



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo experimental, presentado al Honorable Consejo Directivo, como
requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA

Análisis de la calidad molinera en 14 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L. ssp.
indica) cultivadas en el área del proyecto CEDEGE, cantón Babahoyo,
provincia de Los Ríos.

AUTOR:

Jean Paúl Vélez Chávez

ASESOR

Walter Oswaldo Reyes Borja, PhD.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo experimental, presentado al Honorable Consejo Directivo, como
requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA

Análisis de la calidad molinera en 14 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L. ssp.
indica) cultivadas en el área del proyecto CEDEGE, cantón Babahoyo,
provincia de Los Ríos.

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

Ing. Agr. Oscar Caicedo Camposano, MSc.

PRESIDENTE

Ing. Agr. Guillermo García Vázquez, MSc.

PRIMER VOCAL

Ing. Agr. Cristina Maldonado Camposano, MBA.

SEGUNDO VOCAL

CERTIFICACIÓN

El suscrito certifica:

Que el trabajo titulado "Análisis de la calidad molinera en 14 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) cultivadas en el área del proyecto CEDEGE, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos", realizado por el egresado Jean Paúl Vélez Chávez; ha sido dirigido y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad Técnica de Babahoyo.

Babahoyo, 11 de octubre del 2018



Ing. Agr. Walter Reyes Borja, PhD

ASESOR

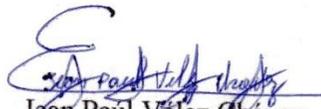
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Declaro que:

El trabajo de investigación "Análisis de la calidad molinera en 14 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) cultivadas en el área del proyecto CEDEGE, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos", ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de esta investigación.

Babahoyo, 11 de octubre del 2018

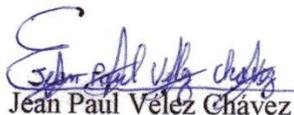

Jean Paul Vélez Chávez

120754613-4

AUTORIZACIÓN

Yo, Jean Paúl Vélez Chávez autorizo a la Universidad Técnica de Babahoyo, la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución; el trabajo de grado titulado "Análisis de la calidad molinera en 14 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) cultivadas en el área del proyecto CEDEGE, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos", cuyo contenido, ideas y criterios son de exclusiva responsabilidad y autoría.

Babahoyo, 11 de octubre del 2018


Jean Paul Vélez Chávez

120754613-4

Las investigaciones, resultados, conclusiones y
recomendaciones del presente trabajo son de
exclusiva responsabilidad del autor


Jean Paul Vélez Chávez

120754613-4

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado las fuerzas necesarias para poder enfrentar los obstáculos que se presentaron a lo largo de mi carrera.

A mis padres Melba Chávez y Edyson Vélez por apoyarme en todo momento, por confiar en mí y enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino del éxito.

A mis hermanos Carlos, Geraldine y Ayrton, mis sobrinas Karly y Elany, mis cuñados Ana Medina y Daniel Clavijo por brindarme su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A la Sra. Martha Paredes por haber confiado en mi persona y brindarme sus consejos para seguir adelante.

A mi esposa Adela Veloz Paredes, quien me brindó su amor, respeto y colaboración en el desarrollo de mi tesis, enseñándome que todo se puede si de verdad se quiere.

Jean Paúl Vélez Chávez

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A todas las autoridades y personal que forman parte de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia y orientación en el desarrollo de esta investigación.

A mi Director de Tesis Ing. Agr. Walter Reyes Borja, PhD., por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias en la dirección de este trabajo de investigación; y por brindarme en todo momento su amistad y su apoyo incondicional.

Al Ingeniero Fernando González Zambrano y Sr. Stalin Herrera, por colaborar desinteresadamente en la ejecución de esta investigación.

Mi profundo agradecimiento a mi familia, mis amigos y a todas las personas que de una u otra manera me brindaron su colaboración y se involucraron en este proyecto.

Jean Paúl Vélez Chávez

RESUMEN

El presente trabajo de investigación “Análisis de la calidad molinera en 14 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) cultivadas en el área del proyecto CEDEGE, cantón Babahoyo provincia de Los Ríos”. Las muestras fueron analizadas en la Piladora FERGONZA, cantón Lomas de Sargentillo, provincia del Guayas, ubicado en el km 47 vía Manabí, Ecuador. Los objetivos fueron: Medir las propiedades molineras de 14 genotipos de arroz tipo índica, e identificar diferencias de propiedad molinera entre ellos. Se utilizó para el análisis estadístico de las variables de calidad molinera el Diseño Completamente al Azar (DCA), utilizando un ANAVA. También se aplicó la prueba de Tukey al 5 % de significancia. Análisis de componentes principales, análisis de conglomerados y variabilidad relativa. Se utilizaron catorce variedades de arroz tipo índico con cuatro repeticiones las variedades evaluadas fueron: BA-100-UTB, BR-101-UTB, CA-102-UTB, FE-103-UTB, FI-104-UTB, FI-105-UTB, FI-106-UTB, FI-107-UTB, SH-108-UTB, FL109-UTB, FL-110-UTB, G-111-UTB, G-112-UTB y G-113-UTB. En el procedimiento, se utilizó una mini piladora, modelo THP-3, de 0,35 HP a 1720 RPM, marca CHEN SAN FUMG, que sirvió para descascarar, pulir, obtener el polvillo y el arrocillo. El contenido de humedad de las muestras fue de 11%. Las variables que se evaluaron fueron: porcentaje (%) de impureza, porcentaje (%) de humedad, densidad del grano (g/L), longitud del grano en cáscara (mm), peso (g) de cáscara, peso (g) de arroz integral, peso (g) de masa blanca, peso (g) de polvillo, peso (g) de granos quebrados- arrocillo, peso de arroz flor y longitud del grano pulido (mm). Con respecto a los resultados, el peso de cáscara y el peso de masa blanca no fueron estadísticamente significantes, el restante de variables fue altamente significativas (5%). En este estudio se determinó que existen cultivares de buenas características molineras similares a las variedades comerciales que actualmente existen en el Ecuador. Las variedades que presentaron los mejores rendimientos de arroz flor fueron G-112-UTB, FE-103-UTB y FI-107-UTB y las variedades BA-100-UTB, FI-105-UTB y FL-110-UTB alcanzaron la mayor densidad (g/L). Se recomienda realizar estudios sobre manejo del cultivo de arroz aplicando las tecnologías disponibles para determinar su efecto sobre la calidad molinera, para medir principalmente el parámetro de densidad (g/L), el mismo que refleja si un cultivo ha sido bien manejado o no y finalmente, se recomienda sembrar las variedades de arroz en distintos sectores arroceros para determinar su efecto sobre la calidad molinera versus calidad sensorial.

Palabras claves: Arroz, Cultivares, Calidad Molinera, Arroz Flor, Densidad del Grano.

SUMMARY

The present research on “Analysis of milling quality in 14 genotypes of rice (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) cultivated in the area of the CEDEGE project, Babahoyo canton, province of Los Ríos”. Was conducted in the FERGONZA company, canton Lomas de Sargentillo, province of Guayas, located at km 47 via Manabí, Ecuador. The objectives of this research were: To measure the milling properties of 14 Indica-type rice genotypes, and to identify milling properties and the differences among them. the Completely Random Design (DCA) was used for the statistical analysis of milling quality variables, using an ANAVA. The Tukey test was also applied at 5% significance. Principal component analysis, cluster analysis and relative variability, also were applied. Fourteen varieties of rice with four replicates were used. The varieties evaluated were: BA-100-UTB, BR-101-UTB, CA-102-UTB, FE-103-UTB, FI-104-UTB, FI-105- UTB, FI-106-UTB, FI-107-UTB, SH-108-UTB, FL109-UTB, FL-110-UTB, G-111-UTB, G-112-UTB and G-113-UTB. In the procedure, a mini milling equipment was used, model THP-3, 0.35 HP at 1720 RPM, CHEN SAN FUMG brand, which served to shelling, polish, get the dust and the broken grains. The moisture content of the samples was 11%. The variables that were evaluated were: percentage (%) of impurity, percentage (%) of humidity, density of the grain (g / L), length of the grain with husk (mm), weight (g) of husk, weight (g) of brown rice, weight (g) of white mass, weight (g) of polished powder, weight (g) of broken grains, weight of rice flower and length of polished grain (mm). Related to the results, the weight of husk and the weight of white mass were not statistically significant, the remaining variables were highly significant (5%). In this study it was determined that there are cultivars with good miller characteristics similar to the commercial varieties that currently exist in Ecuador. The varieties that showed the best yields of flower rice were G-112-UTB, FE-103-UTB and FI-107-UTB and the varieties BA-100-UTB, FI-105-UTB and FL-110-UTB reached the higher density (g / L). It is recommended to conduct studies on rice crop management using the available technologies to determine its effect on milling quality, to measure mainly the density parameter (g / L), which reflects whether a crop has been well managed or not and finally, it is recommended to plant rice varieties in different rice sectors to determine their effect on mill quality versus sensory quality.

Keywords: Rice, Cultivars, Milling Quality, Flower Rice, Grain Density.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	OBJETIVOS.....	3
1.1.1.	General.....	3
1.1.2.	Específicos	3
II.	MARCO TEÓRICO	4
2.1.	Historia del arroz.....	4
2.2.	Clasificación taxonómica del arroz	4
2.3.	Características Botánicas.....	5
2.4.	Variedades de arroz en el Ecuador	5
2.5.	Morfología del grano.....	7
2.6.	La calidad del arroz en el mercado mundial	9
2.7.	Algunos tipos de arroz.....	10
2.8.	La calidad del grano	10
2.9.	Tamaño del grano de arroz.....	11
2.10.	Característica física del grano de arroz	11
2.11.	Calidad industrial	12
2.12.	Evaluación de calidad molinera	13
2.12.1.	Índice de Pilada en Cosecha Oportuna.....	13
2.12.2.	Centro blanco	14
2.12.3.	Longitud y ancho del grano.....	14

2.13.	Calidad molinera del grano de arroz	15
2.14.	Pilado.....	15
2.15.	Pulido	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1.	Ubicación del Lote Experimental.....	17
3.2.	Material genético.....	17
3.3.	Factor en estudio	18
3.4.	Tratamientos en estudio	18
3.5.	Análisis estadísticos	18
3.6.	Manejo del ensayo.....	19
3.7.	VARIABLES EVALUADAS.....	19
3.7.2.	Porcentaje (%) de humedad	21
3.7.3.	Densidad del grano (g/L)	22
3.7.5.	Peso (g) de cáscara.....	22
3.7.6.	Peso (g) de arroz integral	23
3.7.7.	Peso (g) de masa blanca	24
3.7.8.	Peso (g) de polvillo	25
3.7.9.	Peso (g) de granos quebrados-Arrocillo	26
3.7.10.	Peso (g) de arroz flor.....	26
3.7.11.	Longitud del grano pulido (mm)	27
IV.	RESULTADOS	28

4.1.	Porcentaje (%) de impureza	28
4.2.	Densidad del grano (g/L).....	29
4.3.	Longitud grano en cáscara (mm).....	30
4.4.	Peso (g) de cáscara	31
4.5.	Peso (g) de grano integral.....	32
4.6.	Peso (g) de masa blanca	33
4.7.	Peso (g) de Polvillo	34
4.8.	Peso de granos quebrados-Arrocillo (g).....	37
4.9.	Peso (g) de arroz flor	38
4.10.	Longitud del grano pulido (mm)	39
4.11.	Análisis de componentes principales	40
4.12.	Análisis de conglomerados.....	42
4.13	Análisis de variabilidad relativa para la selección de los cultivares por densidad (g/L) y peso de arroz flor.....	43
4.14.	Análisis de variabilidad relativa para la selección de los cultivares por el peso de arroz flor	44
V.	DISCUSIÓN.....	45
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1.	Conclusiones:	48
5.2.	Recomendaciones:.....	49
	BIBLIOGRAFÍA	50
	ANEXOS	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cultivares, origen, condición de grano y código asignado a cada cultivar de arroz tipo indica. FACIAG-UTB, 2018.....	18
Tabla 2. Porcentaje de impurezas (%) de las catorce variedades evaluadas. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.....	28
Tabla 3. Densidad del grano (g/L) de las catorce variedades estudiadas, FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.....	29
Tabla 4. Longitud de grano en cáscara (mm) de las catorce variedades, FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.....	30
Tabla 5. Peso de tamo (g) de las catorce variedades de arroz FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.....	31
Tabla 6. Porcentaje del peso de grano integral (g) de las catorce variedades en estudio, FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.....	32
Tabla 7. Masa blanca (g) de las catorce variedades, FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.....	33
Tabla 8. Peso de polvillo (g) de las catorce variedades FACIAG-UTB. Ecuador, 2018. .	34
Tabla 9. Peso de granos quebrados-arrocillo (g) de las catorce variedades de arroz. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.	37
Tabla 10. Peso de arroz flor (g) de las catorce variedades. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.....	38
Tabla 11. Longitud del grano pulido (mm) en las catorce variedades de arroz. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.....	39
Tabla 12. Resultados del análisis de componentes principales y asociación de los caracteres observados establecidos entre las 11 variables cuantitativas. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.....	40

Tabla 13. Autovalores, proporción distribuida y proporción acumulada de las variables analizadas. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.....41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muestras empaquetadas de semillas limpias de las 14 variedades y 4 repeticiones listas para el procedimiento de pilado.	20
Figura 2. Procedimiento para obtener una muestra limpia. Peso de 250 g de arroz (paddy) en una balanza gramera (A); la muestra se coloca en una zaranda manual (B); Cernido de las impurezas de arroz en la zaranda manual (C); Impureza contenidas en la muestra de arroz (D); y arroz, paddy limpio y listo para su pilado (E).....	21
Figura 3. Determinador de humedad marca KETT PM-600 (A). Colocando 200 g de arroz en cáscara al determinador de humedad (B).....	21
Figura 4. Medición el grano de arroz en cáscara con un calibrador tipo pie de rey.....	22
Figura 5. Peso de 100 g de arroz limpio para el proceso de pilado (A); Se colocan los 100 g de arroz limpio en la minipiladora para el descascarado (B); la minipiladora descascara un porcentaje de granos al primer pase (C); el arroz totalmente descascarado (D).	23
Figura 6. Arroz integral a partir del arroz (Paddy).....	23
Figura 7. Colocando el arroz integral en la minipiladora para sacar la masa blanca (A); Obtención de la masa blanca (B).....	24
Figura 8. Pulido del arroz integral en una minipiladora por 30 segundos (A); colecta del pulido o masa blanca (B); y obtención del polvillo después de pulido (C).....	25
Figura 9. Procedimiento para sacar los granos quebrados o arrocillo a partir de la masa blanca en una zaranda manual (A); los granos partidos se quedarán en el orificio de la zaranda y los granos enteros no (B).	26
Figura 10. Arroz flor después de la clasificación de la masa blanca menos el arroz quebrado.	27

Figura 11. Con un calibrador tipo pie de rey, se procedió a medir el grano de arroz ya pulido.....	27
Figura 12. Arroz flor (A), polvillo (B) y arroz quebrado o arrocillo (C) de seis variedades de arroz evaluadas en este estudio.....	35
Figura 13. Arroz flor (A), polvillo (B) y arroz quebrado o arrocillo (C) de seis variedades de arroz evaluadas en este estudio.....	36
Figura 14. Correlación entre las variables densidad (g/L) y el peso integral y la longitud del grano cáscara con el peso de la cáscara. FACIAG-UTB.....	41
Figura 15. Resultado del análisis de conglomerado (Distancia Euclidea-Ward), donde se observan las variedades agrupadas. FACIAG-UTB.....	42
Figura 16. Variabilidad relativa (%) de los cultivares de arroz seleccionados por la densidad (g/L). FACIAG-UTB.....	43
Figura 17. Variabilidad relativa (%) de los cultivares de arroz seleccionados por el peso de arroz flor. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.....	44

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.), es el grano básico de producción más importante a nivel mundial, debido a la superficie total que se cultiva alrededor del planeta y la cantidad de personas que dependen de su cosecha. También, a parte de su importancia alimentaria, el arroz brinda energía diaria y proteínas, este cultivo proporciona empleo a gran cantidad de personas, principalmente en Asia, África y América (Quirós, 2013).

En el Ecuador, el arroz es uno de los principales productos que se cultivan, debiéndose especialmente a las condiciones edafo-climáticas óptimas para el desarrollo de la planta. Mayormente se cultiva en la zona de Daule y otros lugares de Cuenca baja del Río Guayas. La producción de arroz está concentrada en un 94 % en las provincias de Guayas y Los Ríos 52 y 42 %, respectivamente. La diferencia (6 %) se cultiva en otras provincias del Litoral, en Loja y en Amazonia, región en la que se cultivan alrededor de 2.300 ha (Villalva, 2010).

La calidad del arroz es el resultado de numerosos y variados factores, algunos de los cuales tienen que ver con características intrínsecas de las variedades, mientras que otros se refieren al manejo del cultivo, incluidas las labores de recolección, secado, transporte y almacenamiento del grano y las subsecuentes labores de molinería, y, por último, la forma de cocción. Las preferencias por la longitud del grano, grado de molinería y aroma, varían ampliamente de una región a otra. Por ejemplo, el grano largo usualmente queda seco y suelto al cocinarse y el corto, húmedo y pegajoso. Los consumidores del Japón prefieren arroces de la variedad “japónica”, de grano corto, bien molinado y recién procesado, pegajoso y de buen sabor (CIAT, 1989).

El uso más difundido de este cereal, es como grano pulido, constituido fundamentalmente por el endosperma. Durante el proceso de industrialización, se involucran varias actividades que transforman el arroz en cáscara, en arroz elaborado (blanco o pulido), para logra mantener la mayor cantidad posible de granos intactos como arroz entero. Del arroz cosechado, aproximadamente el 20 % es cáscara, y 10 % es salvado, ambos elementos se eliminan en los procesos de descascarado y pulido, respectivamente. El resto (70 %) está formado por granos de arroz blanco, entero o quebrado. El molino elimina en primera instancia, la cáscara, luego el salvado constituido por el embrión, aleurona, tegumento y pericarpio, quedando finalmente el grano pulido del cual el 60 – 55 % es grano entero y el resto es quebrado (Mamani, 2013).

La Universidad Técnica de Babahoyo lleva a cabo un programa de Mejoramiento Genético en Arroz, donde se utilizan arroces de tipos japónicos e índicos. En lo que respecta a los índicos, posee 14 cultivares de diferentes orígenes, que es fundamental conducir experimentos de calidad molinera, como parte de los requerimientos por los consumidores a nivel nacional.

Este trabajo de investigación tiene como objeto principal, estudiar las propiedades molineras en 14 genotipos de arroz para disponer de nuevos materiales con características comerciales y de alta aceptación a nivel local o regional.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. General

Determinar las propiedades molineras de 14 genotipos de arroz para potenciar su uso a nivel comercial.

1.1.2. Específicos

- Medir las propiedades molineras de 14 genotipos de arroz tipo índica.
- Identificar diferencias de propiedades molineras entre los 14 genotipos de arroz.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Historia del arroz

Según Álvarez (1997), citado por Solórzano, (2004), el arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más antiguos de la humanidad. En la provincia de Zhejiang, al sur de China, hay evidencias de su existencia desde la Era Neolítica hace unos 7000 años. Se trata de un cultivo muy versátil, ya que se encuentra tanto, en los montes Himalaya a altitudes de 3000 metros sobre el nivel del mar, como en los deltas de grandes ríos. De la misma forma, se señala que en Tailandia se cultiva arroz flotante con láminas de agua de hasta 5 metros de profundidad y que en Brasil existen extensas áreas de cultivo de arroz de secano, en condiciones de producción similares a las del trigo o el maíz.

2.2. Clasificación taxonómica del arroz

De acuerdo a González (1985), citado por Castañeda, (2014), el arroz es una gramínea autógama, de gran altura, que crece con mayor facilidad en climas tropicales. Originalmente, el arroz era una planta cultivada en secano, pero por causa de las mutaciones se convirtió en semiacuática. Aunque puede crecer en medios bastantes diversos, crece más rápidamente y con mayor vigor en un medio caliente y húmedo. Es una fanerógama, del reino: plantae - plantas; subreino: Tracheobionta- plantas vasculares; superdivisión: Spermatophyta – plantas con semillas, división: Magnoliophyta - plantas de floración; clase: Liliopsida o monocotiledóneas; subclase: Commelinidae; orden: Cyperales o Panicoides; género: *Oryza* L. Arroz; tribu: oryzae; subtribu: oryzineas.

2.3. Características Botánicas

El arroz es una gramínea anual, cuyas alturas varían desde 0.4 m a más de 7 m de altura. Sus tallos son redondos, huecos, compuesto por nudos y entrenudos, hojas unida al tallo por la vaina y su inflorescencia es una panícula ubicada en el ápice del tallo, protegida por una hoja terminal más ancha y corta, llamada hoja bandera. Su raíz es delgada, fibrosa y fasciculada, posee dos tipos de raíces: las seminales que se originan de la radícula y son temporales y las raíces adventicias secundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de nudos inferiores de tallos jóvenes, sustituyendo a las raíces seminales; las flores son de color verde blanquecino y el grano es ovalado a la madurez de la planta (Arregoces, Rosero y González, 2005).

2.4. Variedades de arroz en el Ecuador

El Programa Nacional del Arroz del INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias) desde 1971, ha entregado variedades de arroz provenientes de diferentes orígenes, entre las cuales se mencionan las variedades INIAP 11, INIAP 12, INIAP 14, INIAP 15, INIAP 16, INIAP 17 e INIAP 18, son variedades precoces, que permiten sembrar bajo condiciones de riego en siembra directa, tres ciclos al año. Por otra parte, INDIA - PRONACA en Ecuador, está dedicada a la importación y distribución de insumos agropecuarios y semillas, entre ellas dos variedades de arroz que son la SFL09 y F-50 (Landires y Márquez, 2013).

INIAP 11, es una variedad con buenas características agronómicas, precoz, con un ciclo vegetativo de 97 a 110 días y tiene un rendimiento de 60.5 a 74.5 sacas de arroz en cáscara. La longitud del grano es largo de 7.2 mm, se cultiva bajo riego pudiéndose lograr hasta tres cosechas al año (INIAP, 2013).

INIAP 12, variedad precoz, con un ciclo vegetativo de 111 días en siembra directa y 126 días en trasplante, con un rendimiento de 5138 a 5777 Kg/ha en condiciones de secano y de 6189 a 7366 Kg/ha bajo riego. La longitud del grano es extra largo con 7.8 mm y se recomienda para áreas de riego y secano (INIAP, 2013).

INIAP 14, variedad precoz, con un ciclo vegetativo de 110 a 117 días. Con rendimiento de 5,8 a 11 t/ha en riego y en condiciones de secano de 4,8 a 6 t/ha. Se la recomienda para la siembra bajo condiciones de riego. La longitud del grano es de 7.1 mm. Resistente a la Piricularia o quemazón (INIAP, 2013).

INIAP 16, variedad precoz con un ciclo vegetativo de 106 a 120 días en siembra directa, con amplio rango de adaptación y estabilidad. Tiene un rendimiento de 4300 a 8000 Kg/ha en condiciones de secano. La longitud del grano es extra largo, mayor de 7.5 mm, resistente al acame (INIAP, 2013).

INIAP 17, variedad que presenta un ciclo vegetativo de 117 a 140 días en siembra. Se recomienda bajo condiciones de riego y trasplante, obteniendo un rendimiento de 6,2 a 10 t/ha. La longitud del grano es extralargo de 7.64 mm. De buena calidad culinaria y molinera, es una alternativa para los productores arroceros en el sistema de siembra de riego (INIAP, 2013).

INIAP 18 Variedad con un ciclo vegetativo de 117 a 136 días según la época del cultivo, la siembra se recomienda bajo condiciones de riego y trasplante, obteniendo un

rendimiento de 6,4 a 9,8 t/ha. La longitud del grano es extra largo de más 7.5 mm, de excelente calidad molinera y culinaria (INIAP, 2013).

ARROZ SFL09, es una variedad que se caracteriza por su grano largo y ciclo precoz, lo cual permite su cosecha entre 110 y 115 días en invierno, y 120 y 125 días en verano. El resultado es un grano de entre 7 y 7,2 mm de largo y de una tonalidad más clara que otras que se comercializan en el mercado (Pronaca, 2013).

ARROZ F-50, es una variedad de alta resistencia a enfermedades como: Piricularia o quemazón, tolerante al virus de la hoja blanca. Ciclo vegetativo de 115 a 130 días. Buena calidad molinera, grano largo translúcido y de excelente calidad culinaria (India-Pronaca, 2013).

2.5. Morfología del grano

Según Juliano (1993), citado por Pinciroli (2010), el grano de arroz está formado por el fruto o cariopse y por la cáscara, esta última compuesta por las glumas (palea y lema). Industrialmente se considera al arroz cáscara aquel comprendido por el conjunto de cariopse y glumas. A su vez el cariopse, está formado por el embrión, el endosperma, capas de aleurona (tejido rico en proteínas), tegmen (cubierta seminal), y el pericarpio (cubierta del fruto). El pericarpio es piloso y tiene un espesor de aproximadamente 10 μm . Las capas de aleurona están compuestas por 1 a 7 capas de células de parénquima cuadrangular o rectangular, de 1-3 μm de espesor. El embrión es extremadamente pequeño, localizado en la zona ventral del cariopse. El endosperma consiste en células de parénquima que se elongan en forma radial y está compuesto por gránulos de almidón y algunos cuerpos proteicos.

Livore (2001), citado por Amézquita, (2012), indica que el grano de arroz está compuesto de una masa de células que conforman el endospermo, donde se acumulan los hidratos de carbono en forma de almidón, de un embrión que potencialmente puede generar una nueva planta y de una serie de tejidos que recubren el conjunto. Este grano a su vez, está recubierto por una cáscara que lo protege.

La cáscara está compuesta por dos hojas modificadas llamadas lema y palea cuya forma y tamaño corresponden a las del grano maduro. La parte exterior de la cascara posee tricomas y vellosidades. Algunas variedades tienen una arista adherida en la parte superior del lema. Las células de la cáscara son altamente lignificadas y quebradizas la cual representa aproximadamente el 20 % del peso del grano de arroz y su principal función consiste en proteger la cariósida del ataque de insectos y patógenos (Juliano, 1985).

Algunas características del grano de arroz como longitud, ancho, densidad y relación longitud ancho podrían influenciar directamente el peso de grano y determinan el centro blanco, índice de arroz integral o rendimiento de molino, arroz blanco o excelso y en general todo el producto elaborado. El peso de grano está correlacionado con el rendimiento de grano, pero también está asociado con características de calidad de grano como son apariencia, calidad nutricional, molinería, cocción y cualidades de consumo, por lo tanto, las investigaciones en genética y análisis de QTL de características de grano son extremadamente importantes en el mejoramiento de una buena calidad y alto rendimiento en arroz. Varios estudios en este sentido muestran que la longitud del grano, el peso, el ancho y el peso de 1000 granos exhiben distribución normal y continua en sus progenies, demostrando que son características cuantitativas (Mao-Mao, 2010).

2.6. La calidad del arroz en el mercado mundial

Las variedades tradicionales del tipo *índica* cultivadas en los trópicos, tienen como características: mayor altura, macollamiento denso, hojas largas e inclinadas de color verde pálido y grano de tamaño medio a largo; y contenido de amilosa de medio a alto, lo cual le da el aspecto seco, blando y poco desintegrado en la cocción (Celi, 2007).

Las preferencias por la longitud del grano, grado de molienda y aroma, varían ampliamente de una región a otra. Por ejemplo, el arroz de grano largo (tipo *índica*) usualmente queda seco y suelto al cocinarse mientras que el arroz de grano corto (tipo japonico) queda húmedo y pegajoso. Algunos consumidores, especialmente de Asia, África y Europa prefieren el grano corto tipo (Japónico), que al cocinarse queda pegajoso y opaco; además del consumo directo, lo emplean también para la preparación de postres y dulces (Augusto y Valencia, 1994).

El arroz tipo *índica*, de grano largo, es el más apreciado en el mercado internacional. El estándar para calidad es el grado No. 2, con 4 % o menos de grano partido, blanco translucido, bien pulido, tamaño uniforme, limpio y sin olor. También se conoce el tipo Tailandia, de calidad media con 5 % de grano partido y es clasificado cuidadosamente (Martinez, 1989).

La mayoría de las variedades "Aromáticas", son de grano largo y de alta calidad; y por sus características propias, son las más difíciles de pulir, almacenar y conservar (Augusto y Valencia, 1994).

2.7. Algunos tipos de arroz

El arroz blanco de grano largo, es reconocido en el mercado internacional por su altísima calidad y en el que la cáscara, el salvado y el germen se eliminan durante tratamiento industrial, como los arroces indios Basmati y Patna. El arroz de grano medio, es un grano más corto y grueso que el arroz de grano largo y tiene una textura suave y tierna al ser cocido, el más característico es el arroz Bomba. El arroz de grano corto, es prácticamente redondo en su forma. El arroz integral, de grano medio o largo, es más oscuro que los refinados debido a que conserva parte del salvado de la cáscara y requiere una cocción más lenta y prolongada. El vaporizado, es el tipo de arroz preferido por los consumidores que requieren arroces livianos y de fácil separación (SAG, S, 2003).

2.8. La calidad del grano

De acuerdo a Barber and Juliano (1971); Juliano (1972) y; Chandler (1979) citado por (Mamani, 2013), la calidad del grano de arroz surge de la acción de varios factores fisicoquímicas del grano, tales como tamaño, forma, peso, pigmentación, dureza, y la temperatura de gelatinización, contenido de amilosa del almidón, mientras que otros se refieren a la cosecha y su manejo, secado, transporte y almacenamiento. Las preferencias por la longitud y transparencia del grano, grado de molienda y aroma, varían de una región a otra. Además; la calidad varía dentro de cada tipo. Los consumidores prefieren en lo posible la menor cantidad de grano partido, carente de material inerte, bien pulido en el pilado, preferiblemente translúcido. Es de especial importancia emplear varios criterios para evaluar la calidad molinera y culinaria: presencia de centro blanco, longitud del grano, rendimiento en molino, porcentaje de arroz entero, temperatura de gelatinización y

contenido de amilosa. Es entonces como la calidad se puede definir desde tres aspectos: calidad industrial, comercial y culinaria.

2.9. Tamaño del grano de arroz

La longitud, ancho de grano y su relación son consideradas una importante medida de la calidad de grano en el comercio y representan los principales componentes del tamaño de grano. La preferencia de los consumidores varía con respecto al país y su población, por ejemplo, en muchos países de América son preferidas las variedades de grano largo y fino en cambio en Japón y sureste de Asia predominan los granos cortos. El tamaño de grano ha sido correlacionado con el peso de grano, su comportamiento en el proceso de molinería, cocción y calidad culinaria (Shao, 2010).

2.10. Característica física del grano de arroz

Arroz con cáscara (paddy), por su aspecto exterior puede ser de cáscara lisa o glabro. El color de la cáscara varía entre café claro y café oscuro, aunque en algunas variedades tienden a rojizo o negruzco. La cáscara propiamente dicha está formada por las glumelas (lema y palea) y cuando se oprime el grano de arroz entre dos cilindros que giran en sentido opuesto y a diferente velocidad, las glumelas se abren y se separan del resto del grano; a esta operación se le llama descascarado, y al grano sin cáscara se le denomina grano integral (Navas y Delgado, 1967).

El arroz, después de ser despojado de la cáscara, el endospermo se encuentra todavía recubierto de 5 cutículas, las cuales se denominan, de afuera hacia adentro: epicarpio, mesocarpio, capa de células transversales o capa intermedia, parte central del óvulo o testa, y finalmente capa aleurónica o aleurona. Todas estas capas, que se eliminan durante la

operación llamada pulido, constituyen el salvado y el salvadillo, el color conjunto de las cutículas varían entre ámbar claro y ámbar, pero existen variedades en que el color es rojo intenso; violeta o negro; estos granos son generalmente rechazados por el molinero, pues son difíciles de preparar para hacerlos gratos al consumidor (Navas y Delgado, 1967).

2.11. Calidad industrial

El proceso industrial en Argentina, como en la gran mayoría de los países consumidores, el uso más difundido de este cereal es como grano pulido constituido fundamentalmente por el endosperma. El proceso de industrialización tradicional del arroz, involucra las actividades que transforman el arroz cáscara (materia prima) en arroz elaborado (blanco o pulido). A diferencia de los otros cereales, en donde el grano es molido para convertirlo en harina, en la elaboración de arroz, el objetivo consiste en mantener la mayor cantidad posible de granos intactos como arroz entero. La eficacia técnica del proceso de elaboración, o sea, el rendimiento industrial, se juzga por la cantidad de arroz entero, obtenido a partir de una cantidad determinada de arroz cáscara. Del arroz cosechado, aproximadamente 20 % es cáscara, y 10 % es salvado, ambos elementos se eliminan en los procesos de descascarado y pulido, respectivamente. El resto (70 %) está formado por granos de arroz blanco o pulido, entero y partido o quebrado. El arroz pulido está constituido fundamentalmente por el endosperma, el salvado por el embrión y las capas externas (aleurona, tegmen, y pericarpio), y el arroz integral por ambos (endosperma y salvado). El molino elimina en primera instancia, la cáscara, luego el salvado constituido por el embrión, aleurona, tegmento y pericarpio, quedando finalmente el grano pulido del cual el 55 – 60 % es grano entero y el resto es quebrado. El trabajo abrasivo del molino durante el proceso de pulido, trae consigo un grado de grano quebrado, que depende fundamentalmente de la

biometría del grano y de las condiciones climáticas durante el período de llenado del mismo (Mamani, 2013).

El arroz cáscara antes de ser almacenado en los silos, debe ser secado a una humedad entre 13-14 %, para evitar problemas de hongos y conservación del grano durante su reposo. El envejecimiento; es decir, la duración del periodo de almacenamiento, está en relación estrecha con las condiciones de humedad y temperatura, con las que se almacena el arroz cáscara (Piedra, 2010).

2.12. Evaluación de calidad molinera

2.12.1. Índice de Pilada en Cosecha Oportuna

El índice de pilada es la relación porcentual entre la cantidad total de granos enteros y tres cuartos de arroz descascarado y pulido, obtenido luego de separar los granos partidos (fracciones menores a tres cuartos de un grano entero), en la muestra de rendimiento de molino o masa blanca. En cosecha oportuna (humedad del grano 22-24 %) se tomó una muestra (empacada en bolsa de papel) de 600 gramos de cada una de las parcelas, se realizó extracción de impurezas o venteado, secando en estufa a temperatura constante de 32 °C hasta obtener un 14 % de humedad (Amézquita, 2012).

De acuerdo ICONTEC (2001), citado por Amézquita (2012), el índice de pilado se obtiene tomando una porción de 100g de arroz con cáscara, seco al 14 % de humedad, el cual se descascarará y se pule en un molino de laboratorio. Posteriormente se pesa el arroz blanco producto de pulir la muestra, que incluye el grano entero y partido, para determinar el porcentaje de rendimiento de pilada o rendimiento de molino. Luego, el grano que compone el rendimiento de molino se separa en granos enteros y en granos partidos,

empleando un tambor alveolar incluido en el molino de prueba (modelo Suzuki MT), cuyo tamaño es menor de 0,75 de la longitud promedio total del grano, para separar el grano partido del grano entero. El IP corresponde al porcentaje de granos de arroz blanco entero y superior a tres cuartos o 0,75 de la longitud total del grano descascarado y pulido expresado en porcentaje, mediante la siguiente ecuación.

$$\%IP = \frac{\text{Masa total en granos (granos enteros)} \times 100}{\text{Masa de arroz con cáscara seco y limpio en granos}}$$

2.12.2. Centro blanco

El grano con centro blanco es aquel grano de arroz elaborado entero o partido, de apariencia cristalina, que presenta en su parte ventral una mancha blanca o almidonosa, inherente de la variedad, la cual no influye para su clasificación (ICONTEC, 2001).

Para su evaluación se utiliza la metodología propuesta por CIAT (1989), la cual inicia con una muestra de tres a cinco granos sobre una superficie oscura, los cuales se evalúan mediante escala, luego se determina el valor promedio de los granos evaluados, que representaron el grado de centro blanco de la muestra.

2.12.3. Longitud y ancho del grano

Se toma una muestra promedio de diez granos enteros, en los cuales se mide la longitud y el ancho de los mismos utilizando un calibrador digital (Amézquita, 2012).

2.13. Calidad molinera del grano de arroz

El rendimiento en el molino se constituye en un importante carácter para el arroz comercial debido a que el precio de los granos enteros es comúnmente el doble del precio que para los granos partidos (Amézquita, 2012).

Según Childs (2006), citado por Kepiro (2006), la molinería de arroz es un proceso de varios pasos que incluye el descascarado, el pulido o la remoción de la harina (salvado) y la clasificación o separación de los granos enteros de los partidos.

La calidad molinera o industrial, se define principalmente con base en la proporción de granos que permanecen enteros y tres cuartos de su tamaño que se obtienen en el proceso después de ser sometidos al descascarado y pulido, este parámetro es lo que se conoce como porcentaje de grano entero o índice de pilada (CIAT, 1989).

Cuando las variedades tienen un alto porcentaje de salvado, se debe ajustar la etapa del pulido para llegar a la blancura deseada en el arroz. Casi siempre son las variedades de ciclo de corto las que originan un producto con característica más uniforme y de mayor calidad a la cocción (Piedra, 2010).

2.14. Pilado

El proceso de pilado se define como la remoción de las capas externas del grano que facilita la penetración del agua y cocción (Castillo, 2007).

Según Castillo y Gaviria (2000), citado por Solórzano (2004), mencionan que la susceptibilidad del arroz a la fisura durante la molienda depende de muchos factores, entre

ellos: variedad, tipo de grano, presencia de granos yesosos y panza blanca, prácticas culturales aplicadas durante su cultivo, factores ambientales, y el tipo de proceso industrial.

2.15. Pulido

Esta operación tiene como objetivo separar las capas blandas de la superficie del grano, como residuos de la cáscara, pericarpio y el embrión sin dañar el grano. Durante este proceso se quiebran aproximadamente del 1 al 3 %, y va de acuerdo a la variedad. El Pulido se logra haciendo pasar el grano de arroz integral por un conjunto de piedras esmeriles colocadas a manera de anillos o coronas que pulen el grano. Posteriormente, un conjunto de cribas que separan la harina resultante del pulido (Semolina o polvillo) y ésta es enviada hacia un compartimiento separado, que permite empacarla de inmediato (S.A, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Lote Experimental

El presente trabajo experimental se realizó en la Piladora FERGONZA, cantón Lomas de Sargentillo, provincia del Guayas, ubicado en el km 47 vía Manabí, de propiedad del Ing. Fernando González Zambrano. Las 14 variedades de arroz tipo índica, que se estudiaron en esta investigación, fueron cultivadas y cosechadas en la Hacienda Valle Verde de propiedad del Ing. Agr. Wellington Rodríguez, ubicada en el área del Proyecto CEDEGE, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos. CEDEGE está ubicada a 17 msnm en las coordenadas geográficas UTM: 668255, 9796094. El promedio anual de precipitación es de 2329,8 mm; 82 % de humedad relativa; 998.2 horas de heliofanía y la temperatura es de 25.6 °C.¹

3.2. Material genético

Se utilizaron 14 variedades de arroz de tipo índica, que se conservan en el banco de germoplasma de la FACIAG-UTB. En la Tabla 1, se presenta el número de cultivares, el origen, la condición de grano y el código asignado a cada cultivar de arroz.

¹ **Fuente:** Datos obtenidos de la Estación Agrometeorológica de la Universidad Técnica de Babahoyo.

Tabla 1. Cultivares, origen, condición de grano y código asignado a cada cultivar de arroz tipo indica. FACIAG-UTB, 2018.

No.	CULTIVAR	ORIGEN	GRANO	CÓDIGO
1	Bali	Indonesia	Extra Largo	BA-100-UTB
2	Brasil	Brasil	Extra Largo	BR-101-UTB
3	Capirona	Colombia	Extra Largo	CA-102-UTB
4	Ferón	Perú	Extra Largo	FE-103-UTB
5	Filipinas 1	Filipinas	Extra Largo	FI-104-UTB
6	Filipinas 2	Filipinas	Extra Largo	FI-105-UTB
7	Filipinas 3	Filipinas	Extra Largo	FI-106-UTB
8	Filipinas 4	Filipinas	Extra Largo	FI-107-UTB
9	SH-27	Colombia	Extra Largo	SH-108-UTB
10	FL-011	Colombia	Extra Largo	FL-109-UTB
11	FL-68	Colombia	Extra Largo	FL-110-UTB
12	G-202	Colombia	Extra Largo	G-111-UTB
13	G-3494	Colombia	Extra Largo	G-112-UTB
14	G-3497	Colombia	Extra Largo	G-113-UTB

3.3. Factor en estudio

Características molineras.

3.4. Tratamientos en estudio

Correspondió al estudio de la calidad molinera de las variedades de arroz tipo indica a nivel de laboratorio.

3.5. Análisis estadísticos

Para el análisis estadístico de las variables de calidad molinera, se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), utilizando un análisis de varianza (ANAVA) con 14 tratamientos y 4 repeticiones. También se aplicó la prueba de Tukey al 5 % de significancia. Análisis de componentes principales se realizó para conocer la relación entre las variables estudiadas en las 14 variedades. Con respecto al análisis de conglomerados, se estimó la

similitud que existía entre las variedades utilizadas en este estudio, empleando el análisis de Distancia Euclídea, método Ward.

Se realizó también un análisis de la variabilidad relativa (%) de dos variables principales como lo son la densidad (g/L) y el peso del arroz flor. Los valores de la variabilidad y la media de las variables analizadas, fueron utilizados para crear un gráfico de cuatro celdas, esto con la finalidad de seleccionar las variedades de mejor comportamiento en términos de calidad molinera.

3.6. Manejo del ensayo

3.6.1. Preparación de las muestras de las 14 variedades de arroz

En el Laboratorio de Biotecnología de la FACIAG-UTB, se prepararon las 14 variedades de arroz tipo índica (muestras de 10 plantas por variedad, 14 variedades, 4 repeticiones), provenientes de ensayos realizados sobre caracterización y producción. Las muestras fueron preparadas antes de ser trasladadas a la piladora. Se limpiaron los granos del arroz en su totalidad, se desecharon los granos vanos e impurezas. Se secaron en una estufa marca Memmert de 60 Hz, 1400 W, a 50°C, hasta lograr el 11 % de humedad, que se midió con un determinador de humedad Marca Jhon Deere, GT-5300. En esas condiciones, las muestras fueron trasladadas a la Piladora FERGONZA, donde se realizaron los análisis correspondientes.

3.7. Variables evaluadas

Para la determinación de la calidad de grano, se partió de las muestras que mantenía el Laboratorio de Biotecnología de la FACIAG-UTB (Figura 1), en las cuales determinaron las variables de calidad molinera.



Figura 2. Procedimiento para obtener una muestra limpia. Peso de 250 g de arroz (paddy) en una balanza gramera (A); la muestra se coloca en una zaranda manual (B); Cernido de las impurezas de arroz en la zaranda manual (C); Impureza contenidas en la muestra de arroz (D); y arroz, paddy limpio y listo para su pilado (E).

3.7.2. Porcentaje (%) de humedad

Se pesó un total de 200 gramos por cada muestra de arroz paddy (arroz cáscara) limpio para ingresarlo en el determinador de humedad marca KETT PM-600, el valor obtenido es el porcentaje de humedad, como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Determinador de humedad marca KETT PM-600 (A). Colocando 200 g de arroz en cáscara al determinador de humedad (B).

3.7.3. Densidad del grano (g/L)

Esta variable se expresó en g/L. y se registró a la vez que la humedad del grano con el determinador KETT PM-600. Se utilizaron 200g de muestra para verificar en el medidor. Los valores de menos de 490 g/L en cáscara, son arroces de pésima calidad y los valores del rango 500 - 600 g/L son arroces de buena calidad, mientras más alto es el valor obtenido, significa entonces que son arroces muy bien cultivados.

3.7.4. Longitud del grano en cáscara (mm)

Se procedió a medir un número de cuatro granos en cáscara, con un calibrador tipo pie de rey, con el mismo que se determinó la longitud del grano como se observa en la Figura 4.



Figura 4. Medición el grano de arroz en cáscara con un calibrador tipo pie de rey.

3.7.5. Peso (g) de cáscara

Se utilizaron 100 g de arroz paddy (arroz cáscara) limpio y seco para su descascarado. Para esta labor, se utilizó una mini piladora de laboratorio, modelo THP-3, con 0,35 HP, a 1720 RPM, marca CHEN SAN FUMG, que sirvió para descascarar, pulir, y obtener el polvillo (Figura 5). Para calcular esta variable, se aplicó la fórmula siguiente:

$$\text{Peso (g) de cáscara} = \text{Peso (g) inicial (Paddy)} - \text{Peso (g) Integral (Sin cáscara)}$$



Figura 5. Peso de 100 g de arroz limpio para el proceso de pilado (A); Se colocan los 100 g de arroz limpio en la minipiladora para el descascarado (B); la minipiladora descascara un porcentaje de granos al primer pase (C); el arroz totalmente descascarado (D).

3.7.6. Peso (g) de arroz integral

Después de descascarar el arroz paddy (arroz cáscara), se obtuvo el peso de arroz integral (Figura 6), que se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Peso Arroz Integral (g)} = \text{Peso(g) inicial (Paddy)} - \text{Peso(g) cáscara}$$



Figura 6. Arroz integral a partir del arroz (Paddy).

3.7.7. Peso (g) de masa blanca

Se procedió a pulir el componente integral para obtener la masa blanca, que corresponde a los granos enteros y quebrados, esto constituye el rendimiento de pilada (Figura 7). Para calcular esta variable, se aplicó la fórmula siguiente:

$$\text{Peso (g) de Masa Blanca} = \text{Peso (g) inicial (Arroz Integral)} - \text{Peso (g) Polvillo}$$



Figura 7. Colocando el arroz integral en la minipiladora para sacar la masa blanca (A); Obtención de la masa blanca (B).

3.7.8. Peso (g) de polvillo

El polvillo se obtuvo después de haber pulido del arroz integral (Figura 8). Para la determinación de estas variables, se utilizaron los valores adquiridos como peso de arroz integral y los valores del peso de masa blanca, que se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Peso(g) de Polvillo} = \text{Peso (g) inicial (Arroz Integral)} - \text{Peso(g) masa blanca (arroz pulido)}$$



Figura 8. Pulido del arroz integral en una minipiladora por 30 segundos (A); colecta del pulido o masa blanca (B); y obtención del polvillo después de pulido (C).

3.7.9. Peso (g) de granos quebrados-Arrocillo

El resultado de esta variable se obtuvo con el valor del peso de la masa blanca y el peso del arroz flor que también se lo denomina como índice de pilada. Para calcular la variable, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Peso (g) de grano quebrado} = \text{Peso (g) masa blanca} - \text{Peso(g) arroz flor}$$

El proceso de separación del grano quebrado vs el entero, en zaranda manual, se observa en la Figura 9.



Figura 9. Procedimiento para sacar los granos quebrados o arrocillo a partir de la masa blanca en una zaranda manual (A); los granos partidos se quedarán en el orificio de la zaranda y los granos enteros no (B).

3.7.10. Peso (g) de arroz flor

Estos valores fueron calculados del resultado de la clasificación de la masa blanca y el arroz quebrado (Figura 10).

El resultado de esta variable se obtuvo con el valor del peso de la masa blanca y el peso del arroz flor. Para calcular esta variable, se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Peso (g) de arroz flor} = \text{Peso (g) masa blanca} - \text{Peso (g) arroz quebrado}$$



Figura 10. Arroz flor después de la clasificación de la masa blanca menos el arroz quebrado.

3.7.11. Longitud del grano pulido (mm)

Se procedió a medir el grano entero y pulido, determinándose la longitud en cuatro granos. El promedio de ellos, fue considerado para el análisis. Esta variable se estableció con calibrador tipo pie de rey (Figura 11).



Figura 11. Con un calibrador tipo pie de rey, se procedió a medir el grano de arroz ya pulido.

IV. RESULTADOS

4.1. Porcentaje (%) de impureza

En esta variable, el análisis de varianza realizado, reportó alta significancia estadística entre las catorce variedades analizadas (Anexo 1).

Con respecto a los resultados de la prueba de Tukey, estos son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Se encontró que la variedad FE-103-UTB obtuvo el mayor valor, con 5,95 % de impurezas; mientras que, BA-100-UTB, presentó el menor valor con una media de 1,27 %. En la Tabla 2, se observan los resultados del análisis.

Tabla 2. Porcentaje de impurezas (%) de las catorce variedades evaluadas. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Variedades	Medias (%)	n	E.E.	Comparaciones			
FE-103-UTB	5,95	4	0,55	A			
G-112-UTB	5,66	4	0,55	A			
CA-102-UTB	5,19	4	0,55	A	B		
FL-110-UTB	4,52	3	0,63	A	B	C	
SH-108-UTB	4,51	3	0,63	A	B	C	
Br-101-UTB	4,37	3	0,63	A	B	C	
G-113-UTB	4,01	4	0,55	A	B	C	D
G-111-UTB	3,67	4	0,55	A	B	C	D
FI-104-UTB	2,71	4	0,55		B	C	D
FI-105-UTB	2,49	4	0,55		B	C	D
FI-106-UTB	2,21	4	0,55			C	D
FL-109-UTB	2,13	4	0,55			C	D
FI-107-UTB	2,12	4	0,55			C	D
BA-100-UTB	1,27	3	0,63				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,89287, Error: 1,1937 gl: 38.

4.2. Densidad del grano (g/L)

De acuerdo a esta variable, el análisis de varianza demostró alta significancia estadística entre las catorce variedades analizadas como se muestra en el Anexo 2.

El resultado del test de Tukey los valores analizados son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Se determinó que la variedad BA-100-UTB alcanzó el mayor valor, obteniéndose 534,0 g/L de densidad. Sin embargo; G-113-UTB obtuvo el menor valor, con una media de 438,0 g/L. En la Tabla 3, se observan los resultados mencionados.

Tabla 3. Densidad del grano (g/L) de las catorce variedades estudiadas, FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Variedades	Medias (g/L)	n	E.E.	Comparaciones		
BA-100-UTB	534,00	3	12,88	A		
FI-105-UTB	529,50	4	11,16	A	B	
FL-110-UTB	526,67	3	12,88	A	B	
CA-102-UTB	526,25	4	11,16	A	B	
G-112-UTB	525,50	4	11,16	A	B	
FI-104-UTB	519,25	4	11,16	A	B	
G-111-UTB	514,25	4	11,16	A	B	
FI-106-UTB	507,00	4	11,16	A	B	
FE-103-UTB	502,00	4	11,16	A	B	
FL-109-UTB	491,50	4	11,16	A	B	C
Br-101-UTB	490,67	3	12,88	A	B	C
SH-108-UTB	485,33	3	12,88	A	B	C
FI-107-UTB	474,50	4	11,16		B	C
G-113-UTB	438,00	4	11,16			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=59,07802, Error: 497,8487 gl: 38.

4.3. Longitud grano en cáscara (mm)

En el Anexo 3, se observa el resultado del análisis de varianza realizado con esta variable, donde resultó que no hay significancia estadística entre las catorce variedades.

Con respecto al resultado de la prueba de Tukey al 5 % (Tabla 4), los resultados no fueron significantes; sin embargo, a partir de los datos se observa que la variedad G-113-UTB alcanzó el mayor valor de longitud de grano cáscara con 9,94 mm. El cultivar BA-100-UTB presentó un menor valor, con una media de 8,67 mm.

Tabla 4. Longitud de grano en cáscara (mm) de las catorce variedades, FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Variedades	Medias (mm)	n	E.E.
G-113-UTB	9,94	4	0,29
FI-104-UTB	9,75	4	0,29
CA-102-UTB	9,63	4	0,29
FI-106-UTB	9,50	4	0,29
FE-103-UTB	9,50	4	0,29
FL-109-UTB	9,44	4	0,29
G-112-UTB	9,44	4	0,29
SH-108-UTB	9,33	3	0,33
G-111-UTB	9,19	4	0,29
FL-110-UTB	9,08	3	0,33
FI-105-UTB	8,93	4	0,29
FI-107-UTB	8,88	4	0,29
Br-101-UTB	8,75	3	0,33
BA-100-UTB	8,67	3	0,33

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,51161, Error: 0,3259 gl: 38.

4.4. Peso (g) de cáscara

De acuerdo a esta variable, el análisis de varianza reportó alta significancia estadística entre las catorce variedades como se observa en el Anexo 4.

En el resultado de test de Tukey, estos son significativamente diferentes ($p > 0,05$). (Tabla 5), demostró que la variedad G-113-UTB obtuvo un valor de 27,48 g del peso tamo, mientras tanto BA-100-UTB obtuvo un menor valor con una media de 21,07 g.

Tabla 5. Peso de tamo (g) de las catorce variedades de arroz FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Variedades	Medias (g)	n	E.E.	Comparaciones		
G-113-UTB	27,48	4	0,88	A		
Br-101-UTB	26,63	3	1,02	A	B	
FI-105-UTB	25,18	4	0,88	A	B	C
SH-108-UTB	25,17	3	1,02	A	B	C
FL-110-UTB	24,23	3	1,02	A	B	C
FI-104-UTB	24,13	4	0,88	A	B	C
FL-109-UTB	23,85	4	0,88	A	B	C
CA-102-UTB	23,75	4	0,88	A	B	C
G-112-UTB	23,75	4	0,88	A	B	C
FI-106-UTB	22,78	4	0,88		B	C
FE-103-UTB	22,75	4	0,88		B	C
FI-107-UTB	22,33	4	0,88		B	C
G-111-UTB	21,58	4	0,88			C
BA-100-UTB	21,07	3	1,02			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,65614, Error: 3,0924 gl: 38.

4.5. Peso (g) de grano integral

En esta variable, el análisis de varianza demostró alta significancia estadística del peso de grano integral, como se observa en el Anexo 5.

El test de Tukey determinó que estos valores son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Con respecto a los resultados obtenidos, la variedad BA-100-UTB alcanzó un valor mayor de 78,93 g de peso integral; en contraste, la variedad G-113-UTB que obtuvo un valor menor con una media de 72,53 g, como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje del peso de grano integral (g) de las catorce variedades en estudio, FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Variedades	Medias (g)	n	E.E.	Comparaciones		
BA-100-UTB	78,93	3	1,02	A		
G-111-UTB	78,43	4	0,88	A		
FI-107-UTB	77,68	4	0,88	A	B	
FE-103-UTB	77,25	4	0,88	A	B	
FI-106-UTB	77,23	4	0,88	A	B	
G-112-UTB	76,25	4	0,88	A	B	C
CA-102-UTB	76,25	4	0,88	A	B	C
FL-109-UTB	76,15	4	0,88	A	B	C
FI-104-UTB	75,88	4	0,88	A	B	C
FL-110-UTB	75,77	3	1,02	A	B	C
SH-108-UTB	74,83	3	1,02	A	B	C
FI-105-UTB	74,83	4	0,88	A	B	C
Br-101-UTB	73,37	3	1,02		B	C
G-113-UTB	72,53	4	0,88			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,65614, Error: 3,0924 gl: 38.

4.6. Peso (g) de masa blanca

El análisis de varianza realizado de las catorce variedades para la variable masa blanca (g), no reportó significancia estadística (Anexo 6).

En lo que se refiere a la prueba de Tukey, los valores de esta variable en las variedades no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Se determinó que la variedad G-112-UTB, alcanzó el valor más alto con un promedio de 71,93 g, seguido de la variedad FI-107-UTB con un valor de 70,88 g; mientras que G-113-UTB, obtuvo el menor valor con una media de 62,78 g, como se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Masa blanca (g) de las catorce variedades, FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Variedades	Medias (g)	n	E.E.
G-112-UTB	71,93	4	2,78
FI-107-UTB	70,88	4	2,78
FE-103-UTB	70,50	4	2,78
G-111-UTB	70,40	4	2,78
FI-105-UTB	68,53	4	2,78
FL-109-UTB	68,43	4	2,78
FI-104-UTB	68,10	4	2,78
FI-106-UTB	67,85	4	2,78
CA-102-UTB	67,75	4	2,78
Br-101-UTB	67,27	3	3,21
BA-100-UTB	65,90	3	3,21
SH-108-UTB	64,27	3	3,21
FL-110-UTB	64,00	3	3,21
G-113-UTB	62,78	4	2,78

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=14,70554, Error: 30,8466 gl: 38.

4.7. Peso (g) de Polvillo

En relación al resultado del análisis de varianza, no hubo significancia estadística entre las catorce variedades (Anexo 7).

De acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba de Tukey, los valores no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Sin embargo, la variedad BA-100-UTB obtuvo un valor mayor con un promedio de 13,03 g de polvillo, mientras que G-112-UTB presentó un menor valor, con una media de 4,33 g, como se menciona a continuación en la Tabla 8. En las Figuras 12 (B) y 13 (B), se observa la cantidad de polvillo que presentaron las catorce variedades.

Tabla 8. Peso de polvillo (g) de las catorce variedades FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Variedades	Medias (g)	n	E.E.
BA-100-UTB	13,03	3	2,80
FL-110-UTB	11,77	3	2,80
SH-108-UTB	10,57	3	2,80
G-113-UTB	9,75	4	2,42
FI-106-UTB	9,38	4	2,42
CA-102-UTB	8,50	4	2,42
G-111-UTB	8,03	4	2,42
FI-104-UTB	7,78	4	2,42
FL-109-UTB	7,73	4	2,42
FI-107-UTB	6,80	4	2,42
FE-103-UTB	6,75	4	2,42
FI-105-UTB	6,30	4	2,42
Br-101-UTB	6,10	3	2,80
G-112-UTB	4,33	4	2,42

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=12,82609, Error: 23,4657 gl: 38.

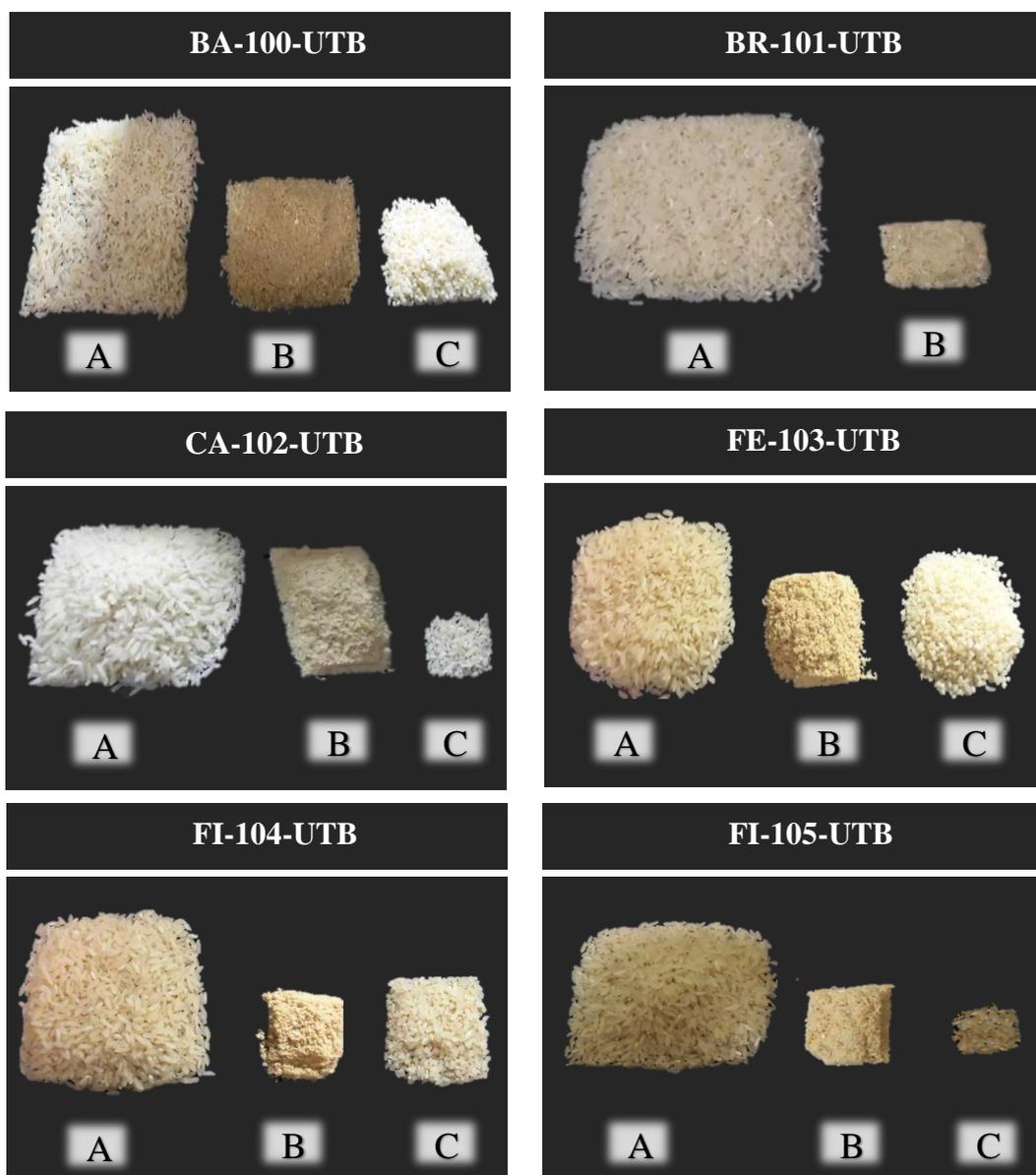


Figura 12. Arroz flor (A), polvillo (B) y arroz quebrado o arrocillo (C) de seis variedades de arroz evaluadas en este estudio.

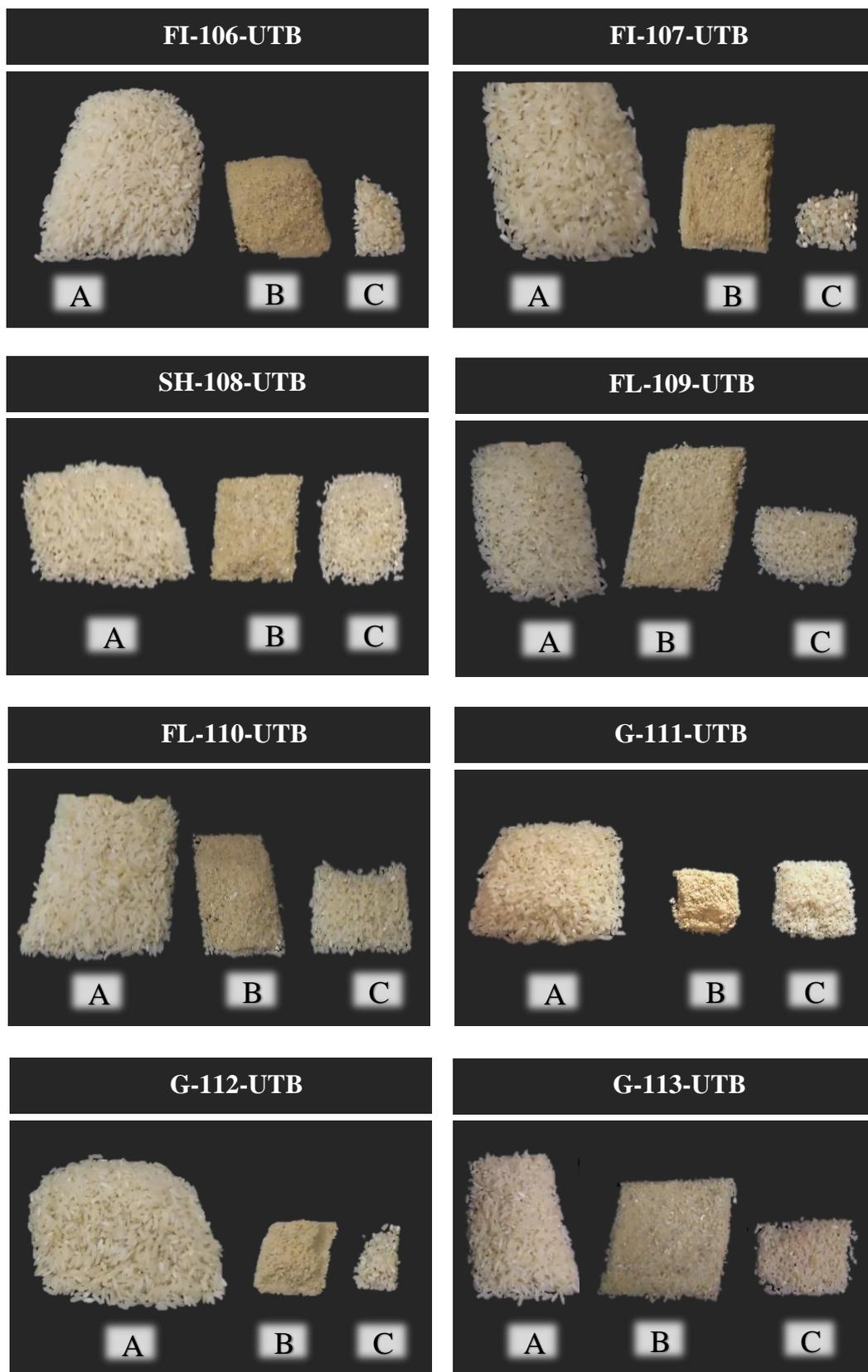


Figura 13. Arroz flor (A), polvillo (B) y arroz quebrado o arrocillo (C) de seis variedades de arroz evaluadas en este estudio.

4.8. Peso de granos quebrados-Arrocillo (g)

Con respecto al peso del grano quebrados, en esta variable (Anexo 8), el análisis de varianza realizado, detectó que hubo significancia estadística entre las catorce variedades de arroz.

En la Tabla 9, se observa el resultado del test de Tukey, cuyos resultados son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Se observa que la variedad G-111-UTB, obtuvo un valor mayor con 12,05 g granos quebrados; sin embargo, BR-101-UTB alcanzó el menor valor con una media de 2,23 g. En las Figuras 12 (C) y 13 (C), se observa la cantidad de arrocillo que presentaron las catorce variedades.

Tabla 9. Peso de granos quebrados-arrocillo (g) de las catorce variedades de arroz. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Variedades	Medias (g)	n	E.E.	Comparaciones	
G-111-UTB	12,05	4	1,74	A	
FL-110-UTB	7,87	3	2,01	A	B
SH-108-UTB	7,70	3	2,01	A	B
FI-104-UTB	7,05	4	1,74	A	B
BA-100-UTB	6,63	3	2,01	A	B
FI-106-UTB	6,03	4	1,74	A	B
FI-107-UTB	5,40	4	1,74	A	B
FI-105-UTB	4,85	4	1,74	A	B
FL-109-UTB	4,65	4	1,74	A	B
G-113-UTB	4,60	4	1,74	A	B
CA-102-UTB	4,35	4	1,74	A	B
G-112-UTB	2,60	4	1,74		B
FE-103-UTB	2,33	4	1,74		B
Br-101-UTB	2,23	3	2,01		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,22688, Error: 12,1438 gl: 38.

4.9. Peso (g) de arroz flor

En esta variable, el análisis de varianza demostró que no existe significancia estadística entre las catorce variedades, como se muestra en el Anexo 9.

En la Tabla 10, se presenta el test de Tukey, los mismos que son significativamente diferentes ($p > 0,05$). La variedad G-112-UTB alcanzó un valor mayor con un promedio de 69,33 g, seguido al FE-103-UTB con un valor de 68,18 g de arroz flor; sin embargo, la FL-110-UTB obtuvo un valor menor con una media de 56,13 g entre las catorce variedades. En las Figuras 12 (A) y 13 (A), se observa la cantidad de arroz flor que presentaron las catorce variedades.

Tabla 10. Peso de arroz flor (g) de las catorce variedades. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Variedades	Medias (g)	n	E.E.
G-112-UTB	69,33	4	4,28
FE-103-UTB	68,18	4	4,28
FI-107-UTB	65,48	4	4,28
Br-101-UTB	65,03	3	4,94
FL-109-UTB	63,78	4	4,28
FI-105-UTB	63,68	4	4,28
CA-102-UTB	63,40	4	4,28
FI-106-UTB	61,83	4	4,28
FI-104-UTB	61,05	4	4,28
BA-100-UTB	59,27	3	4,94
G-111-UTB	58,35	4	4,28
G-113-UTB	58,18	4	4,28
SH-108-UTB	56,57	3	4,94
FL-110-UTB	56,13	3	4,94

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=22,66761, Error: 73,2921 gl: 38.

4.10. Longitud del grano pulido (mm)

En lo que establece a esta variable, el análisis de varianza demostró que no existe significancia estadística entre las catorce variedades evaluadas como se observa en el Anexo 10.

En correspondencia al Test de Tukey al 5 %, los resultados no fueron significativamente diferentes entre las 14 variedades. La variedad FL-109-UTB alcanzó el valor mayor de 7,0 mm de longitud grano pulido, seguido de FE-103-UTB con un valor de 6,94 mm; mientras que, FL-110-UTB obtuvo un valor menor con una media de 6,0 mm como se observa en la Tabla 11.

Tabla 11. Longitud del grano pulido (mm) en las catorce variedades de arroz. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Variedades	Medias (mm)	n	E.E.
FL-109-UTB	7,00	4	0,20
FE-103-UTB	6,94	4	0,20
CA-102-UTB	6,94	4	0,20
G-113-UTB	6,88	4	0,20
FI-106-UTB	6,81	4	0,20
SH-108-UTB	6,75	3	0,23
FI-104-UTB	6,59	4	0,20
Br-101-UTB	6,50	3	0,23
G-111-UTB	6,44	4	0,20
G-112-UTB	6,41	4	0,20
FI-107-UTB	6,38	4	0,20
FI-105-UTB	6,19	4	0,20
BA-100-UTB	6,08	3	0,23
FL-110-UTB	6,00	3	0,23

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,03759, Error: 0,1536 gl: 38.

4.11. Análisis de componentes principales

De acuerdo a los resultados del análisis de componentes principales, estos se presentan en la Tabla 12. Se aprecian las correlaciones de los caracteres observados establecidas entre las 11 variables cuantitativas utilizadas en este análisis.

Tabla 12. Resultados del análisis de componentes principales y asociación de los caracteres observados establecidos entre las 11 variables cuantitativas. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Variab les	C1	C2
% Impurezas	-0,3	1,70E-03
% Humedad	-0,25	0,17
Densidad (g/L)	0,25	0,29
Longitud grano cáscara (mm)	-0,23	-0,21
Peso Integral (g)	0,34	0,35
Peso Cáscara (g)	-0,34	-0,35
Masa Blanca (g)	-0,09	0,52
Polvillo (g)	0,36	-0,33
Arrocillo (g)	0,41	-0,13
Arroz Flor (g)	-0,32	0,43
Longitud Grano pulido (mm)	-0,29	-0,12

En la Tabla 13, se observan los autovalores, la proporción distribuida y la proporción acumulada. Es importante observar el valor acumulado en la cual se muestra que las tres primeras variables, tales como: El porcentaje (%) de impurezas, porcentaje (%) Humedad y densidad (g/L), que presentaron los valores de la proporción distribuida, con 0,32, 0,29 y 0,15, respectivamente. Estas tres variables explican el 76,0 % de la variación total.

Tabla 13. Autovalores, proporción distribuida y proporción acumulada de las variables analizadas. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

Lambda/Variables	Autovalor	Proporción	Prop. Acumulada
% Impurezas	3,56	0,32	0,32
% Humedad	3,17	0,29	0,61
Densidad (g/L)	1,67	0,15	0,76
Longitud grano cáscara (mm)	0,92	0,08	0,85
Peso Integral (g)	0,66	0,06	0,91
Peso Cáscara(g)	0,57	0,05	0,96
Masa Blanca (g)	0,30	0,03	0,99
Polvillo (g)	0,16	0,01	1,00
Arrocillo (g)	0,00	0,00	1,00
Arroz Flor (g)	0,00	0,00	1,00
Longitud Grano pulido (mm)	0,00	0,00	1,00

En la Figura 14, se observa de manera gráfica la correlación entre las variables más evidentes como son, la densidad (g/L) y el peso integral y la longitud del grano cáscara con el peso de la cáscara.

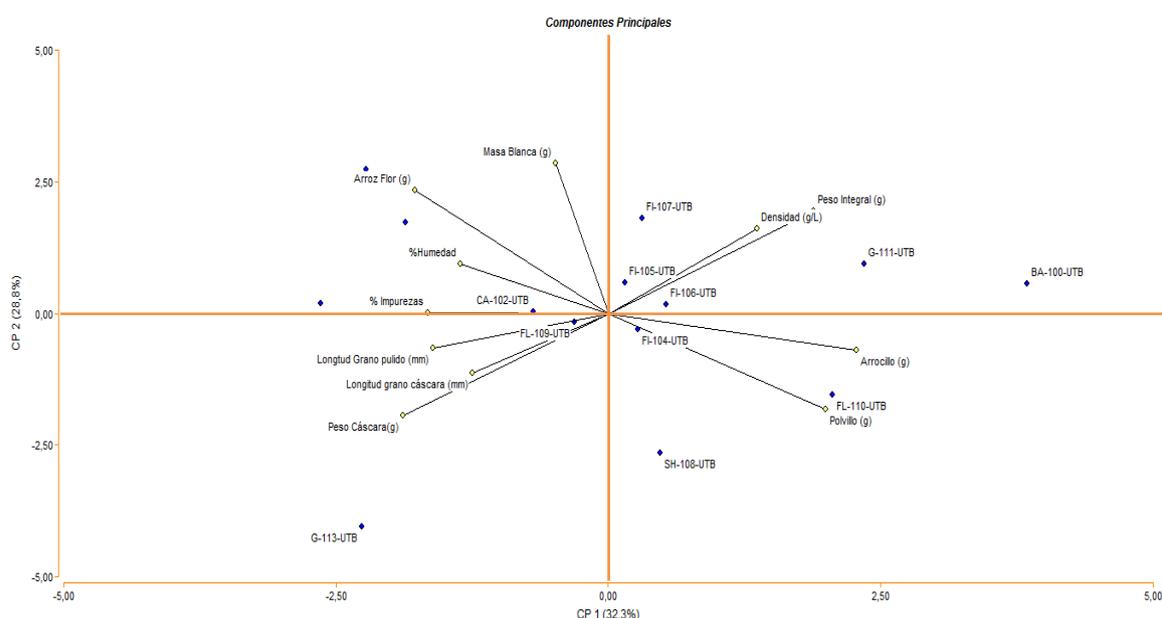


Figura 14. Correlación entre las variables densidad (g/L) y el peso integral y la longitud del grano cáscara con el peso de la cáscara. FACIAG-UTB.

4.12. Análisis de conglomerados

De acuerdo a los resultados de este análisis, ha permitido agrupar las variedades con similitud en las características utilizadas en este análisis. En el grupo I, las variedades con caracteres semejantes, fueron BA-G-112-UTB, FE-103-UTB, CA-102-UTB y Br-101-UTB. En el grupo II las variedades G-113-UTB, SH-108-UTB y FL-110-UTB. En el grupo III se comparan las variedades FI-104-UTB, FI-105-UTB, FI-106-UTB, FI-107-UTB y FL-109-UTB. El Grupo IV estuvo conformado por las variedades BA-100-UTB y G-111-UTB. En la Figura 15, se presenta el análisis de conglomerado, donde se observan los grupos de las variedades.

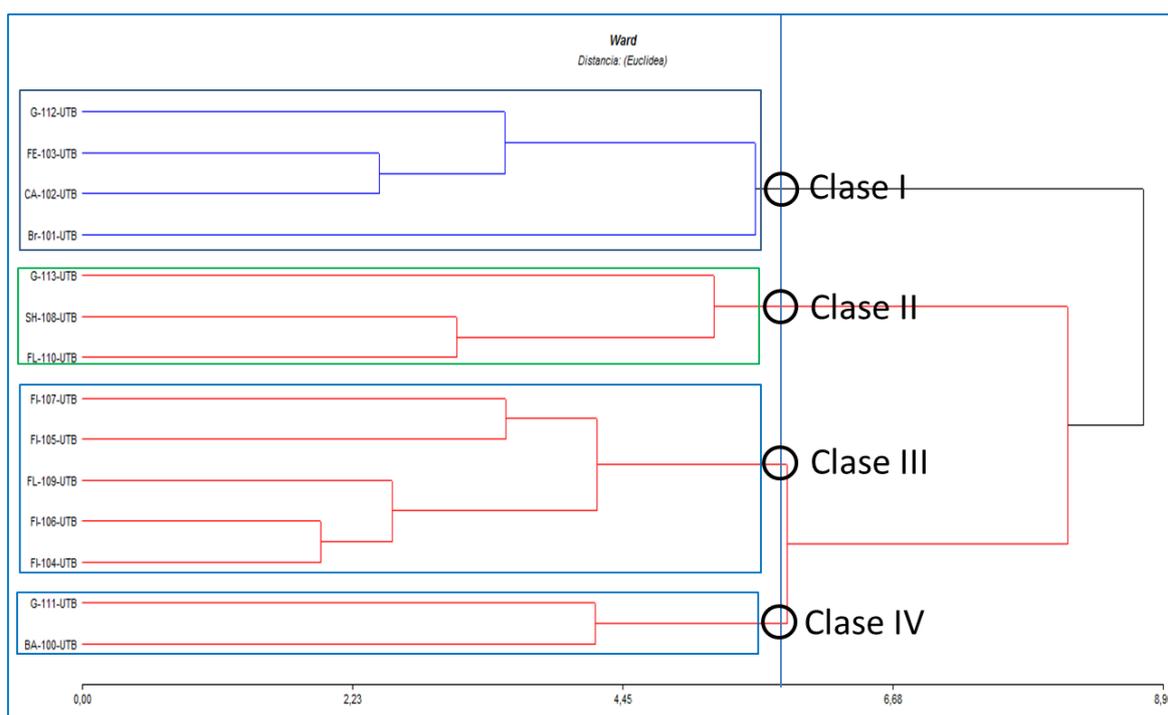


Figura 15. Resultado del análisis de conglomerado (Distancia Euclídea-Ward), donde se observan las variedades agrupadas. FACIAG-UTB.

4.13 Análisis de variabilidad relativa para la selección de los cultivares por densidad (g/L) y peso de arroz flor.

Con respecto a los resultados del análisis de variabilidad relativa (%), para realizar la selección de los cultivares con respecto a este parámetro, se seleccionaron aquellos valores más altos en términos de densidad y más bajos en variabilidad relativa (%), vistos gráficamente, se ubicaron en la cuadrícula inferior derecha, como se demuestra en la Figura 16. Se seleccionaron los cultivares BA-100-UTB, FI-105-UTB, FL-110-UTB, G-112-UTB, FI-104-UTB y G-111-UTB presentaron mejor densidad (g/L), con valores que oscilaron entre 514,3 y 534 g/L, y menor variabilidad relativa (%), cuyos valores estuvieron entre 0,80 a 1,31 %.

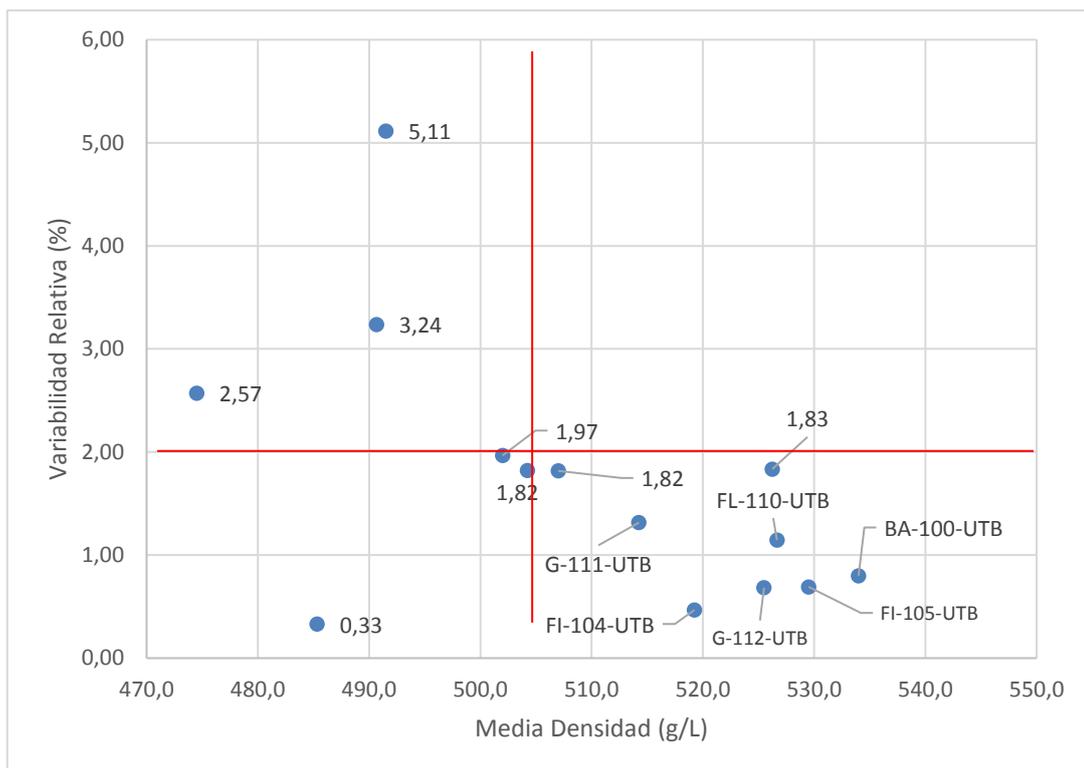


Figura 16. Variabilidad relativa (%) de los cultivares de arroz seleccionados por la densidad (g/L). FACIAG-UTB.

4.14. Análisis de variabilidad relativa para la selección de los cultivares por el peso de arroz flor

Los resultados del análisis de variabilidad relativa (%), para la selección de los cultivares con respecto al peso de arroz flor, se consideraron los valores más altos (arriba del promedio) del peso de arroz flor, y los valores más bajos (abajo del promedio) de la variabilidad relativa (%). De manera gráfica, estos valores se ubicaron en la cuadrícula inferior derecha, como se muestra en la Figura 17. Los cultivares seleccionados G-112-UTB, FE-103-UTB, FI-107-UTB, Br-101-UTB, FL-109-UTB, CA-102-UTB, presentaron los mayores pesos de arroz flor, con valores que van desde 63,4 a 69,33 g y menor variabilidad relativa (%), que estuvieron entre 1,7 a 11,2 %.

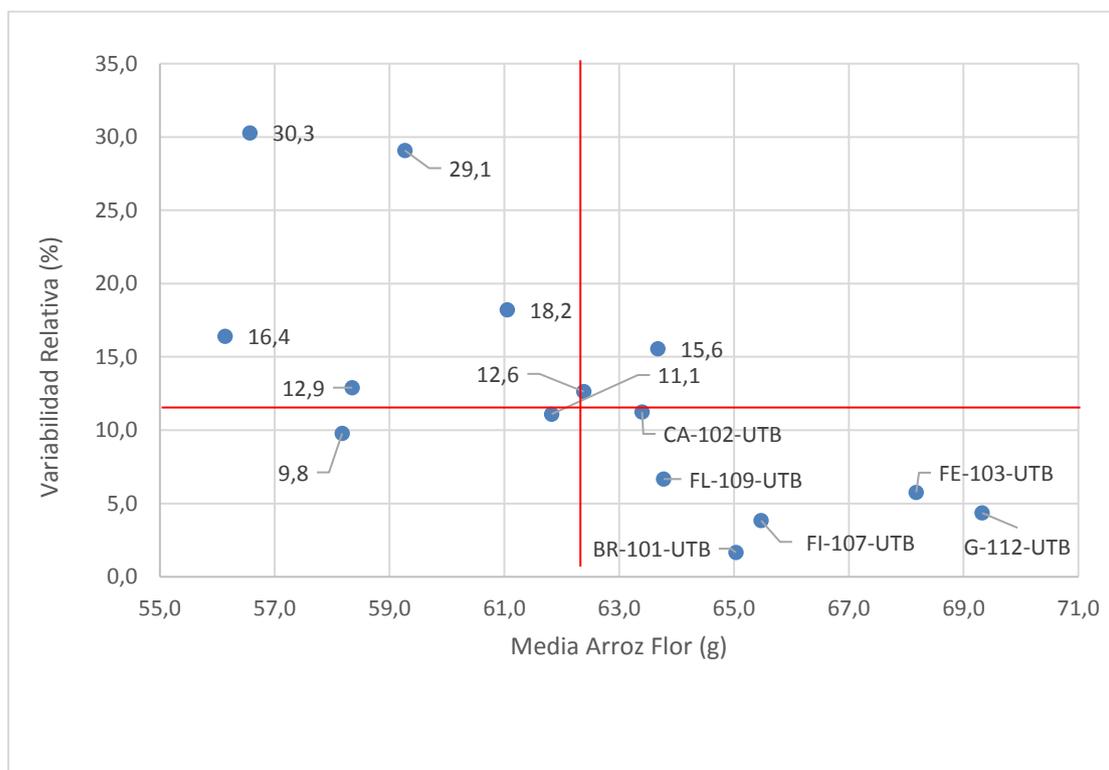


Figura 17. Variabilidad relativa (%) de los cultivares de arroz seleccionados por el peso de arroz flor. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación “Análisis de la calidad molinera en 14 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) cultivadas en el área del proyecto CEDEGE, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos”, en las diferentes variables que se evaluaron, se puede mencionar que se ha establecido la correspondiente discusión como se menciona a continuación:

En la variable de porcentaje de impureza de este estudio, resultó que la variedad FE-103-UTB presentó un promedio de 5,95 % en relación a la variedad BA-100-UTB, que presentó el menor promedio de 1,27 %. Estos valores se acercan a los encontrados por Torres (2007), en su estudio realizado con catorce variedades comerciales de arroz, donde indica que el mayor porcentaje de impurezas lo presentó la variedad LIRA, con un promedio de 3.89 %, seguido por la variedad INIAP 11 con un promedio 2.65 %. La variedad de menos porcentaje fue a MIL UNO con un promedio de 1 %.

En lo que se relaciona al porcentaje de cáscara FAO (1994), menciona que la cáscara constituye el 20 % del arroz y sus valores pueden variar entre 16-28 %. En este estudio, coincide que la variedad G-113-UTB se encuentra en el rango de este porcentaje con 27,48 g que se obtuvo a partir de 100 gramos de arroz paddy, que en otras palabras representa el mismo valor en porcentaje y es la variedad que mayor porcentaje demostró, en comparación con la variedad BA-100-UTB, que obtuvo un menor peso de 21,07 g.

Es importante encontrar líneas o cultivares que tengan un mayor porcentaje de arroz integral y menor cantidad de cáscara, por lo que en este estudio, en lo que se refiere a los valores obtenidos para el arroz integral, a partir de una muestra de 100 g, se puede observar

que la variedad BA-100-UTB, alcanzó el mayor promedio con 78,93 g, que se destaca por la producción de menos cáscara, en comparación a G-113-UTB que obtuvo un peso menor con 72,53 g, siendo el que contiene una mayor cantidad cáscara, que es una característica no muy deseable en términos de calidad de grano. Juliano (1994), describe que el grano de arroz en cáscara (paddy), se compone de una cubierta protectora o cáscara que se componen de la lemma y pálea, y el cariósido o fruto del arroz, que pasa a denominarse arroz integral. Los resultados de este estudio tienen similitud con los obtenidos por Torres (2007), donde en un estudio realizado con 14 variedades de arroz indica, encontró que el porcentaje de arroz integral varió entre 77,25 a 80,36 %, siendo la variedad denominada YH-05, la que alcanzó el mayor porcentaje de arroz integral.

De acuerdo a los resultados obtenidos para masa blanca, Gaviria (2000) indica que la masa blanca o rendimiento del pilado, expresa el porcentaje de granos blancos, pulidos, enteros y partidos que se obtiene a partir de arroz paddy seco y limpio. En este estudio, la variedad G-112-UTB demostró un valor alto de masa blanca, con un promedio de 71,93 g, y la variedad G-113-UTB, un valor menor de 62,78 g, partiendo de una muestra de 100 g. Es probable que la masa blanca sea afectada por varios factores que influyen directa o indirectamente en su porcentaje, entre ellas la alta humedad del grano a la cosecha, alto porcentaje de granos fisurados, el alto grado de temperatura en el secado, mala calibración de las maquinas al momento de pilar, entre otros. Solórzano (2004), coincide con el presente estudio, al mencionar que, en su estudio realizado, una variedad de arroz denominada CIMARRÓN presentó un porcentaje promedio de 68,35 %, y la variedad ZETA-15 presentó el menor porcentaje, con un promedio de 62,25 %.

En cuanto a la variable peso de arrocillo o grano quebrado, es evidente que se debe buscar líneas o variedades que presenten menos granos partidos; sin embargo, esta condición puede deberse a varios factores como lo menciona Gaviria (2000), quien aduce que todos los lotes de paddy que se trillan, contienen porcentajes de granos partidos, y va a depender de la calidad del producto y de las condiciones operacionales del molino. En este estudio, la variedad de mejor condición fue la BR-101-UTB, que presentó un valor bajo de granos quebrados, con 2,23 g. La variedad G-111-UTB presentó el mayor valor con 12,05 g, valores que se obtuvieron a partir de 100 g de muestra.

Con respecto a la variable peso de arroz flor, Castillo (2007), menciona que, para determinar la calidad de molinería, se usa con frecuencia dos análisis llamados “Rendimiento” e “índice de pilado”, el primero se realiza sobre una muestra de arroz cáscara (paddy) limpio, que se descascara y blanquea con un equipo de laboratorio. El porcentaje de grano blanco se denomina índice de pilado. Las variedades de mayor índice de pilado son las de mayor interés en calidad molinera. En este estudio, los valores obtenidos a partir de una muestra de 100 g, en las catorce variedades, resultó que, las variedades de mayor peso de arroz flor fueron G-112-UTB y FE-103-UTB con promedios de 69,33 y 68,18 g, respectivamente. El menor peso de arroz flor lo obtuvo la variedad FL-110-UTB con 56,13 g. Los valores obtenidos en el presente estudio, son superiores y difieren con los obtenidos por Solórzano (2004), quien menciona que en un estudio realizado en calidad de granos, la variedad CIMARRÓN obtuvo el mayor rendimiento de granos enteros, con un promedio de 56,37 g, le siguieron en orden de importancia FEDEARROZ-50 con 51,92 g, SATIVA con 49,44 g y ZETA-15 con un promedio de 43,57 g., observándose que el mejor promedio en su estudio es el menor promedio en el presente estudio.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación “Análisis de la calidad molinera de 14 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) cultivadas en el área del proyecto CEDEGE, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos”, se determinaron las siguientes conclusiones y recomendaciones:

5.1. Conclusiones:

- En este estudio se determinó que existen cultivares de buenas características molineras similares a las variedades comerciales que actualmente existen en el Ecuador.
- Las variedades que presentaron los mejores rendimientos de arroz flor fueron G-112-UTB, FE-103-UTB y FI-107-UTB.
- Las variedades BA-100-UTB, FI-105-UTB y FL-110-UTB alcanzaron la mayor densidad (g/L).
- La variedad BA-100-UTB presentó el mayor peso de arroz integral y el menor peso fue la variedad G-113-UTB.
- La variedad BA-100-UTB fue la obtuvo el menor porcentaje de cáscara y G-113-UTB fue la de mayor porcentaje.
- En términos de masa blanca, las variedades que presentaron los más altos valores fueron G-112-UTB, FI-107-UTB, FE-103-UTB y G-111-UTB.

- La variedad G-112-UTB alcanzó el menor peso de polvillo, mientras que la variedad BA-100-UTB, fue la de mayor peso.
- En relación al peso de arrocillo, la variedad G-111-UTB presentó el mayor valor, mientras la variedad BR-101-UTB alcanzó el menor peso.
- El análisis de variabilidad relativa (%) permitió seleccionar los cultivares BA-100-UTB, FI-105-UTB, FL-110-UTB, G-112-UTB, FI-104-UTB y G-111-UTB por presentar mejor densidad (g/L) y menor variabilidad relativa (%). Igualmente, los cultivares G-112-UTB, FE-103-UTB, FI-107-UTB, Br-101-UTB, FL-109-UTB, CA-102-UTB, se seleccionaron por presentar los mayores pesos de arroz flor, y menor variabilidad relativa (%).

5.2. Recomendaciones:

- Realizar estudios sobre manejo del cultivo de arroz aplicando las tecnologías disponibles para determinar su efecto sobre la calidad molinera para medir principalmente el parámetro de densidad (g/L), el mismo que refleja si un cultivo ha sido bien manejado o no.
- Se recomienda sembrar las variedades de arroz en distintos sectores arroceros para determinar su efecto sobre la calidad molinera.
- Se recomienda hacer estudios de calidad molinería correlacionadas a calidad sensorial de las variedades.

BIBLIOGRAFÍA

- Amézquita Varón, N. F. (2012). *Estimación de parámetros genéticos para rendimiento y calidad de grano en una población de líneas recombinantes endogámicas de arroz (Oryza sativa L.) a través de varios ambientes*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Posgrados, Colombia.
- Arregoces, O., Rosero, M., & González, J. (2005). *Morfología de la planta de arroz*. Guía de estudio, Colombia.
- Augusto, C., & Valencia, M. (1994). *Evaluación de calidad de arroz*. Biblioteca Agropecuaria de Colombia, Colombia.
- Castañeda Sarmiento, D. (2014). *Efecto de las leonardita sobre la eficiencia del nitrógeno en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agraria, Ecuador.
- Castillo, A. N. (2007). *Molinería de arroz en trópicos*. Colombia: Primera Edición.
- Celi, R. (2007). *Obtención variedades de arroz en Ecuador*. INIAP, Boliche, Guayaquil.
- CIAT. (1989). *Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz*. Colombia: Tercera edición.
- FAO. (1994). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
- Gaviria, L. J. (2000). *Molinería de arroz en los trópicos*. Colombia.
- ICONTEC. (2001). *Arroz elaborado blanco para consumo*. Norma técnica colombiana, Bogotá.

- India-Pronaca. (2013). *Catálogo de Productos*. Procesadora Nacional de Alimentos, Ecuador.
- INIAP. (2013). *Variedades liberadas por el INIAP*. Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuarias.
- Juliano, B. O. (1985). *Chemistry and technology of rice*. . American Association of Cereal Chemists. Colombia: Criteria and test for rice grain qualities.
- Juliano, B. O. (1993). *Rice in Human Nutrition*. Agricultural Organization of the United Nations, FAO.
- Kepiro, J. L. (2006). *Molecular markers for milling yield*. Texas.
- Landires Gaspar, D. G., & Márquez Borbor, G. C. (2013). *Análisis del contenido amilosa - amilopectina en seis variedades de arroz Ecuatoriano*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil.
- Mamani, C. (2013). *Fertilización nitrogenada efecto del momento de aplicación sobre el rendimiento y la calidad en genotipico de arroz (Oryza sativa L.) de alta contenido proteico*. Programa de arroz, Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Argentina.
- Mao-Mao, L. (2010). *Identification of quantitative trait loci for grain traits in japonica Rice*. Agricultural sciences in China.
- Martinez , C. (1989). *Evaluación de la calidad molinera y culinaria de arroz*. Colombia.
- Navas, F. J., & Delgado Lozano, L. (1967). *Evaluación de calidad de arroz*. SAG, Instituto Nacional de Investigación Agrícolas, México.

- Piedra Rivas, S. E. (2010). *Mejoramiento del control de la etapa de pulido mediante el análisis de regresión de las variables que inciden en el proceso de pilado del arroz*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencia de la Producción, Guayaquil.
- Pincirolí, M. (2010). *Proteínas de arroz propiedades estructurales y funcionales*. Universidad Nacional de La Plata, Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Alimentos, Argentina.
- Pronaca. (2013). *SFL 09, la nueva semilla de arroz de India*. Ecuador.
- Quirós Ramos, C. A. (2013). *Evaluación de tres formulaciones químicas comerciales de fungicidas sobre la germinación de semilla, en el crecimiento de la plántula y capacidad de establecimiento en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronomía, Costa Rica.
- S.A. (2005). *Manual de proceso de producción agricorp*, Nicaragua.
- SAG, S. (2003). *Manual técnico para el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*, Camayagua.
- Shao, G. (2010). *Mapping of qGL7-2, a grain length QTL on chromosome 7 of rice. journal of genetic and genomics*. Colombia.
- Solórzano Serrano, A. (2004). *Evaluación de calidad molinera de variedades de arroz producido en calabozo, Estado Guárico*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Venezuela.
- Torres Delgado, J. R. (2007). *Estudio de la calidad de molinería a nivel de laboratorio de catorce variedades de arroz (Oryza sativa L.), sembradas bajo condiciones de riego*. Facultad de Ciencias Agraria, Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador.

Villalva León, T. S. (2010). *Análisis de la aplicación profunda de briquetas de urea en el cultivo de arroz por siembra al voleo*. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencia de la Producción, Escuela Superior Politécnica Litoral, Guayaquil.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza (SC tipo I) del Porcentaje de impureza (%) realizado con las catorce variedades. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	106,20	13	8,17	6,84	<0,0001
Variedades	106,20	13	8,17	6,84	<0,0001
Error	45,36	28	1,19		
Total	151,56	51			

Anexo 2. Análisis de varianza (SC tipo I) de la Densidad del grano (g/L) en las catorce variedades. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	35179,50	13	2706,12	5,44	<0,0001
Variedades	35179,50	13	2706,12	5,44	<0,0001
Error	18918,25	38	497,85		
Total	54097,75	51			

Anexo 3. Análisis de varianza (SC tipo I) de la longitud del grano cáscara (mm) en las catorce variedades. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,93	13	0,53	1,63	<0,1182
Variedades	6,93	13	0,53	1,63	<0,1182
Error	12,39	38	0,33		
Total	19,31	51			

Anexo 4. Análisis de varianza (SC tipo I) del Peso de cáscara (g) de las catorce variedades FACIAG-UTB. Ecuador, 2018

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	151,53	13	11,66	3,77	0,0007
Variedades	151,53	13	11,66	3,77	0,0007
Error	117,51	38	3,09		
Total	269,04	51			

Anexo 5. Análisis de varianza (SC tipo I) del Peso del grano integral (g) de las catorce variedades. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	151,53	13	11,66	3,77	0,0007
Variedades	151,53	13	11,66	3,77	0,0007
Error	117,51	38	3,09		
Total	269,04	51			

Anexo 6. Análisis de varianza (SC tipo I) Masa blanca (g) de las catorce variedades FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	358,59	13	27,38	0,89	0,5660
Variedades	358,59	13	27,38	0,89	0,5660
Error	1172,17	38	30,85		
Total	1530,76	51			

Anexo 7. Análisis de varianza (SC tipo I) de Peso polvillo (g) de las catorce variedades FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	246,26	13	18,94	0,81	0,6491
Variedades	246,26	13	18,94	0,81	0,6491
Error	891,70	38	23,47		
Total	1137,96	51			

Anexo 8. Análisis de varianza (SC tipo I) Peso de grano quebrado-arrocillo (g) de las catorce variedades FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	336,46	13	25,88	2,13	0,0350
Variedades	336,46	13	25,88	2,13	0,0350
Error	461,47	38	12,14		
Total	797,93	51			

Anexo 5. Análisis de varianza (SC tipo I) del Peso del grano integral (g) de las catorce variedades. FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	151,53	13	11,66	3,77	0,0007
Variedades	151,53	13	11,66	3,77	0,0007
Error	117,51	38	3,09		
Total	269,04	51			

Anexo 6. Análisis de varianza (SC tipo I) Masa blanca (g) de las catorce variedades FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	358,59	13	27,38	0,89	0,5660
Variedades	358,59	13	27,38	0,89	0,5660
Error	1172,17	38	30,85		
Total	1530,76	51			

Anexo 7. Análisis de varianza (SC tipo I) de Peso polvillo (g) de las catorce variedades FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	246,26	13	18,94	0,81	0,6491
Variedades	246,26	13	18,94	0,81	0,6491
Error	891,70	38	23,47		
Total	1137,96	51			

Anexo 8. Análisis de varianza (SC tipo I) Peso de grano quebrado-arrocillo (g) de las catorce variedades FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	336,46	13	25,88	2,13	0,0350
Variedades	336,46	13	25,88	2,13	0,0350
Error	461,47	38	12,14		
Total	797,93	51			

Anexo 9. Análisis de varianza (SC tipo I) Arroz flor (g) de las catorce variedades FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	796,88	13	61,30	0,84	0,6211
Variedades	796,88	13	61,30	0,84	0,6211
Error	2785,10	38	73,29		
Total	3581,97	51			

Anexo 10. Análisis de varianza (SC tipo I) Longitud del grano pulido (mm) de las catorce variedades FACIAG-UTB. Ecuador, 2018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,13	13	0,39	2,57	0,0119
Variedades	5,13	13	0,39	2,57	0,0119
Error	5,84	38	0,15		
Total	10,96	51			