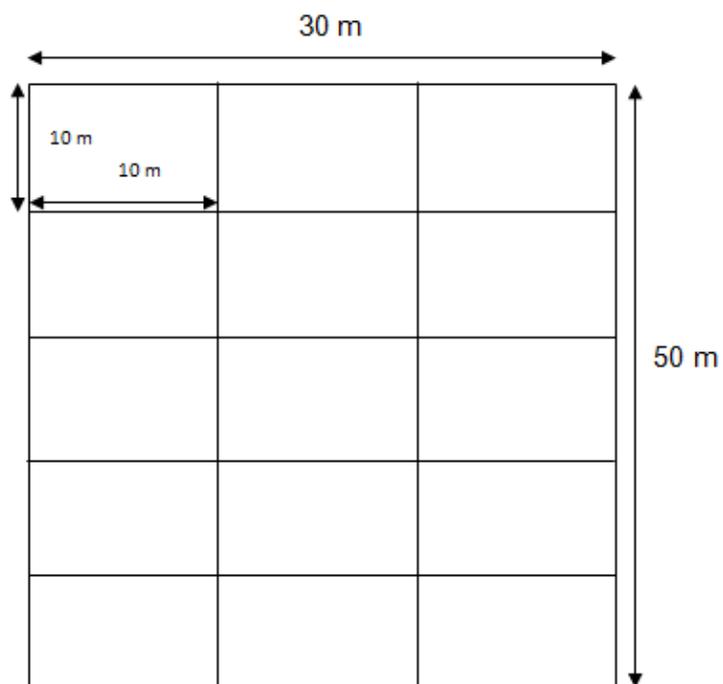
La experimentación consistió en cuatro tratamientos de fertilización con urea, de los cuales tres fueron con briquetas de urea de diferentes tamaños y uno que representaba el sistema tradicional de fertilización al voleo más un testigo absoluto como se detalla en la tabla siguiente

Tabla 2.1. Representación de cada tratamiento.

| Tratamientos | Peso de Briqueta | 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 |

Repeticiones: 3 repeticiones por tratamiento.

La experimentación se la realizó en un área de 1,500 m², cada unidad experimental fue de 100 m², como se detalla en el gráfico siguiente.



- Gráfico que representa el área experimental

2.3. Materiales y Herramientas.

Los materiales utilizados para la experimentación fueron los siguientes:

- Semilla (INIAP 14).
- Insecticidas.
- Herbicidas.
- Bomba de 20 litros.
- Piola
- Estacas de Caña
- Cinta métrica
- Palas
- Fundas de Papel
- Balanza
- Sacos de 100 libras
- Tanque de 200 litros

2.4. 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.

2.5. Fase de Laboratorio.

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

2.6. Metodología.

2.6.1. Preparación de terreno.

Desbroce y nivelado con tractor de oruga provisto con pala mecánica, más un pase de arado y dos de rastra.

2.6.2. Delimitación del área experimental.

Se levantaron los muros perimetrales con un tractor con pala mecánica dejándolos a 0.7 metros de altura, los muros pequeños que dividían cada repetición se lo levantaron manualmente con palas a un altura de 0.3 metros.

2.6.3. Preparación de semillero.

Se levantaron dos parrillas de 1.5 metros de ancho por 10 metros de largo, se preparó un sustrato de ceniza de tamo de arroz colocándola por encima de la cama a una altura de dos centímetros.

2.6.4. Pre-germinación de las semillas.

Se colocaron las semillas dentro de un saco y se la sumergió bajo agua durante 36 horas, luego se coloca el saco de

semillas debajo de un plástico negro por 36 horas, para que se eleve la temperatura. Cada 18 horas se humedecen las semillas para que la temperatura no dañe los embriones de las semillas.

2.6.5. Siembra del semillero.

Se asperjó de forma manual las semillas pregerminadas encima del sustrato sin que estas se aglomeren una encima de otras, luego se tapan las semillas con otra capa de ceniza de menos de un centímetro.

El riego se lo realizó constantemente por dos veces al día, para que el semillero nunca pierda humedad y evitar que se agriete el suelo.

2.6.6. Trasplante.

Se realizó el trasplante a los 21 días después de la siembra, se procede a retirar las plantas del semillero con cuidado de no causar grandes daños al sistema radicular. Se agrupan las plántulas en "moños" para transportarlas al terreno definitivo.

Se colocó alrededor de 3 plantas por golpe a una distancia de 25 cm x 20 cm dando una densidad de siembra de 200,000 plantas por hectárea.

2.6.7. Riego.

El riego fue por inundación, manteniendo una lámina de agua constante todo el ciclo del cultivo. Se suspendió el riego 15 días antes de la cosecha, para tener el suelo seco para la locomoción de la cosechadora.

2.6.8. Aplicación de Fertilizantes.

Los tratamientos con briquetas de urea se aplicaron a los 20 días después del trasplante, las briquetas se introdujeron de forma manual en medio de cuatro plantas, en cambio el tratamiento de urea granular se aplicó al voleo fraccionando la cantidad en dos proporciones, la primera a los 10 del trasplante y la segunda a los 20 días después de la primera.

2.6.9. Control de plagas.

El monitoreo de plagas se lo hizo semanal y teniendo en cuenta los hábitos de comportamiento de las plagas de importancia en el cultivo de arroz.

Se detectó el ataque del minador de la hoja del arroz (*Hydrellia wirthi*) a los 44 días, por los daños ocasionados en los ápices de las hojas. Se hizo una aplicación de ENGEO (Grupo activo: Thiamethoxam más Lambdacialotrina).

A los 60 días se detectó el ataque de Pulgones (*Aphis sp.*) los cuales fueron controlados con ENDOSULPAC (Grupo Activo: ENDOSULFAN)

Se detectó ataques de Diatraea, pero no alcanzaron los umbrales mínimos para hacer un control fitosanitario

2.6.10. Control de enfermedades.

No se detectaron presencia de patógenos durante la fase vegetativa ni reproductiva del cultivo, por lo cual nunca fue necesario un control fitosanitario.

2.6.11. Control de malezas.

Luego de la preparación del terreno se aplicó la mezcla de los herbicidas Glifosato + Pendimentalin, para realizar un control de contacto a las malezas existentes y un control pre emergente a las siguientes generaciones.

A los 65 días se realizó la aplicación de Nominex para un control post emergente de gramíneas.

2.6.12. Cosecha.

Se procedió a cosechar cuando el 95 % de los granos estaban secos, la cosechadora tenía una capacidad de una saca de 205 libras.

Se cosechó cada unidad experimental de 10 x 10 m por separado para obtener la producción de cada repetición de cada tratamiento.

2.6.13. Pilado.

Luego de cosechar todas las parcelas se procedió al secado del grano para que esté listo para el pilado.

Se pilaron los tratamientos por separado para obtener los diferentes factores de conversión de cada saco de 205 libras de grano en cascara a sacos de 100 libras de arroz pilado.

2.6.14. Cuantificación de las variables.

En laboratorio se procedió al conteo de muestras de cada repetición de cada tratamiento, se midieron el número de macollos y rendimientos de cada tratamiento.

2.6.15. Manipulación y tabulación de información.

Se manipularon los datos haciendo extrapolaciones de los rendimientos de cada tratamiento a producción por hectárea para luego tabularlos en el software estadístico SPSS.

2.6.16. Análisis Estadísticos.

Una vez tabulado los datos e ingresados en el software SPSS se hizo un análisis de Varianza (ANOVA) para comprobar que existe diferencia entre tratamientos, un test de homogeneidad de varianzas y luego se realizó un test TUKEY ó THAMHANE al 95 % de confianza.

2.6.17. Análisis Económicos.

Se obtuvieron los análisis económicos a partir de los costos de producción y los ingresos por la venta del arroz pilado de cada tratamiento.

CAPÍTULO 3

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.

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.

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

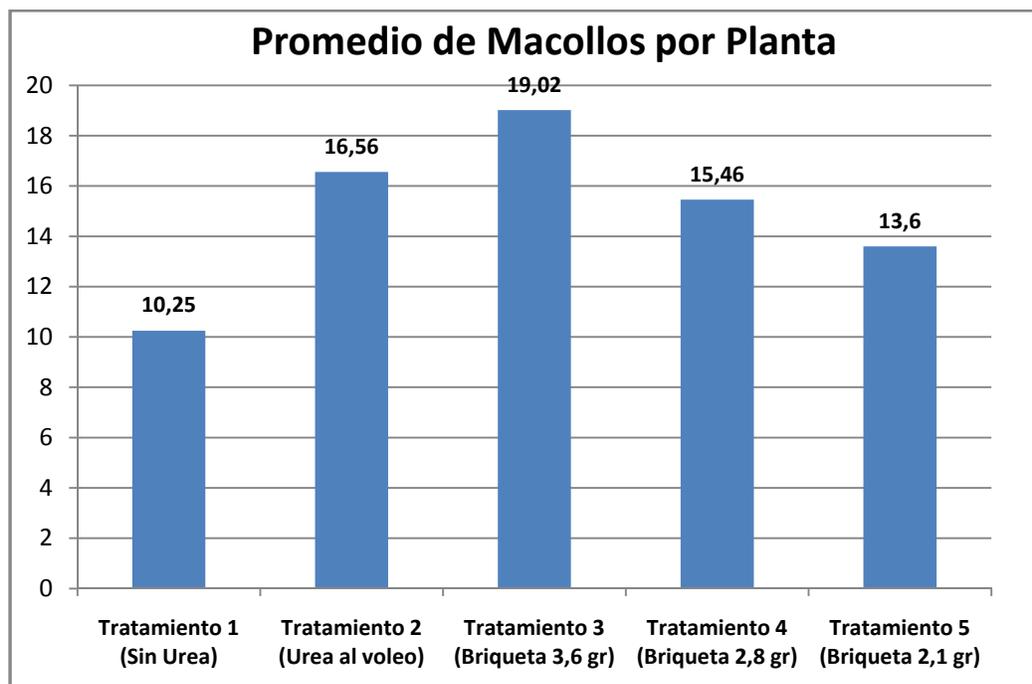
Hipótesis Nula (Ho): $T1 = T2 = T3 = T4 = T5$

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

3.1. Número 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.

El análisis descriptivo parte de base de datos (Anexo 1), se hizo selección de datos ya que se determinó que existían datos aberrantes, por lo cual solo se analizaron las plantas que contaban con 7 o más macollos.



- Diagrama de Barras muestra el promedio de macollos por planta de cada uno de los tratamientos.

El análisis ANOVA demostró que existe diferencia entre cada tratamiento, por lo cual aceptamos la hipótesis alternativa, ya que la significancia dio un valor de menor a 0.05 como se muestra en la tabla siguiente.

ANOVA

Macollos por planta

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|-----|-------------|--------|------|
| Between Groups | 1452,691 | 4 | 363,173 | 27,249 | ,000 |
| Within Groups | 2825,558 | 212 | 13,328 | | |
| Total | 4278,249 | 216 | | | |

El test de homogeneidad de varianza demostró que las varianza de cada tratamiento son diferentes, ya que su significancia es de 0.001 como se muestra en la tabla.

Test of Homogeneity of Variances

Macollos por planta

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| 4,725 | 4 | 212 | ,001 |

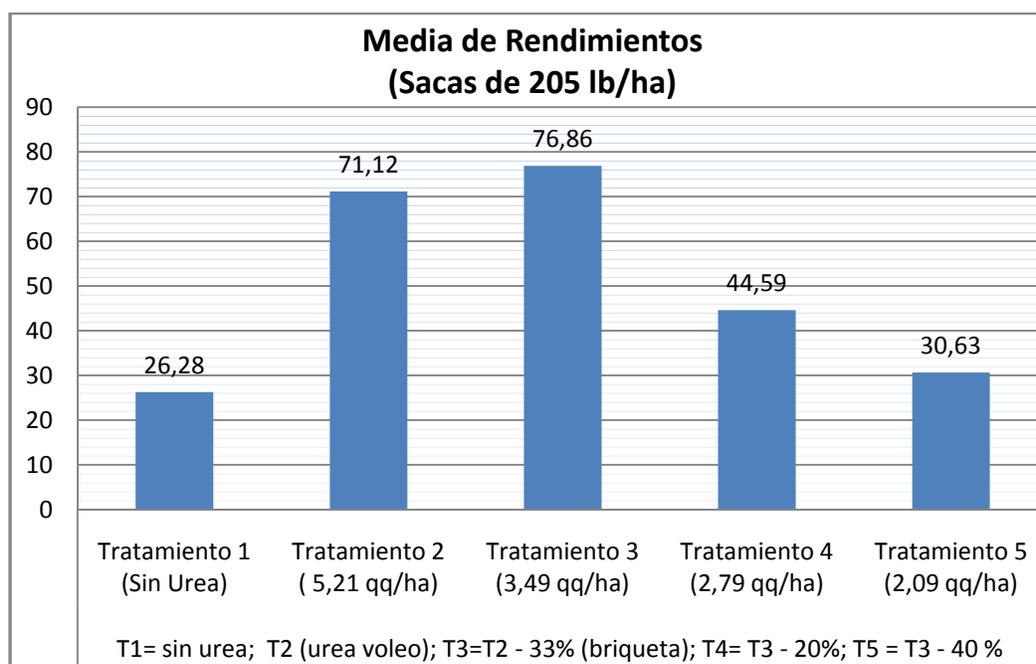
A partir del test de homogeneidad de varianzas, se realizó el análisis de múltiple comparación Tamhane, el cual demostró que el tratamiento 3 (Briqueta de 3.6 g) fue el mejor, el cuadro siguiente muestra un resumen de la comparación múltiple (Análisis completo ver anexo 2).

Macollos por planta

| 5 Tratamientos | | N | Subset for alpha = .05 | | | |
|--------------------------|---------------|----|------------------------|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tukey HSD ^{a,b} | 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 por tratamiento.

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 (Base de datos ver Anexo 3).



Por medio del análisis ANOVA se pudo demostrar que sí existe diferencia entre cada tratamiento, ya que la significancia fue menor de 0.05, por lo cual aceptamos la hipótesis alternativa, como se muestra en el cuadro siguiente.

ANOVA

Rendimiento sacas 205 lbs/ha

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | 6404,316 | 4 | 1601,079 | 213,057 | ,000 |
| Within Groups | 75,148 | 10 | 7,515 | | |
| Total | 6479,464 | 14 | | | |

El test de homogeneidad de varianzas demostró que no existe diferencia entre las varianzas de cada tratamiento, ya que su significancia fue de 0.66, lo cual nos permite utilizar el test de Tukey como una prueba de múltiple comparación y así demostrar cuales son los tratamientos que son estadísticamente iguales o diferentes.

Test of Homogeneity of Variances

Rendimiento sacas 205 lbs/ha

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| ,618 | 4 | 10 | ,660 |

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, el cuadro siguiente muestra el resumen del análisis (ver en anexo 4 análisis completo).

Rendimiento sacas 205 lbs/ha

| 5 Tratamientos con 3 Repeticiones | | N | Subset for alpha = .05 | | |
|--------------------------------------|---------------|---|------------------------|---------|---------|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey HSD ^a | 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 (ver anexo 5 análisis completo).

| INGRESOS NETOS | | | |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Tratamientos | Ingresos | Costos Totales | Ingresos Netos |
| T 1 | \$ 883,01 | \$ 811,10 | \$ 71,91 |
| T 2 | \$ 2.588,77 | \$ 1.170,76 | \$ 1.418,01 |
| T 3 | \$ 3.012,91 | \$ 1.193,25 | \$ 1.819,66 |
| T 4 | \$ 1.747,93 | \$ 1.014,40 | \$ 733,53 |
| T 5 | \$ 1.200,70 | \$ 927,10 | \$ 273,60 |

BIBLIOGRAFIA

- 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. 1997. Manejo Integrado de Insectos Plaga en Arroz. Manejo Integrado del Cultivo de Arroz en los Sistema 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
- 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 Plan 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)