

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TESIS DE GRADO**

Presentada al CITTE, como requisito previo a la obtención de  
Título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO.**

**TEMA:**

Comportamiento agronómico de la variedad de arroz Iniap 15 a la  
fertilización combinada con micro alga y líquenes en el cantón  
Yaguachi, Provincia del Guayas”

**AUTOR:**

Antonio Fabricio Peralta Palma

**DIRECTOR:**

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete

**BABAHOYO- LOS RÍOS- ECUADOR**

2011

# DEDICATORIA

Al culminar la presente investigación que me propuse realizar para obtener el título de ingeniero agropecuario, expreso mi dedicatoria.

- A Dios
  
- A mis padres, Marcos Wilson Peralta Jaramillo y Esther Noemí Palma Lozano con mucho cariño por haberme dado su cariño y consejo que me supieron dar y guiar por el bien
  
- A mi hermano Joao Marcos Peralta Palma, a mi esposa Olga Jixu Gonzales Freiré y a mi hijo Joshua Abraham Peralta
  
- A la Lcda. Juanita Freiré Burgos.

# AGRADECIMIENTO

El proyecto y la realización de esta tesis me llevo un considerable tiempo, fue un trabajo de amor y exigió todos mis esfuerzos, a ti dios bendito por esa sabiduría que me brindaste sin tu apoyo celestial no hubiera alcanzado mi objetivo.

A mis padres por que constantemente me abrieron sus corazones brindadme su apoyo y amor incondicional siendo ellos los forjadores de mi vida

Por los grandes conocimientos que me trasmitieron la amistad y confianza quien me brindaron por todo este tiempo a mis compañeros de aula por esos días lindos y también por esos duros días que vivimos sin dejar de ser esos grandes compañeros no solo de aula, si no también compañeros de secretos y vivencias.

- Ing. Agr. Msc. Miguel Arévalo (Catedrático de la U.T.B)
  
- Universidad Técnica De Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniera Agropecuaria

# CONTENIDO

## CAPITULO

I	INTRODUCCIÓN	1-4
II	DEVISION DE LITERATURA	5-11
III	MATREIALES Y MÉTODOS	12-21
IV	RESULTASOS	22-40
V	DISCUSIÓN	42-44
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45-47
Vii	RESUMEN	48-50
VIII	SUMMARY	51-53
IX	LITERATURA CITADA	54-55

## ANEXOS

## I. INTRODUCCION

El arroz (**Oryza sativa L**), es un cereal perteneciente a la familia Poaceae; de mucha importancia en el mundo, porque es un producto de alimentación básica en la dieta humana. Además, es una fuente de empleo para los sectores rurales de Asia (continente con mayor producción de arroz), aunque también el arroz es ampliamente cultivado en África y América.<sup>1/</sup>

En el Ecuador el cultivo de esta gramínea se realiza en dos ciclos productivos: secano y bajo riego. Se siembra una superficie anual de alrededor de 400.000 hectáreas, principalmente en las provincias de Guayas y Los Ríos. Existe un excedente de producción en el ciclo productivo de invierno, el pico de cosecha se presenta en los meses de abril y mayo; el rendimiento promedio por hectárea bordea las 3.6 tm.<sup>2/</sup>

El cultivo de arroz orgánico (ecológico) en la actualidad tiene una extensión en algo más de 1000 hectáreas distribuidas aproximadamente en 150 productores, así mismo no se conoce con exactitud una demanda de este tipo de gramínea, pues en el país no existe una cultura de arroz orgánico.<sup>3/</sup>

En nuestro país en el cultivo de arroz uno de los problemas más críticos es la deficiencia del nitrógeno y de materia orgánica de los suelos de cultivo. El uso generalizado de fertilizantes artificiales tipo urea, como fuente de nitrógeno, si bien está sosteniendo la labor arrocera, por otro lado provoca problemas medioambientales, incluyendo apelmazamiento del terreno, cambios de la actividad microbiológica y química del suelo y contaminación del agua. Esta situación se torna todavía más crítica cuando las preferencias del mercado apuntan actualmente a los productos agrícolas orgánicos.

El nitrógeno constituye un elemento importante en la química de las plantas, y se lo requiere normalmente en gran cantidad, por lo que con frecuencia este elemento resulta factor limitante de su crecimiento. Las plantas no pueden utilizar el abundante nitrógeno del aire, sino que lo asimilan en la forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ); excepto las leguminosas cuando mantienen simbiosis con bacterias del género *Rhizobium* que son capaces de alcanzar alrededor de 90 kg N/ha.

Una alternativa del abono nitrogenado químico es la fijación biológica de nitrógeno, que realizan ciertas bacterias y algas. Estos

microorganismos poseen un complejo enzimático que se encargan de convertir el nitrógeno elemental en amonio que es directamente aprovechable por las plantas, o que es oxidado a nitratos por bacterias nitrificantes presentes en los suelos.

La asociación simbiótica entre el helecho *Azolla* sp. y la cianobacteria filamentosa *Anabaena* sp, por su alta capacidad fijadora de nitrógeno ha adquirido en los últimos tiempos mucha importancia para la agricultura, especialmente para el cultivo de arroz. *Azolla* es un helecho acuático que alberga en las cavidades en la base de la fronda una cianobacteria del género *Anabaena*. Ecológicamente la *Azolla* es responsable del aumento sustancial del nitrógeno del medio ambiente debido a que durante su vida fija nitrógeno.

Las microalgas son protistas fotosintéticos; en general son los más eficientes convertidores de energía solar debido a su sencilla estructura celular. Además al estar suspendidas en agua, tienen un mejor acceso al CO<sub>2</sub> y otros nutrientes. Se encuentran ampliamente distribuidas en la biósfera adaptadas a una gran cantidad de condiciones.<sup>4/</sup>

Por las razones expuestas, se justificó realizar la presente investigación, pues la mezcla adecuada de helecho, algas y microalgas crearía un mejor modo para la asimilación de nitrógeno en el medio de desarrollo del cultivo de arroz.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

Evaluación del comportamiento agronómico de la variedad de arroz `INIAP 15´ a la fertilización combinada con micro algas y líquenes en los suelos de la zona de Yaguachi, Provincia del Guayas.

### **1.1.2 Objetivo específico**

1. Estudiar la respuesta agronómica del cultivo de arroz a la convivencia con las algas.
2. Determinar la dosis más apropiada de microalgas para maximizar el rendimiento del grano.
3. Realizar un análisis económico del rendimiento del grano en función al costo de los tratamientos.



## II REVISIÓN DE LITERATURA

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias **(10)**, La nueva variedad de arroz `Iniap 15`, es otra alternativa de siembra, muestra menos posibilidad de quebrarse, y su rendimiento por hectárea es mayor a lo normal, clase de grano cuyas características son superiores al `Iniap 7`, 11, 12, 14 y 415. Aunque el rendimiento por hectárea es de tres sacas adicionales, su calidad de grano es mayor, como lo exige el mercado actual. Las investigaciones del nuevo híbrido, señalan que el porcentaje de centro blanco de este arroz es menor en comparación a los anteriores tipos, esto hace que tenga menos probabilidades de quebrarse en el momento de que pase por la piladora. El tamaño del grano es extra largo, es decir que es mayor a los 7,5 milímetros y ha mostrado más resistencia a ciertas condiciones climáticas y a la 'hoja blanca', que es transmitida por el insecto *Tagosodes orizicolus*.

**Alcivar y Mestanza (1)**, Indican que la importancia del nitrógeno en las plantas queda suficientemente probada, porque es un componente de las proteínas, las que a su vez es constituyente del protoplasma, cloroplastos y enzimas, participa activamente en la fotosíntesis y

promueve la expansión de la lámina foliar. Las plantas con deficiencia de nitrógeno son raquílicas y con pocos macollos con excepción de las hojas jóvenes que son verdes, las demás son angostas, cortas, erectas y amarillentas. Las hojas inferiores presentan secamiento del ápice a la base, la deficiencia de nitrógeno se presenta a menudo en etapas crítica de la planta, como el macollamiento y el inicio de la panícula.

**GROS**, citado por **SUCRE (14)**, menciona que la importancia del nitrógeno en las plantas queda suficientemente probada, puesto que sabemos que participa en la composición de las más importantes sustancias orgánicas, tales como la clorofila, aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Un suministro adecuado de nitrógeno en la planta produce: rápido crecimiento, color verde intenso de las hojas, mejora la calidad de las hojas y aumento del contenido de proteínas y aumenta en la producción de hojas, frutos y semillas, etc.

Estudios realizados en el Centro Internacional de Agricultura Tropical **(3)**, señalan que la mayoría del nitrógeno tomado por la planta es almacenado en la lámina y vainas de las hojas hasta la etapa de floración, momento en el cual de todas las partes de la planta se transloca rápidamente al grano, en tal proporción que alrededor de la mitad del nitrógeno almacenado en una planta bien fertilizada, va a los granos. La traslocación del otro 50 % del nitrógeno contenido en el grano ocurre después de la floración.

**Foundation for Agronomic Research (9)**, en base a estudios realizados, indican que el nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas, forma parte de todas las células vivientes y las plantas necesitan grandes cantidades de nitrógeno. Las plantas absorben la mayor parte del nitrógeno en la forma de iones amonio o de nitrato, dependiendo de la condición del suelo si esta en reducción bajo lámina de agua o sin esta.

Así mismo, las investigaciones han demostrado que los cultivos utilizan cantidades considerable de amonio, si se encuentra en el suelo. El nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula de clorofila, tiene un papel en el proceso de fotosíntesis. La falta de nitrógeno y clorofila significa que el cultivo no utilizará la luz solar como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes; el nitrógeno es también un componente de las vitaminas y sistemas de energía de la planta **(9)**.

**Mestanza y Alcívar (12)**, manifiestan que el arroz, como todas las especies vegetales cultivables, para su nutrición, necesita disponer de una cantidad adecuada y sobre todo de nutrientes, suministrado por el suelo o por una fertilización balanceada.

De acuerdo a estudios realizados por **Rodrigues (13)**, indica que el fenómeno de clorosis es reversible en un momento determinado, agregándole nitrógeno soluble al suelo la planta puede recuperar su color normal y crecimiento. Los síntomas generales de deficiencia de nitrógeno son: menor crecimiento; debilitamiento de la planta; amarillamiento; necrosis de tejido y caída de hoja.

Investigaciones realizadas por la Escuela Politécnica del Litoral **(7)**, indican que la Azolla es un diminuto helecho acuático que alberga en las cavidades de sus hojas a la bacteria Anabaena. Esta bacteria cumple con la función de fijar del aire sobre los 1200 kg de nitrógeno por hectárea por año en condiciones óptimas de temperatura, luz y composición química del suelo y agua. Azolla Anabaena tiene un elevado potencial como abono verde en el cultivo de arroz en zonas tropicales, además de un sinnúmero de aplicaciones en los sectores agrícola, pecuario y acuícola.

**Montaño** citado por **Jiménez (11)**, expresa que la Azolla, es un helecho que se cultiva en pozas naturales, puede llegar a sustituir a la úrea en el 100%, según algunos ensayos realizados por la Escuela Politécnica del Litoral (Espol). El técnico investigador del proyecto en la Espol, explicó que el ensayo se ejecutó en los lugares El Arrozal y El Boquerón, del cantón Daule, donde al realizar la primera cosecha de la

gramínea fertilizada con Azolla sin utilizar úrea lograron rendimientos de 5,98 toneladas por hectárea de arroz en cáscara.

Se ha determinado que la aplicación de Azolla es como un biofertilizante en los cultivos de arroz. El género Azolla agrupa a seis especies de pequeños helechos acuáticos que viven flotando en aguas tropicales y templadas de todo el mundo, se puede encontrar en ríos y charcas la especie Azolla caroliniana, las principales características que la hacen útil como biofertilizante son:

- Alta capacidad para fijar nitrógeno
- Rápida propagación, duplican su biomasa entre tres y seis días.
- Rápida descomposición en el suelo.
- No transmiten enfermedades a los cultivos **(5)**.

**Montaño** citado por **Bernal (2)**, en base a investigaciones realizadas, han demostrado que la Azolla anabaena puede transformar el nitrógeno en sustancias orgánicas que son fertilizantes de las plantas. La Azolla es un helecho acuático que vive en simbiosis con una bacteria que es la Anabaena, y que los agricultores la pueden obtener y reproducir en su propio medio. Además manifiesta lo único que necesitan para su reproducción –argumenta el especialista– es contar con agua y algo de materia orgánica como estiércol de ganado. La Azolla, explica el técnico, crece muy rápido, en quince días ya se

puede contar con suficiente producto para fertilizar una hectárea de arroz.

La Anabaena es un género de alga verde-azul (cianobacterias) de reproducción asexual y que es autótrofa por tener una clorofila dispersa, común en agua dulce, también se encuentran en aguas saladas y en hábitats terrestres. Soporta condiciones ambientales extremas (temperaturas de 73 °C), sus células carecen de núcleo y de otras estructuras celulares **(15)**.

Las microalgas son individuos unicelulares o pluricelulares, cuyas células funcionan independientemente, realizando todas las funciones vitales; la alimentación, en general, es fotosintética. La principal particularidad de las microalgas es su elevada concentración en aminoácidos, polisacáridos, fitohormonas, oligoelementos y antioxidantes, lo que la convierte en el complemento biológico por excelencia en la mayoría de los cultivos. Todas estas sustancias, actúan sobre el crecimiento del tejido radicular secundario, sobre la multiplicación de las células en el crecimiento de la masa de la planta, la multiplicación de nuevos brotes y sobre un mejor cuajado de las flores que proporciona, a su vez, una mayor uniformidad del fruto tanto en lo que respecta a su tamaño como a su aspecto externo **(6)**.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación **(8)**, indican que la temperatura es un factor clave que limita el crecimiento de Azolla. Una temperatura entre 25-30°C es óptima para el crecimiento de la especie. Un pH de 5-8 resulta óptimo para Azolla, aunque esta puede sobrevivir en un rango de pH de 3.5 - 10.0.

Las microalgas juegan un importante rol en la capacidad productiva global; aunque producen solamente el 0,2% de la fotosíntesis de la biomasa, se estima que aproximadamente realizan la fijación del 50% del carbono orgánico global y que contribuyen entre el 40-50% a la oxigenación de la atmósfera **(4)**.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Ubicación y Descripción del campo experimental**

La presente investigación se la realizó en los terrenos ubicados en los kilómetros 31 de la vía Duran-Puerto Inca, Cantón Yaguachi Provincia del Guayas; con coordenadas geográficas de 02° 15' de latitud sur y de 79° 38' de longitud oeste y una altura de 12 msnm.

El clima de la zona es tropical y con una temperatura media de 25 °C, precipitación anual de 1608 mm, con una humedad relativa del 80%; heliofania de 1000 horas anuales<sup>1</sup>.

El suelo es de topografía plana textura franco arcilloso y buen drenaje.

#### **3.2 MATERIAL GENETICO**

---

<sup>1</sup> Datos tomados en la Estación Meteorológica del Ingenio Valdez,



Como material genético de siembra se utilizaron semillas de la variedad de arroz “INIAP 15”, obtenida por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias; cuyas características agronómicas se describen a continuación:

<b>Características</b>	<b>Valores y/o Calificación</b>
Rendimiento <sup>1/</sup>	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) <sup>2/</sup>	7,5
Grano entero al pilar (%)	67
Calidad culinaria	Buena
Hoja blanca	MR
Pyricularia grisea	R.
Acame de plantas	R.
Latencia en semanas	4 a 6

1/ Grano extra largo (EL) más de 7.6mm

2/ Rendimiento de arroz en cáscara al 14% de humedad

### 3.3 FACTORES ESTUDIADOS

Variable Independiente: Concentración de Azolla – Spirulina.

Variable Dependiente: Comportamiento del cultivo de Arroz

### 3.4 TRATAMIENTOS

Los tratamientos ensayados fueron los siguientes:

Tratamientos	Materia Fresca	Época de Aplicación
	Kg/ha	
Azolla	3000	Inicio de macollamiento
Azolla	3500	Inicio de macollamiento
Azolla	4000	Inicio de macollamiento
Urea*	335	
Spirulina	500	Inicio de macollamiento
Spirulina	1000	Inicio de macollamiento
92 kg/N – 30kg/K20		
Spirulina	1500	Inicio de macollamiento
Sulfato de Amonio*	733	
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	Inicio de macollamiento
Testigo Agricultor**	200 de Urea + 60 Muriato de k	
Programa Balanceado***	150 – 60 - 165	

\* Los fertilizantes urea y sulfato de amonio fueron fraccionados en tres partes iguales y aplicados al inicio del macollamiento, elongación de tallo e inicio del primer día floral.

\*\* El fertilizante urea fué fraccionado en dos partes iguales y aplicados a los 25 y 45 días después de la siembra. El potasio fué aplicado a los 25 días después de la siembra.

\*\*\* El programa balanceado de fertilización fue determinado en base a los nutrientes disponibles en el suelo y requerimientos nutricionales para obtener 7 toneladas de arroz en cáscara por hectárea siendo 150 – 60 – 165 Kg/ha NPK. (6.52-2.61-5.5 sacos/h de urea, superfosfato triple y muriato de potasio, respectivamente) El N fué fraccionado en tres partes iguales y aplicados al inicio del macollamiento; elongación de tallos e inicio del primordio floral. El fósforo y el potasio fueron aplicados a la siembra quedando incorporados. Se utilizó como fuente de nitrógeno, fosforo y potasio, los fertilizantes urea al 46% N, Superfosfato triple al 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y Muriato de potasio al 60% K<sub>2</sub>O.

### **3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se empleó el diseño experimental “Bloques completos al azar”, en cuatro repeticiones. Cada bloque estuvo constituido por once tratamientos distribuidos aleatoriamente.

El parcela experimental estuvo constituida por 12 hileras de 5m de longitud, separadas a 0.25m, dando un área de  $3m \times 5m = 15m^2$ . El área útil de la parcela experimental fue de  $2m \times 5m = 10m^2$ ; es decir que se eliminó dos hilera a cada lado por efecto de bordes.

La separación entre bloques o repeticiones fue de 2m y entre parcelas experimentales fué de 0,50m.

Todas las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de variancia; y para determinar la diferencia estadística entre los medias de los tratamientos, se empleó la prueba de significancia estadística de Tukey al 95% de probabilidad.

### **3.6 MANEJO DEL ENSAYO**

Durante el desarrollo del ensayo se realizarón todas las prácticas y labores agrícolas que requirió el cultivo

### **3.6.1 Análisis de suelo**

Antes de realizar la preparación del suelo, se tomó una muestra compuesta del mismo, para proceder a un análisis físico y químico.

### **3.6.2 Preparación del terreno**

La preparación del suelo consistió en dos pases de rastra en sentido contrario, quedando el suelo suelto y mullido, para asegurar una germinación uniforme de las semillas.

### **3.6.3 Siembra**

La siembra se realizó a chorro continuo en hileras; con una densidad de 100Kg de semilla por hectárea.

### **3.6.4 Control de maleza**

A los 8 días después de la siembra se aplicó el herbicida pre emergente Prowl en dosis de 3 l/ha. Posteriormente, se aplicó la mezcla de los herbicidas Nominee 100 SC + Basagran en dosis de 0,4 más 1,5 l/ha para el control de las gramíneas y malezas de hojas anchas.

### **3.6.5 Riego**

El cultivo se realizó mediante el sistema de riego por inundación; se mantuvo una lámina de 10 cm de agua en el terreno desde los 15 días después de la siembra hasta los 15 días antes de la cosecha.

### **3.6.5 Fertilización**

La fertilización se realizó de acuerdo a los tratamientos ensayados.

### **3.6.6 Control de plagas y enfermedades**

Cuando la planta tuvo 26 días de edad, se aplicó el insecticida Fipronil en dosis de 250 cc/ha para el control de *Hydrellia* sp. Posteriormente a los 56 días de edad se aplicó Metamidophos en dosis de 0,6 l/ha para el control de *Rupella albinella*.

### **3.6.7 Cosecha**

La cosecha se realizó en forma manual, cuando los granos lograron su madurez fisiológica en cada parcela experimental.

### **3.7 DATOS EVALUADOS**

Con la finalidad de estimar los efectos de los tratamientos, se tomaron los datos siguientes:

#### **3.7.1 Macollos a la cosecha**

Dentro del área útil de la parcela experimental, se lanzó al azar un cuadro de un metro cuadrado, procediéndose a contar todos los macollos que estuvieron dentro de esta área.

#### **3.7.2 Panículas a la cosecha**

En el mismo metro cuadrado que se evaluó el número de macollos, se procedió a contar el número de panículas al momento de la cosecha, en cada parcela experimental.

#### **3.7.3 Macollos efectivos**

El porcentaje de macollos efectivos estuvo determinado por la relación número de panículas/m<sup>2</sup> entre número de macollos/m<sup>2</sup>, luego ese cociente se multiplicó por cien, para expresarlo en porcentaje.

### **3.7.4 Altura de planta a la cosecha**

La altura de la planta se evaluó en 10 plantas tomadas al azar, desde el nivel del suelo hasta el ápice de la panícula más sobresaliente; al momento de la cosecha.

### **3.7.5 Días a la floración**

Es el tiempo transcurrido entre la fecha de siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron panículas completamente fuera de la hoja envainadora.

### **3.7.6 Longitud de panícula**

La longitud de panícula estuvo determinada por la distancia comprendida entre el nudo ciliar al ápice de las panícula, excluyendo la arista. La evaluación se realizó en cinco panículas tomadas al azar en cada parcela experimental.

### **3.7.7 Granos por panículas**

Se tomaron al azar cinco panículas por parcela experimental contándose el número de granos llenos, luego se promedió.

### **3.7.8 Esterilidad de la panículas**

En cinco panículas tomadas al azar en cada panícula experimental, se determinó el porcentaje de esterilidad dividiendo el número de granos vanos por el número total de granos (fértiles y estériles), y este cociente se multiplicó por cien para expresarlo en porcentaje.

### **3.7.9 Peso de 1000 semillas**

Se tomaron 1000 granos en cada parcela experimental, teniendo cuidado de que los mismos no tuvieran dañados por insectos o enfermedades; luego se pesaron en una balanza de precisión y su promedio se expresó en gramos.

### **3.7.10 Madurez fisiológica**

Es el número de días comprendido desde la fecha de siembra hasta cuando los granos presentaron madurez fisiológica en cada parcela experimental.



### **3.7.11 Rendimiento de grano**

Estuvo determinado por el peso de los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental. Los pesos se ajustaron al 14% de humedad y se transformaron a toneladas por hectárea, se empleó la siguiente fórmula para ajustar los pesos:

$$Pu = Pa (100 - ha) / (100 - hd)$$

Donde:

Pu= Peso uniformizado

Pa= Peso actual

Ha= Humedad actual

Hd= Humedad deseada

### **3.7.12 Análisis económico**

Se realizó en función del nivel del rendimiento de grano en kg/ha y el costo económico de los tratamientos.

## IV RESULTADOS

### 4.1 MACOLLOS A LA COSECHA

Los promedios de macollos/m<sup>2</sup> evaluados al momento de la cosecha del arroz variedad 'Iniap 15', se muestran en el Cuadro 1. El análisis de varianza reportó alta significancia estadística para los tratamientos; cuyo coeficiente de variación fué 1.55%.

El tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK, con un promedio de 419.5 macollos, se comportó superior y diferente estadísticamente a los restantes tratamientos. Luego siguieron los tratamientos (H) Sulfato de Amonio 733 Kg/ha; (D) Urea 335 Kg/ha y (A) Azolla 3000 Kg/ha con promedios 399; 397 y 389.5 macollos, respectivamente, sin diferir estadísticamente. Mientras que los tratamientos (E) Spirulina 500 Kg/ha; (J) Testigo agricultor y (F) Spirulina 1000 Kg/ha lograron los menores promedios de 368.5; 370.5 y 371 macollos, en su orden; siendo iguales estadísticamente.

### 4.2 PANÍCULAS A LA COSECHA

En el Cuadro 2, se presentan los promedios de panículas/m<sup>2</sup> a la cosecha, existiendo alta significancia estadística para tratamientos. El coeficiente de variación fué 1.59%.

**Cuadro 1.-** Promedios de macollos/m<sup>2</sup> al momento de la cosecha en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona de Yaguachi, Provincia del Guayas. 2011.

Tratamientos	Materia Fresca	PROMEDIO
	Kg/ha	
Azolla	3000	389,50 b*
Azolla	3500	386,25 bcd
Azolla	4000	387,50 bc
Urea	335	397,00 b
Spirulina	500	368,50 e
Spirulina	1000	371,00 e
Spirulina	1500	372,50 de
Sulfato de Amonio	733	399,00 b
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	374,00 cde
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	370,50 e
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	419,50 a
PROMEDIO		385,02
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		1,55

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey al 95% de probabilidades.

La azolla y spirulina se aplicaron al inicio de macollamiento.

**Cuadro 2.-** Promedios de panículas/m<sup>2</sup> a la cosecha en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona, de Yaguachi, Provincia de Guayas. 2011.

Tratamientos	Materia Fresca	PROMEDIO	
	Kg/ha		
Azolla	3000	372,00	cd*
Azolla	3500	374,00	bcd
Azolla	4000	377,75	bc
Urea	335	387,00	b
Spirulina	500	355,25	e
Spirulina	1000	361,25	de
Spirulina	1500	360,75	de
Sulfato de Amonio	733	387,50	b
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	363,00	de
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	361,00	de
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	407,50	a
PROMEDIO		373,36	
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		1,59	

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey al 95% de probabilidades.

La azolla y spirulina se aplicaron al inicio de macollamiento.

La prueba de Tukey, determinó que el tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha NPK, con 407.5 panículas, fue superior y diferente estadísticamente a los restantes tratamientos. Luego siguieron los tratamientos (H) Sulfato de Amonio 733 Kg/ha y (D) Urea 335 Kg/ha con promedios 387.5 y 387 panículas, respectivamente, sin diferir estadísticamente. El tratamiento (E) Spirulina 500 Kg/ha, logró el menor valor con 355.25 panículas.

### **4.3 MACOLLOS EFECTIVOS**

Los promedios porcentuales de macollos efectivos, se registran en el Cuadro 3. El análisis de varianza no detectó significancia estadística para repeticiones y tratamientos; siendo el coeficiente de variación 0.91%.

La prueba de Tukey, determinó igualdad estadística para los tratamientos; cuyos promedios fluctuaron de 91.51% correspondiente al tratamiento (A) Azolla 3000 Kg/ha a 97.47% del tratamiento (D) Urea 335 Kg/ha.

### **4.4 FLORACIÓN**

Los promedios de días a la floración de la variedad 'Iniap 15', se registran en el Cuadro 4. El análisis de varianza determinó alta

**Cuadro 3.-** Promedios porcentuales de macollos efectivos en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona de Yaguachi, Provincia de Guayas. 2011.

Tratamientos	Materia Fresca	PROMEDIO
	Kg/ha	(%)
Azolla	3000	95,51 a*
Azolla	3500	96,83 a
Azolla	4000	97,48 a
Urea	335	97,47 a
Spirulina	500	96,49 a
Spirulina	1000	97,37 a
Spirulina	1500	96,85 a
Sulfato de Amonio	733	97,11 a
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	97,05 a
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	97,42 a
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	97,13 a
PROMEDIO		96,98
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		0,91

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey al 95% de probabilidades.

La azolla y spirulina se aplicaron al inicio de macollamiento.

**Cuadro 4.-** Promedios de días a la floración en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona de Yaguachi, Provincia de Guayas. 2011.

Tratamientos	Materia Fresca	PROMEDIO	
	Kg/ha	(días)	
Azolla	3000	87,00	c*
Azolla	3500	87,25	bc
Azolla	4000	89,75	abc
Urea	335	89,75	abc
Spirulina	500	89,25	abc
Spirulina	1000	90,00	ab
Spirulina	1500	90,25	a
Sulfato de Amonio	733	90,50	a
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	89,75	abc
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	89,00	abc
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	91,00	a
PROMEDIO		89,41	
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		1,25	

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey al 95% de probabilidades.

La azolla y spirulina se aplicaron al inicio de macollamiento.

significancia estadística para los tratamientos; siendo el coeficiente de variación 1.25%.

Los tratamientos ensayados se comportaron iguales estadísticamente, a excepción de los tratamientos (A) Azolla 3000 Kg/ha y (B) Azolla 3500 Kg/ha que obtuvieron los menores promedios 87 y 87.25 días, respectivamente; siendo iguales estadísticamente. El tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK floración más tardíamente a los 91 días.

#### **4.5 ALTURA DE PLANTA**

En el Cuadro 5, se pueden apreciar los promedios de altura de planta, de la variedad de arroz 'Iniap 15'. El análisis de varianza reportó alta significancia estadística para los tratamientos; cuyo coeficiente de variación fue 1.30%.

La prueba de Tukey determinó diferencia estadística para los tratamientos; con el tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha NPK, se lograron las plantas de mayor altura con 101.25 cm, luego siguió el tratamiento (H) Sulfato de Amonio 733 Kg/ha con un promedio de 99 cm; siendo iguales estadísticamente; pero diferentes a los restantes



**Cuadro 5.-** Promedios de altura de planta a la cosecha en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona de Yaguachi, Provincia de Guayas. 2011.

Tratamientos	Materia Fresca	PROMEDIO	
	Kg/ha	(cm)	
Azolla	3000	89,25	d*
Azolla	3500	90,50	cd
Azolla	4000	93,00	c
Urea	335	97,50	b
Spirulina	500	91,00	cd
Spirulina	1000	91,75	cd
Spirulina	1500	92,25	cd
Sulfato de Amonio	733	99,00	ab
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	93,50	c
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	91,75	cd
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	101,25	a
PROMEDIO		93,70	
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		1,30	

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey al 95% de probabilidades.

La azolla y spirulina se aplicaron al inicio de macollamiento.

Tratamientos. Mientras que con el tratamiento (A) Azolla 3000 Kg/ha se alcanzaron las plantas de menor altura 89.25 cm.

#### **4.6 LONGITUD DE PANÍCULA**

Los promedios de longitud de panículas, se pueden apreciar en el Cuadro 6; existiendo alta significancia estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación fue 1.19%.

Los tratamientos (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha NPK y (H) Sulfato de Amonio 733 Kg/ha, presentaron las panículas de mayor tamaño con 25.77 y 24.52 cm respectivamente; difiriendo estadísticamente entre sí, y con los demás tratamientos. Mientras que con el tratamiento (A) Azolla 3000 Kg/ha y (E) Spirulina 500 Kg/ha se lograron las panículas más pequeñas con 22.9 y 22.67 cm en su orden, siendo iguales estadísticamente.

#### **4.7 GRANOS POR PANÍCULA**

En el Cuadro 7, se anotan los promedios del número de granos por panícula. El análisis de varianza reportó alta significancia estadística para repeticiones y tratamientos; cuyo coeficiente de variación fue 1.6%.

**Cuadro 6.-** Promedios de longitud de panículas en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona de Yaguachi, Provincia de Guayas. 2011.

Tratamientos	Materia Fresca	PROMEDIO	
	Kg/ha	(cm)	
Azolla	3000	22,90	e*
Azolla	3500	23,12	de
Azolla	4000	23,70	cd
Urea	335	24,25	bc
Spirulina	500	22,67	e
Spirulina	1000	23,05	de
Spirulina	1500	23,05	de
Sulfato de Amonio	733	24,52	b
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	23,87	bc
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	24,07	bc
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	25,77	a
PROMEDIO		23,73	
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		1,19	

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey al 95% de probabilidades.

La azolla y spirulina se aplicaron al inicio de macollamiento.

**Cuadro 7.-** Promedios del número de granos por panícula en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona de Yaguachi, Provincia de Guayas. 2011.

Tratamientos	Materia Fresca	PROMEDIO	
	Kg/ha		
Azolla	3000	114,75	def*
Azolla	3500	116,75	cde
Azolla	4000	117,75	cd
Urea	335	120,00	bc
Spirulina	500	113,00	efg
Spirulina	1000	112,00	fg
Spirulina	1500	109,50	g
Sulfato de Amonio	733	122,75	ab
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	118,00	cd
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	112,00	fg
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	127,25	a
PROMEDIO		116,70	
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		1,60	

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey al 95% de probabilidades.

La azolla y spirulina se aplicaron al inicio de macollamiento.

De acuerdo a la prueba de Tukey, los tratamientos (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK y (H) Sulfato de Amonio 733 Kg/ha con promedios 127.25 y 122.75 granos por panículas, se comportaron superiores e iguales estadísticamente; difiriendo con los restantes tratamientos. Mientras que, el tratamiento (G) Spirulina 1500 Kg/ha, presentó las panículas con menor número de granos con un valor de 109.5 gramos.

#### **4.8 ESTERILIDAD DE PANÍCULAS**

Los promedios porcentuales de esterilidad de panículas, se muestran en el Cuadro 8. El análisis de varianza detectó alta significancia estadística para los tratamientos; siendo el coeficiente de variación 15.06%.

Con los tratamientos (C) Azolla 4000 Kg/ha; (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha NPK y (H) Sulfato de Amonio 733 Kg/ha, se lograron los menores porcentajes de esterilidad de panículas siendo 6.69; 6.81 y 7.01% respectivamente; siendo iguales estadísticamente entre sí; pero diferentes a los restantes tratamientos. Mientras que los tratamientos (J) Testigo agricultor 200 Kg/has Urea + 60 Kg/ha Muriato de potasio, y (E) Spirulina 500 Kg/ha, presentaron los

**Cuadro 8.-** Promedios porcentuales de esterilidad de panículas en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona de Yaguachi, Provincia de Guayas. 2011.

Tratamientos	Materia Fresca	PROMEDIO
	Kg/ha	(%)
Azolla	3000	8,61 abcd*
Azolla	3500	7,69 bcd
Azolla	4000	6,69 d
Urea	335	7,99 bcd
Spirulina	500	10,48 ab
Spirulina	1000	10,11 abc
Spirulina	1500	8,45 abcd
Sulfato de Amonio	733	7,01 cd
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	7,36 bcd
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	11,39 a
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	6,81 d
PROMEDIO		8,42
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		15,06

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey al 95% de probabilidades.

La azolla y spirulina se aplicaron al inicio de macollamiento.

mayores promedios de 11.39 y 10.48% respectivamente, sin diferir estadísticamente.

#### **4.9 PESO DE 1000 GRANOS**

En el Cuadro 9, se pueden observar los pesos promedios de 1000 granos de arroz de la variedad 'Iniap 15'; existiendo alta significancia estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación fué 1.15%.

Los tratamientos (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha NPK, (H) Sulfato de Amonio 733 Kg/ha y (D) Urea 335 Kg/ha, obtuvieron los mayores pesos de 25.72; 25.64 y 25.05 gramos, respectivamente; siendo iguales estadísticamente; pero diferentes a los restantes tratamientos. En cambio, los tratamientos (F), (G) y (E) que contienen Spirulina en dosis de 1000; 500 y 1500 Kg/ha lograron los menores promedios 22.9; 23.12 y 23.15 gramos, respectivamente, siendo iguales estadísticamente.

#### **4.10 MADUREZ FISIOLÓGICA**

Los promedios de días a la madurez fisiológica del arroz variedad 'Iniap 15', se aprecian en el Cuadro 10. El análisis de varianza

**Cuadro 9.-** Promedios del peso de 1000 granos en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona de Yaguachi, Provincia de Guayas. 2011.

Tratamientos	Materia Fresca	PROMEDIO	
	Kg/ha	(g)	
Azolla	3000	23,42	bcd*
Azolla	3500	23,92	b
Azolla	4000	23,95	b
Urea	335	25,05	a
Spirulina	500	23,12	cd
Spirulina	1000	22,90	d
Spirulina	1500	23,15	cd
Sulfato de Amonio	733	25,65	a
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	23,72	bc
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	23,67	bc
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	25,72	a
PROMEDIO		24,03	
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		1,15	

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey al 95% de probabilidades.

La azolla y spirulina se aplicaron al inicio de macollamiento.



**Cuadro 10.-** Promedios de días a la madurez fisiológica en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona de Yaguachi, Provincia de Guayas. 2011.

Tratamientos	Materia Fresca	PROMEDIO	
	Kg/ha	(días)	
Azolla	3000	119,00	c*
Azolla	3500	119,25	bc
Azolla	4000	121,00	abc
Urea	335	121,00	abc
Spirulina	500	121,00	abc
Spirulina	1000	121,25	abc
Spirulina	1500	121,00	abc
Sulfato de Amonio	733	121,75	ab
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	121,25	abc
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	121,00	abc
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	122,75	a
PROMEDIO		120,93	
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		0,86	

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey al 95% de probabilidades.

La azolla y spirulina se aplicaron al inicio de macollamiento.

determinó alta significancia estadística para repeticiones y tratamientos; siendo el coeficiente de variación 0.86%.

La prueba de Tukey, determinó igualdad estadística para los tratamientos; a excepción de los tratamientos (A) Azolla 3000 Kg/ha y (B) Azolla 3500 Kg/ha, que florecieron más temprano a los 119 y 119.25 días respectivamente, siendo iguales estadísticamente. Con el tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK, la variedad 'Iniap 15' se cosechó más tardíamente a los 122.75 días.

#### **4.11 RENDIMIENTO DE GRANO**

En el Cuadro 11, se registran los promedios del rendimiento de grano de los tratamientos ensayados. El análisis de varianza detectó alta significancia estadística para los tratamientos; cuyo coeficiente de variación fué 2.28%.

El tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha NPK obtuvo el mayor rendimiento de grano de 7.345 Ton/ha, siendo diferente estadísticamente a los demás tratamientos. Luego siguieron los tratamientos (H) Sulfato de Amonio 733 Kg/ha y (D) Urea 335 Kg/ha con rendimientos de 6.49 y 6.28 Ton/ha en su orden, siendo iguales estadísticamente entre sí, difiriendo con los demás tratamientos. En

**Cuadro 11.-** Promedios del rendimiento de grano en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona de Yaguachi, Provincia de Guayas. 2011.

Tratamientos	Materia Fresca	PROMEDIO	
	Kg/ha	(Ton/ha)	
Azolla	3000	5,080	cd*
Azolla	3500	5,235	cd
Azolla	4000	5,370	c
Urea	335	6,280	b
Spirulina	500	4,590	f
Spirulina	1000	4,635	f
Spirulina	1500	4,697	ef
Sulfato de Amonio	733	6,490	b
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	5,075	cd
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	5,000	de
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	7,345	a
PROMEDIO		5,436	
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		2,28	

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey al 95% de probabilidades.

La azolla y spirulina se aplicaron al inicio de macollamiento.

cambio, los tratamientos (E), (F) y (G) con dosis de 500; 1000 y 1500 Kg/ha de Spirulina, logaron los menores rendimientos de grano de 4.59; 4.635 y 4.697 Ton/ha, respectivamente; sin diferir estadísticamente.

#### **4.12 ANALISIS ECONOMICO**

En el Cuadro 12, se presenta el análisis económico del rendimiento del grano en función al costo de producción de los tratamientos. Se observa que todos los tratamientos reportaron utilidades económicas, con un rango de \$328.29 correspondiente al tratamiento (I) Azolla + Spirulina 3500 + 1000 Kg/ha a \$1319,36 del tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK.

**Cuadro 12.-** Análisis económico del rendimiento de grano, en el ensayo de comportamiento agronómico de la variedad de arroz 'Iniap 15' a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la zona de Yaguachi, Provincia de Guayas. 2011.

Tratamientos	Kg/ha	Rendimiento del grano Kg/ha	Valor del rendimiento \$	COSTO VARIABLE		COSTO DE PRODUCCION		Costo total de cada tratamiento	Utilidad Económica \$
				Costo del tratamiento	Cosecha + transporte	Costo variable	Costo fijo		
Azolla	3000	5080	1732,28	300,00	167,64	467,64	484,80	952,44	779,84
Azolla	3500	5235	1785,13	350,00	172,76	522,76	484,80	1007,56	777,57
Azolla	4000	5370	1831,17	400,00	177,21	577,21	484,80	1062,01	769,16
Urea	335	6280	2141,48	187,60	207,24	394,84	484,80	879,64	1261,84
Spirulina	500	4590	1565,19	200,00	151,47	351,47	484,80	836,27	728,92
Spirulina	1000	4635	1780,53	400,00	152,96	552,96	484,80	1037,76	742,77
Spirulina	1500	4697	1601,68	600,00	155,00	755,00	484,80	1239,80	361,88
Sulfato de Amonio	733	6490	2213,09	366,50	214,17	580,67	484,80	1065,47	1147,62
Azolla + Spirulina	3500 + 1000	5075	1730,57	750,00	167,48	917,48	484,80	1402,28	328,29
Testigo Agricultor	200 de Urea + 60 Muriato de k	5000	1705,00	151,60	165,00	316,60	484,80	801,40	903,60
Programa Balanceado	150 - 60 - 165	7345	2504,64	458,10	242,38	700,48	484,80	1185,28	1319,36

Valor: Kg de Arroz \$ 0,341

## V DISCUSIÓN

En la presente investigación se estudió el comportamiento agronómico del arroz variedad `Iniap 15´ a la fertilización combinada con microalgas y líquenes; en base a los resultados experimentales, existió diferencia estadística para los tratamientos en los caracteres evaluados, a excepción del carácter porcentaje de macollos efectivos.

Cabe mencionar, que el tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK, se comportó superior y diferente estadísticamente con respecto a los demás tratamientos, en todos los caracteres evaluados; lo cual se debe a la utilización de un equilibrado programa nutricional determinado en base a los nutrientes disponibles del suelo y requerimientos nutricionales para un determinado nivel de productividad, concordando con Mestanza y Alcivar (12), quienes indican que el arroz necesita disponer de una cantidad adecuada de nutrientes, suministrados por el suelo o por una fertilización balanceada.

Además, se observó que los tratamientos (D) Urea 335 Kg/ha y (H) Sulfato de Amonio 733 Kg/ha, se ubicaron a continuación del tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK, en los caracteres evaluados, superando a los

tratamientos de Azolla y Spirulina, lo cual se debe que el nitrógeno de los fertilizantes inorgánicos las plantas lo absorben más rápido, mientras que la Azolla y Spirulina fijan el nitrógeno atmosférico.

En referencia al rendimiento de grano, el tratamiento (K) que incluye un programa balanceado de fertilización obtuvo el mayor rendimiento de 7.345 Ton/ha; mientras que el tratamiento (J) Testigo agricultor produjo 5.0 Ton/ha, existiendo una diferencia de 2.345 Ton/ha que representa un incremento del 46.94%; demostrándose los beneficios que se obtienen cuando se fertilizó adecuadamente.

Los rendimientos de grano obtenidos en la presente investigación con la aplicación de sólo la Azolla sin presencia de otros fertilizantes, fueron similares a los obtenidos por Montaña (11) en la zona de Daule, donde al realizar la primera cosecha se lograron rendimientos de 5.98 Ton/ha de arroz en cáscara, es decir que existió un efecto positivo con la presencia de la Azolla, que es un diminuto helecho acuático que alberga en las cavidades de sus hojas la bacteria Anabaena, cuya función es fijar del aire sobre los 1200 Kg de nitrógeno por hectárea por año en condiciones óptimas de temperatura, luz y composición química del suelo y agua, Escuela Politécnica del Litoral (7). Por consiguiente, es de mucha utilidad el uso de la Azolla en las plantaciones arroceras, pues pueden llegar a sustituir a la Urea en el 100%; además si existe las condiciones apropiadas, el helecho acuático Azolla crece rápidamente, y posiblemente

en 12 días se puede contar con suficiente producto para fertilizar una hectárea de arroz.

El análisis económico del rendimiento de grano, determinaron que todo los tratamientos reportaron utilidades económicas por hectárea, ubicándose en primer lugar cuando se utiliza un programa balanceado de fertilización química, luego cuando se utiliza la urea y sulfato de amonio y a continuación los tratamientos con Azolla, ratificándose la importancia del empleo de la Azolla con un sustituto de los fertilizantes químicos nitrogenados.



## VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Realizado el análisis e interpretación estadística de los resultados experimentales, se delinearán las siguientes conclusiones:

1. Existió significancia estadística para los tratamientos en todos los caracteres evaluados, a excepción del porcentaje de macollos efectivos.
2. El tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK fue superior y diferente estadísticamente a los demás tratamientos, en los caracteres evaluados.
3. Los tratamientos (D) Urea 335 Kg/ha y (H) Sulfato de amonio 733 Kg/ha superaron a los tratamientos que contenía la Azolla y Spirulina.
4. El tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK logró el mayor rendimiento de grano de 7.345 Ton/ha.
5. El tratamiento (J) que incluye el programa de fertilización utilizado por los agricultores (200 Kg/ha Urea + 60 Kg/ha Muriato de K), obtuvo un rendimiento de grano de 5.0 Ton/ha.

6. Los tratamientos que contienen la Azolla superaron y difirieron estadísticamente a los tratamientos con Spirulina, y a su vez lograr mayores utilidades económicas.
7. El tratamiento (C) Azolla 4000 Kg/ha obtuvo un rendimiento de grano de 5.37 Ton/ha.
8. Los tratamientos (D) Urea 335 Kg/ha y (H) Sulfato de Amonio 733 Kg/ha, se comportaron iguales estadísticamente con rendimientos de grano de 6.28 y 6.49 Ton/ha, respectivamente.
9. Todos os tratamientos ensayados reportaron utilidades económicas, siendo mayor con el tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha NPK (programa balanceada) con un valor de \$1319.36 por hectárea.

Analizadas las conclusiones, se recomienda:

1. El empleo de la Azolla en las plantaciones arroceras, debido a los beneficios que se obtienen en el rendimiento y mejorar las condiciones del suelo.

2. Aplicar 4000 Kg/ha de Azolla para lograr mejoras en el rendimiento de grano, y posiblemente sustituir el uso de los fertilizantes nitrogenados.
  
3. Utilizar un equilibrado programa nutricional para maximizar el rendimiento de grano.
  
4. Continuar con la investigación en otras zonas arroceras.

## VII RESUMEN

En los terrenos de la Hda. "La Aurora" ubicada en el Km. 31 de la vía Durán – Puerto Inca, Cantón Yaguachi, Provincia del Guayas, se estableció un ensayo en la variedad de arroz 'Iniap 15' en presencia de microalgas y líquenes, con la finalidad de: a) Estudiar la respuesta agronómica del cultivo de arroz a la convivencia con las algas; b) Determinar la dosis más apropiada de microalgas para maximizar el rendimiento de grano; y, c) Realizar el análisis económico del rendimiento de grano en función al costo de los tratamientos.

Los tratamientos ensayados fueron: Azolla en dosis de 3000; 3500 y 4000 Kg/ha; Urea 335 Kg/ha; Spirulina en dosis de 500; 1000 y 1500 Kg/ha; Sulfato de Amonio 733 Kg/ha; Azolla + Spirulina en dosis de 3500 + 1000 Kg/ha; Testigo agricultor (200 Kg/ha de Urea + 60 Kg/ha de Muriato de potasio) y el programa balanceado de fertilización química 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK. Se utilizó el diseño experimental "Bloques completos al azar" en cuatro repeticiones. La parcela experimental estuvo constituida por 12 hileras de 5m de longitud separadas a 0.25m, dando un área de  $3m \times 5m = 15 m^2$ . El área útil de la parcela experimental fue de  $10 m^2$ , eliminándose 2 hileras a cada lado por efecto de bordes.

Se evaluaron las variables: macollos y panículas/ $m^2$  a la cosecha;  
macollos efectivos; días a la floración; altura de planta a la cosecha;

Se evaluaron las variables: macollos y panículas/m<sup>2</sup> a la cosecha; macollos efectivos; días a la floración; altura de planta a la cosecha; Longitud de panículas; granos por panícula; esterilidad de panícula; peso de 1000 granos; madurez fisiológica y rendimiento de grano. Se utilizó la prueba de significancia estadística de Tukey al 95% de probabilidad, para determinar la diferencia estadística para las medias de los tratamientos.

En base al análisis e interpretación estadística de los resultados experimentales, se concluyó:

1. El tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK fue superior y diferente estadísticamente a los demás tratamientos, en los caracteres evaluados.
2. Los tratamientos (D) Urea 335 Kg/ha y (H) Sulfato de amonio 733 Kg/ha superaron a los tratamientos que contenía la Azolla y Spirulina.
3. El tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha de NPK logró el mayor rendimiento de grano de 7.345 Ton/ha.
4. El tratamiento (C) Azolla 4000 Kg/ha obtuvieron un rendimiento de grano de 5.37 Ton/ha.
5. Los tratamientos (D) Urea 335 Kg/ha y (H) Sulfato de Amonio 733 Kg/ha, se comportaron iguales estadísticamente con rendimientos de grano de 6.28 y 6.49 Ton/ha, respectivamente.

6. Todos os tratamientos ensayados reportaron utilidades económicas, siendo mayor con el tratamiento (K) 150 – 60 – 165 Kg/ha NPK (programa balanceada) con un valor de \$1319.36 por hectárea.

Se recomienda:

1. El empleo de la Azolla en las plantaciones arroceras, debido a los beneficios que se obtienen en el rendimiento y mejorar las condiciones del suelo.
2. Aplicar 4000 Kg/ha de Azolla para lograr mejoras en el rendimiento de grano, y posiblemente sustituir el uso de los fertilizantes nitrogenados.
3. Utilizar un equilibrado programa nutricional para maximizar el rendimiento de grano.

## VIII SUMMARY

On the grounds of the Hda. "Aurora", located at Km 31, route Durán - Puerto Inca, Canton Yaguachi, Province of Guayas, a trial was conducted in the rice variety Iniap `15 'in the presence of algae and lichens, in order:

- a) To study the yield response of rice to live with algae, b) determine the most appropriate dose of microalgae to maximize grain yield, and c) Perform economic analysis of grain yield based on the cost of the treatment.

The treatments tested were: Azolla in doses of 3000, 3500 and 4000 Kg / ha, 335 kg Urea / ha; Spirulina in doses of 500, 1000 and 1500 kg / ha, 733 kg ammonium sulphate / ha, Azolla + Spirulina dose 3500 + 1000 kg / ha, farmer Witness (200 kg / ha urea + 60 kg / ha of muriate of potash) and balanced program of chemical fertilization 150 - 60 - 165 kg / ha of NPK. Experimental design was used "randomized block" in four replications. The experimental plot consisted of 12 rows of 5m length 0.25m apart, giving an area of 3m x 5m = 15 m<sup>2</sup>. The useful area of the experimental plot was 10 m<sup>2</sup>, eliminated 2 rows on each side for border effect.

Variables were evaluated: tillers and panicles/m<sup>2</sup>-harvest effective tillers, days to flowering, plant height at harvest, panicle length, grains per panicle, sterility of the panicle, 1000 grain weight, physiological

maturity and yield grain. We used the statistical significance test of Tukey at 95% probability to determine the statistical difference for treatment means.

Based on statistical analysis and interpretation of experimental results, it was concluded:

1. Treatment (K) 150 - 60 - 165 kg / ha of NPK was higher and statistically different from the other treatments in traits.
2. Treatments (D) 335 kg Urea / ha and (H) 733 kg ammonium sulphate / ha exceeded the treatments containing Azolla and Spirulina.
3. Treatment (K) 150 - 60 - 165 kg / ha of NPK achieved the highest grain yield of 7,345 tons / ha.
4. Treatment (C) Azolla 4000 Kg / ha obtained a grain yield of 5.37 tons / ha.
5. Treatments (D) 335 kg Urea / ha and (H) 733 kg ammonium sulphate / ha, behaved statistically equal grain yields of 6.28 and 6.49 t / ha, respectively.



6. Todos os reported economic profits treatments tested, being higher with treatment (K) 150 - 60 - 165 kg / ha NPK (balanced program) with a value of \$ 1319.36 per hectare.

Recommended:

1. The use of Azolla in rice paddies due to the benefits obtained in the yield and improve soil conditions.
2. Applying 4000 kg / ha of Azolla for improvements in grain yield, and possibly replace the use of nitrogen fertilizers.
3. Use a balanced nutritional program to maximize grain yield.

## IX. LITERATURA CITADA

1. ALCIVAR, S. y MESTANZA, S. 2007. Nutrición mineral del cultivo de arroz. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Boliche. Manual del Cultivo de Arroz. pp. 40-58.
2. BERNAL, L. 2004. Arroceros del plan América logran bajar costos de producción con fertilizante orgánico. (en línea) Consultado el 1/febrero/2010. Disponible en [www.eluniverso.com](http://www.eluniverso.com).
3. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1985. Arroz: Investigación y Producción. Los macro nutrientes en la nutrición de la planta de arroz, Colombia. p 11.
4. En [www.aquahoy.com](http://www.aquahoy.com). Consultado el 18 de enero del 2010. Disponible en <http://www.aquahoy.com>
5. En [www.bosquesmediterraneos.com](http://www.bosquesmediterraneos.com). Empleo de la simbiosis Azolla-anabaena. (en línea). Consultado el 4 enero del 2010. Disponible en [www.bosquesmediterraneos.com](http://www.bosquesmediterraneos.com)
6. En <http://weblogs.madrimasd.org/> Consultado el 20 de enero del 2010. Disponible en [http://weblogs.madrimasd.org/renovables\\_medioambiente/archive/2009/09/08/124484.aspx](http://weblogs.madrimasd.org/renovables_medioambiente/archive/2009/09/08/124484.aspx)
7. ESCUELA POLITÉCNICA DEL LITORAL, Desarrollo del recurso Azolla-Anabaena y aplicaciones en los sectores: agrícola, pecuario, y acuícola. Resumen de avance: 18/enero/2010. Disponible en [www.dspace.espol.edu.ec](http://www.dspace.espol.edu.ec)
8. FAO. Requerimiento de Azolla. Consultado el 16 de enero del 2010. Disponible en [www.FAO.org](http://www.FAO.org).

9. FOUNDATION FOR AGRONOMIC RESEARCH. 1996. Manual de fertilidad de los suelos. 24p.
10. INTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 2006. Variedad de arroz tiene menos riesgo (en línea) Consultado 18/enero/2010. Disponible en [www.eluniverso.com](http://www.eluniverso.com).
11. JIMÉNEZ, L. 2009. La azolla, fertilizante natural para bajar costos en el arroz. Consultado el 13/enero/2010. Disponible en [www.eluniverso.com/.../azolla-fertilizante-natural-bajar-costos-arroz.html](http://www.eluniverso.com/.../azolla-fertilizante-natural-bajar-costos-arroz.html)
12. MESTANZA, S y ALCIVAR, S. 1998. Guía del cultivo del arroz. La Fertilización del cultivo de arroz en Ecuador. FENEARROZ. P. 32.
13. RODRIGUES, F. 1989. Nutrición vegetal. SUPPO, EMBRAPA-Brasil. p57.
14. SUCRE, L. 2002 Respuesta de arroz en condiciones de riego a la fertilización nitrogenada y aspersiones de fertilizantes foliares. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador.
15. WIKIPEDIA, Consultado el 29 de enero del 2010. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Anabaena>.

# **ANEXOS**



1.- VISTA GENERAL DEL ENSAYO



2.- DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTO



### 3.- INSPECCION PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DEL INSECTOS



#### 4.-CULTIVO EN LA ETAPA DE FLORACION



## 5.-DIVISION DE LAS PARSELAS





*Dr. Jorge E. Fuentes C.*

Laboratorio de Analisis Agricola / R.U.C.: 1700811134001

Urdesa Norte Av. 4<sup>ta</sup> # 203 y calle 2<sup>da</sup>

Teléfonos: 2387310 - 099892879

Guayaquil - Ecuador

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

Cliente: Sr. Antonio Peralta  
 Propiedad:  
 Localizacion:  
 Solicitado por: Ing. Miguel Arevalo  
 Cultivo:  
 Rendimiento:

Fertilizacion anterior:  
 Numero de muestra: 1  
 Codigo de laboratorio: 2010178  
 Fecha de ingreso: 02 de enero / 2011  
 Fecha de reporte: 08 de enero / 2011

Parametros	Unidad	Resultado	Unidad	Resultado	Interpretacion	Rango adecuado	Recomendación en Kg/ha
Arena	%	5					
Limo		28					
Arcilla		67					
Clase		Ap					
DA	gr/cm <sup>3</sup>	1,25					
pH	u.	7,1			Lig. Alcalino	5,6 7,2	
CE	mmhos	1,15			Normal	0,1 2,0	
Materia Organica MO	%	2,6			Medio	2,5 5,0	
Nitrogeno N		0,16			Medio	0,1 0,25	
CICe *	meq /	47,5			Alto	5 30	
Sodio * Na	100 gr	0,45	% sat.	0,95	Normal	<2,5 <5,0	
Potasio * K		0,55		1,16	Bajo	2,5 5,0	
Calcio * Ca		34,4		72,42	Alto	40 70	
Magnesio * Mg		22,4		47,16	Alto	8 20	
Fosforo ** P	ppm	11,9			Medio	10 20	
Potasio asimilable K asim		215,05			Bajo	300 500	
Hierro ** Fe		96			Alto	20 40	
Manganeso ** Mn		48			Alto	6 15	
Cinc ** Zn		2,1			Bajo	4 7	
Cobre ** Cu		11,3			Alto	2 4	
Azufre *** S		125			Alto	10 100	
Silice SiO <sub>2</sub>		199	Si=93		Medio		

\* Metodo Acetato de Amonio  
 \*\* Metodo de Olsem modificado  
 \*\*\* Metodo de Fosfato monocalcico en caliente

*Jorge Fuentes*  
 Dr. Jorge E. Fuentes Carrillo  
 QUILAS RESPONSABLE

