



T631-8.  
ORE.

## **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

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

“Adopción de la Aplicación Profunda de Briquetas de Urea  
(APBU) en condiciones de campo extensivo del arroz (*Oriza  
Sativa*) en la zona del Km. 15 de la vía La Troncal – Puerto  
Inca ”

### **PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Previo a la Obtención del Título de:

### **INGENIERO AGROPECUARIO**

Presentado por:

Hernán Francisco Orellana Solis

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2011

# AGRADECIMIENTO

A Dios, mis padres, mi esposa y amigos que me han apoyado a lo largo de la realización del presente trabajo.

# DEDICATORIA

A DIOS

MIS PADRES

MI ESPOSA E HIJA

AMIGOS

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Ing. Francisco Andrade S.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



---

Econ. Paúl Herrera S. Ph.D.  
DIRECTOR DE PROYECTO



---

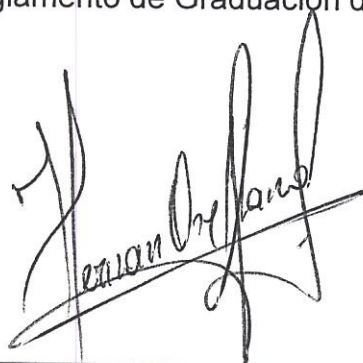
Ing. Inelda Medina H.

VOCAL

# DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe de Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hernán Francisco Orellana Solís', written over a horizontal line.

Hernán Francisco Orellana Solís

# RESUMEN

El siguiente informe se basa en la implementación de la tecnología de Aplicación Profunda de Briquetas de Urea (APBU) realizado en la Hacienda Macaybi, ubicada en la zona del Km. 15 de la vía La Troncal – Puerto Inca.

En condiciones de campo extensivo se evaluaron 3 tratamientos los cuales se detallan a continuación: T1 siembra por trasplante + briquetas de urea de 3.6 gr; T2 siembra por voleo + briquetas de urea de 3.6 gr; T3 testigo, fertilización con urea granulada.

El método de fertilización con briquetas de urea (T1 y T2) fue comparado con el método de fertilización convencional (T3), pudiendo comprobar que el T1 mostró los mejores resultados en porcentajes de producción como en ingresos netos; siendo el T2 el tratamiento con una producción inferior al T1 pero superior al T3 y por último el T3 fue el tratamiento que arrojó los resultados más bajos del experimento con un 20% menos en la producción con respecto al T1.

El ahorro de urea al usar la tecnología de Aplicación Profunda de Briquetas de Urea (APBU) se expresa hasta un 30% comparando con el testigo, esto representa un ahorro económico de \$34.50 en gasto de urea por hectárea lo cual permite al agricultor incrementar su ingreso neto hasta \$205.00 por hectárea de arroz cultivado en comparación al testigo.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL	II
ABREVIATURAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>1 REVISIÓN LITERARIA.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Origen del arroz.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Taxonomía.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Morfología.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Fisiología.....</b>	<b>6</b>
<b>1.5 Variedades.....</b>	<b>7</b>
<b>1.6 Distribución geográfica.....</b>	<b>8</b>
<b>1.7 Importancia económica.....</b>	<b>8</b>
<b>1.8 Requerimientos edafoclimáticos.....</b>	<b>10</b>

1.8.1	Clima.....	10
1.8.2	Temperatura.....	11
1.8.3	Suelo.....	12
1.8.4	Ph.....	12
1.9	Labores Culturales.....	13
1.9.1	Preparación de Suelo.....	13
1.9.2	Siembra.....	14
1.9.3	Fertilización.....	16
1.9.4	Riego.....	17
1.9.5	Malezas.....	17
1.9.6	Plagas y enfermedades.....	18

## CAPÍTULO 2

2	IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN EL ARROZ.....	19
2.1	Causas de la deficiencia del n en el arroz.....	20
2.2	Función del nitrógeno en el arroz.....	21
2.3	Síntomas de deficiencia del nitrógeno.....	22
2.4	Dinámica del nitrógeno en el suelo.....	24
2.5	Efecto de la inundación en la disponibilidad de n.....	25
2.6	Liberación lenta de nitrógeno.....	28
2.6.1	Briquetas de urea.....	28
2.6.2	Beneficios de las briquetas de urea.....	32



2.6.3	Aplicación de las briquetas.....	33
2.6.4	Beneficios ambientales.....	34
<b>CAPÍTULO 3</b>		
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
3.1	Ubicación del ensayo.....	35
3.2	Materiales y herramientas.....	35
3.3	Metodología.....	37
<b>CAPÍTULO 4</b>		
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS Y RESULTADO.....</b>	<b>40</b>
4.1	Rendimiento de kilogramos/Ha con método tradicional.....	40
4.2	Rendimiento de kilogramos/Ha con método de briquetas.....	41
4.3	Costo de Inversión.....	43
<b>CAPÍTULO 5</b>		
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>46</b>
5.1	Conclusiones.....	46
5.2	Recomendaciones.....	47
ANEXOS		
APÉNDICES		
BIBLIOGRAFÍA		

# ABREVIATURAS

AA	Análisis de Adaptabilidad.
APBU	Aplicación profunda de briquetas de urea
Cm	Centímetro.
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral.
G	Gramo.
H	Hora.
Ha	Hectárea.
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
K	Potasio.
Kg	Kilogramo.
Lb	Libra.
M	Metro.
Mm	Milímetros.
N	Nitrógeno.
P	Fósforo.
PIB	Producto Interno Bruto.
Qq	Quintales.
T	Tonelada.
USD	Moneda Dólar Americano.
SIR	Sistema de investigaciones rurales

# ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Siembra por trasplante.....	15
Figura 2.1 Función de N en el arroz.....	22
Figura 2.2 Esquema de la aplicación de urea al voleo vs aplicación de briquetas.....	24
Figura 2.3 Plano general de la máquina briqueteadora.....	30
Figura 2.4 Aplicación de briquetas de urea.....	33
Figura 3.1 Tamaño y peso de las briquetas.....	39
Figura 3.2 Forma de aplicación de las briquetas.....	39
Figura 4.1 Urea utilizada vs ingreso neto.....	44
Figura 4.2 Urea utilizada vs cosecha.....	45

# ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Taxonomía de la planta de arroz.....	4
Tabla 1.2 Descripción de las labores a realizar para la preparación del suelo.....	13
Tabla 4.1 Descripción de los tratamientos.....	40
Tabla 4.2 Tabla de resultados; T3.....	40
Tabla 4.3 Tabla de resultados; T1.....	41
Tabla 4.4 Tabla de resultados; T2.....	42
Tabla 4.5 Análisis económico.....	43

# INTRODUCCIÓN

Los cereales son los alimentos más importantes y básicos de millones de seres humanos en el mundo y de varias razas de animales domésticos. Su nombre hace honor a la diosa *Ceres*, la deidad romana de las cosechas. El cultivo de los cereales se ha convertido en la actividad agrícola más importante en el mundo; muestra de ello es que el trigo, el maíz y el arroz ocupan los tres primeros lugares como productos para la elaboración de harinas de panificación, para el consumo humano y para fabricar alimentos concentrados; a su vez, son productos que mueven grandes cantidades de dinero en el comercio internacional.

El cultivo de arroz en nuestro país es de gran importancia socioeconómica, según datos registrados por el III Censo Agropecuario Nacional, se cultivan alrededor de 343.936 hectáreas, la mayoría de esta superficie está en manos de pequeños productores que desarrollan el cultivo mediante la aplicación de diversas tecnologías, que está en relación con la disposición de recursos económicos, acceso a la capacitación, y al incentivo de los precios del mercado.

El cultivo de arroz por su fácil manejo de producción, disposición de tecnologías apropiadas, semillas certificadas, suelos aptos para su cultivo, etc., representa

una valiosa alternativa de producción nacional para mejorar la economía rural de pequeños y medianos productores, con base al incremento de la productividad y generación de empleo, así como para la exportación.

Para la producción de arroz el (N) nitrógeno es uno de los principales macro nutrientes que necesita el cultivo, y debido a los altos costos de dicho producto en el mercado, se ve la necesidad de mejorar las técnicas de producción y la eficiencia de los fertilizantes utilizados para dicho fin.

La Aplicación Profunda de Briquetas de Urea (APBU) es una tecnología simple y desarrollada en países asiáticos como Bangladesh, Filipinas, La India, etc. Con esta tecnología se estudia el efecto de reducir los niveles de fertilización nitrogenada en un 40% y mejorar la eficiencia en la lenta liberación de nitrógeno, además se puede reducir el impacto ambiental al reducir los niveles de volatilización y lixiviación del nitrógeno.

La presente investigación se enfocó en la aplicación de briquetas de urea en condiciones de campo extensivo como alternativa de fertilización versus al tipo de fertilización habitual en la zona del kilometro 15 vía La Troncal-Puerto Inca para pequeños y medianos productores de arroz (*Oryza Sativa*).

# CAPÍTULO 1

## 1. REVISIÓN LITERARIA

### 1.1. Origen del Arroz

La aparición de los cereales se remota al Neolítico; y son originarios del continente euroasiático, con excepción del maíz y la quinua (que es un seudocereal) que tuvieron su origen en América. Todos los cereales actuales se han obtenido del mejoramiento genético continuo en los centros de investigación.

Por ser el arroz una de las plantas más antiguas, ha sido difícil establecer con exactitud la época en que el hombre inició su propagación. La literatura hace mención de él, 3000 años antes de Cristo, donde consideraban el inicio de la siembra como una ceremonia religiosa importante que estaba reservada a su emperador.

También se menciona al arroz como el más importante de 5 cultivos en la alimentación. En el Valle del Yang-Tsé Kiang se han encontrado restos de arroz, los cuales se supone existieron 3000 o 4000 años antes de Cristo. Esto no significa que el

cultivo de arroz no sea anterior a esta época, ni que sea originario de China. Parece, por el contrario, que la *Oryza Sativa* L; procede del sureste asiático.

En Ecuador se tiene noticias del arroz en el año 1774, en esta época se recoge datos de producción de la zona de Yaguachi, Babahoyo y Baba de 30 qq, 1000 qq y 200 qq de arroz, respectivamente. Es interesante hacer nota que, en la zona de Daule, actualmente típica área arrocera, no se menciona cosechas de esta gramínea, y más bien se señala un sistema de producción de ganado vacuno, caballar, de lana, cacao y algodón (2) .

## 1.2. Taxonomía

El arroz es una fanerógama, tipo espermatofita, subtipo angiospermo. Ver **tabla 1.1**

**TABLA 1.1 Taxonomía de la planta de arroz**

<b>Clase</b>	Monocotiledónea
<b>Orden</b>	Glumiflorales
<b>Familia</b>	Gramineae
<b>Subfamilia</b>	Panicoideas
<b>Tribu</b>	Oryzeae
<b>Subtribu</b>	Oryzineas
<b>Género</b>	Oryza

**Fuente:** Folleto INIAP – 2007 (2).



### 1.3. Morfología

La planta de arroz es una herbácea, con tallos redondos, huecos, hojas planas y una panoja terminal. Las raíces son fibrosas; las raíces adventicias secundarias remplazan a las raíces embrionarias, que son las que crecen de la semilla cuando germinan, El tallo se compone de una serie de nudos y entrenudos en orden alterno. Las hojas están dispuestas en ángulo con el tallo en dos hileras, una en cada nudo. En el tallo principal se desarrolla el mayor número de hojas. La panícula es un grupo de espiguillas ubicadas en el nudo superior del tallo. La panícula permanece erecta en el momento de la floración; las espiguillas se caen cuando se llenan, maduran y se forman los granos. La flor consta de seis estambres y un pistilo. El grano de arroz se compone de un ovario maduro, la lema y la palea. El embrión se une con el endospermo; la lema y la palea, con sus estructuras asociadas, constituyen la cáscara. El período vegetativo de la planta se inicia con la germinación, sigue la formación de la panícula, la floración, hasta la maduración. (1)

## 1.4 Fisiología

El crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende un ciclo completo de la germinación hasta la maduración del grano. El desarrollo de la planta de arroz es un proceso de cambios fisiológicos y morfológicos que tienen lugar en la planta y modifica su funcionamiento (2).

El crecimiento y desarrollo de la planta de arroz se divide en tres fases principales: vegetativa, reproductiva y maduración.

**Fase Vegetativa:** Comprende desde la germinación de la semilla hasta la iniciación de la panícula.

**Fase Reproductiva:** Comprende desde la iniciación de panícula hasta la floración.

**Fase Maduración:** Comprende desde la floración hasta la madurez total de los granos. En ambientes tropicales la fase reproductiva tiene un periodo de 30 días y la maduración entre 30 y 35 días. (2)

## 1.5 Variedades

Actualmente el INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) a desarrollado en nuestro país una serie de variedades mejoradas como INIAP-7, INIAP-11, INIAP-12, INIAP-14, INIAP-15, INIAP-16, que son resistentes a muchos factores adversos al arroz como plagas-enfermedades, acame, etc. y muy eficaces en producción en las diferentes zonas agrícolas del Ecuador. (8)

En el **anexo 1** se detalla información sobre las variedades cultivadas en Ecuador, y sus especificaciones técnicas.

- **Variedad INIAP-15**

En esta investigación la variedad utilizada fue INIAP-15 de la cual se sabe lo siguiente:

La variedad INIAP 15-BOLICHE, fue desarrollada por el Programa Nacional de Arroz del INIAP, a partir del año 2000 a través de hibridaciones. Proviene del cruce de IR18348-36-3-3/CT10308-27-3-1P-1-3-3P, y su pedigrí es IN119-8-2-1. Evaluada como segregante hasta el 2003.. Posteriormente, ingresó a ensayos de líneas de observación, y es a partir de esta fecha que se evaluó en ensayos de rendimiento hasta el

2006 en las zonas de Boliche, Taura, Daule, Santa Lucía y Samborondón bajo condiciones de riego.

En el **anexo 2** se encontrará la tabla con las características de la variedad INIAP 15.

### **1.6 Distribución Geográfica**

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de gente que depende de su cosecha. A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se considera la superficie cosechada, pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales.

### **1.7 Importancia Económica**

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 3.40 t/ha, nivel de rendimiento menor al promedio regional del área

andina. Existen 75814 UPA (Unidades Productivas Agropecuarias) sembradas con arroz de cuales el 65% son de menos de 10 Ha.

Este cultivo ocupa la mano de obra de numerosas familias ubicadas en los estados socioeconómicos rurales medios y bajos y también genera ingresos a otros sectores que intervienen en el proceso: industriales, comerciantes mayoristas, minoristas y transportistas. Se estima que el 11% de la población económicamente activa del sector agrícola trabaja en este rubro. Los subproductos de la fase de campo e industrial (arrocillo y polvillo) se utilizan en actividades relacionadas a producción bovina, porcina y avícola.

El rubro arroz es de gran importancia en el contexto nacional. Dentro del gasto en alimentos y bebidas no alcohólicas, en los estratos de ingresos altos como bajos, es el segundo producto alimenticio de mayor consumo a nivel nacional urbano, lo que representa el 6.6% de la importancia relativa en relación al gasto total de alimentos. En el 2004 el consumo aparente per cápita fue de 41.4 kg. (2)

## **1.8 Requerimientos Edafoclimáticos.**

### **1.8.1 Clima**

Se trata de un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtrópicos y en climas templados y mediterráneos. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2.500 metros de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultiva en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas.

Dependiendo del clima y del ciclo de las variedades, se obtienen entre 1 y 4 cosechas de arroz al año. En clima tropical se obtienen generalmente dos cosechas al año, a veces tres como en Vietnam en el Delta del Mekong. En China se llegó a realizar hasta cuatro ciclos por año. La cosecha principal se realiza generalmente entre los meses de diciembre y febrero. En clima templado y clima tropical frío (en altitud), se obtiene una sola cosecha al año, durante los meses de septiembre y octubre en el hemisferio Norte, y durante los meses de marzo y abril en el hemisferio Sur.

### 1.8.2 Temperatura

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13 °C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de los 40 °C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo exigible de 7 °C, considerándose su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos e inconsistentes, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades. El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días.

El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15 °C. El óptimo de 30 °C. Por encima de los 50 °C no se produce la floración. La respiración alcanza su máxima intensidad cuando la espiga está en zurrón, decreciendo correlativamente después del espigado. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor. Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos.

### 1.8.3 Suelo

El arroz se adapta a diversas condiciones de suelo; sin embargo, las condiciones ideales para obtener una buena cosecha son: pH 6.0 - 7.0, buen contenido de materia orgánica (mayor del 5%), buena capacidad de intercambio catiónico, buen contenido de arcilla (mayor del 40%), topografía plana, capa arable profunda (mayor de 25 cm), y buen drenaje superficial (4).

### 1.8.4 pH

La mayoría de los suelos tienden a cambiar su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación. El pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, mientras que para los suelos alcalinos o básicos ocurre justamente lo contrario. El pH óptimo para el arroz es 6,6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la disponibilidad de fósforo son altas y, además, las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos, están por debajo del nivel tóxico. (2)



## 1.9 Labores Culturales

### 1.9.1 Preparación de suelo

En la **tabla 1.2** Se detallan las labores a realizar para la preparación del suelo:

**Tabla 1.2** Descripción de las labores a desarrollar en la preparación del Suelo.

LABORES / ACTIVIDAD	PROPÓSITO
<b>Eliminación de desechos</b> (paja o panca de arroz): tan pronto como haya salido la cosecha, quemar los desechos sobre los muros o practicar quemas selectivas dentro del campo (Evitar las quemas abrasivas)	Acondicionar el suelo para la próxima siembra y evitar su desactivación biológica.
<b>Arada:</b> procurar pasar el arado un mes antes de la labor de rastra y fangueo.	Exponer a los huevos, larvas y adultos de insectos plaga, como a los patógenos existentes en el suelo a la acción de los controladores naturales (aves, reptiles, mamíferos), temperatura (frío, calor) rayos ultravioletas.

<p><b>Rastrada:</b> durante esta actividad se deberá aplicar e incorporar entre 50 – 60 sacos de estiércol descompuesto, 10 sacos de ceniza y 2 a 3 sacos de 50 kg c/u de roca fosfórica por hectárea.</p>	<p>Desterronar y mullir el suelo, proporcionarle nutrientes y activarlo biológicamente.</p>
<p><b>Fanguado y nivelado:</b> se hará sobre terreno inundando luego del pase de la rastra, utilizando un tractor aperado con jaulas de hierro utilizando un motocultor o “mula mecánica” y una tabla niveladora conocida en la zona como “avión”.</p>	<p>Batir el suelo y nivelarlo para facilitar el trasplante y la distribución adecuada de la lámina de agua.</p>

### 1.9.2 Siembra

En el Ecuador se acostumbra diferentes tipos de siembra para el cultivo del arroz del cual depende de algunos aspectos como: preparación del suelo, disponibilidad de agua, nivelación del terreno, cantidad de semilla a utilizar, etc. Los métodos de siembra más importante mencionaremos a continuación:

- **Siembra por voleo o siembra directa**

Para la siembra al voleo se toma la semilla previamente pre-germinada y se la volea en el campo de una manera

homogénea con el objetivo de que toda la semilla cubra uniformemente el terreno sin dejar claros u vacíos.

- **Trasplante**

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

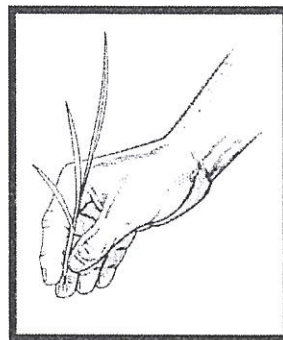


Figura 1.1. Siembra por trasplante.

- **Densidad de siembra**

La densidad de siembra utilizada en la experiencia fue de 20 x 25 centímetros, de manera tradicional, colocando de 3 a 6 plantas por sitio. Lo que nos dio un número de 20 plantas por metro cuadrado, en caso de colocar una planta por sitio, pero se manejaba alrededor de 80 plantas por metro cuadrado, lo que nos da 800,000 plantas por Ha. (3)

- **Siembra por golpe**

La siembra por golpe es la mejor recomendada si no se puede controlar la densidad de semilla en la hilera, se recomienda utilizar densidades bajas de 25 x 30 o 30 x 30 y un máximo de 4 semillas por sitio. La cantidad de semillas por hectárea utilizada no debe superar los 2 qq x Ha (3).

### 1.9.3 Fertilización

La fertilización constituye uno de los puntos más importantes en los cultivos de ciclo corto, sobretodo en el arroz (*oriza sativa*). Un cultivo bien nutrido nos garantiza una buena producción (TM/Ha), partiendo de un buen análisis de suelo, preparación del terreno, utilización de semillas certificadas, y de una temprana aplicación de

buenos insumos agrícolas, tomando en cuenta la relación costo – beneficio, reuniendo todos estos puntos aseguraremos una buena cosecha.

#### **1.9.4 Riego**

En un cultivo normal los requisitos de agua varían con las condiciones climáticas, las condiciones físicas del suelo, manejo del cultivo y período vegetativo de las variedades. Las variedades de ciclo precoz (menos de 120 días) como INIAP 11, INIAP 12, INIAP 14 e INIAP 15-Bolicho van a necesitar menor gasto de agua que las variedades de ciclo intermedio (120 a 140 días) y de ciclo tardío (más de 140 días) y en consecuencia se tendrá un menor costo de producción. Los requerimientos de agua en el cultivo de arroz se estima entre 800 a 1240 mm. (2)

#### **1.9.5 Malezas**

Las malezas se encuentran entre las principales plagas que interfieren con el cultivo de arroz, y para su manejo el productor realiza una inversión aproximada del 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 secano, respectivamente. Los componentes de producción que resultan afectados debido a su incidencia son el número de macollos, el peso de grano y el número de granos por panícula. Además, las malezas son hospederas de insectos plaga y fitopatógenos (virus, hongos, nematodos y bacterias), aumentan los costos de producción debido a gastos adicionales de limpieza de los lotes, reducen el valor de la tierra por presencia de malezas altamente nocivas (Coquito – *Cyperus rotundus* Figuras 3 y 4; Arroz rojo *Oryza sativa*), dificultan labores de cosecha y reducen el valor del grano cosechado por alta presencia de impurezas, etc.

#### **1.9.6 Plagas y enfermedades**

En el cultivo del arroz puede ser atacado en sus diferentes estados vegetativos, por una serie de insectos, ácaros, patógenos y vertebrados (pájaros y ratas), que si no se manejan de manera adecuada pueden causar serios deterioros al cultivo, a la producción y por ende a la economía de los agricultores. (11).

# CAPÍTULO 2

## 2. IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN EL ARROZ

El N juega un papel trascendental en la agricultura en general sobre todo en cultivos de ciclo corto como es el arroz (*oriza sativa*). La ausencia de nitrógeno en el suelo es muy común en el Ecuador sobretodo en suelos tecnificados donde la siembra es intensiva ya que tienden a desgastarse los suelos.

La deficiencia de N es común en todos los suelos donde se cultivan las variedades modernas de arroz sin suficiente fertilizante nitrogenado (nitrato de amonio, sulfato de amonio, urea, etc.) Se obtiene significativas respuestas a la aplicación de formas minerales y/u orgánicas de N en casi todos los suelos de arroz de zonas bajas, donde no existen otros factores limitantes como riego, otros nutrientes, plagas y enfermedades.

La insuficiencia de N puede también ocurrir en sitios donde se han aplicado altas cantidades de fertilizante nitrogenadas en formas y épocas equivocadas, provocando en las plantas una coloración amarillenta en las hojas sobre todo en las parcelas donde no se aplica N. Las hojas son mas pequeñas y de forma erecta, el macollamiento disminuye drásticamente y en la última etapa del cultivo se observa espigas pequeñas y con poco llenado del grano. Todo esto se ve reflejado en la cosecha con una

producción deficiente, son todos estos factores los que nos hacen entender la importancia del Nitrógeno.

### **2.1. Causas de la deficiencia de N en el arroz.**

La deficiencia de N puede deberse a una o más de las siguientes condiciones:

- Baja capacidad de suplemento de N del suelo.
- Insuficiente aplicación de fertilizantes nitrogenados minerales.
- Baja eficiencia de utilización de N (pérdidas por volatilización, denitrificación, lixiviación, escorrentía, e incorrecto fraccionamiento y colocación.
- Condiciones de permanente inundación que reducen el suplemento de N nativo del suelo (sistema de cultivo triple).
- Pérdidas de N debido a las lluvias intensas (lixiviación y percolación).
- Secamiento temporal del suelo durante el período de crecimiento.
- Deficiente fijación biológica de N<sub>2</sub> por severa deficiencia de P.(4)



## 2.2. Función del nitrógeno en el arroz.

El N es un constituyente esencial en los aminoácidos, ácidos nucleídos y de la clorofila. Promueve el rápido crecimiento (incremento en el tamaño de la planta y número 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 N afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento. La concentración del N en las hojas está estrechamente relacionada con la tasa de fotosíntesis en las hojas y la producción de la biomasa del cultivo. Cuando se aplica suficiente N se incrementa la demanda de otros macronutrientes como el P y K por el cultivo.

Las principales formas de N absorbido por la planta son: amonio ( $\text{NH}_4$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3$ ). La mayoría del  $\text{NH}_4$  absorbido se incorpora a los compuestos íces, mientras que el  $\text{NO}_3$  es más móvil en el xilema y también se almacena en las vacuolas de diferentes partes de la planta. El  $\text{NO}_3$  también puede contribuir a mantener el balance entre aniones y cationes, y la osmoregulación. Para cumplir sus funciones esenciales como nutriente de la planta, el  $\text{NO}_3$  debe reducirse a  $\text{NH}_4$  por la acción del nitrato y nitrito reductasa. El N es requerido durante todo el período de crecimiento, pero la mayor necesidad se presenta entre el inicio y mediados del macollamiento, y al inicio de la panoja. Un suplemento adecuado de N es necesario durante la maduración

del grano para retrasar la senescencia de las hojas, mantener la fotosíntesis durante el llenado de grano e incrementar el contenido de proteína en el grano.

El N es móvil dentro de la planta porque se trasloca de las hojas viejas a las hojas jóvenes y los síntomas de deficiencia tienden a ocurrir primero en las hojas bajas. (4)

### 2.3. Síntomas de deficiencia del nitrógeno

Plantas amarillentas de poco crecimiento. Las hojas más viejas o toda la planta tienen una coloración verde amarillenta como se observa en la **figura 2.1**.



**Figura 2.1** Función de N en el arroz.

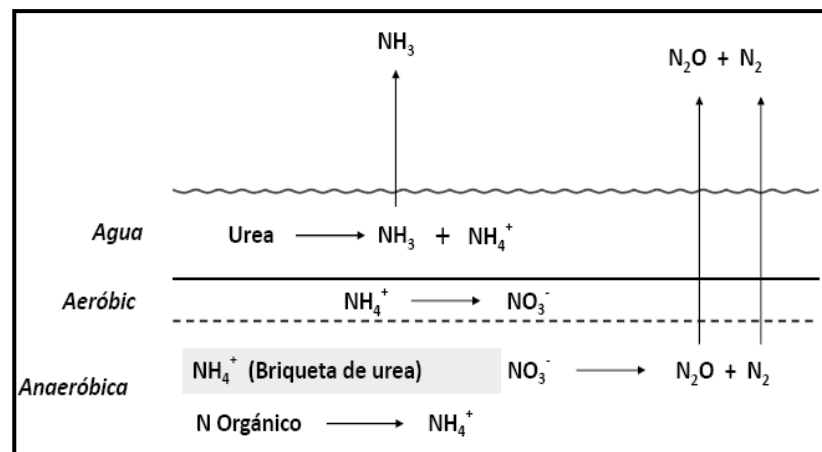
La deficiencia de N es la más común en arroz. Las hojas viejas, y en ocasiones todas las hojas, toman un color verde claro con las puntas más amarillentas. Las hojas mueren bajo condiciones severas de deficiencia. Excepto por las hojas jóvenes que son más verdes, todas las hojas son angostas, cortas, erectas y de

color verde amarillento. Todo el lote puede lucir amarillento. La deficiencia de N Ocorre a menudo en etapas críticas del crecimiento, como el macollamiento y el inicio de la panoja, cuando la demanda de N es alta. La deficiencia de N resulta en menor macollamiento, menor número de hojas y plantas pequeñas. Se reduce el número de granos. Los síntomas visuales de deficiencia de N pueden confundirse con síntomas de deficiencia de S (azufre), pero la deficiencia de S es menos común y tiende a afectar primero a las hojas jóvenes o todas las hojas de la planta. Una deficiencia leve de N puede confundirse con una deficiencia de Fe (Hierro), pero la deficiencia de hierro aparece primero en las hojas nuevas.

Para alcanzar el máximo potencial de rendimiento, el contenido de N en las hojas debe mantenerse por encima de  $1.4 \text{ g m}^{-2}$  de área foliar, lo que equivale a una lectura de 35 en el medidor de clorofila (SPAD). Ésta lectura de 35 en el SPAD en la hoja más joven completamente expandida se usa como nivel crítico de la deficiencia de N (necesidad de aplicar N) en arroz indica transplantado de alto rendimiento. En arroz sembrado directamente, se produce mayor macollamiento, se debe usar un rango de 32-33 en la lectura del SPAD (4).

## 2.4. Dinámica del nitrógeno en el suelo

Como se observa en la **figura 2.2**, cuando se volea la urea esta queda en la capa superficial y en contacto con el agua, lo que produce una oxidación que da como resultado amoníaco y radicales amonio que se pierden a la atmósfera y contamina el ambiente, después en la capa aeróbica del suelo, la cual es un medio fangoso de 1 cm que está en la capa superficial del suelo, el amonio se nitrifica y se convierte en nitratos.



**Figura 2.2. Esquema de la aplicación de urea al voleo vs aplicación de briquetas (W. Bowen, 2008).**

En la aplicación de briquetas ocurre algo diferente, estas al colocarse directamente en la capa anaeróbica del suelo donde no hay oxígeno, se efectúa una reducción de los nitratos formando Óxido nitroso mas Nitrógeno elemental los cuales se pierden a la atmósfera en mínimas cantidades ya que el nitrógeno al pasar en forma de nitratos  $\text{NO}_3$  es potencialmente asimilable para las plantas por lo que se aprovecha y no se pierde.

La urea en su forma original no contiene Amonio ( $\text{NH}_4$ ), sin embargo ésta se hidroliza con rapidez por efecto de la enzima “ureasa” y por la temperatura del suelo. En suelos desnudos y con aplicaciones superficiales de urea, algún porcentaje de Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) se pierde por volatilización. La urea al hidrolizarse produce Amonio y bicarbonato, los iones bicarbonato reaccionan con la acidez del suelo e incrementan el pH en la zona próxima al sitio de reacción de este fertilizante (banda de aplicación). Una vez que la urea se ha convertido en Amonio ( $\text{NH}_4$ ), éste es absorbido por las arcillas y la materia orgánica del suelo y el Amonio es eventualmente nitrificado o absorbido directamente por las plantas.

## **2.5. Efecto de la inundación en la disponibilidad de N**

La disponibilidad de N es mayor en suelos inundados que en suelos aireados, pero varias características, únicas de los suelos inundados, complican el manejo de N. Después de la inundación, el  $\text{O}_2$  del suelo es rápidamente consumido por los microorganismos, debido a que la tasa de difusión del  $\text{O}_2$  es 10000 veces más lenta en los poros del suelo llenos de agua que en los poros llenos de aire. Como resultado, el potencial de redox, un indicador de la reducción del suelo, decrece rápidamente en un periodo de 3-5 semanas después de la inundación a un nuevo estado de equilibrio. La tasa de crecimiento está determinada por

la cantidad de materia orgánica que puede descomponerse y por la disponibilidad de  $O_2$ ,  $NO_3$ , ÓXIDOS E HIDRÓXIDOS DE Fe y  $SO_4$ , que se utilizan como receptores de electrones en la descomposición microbiana

Pocos días después de la inundación, el  $NO_3$  se reduce y se pierde como  $N_2$  y  $N_2O$ , mientras que el  $NH_4$  tiende a acumularse como resultado de la mineralización de N. Pocas semanas después de la inundación, se desarrollan cuatro zonas que contribuyen al suplemento N:

- Una capa de agua de inundación de profundidad variable (1-15 cm) con una flora viviente que consiste en bacterias y algas que contribuyen a la fijación biológica de  $N_2$ .
- Una capa oxidada, muy delgada (0.1-1 cm) que se localiza inmediatamente por debajo de la capa de agua de inundación.
- Una capa gruesa de suelo reducido (10-20 cm) que se encuentra entre la capa oxidada y la capa hasta donde llega la remoción del suelo con la labranza.
- Una delgada capa oxidada en la rizosfera (0.1-0.5 cm) de las raíces que crecen en el suelo reducido. Las plantas saludables de arroz mantienen condiciones oxidadas en la rizosfera al excretar  $O_2$  transportado desde la parte superior de la planta a las raíces por el aerénquima.

Las transformaciones de N 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 incorporan fertilizantes portadores de  $\text{NH}_4$  adsorbe en los coloides, lo inmovilizan temporalmente los microorganismos o se retiene abióticamente en los componentes de la materia orgánica como los compuestos fenólicos. Las pérdidas por percolación son generalmente pequeñas, con excepción de suelos con textura muy gruesa.(4)

La urea aplicada al voleo es hidrolizada rápidamente (2-4 días) y es susceptible a pérdidas por la volatilización de  $\text{NH}_3$ , debido a los cambios diurnos en el pH del agua de inundación como resultado de la actividad biológica. Las pérdidas del N aplicado al voleo se relacionan con las características del agua de inundación (profundidad de la lámina, pH, temperatura y concentración de  $\text{NH}_4$ ) además de la velocidad del viento y la etapa de crecimiento de la planta. Después de la fase media de macollamiento, cuando ya se ha formado un sistema radicular denso con abundantes raíces superficiales, las tasas de absorción del N aplicado al voleo sobre la lámina pueden ser altas ( $\leq 10 \text{ kg ha}^{-1}$  por día) y esto hace que las pérdidas por volatilización de  $\text{NH}_3$  sean pequeñas.

## **2.6. Liberación lenta de nitrógeno**

Esta tecnología permite que los fertilizantes se liberen lentamente por períodos mucho más largos que la fertilización convencional.

### **2.6.1 Briquetas de urea**

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 con lo cual se aumenta la rentabilidad del cultivo. APBU está ya ampliamente diseminada y ha sido probada exitosamente en varias partes de Asia como un insumo crítico para la producción de arroz en pequeña escala (6).

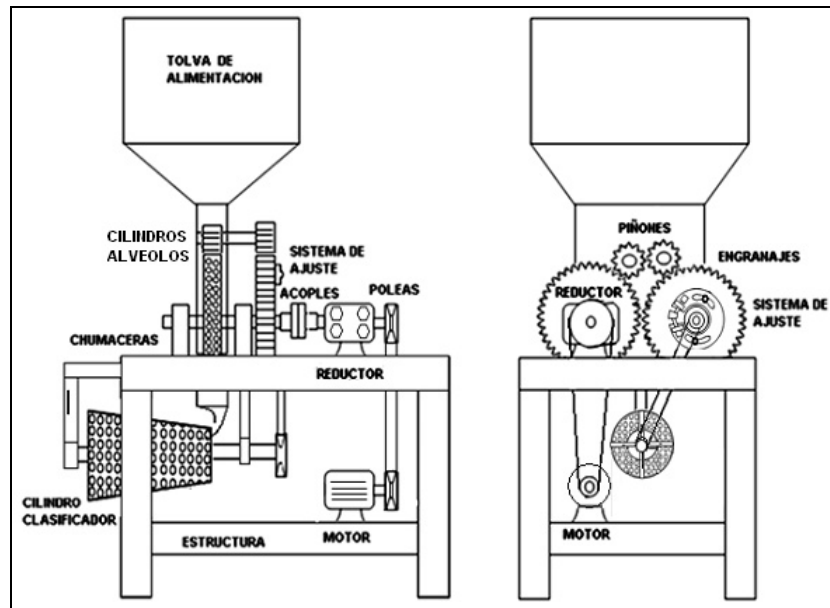
La tecnología se basa en la inserción profunda de briquetas de urea en arroz inundado, las cuales requieren ser aplicadas una sola vez durante el ciclo productivo, realizando una fertilización específica y optimizada que, además del ahorro económico que representa contribuye a problemas ambientales como calentamiento global, acidificación de suelos, contaminación del agua, disminución de la biodiversidad, agotamiento del ozono estratosférico, aumento del ozono troposférico, de aerosoles y la deposición ácida. (7).



Para la producción de briquetas de urea se cuenta con una máquina briquetadora de urea que fue diseñada en la Espol mediante una tesis de grado por el Ing. Orlando Contreras. Esta máquina está diseñada para producir aproximadamente 4 qq/h que equivale a 48.000 briquetas/hora; dichas briquetas tienen un diámetro de 19 mm y un peso de 2.70 g. Con estas características de producción la máquina briquetadora de urea satisface los requerimientos de briquetas para una hectárea de arroz en una hora y media, ya que en una hectárea se requieren 66.666 briquetas.

Esta máquina produce una fuerza mínima de compresión de 500 kgf para compactar la Urea y producir las briquetas; dicha fuerza la genera un motor eléctrico que la transmite a los engranes por medio de un Motor Reductor y de estos a los Cilindros de Alveolos que es donde se encuentran los moldes para producir las briquetas. (11)

Como se observa en la **Figura 2.3**, la Máquina básicamente está formada por una tolva, cilindros alveolos, y el cilindro clasificador, estos giran gracias a un motor conectado a un sistema de acoples y una polea.



**Figura 2.3. Plano general de la máquina Briquetadora  
(O. Contreras).**

La máquina briquetadora fue diseñada teniendo en cuenta los materiales y accesorios existentes en los mercados locales, de tal manera que el diseño es seguro, económico y además muy factible porque es totalmente desarmable, de fácil fabricación y es fácil de transportar.

La tecnología de aplicación de briquetas de urea ha sido estudiada y probada en Ecuador por el Centro de Investigaciones Rurales (ESPOL) con diferentes ensayos en la provincia del Guayas y Los Ríos, evaluando diferentes tamaños de briquetas, cantidad de nitrógeno aplicado por hectárea y desenvolvimiento de la briqueta en la liberación de nitrógeno en el suelo. Los resultados de dichos estudios muestran los mejores resultados cuando se

usan briquetas de 3,6 g bajo una fertilización de 180 kg (3,6 qq) de urea por hectárea.

Según el análisis estadístico de estos ensayos por medio de una prueba de Tukey al 95 % de confianza determinó que el tratamiento de urea al voleo y el tratamiento de Briquetas de 3.6 g fueron estadísticamente iguales, pero por medio de un análisis económico se determinó que al usar la tecnología APBU se obtiene un ahorro de 86 Kg de urea por hectárea que representa 43 USD menos al costo de producción, esto significa un incremento significativo para los agricultores arroceros del Ecuador.

En esta tesis, a partir de los resultados de las investigaciones realizadas por el CIR, se aplicaron briquetas bajo una fertilización de 180 kg de urea por hectárea, reduciendo el tamaño de la briqueta a 2,7 g por motivos de diseño de la máquina briquetadora, con esto las briquetas se aplicaron en el cultivo a los 20 días después del trasplante, y se colocaron cada 30 cm en carreras distanciadas por 50 cm. De esta manera solo se aplica el nitrógeno suficiente para el desarrollo de cuatro plantas que abarca el rango de cobertura de cada briqueta.

### **2.6.2 Beneficios de las briquetas de urea**

La tecnología de aplicación profunda de briquetas de Urea, ha mostrado excelentes resultados en campo, los cuales se acompañan de los análisis económicos que ha realizado el centro de Investigaciones Rurales en la provincia del Guayas con diferentes agricultores haciendo análisis de adaptabilidad para medir de una manera practica la diseminación y aceptación de la tecnología en pequeños productores de arroz, a pesar de no mostrar diferencia significativa en la producción en los ensayos y análisis genera un notable incremento en las ganancias de los agricultores de hasta un 14 % , acompañado del ahorro de urea de hasta un 60% en el caso más extremo; esto sin tomar en cuenta los beneficios antes mencionados de preservación de recursos de suelo y baja contaminación, que no son tomados en cuenta por el agricultor generalmente.

### **2.6.3 Aplicación de las briquetas**

Al los 20 días después de haber sido realizado el trasplante, se aplican las briquetas de urea en carreras colocándolas a una distancia de 40cm X 40cm.

Para la medición de la distancia que separa a las briquetas se usa un método similar al que se usa en la práctica de siembra de arroz por carrera. Con lo cual se cortan 2 maderos de 40 cm de largo, y sujetos con una piola se va señalando y aplicando exactamente cada 40 cm las carreras de briquetas (**Figura 2.4**);



**Figura 2.4.** Aplicación de Briquetas de Urea.

#### **2.6.4 Beneficios ambientales**

Los fertilizantes nitrogenados de liberación rápida se filtran en el suelo a través del agua de riego. El riego continuo puede lixiviar los iones con carga negativa del nitrato, más allá de la zona de raíces de la planta.

Un estudio de riego por goteo de la Universidad Tecnológica de Virginia, EU, demostró que si los fertilizantes de liberación lenta y rápida fueran aplicados al mismo valor semanal en un período de más de 12 semanas, el lixiviado acumulativo de nitrato sería 55% más alto en fertilizantes de liberación lenta (11).

# CAPÍTULO 3

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Ubicación del ensayo

La Hacienda “Macaybi” se encuentra a 15 Kilómetros del Cantón La Troncal, en la vía “La Troncal – Puerto Inca” en la zona del Cerro Churute con las siguientes coordenadas geográficas: latitud sur 2°28'22” y 2°30'05” y longitud oeste 79°14'14” y 79°31'45”, La zona presenta una altitud que oscila entre los 24 a 200 msnm. La Hacienda Macaybi cuenta con 70 Has de las cuales 40 Has han sido dedicadas a la producción de arroz convencional.

### 3.2 MATERIALES Y HERRAMIENTAS

- Máquina briqueteadora
- Briquetas de Urea N-46% con peso de 3.6 gr. c/u
- Balanza electrónica
- Palas, machete, bomba CP3
- Bomba de agua de 6”

- Tubos PVC
- ROME – PLOW
- Canguro fanguador
- Cinta métrica, piola, cañas, cinta plástica
- Latas de caña guadua, papel
- Clavos, cierra, fundas de papel
- Cámara fotográfica

### **Insumos Agrícolas**

Para el ensayo se utilizaron los insumos agrícolas mas comunes para el cultivo de arroz, en el **anexo 3** se detalla un listado de insumos utilizados.

### **UREA (N-46%)**

La Urea es un fertilizante químico de origen orgánico. Entre los fertilizantes sólidos, es la fuente nitrogenada de mayor concentración (46%), siendo por ello de gran utilidad en la integración de fórmulas de mezclas físicas de fertilizantes, dando grandes ventajas en términos económicos y de manejo de cultivos altamente demandantes de Nitrógeno (N).



### 3.3 METODOLOGIA

- a) Determinación del área experimental:** dentro de los terrenos de la Hacienda Macaybi se cuadró piscinas de  $5000\text{m}^2$  (25x200) cada  $\text{m}^2$  previamente delimitado contó con 20 plantas, esto se debe a que la distancia de siembra es de 20 cm entre planta y 25 cm entre hilera.
- b) Preparación del terreno:** se realizó un pase de romeplow para aflojar y airear el terreno, luego de eso a los pocos días se dio el segundo pase de romeplow para picar los terrones existentes por el primer pase anteriormente mencionado. Se introdujo en el terreno agua para realizar los dos pases de gavia tejida para batir la tierra y destruir por completo los terrones en las piscinas y poder trasplantar o volear la semilla.
- c) Preparación del semillero:** se seleccionó un área con fuente de agua para realizar el semillero, cercana al lote donde se realizó el trasplante. Luego se procedió a batir el terreno, para que de esta manera las raíces puedan penetrar con facilidad y no adhieran a terrones, lo que hará que se dificulte la extracción de las plantas a futuro. El semillero se realizó en una parrilla que tuvo una extensión de 1m de ancho x 12m de largo.
- Una vez que el semillero tuvo 10 días se aplicó un anti estresante a base de ácidos húmicos, fósforo, etc.

**d) Trasplante:** el trasplante es una labor que se debe realizar con sumo cuidado para estropear al mínimo la raíz al ser arrancadas las plantas del terreno. El trasplante se realizó a los 21 días después de la siembra y se tuvo sumo cuidado que los trabajadores no golpeen la raíz de las plántulas para quitar el exceso del lodo que queda en las raíces evitando así un futuro estrés para la planta ya trasplantada. El trasplante se realizó a una densidad de siembra de 20cm x 25cm, labores que fueron realizadas por personas con experiencia en trasplante.

**e) Determinación del ensayo:** para éste ensayo se determinaron los siguientes tratamientos:

- **T1:** Arroz sembrado al trasplante +5.2 qq al 46% N en forma de briquetas de 3.6 gramos por hectárea.
- **T2:** Arroz sembrado al voleo +5.2 qq de urea al 46% N en forma de briquetas de 3.6 gramos por hectárea.
- **T3:** Testigo, dosis según recomendación de un análisis previo y se sembró de la forma convencional utilizada en dicha zona que comprende siembra al voleo +5 qq de urea al 46% N por hectárea.

f) **Fabricación de briquetas:** se procedió a llevar 5 sacos de 50Kg c/u de urea granulada al 46%N (46-0-0) de la Casa Comercial Fertiandino, dicha urea se briqueteó con la máquina prensadora prototipo fabricado por ESPOL el peso y tamaño de las briquetas se la calculó a base de los resultados del análisis de suelos que se realizó en la Hacienda Macaybi la misma arrojaba briquetas con peso de 3.6 gr.

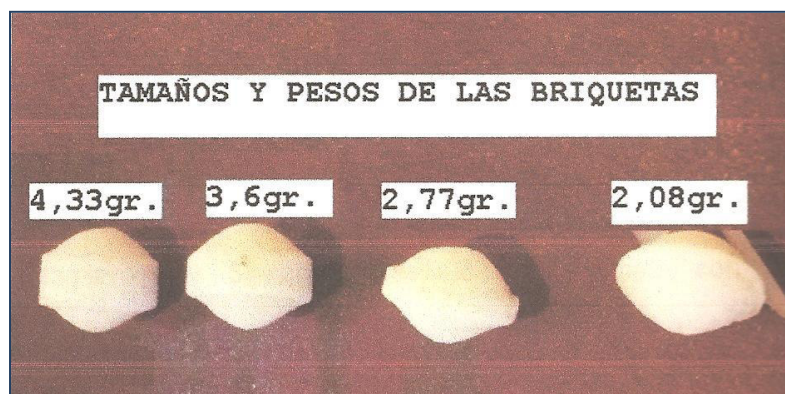


Figura 3.1 Tamaño y peso de las briquetas

g) **Implementación de las briquetas:** a los 20 días del trasplante y una vez briqueteada la urea se procedió a ser aplicada en el suelo de una forma manual, y con una profundidad de 7 a 10 cm y se aplica una briketa por cada 4 plantas de arroz .



Figura 3.2. Formas de aplicación de las briquetas.

# CAPÍTULO 4

## 4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el análisis de los resultados en este estudio se basan en los tratamientos experimentados, los cuales se detallan en la **Tabla 4.1**.

	Tratamiento
<b>T1</b>	Siembra Trasplante + Briquetas de 3.6 gr
<b>T2</b>	Siembra Al voleo + Briquetas de 3.6 gr
<b>T3</b>	Testigo; Fertilización Urea Granulada

**Tabla 4.1.** Descripción de los tratamientos

### 4.1 RENDIMIENTO DE Kg/Ha CON MÉTODO TRADICIONAL.

El tratamiento 3 de método tradicional de siembra donde se fertilizo con urea granulada suministrando el fertilizante al suelo mediante el mecanismo Al Voleo, se obtuvo la producción más baja como se remarca en la **Tabla 4.2**.

	T1	T2	T3
Urea utilizada (Kg)	157	157	<b>225</b>
Producción (Kg)	6243	5777	<b>4938</b>
Inversión (\$)	\$ 1.088,64	\$ 1.065,80	<b>\$ 901,22</b>
Ingreso Neto (\$)	\$ 787,36	\$ 670,20	<b>\$ 582,79</b>

**Tabla 4.2.** Tabla de resultados; T3

En la tabla se observa que con el método de fertilización al voleo; testigo T3, se cosecho 4938 Kg de arroz paddy, lo cual representa un 20% menos de la producción obtenida con el tratamiento T1 de siembra al Trasplante + Briquetas de 3,6 gr urea.

Es importante observar que esta producción además de ser la más baja, la cantidad de urea utilizada fue superior en un 30% comparada con cantidad utilizada en los tratamientos T1 y T2.

Se observa también que aunque el costo de inversión del T3 es inferior al de los demás tratamientos, el ingreso neto es menor en un 26 % lo que representa \$205 de ingreso neto por hectárea para el agricultor.

#### 4.2 RENDIMIENTO DE Kg/ha CON MÉTODO DE BRIQUETAS.

El método de fertilización con briquetas de Urea fue comparado con el método de fertilización convencional al voleo en dos tratamientos T1 y T2, en los cuales se aplicó Briquetas de urea de 3,6 gr con los dos métodos de siembra comúnmente usados en la zona:

Trasplante y siembra Al Voleo.

A continuación se detallan los resultados obtenidos con los diferentes métodos.

##### ➤ Siembra por trasplante + briquetas de 3.6 gr

	T1	T2	T3
Urea utilizada (Kg)	157	157	225
Cosecha (Kg)	6243	5777	4938
Inversión (\$)	\$ 1.088,64	\$ 1.065,80	\$ 901,22
Ingreso Neto (\$)	\$ 787,36	\$ 670,20	\$ 582,79

**Tabla 4.3.** Tabla de resultados; T1

El tratamiento T1 de fertilización con briquetas de Urea de 3,6 gr. + siembra al trasplante mostro los mejores resultados, como se muestra en la **Tabla 4.3**, donde se observa un

aumento de la producción del 20% comparado con el testigo de fertilización con urea granulada.

Además muestra un ahorro de urea de hasta un 30% lo que representaría un ahorro económico de \$34,5 en urea por hectárea. El ahorro económico en la fertilización permitió una alza en el ingreso neto de hasta \$205 por hectárea sembrada de arroz.

➤ **Siembra al voleo + briquetas de 3.6 gr**

	T1	T2	T3
Urea utilizada (Kg)	157	<b>157</b>	225
Cosecha (Kg)	6243	<b>5777</b>	4938
Inversión (\$)	\$ 1.088,64	<b>\$ 1.065,80</b>	\$ 901,22
Ingreso Neto (\$)	\$ 787,36	<b>\$ 670,20</b>	\$ 582,79

**Tabla 4.4.** Tabla de resultados; T2

El tratamiento T2 de fertilización con briquetas de Urea de 3,6 gr. + siembra Al Voleo a pesar de no mostrar los mejores resultados con respecto al T1 de Briquetas de Urea + siembra al Trasplante, como se observa en la **Tabla 4.4** si muestra una alza de la producción ante el testigo T3.

### 4.3 Costo de inversión

El análisis económico se obtuvo de todos los gastos involucrados en este estudio, diferenciando lo gastado en cada parcela de 1 ha de cada tratamiento.

<b>Análisis Económico</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
	<b>Siembra Trasplante + Briquetas de 3.6 gr</b>	<b>Siembra Al voleo + Briquetas de 3.6 gr</b>	<b>Testigo; Fertilización Urea Granulada</b>
Preparación de Suelo	\$170,00	\$170,00	\$170,00
Semillero	\$45,00	\$120,00	\$120,00
Siembra	\$144,00	\$10,00	\$10,00
Fertilización Foliar	\$ 173,00	\$ 173,00	\$ 173,00
<b># Sacos de Urea Utilizados</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>5</b>
<b>Fertilización de Urea</b>	<b>\$80,50</b>	<b>\$80,50</b>	<b>\$115,00</b>
<b>Aplicación de Urea</b>	<b>\$40,00</b>	<b>\$40,00</b>	<b>\$10,00</b>
Control de Plagas, malezas y enfermedades	\$288,00	\$288,00	\$288,00
Otros	\$148,14	\$184,30	\$15,22
<b>Sacos cosechados</b>	<b>67</b>	<b>62</b>	<b>53</b>
Cosechadora	\$167,50	\$155,00	\$132,00
Total Invertido	\$1.088,64	\$1.065,80	\$901,22
<b>Total Cosechado en Dólares</b>	<b>\$1.876,00</b>	<b>\$1.736,00</b>	<b>\$1.484,00</b>
<b>Ganancia Neta</b>	<b>\$787,36</b>	<b>\$670,20</b>	<b>\$582,78</b>

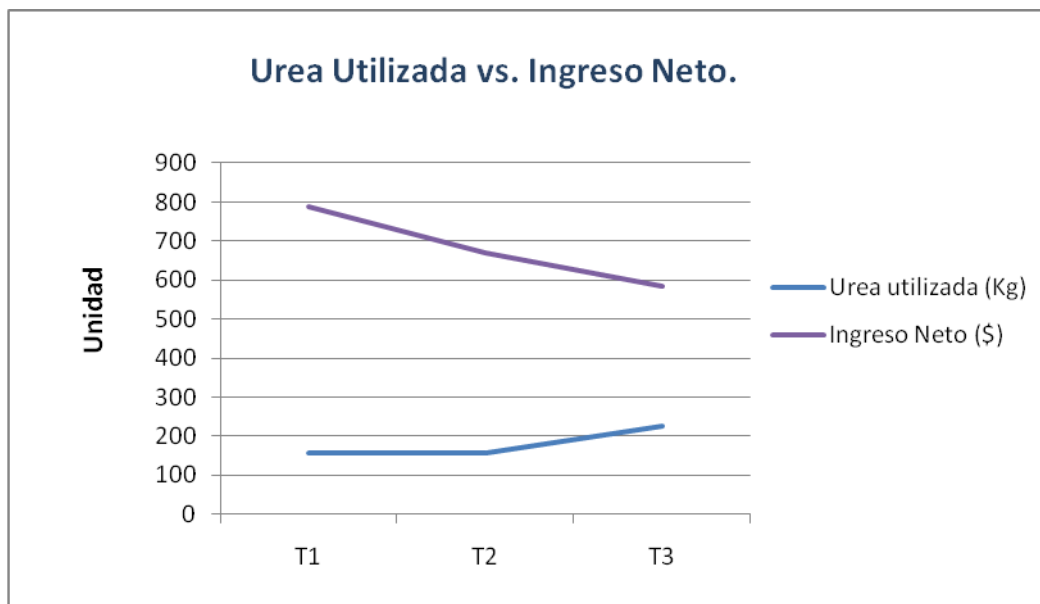
**Tabla 4.5** Análisis Económico

En la **Tabla 4.5** de Análisis económico se observa claramente el desglose de los gastos de cada parcela experimental y detalla además la diferencia de inversión básicamente producida por el método de fertilización con Urea y método de siembra.

Aunque se observa un menor valor en los costos de producción en el método de aplicación de Urea granulada Al Voleo, se puede apreciar también que el costo de urea utilizada es superior, el cual no garantiza una mayor producción como lo expresa el método de Briquetas de urea, tanto en el tratamiento de siembra al voleo, como en el tratamiento de siembra al trasplante.

Económicamente el uso de las Briquetas de Urea da como resultado mayor rentabilidad en los cultivos de arroz en la zona de La troncal, tal como se ha demostrado en estudios anteriores desarrollados en otras provincias del Ecuador por parte del SIR.

Así como se muestra en la **figura 4.1** de comparación de la urea utilizada vs. Ingreso neto obtenido.

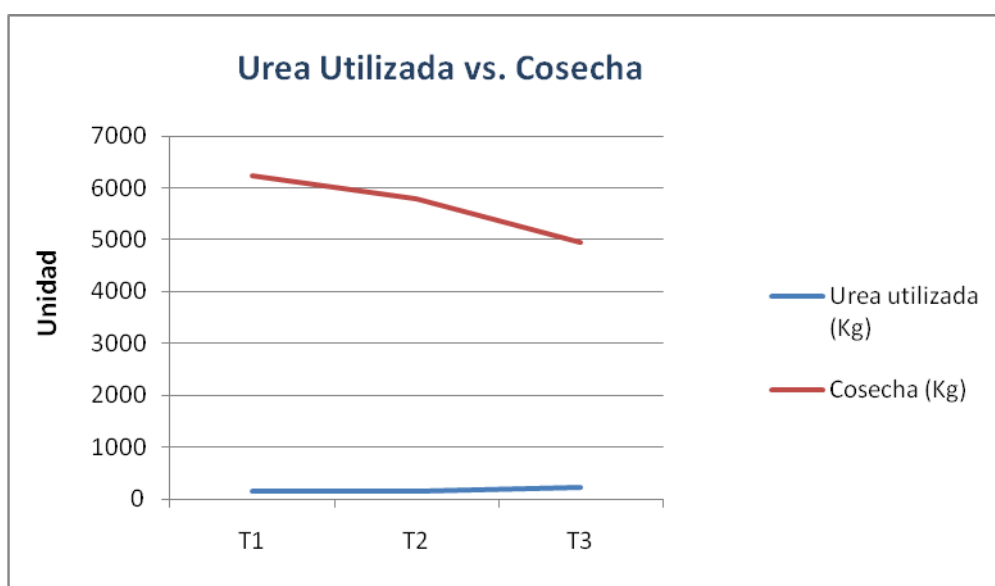


**Figura 4.1.** Urea utilizada vs. Ingreso Neto



En la grafica se observa que la cantidad de urea utilizada no es directamente proporcional con el ingreso neto, esto es ocasionado porque el uso de briquetas de Urea optimiza el aprovechamiento del nitrógeno lo que da como resultado mayor producción y mayor rentabilidad en los cultivos de arroz.

Algo parecido se observa en el **figura 4.2**, donde se enfrentan la cantidad de urea utilizada con la cosecha.



**Figura 4.2.** Urea utilizada vs. Cosecha

En esta última grafica se observa claramente el decaimiento de los kilogramos de arroz paddy cosechados por hectárea en el tratamiento 3 correspondiente al Testigo.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- La investigación realizada en la hacienda Macaybi sobre la adaptación de la aplicación profunda de briquetas de urea (APBU) se desarrollo en condiciones de campo extensivo y mas no en condiciones de campo experimental, lo cual nos permite obtener datos más reales en los temas de producción y costos de inversión al aplicar la tecnología estudiada.
- El tratamiento T1 de fertilización con briquetas de Urea de 3,6 gr. + siembra al trasplante mostró los mejores resultados, en condiciones de producción extensiva, donde se observa un aumento de la producción del 20% comparado con el testigo de fertilización con urea granulada.
- El ahorro de urea al usar la tecnología de Aplicación Profunda de Briquetas de Urea se expresa de hasta un 30% comparado con el testigo, esto representa un ahorro económico de \$34,5 en gasto de urea por hectárea para el pequeño productor.

- El método de Aplicación Profunda de Briquetas de Urea permite al agricultor incrementar su ingreso neto por hectárea en el cultivo de arroz de hasta \$205 en comparación con el testigo como se observó en el análisis económico.

## **5.2 Recomendaciones**

- Realizar investigaciones por parte de ESPOL para la fabricación de una máquina implementadora de briquetas ya que esta tecnología también se la puede aplicar a cultivos de gran escala, considerando que el factor tiempo y capital humano no se llegue a convertir en una limitante para esta innovadora técnica.
- Publicar resultados en medios de comunicación y días de campo para que los agricultores conozcan sobre la aplicación profunda de briquetas de urea (APBU).
- Crear centros de acopio en puntos estratégicos en zonas agrícolas del Ecuador con el objetivo de permitir a productores de arroz acceso a una máquina briquetadora o el servicio de briqueteado de la urea para la utilización de la tecnología.
- Promover investigaciones sobre el tema de liberación lenta de Nitrógeno y su contribución al Medio ambiente el cual se va degradando día a día.

- Realizar investigación acerca del Impacto Ambiental que ésta tecnología pueda causar en el Ecuador, específicamente en las provincias arroceras.

Anexo 1. Tabla de Variedades de Arroz en Ecuador.

Características	INIAP 7	INIAP 415	INIAP 11	INIAP 12	INIAP 14	INIAP 15
Año de liberación	1976	1979	1989	1994	1999	BOLICHE 2006
Origen	CIAT	CIAT	CIAT	CIAT	IRRI	INIAP
Rendimiento t/ha* (riego)	4,5 a 9	4,4 a 9	5 a 9	5 a 9	5.8 a 11	5.1 a 9
Rendimiento t/ha* (secano)	-	4, a 9	5,5 a 6,8	5 a 7	4.8 a 6	-
Ciclo vegetativo (días)	125 - 145	135 - 150	105 - 129	100 - 126	110 - 127	117 - 128
Altura (cm.)	102 - 127	100 - 118	100 - 111	100 - 111	99 - 107	89 - 108
Longitud de Grano **	L	L	L	EL	L	EL
Arroz entero (%)	67	69	68	71	66	67
Desgrane ***	R	R	I	I	I	I
Latencia en semanas	09-dic	04-jun	04-jun	04-may	04-jun	4 - 6
Piricularia *** (Quemazón)	R	S	R	R	S	R
Manchado de grano ***	MS	MR	MR	MR	MR	MR
Hoja Blanca ***	MS	MS	MR	MS	MR	MR

**Anexos 2. Características de la variedad INIAP 15.**

CARACTERÍSTICAS	VALORES Y/O CALIFICACIÓN
Rendimiento 1/	64 a 91
Ciclo vegetativo (días)	117 a 128
Altura de planta (cm)	89 a 108
Número de panículas / planta	17 a 25
Granos llenos / panícula	145
Peso de 1000 granos (g)	25
Longitud de grano (mm)2/	7.5
Grano entero al pilar (%)	67
Calidad culinaria	Buena
Hoja Blanca	MR
Pyricularia grisea	R.
Acame de plantas	R.
Latencia en semanas	04-jun
1/ Rendimiento en sacas de 200 libras de arroz en cáscara al 14% de humedad y 0% de impurezas.	
2/ Grano extra largo (EL) más de 7,5 mm	
R= Resistente; MR= Moderadamente Resistente	

Anexos 3. Insumos Utilizados en el ensayo.

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	<b>INGREDIENTE ACTIVO</b>	<b>MODO DE ACCIÓN</b>	<b>DOSIFICACIÓN EN 200 LTS/AGUA</b>	<b>CONTROLA</b>
FUEGO	PROPANIL	CONTACTO SISTÉMICO	3000-4000 CC	HOJA ANGOSTA
PROWL	PENDIMENTALINA	SISTÉMICO/SELLO	2000 CC	HOJA ANGOSTA/MATA SEMILLA
ALLY	METSULFURON METIL	SISTÉMICO	300 CC	HOJA ANCHA/CIPERACEAS
CHECKER	-	SISTÉMICO	1 KILO	CIPERACEAS

NOMBRE COMERCIAL	MODO DE EMPLEO	ÉPOCA DE APLICACIÓN	CONCENTRACIÓN
UREA	FERTILIZANTE AL SUELO	INICIO/DESARROLLO/FINAL	46%N
KRISTALON	FERTILIZANTE FOLIAR COMPUESTO	INICIO/DESARROLLO/FINAL FLORACIÓN Y LLENADO FINALIZADOR	INICIO 13-40-13 DESARROLLO 18-18-18-3 FLORACIÓN Y LLENADO 15-5-30-2 FINALIZADOR 12-12-36
EVERGREEN	FERTILIZANTE FOLIAR COMPLETO	- ELONGACIÓN DEL TALLO - EMERGENCIA DE LA PANÍCULA	7.8 - 7.8 - 7.8 - 0.02 - 0.25

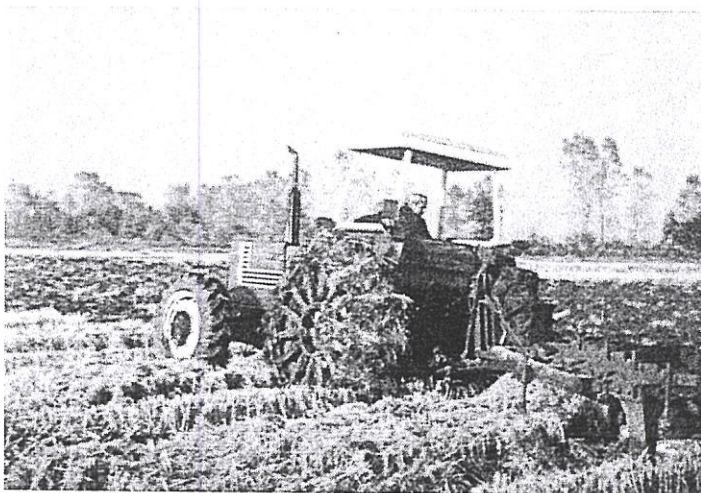
NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	UTILIZACIÓN
Cyperpac	Cipermetrina	Insecticida piretroide de gran espectro
Puñete	Carbetaminazin	Fungicida
Giberelin 10 %	Giberalina	Regulador del crecimiento
Glifosato	Sal isopropilamina de glifosato	Controla malezas (no selectivo) de forma sistémica
Gramoxone	Paraquat	Controla malezas (no selectivo) por contacto



# APÉNDICES

# APÉNDICE #1

## Preparación del Terreno



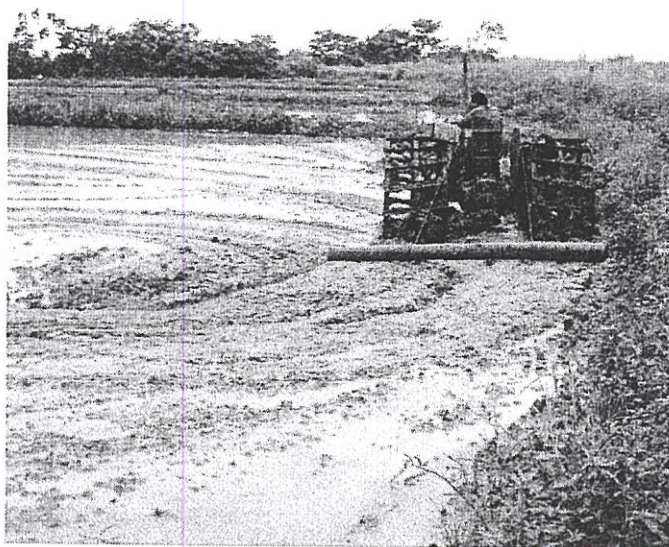
**Arada**



**Canalera**



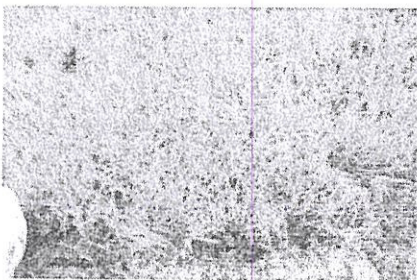
**Fanguero**



**Fanguero con palo**

# APÉNDICE #2

## Elaboración del Semillero



## **APÉNDICE #3**

### **Siembra**



**Voleo de Semilla**



**Plantulas listas para el trasplante**



**Trasplantadores**



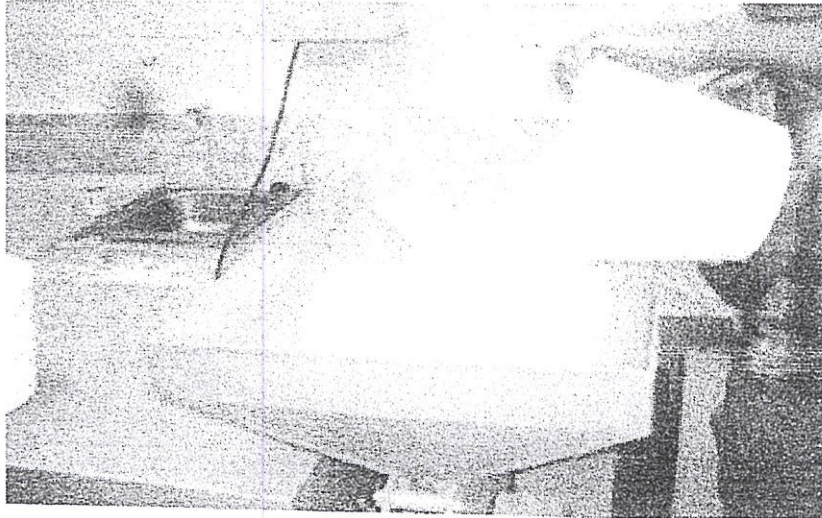
**Parrillas**



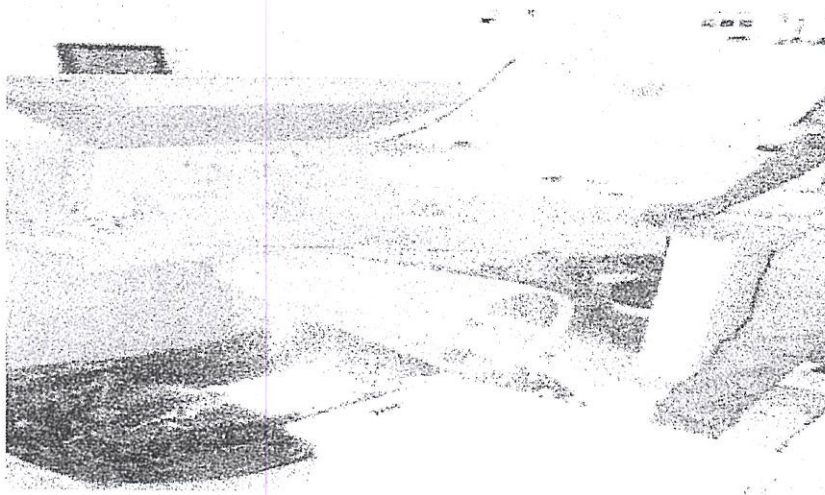
**Trasplante**

# APÉNDICE #4

## Elaboración de Briquetas



### Urea Granulada



### Briquetas de Urea

# APÉNDICE #5

## Aplicación de Briquetas

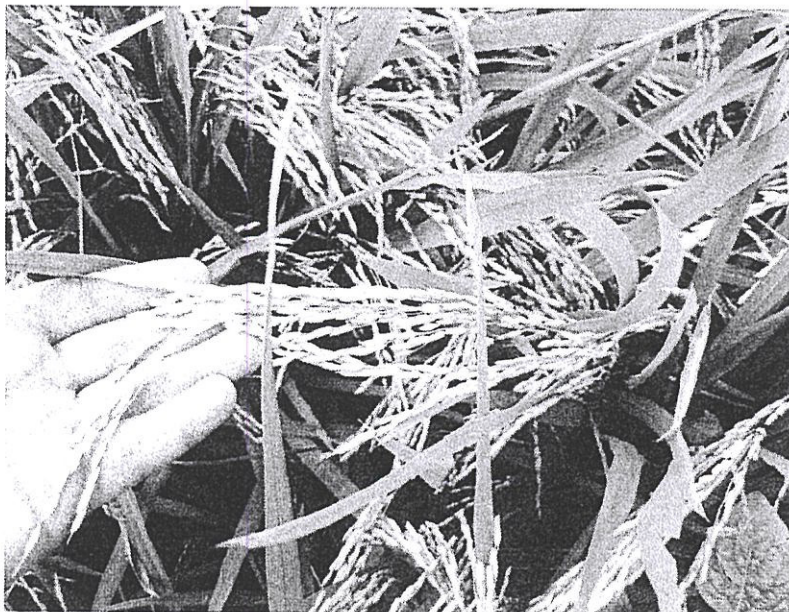




# APÉNDICE #6

## Resultados

### T1: Trasplante + Briquetas (3.6gr)



## T2: Siembra al voleo + Briquetas (3.6gr)



**T3: Testigo siembra al voleo + Briquetas (3.6gr)**



**T3**

# **BIBLIOGRAFÍA**

## **BIBLIOGRAFIA.**

- 1) INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria, EC) 1987. Manual Agrícola de los Principales Cultivos del Ecuador. Manual No. 10
- 2) INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, Estación Experimental Boliche. Manual No. 66. Manual del cultivo de arroz. Guayas - Ecuador 2007.
- 3) Angladette, A 1969 Botánica y Sistemática. El Arroz. Barcelona, ES. Editorial Blume.
- 4) TRILLAS, Manual para Educación Agropecuaria Arroz Área producción vegetal, Primera Edición, Octava Impresión, México 1993
- 5) Importancia del nitrógeno del arroz, <http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cba98>.
- 6) James Wargo, agrónomo de la empresa Georgia-Pacific, briquetas de urea , [www.hortalizas.com/pdh/?storyid=1313](http://www.hortalizas.com/pdh/?storyid=1313)
- 7) Beneficios de las briquetas de urea, [www.secsuelo.org/PDF%20todo%20simposio/PDF%20Nutricion/Nutricion%20Magistrales/3.%20Dr.%20Walter%20Bowen.pdf](http://www.secsuelo.org/PDF%20todo%20simposio/PDF%20Nutricion/Nutricion%20Magistrales/3.%20Dr.%20Walter%20Bowen.pdf)
- 8) Características edafoclimaticas, [www.inamhi.gov.ec/html/inicio .htm](http://www.inamhi.gov.ec/html/inicio.htm)
- 9) Calle O, 2009. Análisis de la aplicación profunda de briquetas de urea en el suelo como fuente de lenta liberación de nitrógeno en la producción de arroz, EC.

- 10) Mora S, 2009. COMPARACIÓN DE DOS TECNOLOGÍAS DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO (UREA) EN DIFERENTES NIVELES EN EL CULTIVO DE ARROZ: APLICACIÓN PROFUNDA DE BRIQUETAS DE UREA Y LA APLICACIÓN TRADICIONAL AL VOLEO, Ec
- 11) Peter E. Hildebrand & John T. Russell 1996, *Adaptability Analysis, a method for the Design, Analysis and interpretation of on-Farm research-Extension*. First Edition.
- 12) Bowen, W., R. B. Diamond, U. Singh, T. P. Thompson. 2005. Farmer and Environmental Benefits Derived from Deep Placement of Urea Briquettes for Flooded Rice in Bangladesh. Paper contributed to the 3<sup>rd</sup> International Nitrogen Conference. Science Press, USA, pp. 71-76.
- 13) Josep María Franquet Berniz & Cinta Borrás Pamies 2007 *Economía del Arroz: Variedades y mejoras*. Universidad Internacional de Cataluña (UIC).
- 14) Orlando D. Contreras Bernal, 2008. *Diseño y Cálculo de una Máquina para Producir Briquetas de Urea*. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción; Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).
- 15) Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Boliche. Manual No. 66. Manual del cultivo de arroz. Guayas - Ecuador 2007.