



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Comparación de Dos Tecnologías de Aplicación de
Nitrógeno en el Cultivo de Arroz Ubicados en Pozas
de Agua: Aplicación Profunda de Briquetas de Urea
y Aplicación al Voleo”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y BIOLÓGICO

Presentada por:

Ricardo Manuel Romero Villavicencio

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2011

AGRADECIMIENTO

Les agradezco a mis padres, y maestros, en especial, al Doctor Paul Herrera Samaniego por haber direccionado el proceso de tesis de grado, el cual es la culminación del esfuerzo en conjunto.

DEDICATORIA

A mis padres y
familiares.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ph.D. Paúl Herrera S.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Felipe Mendoza G.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Ricardo Manuel Romero Villavicencio

RESUMEN

El cultivo de arroz en el país tiene una gran importancia socioeconómica, con una superficie cultivada de alrededor de 350.000 hectáreas, la mayoría de esta superficie está en manos de pequeños productores que desarrollan el cultivo mediante la aplicación de diversas tecnologías, que están en relación con la disposición de recursos económicos, acceso a la capacitación, y al incentivo de los precios del mercado.

El nutriente de mayor importancia para el cultivo de arroz es el Nitrógeno, ya que de él depende el rápido crecimiento de las plantas, número de macollos y llenado de grano.

La urea aporta 46 % de Nitrógeno y con el sistema de fertilización tradicional al voleo una hectárea necesita 120 Kg de N, dejando que esta se degrade y sea absorbida por la planta, pero también se producen pérdidas por volatilización del nitrógeno amoniacal, nitrificación y posterior desnitrificación, inmovilización biológica, fijación por minerales arcillosos, lixiviación y escorrentía, generando pérdidas del 20 al 40%, la aplicación de briquetas de urea (esferas compactadas de urea) por medio de la tecnología APBU en la etapa antes del macollamiento del arroz consiste en una sola aplicación, y

en enterrar unos 8 – 10 centímetros, lo que hace que la urea se degrade lentamente y durante todo el ciclo del cultivo para que de esta manera la planta de arroz absorba el fertilizante a medida que los necesite .

En zonas bajas del litoral ecuatoriano, se encuentran zonas inundables como Salitre (zona netamente arroceras) que después del invierno quedan sumergidas en el agua (Pozas de Agua), lo que hace que los agricultores siembren a medida que esta va bajando, por lo que la siembra, abonada y cosecha no son uniformes, sino de manera escalonada.

Mediante la aplicación profunda de briquetas de urea en este estilo de cultivo de arroz se pudo determinar si las plantas de arroz van a tener una mejor disponibilidad del nitrógeno; disminuyendo las pérdidas, incrementando los rendimientos y con la posibilidad de bajar los costos de producción, en especial en los costos de fertilización.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|------------------------|------|
| RESUMEN..... | II |
| ÍNDICE GENERAL..... | III |
| ABREVIATURAS..... | IV |
| SIMBOLOGÍA..... | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | VI |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | VII |
| ÍNDICE DE PLANOS..... | VIII |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |

CAPÍTULO 1

| | |
|--|----|
| 1 EL ARROZ..... | 3 |
| 1.1 Taxonomía..... | 3 |
| 1.2 Morfología de la planta de arroz..... | 3 |
| 1.2.1 Órganos vegetativos..... | 4 |
| 1.2.2 Órganos reproductivos..... | 8 |
| 1.3 Crecimiento y desarrollo de la planta de arroz | 10 |
| 1.3.1 Fases de crecimiento y desarrollo..... | 10 |

| | | |
|-------|--|----|
| 1.3.2 | Etapas de crecimiento y desarrollo en la fase vegetativa..... | 10 |
| 1.3.3 | Etapas de crecimiento y desarrollo en la fase reproductiva..... | 11 |
| 1.3.4 | Etapas de crecimiento y desarrollo en la fase de maduración..... | 12 |
| 1.4 | Labores Culturales..... | 13 |
| 1.4.1 | Preparación del suelo | 13 |
| 1.4.2 | Semillero | 13 |
| 1.4.3 | Trasplante..... | 14 |
| 1.4.4 | Riego..... | 14 |
| 1.5 | Fertilización | 14 |
| 1.5.1 | Requerimiento de fertilización | 14 |
| 1.6 | Malezas | 16 |
| 1.7 | Plagas y enfermedades..... | 16 |
| 1.8 | Cosecha | 17 |
| 1.9 | Importancia económica del arroz..... | 19 |
| 1.10 | Zonas productoras de arroz en el Ecuador..... | 20 |
| 1.11 | Importancia de la urea en el cultivo de arroz | 21 |
| 1.12 | Cultivo de arroz en fosa..... | 23 |

| | |
|--|----|
| 1.13 Eficiencia de asimilación de nitrógeno por las plantas de arroz..... | 24 |
| 1.14 Tecnología de aplicación de briquetas de urea en el cultivo de arroz en pozas de agua..... | 26 |

CAPÍTULO 2

| | |
|------------------------------------|----|
| 2 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 27 |
| 2.1 Ubicación del ensayo | 27 |
| 2.2 Diseño experimental | 27 |
| 2.3 Materiales y herramientas..... | 29 |
| 2.4 Fase de campo | 30 |
| 2.5 Fase de análisis | 30 |
| 2.6 Metodología | 31 |

CAPÍTULO 3

| | |
|--------------------------------|----|
| 3 ANALISIS DE RESULTADOS | 38 |
|--------------------------------|----|

CAPÍTULO 4

| | |
|----------------------------------|--|
| 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | |
|----------------------------------|--|

| | |
|--------------------------|----|
| 4.1 Conclusiones..... | 43 |
| 4.2 Recomendaciones..... | 45 |

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

| | |
|-----------|-------------------|
| cm | centímetro |
| Kg | Kilogramos |
| Ha | Hectárea |
| m | metro |
| lb | libras |
| g | gramos |
| l | litros |

SIMBOLOGÍA

| | |
|-------------|---|
| APBU | Aplicación Profunda de Briquetas de Urea |
| A | Area |
| L | Longitud |
| r | Radio |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 2.2 | Representación del área experimental..... | 29 |
| Figura 3.1 | Macollos por planta..... | 40 |
| Figura 3.2 | Rendimiento en sacas de 205 lb/Ha..... | 41 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|---------|---|----|
| Tabla 1 | Representación de cada tratamiento..... | 28 |
| Tabla 2 | Tabla de la homogeneidad de las repeticiones..... | 39 |
| Tabla 3 | Ingresos netos del cultivo de arroz..... | 42 |

ÍNDICE DE PLANOS

| | | |
|---------|---|----|
| Plano 1 | Representación del área experimental..... | 29 |
|---------|---|----|

INTRODUCCIÓN

El Ecuador con una producción excedentaria de arroz, el cual por lo general se cosecha en dos épocas principales, los cuales son las cosechas de invierno y de verano, siendo la de verano la de mayor importancia para los agricultores. Más de la mitad de la cosecha de verano se realiza en pozas veraniegas, que son áreas que quedan inundadas en el invierno y que se van secando a medida que pasa el verano, zonas arroceras de gran importancia tienen estas pozas como Salitre, Samborondón y demás zonas bajas. Los tiempos de siembra del arroz, en pozas veraniegas, se dictan por el ritmo al cual empieza a disminuir el nivel de agua en las pozas, por lo que en una misma cuadra se pueden delimitar parcelas con arroces en diferentes etapas de desarrollo.

El requerimiento de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de arroz es muy elevado y el agricultor lo satisface con la aplicación de Urea a un promedio de 250 Kg de urea por hectárea por ciclo de cultivo, sin conocer que cerca del 70 % de la urea aplicada se pierde por volatilización del nitrógeno amoniacal a la atmósfera, nitrificación y posterior desnitrificación, inmovilización biológica, fijación por minerales arcillosos, lixiviación y escorrentía.

La tecnología tradicional de fertilización 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. Con esto, 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 briqueña 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.

El objeto del experimento consiste en demostrar que la aplicación profunda de briquetas de urea en pozas veraniegas, las plantas de arroz van a tener una mejor disponibilidad del nitrógeno; disminuyendo las pérdidas de nitrógeno, principalmente por escorrentía, incrementando los rendimientos, con la posibilidad de bajar los costos de producción al distribuir los tiempos de fertilización con los diferentes tiempos de siembra. Para lo cual se realizó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con 5 tratamientos y 3 repeticiones, las cuales van a ser sembradas con tiempos de intervalos dados por como baje el nivel del agua, 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 siendo la gramínea mas sembrada después del trigo, consta como un alimento básico a nivel mundial, de suma importancia en la cultura alimentaria de varios países, y cuyo desarrollo e investigación es indispensable para la seguridad alimentaria mundial. (2)

1.1. Taxonomía

El arroz (*Oryza sativa*) es una monocotiledónea perteneciente a la familia *Poaceae*. Área sembrada anualmente en el país es de 338.567 hectáreas, haciendo que el país sea autosuficiente y teniendo, de esta manera, la posibilidad de exportar excesos de producción, especialmente, hacia Colombia un mercado tradicional. (7)

1.2. Morfología de la planta de arroz.

El arroz se desarrolla en regiones húmedas y calurosas, en los trópicos y sub- trópicos en que haya disponible agua fresca y en donde las cualidades del suelo permiten la irrigación.

La planta arroceras tiene que estar unos centímetros por debajo del agua durante el período del crecimiento. (2)

1.2.1. Órganos Vegetativos

- **Raíz.**

La raíz primaria no desempeña una función nutritiva, sino esencialmente de anclaje mecánico en el terreno.

Las raíces embrionales degeneran rápidamente y son substituidas por coronas de raíces que, posteriormente, se forman en cada nudo situado en la base del tallo. Después y progresivamente, las raíces se desarrollan en cada tallo formado durante el ahijamiento y a menudo también en los nudos más elevados, como en el caso del transplante. Tal vez, en circunstancias particulares, también los nudos aéreos emiten raíces, cubiertas por las vainas foliares, principalmente como consecuencia de lesiones ocasionadas por el granizo o por otras causas mecánico-traumáticas. (3)

El desarrollo máximo del sistema radicular se alcanza al término del ahijamiento, paralelamente con el máximo incremento porcentual del peso de la planta y de la absorción de nutrientes.

La extensión y densidad del aparato radicular están estrechamente correlacionadas con la forma de cultivo: aireación del suelo, altura de la capa de agua y sistema de riego, fertilización del suelo, etc. Durante la

floración termina la formación y desarrollo de las raíces; la absorción de nutrientes cesa en la fase de maduración láctea, esto es, a los 10-15 días después de la floración. Durante las primeras fases vegetativas las raíces se desarrollan junto a la superficie del suelo; después, en la fase de ahijamiento, también en profundidad: en función de la variedad y, en igualdad de condiciones, más o menos profundamente según que la modalidad de riego sea por turnos o con inundación continua. Balilla y Ribe, por ejemplo, extienden el sistema radicular más superficialmente que las variedades "Roma" y "Zenit". Normalmente, las variedades muy resistentes al encamado profundizan mucho más sus raíces que las sensibles.

- **Tallo**

El tallo está formado por la alternación de nudos y entrenudos. En el nudo o región nodal se forman 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.

- **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 prófilo, no tiene lámina y están constituido por dos brácteas aquilladas. Los bordes del prófilo aseguran por el dorso las macollas jóvenes a la original.

En una hoja completa se distinguen las siguientes partes: la vaina, el cuello y la lámina. (4)

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.

Las hojas de la planta de arroz tienen lígula y aurículas, mientras que malezas comunes en los arrozales, como *Echinochloa* spp. Carecen de ellas, facilitando su identificación en el estado de plántula

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 sobre ella, en algunos casos, se enrolla la lámina. La presencia de vello en las hojas y de pigmentación antociánica en los márgenes, o en toda la lámina son caracteres varietales, con expresión variable según las condiciones ambientales.

La lámina de la hoja bandera tiene un ángulo de inserción determinado, es más corta y ancha que las demás. (3)

1.2.2. Órganos Reproductivos

- **Espiguillas**

Las espiguillas de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula. La panícula está situada sobre el nudo apical del tallo, denominado nudo ciliar, cuello o base de la panícula; frecuentemente tiene la forma de un aro ciliado.

El nudo ciliar o base de la panícula generalmente carece de hojas y yemas, pero allí pueden originarse la primera o las cuatro primeras ramificaciones de la panícula, y se toma como punto de referencia para medir la longitud del tallo y la de la panícula.

El entrenudo superior del tallo en cuyo extremo se encuentra la panícula se denomina *pedúnculo*. Su longitud varía considerablemente según la variedad de arroz; en algunas variedades puede extenderse más allá de la hoja bandera o quedar encerrada en la vaina de ésta.

El raquis o eje principal de la panícula es hueco, de sus nudos nacen las ramificaciones. Las protuberancias en la base del raquis se denominan *pulvínulos paniculares*.

En cada nudo del eje principal nacen, individualmente o por parejas, ramificaciones, las cuales a su vez dan origen a ramificaciones secundarias de donde brotan las espiguillas. (3)

Las panículas pueden clasificarse en abiertas, compactas e intermedias, según el ángulo que formen las ramificaciones al salir del eje de la

panícula. Tanto el peso como el número de espiguillas por panícula cambian según la variedad.

La panícula se mantiene erecta durante la floración, pero luego se dobla debido al peso de los granos maduros.

La espiguilla es la unidad básica de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Teóricamente la espiguilla del género *Oryza* se compone de tres flores, pero solo una se desarrolla.

- **Semillas**

La semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehisciente. Consta de la cáscara formada por la lemma y la palea con sus estructuras asociadas, lemmas estériles, la raquilla y la arista; el embrión, situado en el lado ventral de la semilla cerca a la lemma, y el endospermo, que provee alimento al embrión durante la germinación.

Debajo de la lemma y la palea hay tres capas de células que constituyen el pericarpio; debajo de éstas se encuentran dos capas, el tegumento y la aleurona. El embrión consta de la plúmula u hojas embrionarias y la radícula o raíz embrionaria primaria. La plúmula está cubierta por el coleóptilo, y la radícula está envuelta por la coleorriza.

El grano de arroz descascarado es un cariopside; se conoce con el nombre de arroz integral, y aun conserva el pericarpio de color marrón rojizo o púrpura. (2)

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.

1.3.1. Fases de crecimiento y desarrollo

Este ciclo se inicia con la fecundación y el desarrollo subsiguiente de la planta embrionaria (plántula de arroz no nacida). La planta embrionaria germina en una plántula, que crece a continuación hasta constituir una planta madura. En los trópicos, las variedades de arroz completan su ciclo de vida dentro de un período general que va de 110 a 210 días, cayendo el módulo entre 100 y 150 días, ocurriendo esto en diferentes etapas. (2)

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

Etapas 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.

Etapa 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.

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

Etapa 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.

Etapa 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.

1.3.4. 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 fanguero 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 fanguero se acopla un madero al tractor para nivelar el suelo.

1.4.2. Semillero

Se realiza en suelos fanguados y nivelados, con una área de 1 m x 10 m. La semilla pre germinada 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.

1.4.3. Trasplante

Los semilleros entre los 15 – 21 días se procede al trasplante, que consiste en arrancar las plantas cuidadosamente del semillero para sembrarlas en el terreno definitivo.

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.

1.5. Fertilización

La fertilización del arroz se basa principalmente en la aplicación de N, P, y K. La adición de micronutrientes se justifica solo en casos de altos rendimientos y manejo agronómico óptimo. Un análisis de suelo es la herramienta más adecuada para decidir el tipo y las dosis de fertilizante a aplicar.

1.5.1. Requerimientos de fertilización

El fósforo influye de manera positiva sobre la productividad del arroz,

aunque sus efectos son menos espectaculares que los del nitrógeno. El fósforo estimula el desarrollo radicular, favorece el ahijamiento, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración y maduración y mejora la calidad del grano.

El arroz necesita encontrar fósforo disponible en las primeras fases de su desarrollo, por ello es conveniente aportar el abonado fosforado como abonado de fondo. Las cantidades de fósforo a aplicar van desde los 50-80 kg de P_2O_5/ha . Las primeras cifras se recomiendan para terrenos arcillo limosos, mientras que la última cifra se aplica a terrenos sueltos y ligeros.

El potasio aumenta la resistencia al encamado, a las enfermedades y a las condiciones climáticas desfavorables. La absorción del potasio durante el ciclo de cultivo transcurre de manera similar a la del nitrógeno. La dosis de potasio a aplicar varían entre 80-150 kg de K_2O/ha . Las cifras altas se utilizan en suelos sueltos y cuando se utilicen dosis altas de nitrógeno. A pesar de los bajos contenidos de materia orgánica de los suelos arroceros, no se han detectado respuestas a la aplicación de azufre (S). La aplicación de micronutrientes tales como cinc (Zn) y boro (B) se justificaría solo en casos de elevados estándares de manejo y rendimientos altos. Se debe tener especial cuidado con las dosis, puesto que el rango entre deficiencia y toxicidad, especialmente en el caso del B, es bastante estrecho. Los micronutrientes deben ser aplicados como fertilización basal (pre siembra) junto al fósforo y el potasio.

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. (4)

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 monocotiledoneas (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) (4).

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.

1.7.1.1. Insectos plaga del suelo

Dentro de este grupo están los insectos llamados orcosos, 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*. (2)

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. (2)

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. (2)

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. (4)

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

El cultivo de arroz emplea al 11% de la Población Económicamente Activa dedicada a actividades agrícolas, y representa el 9% del Producto Interno

Bruto Agropecuario. El consumo per cápita es de 38 kg/año. Ecuador exporta aproximadamente 120 mil toneladas a Colombia, lo que deja ingresos por \$45 millones. (6)

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. (7)

1.10. Zonas productoras de arroz en el Ecuador

La producción de arroz en Ecuador ha mantenido en los últimos cinco años un crecimiento sostenido. Los terrenos destinados a la producción han aumentado al punto de que, en este momento, el país dedica la mayor superficie de la Comunidad Andina. La intensa actividad exportadora gracias a la vigencia de la zona andina De libre comercio y un déficit de producción en Colombia han favorecido esta tendencia.

La presencia de abundante agua en las zonas de mayor producción: Daule, Santa Lucía, Babahoyo y Balzar, donde se siembran 200 mil hectáreas, ha favorecido el incremento de las cosechas. Este extraordinario suministro de agua tiene como principal fuente de

abastecimiento la presa Daule Peripa, y permite que se realicen hasta 2,5 cultivos anuales.

En este sector, las obras construidas por la Comisión de estudios para el desarrollo de la Cuenca del río Guayas (Cedegé), aseguran una producción permanente de arroz. Estas obras, -canales de riego, derivadoras, presas y caminos vecinales-, fueron cedidas por Cedegé, mediante contrato, a una junta de usuarios de las zonas de producción. Estos organismos se encargan de suministrar el agua de acuerdo con los pedidos de los agricultores, así como de limpiar los canales para evitar la sedimentación.

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

El 91% de la urea producida se emplea como fertilizante. Se aplica al suelo y provee nitrógeno a la planta. También se utiliza la urea de bajo contenido de biuret (menor al 0.03%) como fertilizante de uso foliar. Se disuelve en agua y se aplica a las hojas de las plantas. (5)

La urea como fertilizante presenta la ventaja de proporcionar un alto contenido de nitrógeno, el cuál es esencial en el metabolismo del arroz, ya que se relaciona directamente con la cantidad de tallos y hojas, las cuáles absorben la luz para la fotosíntesis. Además el nitrógeno está presente en las vitaminas y proteínas, y se relaciona con el contenido proteico de los cereales.

La urea se adapta a diferentes tipos de cultivos. Es necesario fertilizar, ya que con la cosecha se pierde una gran cantidad de nitrógeno. El grano se aplica al suelo, el cuál debe estar bien trabajado y ser rico en bacterias. La aplicación puede hacerse en el momento de la siembra o antes. Luego el grano se hidroliza y se descompone. Debe tenerse mucho cuidado en la correcta aplicación de la urea al suelo. Si ésta es aplicada en la superficie, o si no se incorpora al suelo, ya sea por correcta aplicación, lluvia o riego, el amoníaco se vaporiza y las pérdidas son muy importantes. La carencia de nitrógeno en la planta se manifiesta en una disminución del área foliar y una caída de la actividad fotosintética gran parte del nitrógeno del suelo se encuentra en formas orgánicas, formando parte de la materia orgánica y de los restos de cosecha, pero la planta de arroz solo absorbe el nitrógeno de la solución en forma inorgánica. El paso de la forma orgánica del nitrógeno a las formas inorgánicas tiene lugar mediante el proceso de mineralización de la materia orgánica, siendo los productos finales de este proceso distintos según las condiciones del suelo. En un suelo anaeróbico, la falta de oxígeno hace que la mineralización del nitrógeno se detenga en la forma amónica, que es la forma estable en los suelos con estas condiciones. Esta forma de nitrógeno se encuentra en dos maneras: disuelta en la solución del suelo y absorbida por el complejo arcillo-húmico, formando ambas la fracción de nitrógeno del suelo fácilmente disponible para el arroz. (5)

El nitrógeno se considera el elemento nutritivo que repercute de forma más directa sobre la producción, pues aumenta el porcentaje de espiguillas rellenas, incrementa la superficie foliar y contribuye además al aumento de calidad del grano.

1.12. Cultivos de arroz en fosa

En zonas bajas del litoral ecuatoriano , se encuentran zonas inundables como Salitre (zona netamente arroceras)que después del invierno quedan sumergidas en el agua (Pozas de Agua) ,lo que hace que los agricultores siembren a medida que esta va bajando , por lo que la siembra , abonada y cosecha no son uniformes , sino de manera escalonada .

Mediante la aplicación profunda de briquetas de urea en este estilo de cultivo de arroz podemos determinar si las plantas de arroz van a tener una mejor disponibilidad del nitrógeno; disminuyendo las pérdidas, incrementando los rendimientos y con la posibilidad de bajar los costos de producción, en especial en los costos de fertilización.

1.13. 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 (5). Lo anterior plantea consecuencias económicas, socioeconómicas y ecológicas, por lo que Legg & Meisinger (5) 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.

El nitrógeno se debe aportar en dos fases: la primera como abonado de fondo, y, la segunda, al comienzo del ciclo reproductivo. La dosis de nitrógeno depende de la variedad, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, manejo de los fertilizantes, etc. En general la dosis de 150 kg de nitrógeno por hectárea distribuida dos veces (75% como abonado de fondo, 25% a la iniciación de la panícula).

En el abonado de fondo conviene utilizar fertilizantes amónicos y enterrarlos a unos 10 cm. de profundidad, antes de la inundación, con una labor de grada. El abonado de cobertera se aplicará a la iniciación de la panícula, utilizando nitrato amónico. Los abonos nitrogenados utilizados, son generalmente, el sulfato amónico, la urea, o abonos complejos que contienen además del nitrógeno, otros elementos nutritivos. (5)

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.

I.14. Tecnología de Aplicación de Briquetas de Urea (APBU) en el cultivo de arroz.

La Aplicación Profunda de Briquetas de Urea (APBU) es una tecnología 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 máquinas 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 de ensayo

El ensayo se realizó en la hacienda ESPERANZA, ubicada en el cantón Salitre provincia del Guayas con posición geográfica $1^{\circ} 50' 0''$ Sur, $79^{\circ} 48' 0''$ Oeste.

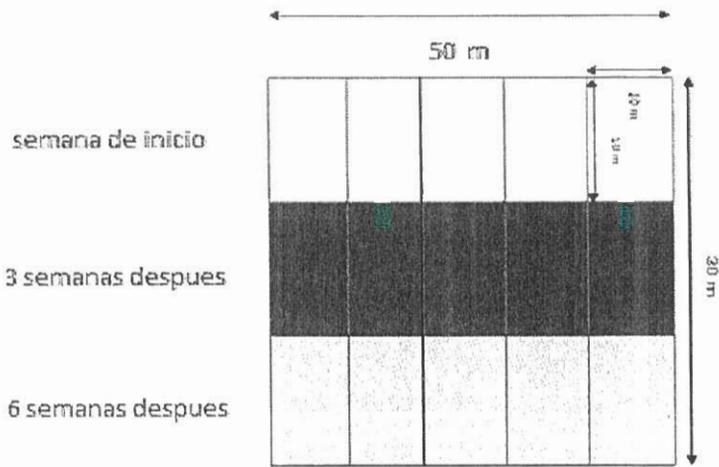
2.2 Diseño Experimental

La experimentación consistió en cuatro tratamientos de fertilización con urea, en un área de 1500 metros cuadrados de poza, 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 siguiente tabla:

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 |

Se realizaron tres repeticiones por tratamiento, las cuales se hacían con un intervalo de tres semanas que es el tiempo suficiente para que hubiera la profundidad necesaria en cada nivel determinado de la poza con lo que se pudiera realizar la siembra en las siguientes repeticiones, cada repetición tenía un área de 100 metros cuadrados.



Plano 1: Representación del área experimental

2.3. Materiales y Herramientas

Los materiales utilizados para la experimentación fueron los siguientes:

- Semilla (INIAP 14).
- Insecticidas.
- Herbicidas.
- Palas
- Machete
- Sacos de 205 libras

- Motobomba de fumigar
- Pioía
- Estacas de madera
- Botas
- Balanza
- Tanque de 200 litros
- Sacos de 100 litros
- Balde

2.4 Fase de Laboratorio

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

2.5 Fase de Campo

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

2.6. Metodología.

Preparación del terreno

Una vez que el nivel de agua empieza a descender, se programa el fangueo con un tractor de transmisión simple, de los primeros 500 metros cuadrados de terreno donde se realizará la primera repetición de cada tratamiento. (Ver apéndice: Foto 1)

Delimitación del área experimental.

El muro perimetral ya se encontraban levantados a 0.5 metros de altura, los muros pequeños que dividían cada repetición se lo levantaron manualmente con palas a un altura de 0.3 metros.

Preparación de semillero

Se hicieron dos parrillas de 2 metros de ancho por 10 metros de largo, en las cuales se aflojo de manera especial el terreno con una pequeña pataleta, dejándolo lo mas fangoso posible.

Pre-germinación de las semillas

Los sacos que contenían la semilla certificada INIAP 14 se los sumergió en la misma poza de agua durante 24 horas, luego se los saco y amontono colocándoles una lona encima para generar calor durante 30 horas, haciendo que las semillas germinen.

Siembra del semillero

Se aspersó de forma manual las semillas pre germinadas encima del fango sin que estas se aglomeren una encima de otra. Se procuraba mantener la humedad del semillero con riego cada día, para estimular una germinación homogénea y evitar que se agriete el suelo. (Ver apéndice: Foto 2)

Trasplante

Se realizó el trasplante a los 20 días después de la siembra, se procedió a retirar las plantas del semillero procurando de no causar

grandes daños al sistema radicular. Se agrupan las plántulas en "moños" para transportarlas al terreno definitivo.

Se colocó alrededor de 2 a 3 plantas por golpe a una distancia de 25 cm x 20 cm dando una densidad de siembra de 200,000 plantas por hectárea. (Ver apéndice: Foto 3)

Riego

El riego se realizó casi en el macollamiento, ya que las condiciones de humedad eran casi constantes, debido a que a través de la posta se mantenía la humedad, en las repeticiones siguientes se bombeaba agua hacia la repetición anterior para de esta manera reducir el tiempo de espera para realizar la siembra. Se suspendió el riego 15 días antes de la cosecha, para tener el suelo seco para la locomoción de la cosechadora y evitar el acame de la planta.

Aplicación de Fertilizantes

Los tratamientos con briquetas de urea se aplicaron a los 20 días después del trasplante en cada repetición, 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. (Ver apéndice: Foto 4).

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.

En el semillero a los 12 días se detectó la presencia de langostas, la cual se combatió con cypermetrina .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

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.

Control de malezas.

A los quince días del trasplante se realizó una fumigación con Aura para el control de gramíneas y de cheker para el control de hoja ancha.

A los 45 días se vio la presencia de gramíneas salteadas en el terreno las cuales fueron deshierbadas con rabón. El control de la maleza de los muros se realizó con glifosato.

Cosecha

Se procedió a cosechar cuando el 95 % de los granos estaban secos, y se observaba una pigmentación madura homogénea en cada repetición respectivamente, la cosechadora tenía una capacidad de cuatro sacas 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. Y así sucesivamente, en las repeticiones subsiguientes, cuando estas se encontraran listas para la cosecha. (Ver apéndice : Foto 6)

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.

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.

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.

Análisis Estadístico

Una vez tabulado los datos e ingresados en el software SPSS se intento realizar un análisis de Varianza (ANOVA), pero por problemas con los datos (atípicos) se tuvo que realizar la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para comprobar que existe diferencia entre tratamientos. (1)

Análisis Económico

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

Para cumplir con los objetivos propuestos fueron evaluadas las variables agronómicas de mayor importancia en el cultivo de arroz: número de macollos por planta y rendimiento.

Para el análisis y procesamiento de datos fueron utilizado los paquetes estadísticos SPSS® Statistics versión 19 y el software estadístico InfoStat ® versión 2010.

Las Hipótesis planteadas para este tratamiento son:

Ho: $T1=T2=T3=T4=T5$

Ha: $T1\neq T2\neq T3\neq T4\neq T5$

Número de macollos por planta

Al analizar los datos del experimento, se observó que las repeticiones "Número de 3" de cada tratamiento no se comportaban de la manera esperada, y en el conjunto de datos existían valores atípicos (Anexo 2).

Además al comparar las medias de las repeticiones en cada tratamiento, las de la repetición “número 3” resultaron distintas a las de las repeticiones 1 y 2 en todo el experimento (Tukey, $p=0.05$).

Es muy probable que la existencia de valores atípicos y la diferencia de las medias en la repetición N. 3 se deba a que las semillas fueron sembradas “al piqueo”, de manera distinta la repetición 1 y 2 que fueron sembradas en hileras distribuidas de manera uniforme.

El siguiente supuesto del experimento fue rechazado (Ver Tabla 2).

Tabla 2 (*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) Tukey Nivel de confianza 95%*)

T1: R1 = R2 = R3

T2: R1 = R2 = R3

T3: R1 = R2 = R3

T4: R1 = R2 = R3

T5: R1 = R2 = R3

| Tratamiento | Repetición | n | Media | |
|-------------|------------|----|-------|-----|
| 1 | 1 | 16 | 11.19 | A |
| 1 | 2 | 16 | 10.63 | A |
| 1 | 3 | 16 | 8.38 | B |
| 2 | 1 | 16 | 18.94 | A |
| 2 | 2 | 16 | 16.44 | A |
| 2 | 3 | 16 | 13.31 | B |
| 3 | 1 | 16 | 22.56 | A |
| 3 | 2 | 16 | 21.25 | A |
| 3 | 3 | 16 | 15.69 | B |
| 4 | 1 | 16 | 17.31 | A |
| 4 | 2 | 16 | 15.75 | A B |
| 4 | 3 | 16 | 13.69 | B |
| 5 | 1 | 16 | 14.69 | A |
| 5 | 2 | 16 | 14.69 | A |
| 5 | 3 | 16 | 11.88 | B |

Por lo tanto fue necesario excluirla del análisis estadístico y trabajar solo con las repeticiones 1 y 2 de cada tratamiento.

La inferencia estadística fue realizada mediante el uso de pruebas no paramétricas, debido a que el conjunto de datos no cumple con los supuestos de Anova, la no normalidad de los datos se comprobó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) y Shapiro & Wilk (ver anexo 4a), posteriormente se probó la homogeneidad de varianzas mediante el estadístico de Levene (valor de significancia=0.05) resultando en la no homogeneidad de varianzas (Ver anexo 4b). Mediante el uso de la prueba no paramétrica Kruskal Wallis se determinó que existían diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

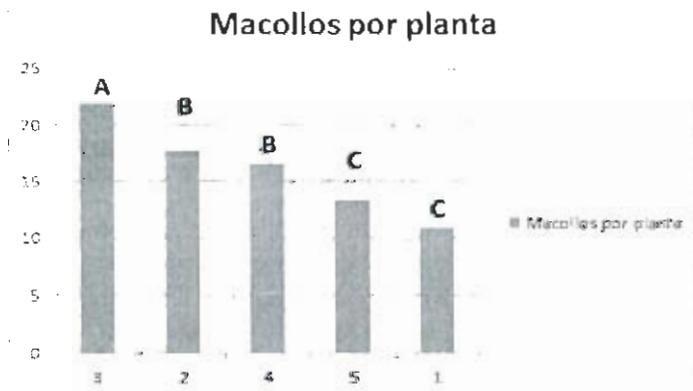


Figura 3.1: Macollos por planta (**Medias de los tratamientos**, Letras distintas indican diferencias significativas Kruskal Wallis ($p \leq 0.05$))

La mejor media obtenida resulto la del Tratamiento 3 (briquetas 3.6gr), seguida del tratamiento 2 (urea al voleo).

Rendimiento

Se comprobó la existencia de diferencias entre las medias, mediante el uso de una prueba paramétrica ANOVA usando el método de comparación de Tukey con un nivel de significancia $p=0.05$. Previa confirmación de los supuestos básicos de homogeneidad de varianza (Levene, $p=0.05$) y normalidad de datos (Shapiro Wilks). (Ver anexo 5 a y 5b).

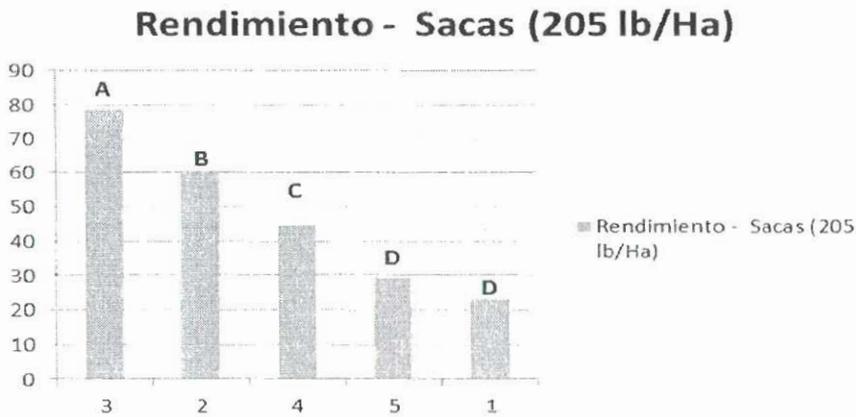


Figura 3.2: Rendimiento en sacas de 205 lb/Ha (Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)).

El tratamiento 3 es el mejor con una media de 78.80 Sacas de 205 lb/ha, siendo estadísticamente distinto de los demás tratamiento, en segundo lugar el tratamiento 2 con un rendimiento de 60.62 Sacas de 205 lb/ha.

Análisis Económico.

La diferencia entre las dos tecnologías también se presenta en el análisis económico, ya que el tratamiento 3 (Briqueta de 3.6 g) generó 616.68 USD más que el tratamiento 2 (Briqueta al voleo), como se demuestra en resumen en el cuadro siguiente (ver anexo 7 análisis completo)

Tabla 3: ingresos netos del cultivo de arroz

| INGRESOS NETOS | | | |
|----------------|----------|----------------|----------------|
| Tratamientos | Ingresos | Costos Totales | Ingresos Netos |
| T1 | 784.56 | 767.6 | 26.96 |
| T2 | 2206.4 | 1053.48 | 1152.92 |
| T3 | 3088.96 | 1219.36 | 1869.6 |
| T4 | 1754.76 | 965.08 | 789.68 |
| T5 | 1143.46 | 885.68 | 257.78 |

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. El tratamiento 3 (briqueta de 3.6 g) a pesar de usar una cantidad menor de urea que el tratamiento 2 (urea al voleo) tuvo una producción mayor, 73.56 sacas y 79,56 sacas respectivamente.
2. Se demuestra la gran eficiencia de la tecnología APBU con referencia al aprovechamiento de urea, ya que utilizamos menos urea, lo que significa un menor impacto al medio ambiente, y un mayor ingreso para el agricultor.
3. La mayoría del arroz producido, se genera en fosas de verano, por lo que esta tecnología puede ser aplicada por pequeños agricultores, y las etapas de fertilización pueden ser distribuidas a media que se va sembrando, lo que genera un mejor impacto en los jornales, que pueden ser cubierto por la familia (agricultura familiar), ya que esto no se harina de golpe en todo el terreno .

4. La aplicación de urea en briqueta en un suelo fangoso aproximadamente a 6 cm de profundidad, evito que este expuesta a volatizacion a la atmosfera ni escorrentias, lo que significó la pauta para que el tratamiento 3 sea el mejor en cuanto a numero de macollos y rendimiento.

5. En el análisis estadístico, mediante el uso de la prueba no paramétrica Kruskal Wallis se determinó que existían diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en lo referente al macollamiento, siendo el tratamiento 3 (Briquetas 3.6gr) el mejor, seguida del tratamiento 2 (urea al voleo), respectivamente.

6. En el análisis estadístico del rendimiento, se determinaron diferencias significativas, determinando al tratamiento 3 como el mejor con una media de 78.80 sacas de 205 lb/ha, siendo estadísticamente distinto a los demás tratamientos, en segundo lugar el tratamiento 2 con un rendimiento de 60.62 sacas de 205 lb/ha.

7. En el análisis económico, se pudo determinar que la tecnología APBU es más ahorrativa económicamente que la tecnología tradicional al voleo, pero hay que considerar que el pago de jornales por la aplicación de las briquetas de urea en arrozales en poza de agua, es distribuido a media de que se siembra el arroz por lo que su impacto no es inmediato y puede ser absorbido más fácilmente por el agricultor.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Capacitar a los agricultores en la aplicación de las briquetas, debido a que como es una tecnología nueva, esta puede ser mal empleada.
2. La aplicación de parcelas de muestra con la tecnología APBU en determinadas zonas, donde se realizan arrozales en poza veraniega para de esta manera la difusión de esta tecnología sea más eficiente y rápida.
3. Considerar que la implementación de las briquetas toma más tiempo que la aplicación tradicional al voleo, por lo que se debe realizar un

buen programa de fertilización, y contar con la mano de obra suficiente.

4. Debido a que la tecnología APBU ha tenido buenos resultados, se debería hacer experimentaciones con briquetas que tengan el resto de elementos esenciales para el cultivo de arroz, como fosforo, potasio, zinc y magnesio y demás microelementos.

ANEXOS

ANEXOS 1.

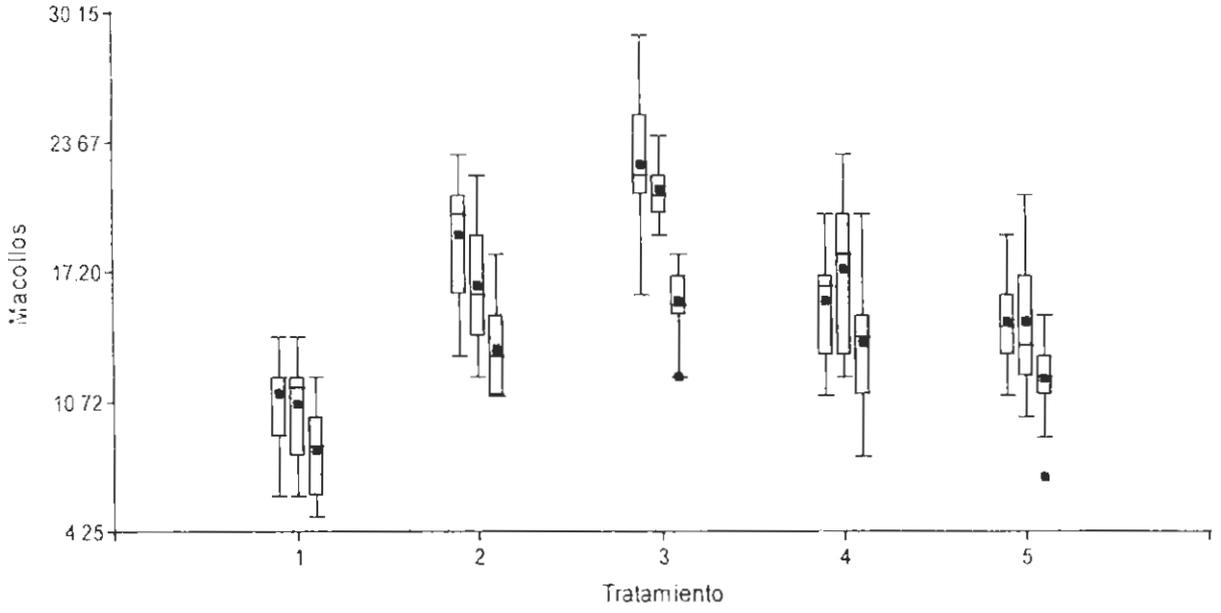
Tabla de Datos.

| Macollos por planta | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|----|----|---------------|----|----|---------------|----|----|---------------|----|----|---------------|----|----|
| N. | Tratamiento 1 | | | Tratamiento 2 | | | Tratamiento 3 | | | Tratamiento 4 | | | Tratamiento 5 | | |
| | R1 | R2 | R3 |
| 1 | 14 | 10 | 8 | 22 | 21 | 13 | 21 | 20 | 17 | 17 | 18 | 10 | 12 | 13 | 14 |
| 2 | 12 | 9 | 6 | 20 | 17 | 11 | 22 | 21 | 16 | 19 | 19 | 14 | 13 | 15 | 15 |
| 3 | 14 | 12 | 9 | 16 | 14 | 11 | 22 | 22 | 15 | 20 | 20 | 17 | 10 | 20 | 16 |
| 4 | 13 | 11 | 8 | 19 | 19 | 13 | 19 | 23 | 15 | 17 | 23 | 10 | 15 | 12 | 12 |
| 5 | 8 | 14 | 10 | 20 | 22 | 12 | 29 | 19 | 16 | 11 | 22 | 13 | 12 | 17 | 14 |
| 6 | 12 | 12 | 6 | 23 | 21 | 11 | 26 | 24 | 17 | 19 | 18 | 14 | 12 | 21 | 15 |
| 7 | 11 | 8 | 5 | 20 | 14 | 15 | 27 | 20 | 17 | 11 | 17 | 15 | 15 | 10 | 13 |
| 8 | 8 | 6 | 9 | 20 | 17 | 11 | 25 | 23 | 16 | 11 | 13 | 16 | 11 | 11 | 13 |
| 9 | 9 | 8 | 6 | 21 | 14 | 13 | 22 | 22 | 15 | 14 | 18 | 16 | 9 | 12 | 17 |
| 10 | 10 | 8 | 8 | 13 | 13 | 14 | 21 | 21 | 12 | 13 | 17 | 20 | 7 | 13 | 18 |
| 11 | 12 | 12 | 10 | 22 | 12 | 13 | 23 | 22 | 15 | 15 | 13 | 8 | 12 | 17 | 19 |
| 12 | 12 | 14 | 8 | 15 | 15 | 15 | 21 | 20 | 17 | 15 | 12 | 13 | 11 | 12 | 12 |
| 13 | 14 | 12 | 9 | 16 | 19 | 18 | 22 | 22 | 15 | 16 | 12 | 15 | 13 | 21 | 17 |
| 14 | 6 | 8 | 10 | 16 | 17 | 13 | 20 | 19 | 15 | 17 | 21 | 13 | 11 | 10 | 16 |
| 15 | 12 | 12 | 10 | 18 | 15 | 15 | 25 | 21 | 18 | 17 | 22 | 14 | 12 | 14 | 13 |
| 16 | 12 | 14 | 12 | 22 | 13 | 15 | 16 | 21 | 15 | 20 | 12 | 11 | 15 | 17 | 11 |

| Tratamiento | Variable | n | Media | D.E. | Var(n-1) | Var(n) | Mín | Máx |
|-------------|----------|----|-------|------|----------|--------|-------|-------|
| 1 | Macollos | 32 | 10.91 | 2.43 | 5.89 | 5.71 | 6.00 | 14.00 |
| 2 | Macollos | 32 | 17.69 | 3.28 | 10.74 | 10.40 | 12.00 | 23.00 |
| 3 | Macollos | 32 | 21.91 | 2.54 | 6.47 | 6.27 | 16.00 | 29.00 |
| 4 | Macollos | 32 | 16.53 | 3.53 | 12.45 | 12.06 | 11.00 | 23.00 |
| 5 | Macollos | 32 | 13.28 | 3.32 | 11.05 | 10.70 | 7.00 | 21.00 |

ANEXO 2.

Número de Macollos por planta



Amarillo. Repetición 1

Verde. Repetición 2

Grís. Repetición 3

ANEXO 3

Comparaciones de las medias de las medias de las repeticiones para cada tratamiento.

T1: R1 = R2 = R3

T2: R1 = R2 = R3

T3: R1 = R2 = R3

T4: R1 = R2 = R3

T5: R1 = R2 = R3

| Tratamiento | Repetición | n | Media | |
|-------------|------------|----|-------|-----|
| 1 | 1 | 16 | 11.19 | A |
| 1 | 2 | 16 | 10.63 | A |
| 1 | 3 | 16 | 8.38 | B |
| 2 | 1 | 16 | 18.94 | A |
| 2 | 2 | 16 | 16.44 | A |
| 2 | 3 | 16 | 13.31 | B |
| 3 | 1 | 16 | 22.56 | A |
| 3 | 2 | 16 | 21.25 | A |
| 3 | 3 | 16 | 15.69 | B |
| 4 | 1 | 16 | 17.31 | A |
| 4 | 2 | 16 | 15.75 | A B |
| 4 | 3 | 16 | 13.69 | B |
| 5 | 1 | 16 | 14.69 | A |
| 5 | 2 | 16 | 14.69 | A |
| 5 | 3 | 16 | 11.88 | B |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) Tukey Nivel de confianza 95%

Anexo 4

a. Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-----------------|---------------------------------|-----|------|--------------|-----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Macollos_Planta | .111 | 160 | .000 | .968 | 160 | .001 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors

b. Prueba de homogeneidad de varianzas

Macollos_Planta

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 2.755 | 4 | 155 | .030 |

c. Análisis de la varianza no paramétrica Kruskal Wallis.

Prueba de Kruskal Wallis

| Variable | Tratamiento | N | Medias | D.E. | Medianas | H | p |
|----------|-------------|----|--------|------|----------|-------|---------|
| Macollos | 1 | 32 | 10.91 | 2.43 | 12.00 | 95.96 | <0.0001 |
| Macollos | 2 | 33 | 17.55 | 3.33 | 17.00 | | |
| Macollos | 3 | 32 | 21.91 | 2.54 | 22.00 | | |
| Macollos | 4 | 32 | 16.53 | 3.53 | 17.00 | | |
| Macollos | 5 | 32 | 13.28 | 3.32 | 12.00 | | |

| Trat. | Medias | Ranks | |
|-------|--------|--------|---|
| 1 | 10.91 | 31.67 | A |
| 5 | 13.28 | 53.22 | A |
| 4 | 16.53 | 85.98 | B |
| 2 | 17.55 | 97.88 | B |
| 3 | 21.91 | 135.72 | C |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

ANEXO 5

Tabla de datos para la variable rendimiento

| Tratamiento | Repetición | Rendimiento |
|-------------|------------|-------------|
| 1 | 1 | 21.17 |
| 1 | 2 | 25.53 |
| 2 | 1 | 60.14 |
| 2 | 2 | 61.1 |
| 3 | 1 | 78 |
| 3 | 2 | 79.6 |
| 4 | 1 | 43.67 |
| 4 | 2 | 45.87 |
| 5 | 1 | 25.67 |
| 5 | 2 | 32.67 |

Estadística descriptiva.

| Tratamiento | Variable | n | Media | D.E. | Var(n-1) | Min | Máx |
|-------------|-------------|---|-------|------|----------|-------|-------|
| 1 | Rendimiento | 2 | 23.35 | 3.08 | 9.50 | 21.17 | 25.53 |
| 2 | Rendimiento | 2 | 60.62 | 0.68 | 0.46 | 60.14 | 61.10 |
| 3 | Rendimiento | 2 | 78.80 | 1.13 | 1.28 | 78.00 | 79.60 |
| 4 | Rendimiento | 2 | 44.77 | 1.56 | 2.42 | 43.67 | 45.87 |
| 5 | Rendimiento | 2 | 29.17 | 4.95 | 24.50 | 25.67 | 32.67 |

ANEXO 6

a. Prueba de Homogeneidad de Varianzas

| Rendimiento | | | |
|--------------------------|-----|-----|------|
| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
| 1.113 | 4 | 10 | .403 |

b. Prueba de Normalidad.

Shapiro-Wilks (modificado)

| Variable | n | Media | D.E. | W* | p(Unilateral D) |
|-------------|----|-------|-------|------|-----------------|
| Rendimiento | 10 | 47.34 | 21.59 | 0.88 | 0.1905 |

c. Análisis de la varianza.

Análisis de la varianza. Turkey 95%

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------|----|----------------|-------------------|------|
| Rendimiento | 10 | 0.99 | 0.98 | 5.84 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|----|---------|--------|---------|
| Modelo | 4156.73 | 4 | 1039.18 | 136.14 | <0.0001 |
| Tratamiento | 4156.73 | 4 | 1039.18 | 136.14 | <0.0001 |
| Error | 38.17 | 5 | 7.63 | | |
| Total | 4194.89 | 9 | | | |

| Tratamiento | Medias | n | E.E. | |
|-------------|--------|---|------|---|
| 3 | 78.80 | 2 | 1.95 | A |
| 2 | 60.62 | 2 | 1.95 | B |
| 4 | 44.77 | 2 | 1.95 | C |
| 5 | 29.17 | 2 | 1.95 | D |
| 1 | 23.35 | 2 | 1.95 | D |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0.05$)

ANEXO 7

ANALISIS ECONOMICO DE CADA TRATAMIENTO

COSTOS DE PRODUCCION

| RUBRO | UNIDAD | COSTO TOTAL DE CADA TRATAMIENTO | | | | |
|----------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| Preparacion del Suelo | Romploneada | \$ 80,00 | \$ 80,00 | \$ 80,00 | \$ 80,00 | \$ 80,00 |
| | 1 Fanguuada | \$ 80,00 | \$ 80,00 | \$ 80,00 | \$ 80,00 | \$ 80,00 |
| | 2 Fanguuada | \$ 80,00 | \$ 80,00 | \$ 80,00 | \$ 80,00 | \$ 80,00 |
| Semillas (INIAP 14) | Quintales | \$ 67,00 | \$ 67,00 | \$ 67,00 | \$ 67,00 | \$ 67,00 |
| Analisis de Suelo | Analisis | \$ 25,00 | \$ 25,00 | \$ 25,00 | \$ 25,00 | \$ 25,00 |
| Urea | Quintales | \$ - | \$ 131,00 | \$ 88,00 | \$ 70,00 | \$ 53,00 |
| Gramya (Pendimetalin) | | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 |
| Glifosato | 1 litro | \$ 16,00 | \$ 16,00 | \$ 16,00 | \$ 16,00 | \$ 16,00 |
| Cypermtrina | 1 litro | \$ 8,00 | \$ 8,00 | \$ 8,00 | \$ 8,00 | \$ 8,00 |
| Cheker | sobre de 500gr | \$ 17,00 | \$ 17,00 | \$ 17,00 | \$ 17,00 | \$ 17,00 |
| Endosulfan | sobres de 250 gr | \$ 17,00 | \$ 17,00 | \$ 17,00 | \$ 17,00 | \$ 17,00 |
| Dimetoato | 1 litro | \$ 14,00 | \$ 14,00 | \$ 14,00 | \$ 14,00 | \$ 14,00 |
| Preparacion de Semillero | Jornales | \$ 10,00 | \$ 10,00 | \$ 10,00 | \$ 10,00 | \$ 10,00 |
| Transplante | Jornales | \$ 150,00 | \$ 150,00 | \$ 150,00 | \$ 150,00 | \$ 150,00 |
| Aplicación de Herbicidas | Jornales | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 |
| Aplicación de Insecticidas | Jornales | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 |
| Desmalezar | Jornales | \$ 30,00 | \$ 30,00 | \$ 30,00 | \$ 30,00 | \$ 30,00 |
| Fletes | Alquiler | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 | \$ 20,00 |
| Fertilizacion | Por cada quintal | \$ - | \$ 6,00 | \$ 42,00 | \$ 42,00 | \$ 42,00 |
| SUMA | | \$ 674,00 | \$ 811,00 | \$ 804,00 | \$ 786,00 | \$ 769,00 |

COSTOS POST COSECHA

| RUBRO | UNIDAD | COSTO TOTAL | | | | |
|-------------|---------------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| Cosechadora | por cada saca | 46.8 | 121.24 | 157.68 | 89.54 | 58.34 |
| pilada | por cada saca | 46.8 | 121.25 | 157.68 | 89.54 | 58.34 |
| suma | | 93.6 | 242.48 | 315.36 | 179.08 | 116.68 |

| INGRESOS | | | | | |
|-------------|--|-------------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| Tratamiento | Arroz en cascara (sacos de 205 lbs) | Factor de conversion | Arroz Pilado | Precio (USD/qq) | Ingreso Total |
| T1 | 23.35 | 1.2 | 28.02 | \$ 28,00 | 784.56 |
| T2 | 60.62 | 1.3 | 78.80 | \$ 28,00 | 2206.4 |
| T3 | 78.80 | 1.4 | 110.32 | \$ 28,00 | 3088.96 |
| T4 | 44.77 | 1.4 | 62.67 | \$ 28,00 | 1754.76 |
| T5 | 29.17 | 1.4 | 40.83 | \$ 28,00 | 1143.46 |

| INGRESOS NETOS | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tratamientos | Ingresos | Costos Totales | Ingresos Netos |
| T1 | 784.56 | 767.6 | 26.96 |
| T2 | 2206.4 | 1053.48 | 1152.92 |
| T3 | 3088.96 | 1219.36 | 1869.6 |
| T4 | 1754.76 | 965.08 | 789.68 |
| T5 | 1143.46 | 885.68 | 257.78 |

APÉNDICES

Apéndice A

Secuencia de Fotos de las Primordiales Etapas de la Experimentación

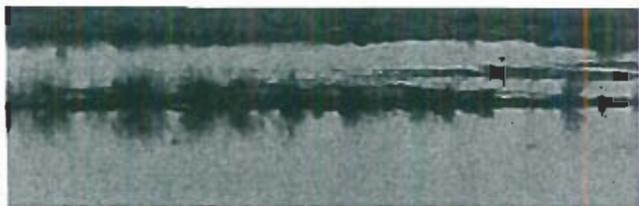


Foto 1: Preparación y limpieza de Terreno

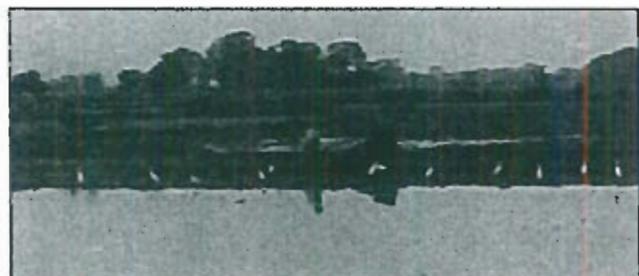


Foto 2: Semillero de arroz



Foto 3: Trasplanté de arroz



Foto 4: Aplicación de Briquetas

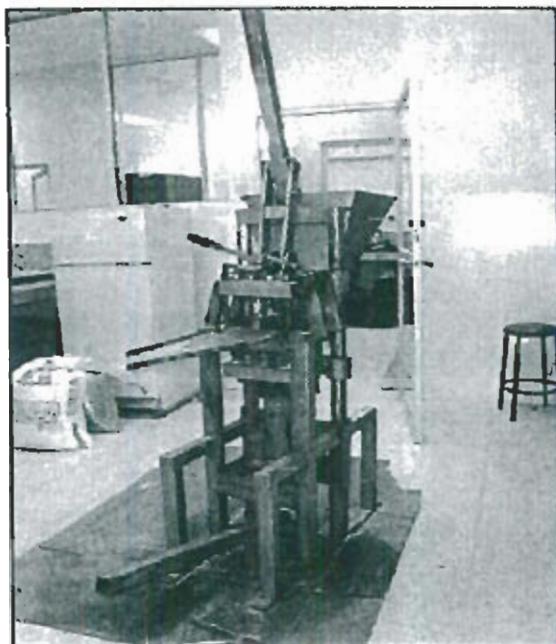


Foto 5: Desarrollo del cultivo



Foto 6: Cosecha de los tratamientos por etapas

Apéndice B



Maquina Briquetadora Manual



Maquina Briquetadora a Motor



Briqueta de 2.1 g

Briqueta de 2.8 g

Briqueta de 3.6 g

BIBLIOGRAFÍA

[1] Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

[2] Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Boliche. Manual No. 66. Manual del cultivo de arroz. Guayas - Ecuador 2007.

[3] Angladette A, Botánica y Sistemática del Arroz, ES. Editorial Blume, Barcelona, 1969.

[4] Herrera, G. 1998. Manejo de Riego. In Manejo integrado del cultivo de arroz en el Ecuador. INIAP, FENAROOZ, GTZ. Guayaquil, Ecuador 1998.

[5] 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 seco.

[6] Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Informaciones Anuales del Departamento de Malezas 1981-2005. Yaguachi - Ecuador. Estación Experimental Boliche, Departamento de Protección Vegetal.

[7] Banco Central del Ecuador , Sistema de Información Agropecuaria – Ministerio de Agricultura y Ganadería disponible en:
http://www.sica.gov.ec/comext/docs/import/mpro_actual.htm

[8] Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) , Sistema de Información Estadística Agropecuaria - Magap

http://www.inec.gov.ec/comext/excel/2009_actual.htm