

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Estudio comparativo de las características
fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de arroces
INIAP 14 cultivados de forma orgánica (Azolla) y
tradicional (urea)”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Examen Complexivo

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentado por:

Janet Mirella Solís Tito

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza para culminar esta etapa, a Mi Santa Señora, Reina y Madre Celestial María, a mis Padres Luis Solís que gracias a su sacrificio y esfuerzo ha hecho realidad mis metas, Isabel Tito que con sus enseñanzas y rectitud me han hecho una mejor persona, mis hermanas, familiares, amigos, a Jorge Coronel, a Mariano Montaña Ph.D, y a mi amada y siempre recordada abuelita Rosita, que con su cariño y dulzura puso equilibrio a mi vida.

DEDICATORIA

A MI DIOS

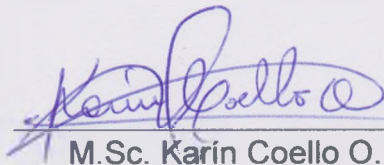
A MI VIRGEN MARIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANAS

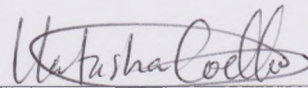
A MI ESPOSO

TRIBUNAL EVALUADOR



M.Sc. Karin Coello O.

Tribunal Evaluador



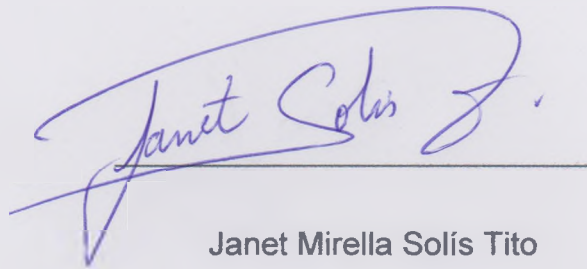
M.Sc. Natasha Coello G.

Tribunal Evaluador

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Janet Mirella Solís Tito

RESUMEN

El cultivo del arroz representa para el país un importante eje económico, social y alimentario, siendo el objetivo del estudio, comparar la calidad del arroz cultivado con Azolla (biofertilizante) versus el cultivado con urea, respecto a las características fisicoquímicas y nutricionales del arroz pilado y características sensoriales del arroz cocido. Teniendo como relevancia en generar nuevas alternativas de producir alimentos en un ecosistema más sano, en mercados competitivos y de alta calidad.

Metodológicamente se realizaron dos tratamientos de cultivo, uno con Azolla y otro con urea, en tres observaciones y un diseño completamente al azar, evaluándose los análisis fisicoquímicos y nutricionales de los arroces, mediante análisis de varianza con prueba de significación, resuelto en Infostat aplicando la prueba F.

En el análisis sensorial se utilizó la prueba de preferencia pareada al 95 % de confianza.

Los resultados fisicoquímicos, nutricionales y sensoriales fueron no significativamente diferentes, excepto en el contenido de carbohidratos siendo mayor en el cultivo de arroz con Azolla versus el arroz cultivado con urea. Concluyendo que son de iguales características excepto en carbohidratos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ABREVIATURAS	v
SIMBOLOGÍA	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES	3
1.1 Planteamiento del Problema y Justificación	3
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Marco teórico	4
1.3.1 Características del Arroz	4
1.3.2 Características del Azolla	7
1.3.3 Fertilización del arroz	9

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DE RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA	12
2.1 Área de estudio	12
2.2 Pruebas experimentales	13
2.3 Mediciones de evaluación	16
2.3.1 Mediciones Físicoquímicas y nutricionales	17
2.3.2 Evaluación Sensorial	28

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS	30
3.1 Análisis Físicoquímicos y nutricionales	30
3.2 Análisis Sensoriales	39

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
4.1 Conclusiones	40
4.2 Recomendaciones	41

BIBLIOGRAFÍA	41
--------------	----

ANEXOS

ABREVIATURAS

AA	Azolla Anabaena
DCA	Diseño completamente al azar
DCQA	Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
Fig	Figura
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
Máx	Máximo
Min	Minuto
mm	Milímetro
OMS	Organización Mundial de la Salud
Tm	Toneladas métricas

SIMBOLOGÍA

Kg	Kilogramo
cm	Centímetro
u	Unidades
%	Porcentaje
°C	Grados Celsius
g	Gramos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Planta de arroz	5
Figura 1.2 Helecho acuático Azolla	8
Figura 1.3 Azolla creciendo en un arrozal y fertilizándolo	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Características Fisicoquímicas y nutricionales de arroz	6
Tabla 2.1.	Delineamiento experimental	14
Tabla 2.2	Observación de los tratamiento	14
Tabla 2.3.	Aplicación en el INFOSTAT (Programa estadístico)	15
Tabla 2.4.	Método de análisis Fisicoquímicos	17
Tabla 3.1	Análisis Fisicoquímicos y Nutricional	31
Tabla 3.2.	Análisis de Varianza Fibra Cruda (%)	31
Tabla 3.3.	Análisis de Varianza Grasa (%)	32
Tabla 3.4.	Análisis de Varianza Humedad (%)	33
Tabla 3.5.	Análisis de Varianza Proteína (%)	34
Tabla 3.6.	Análisis de Varianza Calorías	35
Tabla 3.7.	Análisis de Varianza Ceniza (%)	36
Tabla 3.8.	Análisis de Varianza Carbohidratos (%)	37
Tabla 3.9.	Comparación de valores nutricionales	38
Tabla 3.10.	Tabulación de preferencia	39

INTRODUCCIÓN

El arroz es un cereal sano y nutritivo, siendo el alimento principal de dos terceras partes de la población del planeta. Corresponde al segundo cereal más producido del mundo después del trigo (Villava y Solange, 2008).

Ecuador es uno de los principales productores de arroz. Esto se debe a que posee condiciones edafo-climáticas óptimas para el desarrollo de los arrozales. Mayormente se lo cultiva en la zona de Daule y otros lugares de la Cuenca Baja del río Guayas (Villava y Solange, 2008).

El objetivo de este trabajo es comparar el arroz cultivado con Azolla, que es un helecho acuático que funciona como biofertilizante, versus el arroz normalmente comercializado abonado con urea, por medio de análisis físicoquímicos, nutricionales y sensoriales, utilizando la variedad INIAP 14.

Para este estudio se realizaron los siguientes pasos:

1. Determinar el lineamiento experimental para el análisis de arroz.
2. Realizar pruebas físicoquímicas, nutricionales y sensoriales del arroz cultivado con Azolla.
3. Comparación del arroz cultivado con Azolla vs. arroz cultivado con urea.

Este trabajo contribuye al conocimiento acerca de la influencia de la Azolla sobre la calidad del arroz entregando al agricultor nueva alternativa de fertilización en la industria arrocera.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del Problema y Justificación

La tendencia actual de los mercados en el mundo entero en cuidar la salud y ambiente, está llevando cada vez más a consumir productos orgánicos. Conociendo la importancia económica y social que tiene el cultivo de arroz en el Ecuador, aparece el arroz abonado con Azolla, helecho acuático que en su interior tiene una cianobacteria que fija el nitrógeno del aire (Montaño, 2005). Frente a la falta de conocimiento en el país sobre la caracterización del cultivo de arroz abonado con Azolla, nace el interés de conocer sus características versus el arroz cultivado con urea.

Se establece el estudio comparativo de arroz cultivado con Azolla versus el cultivado con urea en sus características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales. Dando al agricultor una alternativa de abono al no depender estrictamente del nitrógeno fijado artificialmente, y al consumidor un producto con mayor estudio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Comparar las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales del arroz variedad INIAP 14, cultivadas con Azolla vs arroz cultivado con urea.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar análisis fisicoquímicos y nutricionales de la variedad de arroz INIAP 14 de dos muestras, una cultivada con Azolla y otra con urea y comparar.
- Realizar evaluación sensorial de la variedad de arroz INIAP 14 de dos muestras, una cultivada con Azolla y otra con urea y comparar.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Características del Arroz

La planta de arroz es una hierba anual con tallos redondos, huecos y con juntas, hojas bastante planas y una panoja terminal (Figura 1.1), está adaptada para crecer en suelos inundados; así como en suelos no anegados. Mientras que el arroz es el fruto en grano de la planta de arroz (*Oryza*

sativa), es una monocotiledónea perteneciente a la familia *Poaceae* (Andrade, Haro y Tulcán, 2013).

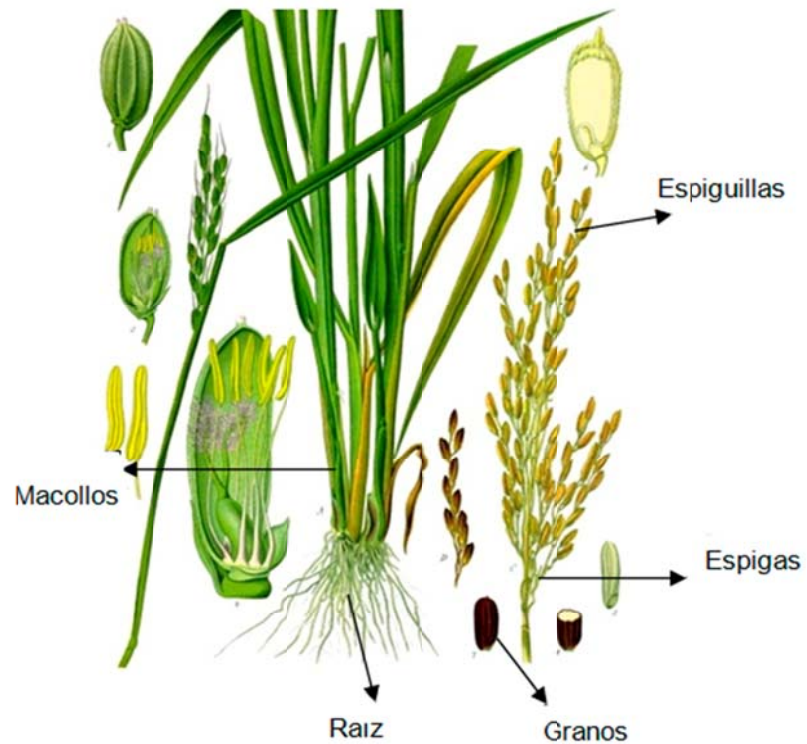


FIGURA 1.1 Planta de arroz

Fuente: Coronel, 2011

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha entregado diez variedades mejoradas de arroz. Entre estas variedades figuran principalmente las siguientes: INIAP 11, INIAP 14, INIAP 15, INIAP 16, con sus respectivas características (Anexo 1).

En la tabla 1.1 se muestra el resumen de las principales características fisicoquímicas y nutricionales del arroz.

Tabla 1.1
Características fisicoquímicas y nutricionales
de arroz en 100 g

Calorías		350 kcal.	
Grasa		0,70 g.	
Colesterol		0 mg.	
Sodio		3,90 mg.	
Carbohidratos		79,60 g.	
Fibra		1,40 g.	
Azúcares		0,16 g.	
Proteínas		6,67 g.	
Vitamina A	0 ug.	Vitamina C	0 mg.
Vitamina B12	0 ug.	Calcio	14 mg.
Hierro	0,80 mg.	Vitamina B3	4,87 mg.

Fuente: FDA, tabla DRI.

Para efectos de este estudio se tomaron los siguientes parámetros fisicoquímicos y nutricionales del arroz.

Proteína, grasa, fibra, ceniza, humedad, carbohidratos y calorías.

1.3.2 Características del *Azolla*

El *Azolla* es un helecho acuático con pequeñas hojas alternas y raíces simples que cuelgan dentro del agua, se reproduce vegetativamente aunque también por esporas. Su nombre proviene de las voces griegas: azo (secar) y ollyo (matar), aludiendo a la muerte cuando el helecho se seca (Montaño, 2005).

El *Azolla* presenta una relación simbiótica hereditaria con la *Anabaena azollae* (alga verde azul), una cianobacteria fijadora de nitrógeno, también denominada diasotrófica, siendo la única especie que se conoce que tiene una relación simbiótica y se la encuentra en todas las fases del ciclo de vida del helecho (Montaño, 2005).

Se reconocen 7 especies de *Azolla*, las cuales se desarrollan en climas tropicales. Kannaiyan & Kumar (2006) nos indica las siguientes especies “*A. nilotica*, *A. pinnata*, *A. filiculoides*, *A. japonica*, *A. microphylla*, *A. mexicana* y *A. caroliniana*” (p. 10) observada en la figura 1.2.

La especie *Azolla* se clasifica de la siguiente manera:

División: Pteridophyta
Clase: Filicopsida
Orden: Salviniales
Familia: Azollaceae
Género: Azolla
Especie: caroliniana
N.C.: Azolla caroliniana

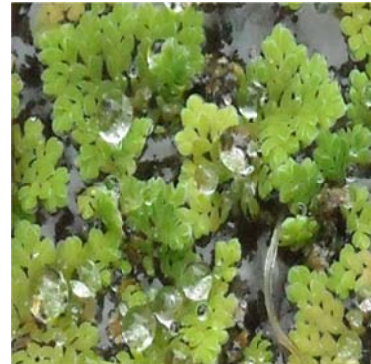


FIGURA 1.2. Helecho acuático Azolla
Fuente: Montaña 2005

Composición del *Azolla*

La composición química del *Azolla* (relación a peso seco) de acuerdo a los análisis realizados en ESPOL–DCQA, en el proyecto “Estudio de la Aplicación de Azolla Anabaena como biabono en el cultivo de arroz en el litoral ecuatoriano” (Montaña, 2005) es el siguiente:

Nitrógeno 4-5%
Fósforo 0.5%
Potasio 1-2%
Calcio 0.5%
Magnesio 0.5%
Hierro 0.1%

1.3.3 Fertilización del arroz

En la fertilización del arroz se deben tener los siguientes nutrientes:

Nitrógeno: Es el elemento principal para el desarrollo de las plantas, requiriendo en gran cantidad, pues aumenta el porcentaje de espiguillas rellenas, incrementa la superficie foliar y contribuye además al aumento de calidad del grano (Villalva, 2008), por lo que con frecuencia este elemento resulta factor limitante de su crecimiento.

Las plantas no pueden utilizar directamente el abundante nitrógeno diatómico (N_2) del aire, sino que deben asimilarlo en forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+) (Taiz y Zeiger, 2006). En vista de que las plantas toman del suelo el nitrógeno necesario para su crecimiento, la restitución de este elemento al suelo es un asunto vital para la agricultura.

Por eso se ha establecido varias formas de nutrir el suelo, la forma inorgánica y la orgánica. La inorgánica la cual es incorporar urea, compuestos químicos para añadir fosforo,

potasio, pero con los años se ha percatado que han surgido algunos problemas como son los daños ambientales, y la gran cantidad de recursos que hay que emplear en este tipo de agricultura.

Las exigencias del mundo actual, son una agricultura orgánica, la cual consiste en nutrir el suelo y las plantas, incorporando nutrientes de forma natural, como bioles y compost, controlando incluso las plagas con pesticidas orgánicos. Hay una alternativa que se ha trabajado por largo tiempo, la cual consiste en un bioabono que provee naturalmente de nitrógeno a los sembríos, esta alternativa se llama Azolla (Montaño, 2010).

El Azolla es un componente natural, observado en la figura 1.3, que tiene una elevada concentración natural de nitrógeno convirtiendo a este abono en el camino obligado que tomará la agricultura orgánica del país (Montaño, 2011).



FIGURA 1.3. Azolla creciendo en un arrozal y fertilizándolo

Fuente: Montaña, 2010

Otros nutrientes influyen en el cultivo de arroz como fósforo, potasio y azufre que en la fertilización orgánica se encuentra en el compost (Servicio de Educación ambiental granja ecológica [ECOSUR], 2015) y en la fertilización inorgánica se encuentra en compuestos químicos.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DE RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

2.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales (DCQA) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), ubicada en el km 30.5 vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo en la ciudad de Guayaquil.

Se empleó el arroz INIAP 14 en el sector de Boquerón- Daule. La superficie de este cantón es generalmente plana y su principal sistema hidrográfico es el río Daule que nace en Paraje de Santo Domingo con el nombre de Perica. Los suelos se han formado de la inundación de las llanuras del río y la irrigación se hace por inundación, son de textura arcillosa, pobremente drenados y al secarse se agrietan en grandes bloques masivos, con un pH de 6.0 - 6.5; el contenido de fósforo y potasio es bueno, pero el nitrógeno es escaso; existen deficiencias localizadas de azufre y zinc (Delgado, 2011)

2.2. Pruebas experimentales

Se realizaron dos tratamientos de cultivo: uno con Azolla y otro con urea, procediéndose a evaluar las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de las muestras de arroz.

Se plantearon las siguientes hipótesis para la parte experimental de los análisis fisicoquímicos y nutricionales.

H₀: El promedio de los análisis fisicoquímicos y nutricionales son iguales, con 95% de confianza.

H₁: En al menos un promedio de los análisis fisicoquímicos y nutricionales hay diferencias, con 95% de confianza.

En el tratamiento estadístico se empleó el programa INFOSTAT (2011) como programa de análisis estadístico y como hoja de cálculo, MICROSOFT EXCEL 2010, programa necesario para la organización, gestión y presentación de los datos. El diseño experimental fue completamente al azar (DCA) con tres observaciones de acuerdo a la tabla 2.1, realizando el análisis de varianza.

Tabla 2.1.

Delineamiento Experimental	
Características	
Tipo de diseño:	DCA
Número de tratamientos	2
Número de observaciones	3

Elaborado por: Janet Solís, 2010

Las observaciones de los tratamientos se realizaron en el sector de Boquerón Daule de acuerdo a la tabla 2.2, aplicados en el programa INFOSTAT, teniendo como variable de clasificación a la aplicación del fertilizante Azolla y urea, y como variable dependiente a los valores fisicoquímicos de acuerdo a la tabla 2.3.

TABLA 2.2**Observación de los tratamientos**

Tratamiento	Observaciones	Nomenclatura
Azolla	1	AB1
Urea	1	UB1
Azolla	2	AB2
Urea	2	UB2
Azolla	3	AB3
Urea	3	UB3

Elaborado por: Janet Solís, 2010

TABLA 2.3

Aplicación en el INFOSTAT

Variable Clasificación	Variable dependiente
Azolla	Fibra cruda, grasa, humedad, proteína, caloría, carbohidratos totales, cenizas.
Urea	Fibra cruda, grasa, humedad, proteína, caloría, carbohidratos totales, cenizas.

Elaborado por: Janet Solís, 2010

La toma de muestra se realizó mediante un procedimiento aleatorio simple en el sitio arrocero de acuerdo a la producción: Boquerón – Daule (B), dicha zona pertenece a los lugares de investigación del proyecto Azolla.

Tamaño de muestra para realizar los análisis fisicoquímicos y nutricionales.

Se empleó la fórmula para poblaciones finitas determinando la cantidad a tomar para realizar los análisis fisicoquímicos y nutricionales.

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{(N-1) * e^2 + p * q * Z^2}$$

Fuente: Montgomery, 2004

n = Tamaño de muestra.

N = Tamaño de la población o universo.

Z = Constante, que depende del nivel de confianza (1.96).

e = Límite aceptable de error muestral (10%).

p = Proporción éxito (50%)

$q = 1 - p$

Para el experimento se tomó una población de 130 Kg de arroz pulido que fue la producción del área de estudio.

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 130000}{(130000 - 1) * 0.10^2 + 0.5(1 - 0.5) * 1.96^2} = 95.96 \text{ g.}$$

Se tomaron 100 g muestra para cada análisis físicoquímicos y nutricional.

2.3. Mediciones de evaluación

Para el desarrollo de este tema se realizaron las siguientes mediciones.

2.3.1 Mediciones Fisicoquímicas y nutricionales

Para la realización de los análisis fisicoquímicos se aplicaron los métodos detallados en la tabla 2.4.

Tabla 2.4
Métodos de análisis fisicoquímicos

Análisis	Unidad	Método/Referencia
Fibra cruda	%	AOAC 18th 978.10
Grasas	%	AOAC 18th 922.06
Humedad	%	AOAC 18th 925.10
Proteínas	%	AOAC 18th 920.87
Cenizas	%	AOAC 18th 923.03
Carbohidratos totales	%	Cálculo extracto libre de Nitrógeno
Calorías (Cálculo)	Cal	INEN 1334-2:2008

Elaborado por: Janet Solis, 2010

Los métodos descritos a continuación son en base a los métodos AOAC con pequeñas variaciones acopladas al laboratorio:

AOAC 978.10: Determinación de fibra

Procedimiento:

1. Se trata los capuchones limpios por media hora en la estufa a $103 \pm 5^\circ\text{C}$.
2. Sacar al desecador y dejar enfriar por media hora.
3. Pesar el capuchón con tapa. Anotar el peso.
4. Pesar alrededor de 0,1- 1 gramos de la muestra desecada y desengrasada en el capuchón y tapar. Anotar el peso de la muestra.
5. Colocar los capuchones con las muestras en el vaso de extracción de fibra.
6. Colocar el Ácido sulfúrico (12,5%) en el vaso de extracción de fibra hasta la marca, la cual cubre los capuchones.
7. Encender la plancha de calentamiento.
8. Tapar el vaso de extracción con el condensador, abrir la llave, y encender la plancha de calentamiento.
9. Esperar que llegue a ebullición y dejar 30 minutos.
10. Después sacar el vaso de extracción y realizar tres lavados con agua destilada hirviendo.
11. Eliminar el exceso de agua de lo capuchones.

12. Colocar Hidróxido de sodio (12,5%) en el vaso de extracción, la cual cubre los capuchones.
13. Encender la plancha de calentamiento.
14. Tapar el vaso de extracción con el condensador, abrir la llave, y encender la plancha de calentamiento.
15. Esperar que llegue a ebullición y dejar 30 minutos.
16. Después sacar el vaso de extracción y realizar tres lavados con agua destilada hirviendo.
17. Eliminar el exceso de agua de los capuchones.
18. Colocar los capuchones en la estufa durante 30 minutos o peso constante si lo requiere.
19. Sacar a un desecador durante 30 minutos.
20. Pesar los capuchones.
21. Anotar el peso en el registro y realizar los cálculos.

Fórmula:

$$\%FIBRA = \frac{(P1 - P2)}{M} \times (100 - \%H - \%G)$$

Donde:

P1: Peso en gramos del capuchón vacío.

P2: Peso en gramos del capuchón con fibra.

M: Peso de la muestra (g)

H: Porcentaje de humedad de la muestra.

G: Porcentaje de grasa de la muestra.

922.06 Determinación de grasa

Procedimiento:

1. Pesar en un matraz erlenmeyer de 250 ml entre 2-3 g de muestra, previamente homogeneizada y procesada, adicionar 60 ml de agua destilada y 40 ml de ácido clorhídrico concentrado con un dispensador o con una probeta.
2. A partir de su ebullición calentar por 30 minutos en la cocineta.
3. Filtrar el contenido del erlenmeyer realizando varias lavadas con agua destilada caliente hasta obtener un filtrado transparente.
4. Retirar y el papel filtro con el extracto en una caja petri y secar a una temperatura de $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que el papel se encuentre seco y proceder a la extracción en el

equipo soxhlet.

5. Colocar en el cartucho de extracción el papel filtro con el extracto o a su vez el extracto seco cubierto con una pequeña porción de algodón.
6. Pesarse un vaso de grasa tarado.
7. Añadir 70 ml de hexano y colocarlo en el equipo.
8. Seleccionar el programa de trabajo constituido por tres etapas: tiempo de inmersión (60 min); tiempo de lavado (30min); tiempo de recuperación (15 min) y la temperatura de la plancha a 155 °C.
9. Concluida la extracción, secar el vaso de grasa con el extracto en la estufa por 30 minutos a 100 ± 5°C.
10. Trasladar a un desecador el vaso de grasa con el extracto para que se enfríe por 30 minutos y finalmente pesarlo.
11. Calcular el porcentaje de grasa total.

Fórmula:

$$\%Grasa = \frac{(V_2 - V_1)}{m} * 100$$

Donde:

m: Peso de la muestra (g)

V1: Peso del vaso de grasa vacío y tarado (g)

V2: Peso del vaso de grasa con el extracto (g)

AOAC 925.10 Determinación de humedad

Procedimiento:

1. Tarar la cápsula de vidrio y/o de aluminio destapada por el lapso de una hora a la temperatura de realización del ensayo.
2. Colocar la tapa sobre la cápsula y pasarla al desecador por un lapso de media hora.
3. Pesar la caja de vidrio con tapa y registrar el peso inicial.
4. Retirar la tapa de la caja y pesar aproximadamente $1 - 1.5 \text{ g} \pm 0.1 \text{ mg}$ de muestra en el centro de la caja de vidrio, de modo que la muestra forme una capa delgada y homogénea en la superficie; tapar la cápsula.
5. Trasladar la caja de vidrio con la ayuda de pinzas a la estufa y destaparla, mantenerla por el lapso de 1 hora

desde que la estufa alcance una temperatura de $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

6. Al finalizar el tiempo, trasladar con una pinza la caja de vidrio tapada al desecador.
7. Pesarse la caja de vidrio y/o aluminio con tapa, inmediatamente después de alrededor de 30 minutos.
8. Calcular el porcentaje de humedad.

Fórmula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{(P_1 + P_2) - P_3}{(P_2)} \times 100$$

Donde:

P1: Peso de capsula tarada y vacía (g)

P2: Peso de la muestra (g)

P3: Peso de la capsula mas muestra seca (g)

AOAC 920.87 Determinación de proteína

Procedimiento:

1. Pesarse en papel libre de nitrógeno alrededor de 1 g o

menos cuando se trate de muestras con un alto contenido de proteína.

2. Transferir el papel a un tubo kjeldahl debidamente codificado.
3. Llevar los tubos al equipo digestor y adicionar: 1 Kjeltabs, 12 ml de ácido sulfúrico concentrado y lentamente 5 ml de peróxido de hidrógeno del 30-35%.
4. Seguidamente se procede a encender los equipos y se digesta hasta que la mezcla presente un color verde claro, lo cual requiere de aproximadamente 120 minutos.
5. Una vez finalizado el proceso de digestión se deberá retirar los tubos del digestor y dejar enfriar a temperatura ambiente para proceder a destilar.
6. Dispensar 60 ml de agua destilada en el tubo, 60 ml de hidróxido de sodio al 40% y 25 ml de ácido bórico al 4% en el matraz recolector.

7. Para iniciar la destilación se debe acoplar el tubo kjeldahl con el blanco, seguidamente del tubo con el patrón primario o material de referencia y finalmente las muestras.
8. Colocar el matraz colector en la plataforma de recepción.
9. Se debe recolectar un volumen aproximado de 150 a 175 ml.
10. El destilado del blanco no debe presentar cambio en el color de la solución y de ser así se debe restar el volumen de la titulación para el patrón químico o material de referencia y las muestras.
11. Retirar el tubo de digestión y el matraz
12. Revisar el canal de la bureta digital, encerar y proceder a la titulación con HCl 0,1 N.
13. Titular la solución recolectada hasta viraje del indicador, lo cual nos indica el punto final de la titulación.
14. Calcular el porcentaje de proteína.

Fórmulas:

Contenido de Nitrógeno total:
$$\%N = \frac{VxNx 0,014}{P_M} \times 100$$

Calculo de Proteína: $\%P = \%N \cdot f$

Donde:

V: ml de ácido clorhídrico 0.1N consumido en la titulación.

N: Normalidad del ácido clorhídrico utilizado en la titulación.

PM: Peso de la muestra (g).

f: Factor de proteína correspondiente a la muestra; f de arroz de acuerdo a la FAO es 5,95.

AOAC 923.03 Determinación de ceniza

Procedimiento:

1. Pesar 1-3 g \pm 0.1 mg de muestra alimenticia bien homogenizada en un crisol tarado y previamente pesado.
2. Incinerar la muestra en una cocineta hasta su total carbonización.
3. Llevar el crisol a la mufla y mantener a 550 °C hasta obtener cenizas grises claras o peso constante, por lo menos cuatro horas, dejar enfriar la muestra.

4. Trasladar a un desecador por 30 minutos y pesar en la balanza analítica.
5. Anotar todos los datos y calcular la concentración de cenizas.

Fórmula:

$$\%Ceniza = \frac{(P_3 - P_1)}{(P_2)} \cdot 100$$

Donde:

P1: Peso del crisol tarado y vacío (g)

P2: Peso de la muestra (g)

P3: Peso del crisol más muestra calcinada (g)

Cálculo extracto libre de nitrógeno carbohidratos

Fórmula:

% Carbohidratos: $100 - (\% \text{ humedad} - \% \text{ grasa} - \% \text{ proteína} - \% \text{ ceniza} - \% \text{ fibra})$

INEN 1334-2:2008 Cálculo de calorías:

De acuerdo a norma INEN 1334 se toma los siguientes valores:

1 gramo de carbohidratos: 4 calorías.

1 gramo de grasa: 9 calorías.

1 gramo de proteínas: 4 calorías.

Por lo tanto:

Proteína: Multiplicar el resultado por 4

Grasa: Multiplicar el resultado por 9

Carbohidratos: Multiplicar el resultado por 4

La sumatoria de lo anterior son las calorías totales en kcal/100g

2.3.2 Evaluación Sensorial

Para el desarrollo del estudio se utilizó la prueba de preferencia pareada, la cual pertenece al grupo de pruebas afectivas. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico, realizado mediante las tablas binomiales de dos colas de Roessier y col 1956 (Anexo 2), tabulando las preferencias tanto de arroz con azolla y el de urea, con un nivel de confianza del 95%, el principal resultado es la determinación de la preferencia.

Metodología de evaluación sensorial

Se presenta al panelista dos muestras codificadas, se solicita que indique cuál de las dos muestras prefiere y que exponga sus razones sobre la decisión tomada (Anexo 3). Para este tipo de pruebas se requiere 30 panelistas no entrenados (Hernández, 2005).

Posteriormente se verifica en la tabla binomial a un nivel de significancia del 5%, si la preferencia indicada por los panelistas establece diferencia significativa.

Se plantearon las siguientes hipótesis para la parte sensorial.

Ho: El número de juicios coincidentes necesarios para no establecer diferencia significativa es que menos de 21 panelistas prefieran la muestra, con 95% de confianza.

H1: El número de juicios coincidentes necesarios para establecer diferencia significativa es que al menos 21 panelistas prefieran la muestra, con 95% de confianza.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

La fase experimental comprendió la ejecución de los dos tratamientos planteados. Los resultados de los análisis permitieron evaluar las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de arroz. En este capítulo se presentan los resultados de la parte experimental de este proyecto.

3.1. Análisis fisicoquímicos y nutricionales

De acuerdo al análisis realizado los resultados se muestran en la tabla 3.1, donde se observan que hay valores muy similares entre el arroz cultivado con Azolla versus el cultivado con urea. Procediendo a realizar el análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 3.1
Análisis Fisicoquímicos y Nutricionales

Parámetros/100 g	AZOLLA			UREA		
	AB1	AB2	AB3	UB1	UB2	UB3
Fibra Cruda (%)	0,3	0,4	0,29	0,3	0,2	0,43
Grasas (%)	0,77	0,5	0,5	0,78	0,71	0,5
Humedad (%)	12,76	13,07	12,5	11,95	11,77	13,57
Proteína (%)	6,4	5,93	6,6	6,8	7,4	9,94
Calorías (Cal)	350	353	357	360	360	349
Carbohidratos Totales (%)	85,31	89,93	87,83	75,9	69,21	70,34
Cenizas (%)	0,76	0,57	0,57	0,57	0,91	0,65

Elaborado por: Janet Solís, 2010.

Se presenta en la tabla 3.2, los resultados del análisis de varianza de fibra cruda.

Tabla 3.2
Análisis de Varianza en variable Fibra Cruda (%)

Análisis de la varianza Fibra Cruda					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Fibra Cruda	6	0,05	0	122	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	1	0,01	0,22	0,67
Tratamiento	0,01	1	0,01	0,22	0,67
Error	0,21	4	0,05		
Total	0,22	5			

Elaborado por: Janet Solís, 2010.

Mediante los resultados del análisis de varianza de fibra cruda, existe evidencia estadística (p 0,67), para aceptar la hipótesis nula que planteó que el promedio de los análisis fibra cruda son iguales, con 95% de confianza. No siendo necesario realizar la prueba de Tukey.

Se presenta en la tabla 3.3, los resultados del análisis de varianza de grasa.

Tabla 3.3

Análisis de Varianza en variable Grasa (%)

Análisis de la varianza Grasas					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Grasa	6	0,08	0	24,08	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	1	0,01	0,35	0,5837
Tratamiento	0,01	1	0,01	0,35	0,5837
Error	0,09	4	0,02		
Total	0,1	5			

Elaborado por: Janet Solís, 2010.

Mediante los resultados del análisis de varianza de grasa, existe evidencia estadística (p 0,58), para aceptar la hipótesis nula que planteó que el promedio de los análisis grasa son iguales, con 95% de confianza.

Se presenta en la tabla 3.4, los resultados del análisis de varianza de humedad.

Tabla 3.4
Análisis de Varianza en variable Humedad (%)

Análisis de la varianza Humedad					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Humedad	6	0,08	0	5,79	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	0,18	1	0,18	0,34	0,59
Tratamient	0,18	1	0,18	0,34	0,59
Error	2,13	4	0,53		
Total	2,31	5			

Elaborado por: Janet Solís, 2010.

Mediante los resultados del análisis de varianza de humedad, existe evidencia estadística (p 0,59), para aceptar la hipótesis nula que planteó que el promedio de los análisis humedad son iguales, con 95% de confianza.

Se presenta en la tabla 3.5, los resultados del análisis de varianza de proteína.

Tabla 3.5

Análisis de Varianza en variable Proteína (%)

Análisis de la varianza Proteína					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Proteína		6	0,44	0,3	16,77
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,52	1	4,52	3,12	0,1519
Tratamiento	4,52	1	4,52	3,12	0,1519
Error	5,79	4	1,45		
Total	10,32	5			

Elaborado por: Janet Solís, 2010.

Mediante los resultados del análisis de varianza de proteína, existe evidencia estadística ($p = 0,15$), para aceptar la hipótesis nula que planteó que el promedio de los análisis proteína son iguales, con 95% de confianza.

Se presenta en la tabla 3.6, los resultados del análisis de varianza de calorías.

Tabla 3.6

Análisis de Varianza en variable Calorías (Cal)

Análisis de la varianza Calorías						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Calorías		6	0,11	0	1,45	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	13,5	1	13,5	0,51	0,5136	
Tratamiento	13,5	1	13,5	0,51	0,5136	
Error	105,33	4	26,33			
Total	118,83	5				

Elaborado por: Janet Solís, 2010.

Mediante los resultados del análisis de varianza de calorías, existe evidencia estadística (p 0,51), para aceptar la hipótesis nula que planteó que el promedio de los análisis calorías son iguales, con 95% de confianza.

Se presenta en la tabla 3.7, los resultados del análisis de varianza de ceniza.

Tabla 3.7

Análisis de Varianza en variable Ceniza (%)

Análisis de la varianza Ceniza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Ceniza		6	0,09	0	22
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	1	0,01	0,4	0,56
Tratamiento	0,01	1	0,01	0,4	0,56
Error	0,09	4	0,02		
Total	0,1	5			

Elaborado por: Janet Solís, 2010.

Mediante los resultados del análisis de varianza de ceniza, existe evidencia estadística (p 0,56), para aceptar la hipótesis nula que planteó que el promedio de los análisis ceniza son iguales, con 95% de confianza.

Se presenta en la tabla 3.8, los resultados del análisis de varianza de carbohidratos.

Tabla 3.8**Análisis de Varianza en variable Carbohidratos (%)**

Análisis de la varianza Carbohidratos Totales					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Carbohidratos Totales	6	0,91	0,89	3,78	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	377,94	1	377,94	41,59	0,0030
Tratamiento	377,94	1	377,94	41,59	0,0030
Error	36,35	4	9,09		
Total	414,29	5			

Elaborado por: Janet Solís, 2010.

Mediante los resultados del análisis de varianza de carbohidratos existe evidencia estadística ($p = 0,003$) para rechazar la hipótesis nula que el promedio de carbohidratos totales son iguales, con 95% de confianza.

De acuerdo a los análisis nutricionales realizados de las dos muestras se presenta la tabla 3.9, donde se compara con los valores referenciales de la tabla de composición de los alimentos ecuatorianos desarrollado por el Ministerio Previsión Social y Sanidad, Instituto Nacional de Nutrición en 1965.

Tabla 3.9
Comparación de valores nutricionales

Parámetros	Arroz cultivado con Azolla	Arroz cultivado con urea	Valores referenciales Arroz
	Promedio	Promedio	
Fibra Cruda (%)	0,34	0,31	0,3 - 0,4
Grasas (%)	0,5	0,60	0,5 - 0,7
Humedad (%)	12,78	12,67	11,8 - 12,7
Proteína (%)	6,27	8,67	6,5 - 9,7
Calorías	355	354,5	353 – 364
Carbohidratos Totales (%)	88,88	69,77	73,2 - 80.4
Cenizas (%)	0,57	0,78	0,5 - 0,7

Elaborado por: Janet Solís, 2010

De acuerdo a los valores de referencia de la tabla 3.9, se observa que no hay diferencias entre las muestras de arroz cultivadas con Azolla versus las cultivadas con urea, excepto en carbohidratos del arroz cultivado con urea, con una diferencia del 4% menor al mínimo.

3.2 Análisis Sensoriales

De acuerdo al análisis de prueba de preferencia pareada se obtuvo que de los 30 panelistas, 18 prefirió el arroz cultivado con azolla, mientras que 12 prefirió el arroz cultivado con urea, indicado en tabla 3.10.

Tabla 3.10
Tabulación de preferencia

	Azolla	Urea
Código	5438	1613
Panelistas	18	12

Elaborado por: Janet Solís 2011

Estos datos se compararon con la tabla binomiales de Roessier y col dando que para los 30 panelistas se necesita una predilección de al menos 21 personas, con una confianza del 95% para que exista preferencia significativa. De acuerdo al resultado arrojado no hay preferencias significativas, rechazando la hipótesis alterna.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

De acuerdo al estudio comparativo de las muestras cultivadas con Azolla y las cultivadas con urea se concluye lo siguiente.

1. En los análisis fisicoquímicos de fibra cruda, grasa, humedad, proteína, calorías y cenizas, el p valor es mayor a 0,05, indicando que son similares. Mientras que en los análisis de carbohidratos hay diferencias significativas.
2. El arroz cultivado con Azolla versus el arroz cultivado con urea son de similares características en los parámetros fisicoquímicos, nutricionales y sensoriales, excepto en los carbohidratos, siendo de mayor cantidad el arroz abonado con Azolla.

3. De acuerdo al análisis sensorial aplicado, se concluye que no hay diferencias significativas, por lo que los fertilizantes aplicados no influyen en la preferencia de los panelistas.
4. Los beneficios en el sector de estudio, fue que los agricultores tienen como alternativa otro método de fertilización, que por sus características es competitivo en el mercado.

4.2. Recomendaciones

1. Se recomienda profundizar el estudio en los nutrientes como minerales y vitaminas que ofrece el arroz cultivado con Azolla versus el arroz cultivado con urea.
2. Se sugiere generar nuevas propuestas de desarrollo de productos y subproductos de arroz cultivado con Azolla, mejorando la economía y el ecosistema.
3. Se podría complementar el presente estudio con análisis de estabilidad, para determinar la vida útil tanto en el arroz cultivado con Azolla versus el cultivado con urea.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, F., Haro, E., y Tulcan, W., (2011). *Guía Práctica para la siembra de arroz* (p. 1-15). CORPCOM. Ecuador.
- Coronel, J. (2011). *Estudio de las especies químicas amonio, nitrito y nitrato en el proceso de fijación biológica del nitrógeno del sistema Azolla-Anabaena, mediante técnicas colorimétricas y su aprovechamiento*. (Tesis Pregrado inédita). Universidad Estatal de Guayaquil. Guayaquil.
- Delgado, F., (2011). *Informe técnico de arroz*. ECUAQUÍMICA. Guayaquil.
- Hernández, E. (2005). *Evaluación Sensorial* (p. 81-82). Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Luis Vallejo Cevallos. (1965). *Tabla de composición de los alimentos ecuatorianos*. Ministerio de Prevención Social y Sanidad Sitio web: <http://es.scribd.com/doc/22515896/Tabla-de-Composicion-de-Alimentos#scribd>
- Montaño, M. (2005). Estudio de la aplicación de Azolla Anabaena como bioabono en el cultivo de arroz en el Litoral ecuatoriano. *Revista Tecnológica ESPOL*, 18(1), 147-151. ISSN: 0257-174.

- Montaño, M. (2010). *Proyecto Desarrollo del recurso Azolla Anabaena y aplicaciones en los sectores agrícola, pecuario y acuícola*. SENACYT. Guayaquil.
- Montaño, M. (2011). *Ecosistema Guayas (Ecuador): Recursos, Medio Ambiente y Sostenibilidad en la perspectiva de Conocimiento Tropical* (Tesis doctoral inédita). Universidad Miguel Hernández de ELCHE. España.
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y análisis de experimentos (p.26)*. Arizona: Universidad Estatal de Arizona.
- Taiz, L.& Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology (p. 620)*. USA: Sinauer Associates.
- Villava, L.y Solange, T. (2008). *Análisis de la aplicación profunda de briquetas de urea en el cultivo de arroz por siembra al voleo, ubicado en la parroquia Febres Cordero, cantón Babahoyo provincia de los RIOS*. (Tesis Pregrado inédita). ESPOL. Guayaquil.
- Kannaiyan, S. and K. Kumar, (2006). *Biodiversity of Azolla and its algal symbiont Anabaena Azollae*, NBA Scientific Bulletin Number - 2, National Biodiversity Authority, Chennai, TamilNadu, Page 10.
- Servicio de Educación ambiental granja ecológico. ECOSUR(2015). .
Recuperado de
<http://www.ecocomunidad.org.uy/ecosur/txt/compost.htm>

ANEXOS

ANEXO 2

SIGNIFICANCIA PARA PRUEBAS DE DOS MUESTRAS

Número de juicios	Pruebas bilaterales* Nivel de probabilidad			Pruebas unilaterales** Nivel de probabilidad		
	5%	1%	0.1%	5%	1%	0.1%
5	-	-	-	5	-	-
6	-	-	-	6	-	-
7	7	-	-	7	7	-
8	8	8	-	7	8	-
9	8	9	-	8	9	-
10	9	10	-	9	10	10
11	10	11	11	9	10	11
12	10	11	12	10	11	12
13	11	12	13	10	12	13
14	12	13	14	11	12	13
15	12	13	14	12	13	14
16	13	14	15	12	14	15
17	13	15	16	13	14	16
18	14	15	17	13	15	16
19	15	16	17	14	15	17
20	15	17	18	15	16	18
21	16	17	19	15	17	18
22	17	18	19	16	17	19
23	17	19	20	16	18	20
24	18	19	21	17	19	20
25	18	20	21	18	19	21
26	19	20	22	18	20	22
27	20	21	23	19	20	22
28	20	22	23	19	21	23
29	21	22	24	20	22	24
30	21	23	25	20	22	24
31	22	24	25	21	23	25
32	23	24	26	22	24	26
33	23	25	27	22	24	26
34	24	25	27	23	25	27
35	24	26	28	23	25	27
36	25	27	29	24	26	28
37	25	27	29	24	27	29
38	26	28	30	25	27	29
39	27	28	31	26	28	30
40	27	29	31	26	28	31
41	28	30	32	27	29	31
42	28	30	32	27	29	32
43	29	31	33	28	30	32
44	29	31	34	28	31	33
45	30	32	34	29	31	34
46	31	33	35	30	32	34
47	31	33	36	30	32	35
48	32	34	36	31	33	36
49	32	34	37	31	34	36
50	33	35	37	32	34	37
60	39	41	44	37	40	43
70	44	47	50	43	46	49
80	50	52	56	48	51	55

* Número mínimo de juicios coincidentes necesario para establecer diferencia significativa

** Número mínimo de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa

Fuente: Roessler y col. 1956

ANEXO 3

FORMATO DE LA PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA

NOMBRE:

_____ **FECHA** _____

NOMBRE DEL PRODUCTO: Arroz cocinado

Frente a usted hay dos muestras de arroz cocinado. Pruebe las muestras de izquierda a derecha y luego conteste:

¿Cuál de las dos muestras prefiere? **Marque con una circunferencia** la muestra de su elección.

MUESTRAS

5438

1613

De las razones de su preferencia:

A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	

MUCHAS GRACIAS