



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA AGRÍCOLA**

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGRÍCOLA**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DEL SIMBIONTE *Azolla caroliniana-Anabaena  
azollae* SOBRE LA AGROPRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE  
ARROZ Y LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO**

**AUTORES:**

**DELGADO CEDEÑO DAVID ANTONIO  
ZORRILLA CABRERA CYNTHIA MARILIN**

**TUTOR:**

**ING. BYRON ZEVALLOS BRAVO, PhD**

**CALCETA, JUNIO 2017**

## DERECHOS DE AUTORÍA

**David Antonio Delgado Cedeño y Cynthia Marlln Zorrilla Cabrera**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....  
**DAVID DELGADO CEDEÑO**

.....  
**CYNTHIA ZORRILLA CABRERA**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**Byron Zevallos Bravo** certifica haber tutelado la tesis **EVALUACIÓN DEL SIMBIONTE *Azolla caroliniana-Anabaena azollae* SOBRE LA AGROPRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ Y LAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO**, que ha sido desarrollada por David Antonio Delgado Cedeño y Cynthia Marlin Zorrilla Cabrera, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACION DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....

**ING. BYRON ZEVALLOS BRAVO PhD**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **EVALUACIÓN DEL SIMBIONTE *Azolla caroliniana-Anabaena azollae* SOBRE LA AGROPRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ Y LAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **David Antonio Delgado Cedeño y Cynthia Marlln Zorrilla Cabrera**, previa la obtención del título de Ingeniero **Agrícola**, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....

**ING. FABRICIO ALCÍVAR INTRIAGO Mg**

**MIEMBRO**

.....

**ING. FROWEN CEDEÑO SACÓN Mg.**

**MIEMBRO**

.....

**ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY Mg.**

**PRESIDENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por la bendición noble que ha derramado sobre nosotros en cada uno de nuestros días de vida y que nos ha permitido poder llegar hasta esta meta con gran éxito.

A nuestros padres y familiares, por su apoyo inmenso y alentador que nos brindaron en los malos y buenos momentos.

A nuestra prestigiosa universidad, la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, nos dio la oportunidad de adquirir una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

A nuestros seres queridos, maestros y amigos que de una u otra manera han estado allí brindándonos su apoyo incondicional y aportando con su grano de arena y buenos conocimientos para que este trabajo haya terminado con éxito.

**LOS AUTORES**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo queremos dedicar primeramente a Dios, por la oportunidad de vida que nos brindó para llegar hasta aquí.

A nuestros padres, por habernos brindado toda su ayuda y apoyo incondicional en todos los sentidos.

A cada uno de nuestros familiares y seres amados que nos alentaron positiva y emocionalmente.

A nuestros amigos y todas las personas que siempre confiaron en que podríamos llegar a alcanzar nuestras metas e ideales.

A los docentes por sus sabios conocimientos impartidos, nos guiaron y ayudaron a prepararnos para obtener conocimientos sólidos.

A nuestro tutor por la guía y conocimiento que nos brindó.

A los agricultores arroceros y personas que puedan hacer uso de esta investigación para beneficio de la agricultura.

**LOS AUTORES**

## CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
CONTENIDO GENERAL	vii
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1    PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.2    OBJETIVOS	3
1.2.1    OBJETIVO GENERAL	3
1.2.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3    HIPÓTESIS	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 EL CULTIVO DEL ARROZ	4
2.1.1 PRODUCCIÓN	5
2.1.2 ORIGEN	6
2.1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL ARROZ	6
2.1.3.2 FISIOLOGÍA	7
2.1.4 VARIEDADES MÁS COMUNES DEL CULTIVO DE ARROZ	9
2.1.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	10
2.1.6 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO	11
2.2 LABORES DEL CULTIVO	12
2.2.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO	12

2.2.2 PLAGAS Y ENFERMEDADES	16
2.2.3 COSECHA	17
2.3 CIANOBACTERIAS	18
2.3.1 CARACTERISTICAS	18
2.3.3 HÁBITAT	19
2.3.4 IMPORTANCIA	19
2.4.1 SIEMBRA Y COSECHA DE LA AZOLLA	20
2.4.2 CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA AZOLLA	20
2.5 POTENCIALIDAD DE AZOLLA-ANABAENA COMO BIOFERTILIZANTE PARA CULTIVOS DE ARROZ	21
2.5.1 LA AZOLLA, FERTILIZANTE NATURAL	21
2.5.2 UTILIZACIÓN DE AZOLLA EN LA AGRICULTURA	23
2.6 CARACTERISTICAS DE LA VARIEDAD DE ARROZ INIAP 15	27
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	28
3.1 UBICACIÓN	28
3.2 DATOS CLIMÁTICOS <sup>1/</sup>	28
3.3 VARIABLES EN ESTUDIO	29
3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	29
3.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES	29
3.4 DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL	29
3.5 VARIABLES REGISTRADAS	31
3.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO	33
3.6.1 PREPARACIÓN TERRENO	33
3.6.2 SEMILLA	33
3.6.3 SEMILLERO	33
3.6.4 TRASPLANTE	34
3.6.5 MANEJO DE LA AZOLLA	34



3.6.6 APLICACIÓN DE AZOLLA	34
3.6.7 LABORES CULTURALES	35
3.6.8. FERTILIZACIÓN	35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1.1 ALTURA DE PLANTA A LOS 30 Y 90 DIAS (cm)	36
4.1.2 PROLIFERACIÓN DE RAIZ A LOS 30 Y 90 DIAS	37
4.1.4 PRODUCCIÓN POR PARCELA Y PRODUCCIÓN POR HECTÁREA	39
4.2.1. ANÁLISIS DE SUELO	40
4.2.2. HIPOTESIS	41
4.3 REALIZAR UN ANALISIS DE LOS TRATAMIENTOS	42
4.3.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS	42
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1 CONCLUSIONES	44
5.2 RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	51

## **CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS**

CUADRO 2.01 EFECTO DE LA TEMPERATURA	11
CUADRO 2.02 PLAGAS EN EL ARROZ	16
CUADRO 2.03 ENFERMEDADES EN EL ARROZ	17
CUADRO 3.01 CATEGORIZACIÓN DE RAÍZ	31
CUADRO 4.01 ALTURA DE PLANTA	36
CUADRO 4.02 PROLIFERACIÓN DE RAÍZ.	37
CUADRO 4.03 MASA DE GAVILLA Y GRANO	38

CUADRO 4.04 PRODUCCIÓN DE ARROZ.	39
CUADRO 4.05 ANALISIS DE SUELO.	40
CUADRO 4.06 ANALISIS ECONOMICO DE LOS TRATAMIENTOS.	41

## RESUMEN

La presente investigación fue realizada en el área de CIIDEA (Ciudad de la Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario) de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, en los meses de agosto de 2015 a enero de 2016, se ejecutó con el propósito de mejorar la productividad del cultivo de arroz y evaluar la incidencia que tiene el simbiote *Azolla caroliniana*-*Anabaena azollae* sobre las propiedades químicas del suelo al aplicarla en diferentes dosificaciones. Se plantearon 5 tratamientos con 4 réplicas: T1 (30 Tm/ha de *azolla* fresca), T2 (40 Tm/ha *azolla* fresca), T3 (50 Tm/ha *azolla* fresca), T4 (testigo absoluto) y T5 (testigo químico). El material experimental usado fue la variedad de arroz INIAP-15. El testigo con fertilización química fue el tratamiento que obtuvo los mejores resultados, pero, cabe señalar que el tratamiento con *azolla* (50 Tm/ha) mantuvo similares condiciones estadísticas y por tanto se considera una alternativa para mejorar la productividad del cultivo de arroz. Desde el punto de vista de las condiciones químicas del suelo la aplicación del simbiote estabilizó las propiedades del mismo, contribuyendo a mantener su fertilidad. Y la mejor opción económica fue el T3 (aplicación de 50 Tm de *azolla* fresca/ha), el cual tuvo mayor beneficio neto, y 5,6 % de tasa de retorno.

## PALABRAS CLAVES

*Azolla*, *Anabaena*, Simbiote.

## ABSTRACT

The present research was carried out in the area of CIIDEA (City of Research, Innovation and Agricultural Development) of the Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, in the months of August 2015 to January 2016, was executed with the purpose of improving the Productivity of the rice crop and to evaluate the incidence of the symbiont *Azolla caroliniana*-*Anabaena azollae* on the chemical properties of the soil when applied in different dosages. Five treatments were proposed with four replicates: T1 (30 Tm / ha of fresh *azolla*), T2 (40 Tm / ha fresh *azolla*), T3 (50 Tm / ha fresh *azolla*), T4 (absolute control) and T5 (chemical control) . The experimental material used was the INIAP-15 rice variety. The control with chemical fertilization was the treatment that obtained the best results, but it should be noted that *azolla* treatment (50 Tm / ha) maintained similar statistical conditions and therefore is considered an alternative to improve rice crop productivity. From the point of view of the soil chemical conditions, the application of the symbiont stabilized the properties of the same, contributing to maintain its fertility. And the best economic option was T3 (application of 50 Tm of fresh *azolla* / ha), which had the highest net profit, and 5.6% rate of return.

## KEY WORDS

Azolla, Anabaena, Symbiote .

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En Ecuador la productividad en el cultivo de arroz está en un rango de 3,65 Toneladas métricas por hectárea (Tm/ha) y 4,00 (Tm/ha) (MAGAP, 2012). En otros países como Egipto, Australia, Estados Unidos, los rendimientos están entre 7,67 y 9,73 Tm/ha (INEC, 2011), esto es debido a que estos países han desarrollado nuevos sistemas de producción que ayudan no solo a mejorar la productividad del arroz, sino que además disminuyen la utilización de recursos para producirlo (Gil, 2008).

La provincia de Manabí participa con el 6,15% del total de producción de arroz en el Ecuador, es decir 44783 Tm, es la tercera provincia más productora detrás de Guayas con el 58,96% y Los Ríos con 29,81% (MAGAP, 2012).

El cultivo de arroz demanda de altas cantidades de nitrógeno y de materia orgánica en los suelos de cultivo. El uso generalizado de fertilizantes químicos (urea), como fuente de nitrógeno, si bien está sosteniendo la labor agrícola arroceras, por otro lado provoca problemas medioambientales, incluyendo compactación del terreno, cambios de la actividad microbiológica y química del suelo, así como contaminación del agua. Esta situación se torna todavía más crítica cuando las preferencias del mercado apuntan actualmente a los productos agrícolas orgánicos y naturales (Montaño, 2005).

Por lo expuesto es necesario adoptar nuevas técnicas de manejo para así mejorar y/o aumentar los rendimientos productivos de arroz en el país.

**¿De qué manera la aplicación del simbionte *Azolla caroliniana*-*Anabaena azollae* influye sobre la productividad del cultivo de arroz?**

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

El consumo de arroz forma parte de la dieta alimenticia, por su alto valor nutricional y precio asequible es el alimento más importante para los ecuatorianos. Su cultivo se concentra especialmente en la costa, ocupando grandes cantidades de tierra y mano de obra, es por ello que se trata el tema de la producción de arroz por ser un producto de mucha importancia (Álvaro, 2010), pero enfrenta actualmente desafíos en los terrenos de competitividad, sostenibilidad, calidad, seguridad e interacción con el medioambiente, en esta situación se necesita aprovechar recursos nativos en aplicaciones tecnológicas alternativas (Montaño, 2009).

Desde el punto de vista de una agricultura sostenible, el uso de *Azolla* como abono alternativo en la producción de arroz ofrece una fuente de desarrollo económico, asimismo representa una importante alternativa para limitar el uso de fertilizantes químicos, reduciendo así el impacto negativo sobre el medio ambiente y también sobre la economía de los agricultores, puesto que para producir biofertilizantes, se puede emplear microorganismos propios del suelo o agua, que desde siempre han convivido y conviven en simbiosis o en comunidad con las plantas superiores (Cruz, 2009).

Con la presente investigación se busca aportar a un manejo sostenible del cultivo de arroz, mejorar su rendimiento y el nivel de ingreso económico de los productores, gracias a las bondades que nos brindan los biofertilizantes, especialmente con el uso de cianobacterias, una alternativa económicamente sostenible para reemplazar los productos químicos, que a más de ser costosos resultan tóxicos. Las cianobacterias a pesar de haber sido poco estudiadas en sus aplicaciones en el campo de la agricultura, producen efectos benéficos sobre las plantas con las que conviven.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la influencia del simbiote *Azolla caroliniana-Anabaena azollae* (AA) sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las características químicas del suelo.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la influencia de diferentes dosis de aplicación del simbiote *Azolla caroliniana-Anabaena azollae* sobre las características agroproductivas del cultivo de arroz.
- Comparar las condiciones químicas del suelo en pre siembra y post cosecha.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos.

## **1.3 HIPÓTESIS**

Con el uso del simbiote *Azolla caroliniana-Anabaena azollae* mejorará sustancialmente el rendimiento del cultivo de arroz, así como la calidad del suelo.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 EL CULTIVO DEL ARROZ**

El arroz es el único cereal importante que se destina casi exclusivamente a la alimentación humana. Sus virtudes como alimento son numerosas: Es rico en vitaminas y en sales minerales que cubren en un alto porcentaje las necesidades alimenticias del ser humano. Es de bajo contenido graso (1%), libre de colesterol y muy bajo en sodio.

El arroz es una gramínea domesticada y es a la vez un cultivo milenario, se tiene evidencia de que en algunos países del continente asiático se cultiva desde hace unos 8000 años. En términos de la producción mundial de los cereales, el arroz ya supera al trigo. (SAG, 2003).

De acuerdo a los datos publicados por la FAO, citado por Ruiz (2012) la producción de arroz en el Ecuador ocupa el puesto vigésimo sexto a nivel mundial, además de considerarnos uno de los países más consumidores de arroz dentro de la Comunidad Andina, agregando además que en nuestro país para el año 2010 el consumo de arroz fue de 48 kg por persona. El arroz se encuentra entre los principales productos de cultivos transitorios, por ocupar más de la tercera parte de la superficie en sus cultivos.

La producción de arroz tiene sus inicios en nuestro país en el siglo XVIII, pero se fortaleció su consumo y comercialización en el siglo XIX, este cultivo se desarrolló en un principio en las provincias del Guayas, Manabí, y Esmeraldas, con el tiempo este logró extenderse y comercializarse en la región Sierra. Su fase de industrialización es decir la implementación de piladoras (1895) se asentó en Daule, Naranjito y Milagro (Guayas). En términos de comercio internacional, nuestro primer país destino de exportación fue Colombia, y por el lado de las importaciones, en un principio, el consumo de arroz lo demandábamos de Perú (Ruiz, 2012).



### **2.1.1 PRODUCCIÓN**

Según las cifras de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) para el año 2011, el arroz es el tercer producto con mayor superficie sembrada, abarcando el 15,34% del área total bajo siembra. Con respecto a la producción, el Ecuador es autosuficiente en arroz puesto a que la producción nacional abastece satisfactoriamente la demanda nacional.

Debido a las características climatológicas y geográficas favorables de las zonas arroceras en el Ecuador, se realizan hasta tres ciclos de cultivo anualmente. El presente documento refleja las características del primer ciclo.

Las áreas arroceras se concentran (97%) en las provincias de Guayas (63,85%), Los Ríos (28,19%) y Manabí (4,63%).

De la superficie restante, las provincias que han representado la mayor área sembrada en los últimos años son: El Oro y Loja; sin embargo, en el año 2014 se registra una importante caída en la superficie sembrada de arroz en la provincia de Loja y un considerable aumento de la superficie sembrada en la provincia de Orellana. Durante los últimos diez años, la superficie cosechada ha variado entre 320 mil y 420 mil hectáreas con una producción de arroz en cáscara equivalente a 700-900 mil toneladas de arroz pilado. De manera congruente, el rendimiento del cultivo ha presentado un comportamiento cíclico, manteniéndose entre 2,5 Tm/ha y 4,5 Tm/ha. A nivel provincial, tan solo la provincia de Manabí presenta una tendencia de crecimiento. Además, se observa que, durante todo el período, el orden jerárquico en términos de productividad de las provincias no ha cambiado (Moreno, 2015).

### **2.1.2 ORIGEN**

Según BBC Mundo (2011) un estudio científico sugiere que el arroz, uno de los alimentos más importantes para el ser humano, dejó de ser silvestre y comenzó a ser cultivado por primera y única vez en China, hace 9.000 años.

Michael Purugganan, investigador de la Universidad de Nueva York (NYU) y coautor del estudio, mencionó "Como el arroz fue llevado desde China a la India por comerciantes y campesinos migrantes, es probable que se hubiera mezclado de forma muy intensa con las especies silvestres locales". Gracias al resultado de los análisis con carbono 14, realizados a granos de arroz descubiertos en excavaciones ubicadas en Pengtoushan, que el arroz se cultivó a partir de los años 8200 - 7800 a.C. en Hunan.

El género *Oryza* incluye 23 especies de las cuales 21 son silvestres y dos cultivadas, *Oryza sativa*, de origen asiático y *Oryza glaberrima*, originaria del delta del río Níger, en África. Ambas especies fueron domesticadas independientemente y tienen diferencias discretas en sus características principales (Moquete, 2010).

### **2.1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL ARROZ**

El arroz, en las especies y variedades conocidas en los países europeos, es una planta herbácea anual que se cultiva en condiciones casi permanentes de inundación. Está formada por tallos rectos dispuestos en macolla, con raíces delgadas, fibrosas, cilíndricas y fasciculadas. La planta, provista de 7-11 hojas durante la fase vegetativa, alcanza una altura variable comprendida entre los 80 y los 150 centímetros, según la variedad y las condiciones ambientales de cultivo. (Franquet, 2002).

**Tallo:** Corresponde a la estructura característica de las gramíneas. Su longitud va desde 30 cm en las variedades enanas hasta 70 cm en las gigantes. Las macollas son tallos secundarios que salen de las yemas apicales. El macollaje se inicia en el primer nudo.

**Hojas:** Son alternas y están dispuestas a lo largo del tallo. Está constituida por vaina, zona de unión y lámina.

Espiguillas: Están formadas por un pequeño eje llamado raquis, sobre el cual se encuentra una flor simple, formada por dos brácteas denominadas glumas estériles, dos brácteas superiores, llamadas glumas florales, que constituyen la caja floral.

Flor: Está constituida por seis estambres y un pistilo. Los estambres constan de filamentos delgados portadores de anteras cilíndricas que contiene cada una entre 500 y 1000 granos de polen. El pistilo contiene el ovario, el estilo y el estigma.

Pericarpio: De consistencia fibrosa, varía de espesor y está formado por la cutícula, el mesocarpio y la capa de células entrecruzadas. La testa constituye la cubierta de la semilla y el endospermo la mayor parte del grano, y está conformado por sustancias almidonosas (Villar, 2011).

#### **2.1.3.1 TAXONOMÍA**

El arroz es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las Gramíneas, a la sub-familia de las Panicoideas y a la tribu Oryzae. El nombre científico es *Oryza sativa*. Evolutivamente se acepta que la forma perenne del *Oryza perennis* y para otros, el *Oryza rufipogon*, es el antecesor común, tanto del arroz cultivado como del arroz rojo. Aunque el arroz rojo, no se originó directamente del arroz cultivado, es frecuente el uso de *O. sativa f. Spontanea* como el nombre científico del arroz rojo. El número de cromosomas de la especie *O. sativa*, es  $2n=24$  y  $n=12$ . Recientemente se ha informado que se ha descifrado el genoma del arroz, que dentro de las gramíneas cultivadas es uno de los menos complicados. El estudio publicado indica que el genoma del arroz está constituido por unos 50 mil de genes y que las bases de estos genes suman unos 430 millones de pares de bases de ADN (SAG, 2003).

#### **2.1.3.2 FISIOLOGÍA**

En las plantas que producen semilla, se distinguen tres fases de desarrollo, las cuales tienen períodos de crecimiento definidas en cuanto a la diferenciación

de la planta. En el caso del arroz, estas fases son las siguientes:

- La fase vegetativa: Por lo general dura de 55 a 60 días en las variedades de período intermedio. Y comprende desde la germinación de la semilla, emergencia, macollamiento (ahijamiento), hasta la diferenciación del primordio floral.
- La fase reproductiva: Incluye el período desde la formación del primordio floral, embuchamiento (14-7 días antes de la emergencia de la panícula), hasta la emergencia de la panícula (floración). Esta fase dura entre 35 y 40 días.
- La fase de madurez: Abarca desde la emergencia de la panícula (floración), el llenado y desarrollo de los granos (estado lechoso y pastoso) hasta la cosecha (madurez del grano) y dura de 30 a 40 días.

En general el ciclo vegetativo y reproductivo de las variedades de arroz, varía de 120 a 140 días desde la germinación hasta a la cosecha del grano, aunque actualmente se encuentran variedades de arroz con 105 días a la cosecha con rendimientos aceptables (Penonomé, 2012).

**PANÍCULA:** Se localiza sobre el extremo apical del tallo y se inicia sobre el último nudo denominado ciliar. Es una inflorescencia que posee un eje principal llamado raquis, que se extiende desde el nudo ciliar hasta el ápice. Las panículas permanecen erectas durante la floración y a medida que los granos van llenando se doblan sobre sus propios ejes, fruto del peso que éstos van adquiriendo (Moquete, 2010).

**INFLORESCENCIA:** Como en el resto de cereales, el arroz tiene como elemento básico la espiguilla, formada por una o varias flores o espículas, que se articulan en panículas. La longitud y densidad (número de flores o granos por unidad de longitud) de la panícula difieren considerablemente según variedades desde 50 a 300 espiguillas por panícula.

En el momento de la floración la panícula permanece erecta, y posteriormente adopta un porte más o menos colgante, en función de la flexibilidad del raquis y del peso de los granos maduros. Sus flores son hermafroditas, con 6 estambres y un ovario con dos estigmas plumosos. En la base de la flor existen

dos pequeñas estructuras casi transparentes, las lodículas, cuya hidratación provoca la antesis o apertura de la flor. Todos estos órganos están encerrados dentro de dos brácteas convexas denominadas glumillas (Torró, 2010).

Las flores poseen color verde, dispuestas en espiguillas y cuyo conjunto constituye una panícula, en general la planta de arroz es autógama en un 95%, con poco margen para el cruzamiento espontáneo entre distintas variedades (Moquete, 2010).

**GRANO:** El grano de arroz, comúnmente llamada semilla, recién cosechado está formado por el fruto cariopse y por la cáscara. Industrialmente se considera al arroz cáscara aquel comprendido por el conjunto de cariopse y glumelas. A su vez el cariopse, está formado por el embrión, el endosperma, capas de aleurona (tejido rico en proteínas) (Pincioli, 2010).

El grano de arroz pasa por varios estados de desarrollo denominado acuoso, lechoso, pastoso y duro, cuya textura evoluciona según se va perdiendo humedad (Torró, 2010).

#### **2.1.4 VARIEDADES MÁS COMUNES DEL CULTIVO DE ARROZ**

Existen más de 5000 variedades de arroz en todo el mundo. La mayoría procede de dos especies de silvestres, *Oriza sativa* (asiática) y *Oriza glaberrima* (africana).

Las variedades de arroz más conocidas según su forma son:

- Variedad de grano largo.
  - Blasmati (India)
  - Bond (Estados Unidos)
  - Italiana Ferranini (Italia)
  - Jazmín (Tailandia)
  - Tebounet (Estados Unidos)

- Variedad de grano medio.  
Arborio (Italia)
- Variedad de grano corto.  
Bahía (España)  
Bomba (España)  
Júcar (España)

Los arroces tratados dan lugar a otros tipos de arroz, como los siguientes:

- Variedad integral.
- Variedad de grano blanco o de cocción rápida.
- Variedad intermedia.  
Arroz rojo (Buton)  
Arroz negro (China)
- Variedad de tratados.  
Arroz vaporizado (David y Parsons, 2008).

### **2.1.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y 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. Además de su importancia como alimento, el arroz proporciona empleo al mayor sector de la población rural de la mayor parte de Asia, pues es el cereal típico del Asia meridional y oriental, aunque también es ampliamente cultivado en África y en América, y no sólo ampliamente sino intensivamente en algunos puntos de Europa meridional, sobre todo en las regiones mediterráneas, como España, Italia, Portugal, Francia y Grecia. (Franquet, 2002).

## 2.1.6 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO

**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 subtropicos y en climas templados. El cultivo se extiende desde los 49-50° de Latitud Norte a los 35° de Latitud Sur. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2500 m de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultivan en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas (Villava, 2010).

**TEMPERATURA:** Las altas y bajas temperaturas por encima y por debajo de los límites críticos afectan el rendimiento de grano ya que inciden sobre el macollaje, la formación de espiguillas y la maduración. Las bajas temperaturas limitan la duración del período y la tasa de crecimiento y el desarrollo de las plantas de arroz. Las altas temperaturas causan estrés térmico sobre las plantas de arroz, imagen:

**Cuadro 2.01.** Efecto de la temperatura (°C) sobre el desarrollo del cultivo de arroz.

Crecimiento y desarrollo de la planta	Baja temperatura		Alta temperatura		
	Rango	Efecto	Rango	Efecto	Temp. Optima
Geminación	10	Inhibición	45	-	20 - 35
Emergencia de la plántula	12 - 13	Demorada	35	-	25 - 30
Enraizamiento	16	Raquitismo	35	-	25 - 28
Hoja	7 - 12	Decoloración de la hoja raquitismo	45	Punta blanca, bandas cloróticas y manchas	31
Macollaje	9 - 16	Reducido	33	Reducido	25 - 31
Iniciación de la panoja	15	Demorada	-	Panoja blanca	-
Diferenciación de la panoja	15 - 20	Degeneración del ápice de la panoja, alta esterilidad de la espiguilla	38	Número reducido de espiguillas	-
Exerción de la panoja	22	Exerción incompleta, floración demorada	35	Esterilidad	30 - 33
Grano	12 - 18	Madurez irregular	30	Menor llenado del grano	20 - 25

**SUELO:** El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propia del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y los deltas de los ríos. Los suelos de textura fina (“pesados” o “fuertes”) dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes químicos y orgánicos (Franquet, 2002).

**pH:** Con respecto a la acidez del suelo, los rangos de pH para el cultivo de arroz oscilan entre 5,5 y 6,5 cuando el cultivo es de secano y entre 7,0 y 7,2 cuando se trata de arroz acuático.

La mayoría de los suelos tienden a cambiar su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación mientras que para suelos alcalinos ocurre 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, la disponibilidad de fósforo son altas y además las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes tales como; aluminio, manganeso, hierro, bióxido de carbono y ácidos orgánicos (David y Parsons, 2008).

## **2.2 LABORES DEL CULTIVO**

### **2.2.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO**

Esta depende de la técnica de siembra a utilizar, ya sea arroz inundado como ocurre en la mayoría de las veces, para cultivos en secano o para “arroz voluntario”. Además de considerar en la preparación esos factores se deben tomar en cuenta otros, que al final del ciclo del cultivo van a influir sobre el volumen de producción, entre ellos se puede mencionar, uso de herbicidas, insecticidas y cualquier otro producto destinado al control de plagas y enfermedades, así como el manejo de las aguas de riego.

La preparación del terreno en húmedo es un poco más laboriosa que la que se realiza en seco, su costo y uso se justifica ya que con ellas es posible el control



de malezas, que disminuyen el valor del producto. Un inconveniente en su utilización es que, en zonas cálidas, donde el agua es un factor limitante es difícil disponer de los volúmenes de agua necesarios para inundar y fanguear. (Guzmán, 2006).

**SIEMBRA:** En el cultivo del arroz se utilizan varios métodos de siembra, cuya aplicación depende de las facilidades que tenga el productor y del área a sembrar. Se diferencian dos sistemas de siembra en el cultivo de arroz; siembra directa (con semilla seca en suelos secos o fangueados o pre-germinada en suelos fangueados) y siembra indirecta o por trasplante. Es muy importante que el productor siempre se asegure de la germinación de la semilla, efectuando antes de la siembra una prueba de germinación de la semilla a utilizar, esto debe de observarse para evitar bajas densidades de siembra al sembrar semillas con bajo porcentaje de germinación. (SAG, 2003).

**FERTILIZACIÓN:** Las necesidades medias de nutrientes/tm de producción de arroz son de 21 kg de nitrógeno, 11 kg de  $P_2O_5$  y 18 kg de  $K_2O$ . De estos datos podemos deducir que un abonado, pensando en una producción de 7000 kg, puede ser del orden de: 150 unidades (ud) de N; 100 ud de  $P_2O_5$ ; 100 ud de  $K_2O$ .

En los arrozales del Guadalquivir se emplean 750 kg/ha de sulfato amónico, 500 kg/ha de superfosfato 18% y 150 kg/ha de sulfato potásico. (Guzmán, 2006). Es muy frecuente que los cultivadores prescindan del potásico. Otros que llevan abonado siempre con superfosfato limitan su utilización a una vez cada dos años, y no faltan los que siempre emplean nitrogenado. El potasio se debe emplear siempre en forma de sulfato potásico en vez de utilizar cloruro. Con frecuencia se añaden abonos foliares (N-P-K) a los herbicidas, para contrarrestar la depresión que éstos pueden producir en la planta de arroz. El sulfato de cobre se emplea para evitar la invasión de algas. Lo corriente es aplicarlo poniendo piedras de sulfato de cobre en las piqueras. La urea se usa hoy tanto como el sulfato amónico. El superfosfato y el sulfato potásico se distribuyen sobre el terreno en seco antes de inundar la parcela, incorporándolos con un pase de cultivador o grada de discos. También es posible aplicarlos en la parcela inundada, incorporándolos con un pase de

fanguero. Cada vez se están utilizando más los abonos líquidos en suspensión (Guzmán, 2006).

Según SAG (2003), una nutrición adecuada en el cultivo de arroz, es muy conveniente, pues además de asegurar una buena productividad del cultivo, también favorece otros aspectos, por ejemplo: las plantas resisten mejor el ataque de plagas y enfermedades, debido a que las plantas crecen vigorosas. Una fertilización apropiada promueve el crecimiento de las raíces y las plantas pueden soportar mejor los efectos adversos de la sequía. Y a la vez la absorción de nutrientes es mayor, cuanto mayor sea el desarrollo del sistema radicular de la planta, aspecto que a la vez favorece la oxigenación del terreno y la circulación de agua en el suelo.

La mayor absorción de nitrógeno y potasa coincide con el período de máximo ahijamiento. La de fósforo, magnesio y calcio, con la fase final del ahijamiento. La mayor parte de los fertilizantes son absorbidos por las raíces antes de que empiece la fructificación. La absorción de elementos minerales es mayor cuanto mayor es el desarrollo de las raíces, el cual se ve favorecido por la oxigenación del terreno y por la circulación de agua de riego. (Guzmán, 2006)

Las variedades de arroz INIAP responden positivamente en rendimiento a la aplicación de 4 sacos de urea/ha aplicados en dos partes iguales a los 20 y a los 40 días de edad del cultivo, para el caso de siembra directa; en el caso de trasplante la aplicación de la fertilización debe de realizarse a los 10 días del trasplante y a los 20 días de la primer aplicación, es importante realizar un análisis de suelo para tener una fertilización más adecuada al cultivo (INIAP, 2014).

**RIEGO:** El consumo de agua es muy alto y son grandes las pérdidas por evaporación. Debe mantenerse también un adecuado control manual, químico y mecánico del enyerbamiento, pues las especies vegetales no convenientes proliferan con la humedad.

La alta humedad favorece el desarrollo de enfermedades en el cultivo. Como se extraen grandes volúmenes de agua para el sistema, puede conducir a la salinización de los mantos freáticos (Ríos, 2011).

## **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO**

Delgado (2011) indica que la ventaja de un cultivo de arroz con riego, es la garantía de asegurar la producción. Hoy en día los períodos de lluvia son erráticos y no se ajustan al ciclo o a la demanda crítica en las etapas de desarrollo del cultivo. En zonas con menos de 1,000 mm de precipitación pluvial, el riego es necesario para complementar las deficiencias hídricas del cultivo.

El mismo autor menciona un cultivo de arroz bajo riego o inundación, es una mejor disponibilidad de nutrientes, además de que los daños por plagas y enfermedades se reducen significativamente. En algunos casos también se logra un mejor control de algunas malezas como la “caminadora”, las cuales no prosperan en las condiciones anaeróbicas que causa la inundación en el suelo.

**DESVENTAJAS:** Se requiere la realización de obras complejas y caras para la construcción de los canales, para la nivelación de las terrazas y la elaboración de los diques. Es bastante trabajosa la reconstrucción y mantenimiento de los diques, pues su rotura haría que se perdiera el agua que contienen y se inundaran otros diques a niveles más bajos (Ríos, 2011).

**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, además las malezas son hospederas de insectos plagas y fitopatógenos (virus, hongos, nematodos y bacterias), aumentan los costos de producción debido a gastos adicionales de limpieza de los lotes dificultan labores de cosecha y reducen el valor del grano cosechado por alta presencia de impurezas (Peñaherrera, 2007).

El control químico es el método más eficaz, incluyendo además de las malas hierbas del cultivo, la de los canales de riego, terraplenes, lomos, etc., al ser

éstos una fuente de invasión primaria de malas hierbas y también fuente de inóculo de plagas y enfermedades. El control de las dicotiledóneas anuales se realiza aplicando Bensulfuron 0,08% + Molinato 8%, presentado como gránulo a dosis de 50-60 kg/ha. Contra gramíneas anuales se aplica Propanil 35%, presentado como concentrado emulsionable a dosis de 8-12 L/ha. (Delgado, 2011).

### 2.2.2 PLAGAS Y ENFERMEDADES

Según SAG (2003), el daño de los insectos que dañan el follaje de la plantación resulta severo afectando la producción del cultivo, por lo que el productor debe de observar la plantación en forma frecuente antes de que el daño este realizado, es decir que se debe de monitorear la plantación en forma diaria principalmente con más atención después de la aplicación de herbicidas y así detectar la presencia de plagas y recurrir al control temprano u oportuno cuando se inicia el daño en la plantación. Entre las plagas que dañan el follaje están los insectos masticadores (gusanos), los insectos chupadores y las larvas barrenadores del tallo.

Las plagas más importantes que dañan el cultivo de arroz son las que se muestran en el cuadro:

**Cuadro 2.02.** Plagas que atacan al cultivo de arroz.

Plagas del suelo	Masticadores	Barrenadores	Chupadores
Gallina ciega ( <i>Phyllophaga spp</i> )	Gusano soldado <i>Spodóptera mauritia</i>	Novia del arroz <i>Rupela albinella</i>	Chinche verde <i>Nezara viridula</i>
Gusano alambre: <i>Agriotis sp,</i>	Gusano cogollero <i>Spodóptera frujiperda</i>	Barrenador Bipuntado <i>Thyporyza incertulas</i>	Chinche común <i>Leptocorisa corbetti</i>
<i>melanotus sp</i>	Gusano medidor	Barrenador rosado	Chinche hediodanda
Carapacho <i>Eutheola sp.</i>	<i>Mocis repanda</i>	<i>Sesamia nferens.</i>	<i>Tibraca sp. Chinche</i>
Gusano nochero		Barrenador de la caña	<i>hedionda-Normedia</i>
( <i>Agriotis, Peridrona</i>		<i>Diatrea sacharalis</i>	<i>Augusta</i>
<i>Feltia, Predonia)</i>			Cigarritas-Sogata
			<i>Orizicola</i>
			<i>Pulgones-Aphi spp</i>

(SAG, 2003).

Las enfermedades son también factores que limitan la producción de arroz en algunas áreas, sobre todo cuando se presentan condiciones ambientales favorables para el desarrollo de las enfermedades que afectan el cultivo.

Debido a que las enfermedades pueden ocasionar daños severos en una plantación de arroz, es importante, que el productor sepa identificar y efectúe un monitoreo frecuente en su plantación para detectar los síntomas iniciales de la presencia de enfermedades, para proceder a tomar medidas de control o prevención.

**Cuadro 2.03.** Enfermedades que atacan al cultivo de arroz

<b>Nombre común de la enfermedad</b>	<b>Agente causal</b>
Tizón o Quemado Quemazón o hielo del arroz	<i>Pyricularia grisea</i> Cav. (anamorfo), <i>Magnaporthe grisea</i> (TT Hebert) ME Barr. (teleomorfo)
Mancha castaña Helmintosporiosis	<i>Cochliobolus miyabeanus</i> (Ito y Kuribayashi) Drechsler ex Dastur (teleomorfo), <i>Bipolaris oryzae</i> (Breda de Haan) Shoemaker (anamorfo)
Mancha foliar castaña angosta Cercosporiosis o mancha linear	<i>Cercospora oryzae</i> Miyake
Decoloración de la vaina	<i>Pyrenochaeta oryzae</i> Miyake

(Gutiérrez, 2013).

### **2.2.3 COSECHA**

La cosecha es una de las etapas más importantes del proceso de producción y cuando es mal realizada, ocasiona pérdida de grano, comprometiendo el esfuerzo y la inversión realizada en el cultivo. El contenido de humedad de los granos en esta labor constituye un factor determinante que permite la obtención de un mayor rendimiento de granos enteros en el proceso de beneficiamiento. Tres aspectos fundamentales deben tomarse en cuenta para la recolección del grano de arroz: época óptima de cosecha, el método de cosecha y las pérdidas de rendimiento y calidad del grano. El arroz debe cosecharse cuando el grano está maduro, para lo cual el mejor indicador es su contenido de humedad y el color del mismo. También se debe cosechar cuando el 95% de los granos en las espigas tengan color “pajizo” y el resto este amarillento, lo cual coincide con

un 20 a 25 % de humedad en el grano (Ronquillo, 2007).

Todas aquellas prácticas de manejo que promuevan el macollaje y el crecimiento temprano (fertilización, fecha y densidad de siembra, manejo del agua, etc.) y que finalmente generen mayor número de panojas por unidad de superficie, darán como resultado rendimientos más altos (Monasterio *et al.*, 2012)

## **2.3 CIANOBACTERIAS**

Las cianobacterias son organismos antiguos que se caracterizan por conjugar el proceso de la fotosíntesis oxigénica con una estructura celular típicamente bacteriana. Al ser responsables de la primera acumulación de oxígeno de la atmósfera, las cianobacterias han tenido una enorme relevancia en la evolución de nuestro planeta y de la vida en él (Herrero y Flores, 2008).

Según Gonzales (2013) las cianobacterias se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza poblando océanos y costas, suelos y aguas continentales, logrando subsistir e incluso proliferar con éxito en ambientes extremos como: lagunas hipersalinas, fuentes geotermales o geiseres, desiertos y regiones polares.

### **2.3.1 CARACTERISTICAS**

- Las cianobacterias son organismos únicos pluricelulares tras su reproducción, es frecuente que las células hijas queden unidas por filamentos.
- Tienen una pared celular similar a la de las bacterias. En el citoplasma se distingue una zona central o centroplasma donde se halla el ADN y el cromoplasma, donde están los corpúsculos con los pigmentos.
- Las algas cianofíceas viven en ambientes acuáticos. En algunos casos viven sobre las rocas y árboles, y las hay también que habitan en aguas termales, sop ortando temperatura de hasta 90°C también pueden vivir en simbiosis con hongos formando líquenes (UNP, 2009).

### 2.3.2 REPRODUCCIÒN

**VEGETATIVA.-** fisión binaria

**REPRODUCCIÒN ASEXUAL.-** por bipartición o por fragmentación de filamentos, dando origen a hormogonios que se separan de los filamentos originales y se mueven deslizándose.

### 2.3.3 HÁBITAT

Son mayormente acuáticas con un amplio rango de salinidad y temperatura, pero mayormente en agua dulce; también sobre suelo, rocas y partes vegetales húmedas en forma de manchas incrustadas o como almohadillas viscosas verde azulosas oliváceas, pardas o casi negras.

### 2.3.4 IMPORTANCIA

- Algunas especies forman asociaciones con raíces de plantas vasculares (*Bryophitas, Cycas y Azolla*)
- Intervienen como formadoras del plancton.
- Contribuyen a la formación de arrecifes coralinos segregando carbonatos de Ca y Mg.
- Participan como fijadoras de nitrógeno libre lo que incrementa la producción en campos de arroz y otros cultivos, así como contribuye a la formación de los suelos de zonas tropicales.
- Participan en la oxigenación del suelo.
- Pueden ser utilizadas como complemento proteico (spirulina).
- Pueden ser utilizados como indicadores biológicos de la contaminación porque muchas especies restringen su hábitat a aguas polucionadas (UNP, 2009).

## **2.4 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA AZOLLA**

La *Azolla* es un helecho semi-acuático, constituye el ejemplo de un sistema simbiótico sinérgico. En la hoja del lóbulo dorsal, hay una cavidad en elipsoide con una cianobacteria llamada *Anabaena azollae*. Esta cavidad de la hoja se comporta como la unidad de la interfaz fisiológica y dinámica de esta asociación simbiótica donde los flujos metabólicos y energéticos principales ocurren.

La *Azolla* se propaga por fragmentación de sus partes, forma muy común en las plantas acuáticas, y mediante esporas por ser un helecho. La *Azolla* tiene muy diversificada su propagación, lo que la dota de una alta capacidad de adaptación en aquellas condiciones donde sea factible su crecimiento y desarrollo. A pesar de que la *Azolla* se considera como una maleza acuática, algunas investigaciones en los últimos años han demostrado que esta especie constituye una excelente fuente de alimento animal y de fertilizante. Este helecho puede sobrevivir a temperaturas del agua de 5°C, con un crecimiento óptimo entre 25-30°C. También es muy resistente en la naturaleza como las esporas de hongos que pueden sobrevivir fácilmente en el frío y en bajas temperaturas. (Carrapico *et al.*, 2010).

### **2.4.1 SIEMBRA Y COSECHA DE LA AZOLLA**

Esta planta al igual que el resto de las plantas acuáticas, tiene un ciclo de cosecha de 3-7 días y recomiendan dejar en el estanque el 25 % como semilla para el próximo cultivo; la forma más común de cosecha es la manual.

### **2.4.2 CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA AZOLLA**

Las plantas acuáticas pueden ser utilizadas como alimento para animales de granja y peces, debido a que constituyen fuentes proteicas de alto valor nutricional (del 18 al 32% como proteína bruta). Las propiedades nutritivas y fertilizantes que posee la *Azolla* se debe a la presencia de los componentes



nitrogenados que posee, fijados del medio donde se desarrolla, a través de la bacteria *Anabaena azollae*, con lo cual el helecho puede crecer sin este componente, debido a que el N<sub>2</sub> es suministrado por la simbiosis.

La capacidad de asimilación de los nutrientes provenientes de las plantas acuáticas como: la Azolla, lemna o lenteja y jacinto de agua, está directamente relacionada con la velocidad de crecimiento, población establecida y composición del tejido de las plantas, por esta razón, esta pequeña planta flotante se cultiva a menudo en campos de arroz y se utiliza como fertilizante agrícola debido a su alto contenido de nitrógeno. (Carrapico *et al.*, 2010).

## **2.5 POTENCIALIDAD DE AZOLLA-ANABAENA COMO BIOFERTILIZANTE PARA CULTIVOS DE ARROZ**

### **2.5.1 LA AZOLLA, FERTILIZANTE NATURAL**

Agrytec (2011) indica que los altos costos de la urea impiden en algunas zonas agrícolas que los productores apliquen este ingrediente indispensable para el buen desarrollo del cultivo, lo que lleva a buscar alternativas de bajo costo para los pequeños productores. 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. Lo único que necesitan para su reproducción es contar con agua y algo de materia orgánica como estiércol de ganado.

La *azolla*, crece muy rápido, en quince días ya se puede contar con suficiente producto para fertilizar una hectárea de arroz. Es una alternativa medioambiental que protege al suelo, al agua y al medio ambiente. Se puede utilizar en todos los cultivos, además como alimento para el ganado y cerdos, la *azolla* tiene el 7% de nitrógeno en base seca, sirve también para manejo de suelos. Es el inicio de un cultivo para obtener arroz orgánico y también del desarrollo de un nuevo fertilizante para Ecuador, ya que con este helecho el

agricultor está economizando el costo de la urea. (Agrytec, 2011).

La *Azolla* es un pequeño helecho flotante, el cual contiene un simbiote en la cavidad del lóbulo dorsal de las hojas. La presencia en esta cavidad de la cianobacteria filamentosa *Anabeana Azollae*, convierte a esta asociación simbiótica helecho-cianobacteria en un fenómeno de gran interés en la agricultura por las entradas de N que esta planta pudiera introducir en los campos de arroz inundables. *Azolla* tiene un amplio intervalo de distribución altitudinal, desde cerca del nivel del mar hasta 5000 msnm (Lumpkin y Plucknett, 1980). En general, *Azolla* prefiere condiciones frías y semisombreadas y se desarrolla mejor en contenidos altos de fósforo, tanto en el agua como en el suelo.

Existen siete especies de *Azolla* ampliamente distribuidas a nivel mundial. Esta distribución ha sido fuertemente influenciada por el hombre, debido a la introducción indiscriminada del helecho de un área a otra. En Venezuela se ha señalado la presencia de *A. filiculoides*, *A. mycrophylla* (Espinoza y Gutierrez, 2003).

El esporofito de *Azolla* tiene hojas muy pequeñas, alternas, bilobuladas y que se sobrepone unas a otras. Las raíces de la planta son simples de 1 a 2,5 cm de largo. La cianobacteria es un organismo fotosintético y se encuentra permanentemente asociado con las plantas de *Azolla*, tanto en la fase sexual como en la fase asexual del helecho (Peters *et al.* 1979).

La reproducción del helecho puede ser de dos tipos: una asexual o vegetativa y otra sexual. La vegetativa se da por la fragmentación de ramas laterales que se separan del tallo principal y la sexual a través de la producción de esporocarpos machos (microesporocarpos) y hembras (megaesporocarpos), características de los helechos heteroesporeos. La capacidad de fijar nitrógeno atmosférico por parte de la asociación *Azolla-anabaena* ha sido demostrada directa e indirectamente. El proceso de fijación de N<sub>2</sub> se desarrolla en forma paralela al crecimiento de la planta. A medida que las hojas se desarrollan la tasa de fijación aumenta, por lo tanto, cuando las hojas están completamente desarrolladas llegan a su fijación máxima. La fijación varía con la especie o con

el ecotipo utilizado (Becking, 1986).

En Venezuela, la tasa de fijación de N (TFN) ha sido evaluada en accesiones de *Azolla* provenientes de diferentes zonas del país (Espinoza y Gutiérrez, 2004), observándose la mayor TFN en la recolectas procedente del estado Portuguesa (13,78 mg N/g/día) y la menor en accesiones proveniente del estado Barinas (10,32 mg N/g/día. Sin embargo, se observó en las accesiones de baja TFN una alta tasa relativa de crecimiento (TRC) (0,23 g/día) y un bajo tiempo de duplicación (TD) (3,10 días). De acuerdo con Singh *et al.* (1981) los helechos que presentan altas TRC y bajos TD se perfilan como una fuente importante de materia orgánica para el suelo debido a su rápida multiplicación utilizando nitrógeno atmosférico como fuente de N.

*Azolla* necesita una solución completa de nutrientes parecida a muchas plantas superiores. El principal elemento en su nutrición es el fósforo. Sin embargo, los requerimientos de P varían entre los diferentes ecotipos del helecho. Estudios realizados en Venezuela indican una gran diferencia en la habilidad para crecer con limitaciones de fósforo (Espinoza y Gutiérrez, 2004). Estos autores encontraron diferencias que variaron entre 2 y 4 mg/L de requerimiento de P externo para alcanzar su máxima producción de materia seca, comparando ecotipos procedentes de diferentes regiones del país (Espinoza, 2004).

### **2.5.2 UTILIZACIÓN DE AZOLLA EN LA AGRICULTURA**

Por sus características de crecimiento y fijación de nitrógeno, *Azolla* tiene un gran potencial como fuente de N para algunos sistemas agrícolas. El nitrógeno producido por la fijación simbiótica, puede ser disponible para la planta de arroz por descomposición del helecho *Azolla*, o por excreción del nitrógeno al medio ambiente.

Los campos preparados para plantar arroz se inundan y se siembra el helecho a una proporción de 7,5 a 10 tn/ha. Cuando ha alcanzado la densidad necesaria (entre 5 a 10 días; aproximadamente, 22 a 25 tn/ha), se drena el agua y se incorpora al suelo (Ferentinos *et al.*, 2002). Cuando *Azolla* es

incorporada al suelo el nitrógeno orgánico contenido en su estructura celular es mineralizado, y de esta forma queda disponible para la planta de arroz. Por otra parte, la asociación simbiótica normalmente excreta al medio ambiente acuático 25% del nitrógeno fijado en un período de 30 días de incubación. De acuerdo con Watanabe *et al.*, (1981) la incorporación de *Azolla* al cultivo de arroz proporciona 50% del N necesario para producir 5 t de arroz. A pesar de las grandes cantidades de N que la asociación simbiótica *Azolla-anabaena* puede aportar para el cultivo de arroz, ensayos realizados en África han demostrado que la mejor producción del cultivo (2835 kg/ha) se obtiene cuando *Azolla* es mezclada con urea a una proporción de 7000 kg *Azolla*/ha + 43,5 kg N/ha, comparado con fertilizante químico donde se obtuvo una producción de arroz de 3158 kg/ha (Carrapico *et al.*, 2000).

Aun cuando la mayor productividad del arroz se obtiene cuando se utiliza únicamente fertilización química, los precios de estos fertilizantes han obligado a recomendar el uso de fertilizante químico combinado con compost de *Azolla*. Además, el uso de *Azolla* para cultivos de arroz no solo reduce el uso de fertilizantes nitrogenados químicos, sino que proporciona materia orgánica debido a su rápida multiplicación. Como consecuencia de la incorporación y descomposición de *Azolla* se forma un compuesto húmico. El humus aumenta la capacidad de retención de agua y promueve la aireación, drenaje y agregación del suelo. Por otra parte, *Azolla* es importante en el ciclaje de nutrientes, ya que, cuando el helecho está creciendo absorbe nutrientes del agua principalmente P (consumo de lujo del elemento P). Cuando *Azolla* es incorporada al suelo, estos nutrientes pueden ser liberados en la medida que avance la mineralización de la materia orgánica del suelo. La liberación de P en la descomposición de *Azolla* es un criterio importante de considerar cuando la utilización de esta simbiosis está dirigida hacia suelos con limitaciones en la disponibilidad del elemento.

El uso de organismos fijadores de N como *Azolla* puede efectivamente ayudar a mejorar una agricultura más sustentable, por una disminución del riesgo de problemas asociados con los efectos adversos sobre la fertilidad del suelo, causados por el uso continuo por largos periodos de tiempo de los fertilizantes

químicos. Sin embargo, es necesario hacer evaluaciones del impacto de la aplicación de las grandes cantidades del helecho sobre la producción de gases invernadero como CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, producidos como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica y desnitrificación del NO<sub>3</sub> producido como consecuencia de la descomposición, condiciones anaeróbicas y C presente.

De acuerdo a una investigación realizada por la ESPOL, citado por Montaña (2005), la aplicación de 40 Tm/ha de AF (*azolla* fresca) permitió un rendimiento de 7,42 Tm/ha, que resultó superior estadísticamente a los demás subtratamientos. De igual forma la abonadura con 20 Tm/ha de AF, alcanzó un promedio de 6,49 Tm/ha de arroz paddy, valor estadísticamente superior a los cuatro restantes. La combinación de 20 Tm/ha de *Azolla* con 50 kg/ha de N-Urea, la fertilización de 100 kg Urea/ha y el testigo resultaron estadísticamente iguales ( $p=0.05$ ), debido seguramente a la alta Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo donde se llevaron a cabo los experimentos.

### **2.5.3 USO DEL GENERO AZOLLA COMO BIOFERTILIZANTE EN EL CULTIVO DEL ARROZ**

Para el carácter peso de 1 000 granos, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos; aunque este es un parámetro asociado a las características de cada variedad y está influido por el estado nutricional de la planta. Sin embargo, se puede apreciar una tendencia a incrementarse estos valores en los tratamientos donde se asoció *Azolla*. No se observó ningún tipo de efecto depresivo en los componentes del rendimiento en el cultivo del arroz, producto del uso de *Azolla* intercalada. Al analizar el rendimiento, los resultados mostraron los mayores valores en el tratamiento donde coincide *Azolla*, la aplicación de 120 kg de N/ha<sup>-1</sup> y la densidad de 102 kg/ha<sup>-1</sup> de semilla, seguido, pero con diferencias significativas, el tratamiento que coincide en igual dosis de nitrógeno y *Azolla* asociada pero con la densidad de 68 kg.ha<sup>-1</sup> de semilla, superando en 1,41 y 0,53 t/ha<sup>-1</sup> más que los tratamientos testigo de igual densidad de siembra. Se puede apreciar al comparar el tratamiento con *Azolla*,

con respecto al tratamiento testigo sin *Azolla*, que se obtiene un ahorro de aproximadamente 33 % de la dosis de nitrógeno. En el tratamiento testigo se produce 1,41 t/ha<sup>-1</sup> menos de arroz que en el tratamiento T16, donde se utiliza igual densidad de siembra y niveles de nitrógeno, pero con *Azolla* asociada. A partir de los resultados expuestos, se aprecia que el uso de *Azolla* resulta muy provechoso, por los elevados beneficios que se obtienen (Castro y Novo, 2002).

Datos de una investigación realizada en el cultivo de arroz en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, el autor, Andrade (2006) menciona que en la variable longitud de raíces se hicieron dos lecturas en un intervalo de 30 días después del transplante cada una. Se encontró diferencias significativas a los 15 días después del transplante en el factor A (dosis de ceniza). A los 45 días después del transplante se observó diferencias altamente significativas en el factor A. En ambos casos se acepta la hipótesis alternativa de que todos entre los tratamientos existe alguno diferente entre los demás. Así que son necesarias las pruebas de separación de medidas para encontrar las dosis que permitan obtener la mayor diferencia en longitud de raíz.

En una investigación realizada por Gil, 2011, cuya finalidad era la de producir dos veces el promedio mundial de arroz sin necesidades de nuevos agroquímicos. Utilizando fertilización edáfica: 75 kg Urea/ha; 37 kg de Sulfato de calcio/ha. Fertilización orgánica: 2,3 Tm/ha compost más 500 lt de Biol/ha. Obtuvo los siguientes resultados: Ciclo vegetativo 139 días. Altura de planta: 1,08 m. Promedio número de macollos: 45.5. Promedio macollos fértiles: 44. Altura promedio de espiga: 22,5 cm. Tamaño de grano: 7,8 mm. Producción: 8,8 TM/ha (húmedo y sucio). Promedio nacional 3,8 Tm/ha; tradicional 1,5 Tm/ha (Gil, 2011).

## 2.6 CARACTERISTICAS DE LA VARIEDAD DE ARROZ INIAP 15

Características de la variedad mencionada por IINIAP (s.f)

- Ciclo vegetativo de 117 a 128 días
- Altura de planta de 89 a 108 cm
- Grano extra largo
- Arroz entero al pilar 67%
- Latencia de la semilla 4-6 semanas
- Desgrane intermedio y resistente al acame.

### DENSIDAD DE SIEMBRA:

- Siembra directa (sembradora): 80 kg/ha de semilla certificada.
- Siembra directa (voleo): 100 kg/ha de semilla certificada.
- Siembra por trasplante: 30-45 kg/ha semilla certificada para semillero.
- En semillero: Utilizar 150-200 g de semilla/m.

### ENFERMEDADES:

- *Pyricularia grisea*: Moderadamente susceptible.
- Hoja blanca: Moderadamente Tolerante.
- Manchado del grano: Moderadamente resistente.
- *Sarocladium oryza*: Moderadamente resistente.

### RENDIMIENTO ESPERADO:

5100-9000 kg/ha en riego (arroz en cáscara al 14% de humedad) (INIAP s.f).

## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1 UBICACIÓN

La presente investigación se realizó entre los meses de agosto de 2015 a enero de 2016 en el área de CIIDEA (Ciudad de la Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario) de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, ubicada en el sitio El Limón, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, situado geográficamente entre las coordenadas:<sup>1/</sup>.

Latitud	0° 49' 27"	Sur
Longitud	80° 10' 47,2"	Oeste
Altitud	15 msnm	

### 3.2 DATOS CLIMÁTICOS<sup>1/</sup>.

Precipitación media anual	777,3 mm
Temperatura media anual	26°c
Humedad relativa anual	82%
Heliofania anual	925,2 horas sol
Evaporación	1269,6 mm

1/. Estación Meteorológica. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López". Promedio 2011 – 2014



### **3.3 VARIABLES EN ESTUDIO**

#### **3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

- Dosis de *Azolla caroliniana*-*Anabaena azollae*

#### **3.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES**

- Altura de planta a los 30 y 90 días después del trasplante (cm)
- Proliferación de raíz a los 30 y 90 días después del trasplante
- Masa de gavilla con granos (g)
- Masa de 1000 granos (g)
- Producción por parcela (kg)
- Producción por hectárea (kg)
- Análisis de suelo
- Análisis económico de los tratamientos

#### **TRATAMIENTOS A ESTUDIAR**

- T1 = Aplicación de 30 tn de *azolla* fresca/ha (12kg/4m<sup>2</sup>)
- T2 = Aplicación de 40 tn de *azolla* fresca/ha (16kg/4m<sup>2</sup>)
- T3 = Aplicación de 50 tn de *azolla* fresca/ha (20kg/4m<sup>2</sup>)
- T4 = Testigo absoluto (sin fertilizante químico ni simbiote)
- T5 = Testigo químico (programa de fertilización recomendado para el cultivo).

### **3.4 DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL**

#### **DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño experimental que se utilizó fue un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cuatro repeticiones y cinco tratamientos.

## TÉCNICA ESTADÍSTICA

En las variables que se determinaron diferencias estadísticas, tales fueron analizadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0,05% de probabilidad.

## ANÁLISIS DE VARIANZA

<b>ADEVA</b>	
<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	19
Tratamiento	4
Bloque (repeticiones)	3
Error	12

## CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

- Área total del ensayo = 208 m<sup>2</sup>
- Ancho del ensayo = 16 m
- Largo del ensayo = 13 m
- Forma del ensayo = rectangular
- Numero de parcelas = 20
- Ancho de UE= 2 m
- Largo de UE =2 m
- Área total de UE =4 m<sup>2</sup>
- Forma de la UE = Cuadrada
- Área útil: 8 m x 5 m = 40 m<sup>2</sup>
- Total de plantas por UE = 48
- Densidad poblacional = 166 666 plantas/ha
- Separación entre parcela = 1 m
- Separación entre repeticiones = 1 m
- Sistema de siembra = Hilera simple
- Distancia entre hilera = 0,30 m

- Distancia entre sitios = 0,20 m
- Número de plantas por sitio = 4
- Población del ensayo = 960 plantas.

### 3.5 VARIABLES REGISTRADAS

#### ALTURA DE PLANTA A LOS 30 Y 90 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

La toma de datos de esta variable se la realizó a los 30 y 90 días después del trasplante, con la ayuda de una cinta métrica, se midieron cinco plantas al azar en cada uno de los tratamientos y se obtuvo el promedio, se consideró la altura desde el nivel del suelo hasta el ápice de la hoja más alta, la altura fue expresada en cm.

#### PROLIFERACIÓN DE RAÍZ A LOS 30 Y 90 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

La toma de datos de esta variable se la realizó a los 30 y 90 días después del trasplante, tratando de no perjudicar las raíces se extrajeron 5 plantas al azar de cada tratamiento, a través de la observación se determinó la proliferación de las raíces las cuales fueron categorizadas y calificadas arbitrariamente como se muestra en la tabla.

**Cuadro 3.01** Cuadro empírico para la proliferación de raíz categorizadas arbitrariamente en la investigación Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo.

CATEGORIA	VALOR
Muy poco	1
Poco	2
Medio	3
Abundante	4
Muy abundante	5

**Autores: David Delgado y Cynthia Zorrilla**

### **MASA DE GAVILLA CON GRANOS**

Este dato se lo tomó al momento de la cosecha, y consistió en tomar al azar cinco panojas de cada parcela experimental, las cuales se pesó en una balanza de precisión, la masa se expresó en gramos.

### **MASA DE 1000 GRANOS**

Se obtuvo en base al peso de 1000 granos, realizándolo en una balanza de precisión, se tomó en cuenta el porcentaje de humedad (23%) el cual se midió con un higrómetro, este procedimiento se lo realizó en cada unidad experimental, se lo expresó en gramos.

### **PRODUCCIÓN POR PARCELA**

Mediante el uso de una balanza se pesó el total del arroz en cáscara producido en el área útil de cada unidad experimental, considerando un 23% de humedad medido con un higrómetro, se lo expreso en kg.

### **PRODUCCIÓN POR HECTÁREA**

Se calculó en base a la producción del cultivo de arroz en cáscara, utilizando los rendimientos obtenidos en cada unidad experimental y mediante el uso de una regla de tres se llevó este dato a kg/ha.

### **ANÁLISIS DE SUELO**

Para realizar el análisis de las condiciones químicas del suelo se tomaron dos muestreos, la primera antes de la siembra en el área total del experimento y la segunda a la salida del cultivo en cada una de las parcelas experimentales.

## **ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS**

Para desarrollar el análisis económico de la investigación se consideraron los costos de producción y el beneficio económico de cada tratamiento, aplicando la metodología (CIMMYT, 1998).

### **3.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

#### **3.6.1 PREPARACIÓN TERRENO**

Antes de la preparación del terreno se realizó la medición del área total que fue de 208 m<sup>2</sup>, luego se procedió a una toma de muestra de suelo para análisis, posteriormente se hizo dos pases de romplow, se midió y delimitó cada tratamiento el cual quedó establecido en parcelas de 2 x 2 m, dejando un espacio de separación entre parcelas de 1m respectivamente, con la ayuda de un implemento hecho empíricamente se trató de simular lo más posible a una fanguadora agrícola para efectuar esta labor, la misma que se procedió a realizar de esta manera debido a que el área de estudio era muy pequeña para que ingresara la maquinaria antes mencionada, es importante señalar que en esta labor se incorporó la *azolla* en el suelo según las respectivas dosis indicadas.

#### **3.6.2 SEMILLA**

Se usaron 2 kilogramos de semilla certificada INIAP 15, antes de realizar la siembra se aplicó un tratamiento de escarificación, el cual consistió en sumergir la semilla en agua durante 24 horas, pasado este tiempo se desechó el agua y se dejó reposar la semilla toda la noche, al siguiente día se realizó la siembra.

#### **3.6.3 SEMILLERO**

Se realizó un semillero con dimensiones de 1 m de ancho por 2 m de largo con una profundidad de 15 cm, se regó hasta que la parcela estuviera saturada, al

siguiente día se generó el fangueo para luego efectuar la siembra de las semillas pre germinada. A los 15 días posteriores a la siembra se aplicó 1,5 kg de urea a las plántulas, a los 20 días luego de la siembra se ejecutó el trasplante a las parcelas correspondientes.

#### **3.6.4 TRASPLANTE**

Pasado 20 días de la siembra en el semillero, se colocó suficiente agua al mismo, con el fin de que las plántulas se extrajeran de manera suave, sin estropearlas y se realizó el trasplante en las parcelas previamente fangueadas, las plántulas fueron colocadas a un distanciamiento entre hileras de 30 cm por 20 cm entre sitio, dejando cuatro plántulas por sitio. Esta actividad se realizó en horas de la mañana.

#### **3.6.5 MANEJO DE LA AZOLLA**

El simbiote *Azolla-Anabaena* fue adquirido de las piscinas de reproducción del Ing. Mario Montaña, docente de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) posteriormente fue establecido para su desarrollo en una piscina con recubrimiento de polietileno (plástico) de 3 x 30 m y una profundidad de 0,20 m, cubierta con un techado de zaran (anexo 10) con el fin de darle sombra, la fertilización del simbiote se la realizó al inicio aplicando dos sacos de 25 kg de materia orgánica (estiércol de ganado seco) y 50 kg de tierra suelta en el interior de la piscina, posteriormente se llenó la piscina de agua, finalmente se introdujo el simbiote para su respectivo desarrollo y reproducción.

#### **3.6.6 APLICACIÓN DE AZOLLA**

La aplicación de *Azolla-Anabaena* se la realizó al voleo dividiendo en dos las diferentes dosis (12, 16 y 20 kg/4m<sup>2</sup>), la primera aplicación se la hizo durante el fangueo como abono verde incorporada al suelo y la segunda a los 10 días después del trasplante.

### **3.6.7 LABORES CULTURALES**

#### **CONTROL DE MALEZAS**

El control de malas hierbas se lo efectuó manualmente entresacando la maleza que estaba dentro del cultivo, también se utilizó machete para cortar la maleza que crecía en los bordes de las parcelas, estas actividades se realizaron cada vez que el cultivo lo requería.

#### **CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES**

El control de plagas se realizó en base al umbral económico de afectación al cultivo, durante el ciclo de desarrollo del mismo se presentó una plaga, la cual fue identificada como novia del arroz (*Rupela albinella*) la misma fue controlada con un plaguicida (metamidofos), en una dosificación de 500 ml/ha, después de esto no se presentó patología alguna ya que en el área donde que fue implementada la investigación son suelos pocos usados para la agricultura.

### **3.6.8 FERTILIZACIÓN**

La fertilización, para el caso del testigo químico se la realizo en base a los requerimientos nutricionales que sugiere INIAP para esta variedad. Se la efectuó aplicando 6 sacos de mezcla/ha las mismas que consistieron en 4 sacos de urea y 2 sacos de abono compuesto 8-20-20, aplicados en dos partes iguales, la primera a los 20 días de edad del cultivo o momento del trasplante y la segunda a los 40 días de edad del cultivo.

Para el caso de los tratamientos con *azolla* la fertilización que se realizó fue la aplicación del simbiote, que se la efectuó en dos partes, la primera aplicación durante el fangueo incorporada al suelo y la segunda a los 10 días después del trasplante, en dosis que indican los tratamientos.

En el caso del testigo absoluto no se realizó fertilización alguna, solo se dio mantenimiento a las unidades experimentales.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. EVALUACION DE LA INFLUENCIA DE DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN DEL SIMBIONTE *Azolla caroliniana-Anabaena azollae* SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGROPRODUCTIVAS DEL CULTIVO DE ARROZ.

#### 4.1.1 ALTURA DE PLANTA A LOS 30 Y 90 DIAS (cm)

En el cuadro 4.01, se observan los valores promedios de altura de plantas a los treinta y noventa días. El análisis de varianza para esta variable solo determino diferencias significativas entre tratamientos a los 90 días después del trasplante.

**Cuadro 4.01** Altura de planta a los 30 y 90 días después del trasplante en la investigación Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016

TRATAMIENTOS	VARIABLE	
	ALT. PLANTA 30 días (cm)	ALT. PLANTA 90 días (cm)
	NS	*
T1	42,05	98,55 a
T2	42,95	100,20 a
T3	41,60	100,95 a
T4	41,90	75,55 b
T5	43,85	101,35 a
C.V.	11,94 %	3,35 %
P	0,62	<0,0001

NS: No existen diferencias estadísticas entre los tiramientos

\* Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%

La altura de planta a los treinta días no se vio influenciadas por la aplicación de los tratamientos, debido a que en esta etapa alcanzan un promedio propio de las tipologías genotípicas de la variedad (INIAP, s.f).

De acuerdo al análisis de varianza a los noventa días se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, sobresalen como



los mejores tratamientos el T3 y T5 iguales estadísticamente ya que se encuentran en la misma categoría con 100,95 y 101,35 cm, estos resultados se encuentran dentro del rango de la variedad sembrada, datos que se acercan a los experimentados por Sánchez (2014), que obtuvo plantas promedias de 111 cm de altura, en la misma variedad.

#### 4.1.2 PROLIFERACIÓN DE RAIZ A LOS 30 Y 90 DIAS

En el cuadro 4.02 se evidencian los valores promedios de proliferación de raíz a los treinta y noventa días. El análisis de varianza presento diferencias estadísticas significativas en las evaluaciones a los treinta y noventa días.

**Cuadro 4.02** Proliferación de raíz en la investigación: Evaluación del simbiote *Azolla* Caroliniana-anabaena *Azollae* sobre la agroproduktividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

TRATAMIENTOS	VARIABLE	
	PROLIFERACIÓN DE RAIZ 30 días **	PROLIFERACIÓN DE RAIZ 90 días *
T1	2,25 b c	3,25 a b
T2	2,25 b c	3,00 a b
T3	3,00 a b	3,50 a
T4	1,75 c	2,00 b
T5	3,50 a	4,25 a
C.V.	18,60 %	18,27 %
P	0,0017	0,0024

\* Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

\*\* Existen diferencias estadísticas Altamente Significativo entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%

El análisis de varianza determino que a los treinta días hubo diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos quedando el T5 y T3 con los mayores promedios de proliferación de raíz dando un valor de 3,5 y 3,00 respectivamente.

Con respecto a la proliferación de raíz a los noventa días hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, cabe destacar que el T3 y T5 se encontraron en la misma categorización con un valor de 3,5 y 4,25 respectivamente. Con la diferencia de que al T3 se le aplico *Azolla* en una

dosis de 50 tn/ha, en comparación al tratamiento químico al cual se le aplico los fertilizantes necesarios para su desarrollo.

#### 4.1.3 MASA DE GAVILLA Y MASA DE 1000 GRANOS

En el cuadro 4.03, se presentan los valores promedios de gavilla y masa de 1000 granos. El análisis de varianza presentó diferencias entre tratamientos, obteniendo el mayor promedio de masa de gavilla y de 1000 gramos el T5 (testigo químico).

**Cuadro 4.03** Masa de gavilla y masa de 1000 granos en la investigación: Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

TRATAMIENTOS	VARIABLE	
	MASA DE GAVILLA (g)	MASA DE 1000 GRANO (g)
	*	**
T1	7,25 b	25,62 b
T2	7,76 b	24,44 cd
T3	7,59 b	25,00 b c
T4	5,10 c	19,42 d
T5	8,75 a	27,83 a
C.V.	7,98 %	3,56 %
p	<0,0001	<0,0001

\* Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

\*\* Existen diferencias estadísticas Altamente Significativo entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%

En lo referente masa de gavilla, el testigo químico alcanzo el mayor peso siendo este de 8,75 g, dichos valores se encuentran dentro de las características genotípicas propias de la variedad. Cabe señalar que T1, T2, y T3 mostraron promedios de pesos aceptables (7,25; 7,76 y 7,79 g) referentes al testigo químico, probablemente esto fue debido a que la *azolla* no logro mantenerse hasta la fase final del cultivo.

En el análisis estadístico sobre la variable masa de 1000 granos se observa que existieron diferencias altamente significativas, según los resultados obtenidos, por lo tanto el mejor tratamiento fue el T5 con 27,83 g, mientras que Sánchez (2014) en su investigación “Estudio de tres épocas de

aplicación de nitrógeno en cuatro variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) En el cantón Babahoyo, provincia de los Ríos” obtuvo un peso de 29,25 g.

Castro y Novo (2002), obtuvieron 27.50 y 30.00 g. Tomando en cuenta que conto con mayor número de unidades experimentales y diferentes porcentajes de *azolla*.

Parra (2013) en su investigación “Estudio comparativo de dos fuentes de zinc aplicadas en seis dosis, sobre el suelo y al follaje en la variedad de arroz (*Oryza sativa*L.) INIAP 15”. Obtuvo valores entre 27.00 y 31.00 g

#### 4.1.4 PRODUCCIÓN POR PARCELA Y PRODUCCIÓN POR HECTÁREA

En el cuadro 4.04, se presenta los valores producción por parcela y producción por hectárea. El análisis de varianza para estas variables estableció diferencias altamente significativas entre tratamientos.

**Cuadro 4.04.** Producción por parcela y producción por hectárea en la investigación: Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

TRATAMIENTOS	VARIABLES	
	PRODUCCIÓN POR PARCELA (kg)	PRODUCCIÓN POR HECTÁREA (kg)
	**	**
T1	0,98 b	4881,25 b
T2	1,02 a b	5093,75 a b
T3	1,05 a b	5243,75 a b
T4	0,61 c	3062,5 c
T5	1,08 a	5412,50 a
C.V.	3,40 %	3,32 %
P	<0,0001	<0,0001

\*\* Existen diferencias estadísticas Altamente Significativo entre los tratamientos  
Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%

En la variable producción por parcela y por hectárea mostro diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos estableciendo al T5

(testigo químico) como el mejor resultado, debido al gran aporte de nutrientes aplicados durante todo el ciclo del cultivo, cabe señalar que el T3 mostro resultados estadísticos similares por lo que se considera de uso promisorio en la agricultura y específicamente en el cultivo de arroz, tomando en cuenta los datos reportados por Castro y Novo (2002), en su investigación, “Uso del genero *azolla* como biofertilizante en el cultivo de arroz”, alcanzo valores entre 1830 y 6880 kg/ha. Estos, difieren con los obtenidos en la investigación de Montaña M. (2005) que empleando dosis de 40 toneladas de *azolla* fresca por hectárea, registro valores de producción en un rango entre 3710 y 7770 Kg/ha. Al igual que Parra (2013) en su investigación “Estudio comparativo de dos fuentes de zinc aplicadas en seis dosis, sobre el suelo y al follaje en la variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) INIAP 15”, obtuvo rendimientos de 5554 y 8626 Kg/ha.

## **4.2. COMPARAR LAS CONDICIONES QUÍMICAS DEL SUELO EN PRE SIEMBRA Y POST COSECHA.**

### **4.2.1. ANÁLISIS DE SUELO**

El análisis de suelo realizado de las condiciones químicas del mismo muestra que no se presentaron diferencias mayores en el contenido de valores y propiedades de cada uno de los elementos (Cuadro 4.05).

**Cuadro 4.05** Análisis de suelo en la investigación: Evaluación del simbionte *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

ANALISIS	ANTES	DESPUES				
	S.H.	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7,5 PN	7,4 PN	7,4 PN	7,5 PN	7,7 LAI	7,6 LAI
NH4	18 B	19 B	17 B	15 B	15 B	15 B
P	48 A	45 A	43 A	39 A	39 A	36 A
K	1,23 A	1,12 A	1,17 A	1,02 A	1,21 A	1,05 A
Ca	18 A	18 A	17 A	18 A	18 A	18 A
Mg	6,4 A	7,5 A	6,9 A	7,4 A	7,5 A	7,2 A
S	26 B	8 B	6 B	6 B	5 B	8 B
Zn	1,8 B	1,6 B	4,7 M	1,2 B	1,1 B	1,3 B
Cu	6,6 A	6,1 A	5,9 A	6,2 A	6,4 A	6,8 A
Fe	59 A	50 A	39 M	39 M	54 A	64 A
Mn	1,8 B	1,6 B	4,7 B	1,2 B	1,1 B	1,3 B
B	0,32 B	0,85M	0,96M	0,84M	1,06 A	0,66M
M.O.	2,2 B	1,8 B	1,8 B	1,7 B	1,6 B	1,7 B

Fuente: INIAP 2016

S.H (Suelo Homogéneo)

Los estudios realizados de las condiciones químicas del suelo evidencian que no hay diferencias destacadas en el contenido de los elementos, es decir que las propiedades químicas del suelo tanto en pre siembra y post cosecha mantuvieron sus valores, sin embargo, es importante señalar que los tratamientos evaluados con *azolla* mantienen los rangos de mejor valor, debido posiblemente a que la simbiosis apporto para conservar y mejorar los valores de los elementos que quedaron en el suelo después de la siembra.

#### 4.2.2. COMPROBACIÓN HIPOTESIS

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación, la hipótesis planteada que dice: “Con el uso del simbionte *Azolla caroliniana-Anabaena azollae* mejorará el rendimiento del cultivo de arroz y calidad del suelo” se acepta, por cuanto el rendimiento obtenido con la aplicación de 50 tn de *Azolla* fresca/ha evidencia similitud con el tratamiento químico y se conservan las características químicas del suelo.

### 4.3 REALIZAR UN ANÁLISIS DE LOS TRATAMIENTOS

#### 4.3.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS

En el cuadro 4.06 se muestran los datos del presupuesto parcial en la investigación cuyo resultado obtenido determino que la mejor opción es el Tratamiento 3 (Aplicación de 50 tn de *Azolla* fresca/ha) el cual obtuvo el mayor Beneficio neto. De los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de dominancia (cuadro 4.07) se muestran como tratamientos no dominados, los tratamientos 2 y 3.

De acuerdo a los tratamientos no dominados, el análisis marginal (cuadro 4.08) reportó que los tratamientos 4 y 3, poseen el 5,6 % de tasa de retorno marginal.

**Cuadro 4.06** Calculo del presupuesto parcial de la investigación "Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo".

Número	Tratamientos	Rendimiento promedio (kg/ha)	Rendimiento ajustado (-15%) (Kg/ha)	Beneficio bruto (USD/ha)	Costo (USD/ha)	Beneficio neto (USD/ha)
1	Aplicación de 30 tn de <i>Azolla</i> fresca/ha	4881,25	4149,06	3221,94	243,50	2978,44
2	Aplicación de 40 tn de <i>Azolla</i> fresca/ha	5093,75	4329,69	3362,21	253,50	3108,71
3	Aplicación de 50 tn de <i>Azolla</i> fresca/ha	5243,75	4457,19	3461,22	268,50	3192,72
4	Testigo absoluto	3062,50	2603,13	2021,40	111,00	1910,40
5	Testigo químico	5412,50	4600,63	3572,60	932,00	2640,60

Precio del Kg en el campo \$0,66 USD

**Cuadro 4.07** Análisis de dominancias de los tratamientos estudiados en la investigación “Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo”.

Número	Tratamientos	Rendimiento promedio (kg/ha)	Rendimiento ajustado (-15%) (Kg/ha)	Beneficio bruto (USD/ha)	Costo (USD/ha)	Beneficio neto (USD/ha)	
1	Aplicación de 30 tn de <i>Azolla</i> fresca/ha	4881,25	4149,06	3221,94	243,50	2978,44	D
2	Aplicación de 40 tn de <i>Azolla</i> fresca/ha	5093,75	4329,69	3362,21	253,50	3108,71	*
3	Aplicación de 50 tn de <i>Azolla</i> fresca/ha	5243,75	4457,19	3461,22	268,50	3192,72	*
4	Testigo absoluto	3062,50	2603,13	2021,40	111,00	1910,40	D
5	Testigo químico	5412,50	4600,63	3572,60	932,00	2640,60	D

**Cuadro 4.08** Análisis marginal de los tratamientos no dominados en “Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo”.

Nº	Tratamientos	Costo totales (Unid/ha)	IMCV (Unid/ha)	Beneficio neto (Unid/ha)	IMBN (Unid/ha)	TRM (%)
4	Testigo absoluto	253,50	15,00	3108,71	84,01	5,60
3	Aplicación de 50 tn de <i>Azolla</i> fresca/ha	268,50		3192,72		

- **IMCV** Incremento Marginal de Costo Variables.
- **IMBN** Incremento Marginal de Beneficio Neto.
- **TRM** Tasa de Retorno Marginal.

# CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1 CONCLUSIONES

El análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación permite establecer las siguientes conclusiones:

- El testigo con fertilización química fue el tratamiento que obtuvo los mejores resultados, pero cabe señalar que el tratamiento con *azolla* (50 Tm/ha) mantuvo similares condiciones estadísticas y por tanto se considera una alternativa para mejorar la productividad del cultivo de arroz.
- Desde el punto de vista de las condiciones químicas del suelo la aplicación del simbionte estabilizó las propiedades del mismo, contribuyendo a mantener su fertilidad.
- Según los resultados obtenidos la mejor opción económica es el T3 (aplicación de 50 Tm de *azolla* fresca/ha), el cual tuvo mayor beneficio neto, y 5,6 % de tasa de retorno.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Utilizar el simbionte de *Azolla caroliniana-Anabaena azollae* en dosis de 25 tn/ha incorporado como abono verde en el fanguero y 25 tn/ha a los 20 días después del trasplante como alternativa a la fertilización química en el cultivo de arroz.
- Incorporar *azolla* en el suelo donde se implante arroz ya que esta aporta a conservar los valores de las condiciones químicas del suelo, tomando en cuenta los requerimientos del cultivo para obtener mejores resultados.
- Realizar ensayos en otros cultivos utilizando el simbionte *Azolla caroliniana-Anabaena azollae* ya que es una alternativa económica para abaratar costos.



## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade L, 2006. Tesis de grado. Evaluación de cinco dosis de aplicación de ceniza de cascarilla de arroz como fuente de silicio y complemento a la fertilización con fosforo y potasio en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad F-50. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Consultado 29 junio 2016. Formato PDF.
- Alvaro, F. 2010. Estudio evolutivo del precio al productor de arroz en el Ecuador en los últimos 9 años. Santo Domingo, EC. Tesis. Mg. Gerencia de negocios UTE. p 3.
- Agrytec, 2011. La azolla, fertilizante natural que puede reemplazar la urea. (En línea). Consultado el 23 de Octubre del 2014. Disponible en la web: [http://www.agrytec.com/agricola/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6804:la-azolla-fertilizante-natural-que-puede-reemplazar-la-urea&catid=22:articulos-tecnicos&Itemid=40](http://www.agrytec.com/agricola/index.php?option=com_content&view=article&id=6804:la-azolla-fertilizante-natural-que-puede-reemplazar-la-urea&catid=22:articulos-tecnicos&Itemid=40)
- BBC Mundo (Corporación Británica de Radiodifusión). 2011. Origen del arroz. (En línea). Consultado, 08 de Abril. 2017. Formato html. Disponible en [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/05/110503\\_ciencia\\_arroz\\_origen\\_china\\_az.shtml](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/05/110503_ciencia_arroz_origen_china_az.shtml)
- Becking, J. H. 1986. Nitrogen fixation by the Azolla-Anabaena symbiosis. In: Proceeding of International Atomic Energy Agency. The role of isotopes in studies on nitrogen fixation and nitrogen cycling by blue-green algae and the Azolla-Anabaena Azollae association. IAEA, TECDOC 325. Vienna, Austria. Pp 53-61
- Carrapico, F; Antunes, T; Sevinate, I; Teixeira, G; Serrano, R; Baioa, V; Pereira, A; Elias, F; Bastos, M. 2010. Azolla en Portugal. Lisboa-Portugal. p 15.
- Carrapico, F., Teixeira G., y Diniz A. A. 2000. *Azolla* as a biofertiliser en Africa. A challenge for the future. Revista de Ciencias Agrarias. 23(2-4):120-138.
- Castro, R; Novo, R. 2002. Uso del genero azolla como biofertilizante en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Cultivos tropicales, vol.23, número 4, p 5-10, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, la Habana, Cuba. Consultado 20 de enero del 2016 archivo PDF. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193218135001>
- CIMMYT (1998). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual Metodológico de Evaluación Económica. Edición completamente revisada. México D. F., México, p.46.

- Cruz, M. 2009. Uso biofertilizante de dos cultivos de cianobacterias, uno axénico y otro en consorcio, a nivel de invernadero para producción parcialmente orgánica de fréjol. Tesis. Ing. Biotecnología. ESPO. p 2.
- David, B; Parsons, M. 2008. Manual para educación agropecuaria. Área de producción vegetal; 11. 2ed. México. Trillas; SEP (Secretaría de Educación Pública) p, 21.
- Delgado, F. 2011. Arroz del Ecuador. Panorama Nacional. "Manual Agrícola de los principales cultivos del Ecuador" INIAP, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Y ECUAQUIMICA C.A. p 1.
- Espinoza, Y. y Gutiérrez R. 2003. Variabilidad intraespecífica de *Azolla filiculoides*, colectadas en Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 20:156-167.
- Espinoza, Y. 2004. Potencialidad de *azolla anabaena* como biofertilizante para cultivos de arroz. Revista Digital CENIAP HOY. Número 6, septiembre-diciembre 2004. Maracay, Aragua, Venezuela. URL: [www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/espinoza\\_y/arti/espinoza\\_y.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/espinoza_y/arti/espinoza_y.htm)
- Espinoza, Y. y Gutiérrez R. 2004. Caracterización morfo-anatómica y agronómica de accesiones de *Azolla* en Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). En prensa.
- Ferentinos, L., J. Smith y H. Valenzuela. 2002. *Azolla. In: Sustainable agriculture green manure crops*. Cooperative Extension Service. University of Hawai. SA-GM-2. 3 p.
- Franquet, J. 2002. ECONOMÍA DEL ARROZ: VARIEDADES Y MEJORA. Generalidades sobre el arroz y su cultivo. (En línea). Consultado el 15 de enero del 2015. Disponible en la web: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/fbbp/1c.htm>
- Gil, J. 2008. Cultivo de arroz sistema intensificado SICA-SRI en Ecuador. (En línea). Consultado el 20 de Octubre del 2014. Formato (PDF). Disponible en <http://sri.ciifad.cornell.edu/countries/ecuador/EcuGilLibroCultivodiArroz08.pdf>
- Gil, J 2011. Sistema intensificado de cultivo de arroz, experiencias y vivencias de Ecuador. (En línea). Consultado el 22 de Enero del 2016. Formato (PPT). Disponible en <http://www.slideshare.net/SRI.CORNELL/1173-sistema-intensificado-de-cultivo-de-arroz-experiencias-y-vivencias-de-ecuador>

- Gonzales, A. 2013. Nuevas funciones de las proteínas Fur en cianobacterias: contribución a la definición en *Anabaena* sp. (En línea). Consultado el 16 de enero del 2015. Formato pdf. Disponible en [http://www.ifhcs.unp.edu.ar/catedras/ecologia\\_acuatica/ecologia\\_acuatica/textos%20alumnos/cianobacterias.pdf](http://www.ifhcs.unp.edu.ar/catedras/ecologia_acuatica/ecologia_acuatica/textos%20alumnos/cianobacterias.pdf)
- Gutiérrez, S. 2013. Guía para la Identificación de Enfermedades del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). (En línea). Consultado, 08 de Abril. 2017. Formato PDF. Disponible en [www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Paginas/Guia\\_de\\_enfermedades](http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Paginas/Guia_de_enfermedades).
- Guzmán, D. 2006. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE ARROZ. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Sede Regional San Carlos (En línea). Consultado el 15 de enero del 2015. Disponible en la web: <http://bibliodigital.itcr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/22>.
- Herreo, A y Flores, E. 2008. El concepto de las cianobacterias. (En línea). Consultado el 15 de enero del 2015. Formato thm. Disponible en <http://www.eez.scic.es/olivares/ciencia/fijacion/cianobacterias.htm>
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2011. Sistema Agroalimentario del Arroz. (En línea). Consultado el 20 de Octubre del 2014. Formato (PDF). Disponible en <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Arroz.pdf>
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). s. f. Variedades de Arroz Generadas por INIAP. (En línea). Consultado el 12 de Febrero del 2016. Formato (PDF). Disponible en <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Variedades%20de%20arroz%20generadas%20por%20INIAP.pdf>
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), 2014. Plegable promocional No.EEBo. 02. (En línea). Consultado el 12 de Febrero del 2016. Formato (PDF). Disponible en [www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Fenarroz.%20Nueva%20variedad%20de%20arroz%20INIAP%2014%20Filipino..pdf](http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Fenarroz.%20Nueva%20variedad%20de%20arroz%20INIAP%2014%20Filipino..pdf)
- Lumpkin, T. A. y D. L. Plucknett. 1980. *Azolla*: Botany, physiology and use as a green manure. *Econ. Bot.* 34, 111-153.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2012. Informe situacional de la cadena de arroz. Informe mensual N°1. p 1- 4.
- Monasterio, P; Lugo, L; Álvarez, L. y López, H. 2012. Desarrollo y producción de arroz (*Oryza sativa* L.) con diferentes profundidades de láminas de agua. Calabaza – Guárico. *VZLA. Revista UDO*. Vol. 12. Num. 1. p 117 –

126.

- Montaño, M. 2005. Estudio de la aplicación de *Azolla Anabaena* como bioabono en el cultivo de arroz en el Litoral ecuatoriano. Guayaquil, EC. Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 18. p 2.
- Montaño, M. 2009. Desarrollo del recurso *Azolla Anabaena* y aplicaciones en los sectores agrícola, pecuario, y acuícola. Guayaquil, EC. Hoja informativa ESPOL. p 1. Consultado 13 de Mayo de 2016. Formato (pdf). Disponible en:  
<http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/arroz.pdf>
- Moquete, 2010. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (CEDAF). Guía técnica en el cultivo de arroz. En línea. Consultado el 13 Ortega, F. 1980. Helechos acuáticos de Venezuela. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. p 5-8.
- Moreno, A. 2015. Rendimientos de arroz en cáscara en el Ecuador, primer cuatrimestre. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, ESPAC 2014. Quito, EC. (En línea). Consultado, 08 de Abril. 2017. Formato PDF. Disponible en  
[http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\\_agroeconomicos/rendimiento\\_arroz\\_2015.pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_arroz_2015.pdf)
- Parra, J. 2013. Estudio comparativo de dos fuentes de zinc aplicadas en seis dosis, sobre el suelo y al follaje en la variedad de arroz (*Oryza sativa*L.) INIAP 15. Tesis previa la obtención del título de Ingeniero agrónomo. Guayaquil, EC. p 52-53.
- Peters, G. A., B. C., Mayne, T. B. Ray y R. A. Toia. 1979. Physiology and biochemistry of the *Azolla-anabaena* symbiosis. *In: Nitrogen and Rice*. IRRI, Los Baños, Philippines. Pp 325-344.
- Penonomé. 2012. Cultivo de arroz, la fisiología. Universitaria de Investigación y Desarrollo, UDI, CO. 2011. (En línea). Consultado, 08 de Abril. 2017. Formato PDF. Disponible en  
[http://cultivodearrozoryzasativa.blogspot.com/2012\\_08\\_01\\_archive.html](http://cultivodearrozoryzasativa.blogspot.com/2012_08_01_archive.html)
- Peñaherrera, L. 2007. Manual del cultivo de arroz. Instituto Nacional Átomo De Investigaciones Agropecuarias, INIAP. Manual N°66 2 ed. Estación experimental boliche. Guayaquil, EC. p 123-124
- Pincioli. M. 2010. Proteínas de arroz, propiedades estructurales y funcionales. (En línea). Consultado el 15 de Enero del 2015. Formato (PDF). Disponible en  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento\\_completo\\_.pdf?sequence=3](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento_completo_.pdf?sequence=3)

- Ríos, A. 2011. Ventajas y desventajas del cultivo de arroz bajo riego. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. (En línea). Consultado, 08 de Abril. 2017. Formato htm. Disponible en [https://www.ecured.cu/Riego\\_por\\_aniego](https://www.ecured.cu/Riego_por_aniego)
- Ronquillo, S. 2007. Manual del cultivo de arroz. Instituto Nacional Átomo De Investigaciones Agropecuarias, INIAP. Manual N°66 2 ed. Estación experimental boliche. Guayaquil, EC. p 136
- Ruiz, W. 2012. La producción de arroz en el Ecuador. (En línea). Consultado el 23 de Febrero del 2015. Disponible en la web: <http://ambitoeconomico.blogspot.com/2012/10/la-produccion-de-arroz-en-el-ecuador.html>
- SAG, 2003. Manual técnico para el cultivo de arroz. Secretaria de agricultura y ganadería. (En línea). Consultado el 15 de enero del 2015. Disponible en la web: <http://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>
- Sánchez, C. 2014. Estudio de tres épocas de aplicación de nitrógeno en cuatro variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) En el cantón Babahoyo, provincia de los Ríos. Tesis previa la obtención del título de Ingeniera agrónoma. Babahoyo. Los Ríos, EC. p 40.
- Singh, P.K., B.C. Panigrahi, y K.B. Satapathy. 1981. Comparative efficiency of K, blue-green algae and other organic manures in relation to N and P availability in a flooded rice soil. *Plant and Soil* 62:35-44.
- Torró, I. 2010. Análisis de los factores que determinan la resistencia al encamado y características de grano en arroz, y su asociación con otros caracteres, en varias poblaciones y ambientes. Tesis. Dr. Ing. Agrónomo. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. ES. p 15 – 23.
- UNP. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO. 2009. Cianobacterias--- Division Cynophyta--- clase cyanophyceae--- algas verdes-azules. (En línea). Consultado el 15 de enero del 2015. Disponible en <http://www.fcn.unp.edu.ar/sito/botanicageneral/wpcontent/wpcontent/uploads/2009/04/cianobacterias.pdf>
- Villava, L. 2010, Requerimientos Edafoclimáticos del cultivo de Arroz. (En línea). Consultado el 12 de Abril del 2016. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../1/TESIS.doc>

Villar, 2011. Descripción botánica del cultivo de arroz. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Educación Agraria Colombia. En línea. Consultado el 13 de Mayo de 2016. Formato (pdf). Disponible en: <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/ARROZ+CULTIVOS.pdf>

Watanabe, I., Ke-Zhi B., Berja N. S., Espinas C. R., Ito O. y B. P. Subuchi 1981. The *Azolla-anabaena* complex and its use in rice culture. IRRI 69:1-11.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1.** Valores de la toma de datos de la variable altura de planta 30 días después del trasplante en la investigación: Evaluación del simbionte *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

	R1	R2	R3	R4	$\Sigma$	$\bar{X}$
T1	40,83	44,6	38,6	43,4	167,43	41,8575
T2	45	41	45,4	40,4	171,8	42,95
T3	44,8	44,8	37,6	39,2	166,4	41,6
T4	43,8	42,8	41,2	39,8	167,6	41,9
T5	44,2	43,6	47	46,6	181,4	45,35
$\Sigma$	218,63	216,8	209,8	209,4		
$\bar{X}$	43,726	43,36	41,96	41,88		

#### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA A LOS 30 DIAS

FV	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	223,97	7	32,00 <sup>NS</sup>	1,24	0,2868
Bloque	156,11	3	52,04 <sup>NS</sup>	2,02	0,1159
Tratamiento	67,86	4	16,97 <sup>NS</sup>	0,66	0,6214
Error	2364,94	92	25,71		
<b>Total</b>	2588,91	99			

NS: No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos

\* Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

\*\* Existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%



**ANEXO 2.** Valores de la toma de datos de la variable altura de planta 90 días después del trasplante en la investigación: Evaluación del simbionte *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

	R1	R2	R3	R4	$\Sigma$	$\bar{X}$
T1	100	94,8	96,6	102,8	394,2	98,55
T2	101,8	99,4	101,4	98,2	400,8	100,2
T3	105,2	99	101,2	98,4	403,8	100,95
T4	77,2	77,8	70,4	76,8	302,2	75,55
T5	103	100	101,2	101,2	405,4	101,35
$\Sigma$	487,2	471	470,8	477,4		
$\bar{X}$	97,44	94,2	94,16	95,48		

#### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA A LOS 90 DIAS

FV	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	10041,16	7	1434,45 <sup>NS</sup>	140,30	<0,0001
Bloque	178,00	3	59,33*	5,80	0,0011
Tratamiento	9863,16	4	2465,79*	241,18	<0,0001
Error	940,60	92	10,22		
<b>Total</b>	10981,76	99			

NS: No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos

\* Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

\*\* Existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%

**ANEXO 3.** Valores de la toma de datos de la variable proliferación de raíz a los 30 días después del trasplante en la investigación: Evaluación del simbionte *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>Σ</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>
<b>T1</b>	2	2	3	2	3	2,25
<b>T2</b>	2	3	2	2	9	2,25
<b>T3</b>	3	3	3	3	12	3
<b>T4</b>	2	1	2	2	7	1,75
<b>T5</b>	3	4	4	3	14	3,5
<b>Σ</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>12</b>		
<b><math>\bar{X}</math></b>	<b>2,4</b>	<b>2,6</b>	<b>2,8</b>	<b>2,4</b>		

#### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PROLIFERACIÓN DE RAIZ 30 DIAS

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	8,25	7	1,18 <sup>NS</sup>	5,24	0,0062
Bloque	0,55	3	0,18 <sup>NS</sup>	0,81	0,5100
Tratamiento	7,70	4	1,93 <sup>**</sup>	8,56	0,0017
Error	2,70	92	0,23		
<b>Total</b>	<b>10,95</b>	<b>99</b>			

NS: No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos

\* Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

\*\* Existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%

**ANEXO 4.** Valores de la toma de datos de la variable proliferación de raíz a los 90 días después del trasplante en la investigación: Evaluación del simbionte *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>Σ</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>
<b>T1</b>	4	3	4	2	<b>3</b>	<b>3,25</b>
<b>T2</b>	3	3	3	3	<b>12</b>	<b>3</b>
<b>T3</b>	4	3	3	4	<b>14</b>	<b>3,5</b>
<b>T4</b>	2	2	2	2	<b>8</b>	<b>2</b>
<b>T5</b>	3	4	5	5	<b>17</b>	<b>4,25</b>
<b>Σ</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>16</b>		
<b><math>\bar{X}</math></b>	<b>3,2</b>	<b>3</b>	<b>3,4</b>	<b>3,2</b>		

#### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PROLIFERACIÓN DE RAIZ 90 DIAS

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	11,10	7	1,59 <sup>NS</sup>	4,64	0,0100
Bloque	0,40	3	0,13 <sup>NS</sup>	0,39	0,7622
Tratamiento	10,70	4	2,68*	7,83	0,0024
Error	4,10	92	0,34		
<b>Total</b>	<b>15,20</b>	<b>99</b>			

NS: No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos

\* Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

\*\* Existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%

**ANEXO 5.** Valores de la toma de datos de la variable masa de gavilla con granos en la investigación: Evaluación del simbionte *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

	R1	R2	R3	R4	$\Sigma$	$\bar{X}$
T1	8,01	7	7	7	3	7,2525
T2	8	8	8	7,02	31,02	7,755
T3	7	8	8,36	7	30,36	7,59
T4	4,96	5,26	5,06	5,1	20,38	5,095
T5	9	8	8,98	9	34,98	8,745
$\Sigma$	36,97	36,26	37,4	35,12		
$\bar{X}$	7,394	7,252	7,48	7,024		

#### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA MASA DE GAVILLA CON GRANOS

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	147,2	7	21,1 <sup>NS</sup>	62,45	<0,0001
Bloque	3,44	3	1,15 <sup>*</sup>	3,39	0,0214
Tratamiento	144,48	4	36,12 <sup>*</sup>	106,75	<0,0001
Error	31,13	92	0,34		
<b>Total</b>	179,05	99			

NS: No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos

\* Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

\*\* Existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%

**ANEXO 6.** Valores de la toma de datos de la variable masa de 1000 granos en la investigación: Evaluación del simbionte *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

	R1	R2	R3	R4	$\Sigma$	$\bar{X}$
T1	25,43	25,04	26	26,02	3	25,6225
T2	25	23,4	24,1	25,24	97,74	24,435
T3	26,4	24,08	24,42	25,08	99,98	24,995
T4	19,94	19,36	19,26	19,1	77,66	19,415
T5	28,52	28,14	27,16	27,5	111,32	27,83
$\Sigma$	125,29	120,02	120,94	122,94		
$\bar{X}$	25,058	24,004	24,188	24,588		

#### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA MASA DE 1000 GRANOS

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	783,42	7	111,9 <sup>NS</sup>	147,38	<0,0001
Bloque	15,75	3	5,25 <sup>**</sup>	6,91	0,0003
Tratamiento	767,68	4	191,9 <sup>**</sup>	252,53	<0,0001
Error	69,86	92	0,76		
<b>Total</b>	853,29	99			

NS: No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos

\* Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

\*\* Existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%

**ANEXO 7.** Valores de la toma de datos de la variable producción por parcela en la investigación: Evaluación del simbionte *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

	R1	R2	R3	R4	$\Sigma$	$\bar{X}$
<b>T1</b>	1	0,93	1,025	0,95	<b>3</b>	<b>0,97625</b>
<b>T2</b>	1,06	1,015	0,975	1,025	<b>4,075</b>	<b>1,01875</b>
<b>T3</b>	1,025	1,06	1,07	1,04	<b>4,195</b>	<b>1,04875</b>
<b>T4</b>	0,64	0,62	0,58	0,61	<b>2,45</b>	<b>0,6125</b>
<b>T5</b>	1,085	1,055	1,09	1,1	<b>4,33</b>	<b>1,0825</b>
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>4,81</b>	<b>4,68</b>	<b>4,74</b>	<b>4,725</b>		
<b><math>\bar{X}</math></b>	<b>0,962</b>	<b>0,936</b>	<b>0,948</b>	<b>0,945</b>		

#### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PRODUCCIÓN POR PARCELA

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,58	7	0,08 <sup>NS</sup>	80,27	<0,0001
Bloque	1,7E-03	3	5,7E-04	** 0,55	0,6555
Tratamiento	0,58	4	0,15**	140,06	<0,0001
Error	0,01	12	1,0E-03		
<b>Total</b>	<b>0,59</b>	<b>19</b>			

NS: No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos

\* Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

\*\* Existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%

**ANEXO 8.** Valores de la toma de datos de la variable producción por hectárea en la investigación: Evaluación del simbionte *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.

	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>Σ</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>
<b>T1</b>	5000	4650	5125	4750	<b>19525</b>	<b>4881,25</b>
<b>T2</b>	5300	5075	4875	5125	<b>20375</b>	<b>5093,75</b>
<b>T3</b>	5125	5300	5350	5200	<b>20975</b>	<b>5243,75</b>
<b>T4</b>	3200	3100	2900	3050	<b>12250</b>	<b>3062,5</b>
<b>T5</b>	5425	5275	5450	5500	<b>21650</b>	<b>5412,5</b>
<b>Σ</b>	<b>24050</b>	<b>23400</b>	<b>23700</b>	<b>23625</b>		
<b><math>\bar{X}</math></b>	<b>4810</b>	<b>4680</b>	<b>4740</b>	<b>4725</b>		

#### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PRODUCCIÓN POR HECTÁREA

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	3793500,00	7	541928,57 <sup>NS</sup>	19,96	<0,0001
Bloque	130375,00	3	43458,33 <sup>NS</sup>	1,60	0,2410
Tratamiento	3663125,00	4	915781,25 <sup>**</sup>	33,72	<0,0001
Error	325875,00	12	27156,25		
<b>Total</b>	<b>4119375,00</b>	<b>19</b>			

NS: No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos

\* Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

\*\* Existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05%

**ANEXO 9.-** Piscina de reproducción del simbiote para la investigación: Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.



**ANEXO 10.-** Reproducción de azolla en la piscina para la investigación: Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.





**ANEXO 11.-** Trasplante para la investigación: Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.



**ANEXO 12.-** Aplicación de azolla para la investigación: Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.



**ANEXO 13.-** Proliferación de raíz para la investigación: Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.



**ANEXO 14.-** Área del cultivo para la investigación: Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.



**ANEXO 15.-** Análisis de suelo para la investigación: Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-Anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo 2016.



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Telf: 052 783044 suelos.ectp@iniap.gob.ec

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: Zorrilla Cabrera Cynthia Marilin	Nombre	: Area CIIDEA	Cultivo Actual	:
Dirección	: cmzorrilla91@yahoo.com	Provincia	: Manabí	N° Reporte	: 0665
Ciudad	: Calceta	Cantón	: Calceta	Fecha de Muestreo	: 14/01/2016
Teléfono	: 0990519394	Parroquia	:	Fecha de Ingreso	: 14/01/2016
Fax	:	Ubicación	:	Fecha de Salida	: 27/01/2016

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm				
	Identificación	Area		NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
77875	Tratamiento 1		7,4 PN	19 B	45 A	1,12 A	18 A	7,5 A	8 B	1,6 B	6,1 A	50 A	1,6 B	0,85 M
77876	Tratamiento 2		7,4 PN	17 B	43 A	1,17 A	17 A	6,9 A	6 B	4,7 M	5,9 A	39 M	1,7 B	0,96 M
77877	Tratamiento 3		7,5 PN	15 B	39 A	1,02 A	18 A	7,4 A	6 B	1,2 B	6,2 A	39 M	1,2 B	0,84 M
77878	Tratamiento 4		7,7 LAI	15 B	39 A	1,21 A	18 A	7,5 A	5 B	1,1 B	6,4 A	54 A	1,1 B	1,06 A
77879	Tratamiento 5		7,6 LAI	15 B	36 A	1,05 A	18 A	7,2 A	8 B	1,3 B	6,8 A	64 A	1,3 B	0,66 M
77880	Suelo Homogeneo		7,5 PN	18 B	48 A	1,23 A	18 A	6,4 A	26 A	1,8 B	6,6 A	59 A	1,8 B	0,32 B



La muestra analizada es del Laboratorio  
 Quevedo - El Empalme - Manabí - Ecuador  
 Fecha: 27/01/2016

INTERPRETACION					METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH					pH = Suelo: agua (1:2,5)		Obten Modificado	
MiAc = Muy Acido	LAe = Lige. Acido	LAI = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	Elementos de N a B		N,P,B = Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
Ac = Acido	PN = Itac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino		B = Bajo	S = Turbidimetría	Fosforo de Calcio Monobásico		
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino		M = Medio	K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	BS		
				A = Alto				

*X. W. [Signature]*  
 LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

*[Signature]*  
 RESPONSABLE LABORATORIO

**ANEXO 16.-** Análisis de suelo para la investigación: Evaluación del simbiote *Azolla Caroliniana-Anabaena Azollae* sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo.



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre :	Zorrilla Cabrera Cynthia Marilín	Nombre :	Area CIIDEA	Cultivo Actual :	
Dirección :	cmzorrilla91@yahoo.com	Provincia :	Manabí	N° de Reporte :	0665
Ciudad :	Caiceta	Cantón :	Caiceta	Fecha de Muestreo :	14/01/2016
Teléfono :	0990519394	Parroquia :		Fecha de Ingreso :	14/01/2016
Fax :		Ubicación :		Fecha de Salida :	27/01/2016

N° Muest.	mg/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	mg/100ml	(mg/l)%	ppm	Textura (%)			Clase Textural	
	Al+H	Al	Na									C.E.	M.O.	Mg		K
77875					1,8	B	2,4	6,70	22,77	26,62						
77876					1,8	B	2,4	5,90	20,43	25,07						
77877					1,7	B	2,4	7,25	24,90	26,42						
77878					1,6	B	2,4	6,20	21,07	26,71						
77879					1,7	B	2,5	6,86	24,00	26,25						
77880					2,2	B	2,8	5,20	19,84	25,63						



INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS
C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relación de Adsorción de Suelo

METODOLOGIA USADA
C.E. = Conductímetro
M.O. = Titulación de Walkley Black
Al+H = Titulación con NaOH

*[Signature]*  
 LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

*[Signature]*  
 RESPONSABLE LABORATORIO