



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

RESPUESTA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ
(*Oryza sativa*) CON FERTILIZANTE QUÍMICO Y
BIOFERTILIZANTE (*AZOLLA ANABAENA*) EN EL CANTÓN
MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA -ECUADOR

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTORA: María de los Ángeles Celi Cartagenova

DIRECTOR: Ing. Ángel Rolando Robles Carrión. PhD.

Loja- Ecuador.

2022

CERTIFICACIÓN DE TESIS

Ing. Ángel Rolando Robles Carrión. PhD.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de elaboración de tesis de grado titulado: **“RESPUESTA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*) CON FERTILIZANTE QUÍMICO Y BIOFERTILIZANTE (*AZOLLA ANABAENA*) EN EL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA -ECUADOR”** de autoría de la estudiante María de los Ángeles Celi Cartagenova, previa a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizó la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Loja, 07 de noviembre de 2021



Ing. Angel Rolando Robles Carrión PhD.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, María de los Ángeles Celi Cartagenova, declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi tesis en el Repositorio Digital Institucional- Biblioteca Virtual.



Firmado electrónicamente por:

MARIA DE LOS
ANGELES CELI
CARTAGENOVA

Firma:

Cédula de identidad: 1150068185

Fecha: 07 de febrero del 2022

Correo electrónico: maría.d.celi@unl.edu.ec

Celular: 0990713679

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA DE PRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRONICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, María de los Ángeles Celi Cartagenova, declaro ser autora de la tesis titulada **“RESPUESTA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*) CON FERTILIZANTE QUÍMICO Y BIOFERTILIZANTE (*AZOLLA ANABAENA*) EN EL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA -ECUADOR.”** como requisito para optar el título de Ingeniera Agrónoma, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RI, en las redes de información del país y del exterior con los cuales tenga convenido la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los nueve días del mes de febrero del dos mil veinte y dos.



Firmado electrónicamente por:
**MARIA DE LOS
ANGELES CELI
CARTAGENOVA**

Firma:

Autora: María de los Ángeles Celi Cartagenova

Cédula de identidad: 1150068185

Dirección: Macará – Loja

Correo electrónico: maria.d.celi@unl.edu.ec

Celular: 0990713679

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Ángel Rolando Robles Carrión. PhD.

Tribunal de Grado: Mg.Sc. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo.

PhD. Alex Eduardo Salazar González.

Mg.Sc. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco.

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis es dedicado a Dios, he logrado acabar con mi carrera profesional y ha sabido guiarme por el buen camino, a mis padres Vicente y Mónica, por nunca desistir en cualquier obstáculo que se me haya presentado, por su apoyo y sus consejos han hecho de mí que sea una mejor persona, algunos de mis logros se los debo a ellos. Me formaron con principios, valores, reglas y con algunas libertades, pero al final su sacrificio rindió frutos.

A mis hermanos Cesar y Dulce por ser un apoyo en mi vida cotidiana, además a mi cuñada Cristina Cárdenas por cada uno de sus consejos que me ha brindado, y sobre todo a mis dos pequeños sobrinos Julián y Angie por ser mi motor, inspiración y un ejemplo para ellos.

A mi director de Tesis Ing. Ángel Rolando Robles PhD. por su orientación y su conocimiento que me impartió en este proyecto.

A mis ángeles que a pesar que no están conmigo, desde el cielo velan por mí y me guían en cada paso que doy y a mis familiares, amigos y compañeros que de alguna manera han ayudado para lograr mis triunfos.

María de los Ángeles Celi Cartagenova

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, por haberme dado la acogida y la oportunidad de obtener una formación de calidad en cada una de sus aulas para culminar con mi carrera profesional.

A mis padres y familiares por su apoyo incondicional que me manifestaron en los gratos y pésimos momentos.

Al Ing. Angel Robles PhD. con su ayuda y sus conocimientos consiguió que pueda terminar la culminación de este trabajo.

A mis docentes, amigos que siempre han estado para brindarme su ayuda y aportar con cada granito de arena sus conocimientos para que el trabajo culmine con éxito.

María de los Ángeles Celi Cartagenova

ÍNDICE

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN DE TESIS	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
TÍTULO.....	1
2. RESUMEN.....	2
2.1. ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
4.1. Cultivo del Arroz	7
4.1.1. Origen.....	7
4.1.2. Morfología del arroz	7
4.1.3. Taxonomía del arroz.....	9
4.1.4. Importancia económica y distribución geográfica.....	9
4.1.5. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo.....	10
4.1.6. Principales plagas en el arroz.....	11
4.1.7. Principales enfermedades del arroz.....	11
4.1.8. Requerimientos nutricionales en la producción del arroz	11
4.2. <i>Azolla anabaena</i>	13
4.2.1. Identificación y dispersión de <i>Azolla anabaena</i>	13
4.2.2. Simbiosis en <i>Azolla</i>	14

4.2.3.	Morfología de <i>Azolla</i>	14
4.2.4.	Influencia de factores del medio <i>Azolla anabaena</i> en el cultivo de arroz.....	14
4.2.5.	Taxonomía de <i>Azolla anabaena</i>	15
4.2.6.	Uso del género <i>Azolla anabaena</i> como biofertilizante en el cultivo de arroz ..	16
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
5.1.	Metodología para el primer objetivo	18
5.2.	Metodología para el segundo objetivo.....	21
5.3.	Metodología para el tercer objetivo	21
6.	RESULTADOS.....	23
6.1.	Resultados para el primer objetivo.....	23
6.2.	Resultados para el segundo objetivo	31
6.3.	Resultados para el tercer objetivo.....	33
7.	DISCUSIÓN.....	34
8.	CONCLUSIONES	37
9.	RECOMENDACIONES	38
10.	BIBLIOGRAFÍA	39
11.	ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en el cantón Macará.....	18
Figura 2. Altura de la planta (cm): T1 (Testigo), T2 (<i>Azolla anabaena</i>), T3 (Fertilizante químico).....	23
Figura 3. Longitud de la panícula (cm): T1 (Testigo), T2 (<i>Azolla anabaena</i>) , T3 (Fertilizante químico).....	24
Figura 4. Longitud del grano (mm): T1 (Testigo), T2 (<i>Azolla anabaena</i>) , T3 (Fertilizante químico).....	25
Figura 5. Ancho de grano (mm): T1 (Testigo), T2 (<i>Azolla anabaena</i>) , T3 (Fertilizante químico).....	26
Figura 6. Forma del grano (cm): T1 (Testigo), T2 (<i>Azolla anabaena</i>) , T3 (Fertilizante químico).....	27
Figura 7. Porcentaje de espiga fértil (%): T1 (Testigo), T2 (<i>Azolla anabaena</i>) , T3 (Fertilizante químico).....	28
Figura 8. Peso de 100 granos (g): T1 (Testigo), T2 (<i>Azolla anabaena</i>), T3 (Fertilizante químico).....	29
Figura 9. Productividad del grano (t/ha): T1 (Testigo), T2 (<i>Azolla anabaena</i>) , T3(Fertilizante químico).....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción y Rendimiento de Arroz a nivel mundial	9
Tabla 2. Taxonomía de <i>Azolla anabaena</i>	15
Tabla 3. Días hasta la cosecha: T1 (Testigo), T2 (<i>Azolla anabaena</i>) ,T3 (Fertilizante químico).....	29
Tabla 4. Análisis del suelo en presembrado y postcosecha. T1 (Testigo), T2 (<i>Azolla anabaena</i>), T3 (Fertilización química).	31
Tabla 5. Cálculo del presupuesto parcial de la investigación “Respuesta en el rendimiento del cultivo de arroz (<i>Oryza Sativa</i>) con fertilizante químico y biofertilizante (<i>AZOLLA ANABAENA</i>) en el cantón Macará, Provincia de Loja – Ecuador”.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Preparación y delimitación del terreno.....	43
Anexo 2. Cultivo de arroz con la aplicación de <i>Azolla anabaena</i>	43
Anexo 3. Aplicación del fertilizante químico en el cultivo de arroz	44
Anexo 4. Cultivo de arroz con el tratamiento 2 (<i>Azolla anabaena</i>).....	44
Anexo 5. Cultivo de arroz con el tratamiento 3 (fertilización química).....	45
Anexo 6. Cultivo de arroz con el tratamiento 1 (Testigo)	45
Anexo 7. Producción de granos de arroz.....	46
Anexo 8. Producción de granos de arroz.....	46
Anexo 9. Evaluación de cada uno de los parámetros de cada tratamiento.....	47
Anexo 10. Peso de los granos del cultivo de arroz	47
Anexo 11. Análisis de los costos de producción con el tratamiento 1 (Testigo)	48
Anexo 12. Análisis de los costos de producción con el tratamiento 2 (<i>Azolla anabaena</i>) ...	49
Anexo 13. Análisis de los costos de producción con el tratamiento 3 (fertilización química)50	
Anexo 14. Análisis de las condiciones físicas y químicas del suelo en el tratamiento 1 (Testigo).....	51
Anexo 15. Análisis de las condiciones físicas y químicas del suelo en el tratamiento 2 (<i>Azolla anabaena</i>).....	53
Anexo 16. Análisis de las condiciones físicas y químicas del suelo en el tratamiento 3 (fertilización química).	55

**“RESPUESTA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*)
CON FERTILIZANTE QUÍMICO Y BIOFERTILIZANTE (*AZOLLA ANABAENA*) EN
EL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA -ECUADOR.”**

2. RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad conocer el comportamiento del arroz con la aplicación del biofertilizante *Azolla anabaena* y el fertilizante químico en el cantón Macara, provincia de Loja en los meses de mayo a octubre del 2021. Se realizó evaluaciones para obtener comparaciones en relación al rendimiento que se obtuvo en campo. Mediante un análisis de suelo se determinó las condiciones físicas y químicas de pre siembra y postcosecha, además se estableció un análisis de los costos de producción de los distintos tratamientos. Debido al empleo del T3 (fertilización química) se obtuvo 3 variables con mayores valores en longitud del grano, peso de 100 g de grano y productividad del grano. Con la aplicación del T2 (*Azolla anabaena*) en 5 variables con valores superiores en la altura de la planta, longitud de la panícula, ancho del grano, forma del grano y porcentaje de espiga fértil. El análisis de suelo mostró que *Azolla anabaena* cumple una función muy importante al incrementar porcentajes para los elementos nutricionales (N, P, K) requeridos por el cultivo. Además, del análisis económico se concluye que con fertilización química hubo una mayor inversión y el costo total, pero a su vez un menor beneficio costo, sin embargo, con el uso de *Azolla anabaena* se obtuvo lo contrario al T3 (fertilización química) con un beneficio / costo de 2.08 dólares de utilidad para el cultivo de arroz.

Palabras claves: arroz, *Azolla anabaena*, fertilizantes químicos.

2.1. ABSTRACT

The purpose of this work was to know the performance of the rice cultivation with the application of *Azolla anabaena* biofertilizer and chemical fertilizer in Macara canton, Loja province in the months of May to October 2021. Some evaluations were carried out to know the yields obtained in the field. The physical and chemical conditions were determined through soil analysis, both in pre-sowing and post-harvest term. In addition, an analysis of the production costs of the different treatments was determined. Due to the use of T3 (chemical fertilization), 3 variables were obtained with higher results related to grain length, weight of 100 g and grain productivity and 5 variables with higher averages in the application of T2 (*Azolla anabaena*) associated to the height of the plant, panicle length, kernel width, kernel shape and percentage of fertile ear. The tests carried out by means of the soil analysis showed that *Azolla anabaena* fulfills a very important function to increase percentages greater than the nutritional elements (N, P, K) required by the crop. In addition, the economic analyzes with chemical fertilization had a greater investment in the total cost but a lower cost benefit, however, with the use of *Azolla anabaena*, it achieved the opposite of T3 (chemical fertilization) with a benefit / cost of 2.08 dollars of utility. for growing rice.

Key words: rice, *Azolla anabaena*, chemical fertilizer

3. INTRODUCCIÓN

Ecuador, es un país muy privilegiado, debido a que cuenta con una gran variedad de micro climas, por su ubicación geográfica, por lo cual permite producir distintos cultivos en el sector agropecuario (Aguilar, 2015). Una de las producciones destacadas es el cultivo del arroz, un cereal más apetecido por las familias ecuatorianas, el cual contribuye con la economía de los sectores arroceros. Como lo señala la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (2018), la producción mundial aumentó a 510 millones t en el cultivo de arroz.

La producción del cultivo de arroz en Ecuador para el año 2020 alcanzan obtener una producción de 1 336 512 (t/ha), las áreas cosechadas fueron 312 876 ha (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020). Es por ello que, el cultivo de arroz es una fuente segura para generar empleo y abastecer a la agroindustria ecuatoriana.

Existen diversos problemas en el cultivo de arroz que disminuyen notablemente sus rendimientos, ya sea por la falta de conocimientos técnicos, mal manejo en las tierras que reduce ciertas cantidades de materia orgánica, el uso inadecuado de fertilizantes químicos, que provoca problemas medioambientales, contaminación del agua, compactación del suelo y por último cambios de la actividad microbiológica y química del suelo (Reyes, 2014).

En las zonas arroceras en Ecuador, los suelos carecen de nitrógeno, por lo tanto, es necesario desarrollar el cultivo con biofertilizantes orgánicos que fortalezcan a la planta para así obtener contenidos de macro y micronutrientes, para expandir los rendimientos y regulen el crecimiento de la planta para obtener mayores producciones (Reyes, 2014).

La Federación Nacional de Arroceros en Ecuador (Fedearroz, 2020), afirma que un buen tratamiento en el arroz, debe asegurar la disponibilidad de nutrientes en los suelos. En Ecuador, hoy en día los suelos son bajos en materia orgánica, el agricultor siente la necesidad de aplicar nuevas tecnologías, con la finalidad de corregir deficiencias nutricionales y suplir la ausencia de fertilización por medio de aplicaciones de biofertilizantes naturales (Brito, 2012). Actualmente en las zonas arroceras en Ecuador aplican una nueva alternativa para fertilizar el cultivo de arroz, como es *Azolla anabaena* conocido como abono verde, el cual tiene gran demanda de nitrógeno, su propagación se duplica a medida que pasan los días en temperaturas que oscilan entre 25 y 30 °C para alcanzar su máximo desarrollo y a su vez sirve como un biofertilizante sustituto que genera buenos rendimientos en sus producciones (Alvarado, 2017).

En la provincia del Guayas, Montaño (2012), argumenta que la *Azolla* en el cultivo del arroz es un fertilizante orgánico, fijador de nitrógeno, es una opción no costosa, innovadora y sostenible que aporta ciertas ventajas para mejorar la cantidad y la calidad del grano en la agricultura.

Cabe recalcar que la *Azolla* es una opción económica, sustentable, debido a que disminuye el impacto negativo en el medio ambiente, incrementa la producción en los arrozales, contribuye a la oxigenación del suelo y a incrementar el contenido de proteína nutricional en hoja de (18 a 32 %), logra tener un desarrollo muy rápido, por lo tanto, en su reproducción necesita contar con agua y materia orgánica. Así mismo, los beneficios de la *Azolla* es aportar al desarrollo de la planta y fijar nitrógeno, disminuye el uso de fertilización química, aumenta el contenido de materia orgánica, hace que la producción sea más sostenible, menor cantidad de plantas arvenses, disminuye la incidencia en plagas, enfermedades y mejora los suelos (Delgado y Zorrilla, 2017).

Para lograr una agricultura sostenible, el arroz necesita de fertilizantes orgánicos que enriquezcan al suelo, diversas cantidades de macro y micro nutrientes como nitrógeno, un elemento indispensable para el crecimiento del cultivo (Delgado y Zorrilla 2017).

En consideración de los sectores arroceros para mejorar y aumentar la calidad del grano, se alinea al siguiente objetivo del Plan de Mejora Competitiva, fortalecer de manera sostenible todos los recursos que requiera para obtener un gran mercado competitivo de alta productividad, con la ayuda de nuevas tecnologías e infraestructuras de campo (MAGAP, 2012).

Tomando en consideración el contexto anterior, la siguiente investigación expone como problema científico a solucionar: En la zona sur del Ecuador radica la preocupación de algunos agricultores que cuentan con la inexperiencia para llevar a cabo la producción del cultivo de arroz, debido a que mayormente utilizan una alza acelerada de fertilizantes químicos y ha generado altos ingresos económicos lo que puede provocar un grave problema, el cual me ha permitido indagar y tomar posibles soluciones para reemplazar el producto inorgánico en biofertilizantes orgánicos en el canton Macará para que los pequeños productores arroceros se estimulen a seguir producción , en otras palabras es necesario implementar nuevas técnicas de manejo más eficientes, que favorezca la calidad, disminuir los costos de producción y alcanzar mayores rendimientos en la producción del cultivo de arroz a fin de incidir de manera favorable en el medioambiente, en la salud por parte de los consumidores y en el manejo de los recursos naturales del medio.

OBJETIVOS

Objetivo General

Conocer el comportamiento del biofertilizante *Azolla anabaena* y el fertilizante químico en relación al rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el cantón Macará provincia de Loja.

Objetivos Específicos

- Comparar el rendimiento del cultivo de arroz mediante la aplicación con fertilización química y biofertilizante *Azolla anabaena*.
- Evaluar las condiciones físicas y químicas del suelo en pre siembra y poscosecha entre los tratamientos con fertilización química y biofertilizante *Azolla anabaena*.
- Realizar el análisis de los costos de producción entre la fertilización química y biofertilizante *Azolla anabaena*.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Cultivo del Arroz

El arroz (*Oryza sativa*) es uno de los cultivos más importantes a nivel global, considerado como una de las gramíneas de mayor consumo en la dieta de las familias, debido a sus altos porcentajes de vitaminas y minerales. Sin embargo, sujeta menores cantidades de grasa y en sodio complementando las necesidades que requiere la sociedad. La gramínea es el segundo cereal que cuenta con mayores producciones después del trigo (Delgado y Zorrilla, 2017).

De acuerdo a la Secretaría, Agricultura y Ganadería en el Ecuador (2013), para lograr una elevada producción en el cultivo del arroz se necesita principalmente de tierra, agua, capital y trabajo. Al mismo tiempo que Degiovanni, Martínez y Motta (2016) aseguran que “En los países de América Latina y el Caribe, el arroz se produce en distintos sectores que dispongan con espacios apropiados, con riego suficiente y diferentes sistemas de producción”.

Por lo tanto, el cultivo del arroz es uno de los alimentos más transitorios a nivel global, ocupa la tercera parte de la extensión en los cultivos, además en Ecuador, la producción se coloca en el vigésimo sexto lugar en el mundo (Villegas, 2016).

De igual forma, la producción del cultivo, suele ser muy beneficioso debido a que aporta con diversas fuentes de trabajo en actividades agropecuarias, dispone de diferentes sistemas de manejo que depende principalmente de la extensión de la zona, tecnificación y distintas clases de suelo. En base a las siembras del cultivo del arroz se producen en 2 ciclos: en periodo seco y lluvioso. (Barzola, 2012)

4.1.1. Origen

El cultivo del arroz inicio alrededor de 10 000 años, en diversas zonas húmedas de Asia tropical y subtropical. En los años 2800 A. de C., en China se realizó un ritual para la implementación del cultivo de arroz. Del mismo modo en los años 1000 A. de C., se realizó en la India y en el año 400 A. de C. en Egipto. A causa de la Edad Media el cultivo del arroz fue introducido en la zona sur de Europa y España, en los años de 1964, teniendo en cuenta que el arroz se establece en Norteamérica con la ayuda de los conquistadores. En Ecuador la producción del arroz, su origen fue en el siglo XVIII, pero el consumo y comercialización se dio en el siglo XIX, lográndose desarrollar en diferentes provincias del Guayas, Manabí y Esmeraldas (Barzola, 2012).

4.1.2. Morfología del arroz

El cultivo de arroz es una gramínea compuesta por órganos vegetativos y reproductivos que se dividen por raíces, tallos, hojas y panícula. Con respecto a la altura de la planta varía de 0.4 m a 7.0 m.

En el desarrollo del cultivo de arroz, la raíz posee dos tipos de raíces. La raíz seminal es poco ramificada, nace a partir de la radícula y su ciclo es de corto tiempo luego de la germinación, para después ser sustituidas por las raíces adventicias, el cual nacen de los nudos subterráneos. Las raíces son de coloración blanquecina, y corta ramificación. La raíz adventicia o conocida como raíces secundarias son muy fibrosas y compuesta por pelos radicales. (Barzola, 2012).

El tallo está compuesto por nudos y entrenudos, de tal modo que los nudos constan de una sola hoja y yema, el entrenudo es hueco (Barzola, 2012). Acerca de la forma del tallo es erguida, con una altura que varía de 60-120 cm, posteriormente el tallo desprende sus hojas formando un macollo, que se desarrolla del tallo principal (Quito, 2017).

En el cultivo de arroz sus hojas son envainadoras, cuentan con un limbo lineal, es agudo, largo y plano, están distribuidas de manera alterna prolongado al tallo. Precisamente del tallo principal surge la primera hoja, el máximo desarrollo de la planta está compuesta de seis hojas, las 3 primeras hojas se encuentran completamente formadas, dos en desarrollo y una muerta y posteriormente las hojas de la planta se renuevan con el paso de su ciclo, la superior que se encuentra antes de la panícula es la hoja bandera, llamada hoja completa por lo que constan de las siguientes partes: vaina, lamina. En el cuello se localiza la lígula y las aurículas, su función es fijar a la hoja alrededor al tallo, al final del ciclo del cultivo de la planta y finalmente suele presentar un color bronceado. (Delgado y Zorrilla, 2017).

La panícula conocida como inflorescencia está compuesta por espiguillas que dan lugar del nudo superior del tallo, a su vez se divide en el raquis o el eje principal. El entrenudo superior del tallo, en la parte extrema de la panícula, se denomina pedúnculo. La longitud varía dependiendo a la variedad de arroz, en relación con el desarrollo de la floración la panícula se conserva erecta, por el peso de los granos (Montese, 2016).

La flor está dividida por seis estambres y un pistilo, donde se localiza el ovario, el estigma y el estilo, se pueden clasificar en flores abiertas, compactas o intermedias, como se ve en las ramificaciones y su color es verde blanquecino. El estambre se caracteriza por tener filamentos delgados, que en ellos constan de anteras cilíndricas en cada una de ellas, oscilan entre 500 y 1000 granos de polen (Rimache, 2008).

El grano o semilla del arroz consta de un ovario maduro, seco e indehisciente, también el color del grano es crema, que rodea la parte comestible, para lo cual presenta un color blanquecino, que cubre una capa delgada. Por otra parte, la semilla del arroz es una cariósida, en la parte ventral se localiza el embrión que da origen a las semillas (Quito, 2017).

4.1.3. Taxonomía del arroz

Actualmente en la clasificación taxonómica en el arroz, se ha realizado algunos cambios en ciertos niveles de clasificación, conjuntamente con las investigaciones que se han realizado por Valladares (2012), en relación al cultivo de arroz se clasifica como: Reino Plantae, División Magnoliophyta, Clase Liliopsida, Orden Poales, Familia Poaceae, Tribu Oryzeae, Género Oryza, Especie O. sativa.

4.1.4. Importancia económica y distribución geográfica

El arroz es el alimento principal e importante en la dieta de las familias en el mundo, ocupando el segundo lugar a nivel mundial posterior al trigo, de tal forma que la superficie sembrada, supera a los 155 millones de hectáreas (Carrapico et al., 2010). Cabe destacar que el arroz se lo considera como un cultivo alimenticio. Además de ser un alimento importante, ayuda con fuentes de empleo a los sectores rurales en las zonas de Asia meridional y oriental, sin embargo, también es mayormente cultivado en zonas de África y en América, como también en algunos lugares de Europa, sobre todo en las regiones, como España, Italia, Portugal, Francia y Grecia (Delgado y Zorrilla, 2017).

Tabla 1. Producción y Rendimiento de Arroz a nivel mundial

Producción y Rendimiento de Arroz en el mundo

País	Producción TM	Rendimiento (kg/ha)
Mundo	592 873 253	3 863
China	190 389 160	6 241
India	135 000 000	3 027
Indonesia	51 000 000	4 426
Japón	11 750 000	6 528
Brasil	10 940 500	3 010
Estados Unidos	8 692 800	6 963
Colombia	2 100 000	4 773
Perú	1 664 700	5 549
Venezuela	737 000	4 913

4.1.5. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

El desarrollo del cultivo de arroz, depende principalmente de las condiciones del ambiente, especialmente durante el macollamiento y va a depender de las características de la variedad que se utiliza y de las condiciones ambientales (Márquez, 2013).

4.1.5.1. Temperatura: Es una condición de mayor relevancia, para el crecimiento y producción en el cultivo del arroz. El cultivo del arroz requiere para su germinación temperaturas óptimas entre 25 a 30 °C, sobrepasándose a los 40 °C, no germina. En los órganos vegetativos como tallo, hojas y raíces requieren de temperaturas mínimas de 7 °C (Márquez, 2013).

4.1.5.2. Luminosidad: En el cultivo del arroz en base a la radiación solar suele alterar las diferentes etapas del crecimiento de la planta. Cuando disminuye la radiación solar en la etapa vegetativa se ve afectada en los rendimientos, aunque cuando se llega a la etapa de reproducción, baja significativamente el número de granos en el arroz. Del mismo modo, en el transcurso de llenado a la maduración del grano, disminuye de manera drástica los rendimientos, es decir los porcentajes del grano son menores (Montese, 2016).

4.1.5.3. pH: Por lo general en algunos suelos el pH puede variar dependiendo al estado en que se encuentre. Así mismo, el pH óptimo para el cultivo en el arroz es de 6.6 debido a la liberación microbiana de los macronutrientes y a las concentraciones de algunas sustancias que intervienen en la absorción de nutrientes como el aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono que se encuentran bajo el nivel de toxicidad (Montese, 2016).

4.1.5.4. Precipitación: Para la producción del cultivo de arroz no siempre suele ser cultivado en ambientes de inundación, al contrario, también se cultiva en zonas bajas con precipitaciones altas, es decir en zonas de secano en condiciones que cuenten con drenaje. En segunda instancia el arroz puede contar con algunos problemas causados por la siembra que se realiza a la planta por inundación en suelos bajos, además en zonas altas las sequías se presentan varias veces (Calle, 2009).

Sostiene el (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2005) el proceso del cultivo durante su fase de desarrollo en las raíces, requieren de humedad en el suelo, durante su proceso vegetativo, por esa razón el agua es de vital importancia, sobre todo cuando el cultivo presente el inicio del desarrollo de la panícula.

4.1.6. Principales plagas en el arroz

Como señala la Secretaría de Agricultura y Ganadería en el Ecuador (2003), el deterioro que los insectos causan en el follaje del cultivo es perjudicial para la planta de arroz, más aún el agricultor tiene la necesidad de actuar y monitorear el cultivo de forma rápida. Podemos incluir los insectos que dañan comúnmente la hoja son los gusanos, los insectos chupadores y barrenadores del tallo. Los daños que causan estos insectos en arroz dependen del desarrollo de la planta, los sistemas y manejos del cultivo, condiciones climáticas y variedades (Rimache, 2008).

Las principales plagas que afectan al cultivo de arroz son: Mosca blanca “Novia del arroz” (*Rupella albinella*), Cigarrita del arroz “Sogata” (*Tagosodes orizicolus* Muir.), Mosca Minadora del arroz (*Hydrellia wirthi* k.), Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), Chinche Vaneadora (*Oebalus insularis* spp.) (Barzola, 2014).

4.1.7. Principales enfermedades del arroz

El arroz presenta ciertas enfermedades que limitan las producciones del cultivo, siempre y cuando las condiciones sean aptas para que las enfermedades se desarrollen y ataquen a la planta (Maejima et al., 2014).

El cultivo de arroz presenta principales enfermedades son: Virus de la hoja blanca (VHB), Quemado del arroz (*Pyricularia oryzae*), Pudrición de la vaina (*Sarocladium oryza*), Manchado del grano (*Alternaria Bipolaris*), Mancha circular (*Helminthosporium oryzae*), Añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani*), Virus del entorcha miento (VE) (Barzola, 2012).

4.1.8. Requerimientos nutricionales en la producción del arroz

En general para el cultivo de arroz como en otras especies cultivadas, requieren de suelos que actúen como represas de nutrientes para el desarrollo de la planta. Sin embargo, los nutrientes se encuentran presentes en cierta forma de manera orgánica e inorgánica en el suelo. Las plantas demandan algunos elementos de nutrientes en el suelo, son estimados como el alimento principal para la planta, jugando un papel valioso para completar las fases del crecimiento del cultivo y obtener buenos rendimientos, afirma la Federación Nacional de Arroceros en Colombia (2019). Por lo general las cantidades que se requiere los nutrientes se dividen en macro y micronutrientes en cultivo de arroz requieren:

- 4.1.8.1. **Nitrógeno:** Principalmente es el elemento importante para la planta durante todas las fases de desarrollo del cultivo, teniendo en cuenta una mayor exigencia de nitrógeno, en el macollamiento y en la formación del primordio final. Cabe destacar que el nitrógeno, en el macollamiento y en la formación del primordio final. Cabe destacar que el nitrógeno ayuda con el crecimiento normal de la planta, debido a que es un componente de las proteínas (Álvaro, 2007). De igual forma Federación Nacional de Arroceros en Colombia (2019) afirma, cuando existe deficiencia de nitrógeno, causa clorosis en las hojas viejas, disminuye el número de grano y panículas, y las hojas pequeñas se vuelven muy angostas y erectas.
- 4.1.8.2. **Fósforo:** De acuerdo con la Federación Nacional de Arroceros en Colombia (2019), el arroz es un elemento complementario porque favorece en el crecimiento de las raíces, floración y mejora el grano. Por otro lado, el elemento cuenta con elevadas concentraciones para el desarrollo de la planta; cuando hay deficiencia de fósforo provoca en hojas viejas una coloración verde oscura y después torna a una coloración de amarillo anaranjado, disminuye la cantidad de panículas y la altura de las hojas y produce antocianina. Con la ayuda del fósforo en el cultivo complementa el equilibrio de la floración e incrementa la calidad del grano, influyendo positivamente en la producción del arroz. (Rimache, 2008).
- 4.1.8.3. **Potasio:** En consideración, el elemento actúa como regulador hídrico del cultivo y disminuye menores cantidades de plaga y enfermedades en arroz, el potasio suele ser relacionado con los procesos químicos como la fotosíntesis, respiración, desarrollo de la clorofila y lo principal cumple como función de activar las enzimas que requiera la planta. Las deficiencias que tienen por la ausencia del potasio es que el cultivo muestra clorosis en las nervaduras de la hoja inferior, adquiere un color de café claro y sus rendimientos con lo que respecta al peso serán menores (FEDEARROZ, 2019).
- 4.1.8.4. **Zinc:** Cabe saber que es el principal elemento de los micronutrientes, el cual interviene en la síntesis de las proteínas y es activador de una serie de enzimas. Lo que corresponde al zinc suele presentar deficiencias en las nervaduras de las hojas, provoca poca nutrición con aplicaciones nitrogenadas (FEDEARROZ, 2019). A su vez se presenta en suelos muy alcalinos, en el que ciertas cantidades de carbonatos impide utilizar el zinc. Finalmente, el zinc ayuda el rápido crecimiento de la planta, es importante para los procesos de la planta, produciendo clorofila y metabolismo de las auxinas (Sotomayor y Villavicencio, 2016).

4.1.8.5. **Cobre:** La función que cumple el cobre es en formar parte de varias enzimas y catalizar las reacciones de oxidación, el elemento efectúa algunos procesos en la fotosíntesis y la respiración, ayuda en la formación y fertilización a través del polen. En el cultivo del arroz para que haga efecto el cobre va a depender de las cantidades de nitrógeno y solo actúa en hojas jóvenes. Es por ello que el cobre suele presentar algunas deficiencias en la planta y en su crecimiento, como el desarrollo de manchas cloróticas en la nervadura central, sus hojas suelen ser de color verde azulado a lado de las puntas, comprime el macollamiento y aumenta la esterilidad de las espigas (Dobermann y Fairhurst, 2000).

4.1.8.6. **Manganeso:** Principalmente es importante porque actúa en los procesos de respiración, no es apto en terrenos alcalinos y tienen poca retención de humedad, su deficiencia en campo es muy rigurosa, presenta de color blanca y su función es ser un agente de activación de las enzimas e intervienen en los ciclos de Krebs y de Calvin (FEDEARROZ 2019).

4.2. *Azolla anabaena*

La *Azolla* es un pequeño helecho semiacuático, con pequeñas hojas alternas y raíces simples que cuelgan dentro del agua, se hospeda en las cavidades de sus hojas a la bacteria *Anabaena*. El helecho tiende a fijar del aire nitrógeno, en ambientes recomendables de temperatura, luz y estructura química del suelo (Peralta, 2011). El cultivo se siembra en pozas naturales, para poder reemplazar los fertilizantes químicos, la urea con fertilizantes naturales, así mismo se propaga por descomposición de sus segmentos, también se adapta rápidamente en su crecimiento y en su desarrollo. Por consiguiente, el helecho logra resistir en temperaturas del agua de 5 °C, con un desarrollo que oscila desde los 25-30 °C y es resistente a temperaturas de climas fríos (Carrapico et al., 2010).

4.2.1. Identificación y dispersión de *Azolla anabaena*

Principalmente el pequeño helecho flotable se lo encuentra en forma de una alfombra o en lámina de agua, tiene un desarrollo completamente hídrico, se reproduce vegetativamente por segmentos del tallo, lo que ayuda que este flote. Igualmente, la *azolla* se lo puede identificar durante todo el año. El género *Anabaena* se reproduce en forma asexual y además es autótrofa por contener clorofila extendida, solo habita en aguas dulces, tolera ambientes exageradas, con temperaturas de 73 °C y no posee núcleo (Peralta, 2011).

4.2.2. Simbiosis en *Azolla*

La *Azolla anabaena* vive en simbiosis, primordialmente su función es de tipo morfológico y fisiológico en los organismos, debido a que la especie de cianobacterias es investigada por la asociación de simbiosis que presenta y existe siempre en las etapas del desarrollo del helecho. Se puede señalar que la *Azolla anabaena* en descanso, reproduce esporas internamente del brote apical. En el momento que las esporas brotan se vuelven mucilaginosas y causan diminutos filamentos de *Azolla anabaena* (Montaño, 2010).

La conexión de simbiosis entre el helecho y la cianobacteria reconoce que la *Azolla anabaena* es respectivamente independiente de usar nitrógeno en su ambiente, por lo que causa mucha intriga por parte de algunos investigadores. Por lo que el suceso efectúa en el que la *Azolla* contenga ciertos rangos de nitrógeno elevados (Pulluquina, 2013). La *Azolla anabaena* se estima como una muestra de simbiosis que es hereditario, prolongando su rápido crecimiento de biomasa, desintegración del suelo y de no transferir enfermedades en los cultivos (Cabezas, 2011).

4.2.3. Morfología de *Azolla*

El rizoma es la base que soporta muchas ramas alternas, la raíz joven tiene una cubierta, en la que se despegar en el crecimiento, el desarrollo de los rizomas de *azolla*, se lo considera acropétalo, donde el punto de inicio es desde las ramas, en la parte inferior del tallo, en el que presenta regiones de abscisión en el punto de unión. Por lo regular, la *azolla* en sus hojas, muestran diferentes formas, es decir triangular o poligonal, y a su vez flotan en el agua, demostrando un aspecto de alfombra de coloraciones en verde oscuro a rojizo, y su diámetro puede variar desde 1 a 2.5 cm siempre y cuando la especie sea pequeña (Huayamave y Layana, 2017).

El tallo de la *Azolla anabaena* es de tipo rastrero, su tamaño es 0.5 mm de largo y junto a ellos se encuentra localizadas estructuras apicales, es decir los tallitos que están sobrepuestas en escamas, además de los lóbulos dorsales que se presentan en *Azolla*, la importante característica es que son cloróticas, los lóbulos centrales son translucidos y se encuentran ubicados en el agua y mantienen a las hojas y presentan particularidades aclorofilicas (Santos, 2019).

4.2.4. Influencia de factores del medio *Azolla anabaena* en el cultivo de arroz

Para que *Azolla anabaena* pueda crecer y conservar en el medio en el que vive, requiere de ambientes muy óptimos, es importante tener en cuenta ciertos elementos:

4.2.4.1. Temperatura: El cultivo no muestra dificultades de temperatura, toleran niveles extensos como para no ser un elemento determinante. Además, las temperaturas

óptimas que necesita la *Azolla* está entre 20 a los 28 °C en región costa y en la parte sierra son adaptadas en temperaturas desde 7 a 23 °C. De otro lado, no es apta en temperaturas menores a 0° o mayores a 35 °C (Cabezas, 2011).

4.2.4.2. **pH:** Los suelos cuentan con un pH alrededor de 6 y 7, por lo que son más apropiados (Montaño, 2011).

4.2.4.3. **Agua:** Es un componente significativo, por lo que el helecho presenta sensibilidad a la sequía, es aconsejable contar con una profundidad de agua, alrededor de 10 cm, por lo que se necesitar tener la tierra muy húmeda (Montaño, 2011).

4.2.4.4. **Viento:** Hay que tener en consideración el elemento, por si presenta vientos muy fuertes puede matar a la *Azolla*, lo que provoca movimientos de lado a lado dentro del lugar del terreno (Cabezas, 2011).

4.2.4.5. **Luz:** Acerca de la variable requiere de ambientes bajo sombra, en vista de que la *Azolla* debe mantener su coloración intacta a verde natural, y si fuera el caso contrario, la coloración cambiaría en tonos rojizos en sus hojas (Cabezas, 2011).

4.2.5. Taxonomía de *Azolla anabaena*

Argumenta Coronel (2011) que la *Azolla* es un helecho semiacuático, que flota en el agua, teniendo un aspecto de tapiz de coloración entre verde a rojizo. En el agua se localizan las raíces adventicias, que depende del interior del lago o ríos. La estimación que tiene para la reproducción de la *azolla* es entre los 15-20 días alcance su crecimiento.

Tabla 2. Taxonomía de *Azolla anabaena*

Taxonomía	Cianobacteria
División	Cyanophyta
Clase	Cyanophyceae
Orden	Nostocales
Familia	Nostocaceae
Género	Anabaena
Especie	<i>Azolla</i>
N.C.	<i>Anabaena azollae</i>

Fuente: Montaño, 2010

Elaborado por: El autor

4.2.6. Uso del género *Azolla anabaena* como biofertilizante en el cultivo de arroz

En la actualidad por el consumo de fertilizantes en los cultivos, ha generado precios muy elevados, por el cual ha llamado la atención de aplicar alternativas nutricionales más accesibles, principalmente que sirva como fuente de nitrógeno; una opción no tan costosa es el uso de *Azolla* en los cultivos de arroz, la idea comenzó luego de observar, que el desarrollo del cultivo era útil para corregir las deficiencias nutricionales y reducir los costos en las zonas arroceras. Además, cuenta con un rápido crecimiento, que se desarrolla en el agua, habita en simbiosis, es apto para establecer altas cantidades de nitrógeno y a su vez es utilizado en conjunto, por lo tanto, el cultivo del arroz reduce los desgastes de agua, normaliza el pH, disminuye la propagación de plantas que no son propias del cultivo y además agranda los rendimientos del cultivo de arroz (Castro, et al.).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en un periodo comprendido, desde mayo a octubre del 2021 correspondiente al ciclo del cultivo, y se ejecutó en el cantón Macará, provincia de Loja, Ecuador.

El cantón Macará se localiza en la zona sur del Ecuador a 195 km de la provincia de Loja entre los 79° 57' 49.39" de longitud oeste y 4° 23' 13.11" de latitud Sur (Figura 1). Aproximadamente abarca 575 km². Sus límites son al Norte: Céllica y Paltas; al Sur: República del Perú; al Este: Sozoranga y al Oeste: Pindal y Zapotillo. Está compuesta por 2 parroquias urbanas (Eloy Alfaro y Macará), 3 parroquias rurales (Larama, La Victoria y Sabiango) y 48 barrios. Hay que mencionar que Macará forma parte del bosque tropical seco, cuenta con un clima región costa tropical y subtropical y a su vez un relieve montañoso, donde prevalece pendientes medias fuerte, que fluctúan entre 40 % al 70 %. Además, el cantón Macará, posee una superficie total de 58 036.99 ha, las cuales son destinadas para la conservación, protección de bosques, y actividades agropecuarias. (Quito, 2017)

Descripción de la zona de estudio

La producción del cultivo de arroz del cantón Macará se realizó de manera tradicional con un sistema de campo por inundación. La zona de estudio se ubica en la parroquia Macará vía al sector la Mándala en la avenida panamericana a 6 km² sus coordenadas son 79° 56' 15" de longitud oeste y 4° 21' 57" latitud Sur. Refleja una temperatura media anual de 24.6 a 26 °C, con un promedio de precipitación anual de 500 mm a 1 246 mm/año, una altitud entre 430 msnm y una humedad relativa del 68.7 %, el suelo predomina a franco- arenosos con un pH de 7.32 un bajo contenido de materia orgánica y una pendiente del 20 a 80 %. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD Macará, 2015).

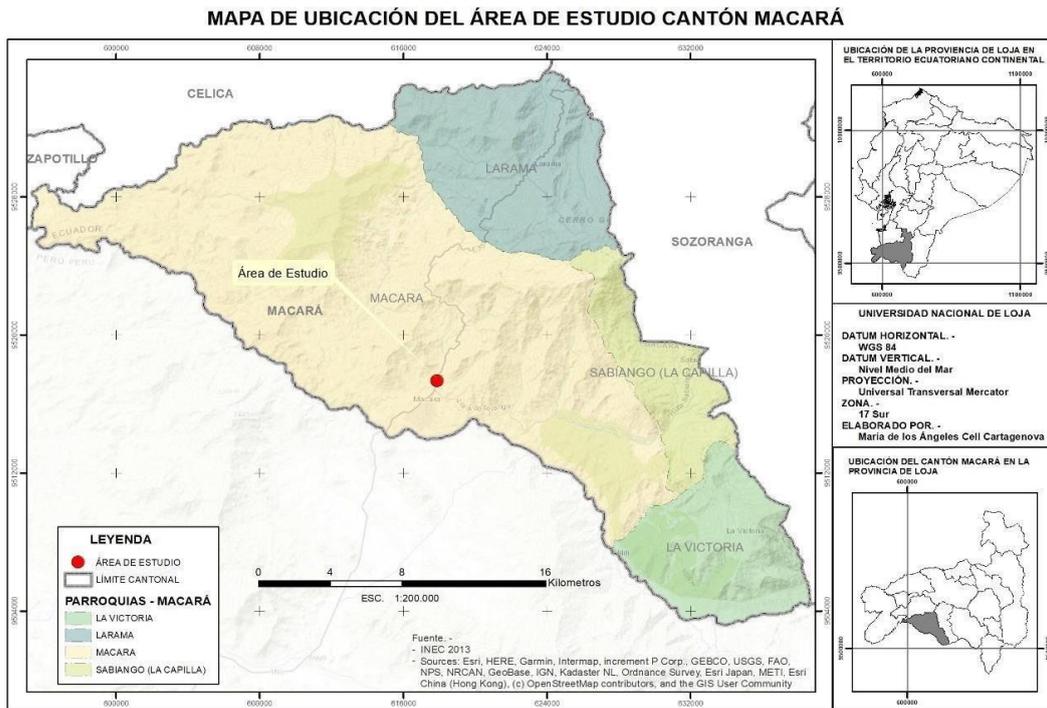


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en el cantón Macará
Fuente. Elaborado por el Autor

5.1. Metodología para el primer objetivo

“Comparar el rendimiento del cultivo de arroz mediante la aplicación con fertilización química y biofertilizante *Azolla anabaena*”.

Para la preparación del terreno se delimitó parcelas de 36 m², donde se tuvo en consideración a la pendiente del terreno, se lo realizó de forma manual, de cada parcela tuvo una dimensión de 2 m x 2 m. en total fueron 9 unidades experimentales (3 tratamientos x 3 repeticiones).

Se utilizó 1 kg de semilla de arroz de la variedad “Ferón”, por el cual se aplicó a un tratamiento de escarificación, basado en la incorporación de la semilla en agua alrededor de 24 horas, se desechó el agua y se dejó actuar durante la noche para comenzar con la siembra en el semillero. El experimento se realizó bajo un diseño DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar).

Los tratamientos aplicados fueron: T1 (Testigo absoluto), T2 (*Azolla anabaena* 450 g/ha), T3 (Fertilizante químico (programa de fertilización recomendado para el cultivo). El análisis estadístico se realizó con la utilización del paquete IBM-SPSS Statistics versión 24, se realizó un diseño experimental en bloques completos al azar (DBCA). En todos los casos se verificaron los supuestos de homogeneidad y normalidad de las varianzas, y si no cumplían los supuestos, se realizaron pruebas no paramétricas: Kruskal-Wallis/U de Mann-Whitney

($\alpha < 0.05$); cuando no se cumplieron los supuestos, se realizaron pruebas paramétricas, con el análisis del ANOVA y la posterior comparación de medias, mediante prueba de Tukey ($\alpha < 0.05$) (Leech et al., 2005).

Se realizó un semillero con una dimensión de 2 m de ancho por 2 m de largo, a una profundidad de 15 cm por planta, el cual el sistema de riego fue por inundación. Una vez obtenido las plántulas del cultivo arroz, se procedió a sembrar las plantas en cada una de las 9 unidades experimentales con una distancia de 0.2 m entre surcos y 0.3 m entre plantas.

De acuerdo a la fertilización, en el tratamiento químico, se consideró las necesidades que requiere el cultivo, por lo que se aplicó en dos fases, a los 25 días luego de haber sido trasplantados, la segunda a los 50 días del desarrollo en el cultivo, utilizando fertilizantes químicos como 150 g/ha de urea y 750 g/ha de sulfato de potasio en cada una de las 3 unidades experimentales.

A sí mismo, para el del uso biofertilizante *Azolla anabaena*, se utilizó los estudios de Delgado David y de Zorrilla Cynthia (2017) como guía para la aplicación con *Azolla anabaena* y se realizó mediante un sistema al voleo en dos aplicaciones de 450 g/ha, la primera aplicación a los 14 días después de la siembra, la segunda aplicación se dio al inicio de la floración de la espiga en el cultivo del arroz. Se utilizó 150 g de *Azolla anabaena* fresca, el cual se inocularon en las 3 unidades experimentales del tratamiento, mediante un sistema de riego por inundación, el cual se logró obtener el peso ideal con la ayuda de una balanza analítica de 0.0001 g para cada uno de los tratamientos.

El control de plantas arvenses se lo aplicó posteriormente al trasplante, mediante la aplicación de Glifocord 250 cm/ha y Amina 100/ha cm en una bomba de 20 litros. Se fumigo 2 veces en el ciclo del cultivo. Para el efecto del control de insectos se colocó en dos aplicaciones: Alpacord en dosis de 50 cm/ha y Abalon en dosis de 50 cm/ha, para el control de la mosca blanca y el gusano cogollero.

Posteriormente la cosecha se realizó manualmente en cada unidad experimental y se realizó la siguiente metodología: Se tomaron como muestra 10 plantas por tratamiento, seleccionadas al azar, el cual se identificó con cintas de color (desde el inicio del ensayo, hasta el final del mismo) para realizar de evaluación de cada una de las variables; en función a la respuesta a las variables agronómicas. los datos fueron recolectados semanalmente desde (junio a octubre del 2021).

Los parámetros evaluados en el cultivo del arroz fueron:

Altura de la planta: Se determinó a partir de diez plantas tomadas al azar de cada unidad experimental, se midió la altura, desde la superficie del suelo hasta el final de la panícula más alta. (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1983).

Longitud de la panícula: Se procedió a medir desde la base de la panícula hasta la punta de la última espiguilla, utilizando la siguiente escala: corta (menos de 22 cm), medianas (de 22,1 cm a 25 cm) y largas (mayores de 25,1 cm) en 10 plantas tomadas al azar (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1983).

Longitud de grano: Con la ayuda de un calibrador, en una muestra de diez granos pelados, se realizó a partir de la porción central de diez panículas de diez plantas tomadas al azar de cada parcela, según la siguiente escala: corta (menos de 5 mm), medio (mayor de 5 mm y menor de 6 mm) y largo (mayor de 6 mm) (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1983).

Espesor o ancho del grano: Se tomó en consideración el largo del grano (pelado), con la ayuda de un calibrador, también expresado en milímetros (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1983).

Forma de grano: Se determinó la relación entre largo y ancho de los granos sin pelar, en 10 plantas de cada unidad experimental tomadas al azar considerando la siguiente escala: redondeada (L / A menor a 1.50), semirredondeada (L / A entre 1.51 y 2,00), semielongadas (L / A entre 2,01 y 2,75) y alargadas (L / A entre 2,76 y 3,50) Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1983).

Asimismo, se evaluaron los descriptores de producción como:

Porcentaje de espiguillas fértiles por panícula: Al momento de la cosecha, se estableció junto con el número promedio de espiguillas por panícula, considerando la espiguilla con granos tomadas al azar en 10 plantas (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1983).

Días hasta la cosecha: Para considerar el siguiente dato se obtuvo desde el número de días transcurridos desde la siembra hasta el momento de la cosecha (cuando el 80% de las panículas en cada parcela obtuvo dos tercios de las espiguillas colgantes y maduras) (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1983).

Productividad de grano: Se obtuvo el rendimiento en relación a la cosecha, se ajustó al 13 % de contenido de agua y con el peso del grano (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1983).

Peso de 100 granos: Se seleccionaron 100 granos llenos en cáscara y sin cáscara utilizando una balanza analítica con una precisión de 0,0001g y se consiguió el valor en gramos de cada unidad experimental ajustándose al 13 % de humedad. (CIAT, 1983)

5.2. Metodología para el segundo objetivo

“Evaluar las condiciones físicas y químicas del suelo en pre siembra y poscosecha entre los tratamientos con fertilización química y biofertilizante *Azolla anabaena*”.

Se realizó un análisis de suelo, se obtuvieron 4 tipo de muestras de suelo, antes de llevar a cabo la siembra y 3 análisis al culminar el ensayo, para determinar el análisis físico y químico de las unidades experimentales (36 m², área total del ensayo). Luego de haber obtenido las muestras de suelo fueron identificadas.

Las muestras de suelo se enviaron al Laboratorio de Suelos, del INIAP- Quito. En base al análisis se determinaron los siguientes parámetros: análisis físico (materia orgánica) y el análisis químico (pH, macro y micronutrientes).

5.3. Metodología para el tercer objetivo

“Realizar el análisis de los costos de producción entre la fertilización química y biofertilizante *Azolla anabaena*”.

El análisis de los costos de producción se lo estableció a partir del rendimiento, y el costo total de los 3 tratamientos, para posteriormente conseguir la relación beneficio/costo, por ello se acentuó referente los valores actuales y rendimientos conseguidos.

Los parámetros que se evaluaron se consideraron los siguientes:

- **Costos de producción:** La metodología utilizada es el costo operativo de producción que tiene la siguiente estructura:

-**Gastos operativos (A):** Para cada operación se aumentó las horas de trabajo dedicadas, los salarios de la mano de obra común, las máquinas e implementos a utilizar en el cultivo.

-**Gastos operativos por contrato (B):** Servicios, Contratistas de cosecha.

-**Gastos en insumos (C):** Insumos utilizados en la producción como insecticidas, fertilizantes, semillas y pesticidas.

-**Costos fijos.** Fueron los costos que se mantienen constantes y no varían como: el arrendamiento, sueldos administrativos.

-**Costos variables.** Son aquellos que cambian en proporción directa con los volúmenes de producción y ventas, por ejemplo: materias primas, mano de obra. (Colín, 2013).

Descripción de los gastos operativos.

-**Mano de obra:** Fue la estimación del costo de las categorías de mano de obra común por actividad en el cultivo de arroz.

-**Gasto en insumos:** Se tomaron en cuenta los gastos en fertilizantes, semillas, insecticidas, fungicidas herbicidas, etc. Y a su vez se calculó multiplicando la cantidad gastada por el área de los precios unitarios pagados por el productor durante el ciclo de cosecha.

Indicadores de rentabilidad

•**Costo total:** Se efectuó con la sumatoria de todos los costos fijos y los costos variables de los tratamientos y se lo calculó de la siguiente manera:

$$CT = CF + CV$$

Dónde:

CT = Costo total

CV = Costo variable

CF = Costo fijo

•**Ingreso bruto:** Se estableció el ingreso conseguido por concepto de la venta de la producción del arroz de los tratamientos por el precio relacionado del mercado. El cual se aplicó la siguiente formula.

$$IB = Y \times PY$$

Dónde

IB = Ingreso Bruto

Y = Producto

PY = Precio del Producto

•**Beneficio neto:** Se adquirió al restar el ingreso bruto de los costos totales de los tres tratamientos y se lo estableció a través de la siguiente fórmula:

$$BN = IB - CT$$

Dónde:

BN = Beneficio Neto

IB= Ingreso Bruto

CT = Costo Total

•**Relación Beneficio / Costo:** Se determinó la relación beneficio / costo, a través del beneficio neto de los tres tratamientos para sus costos totales, en el que se empleó la siguiente fórmula:

$$R (B/C) = BN/CT$$

Dónde:

R (B/C) = Relación Beneficio / costo

BN = Beneficio Neto

CT= Costo Total

6. RESULTADOS

6.1. Resultados para el primer objetivo

“Comparar el rendimiento del cultivo de arroz mediante la aplicación con fertilización química y biofertilizante *Azolla anabaena*”

Altura de la planta

Al analizar el parámetro de la altura de la planta en los diferentes tratamientos se observa que el tratamiento 2 (*Azolla anabaena*) obtuvo una mayor altura de la planta de 100.79 cm mientras que el tratamiento 1 (Testigo) tiene una menor altura de la planta de 89.25 cm. Además, entre el T1 y el T2 si hubo diferencia estadística, mientras que entre el T2 y el T3 no hubo diferencia significativa (**Figura 2**).

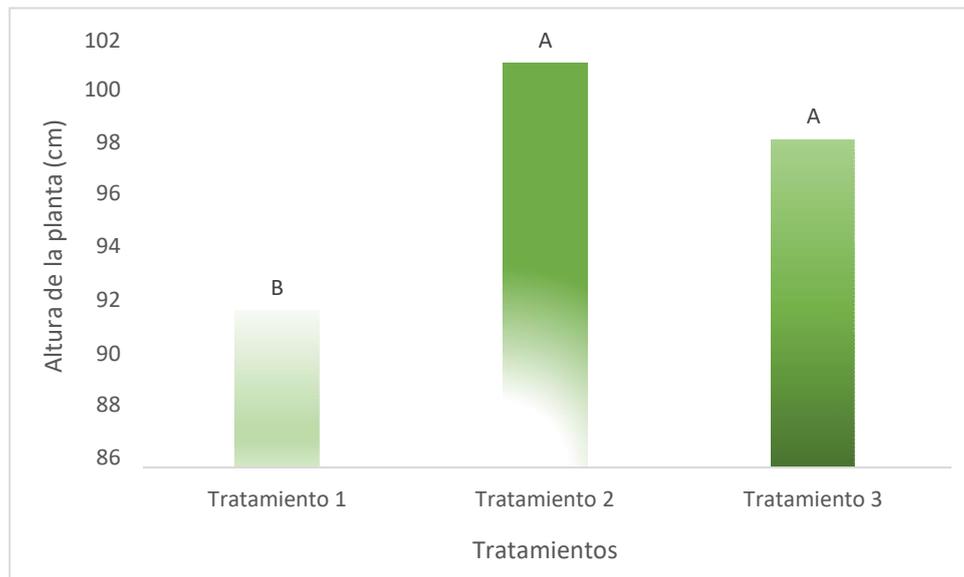


Figura 2. Altura de la planta (cm): T1 (Testigo), T2 (*Azolla anabaena*), T3 (Fertilizante químico).

Barras con letras diferentes difieren significativamente mediante pruebas de Tukey ($p < 0.05$) ($n=9$). $EE\bar{x}$ = Error Estandar de la Media: 0.017.

Longitud de la panícula

Al comparar la variable de la longitud de la panícula en los distintos tratamientos se puede comprobar que el tratamiento 3 con fertilización química alcanzó una mayor longitud de panícula de 24.5 cm y por otra parte el tratamiento 1 obtuvo una menor longitud de la panícula de 19.75 cm. Por lo general, el T1, T2 y el T3 si existe diferencia estadística (**Figura 3**).

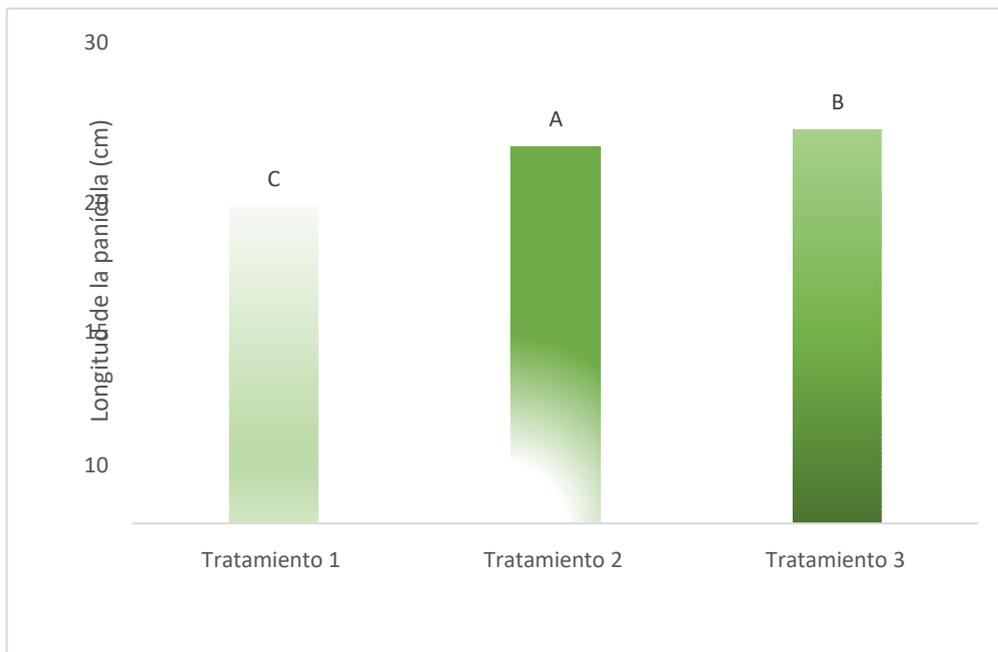


Figura 3. Longitud de la panícula (cm): T1 (Testigo), T2 (*Azolla anabaena*), T3 (Fertilizante químico).

Barras con letras diferentes difieren significativamente mediante pruebas de Tukey ($p < 0.05$) ($n=9$). $EE\bar{x}$ = Error Estandar de la Media: 0.274.

Longitud del grano

Al estudiar los promedios de la longitud del grano, se puede observar en la **Figura 4** que existen significancia estadística para los distintos tratamientos. Por el cual el tratamiento 3 presenta granos de mayor longitud de grano de 7.91 mm respectivamente, mientras que con el tratamiento 1 consigue una menor longitud de grano de 6,77 mm. Sin embargo, el T1, T2 y el T3 si existe diferencia estadística.

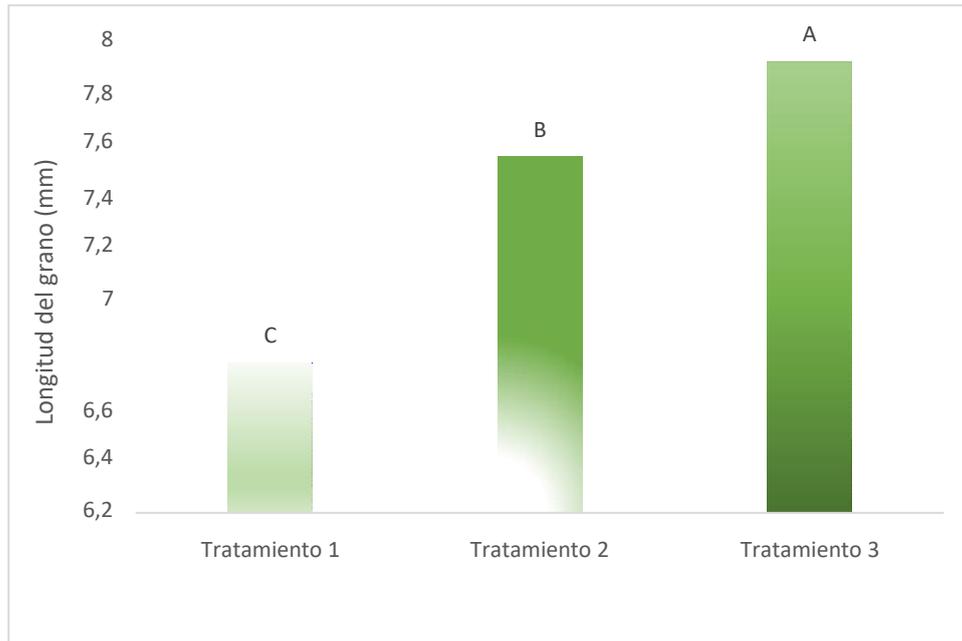


Figura 4. Longitud del grano (mm): T1 (Testigo), T2 (Azolla anabaena) ,T3 (Fertilizante químico).

Barras con letras diferentes difieren significativamente mediante pruebas de Tukey ($p < 0.05$) ($n=9$). $EE\bar{x} = Error\ Estandar\ de\ la\ Media: 0.003$.

Ancho del grano

Al interpretar los promedios del ancho del grano se observó una significancia estadística para los diferentes tratamientos. Por lo tanto, se puede verificar que el tratamiento 2 obtiene un mayor promedio del ancho del grano de 2.71 mm y así mismo el tratamiento 1 es el que contiene un menor ancho del grano de 2.18 mm **Figura 5**.

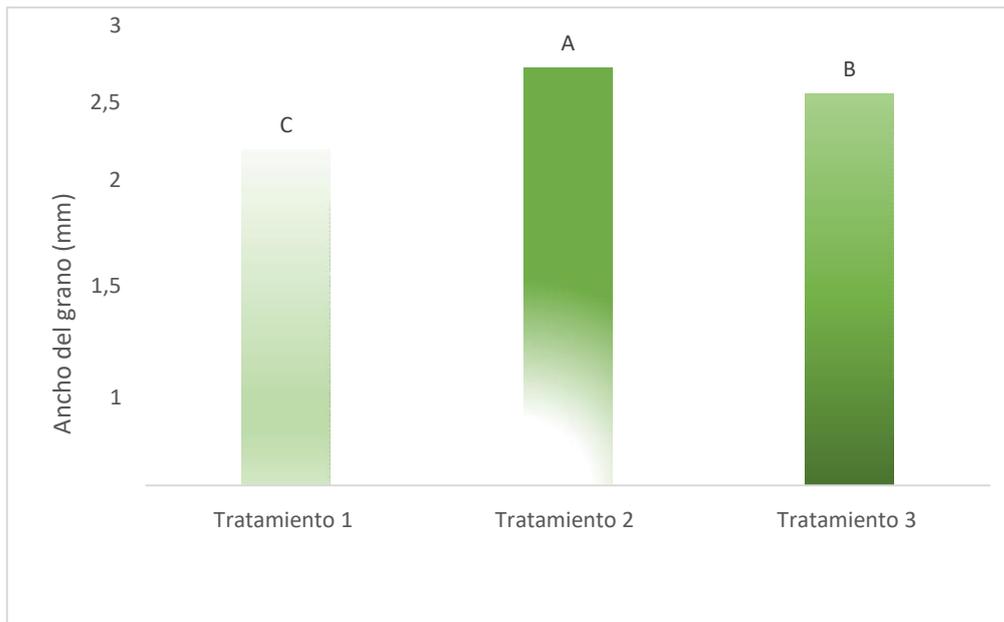


Figura 5. Ancho de grano (mm): T1 (Testigo), T2 (*Azolla anabaena*), T3 (Fertilizante químico).

Barras con letras diferentes difieren significativamente mediante pruebas de Tukey ($p < 0.05$) ($n=9$). $EE\bar{x}$ = Error Estandar de la Media: 0.05.

Forma del grano

En la **Figura 6**, se registran los promedios de la forma del grano en los diferentes tratamientos del ensayo. No existe diferencia significativa entre los tratamientos 2 y 3, pero difieren con el tratamiento 1 (testigo). Por lo tanto, se comprueba que el tratamiento 2 alcanza una mejor forma en el grano de 3.13 cm y posteriormente el tratamiento 1 logra una menor forma de 2.92 cm.

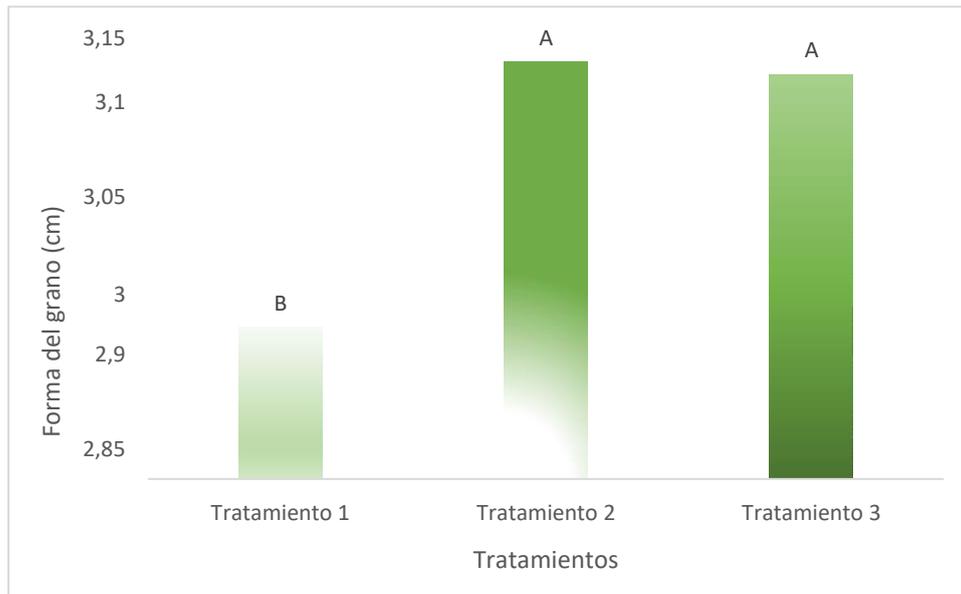


Figura 6. Forma del grano (cm): T1 (Testigo), T2 (*Azolla anabaena*), T3 (Fertilizante químico).

Barras con letras diferentes difieren significativamente mediante pruebas de Tukey ($p < 0.05$) ($n=9$). $EE\bar{x}$ = Error Estandar de la Media: 0.00.

Porcentaje de espiga fértil

Al analizar el parámetro del porcentaje de espiga fértil del grano con los diferentes tratamientos se puede observar que el tratamiento 2 alcanza un promedio de 55.93 % (82.84), el tratamiento 1 contiene un promedio menor de porcentaje de espiga fértil de 54.97 %. (81.89) (Figura 7).

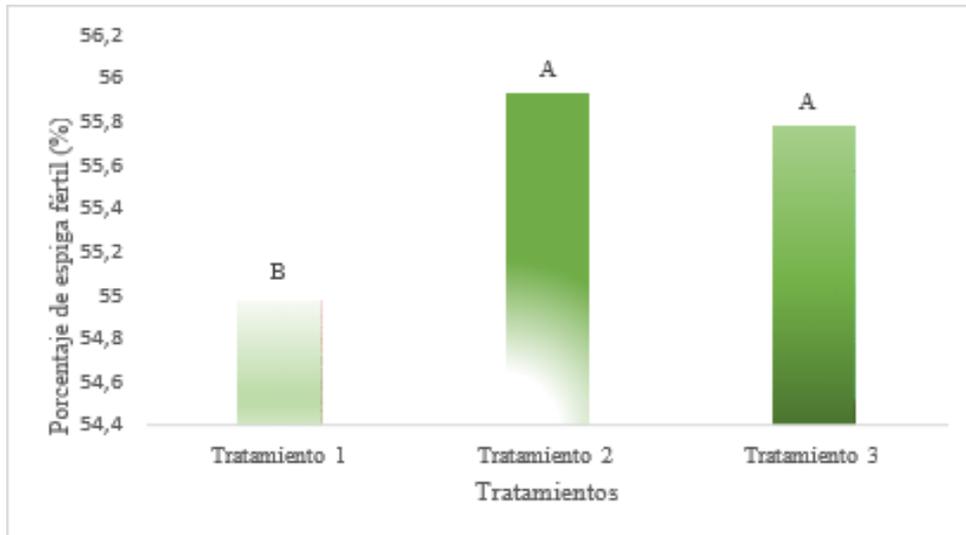


Figura 7. Porcentaje de espiga fértil (%): T1 (Testigo), T2 (*Azolla anabaena*) ,T3 (Fertilizante químico).

Los datos fueron transformados a $\sin^{-1}(x/100)$, datos en porcentajes (%). Barras con letras diferentes difieren significativamente mediante pruebas de Tukey ($p < 0.05$) ($n=9$). $EE\bar{x} = Error$ Estandar de la Media: 0.98

Días hasta la cosecha

En la **tabla 3.** se aprecian los promedios de días hasta la cosecha evaluados en los tratamientos estudiados en el cultivo de arroz. En el que se encontró que el mayor número de días se presentó en el tratamiento 1 con 120 días, mientras que el tratamiento 3 se registró 108 días hasta la cosecha.

Tabla 3. Días hasta la cosecha: T1 (Testigo), T2 (*Azolla anabaena*), T3 (Fertilizante químico).

TRATAMIENTOS	DÍAS
Testigo	120
<i>Azolla</i>	114
Químico	108

Peso de 100 g

Al evaluar el parámetro del peso promedio de 100 granos se determina que el tratamiento 3 logra alcanzar un buen promedio en el peso de 100 granos de 2.27 g, por un lado, el tratamiento 1 se puede observar que existe un menor promedio del peso de 100 granos de 1.9 g. Además, el T3, T2 y el T1 si hay diferencia estadística (**Figura 8**).

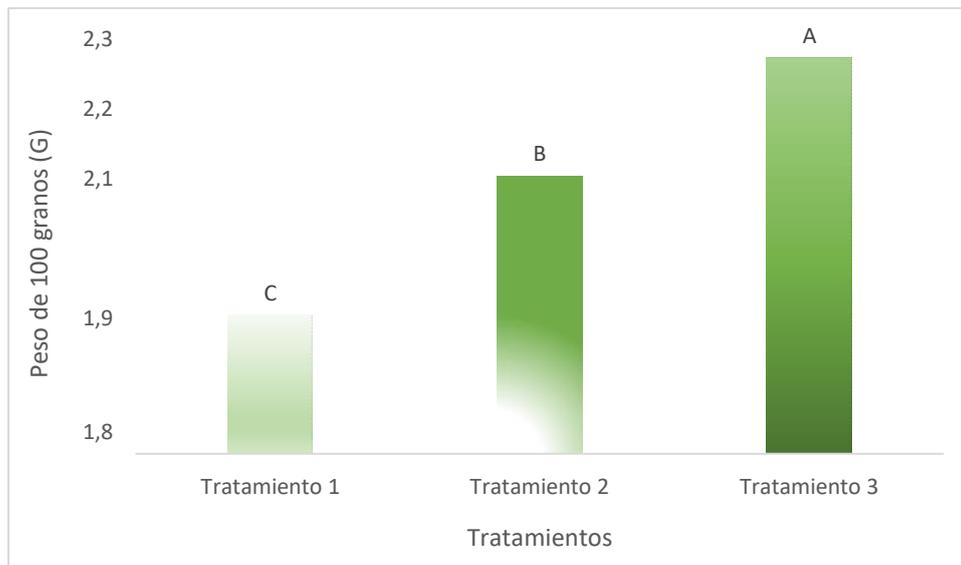


Figura 8. Peso de 100 granos (g): T1 (Testigo), T2 (*Azolla anabaena*), T3 (Fertilizante químico).

Barras con letras diferentes difieren significativamente mediante pruebas de Tukey ($p < 0.05$) ($n=9$). $EE\bar{x}$ = Error Estandar de la Media: 0.003.

Productividad del grano

Al determinar el promedio de la productividad del grano en los diversos tratamientos, se detalla que en el arroz pilado no existe diferencia significativa en los tratamientos 2 y tratamiento 3, pero difieren con el tratamiento 1. Por ende, el tratamiento que tuvo una buena productividad en el grano es el tratamiento 3 mediante la aplicación con fertilización química con un promedio de 2.14 t/ha, mientras que el tratamiento 1 no supera un buen promedio en la productividad del grano de 1.23 t/ha. Posteriormente en el arroz con cascara existen diferencia significativa en los diferentes tratamientos, por el cual el tratamiento 3 logra alcanzar un mayor promedio 1.56 t/ha, finalmente el tratamiento 1 no supera un buen promedio, lo que obtiene un porcentaje de 0.69 t/ha. (**Figura 9**)

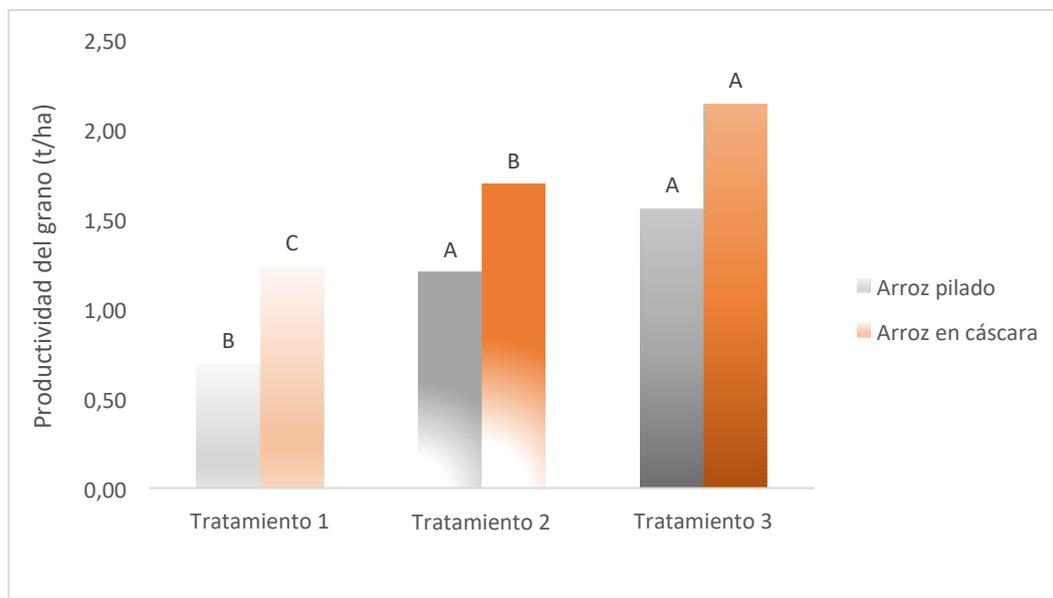


Figura 9. Productividad del grano (t/ha): T1 (Testigo), T2 (*Azolla anabaena*), T3(Fertilizante químico).

Barras con letras diferentes difieren significativamente mediante pruebas de Tukey ($p < 0.05$) ($n=9$). $EE\bar{x} = Error\ Estandar\ de\ la\ Media: 0.015$.

6.2. Resultados para el segundo objetivo

“Evaluar las condiciones físicas y químicas del suelo en pre siembra y postcosecha entre los tratamientos con fertilización química y biofertilizante *Azolla anabaena*”.

Tabla 4. Análisis del suelo en presiembra y postcosecha. T1 (Testigo), T2 (*Azolla anabaena*), T3 (Fertilización química).

ANALISIS	Antes	Después		
	A. S	T1	T2	T3
pH	7.32	7.42	7.22	7.41
Materia Orgánica (%)	2.05	1.9	2.15	1.94
Nitrógeno (%)	0.1	0.08	0.30	0.08
Fósforo (mg/kg)	23.6	17	21	19.8
Potasio (cmol/kg)	0.23	0.15	0.25	0.22
Calcio (cmol/kg)	13.62	13.62	13.62	13.62
Magnesio (cmol/kg)	4.23	4.81	5.0	5.11
Hierro (mg/kg)	118.2	112	109	122
Manganeso (mg/kg)	14.08	9.08	12.1	11.16
Cobre (mg/kg)	2.85	2.85	2.5	2.97
Zinc (mg/kg)	2.92	2.90	2.2	2.79

Fuente: INIAP 2021

Las condiciones físicas y químicas del suelo en función a los valores del pH, se puede evidenciar que antes de realizar la siembra tenía un rango de 7.32, posteriormente a ello en los diferentes tratamientos muestreados del área de investigación, se obtuvo que el T2 alcanzó un rango menor de pH de 7.22 al final de la cosecha. Al interpretar los valores %, mientras que al finalizar la siembra se puede analizar que el contenido de materia orgánica del T1 se encuentra en niveles bajos, entre el rango de 1.9 %.

Con respecto al elemento químico del Nitrógeno (N) antes de realizar el experimento en los diferentes tratamientos se logró una estimación de 0.1 %, por lo que en el T1 y el T3 se lograron obtener los mismos valores de 0.08 % al final del experimento.

Al observar los promedios del elemento del Fosforo (P) antes de llevar a efecto el experimento se alcanzó valores promedios de 23.6 (mg/kg) en todos los tratamientos, y a su vez se aprecia que en el T1 en el suelo presentaron un contenido bajo en fósforo con un rango de 17 (mg/kg). A lo relacionado con el elemento químico, el Potasio (K) al inicio de la siembra alcanzo un rango promedio de 0.23 (cmol/kg) en los distintos tratamientos, finalmente en relación al Tratamiento 1 obtuvo un menor promedio de 0.15 (cmol/kg) en función a los demás tratamientos.

Los resultados obtenidos en el Calcio (Ca) para los diferentes tratamientos en el cultivo de arroz variaron a una estimación de 13.62 (cmol/kg), es por ello que al culminar con el desarrollo del cultivo en la etapa de la cosecha se puede observar que los 3 tratamientos obtuvieron el mismo rango antes de la siembra.

En lo que respecta al elemento del Magnesio (Mg) durante el inicio del ensayo se puede observar que presento promedios de 4.23 (cmol/kg) en los tratamientos, sin embargo, al finalizar el ensayo se puede deducir que en el T1 no logró alcanzar valores apropiados durante el experimento, el cual presento valores bajos de 4.81 (cmol/kg).

De igual forma, el hierro (Fe) antes de la siembra en los 3 tratamientos se logró obtener valores promedios de 118.2 (mg/kg), es por ello que al culminar el ensayo el T2 no presento valores altos, de modo que logro tener un promedio de 109 (mg/kg). promedios de la materia orgánica (%) antes de la siembra se pudo deducir valores de 2.05.

Al analizar los rangos alcanzados del Manganeseo (Mn), se dedujo que al inicio de la siembra en los diferentes tratamientos consiguió promedios de 14.08 (mg/kg), por otro lado, se efectuó otra evaluación al finalizar el experimento en el que el T1 logra alcanzar un promedio de 9.08 (mg/kg).

Al analizar las condiciones químicas, se puede deducir que el Cobre (Cu) al inicio de la siembra alcanzó valores promedios de 2.85 (mg/kg) en los distintos tratamientos, sin embargo, el T2 consiguió valores bajos que en los demás tratamientos con un promedio de 2.5 (mg/kg) al final del ensayo del cultivo.

En cuanto al Zinc alcanza valores promedios de 2.92 (mg/kg) en los 3 tratamientos al inició del experimento, además se puede observar que el T2 logra conseguir valores promedios de 2.2 (mg/kg) en efecto al suelo después de finalizar el experimento.

6.3. Resultados para el tercer objetivo

“Realizar el análisis de los costos de producción entre la fertilización química y biofertilizante *Azolla anabaena*”.

Tabla 5. Cálculo del presupuesto parcial de la investigación “Respuesta en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) con fertilizante químico y biofertilizante (*AZOLLA ANABAENA*) en el cantón Macará, Provincia de Loja – Ecuador”.

Tratamientos	Rendimiento (tn/ha)	Ingreso Bruto	Costo total	Beneficio Neto	Relación Beneficio/Costo
T1 (Testigo)	1.23	555.30	250.08	305.22	1.22
T2 (<i>Azolla anabaena</i>)	2.01	904.50	293.33	611.17	2.08
T3 (Fertilización química)	2.14	963.00	326.33	636.67	1.95

En la Tabla 5, presenta los parámetros a evaluar como: el ingreso bruto, costo total, beneficio neto y relación beneficio costo en los 3 tratamientos evaluados.

El ingreso bruto obtenido con el tratamiento 3 es el rango promedio más alto de todos los tratamientos con 936.00 dólares, mientras que con el tratamiento 1 alcanzo el menor ingreso con un valor de 555.30 dólares.

De acuerdo con el costo total se observa que el tratamiento 3 siendo este valor más alto de todos los tratamientos cuenta con un rango de 326.33 dólares, el cual hay una diferencia de 33 dólares con el tratamiento 2, mientras tanto el tratamiento 1 fue la de menor costo de los tratamientos evaluados con un rango promedio de 250.08 dólares.

Uno de los tratamientos que consiguió el mayor beneficio neto fue el tratamiento 3 con 636.67 dólares por tanto existe una diferencia significativa con el tratamiento 2 de 25.50 dólares, además el tratamiento 1 fue el que obtuvo el menor promedio de beneficio neto registrado con un rango de 305.22 dólares. Finalmente, la Relación Beneficio Costo (B/C), el tratamiento 2 (*Azolla anabaena*) consiguió el principal nivel de utilidad con 1.08 centavos por cada dólar invertido; mientras que con el tratamiento 1 logró alcanzar el menor promedio, en el que se vio afectado por su bajo rendimiento con un valor de 0.22 centavos por cada que se invirtió.

7. DISCUSIÓN

Discusión para el primer objetivo

Para la variable altura de la planta el uso del biofertilizante *Azolla anabaena* en el T2, generó una mayor altura promedio de 100 cm. Estos datos se asemejan a los mostrados por Arce (2012), con la aplicación de este semi helecho al suelo, el cual obtuvo un promedio superior de 80 cm a los 120 días. Además, Delgado y Zorrilla (2017) menciona que, *Azolla anabaena* es apto en el cultivo de arroz, siempre y cuando se cuenten con las condiciones de temperatura adecuadas para la fijación biológica de nitrógeno (22 y 32°). Estas temperaturas favorecen el proceso de fotosíntesis, lo cual está relacionado al intercambio simbiótico de azúcares y nitrógeno asimilable, que se da en la simbiosis. Las condiciones climáticas del cantón Macará, son similares a las de los trabajos anteriormente señalados, lo cual se vio reflejado en estos resultados. Debido a que cuenta con las condiciones adecuadas para fijar nitrógeno atmosférico, generado a través del proceso de fotosíntesis por lo cual ayuda a tener plantas más altas y vigorosas, debido a que tiene temperaturas similares al cantón Macará.

Para la longitud de panícula el tratamiento que mayor resaltó en la investigación fue el tratamiento 3. Mientras tanto Peralta (2011), mencionó en función a la aplicación con fertilización química influyó para obtener un mayor número de panículas de buena altura con un rango entre 24.52- 25.75 cm. Esto debido a que el fertilizante aplicado, cuenta con una mayor cantidad de nitrógeno para el crecimiento del cultivo. No obstante, el desarrollo del cultivo también depende a la variedad y a las dosificaciones que son utilizadas en el cultivo de arroz, en el que determina un alto número de grano y una buena fertilidad en sus espigas.

Para la longitud del grano se puede observar que el tratamiento con un buen rendimiento demostró ser el tratamiento 3 (7.91 mm). Sin embargo, Escobar (2013), mostraron granos con valores entre 6.61 mm y 7.50 mm, lo cual fue atribuido a la aplicación de una mezcla de fertilización balanceada, influencia de las diferentes densidades de siembra, las labores agronómicas. En este estudio las condiciones favorables que cuenta la zona de estudio que favorecieron al desarrollo del ciclo del cultivo para alcanzar un buen rendimiento en un mayor número y llenado de granos. Según, (Carrapico et al., 2010) la *Azolla anabaena* es muy utilizada por las características nutricionales que proporciona a través de la simbiosis que puede alterar el compuesto nitrogenado en materia orgánica para ser aplicadas a las plantas como un fertilizante agrícola natural en sembríos de arroz.

En cuanto al porcentaje de espigas fértiles el tratamiento 2 con *Azolla anabaena* demostró tener el mejor valor a los demás tratamientos con un rango de 55.93 %. En este predominó el buen rendimiento de las panículas y el porcentaje de granos llenos que produce las espigas

fértiles. Sin embargo, Lira (2004), en este mismo cultivo, mostró mayores porcentajes de fertilidad de espiga (80,7 %) con el uso de *Azolla* sp, lo cual es importante debido a que la cantidad de espigas es una variable directamente relacionada con el rendimiento final de esta especie. A esto se suma la influencia de un buen manejo agronómico en campo. Sin embargo, cuando existe un incremento de panículas por planta, el porcentaje de fertilidad tiende a disminuir, lo cual puede provocar un daño a la planta (Huayamave y Layana, 2016).

En la variable del peso de 100 granos, el tratamiento 3 mostró obtener el mejor promedio sobre los demás tratamientos. Mientras Delgado y Zorrilla (2017) señala que el tratamiento químico con el peso de 1000 g alcanza el mejor resultado, con un valor de 8.75 g debido a que la aplicación con *Azolla anabena* no se mantiene hasta la etapa final del cultivo de arroz (Montaño, 2016).

Cabe considerar la productividad obtenida con el T3 logró alcanzar valores de 2.14 t/ha. Por otra parte, Arévalo (2011), menciona que, con la aplicación de fertilizantes químicos, consiguió una mayor productividad en el grano con un promedio de 9.59 t/ha, a diferencia de los demás productos. Por ello se obtiene estos resultados, gracias a las dosificaciones empleadas, el cual expone que una correcta fertilización en el cultivo influye en los rendimientos de arroz. Hapase et al. (2004), expresa al aplicar *Azolla anabena* en plantaciones de arroz, luego de la siembra, ocasionaba un rápido aumento en la germinación y en el crecimiento de la altura de la planta, longitud de la panícula y un porcentaje de espigas fértiles en el que influyó un aumento eficaz en el rendimiento del cultivo en arroz. Con la finalidad de sustituir los fertilizantes nitrogenados químicos a través de un microorganismo encargado de fijar nitrógeno natural, para que pueda ser aprovechado por la planta y mejorar el equilibrio del suelo.

Discusión para el segundo objetivo

Los resultados realizados en el análisis de suelo, mostraron que con el tratamiento 2 al final del ensayo obtuvo rangos muy superiores. Mientras que Arias (2010), afirma que la materia orgánica contribuye con las condiciones físicas existentes y además logra obtener una rápida absorción de nutrientes para la planta. Además, el Zn es inducido en el arroz a través del riego por inundación, agravada por el aumento de zinc disponible o total en el suelo, que produce un aumento de pH del suelo. Asimismo, la disponibilidad del potasio juega un papel crucial en una serie de procesos fisiológicos de vital importancia para el crecimiento, rendimiento, calidad y resistencia en el cultivo de arroz. De acuerdo con Dobermann y Fairhurst (2001) afirma, que cuando existe toxicidad de hierro en los tejidos del cultivo produce un oscurecimiento de las hojas o un tono bronceado y posterior a ello las partes de

las raíces decae y la capacidad de absorción de nutrientes comienza a disminuir.

Discusión para el tercer objetivo

El análisis de los costos de producción en función al rendimiento del grano, determinaron que los 3 tratamientos consiguieron utilidades económicas. Por el cual el tratamiento 2 consiguió un Beneficio Costo de 1.08 centavos por cada dólar que se invirtió, a causa de que genera un efecto sobresaliente por su técnica de producción agronómica que hace que el cultivo sea un producto muy sobresaliente y eficaz. Debido a que es un material no tan costoso, accesible y a su vez genera buenos resultados para la fijación de nitrógeno en el cultivo de arroz. Reafirma la importancia de la aplicación con *Azolla* como un suplente de fertilización inorgánica nitrogenada. Mientras que con el tratamiento 3 alcanzó el segundo lugar con un promedio menor que el anterior a diferencia de un Beneficio Costo de 1.25 centavos por cada dólar invertido. De la misma manera, se demanda un registro más detallado en cuanto a los productos químicos que se utilizaron, al control fitosanitario que se desarrolló en el cultivo con fertilización química. Una vez obtenido los costos de producción de un arroz natural, los agricultores aun ven la necesidad de seguir trabajando con fertilizantes inorgánicos, motivo por el cual trabajan de forma tradicional en campo. Además, con el uso con fertilización orgánica muestra técnicas menos rigurosas y los costos de producción se disminuyen logrando obtener un mejor rendimiento del cultivo en arroz (Martín y Gómez, 2016).

8. CONCLUSIONES

- La aplicación del T2 con el simbiote *Azolla anabaena* logró obtener mejores resultados de la altura de la planta, longitud de la panícula, ancho del grano, forma del grano, porcentaje de espiga fértil, y el T3 (fertilización química) superó rangos mayores en relación a longitud del grano, peso de 100 g y productividad del grano.
- La *Azolla anabaena* mejora las condiciones químicas y físicas del suelo, debido que alcanza rangos elevados con respecto al nitrógeno (0.30 %), fósforo (21 mg/kg), potasio (0.25 cmol/kg) y materia orgánica (2.155 %), elementos importantes para el desarrollo del cultivo.
- Los caracteres evaluados de los costos de cada uno de los tratamientos, evidencia que el tratamiento 2 (*Azolla anabaena*) generó una utilidad mayor en relación al beneficio/costo con 1.08 centavos por cada dólar invertido, así mismo el costo total de los gastos del tratamiento registro baja inversión con respecto a los demás con un total de 293.33 dólares.

9. RECOMENDACIONES

- Aplicar *Azolla anabaena* en dosificaciones más altas a las que fueron utilizadas en la investigación para observar mejores resultados alcanzados y posterior a ello aumentar el índice de productividad en los arrozales.
- Integrar *Azolla anabaena* en el suelo mediante un sistema de riego por inundación, en consideración a las necesidades nutricionales del arroz debido a que genera grandes porcentajes en las condiciones químicas y físicas del suelo.
- Utilizar *Azolla anabaena* como una alternativa para reducir costos de producción en cultivos de arroz.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, I. (2015). Respuesta agronómica del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) a la aplicación de un corrector de suelos salinos y tres fuentes de fertilizantes nitrogenados. Ecuador. Tesis para optar por el título de Ingeniera Agrónoma. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera de Ingeniería Agronómica. Guayaquil, Ecuador. 70 p.
2. Ámbito económico. (2012). La producción de arroz en Ecuador.
3. Alvarado, E. (2017). Evaluación de la producción de biomasa de *Azolla filiculoides* (helecho acuático) en función de la concentración y tipo de fertilizante, en condiciones de laboratorio, centro de biología de la Universidad Central del Ecuador. Tesis para optar por el título de Licenciado en Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad Central Del Ecuador, Facultad De Ciencias Biológicas, Carrera De Ciencias Biológicas y Ambientales. Quito, Ecuador. 65 p.
4. Álvaro, F. (2010). Estudio evolutivo del precio al productor de arroz en el Ecuador en los últimos 9 años. Santo Domingo, Ecuador. Tesis para optar por el título de Magíster en Gerencia de Negocios. Universidad Tecnológica Equinoccial. Dirección General de Posgrados. Ecuador. 3 p
5. Barzola, J. (2012). Producción de arroz bajo riego de la variedad F-50 mediante el uso de briquetas compuestas de N.P.K en el Cantón Daule. Ecuador. Tesis para optar por el título de Ingeniera Agropecuaria. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil. Ecuador. 6p.
6. Becking, J. (1986). Fijación de nitrógeno por simbiosis *Azolla-Anabaena*. El papel de los isótopos en los estudios sobre la fijación y el ciclo del nitrógeno por las algas verdiazules y la asociación *Azolla-Anabaena Azollae*. Vienna, Austria. p 53-61.
7. Brito, D. (2015). Estudio de los niveles de fertilidad y su influencia en la productividad del cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) en el recinto de las Maravillas. Daule, Ecuador. Tesis para optar por el título de Ingeniería Agrícola y Biológica. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador. 87 p.
8. Cabezas, R. (2010). Relación simbiótica de *Azolla* (*Azolla caroliniana*, *A. filiculoides*, *A. mexicana*) – *Anabaena* (*Anabaena azollae*) para la producción de nitrógeno en ecosistemas acuáticos de la zona de Cayambe. Ecuador. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Cayambe. Ecuador.
9. Calle, O. (2016). Análisis de la Aplicación profunda de briquetas de urea en el suelo como fuente de lenta liberación de nitrógeno en la producción de arroz. Ecuador. Tesis para optar por el título de Ingeniera Agropecuaria. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad

- de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil. Ecuador.
10. Carrapico, F; Antunes, T; Sevinate, I; Teixeira, G; Serrano, R; Baioa, V; Pereira, A; Elias, F; Bastos, M. (2010). *anabaena*. Lisboa-Portugal. p 15.
 11. Castro, R., Novo, R. y Castro, R. (2002). Uso Del Género Azolla Como Biofertilizante En El Cultivo Del Arroz (*Oryza sativa*).23(4): 5-10.
 12. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1983). Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Colombia. 164 p.
 13. Cobo, Dolores. (2002). Informe sobre la presencia de Azolla filiculoides en el parque nacional de Doñana. 5 p.
 14. Delgado, D y Zorrilla C. (2017). Evaluación del Simbionte Azolla Caroliniana- Anabaena sobre la agroproductividad del cultivo de arroz y las propiedades químicas del suelo. Ecuador. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrícola. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Carrera Agrícola. Calceta. Ecuador.
 15. ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua). (2016).
 16. Escobar, I. (2013). Comportamiento agronómico y de calidad de grano de cuatro variedades tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.), a bajas dosis de nitrógeno en la zona de Boliche provincia del Guayas. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias. Milagro. Ecuador.
 17. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura).
 18. Producción mundial de arroz. 21 (1). 2018
 19. Frye, A. (1973). Los Suelos bajo inundación y la fertilización del Arroz en Arroz, Instituto Colombiano Agropecuario, Tibaitatá. 51 p.
 20. Fedearroz (Federación Nacional de Arroceros). Biofertilización en el cultivo del arroz: alternativa natural para la vida de los suelos. 68 (1). 2020
 21. Huayamave, A. y Layana, V. (2016). Determinación de la capacidad de absorción de metales pesados de la Azolla caroliniana en el río Guayas/ isla Santay (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
 22. Lira, E. (2004). Evaluación del sistema de intensificación de arroz (*Oryza sativa* L.) en comparación a dos sistemas de siembra tradicionales bajo condiciones de riego en Matagalpa. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional Agraria. Facultad De Agronomía. Departamento De Producción Vegetal. Nicaragua.
 23. Maejima K., Namba; K. y Oshima K. (2014). Exploring the phytoplasmas, plant pathogenic bacteria. Journal of General Plant Pathology. 80: 210-221.
 24. MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). Informe situacional de la cadena del arroz. 1-4 p.
 25. Márquez, O. (2013). Incidencia del fósforo en el macollamiento de arroz (*Oryza sativa*) variedad INIAP 15. Tesis de Grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-

- Ecuador. 67 p.
26. Méndez, Y., Pérez, Y., Reyes, J., Puente, V. (2017). *Azolla* sp. Un alimento de alto valor nutricional para la Acuicultura. XX (1). 9p
 27. Mendoza, J; Córdova, S. (2018). Evaluación de tres niveles de potasio en tres variedades de arroz (*Oryza sativa* L), evaluadas bajo las condiciones de secano simulado en el Valle de Darío, Matagalpa, II Semestre 2017. Nicaragua. Título de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua, Managua. Facultad Regional Multidisciplinaria Matagalpa. Departamento De Ciencia Tecnología Y Salud. Matagalpa.
 28. Montaña, M. (2010). Ecosistemas Guayas (Ecuador): Recursos, Medio Ambiente y Sostenibilidad en la perspectiva del Conocimiento Tropical. Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández de Elche. España.
 29. Montaña, M. (2010). Proyecto *Azolla*. Instituto de Ciencias Químicas y Ambientales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL. Guayaquil, Ecuador.
 30. Montese, R. (2016). Comportamiento Agronómico Del Cultivo De Arroz (*Oryza Sativa*) En Respuesta A La Fertilización Con Bioestimulantes Orgánicos Bajo Condiciones De Secano En La Zona De Mocache. Ecuador. Tesis para optar por el Ecuador. 138 p.
 31. Morales, L. (2004). Análisis estadísticos y geoestadísticos en diferentes estadios de algunas propiedades de un suelo bajo cultivo de arroz. Tesis Doctoral. Universidad de Coruña. Facultad de Ciencias. Área de Edafología y Química Agrícola.
 32. Peralta, A. (2011), Comportamiento agronómico de la variedad de arroz Iniap 15 a la fertilización combinada con micro alga y líquenes en el cantón Yaguachi, Provincia del Guayas. Ecuador. Universidad Técnica De Babahoyo. Facultad De Ciencias Agropecuarias. Escuela De Ingeniería Agropecuaria. Babahoyo. Los Ríos. Ecuador.
 33. Pulluquina, A. (2013). Evaluación y Análisis Del Simbionte Helecho Acuático (*ANABAENA AZOLLAE*) y su Aplicación como Biofiltro en la Depuración de Aguas Residuales en la Provincia Del Tungurahua-Ecuador. Tesis para optar por el título de Ingeniería Bioquímica. Universidad Técnica De Ambato. Facultad De Ciencia E Ingeniería En Alimentos. Carrera De Ingeniería Bioquímica. Ambato. Ecuador.
 34. Quito, C. (2017). Manejo Orgánico Del Cultivo De Arroz En Ladera En El Cantón Macará Provincia De Loja. Ecuador. Tesis para optar por el título de Ingeniero en Administración y Producción Agropecuaria. Universidad Nacional de Loja. Carrera de Administración y Producción Agropecuaria. Loja. Ecuador. 8p.
 35. Reyes, E. Causas y consecuencias de la baja producción arrocería del cantón salitre del periodo 2010-2012. Ecuador. Tesis para optar por el título de Economista con mención en Economía Internacional y Gestión en Comercio Internacional. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Económicas. Guayaquil.
 36. SAG (Secretaría, Agricultura y Ganadería). Editorial Dirección de Ciencia y Tecnología.

Comayagua. Honduras. p. 5.

37. Santos, B. (2019). Uso De La Planta Acuática Flotante *Azolla* Sp. Como Suplemento Alimenticio De Consumo Directo En El Cultivo De *Cyprinus Carpio*. Ecuador. Tesis para optar por el título de Ingeniero Acuicultor. Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Acuícola. Machala. Ecuador.
38. Sotomayor, H y Villavicencio E. (2016). Análisis de factibilidad para mejorar la producción de arroz de las parcelas de los agricultores de la parroquia Yaguachi nuevo del cantón san Jacinto de Yaguachi de la provincia del Guayas. Ecuador. Tesis para optar por el título de Economista. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Facultad de Ciencias Sociales y Derecho. Carrera de Economía. Guayaquil. Ecuador. 14.
39. Tito, L. (2014). Efecto del sulfato de cobre pentahidratado sobre patógenos foliares en tres densidades poblacionales en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 57 p.

11. ANEXOS

Anexo 1. Preparación y delimitación del terreno



Anexo 2. Cultivo de arroz con la aplicación de *Azolla anabaena*



Anexo 3. Aplicación del fertilizante químico en el cultivo de arroz



Anexo 4. Cultivo de arroz con el tratamiento 2 (*Azolla anabaena*)



Anexo 5. Cultivo de arroz con el tratamiento 3 (fertilización química)



Anexo 6. Cultivo de arroz con el tratamiento 1 (Testigo)



Anexo 7. Producción de granos de arroz



Anexo 8. Producción de granos de arroz



Anexo 9. Evaluación de cada uno de los parámetros de cada tratamiento



Anexo 10. Peso de los granos del cultivo de arroz



Anexo 11. Análisis de los costos de producción con el tratamiento 1 (Testigo)

Actividades	Concepto de Gasto: Materiales e Insumos	Cantidad/ Unidad	Valor unitario	Costos fijos	Costos variables	Sub Total	
Análisis del suelo	Análisis completo del suelo	2 análisis	35		70	70	
Siembra	Semiller o	1 jornal	5		5	5	
	Trasplante	1 jornal	10		10	10	
Preparación del terreno	Construcción de pozas	1 jornal	10		10	10	
	Preparación del suelo	1 jornal	10		10	10	
	Nivelación de pozas	1 jornal	10		10	8	
Deshierbe y control químico de malezas	Alquiler de bomba de mochila	1 bomba	5	5		5	
	Primera deshierba manual (mano de obra)	1 jornal	8		8	8	
	Segunda deshierba manual (mano de obra)	1 jornal	8		8	8	
	Amina	Litro	3		3	3	
	Glifocor d	Litro	3,5		3,5	3,5	
	Riego	Mangueras (2 pulgadas)	2 m	6	12		12
		Riego	4 meses	3		12	12
Control fitosanitario	Mano de obra	1 jornal	8		8	8	
	Alpacor d	Litro	3		3	3	
	Abalòn	Litro	4		4	4	
	Alquiler de bomba de mochila	1 bomba	5	5		5	
Cosecha y Poscosecha	Mano de obra	1 jornal	8		8	8	
	Transporte	1 carrera	2	2		2	
	Pilada	3 sacos	2	6		6	
	Materiales	3 sacos	1	3		3	
Arrendamiento			30		30	30	
Subtotal de CF y CV				33	202,5	233,5	
Imprevistos	5%					16,58	
Total						250,08	

Anexo 12. Análisis de los costos de producción con el tratamiento 2 (*Azolla anabaena*)

Actividades	Concepto de Gasto: Materiales e Insumos	Cantidad/ Unidad	Valor unitario	Costos fijos	Costos variables	Sub Total
Análisis del suelo	Análisis completo del suelo	2 análisis	35		70	70
Siembra	Semillero	1 jornal	5		5	5
	Trasplante	1 jornal	10		10	10
Preparación del terreno	Construcción de pozas	1 jornal	10		10	10
	Preparación del suelo	1 jornal	10		10	10
	Nivelación de pozas	1 jornal	10		10	10
Deshierbe y control químico de malezas	Alquiler de bomba de mochila	1 bomba	5	5		5
	Primera deshierba manual (mano de obra)	1 jornal	8		8	8
	Segunda deshierba manual (mano de obra)	1 jornal	8		8	8
	Amina	Litro	3		3	3
	Glifocord	Litro	3,5		3,5	3,5
Recolección del material	Cosecha de Azolla	Material vegetal	25		25	25
	Transporte	2 carreras	3	6		6
	Mano de obra	1 jornal	8		8	8
Riego	Mangueras (2 pulgadas)	2 m	6	12		12
	Riego	4 meses	3		12	12
Control fitosanitario	Mano de obra	1 jornal	8		8	8
	Alpacord	Litro	3		3	3
	Abalòn	Litro	4		4	4
	Alquiler de bomba de mochila	1 bomba	5	5		5
Cosecha y Postcosecha	Mano de obra	1 jornal	8		8	8
	Transporte	1 carrera	2	2		2
	Pilada	3 sacos	2	6		6
	Materiales	3 sacos	1	3		3
Arrendamiento		1 arriendo	30		30	30
Subtotal de CF y CV				39	235,5	274,5
Imprevistos	5%					18,83
Total						293,33

Anexo 13. Análisis de los costos de producción con el tratamiento 3 (fertilización química)

Actividades	Concepto de Gasto: Materiales e Insumos	Cantidad/ Unidad	Valor unitario	Costo fijos	Costos variables	Sub Total
Análisis del suelo	Análisis completo del suelo	2 análisis	35		70	70
Siembra	Semillero	1 jornal	5		5	5
	Trasplante	1 jornal	10		10	10
Preparación del terreno	Construcción de pozas	1 jornal	10		10	10
	Preparación del suelo	1 jornal	10		10	10
	Nivelación de pozas	1 jornal	10		10	10
Deshierbe y control químico de malezas	Alquiler de bomba de mochila	1 bomba	10	10		10
	Primera deshierba manual (mano de obra)	1 jornal	8		8	8
	Segunda deshierba manual (mano de obra)	1 jornal	8		8	8
	Amina	Litro	3		3	3
	Glifocord	Litro	3,5		3,5	3,5
Fertilización	Urea	1 saco	8		8	8
	Sulfato de potasio	1 quintal	35		35	35
	Fuerza verde	1 kg	8		8	8
	Primera fertilización (Mano de obra)	1 jornal	8		8	8
	Segunda fertilización (Mano de obra)	1 jornal	8		8	8
Riego	Mangueras (2 pulgadas)	2 m	6	12		12
	Riego	4 meses	3		12	12
Control fitosanitario	Mano de obra	1 jornal	8		8	8
	Alpacord	Litro	3		3	3
	Alquiler de bomba de mochila	1 bomba	5	5		5
Cosecha y Poscosecha	Mano de obra	1 jornal	8		8	8
	Transporte	1 carrera	2	2		2
	Pilada	3 sacos	2	6		6
	Materiales	3 sacos	1	1		1
Arrendamiento		1 arriendo	30		30	30
Subtotal de CF y CV				36	269,5	305,5
Imprevistos	5%					20,73
Total						326,23

Anexo 14. Análisis de las condiciones físicas y químicas del suelo en el tratamiento 1 (Testigo)

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E21-0107
 Fecha emisión Informe: 08/06/2021

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: María de los Ángeles Celi Cartagenova
Dirección¹: ---- **Teléfono**¹: 0990713679
Provincia¹: Loja **Cantón**¹: Macará **Correo Electrónico**¹: maria_celi1997@gmail.com
N° Orden de Trabajo: 19-2021-026 **N° Factura/Documento**: 025-001-0923

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra : Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Testigo		
Provincia ¹ : Loja	Coordenadas ¹ :	X : 617891
Cantón ¹ : Macará		Y : 9517345
Parroquia ¹ : Eloy Alfaro		Altitud : 490
Muestreado por ¹ : María de los Ángeles Celi		
Fecha de muestreo ¹ : 18-05-2021	Fecha de inicio de análisis : 21-05-2021	
Fecha de recepción de la muestra : 21-05-2021	Fecha de finalización de análisis : 08-06-2021	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-21-0114	11-2021-023	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	7,42
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,9
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,08
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	17
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,15
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	13,62
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	4,81
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	112
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	9,08
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	2,85
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	2,90

Analizado por: Katty Pastás, Pablo Atapuma

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 2 de 2

Observaciones:

- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<3,0	<0,15	<10,0	<0,20	<2,0	<0,5	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	3,0 - 5,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	2,0 - 5,0	0,5 - 1,5	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>5,0	>0,30	>20,0	>0,38	>5,0	>1,5	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 – 6,5	> 6,5 – 7,5	> 7,5 – 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP. EESC. 2002

Firmado electrónicamente por:
LUIS HUMBERTO CACUANGO
 FUMISACHO

Q. A. Luis Cacungo Responsable de Laboratorio Suelos, Foliar y Aguas				
RESULTADO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1,41	—	pH	—	—
1,8	%	MO	—	—
0,04	%	N	—	—
19,5	mg/kg	P	—	—
0,21	cmol/kg	K	—	—
12,84	cmol/kg	Ca	—	—
8,38	cmol/kg	Mg	—	—
113	mg/kg	Fe	—	—
3,08	mg/kg	Mn	—	—
1,52	mg/kg	Cu	—	—
1,84	mg/kg	Zn	—	—

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 15. Análisis de las condiciones físicas y químicas del suelo en el tratamiento 2
(*Azolla anabaena*)

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E21-0144
 Fecha emisión Informe: 07/06/2021

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: María de los Ángeles Celi Cartagenova
Dirección¹: --- **Teléfono**¹: 0990713679
Provincia¹: Loja **Cantón**¹: Macará **Correo Electrónico**¹: maria_celi1997@gmail.com
N° Orden de Trabajo: 15-2021-026 **N° Factura/Documento**: 022-001-0923

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra : Lugar fresco y seco		
Cultivo ¹ : Azolla			
Provincia ¹ : Loja	Coordenadas ¹ :	X : 617891	
Cantón ¹ : Macará		Y : 9517345	
Parroquia ¹ : Eloy Alfaro		Altitud : 490	
Muestreado por ¹ : María de los Ángeles Celi			
Fecha de muestreo ¹ : 18-05-2021	Fecha de inicio de análisis : 20-05-2021		
Fecha de recepción de la muestra : 20-05-2021	Fecha de finalización de análisis : 07-06-2021		

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-21-0114	11-2021-023	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	7,22
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	2,15
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,30
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	21
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,25
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	13,62
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	5,0
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	109
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	12,1
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	2,5
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	2,2

Analizado por: Katty Pastás, Pablo Atapuma

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 2 de 2

Observaciones:

- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<3,0	<0,15	<10,0	<0,20	<2,0	<0,5	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	3,0 - 5,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	2,0 - 5,0	0,5 - 1,5	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>5,0	>0,30	>20,0	>0,38	>5,0	>1,5	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 – 6,5	> 6,5 – 7,5	> 7,5 – 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP, EESC, 2002

Firmado electrónicamente por:
LUIS HUMBERTO CACUANGO
PUMISACHO

Q. A. Luis Cacungo		Responsable de Laboratorio		Suelos, Foliar y Aguas	
PH	—	—	—	—	—
MO	3,0	—	—	—	—
N	0,15	—	—	—	—
P	10,0	—	—	—	—
K	0,20	—	—	—	—
Ca	2,0	—	—	—	—
Mg	0,5	—	—	—	—
Fe	20,0	—	—	—	—
Mn	5,0	—	—	—	—
Cu	1,0	—	—	—	—
Zn	3,0	—	—	—	—

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
¹Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 16. Análisis de las condiciones físicas y químicas del suelo en el tratamiento 3 (fertilización química).

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E21-0107
 Fecha emisión Informe: 08/06/2021

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: María de los Ángeles Celi Cartagenova
Dirección¹: ---- **Teléfono**¹: 0990713679
Provincia¹: Loja **Cantón**¹: Macará **Correo Electrónico**¹: maria_celi1997@gmail.com
N° Orden de Trabajo: 19-2021-026 **N° Factura/Documento**: 025-001-0923

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra : Lugar fresco y seco		
Cultivo ¹ : Químico			
Provincia ¹ : Loja	Coordenadas ¹ :	X : 617891	
Cantón ¹ : Macará		Y : 9517345	
Parroquia ¹ : Eloy Alfaro		Altitud : 490	
Muestreado por ¹ : María de los Ángeles Celi			
Fecha de muestreo ¹ : 18-05-2021	Fecha de inicio de análisis : 21-05-2021		
Fecha de recepción de la muestra : 21-05-2021	Fecha de finalización de análisis : 08-06-2021		

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-21-0114	11-2021-023	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	7,41
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,94
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,08
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	19,8
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,22
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	13,62
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	5,11
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	122
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	11,16
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	2,97
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	2,79

Analizado por: Katty Pastás, Pablo Atapuma

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 2 de 2

Observaciones:

- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<3,0	<0,15	<10,0	<0,20	<2,0	<0,5	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	3,0 - 5,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	2,0 - 5,0	0,5 - 1,5	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>5,0	>0,30	>20,0	>0,38	>5,0	>1,5	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 – 6,5	> 6,5 – 7,5	> 7,5 – 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP. EESC. 2002

Firmado y acreditado por:
LUIS HUMBERTO CACUANGO
 FUMISACHO

Q. A. Luis Cacungo Responsable de Laboratorio Suelos, Foliar y Aguas				
RESULTADO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
7,81	—	pH a 25 °C		
1,13	%	Materia Orgánica*		
0,04	%	Nitrogeno*		
10,8	mg/kg	Fósforo*		
0,21	cmol/kg	Potasio*		
13,31	cmol/kg	Calcio*		
0,28	cmol/kg	Magnesio*		
113	mg/kg	Manganeso*		
9,08	mg/kg	Cobalto*		
1,89	mg/kg	Cromo*		
1,86	mg/kg	Zinc*		

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
 * Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.