



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y  
VETERINARIA**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Trabajo de Integración Curricular, presentado al H. Consejo Directivo de la  
Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Determinación de contenido de amilosa y características molineras en  
cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), en la zona de Babahoyo, provincia de  
Los Ríos”

**AUTOR:**

Roger Valentin Salazar Moran

**TUTOR:**

Ing. Agr. Orlando Ramón Olvera Contreras, MAE

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2023

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS .....	V
ÍNDICE DE CUADROS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	VIII
RESUMEN .....	IX
SUMMARY .....	X
CAPÍTULO I .....	1
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Contextualización de la situación problemática .....	2
1.1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.1.2 Justificación .....	3
1.3 Objetivos .....	3
1.4 Hipótesis .....	4
CAPÍTULO II .....	5
II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Generalidades del cultivo .....	5
2.2 Características botánicas del arroz .....	6
2.2.1 Raíz .....	6
2.2.2 Tallo .....	6
2.2.3 Hojas .....	7
2.2.4 Semilla .....	7
2.3 Periodo vegetativo .....	7
2.4 Requerimientos edafoclimáticos .....	8
2.4.1 Clima .....	8
2.4.2 Suelo .....	8
2.4.3 Temperatura .....	8
2.4.4 Riego .....	8
2.5 Nutrición en arroz .....	9
2.6 Variedades de arroz en Ecuador .....	9
2.7 Características morfológicas del grano de arroz .....	10
2.7.1 Cáscara .....	11
2.7.2 Arroz integral .....	11
2.7.3 Polvillo .....	12

2.7.4 Arroz blanco .....	12
2.7.5 Grano clasificado.....	12
2.7.6 Arrocillo .....	13
2.7.7 Amilosa .....	13
2.8 La calidad del arroz .....	13
2.9 La calidad molinera.....	14
2.10 Factores de manejo agronómico.....	14
2.11 Factores industriales.....	15
2.12 Índice de pilada en cosecha oportuna.....	15
2.13 Variabilidad genética.....	15
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>17</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	17
3.2 Tipo de investigación .....	17
3.3 Línea de investigación de FACIAG .....	17
3.4 Operacionalización de las variables .....	18
3.5 Ubicación del sitio experimental.....	19
3.6 Material genético de arroz.....	19
3.7 Factores estudiados. ....	19
3.8 Métodos.....	19
3.9 Tratamientos.....	19
3.10 Diseño experimental y análisis estadísticos. ....	20
Modelo PROMVAR.....	21
3.11 Variables estudiadas.....	21
3.12 Aspectos éticos.....	27
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>29</b>
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
4.1 Cáscara (%) .....	29
4.2 Integral (%) .....	30
4.3 Clasificado (%).....	31
4.4 Arrocillo (%) .....	32
4.5 Polvillo (%) .....	33
4.6 Panza blanca (%).....	34
4.7 Contenido de proteína (%) .....	35

4.8 Contenido de amilosa (%).....	36
4.9 Análisis de componentes principales .....	37
4.10 Análisis de conglomerados.....	39
4.11 Análisis de la estadística descriptiva.....	40
4.12 Cuadro de correlaciones de Pearson.....	42
4.13 Análisis de variabilidad relativa .....	43
CAPÍTULO V.....	54
V. DISCUSIÓN .....	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	46
5.1 Conclusiones: .....	46
5.2 Recomendaciones.....	46
REFERENCIAS .....	47
ANEXOS .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 . Muestras empaquetadas de semillas de siete cultivares de arroz de la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos.....	21
Figura 2 . Determinación de humedad de las semillas de arroz.....	22
Figura 3 . Pesado de las semillas de arroz.....	23
Figura 4 . Secado de las semillas de arroz.....	23
Figura 5 . Limpieza de las semillas de arroz.....	23
Figura 6 . Recolección (a) y Empaquetado (b) de las muestras limpias. ....	24
Figura 7 . Descascarado de las semillas de arroz. ....	24
Figura 8 . Arroz integral (a) y Cáscara (b). ....	24
Figura 9 . Pulido del grano de arroz integral.....	25
Figura 10 . Polvillo (a) y Masa blanca (b).....	25
Figura 11 . Clasificación del grano de arroz pulido. ....	26
Figura 12 . Arroz clasificado (a) y arrocillo (b). ....	26
Figura 13 . Determinación del contenido de amilosa y proteínas en granos de arroz clasificado. ....	27
Figura 14 . Contenido de amilosa y proteínas en porcentaje. ....	27
Figura 15 . Análisis de componentes principales de las características molineras y contenido de amilosa de siete cultivares de arroz en la zona de Babahoyo. ....	37
Figura 16 . Análisis de conglomerados(Distancia Euclídea, método Ward), para la agrupación de la similitud de los cultivares comerciales de arroz. ....	40
Figura 17 . Variabilidad relativa (%) representada por un diagrama de cuatro de celdas en la variable rendimiento de grano clasificado (%) de siete cultivares de arroz. ....	43

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Operacionalización de las variables.....	18
<b>Cuadro 2.</b> Tratamiento del ensayo, Evaluación del contenido de amilosa y características molineras de siete cultivares de arroz de la zona de Babahoyo.....	20
<b>Cuadro 3.</b> Análisis de la estadística descriptiva.....	41
<b>Cuadro 4.</b> Matriz de correlaciones lineales $r$ (momento producto de Pearson), entre las características molineras y contenido de amilosa en siete cultivares de arroz. ....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> . Análisis de varianza .....	21
<b>Tabla 2</b> . Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=1,07821) de la variable cáscara en siete cultivares de arroz.. .....	29
<b>Tabla 3</b> . Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=1,07821)de la variable integral en siete cultivares de arroz.. .....	30
<b>Tabla 4</b> . Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,95594)de la variable clasificado en siete cultivares de arroz.. .....	31
<b>Tabla 5</b> . Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,79250) de la variable arrocillo en siete cultivares de arroz.. .....	32
<b>Tabla 6</b> . Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,82989) de la variable polvillo en siete cultivares de arroz.. .....	33
<b>Tabla 7</b> . Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=2,94380) de la variable panza blanca en siete cultivares de arroz.. .....	34
<b>Tabla 8</b> . Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,23412) de la variable contenido de proteína en siete cultivares de arroz.. .....	35
<b>Tabla 9</b> . Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=4,58382) de la variable contenido de amilosa en siete cultivares de arroz.. .....	36
<b>Tabla 10</b> . Autovalores, proporción distribuida y la proporción acumulada de las variables de características molinera y de rendimiento (granos clasificado %). de siete cultivares de arroz en la Zona de Babahoyo.. .....	38
<b>Tabla 11</b> . Correlaciones de los caracteres observados entre las ocho variables de características molinera y de rendimiento granos clasificado %. de siete cultivares de arroz en la Zona de Babahoyo.....	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1 .</b> Análisis de la Varianza de la variable cáscara en siete cultivares de arroz.	51
<b>Anexo 2 .</b> Análisis de la Varianza de la variable integral en siete cultivares de arroz...	51
<b>Anexo 3 .</b> Análisis de la Varianza de la variable clasificado en siete cultivares de arroz.....	52
<b>Anexo 4 .</b> Análisis de la Varianza de la variable arrocillo en siete cultivares de arroz...	52
<b>Anexo 5 .</b> Análisis de la Varianza de la variable polvillo en siete cultivares de arroz...	53
<b>Anexo 6 .</b> Análisis de la Varianza de la variable panza blanca en siete cultivares de arroz.....	53
<b>Anexo 7 .</b> Análisis de la Varianza de la variable contenido de proteína en siete cultivares de arroz... ..	54
<b>Anexo 8 .</b> Análisis de la Varianza de la variable contenido de amilosa en siete cultivares de arroz... ..	54
<b>Anexo 9 .</b> Cronograma de actividades (enero-abril 2023).....	55
<b>Anexo 10 .</b> Presupuesto del experimento.....	56

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad de Granos de la Universidad Técnica de Babahoyo. Se determinó el contenido de amilosa y las características molineras de siete cultivares de arroz, los cuales son IMPACTO, SFL-11, VALOR, ÉLITE, FERÓN, ARENILLAS y LÍNEA SN que provinieron de la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos. Las variables estudiadas fueron las siguientes y se describen a continuación: Cáscara (%), integral (%), polvillo (%), arroz clasificado (%) o granos enteros, arrocillo (%) o granos quebrados, panza blanca (%), contenido de amilosa (%) y contenido de proteínas (%). Para el análisis estadístico de las variables se utilizó el análisis de varianza ANDEVA, Diseño Completamente al Azar (DCA), la prueba de Tukey al 95%, estadística descriptiva, Clúster o conglomerado, correlación de Pearson, modelo de PROMVAR para la determinación de la variabilidad relativa (%) y el análisis de componentes principales.

En lo referente a los resultados, en este estudio se determinó que existen cultivares de muy buenas características molineras en la zona en mención, destacando que ciertos cultivares si resultan con las ventajas que se mencionan. El cultivar que presentó el porcentaje más alto rendimiento de grano clasificado fue el cultivar SFL-11. Los cultivares que presentaron menor porcentaje de cáscara fueron: SFL-11 e Impacto. Los cultivares Impacto y SFL-11 mostraron los niveles más altos de grano integral. El cultivar Élite fue el que presentó el valor más bajo en las variables arrocillo y polvillo. El mayor porcentaje de contenido de amilosa fueron: Arenillas, Élite e Impacto.

**Palabras clave:** Arroz, Calidad Molinera, Amilosa, Cultivares.

## SUMMARY

The present research was conducted in the Grain Quality Laboratory of the Technical University of Babahoyo, Ecuador. The amylose content and milling characteristics of seven rice cultivars were determined, which are IMPACTO, SFL-11, VALOR, ELITE, FERÓN, ARENILLAS and LÍNEA SN that came from the Babahoyo area, Los Ríos province. The studied variables were shell (%), integral grain (%), dust (%), classified rice (%) or whole grains, broken rice grains(%), white belly (%), amylose content (%) and protein content (%). For the statistical analysis of the variables, the analysis of variance ANDEVA, Completely Random Design (DCA), Tukey's test at 95%, descriptive statistics, Euclidean Cluster, Pearson correlation, PROMVAR model for the determination of relative variability (%) and principal components analysis were used.

Regarding the results, in this study it was determined that there are cultivars of particularly good milling characteristics in the area in question, highlighting that certain cultivars do result with the advantages mentioned. The cultivar that presented the highest percentage of classified grain yield was the SFL-11 cultivar. The cultivars that presented the lowest percentage of shell were: SFL-11 and Impacto. The named cultivars Impacto and SFL-11 showed the highest levels of whole grain. The Elite cultivar was the one that presented the lowest value in the variables broken grain rice and dust. The highest percentage of amylose content were Arenillas, Elite and Impacto.

**Keywords:** Rice, Milling Quality, Amylose, Cultivars.

## CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cereales de mayor importancia en el mundo, suscitando una alta influencia en la nutrición humana y en la seguridad alimentaria. Aspectos importantes de esta gramínea son las características culinarias, las cuales están relacionadas con la estructura química del almidón. Este polímero está compuesto por dos moléculas, una de ellas es la amilosa y la segunda la amilopectina, el mayor o menor contenido de amilosa en el grano determina la calidad en cuanto a su cohesividad, textura y brillo del mismo cocido. Por lo general, se puede considerar que el contenido de amilosa relaciona varias características de la calidad culinaria (Loaiza y Larrahondo 2017).

El contenido de amilosa determina la textura, ternura, pegajosidad y volumen de expansión del arroz cocido. En función de su porcentaje de amilosa (método colorimétrico) las variedades pueden clasificarse como de amilosa baja (7 - 20 %), intermedia (20 - 25 %) o alta (> 25 %). Los arroces con alto contenido de amilosa luego de su cocción son más firmes y secos. El contenido de amilosa del grano de arroz tiene un considerable impacto en su aceptabilidad y propiedades sensoriales, como la textura del mismo cocinado. La cantidad de amilosa está relacionada de forma directa con la absorción de agua, el volumen de expansión, la separación de los granos cocidos, la suavidad y relacionado de manera inversa con la cohesividad, la blandura, y el brillo del grano (Olmos 2007).

La calidad molinera y culinaria permiten estimar si un arroz cumple con los requisitos industriales para la obtención del arroz de mesa y posee las características de consumo requeridas por el consumidor (Ávila 2015).

Las características del grano son controladas vía genética y están influenciadas por el ambiente donde se desarrolle el cultivo, el manejo agronómico, el proceso de cosecha y las condiciones de secado y almacenamiento del grano. A pesar de la diversidad de las características de calidad del arroz requeridas por los diferentes productos existentes en el mercado, esta puede considerarse pequeña si se compara con la variabilidad genética del arroz existente en el mundo (Bergman *et al.* 2004).

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 toma una muestra (empacada en bolsa de papel) de 600 gramos de cada una de las parcelas, se realiza la extracción de impurezas o venteado, secando en estufa a temperatura constante de 32 °C hasta obtener un 14 % de humedad (Amézquita 2012).

La calidad del grano de arroz es una característica muy importante para la industria y los agricultores, pues determina el rendimiento final y el precio del producto elaborado. Lo primero que se hace en el procesamiento industrial del arroz es la remoción de la cáscara del grano, lo que da continuidad a un grano con tegumento que se conoce como grano integral. Este tegumento pegado al grano está constituido por la aleurona, el pericarpio y el embrión. Luego el tegumento es separado del grano para obtener el arroz pulido. La calidad industrial se evalúa principalmente como porcentaje de grano integral, grano industrial, o grano clasificado. La calidad de industria es una característica compleja que junta varios productos, todos ellos influenciado por factores genéticos y ambientales (Sánchez 2012).

En el presente trabajo experimental se determinaron las características molineras y el contenido de amilosa y proteínas en siete cultivares de arroz en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos.

## **1.1 Contextualización de la situación problemática**

### **1.1.1 Planteamiento del problema**

Ecuador es un país que está sujeto en gran parte a la producción de arroz, debido a esto el consumidor de este producto agrícola tiende a exigir la mayor calidad posible, las exigencias del consumidor van direccionadas a tener un producto que agrupe todas sus expectativas en este caso. Pero la producción de este grano en muchas ocasiones se ve afectada por algún factor ambiental o de manejo, lo que lógicamente incide en las características y calidad del grano.

Esta gramínea viene siendo por mucho tiempo uno de los cereales más consumidos a nivel mundial y nacional, por lo que es un producto muy destacado en la comercialización

y debido a esto, los agricultores se fijan mucho en las características molineras. La idea o finalidad es dar a conocer la calidad molinera de 7 cultivares de arroz ya conocidos en la zona de Babahoyo.

### **1.1.2 Justificación**

La calidad molinera y culinaria permiten estimar si un arroz cumple con los requisitos industriales para la obtención del arroz de mesa y posee las características de consumo requeridas por el consumidor (Ávila 2015).

El contenido alto de amilosa está relacionado también a una mayor tolerancia a la fermentación del almidón, este proceso se realiza en el intestino grueso del hombre, lo cual tiene varios efectos positivos en la salud, como la reducción del índice de glucosa. En este aspecto, se ha comprobado una amplia variación genética ligada al índice glicémico y varios alelos tienen una influencia diferencial en el nivel del índice glicémico. Esta problemática podría permitir seleccionar genotipos y desarrollar nuevas variedades que contribuyan a mantener un índice glicémico bajo, basado en el contenido de amilosa y otras características químicas del grano. Es así como, la ingesta de arroz con más alto contenido de amilosa, fibra soluble en el grano, puede favorecer la retención de un menor índice glicémico (Ortiz *et al.* 2006).

A pesar de la diversidad de las características de calidad del arroz requeridas por los diferentes productos existentes en el mercado, esta puede considerarse pequeña si se compara con la variabilidad genética del arroz existente en el mundo (Bergman *et al.* 2004).

El presente trabajo experimental tiene como finalidad determinar las características molineras y el contenido de amilosa de siete cultivares de arroz en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar el contenido de amilosa y características molineras en siete cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las características molineras de los cultivares de arroz.
- Establecer el contenido de amilosa en los granos de arroz provenientes de la zona de Babahoyo.

### 1.4 Hipótesis

**H<sub>0</sub>**= Los siete cultivares de arroz se asemejan en su contenido de amilosa y características molineras.

**H<sub>1</sub>**= Por lo menos uno de los cultivares es diferente en su contenido de amilosa y características molineras.

## CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO

### 2.1 Generalidades del cultivo

El cultivo del arroz, tiene sus comienzos hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Esta gramínea es considerada como el alimento básico para más de la mitad de la población del planeta. A nivel mundial, este se encuentra ocupando el segundo lugar solo después del trigo con respecto a la superficie cosechada. Este grano es de mucha importancia económica y alimenticia ya que proporciona más calorías por hectárea que cualquiera de los otros cereales cultivados en el mundo (Acevedo *et al.* 2006).

Este cereal en nuestro país ocupa el segundo lugar en la producción de granos alimenticios solamente por detrás del cultivo de maíz, actualmente el cultivo de arroz cubre la demanda interna y sitúa al país como potencial productor de este, se estimaron alrededor de 370.406 hectáreas cultivadas en 2017 y se prevé que en la actualidad el área cultivada ascienda. Además de su gran importancia alimenticia, este cultivo se encarga de proporcionar empleo a la mayoría de las personas del sector rural que dependen mucho de la agricultura por lo general (Zambrano *et al.* 2019).

A nivel mundial este cultivo era solo una planta silvestre, la misma que con el pasar del tiempo se fue domesticando hasta llegar a ser lo que es en la actualidad, uno de los cultivos mayormente comercial a nivel mundial. Cabe recalcar que de todas las especies de arroz que existen *Oryza sativa* es la de mayor importancia económica a nivel global, ya que se cultiva en todo el mundo, su desarrollo es de condiciones muy favorables en climas tropicales y templados (Alvarado 2016).

A nivel nacional el arroz se cultiva en la región Litoral, principalmente en las provincias del Guayas y Los Ríos. Las zonas arroceras de nuestro país, tienen un amplio rango en la distribución de los factores climáticos que es distinto desde el trópico húmedo hasta el trópico seco, con temperaturas que empiezan desde los 20 °C hasta los 30 °C, precipitaciones máximas de 2500 mm y mínimas de 500 mm por año con una humedad relativa muy alta. Estas áreas son muy fértiles y su mayor limitante es la inadecuada disponibilidad de agua, factor que en extensas zonas de secano es mínimo, sujeto a las lluvias (INIAP 2014).

Las investigaciones que se empezaron a llevar a cabo en Enero de 1969 fueron las encargadas de priorizar la obtención de variedades de arroz de alto rendimiento, que por lo general son resistentes o tolerantes a distintas plagas y enfermedades, buena calidad molinera y culinaria, más el estudio y validación de prácticas de cultivo adecuadas que permiten o generan el aumento de la producción nacional. La buena calidad de grano va en función de la demanda del productor, industrial y por último el consumidor. Las variedades que el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias selecciona para su distribución son de grano largo, extralargo, translúcido, más del 60% de grano entero al pilar, y de textura suave y granos sueltos al cocinarse (INIAP 2014).

## **2.2 Características botánicas del arroz**

El arroz es una planta herbácea anual de ciclo corto que se cultiva en condiciones casi permanentes de inundación. Se compone de un tallo recto dispuesto que comúnmente se denomina macollo, con raíces delgadas, fibrosas, cilíndricas y en penacho. Las plantas tienen de 7 a 11 hojas en la fase vegetativa y alcanza una altura que varía de 80 a 150 cm dependiendo de la variedad y el ambiente de cultivo (Franquet 2002).

### **2.2.1 Raíz**

Las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Tiene dos tipos de raíces: las seminales, que surgen del rizoma y son de naturaleza transitoria, y las raíces adventicias secundarias, que se ramifican libremente y se desarrollan a partir de los nudos inferiores de los tallos jóvenes. Este último es el encargado de reemplazar las raíces seminales. Las raíces normales solo crecen unos 40 cm de profundidad (Olmos 2006).

### **2.2.2 Tallo**

El tallo es considerado una de las principales características de las gramíneas, este a su vez está formado por nudos y entrenudos alternos, cilíndricos, multinudos lisos, de 60-120 cm de largo. Todos los macollos vienen siendo tallos secundarios que crecen a partir de yemas terminales. El macollamiento empieza a partir del primer nudo. El primer macollo inicia su desarrollo una vez que la plántula posee alrededor de cinco hojas (entre 15 o 20 días de haber emergido), ubicándose entre la segunda hoja a partir de la base y el tallo principal. Los macollos se encuentran adheridos a la planta pero en etapas muy

avanzadas estos pueden llegar a crecer de forma independientes porque pueden producir sus propias raíces (Guillén *et al.* 2020).

### **2.2.3 Hojas**

Las hojas son alternas y éstas se encuentran a lo largo del tallo. En este se encuentra la vaina, una zona de conexión y una laminilla. La espiguilla está formada por un pequeño tallo denominado raquis, sobre el que se forma una flor simple formada por dos brácteas denominadas estériles y superiores que forman el cáliz. Una flor consta de seis estambres y un pistilo. El estambre consiste en filamentos que llevan anteras cilíndricas, cada una de las cuales contiene de 500 a 1000 granos de polen (Villar 2011).

### **2.2.4 Semilla**

El grano de arroz es una estructura compleja que consta de una cubierta protectora exterior llamada cáscara (lemma y palea) y la cariósida que la recubre. El arroz integral está constituido por una capa exterior (pericarpio) que recubre la semilla y el nucellus que cubre el embrión y endospermo. Por otro lado, el endospermo consiste en una capa debajo de la capa de aleurona (subaleurona) y el almidón o endospermo interior. Los embriones están constituidos por una capa debajo de la aleurona y el almidón. El embrión se conforma del esculeto, la plúmula, la radícula y el epiblasto (Paredes *et al.* 2018).

## **2.3 Periodo vegetativo**

El periodo de duración del ciclo de esta gramínea es de aproximadamente 115 días, dependiendo de los factores climáticos. El cultivo de arroz presenta un macollamiento intermedio de aproximadamente 15 macollos por planta; con un crecimiento semi-erecto y una altura de entre 105 y 125 cm. Tiene un follaje color verde durante todo el proceso de desarrollo y crecimiento, posee una senescencia tardía. Las plantaciones de arroz presentan tres fases de desarrollo bien establecidas, las cuales tienen períodos de crecimiento orientadas en cuanto a la diferenciación de la planta y los días que duran estas tres fases: vegetativa, reproductiva y de maduración (Guillén *et al.* 2020).

## **2.4 Requerimientos edafoclimáticos**

### **2.4.1 Clima**

Esta gramínea se trata de un cultivo tropical y subtropical, gran parte de la producción a nivel mundial se lleva a cabo en climas húmedos tropicales, pero también cumple su desarrollo perfectamente en las regiones húmedas de los subtrópicos y en climas templados, es decir son condiciones aptas para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Las precipitaciones son muy favorables para el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando estas se ejecutan en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de estas (Infoagro 2017).

### **2.4.2 Suelo**

El cultivo se puede llevar a cabo en una variada gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Por lo general se cultiva en suelos de textura fina y media, propias del proceso de sedimentación en las extensas llanuras inundadas y deltas de los ríos. Los suelos de textura fina hacen más difícil las labores, pero resultan más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y otorgar más nutrientes. Por tanto la textura del suelo tiene un papel muy importante en el manejo del riego y de la fertilización (Infoagro 2017).

### **2.4.3 Temperatura**

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13 °C, siendo su óptimo entre 30 y 35 °C. Por arriba de los 40 °C no se produce la germinación. El desarrollo del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo de 7° C, encontrando su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores, las plantas crecen de forma más rápida, pero los tejidos se hacen demasiado blandos, siendo más vulnerables a los ataques de enfermedades. Para el espigado influye mucho la temperatura (Infoagro 2017).

### **2.4.4 Riego**

El agua es un recurso que influye decisivamente sobre las condiciones en que se desarrolla el cultivo de arroz, de allí que lo relacionado con su disponibilidad, forma de permanencia en el suelo y manejo, son variables que sirven de base para diferenciar las áreas arroceras en zonas de secano y zonas de riego. Se estima que un 60 % del área sembrada es de secano y 40 % de riego (INIAP 2014).

## **2.5 Nutrición en arroz**

Los principales nutrientes del cultivo de arroz son el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Además de estos, es necesario que absorba también cantidades importantes de azufre, magnesio, silicio, y zinc. Actualmente la ciencia y la tecnología han generado mucha información sobre nutrición, de manera que hoy en día existen nuevos productos y tecnologías para el manejo favorable en este ámbito, ya que por lo general en estos cultivos es donde más se han implementado diversas prácticas culturales, así como la aplicación de una amplia gama de productos que mejoran su manejo y productividad. El manejo adecuado de fertilizantes y sus dosis es de mucha importancia en la producción de cultivos de arroz en Ecuador, por ende existe la necesidad de llevar a cabo investigaciones que ayuden a obtener un equilibrio nutricional entre los macro y micronutrientes necesarios para aumentar los niveles de productividad (Fertiberia 2016).

La mayoría de los productores de arroz se enfocan en la fertilización principalmente con N, P, K, B, Zn Y S, en donde las fuentes y épocas dependen por lo general del tipo de suelo y de las condiciones climáticas. Para establecer el manejo de nutrientes de un cultivar determinado hay que tener un claro conocimiento de las diferentes etapas de desarrollo y crecimiento del cultivo, y las necesidades nutricionales en cada una de las etapas de este (Molina y Rodríguez 2012).

## **2.6 Variedades de arroz en Ecuador**

INIAP IMPACTO, es una variedad con excelentes características agronómicas, posee buena calidad de grano y este es considerado como extralargo, es cristalino de buena calidad molinera y culinaria, presenta un índice de pilado del 61% con un contenido de amilosa alrededor del 26%, tiene un ciclo vegetativo que va desde los 121 a 136 días, esto depende de la época y zona del cultivo. Tiende a producir de 6 a 10 t.ha<sup>-1</sup> bajo un manejo adecuado y condiciones óptimas, bajo condiciones de campo tiene tolerancia y resistencia a las principales enfermedades que atacan al cultivo, además suma su resistencia al acame (INIAP 2020).

SFL-11, variedad de arroz que se cultiva en los suelos con fácil drenaje. Mantiene un ciclo vegetativo que oscila entre los 127 a 131 días, con una altura de planta alrededor de 126 cm, grano largo, con un índice al pilar del 67 %, con desgrane intermedio. Este cultivar se caracteriza por su alto vigor, alta productividad y muy buena calidad de grano.

Es tolerante a ciertas enfermedades que afectan el cultivo como a la hoja blanca y con una ligera susceptibilidad al manchado del grano. Dependiendo de las condiciones los rendimientos van desde las 4 a 8 t.ha<sup>-1</sup> (Vergara 2020).

VALOR, es una variedad de arroz que se desarrolló hace poco, la misma tiene mejores características agronómicas y fitosanitarias que algunas variedades comerciales ya existentes. Igualmente, presenta un elevado potencial de rendimiento, una excelente calidad molinera y culinaria. Esta variedad favorece mucho a los agricultores con respecto los costos de producción, ya que de forma directa reduce los mismos al tener una muy buena resistencia a algunas enfermedades. El periodo vegetativo de este cultivar es de aproximadamente 140 días, altura de planta superior a los 110 cm, con un rendimiento al pilar de 66% (El Potrero 2018).

ÉLITE, es una variedad de arroz desarrollada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, a nivel de campo presenta un potencial rendimiento de 10 t.ha<sup>-1</sup>, con un ciclo vegetativo entre 125 y 140 días, dependiendo de la zona y época del cultivo. Se destaca por su buen potencial de producción y tolerancia a insectos plaga y enfermedades que afectan al cultivo de arroz. Posee resistencia al acame, presenta grano considerado extralargo de 7,6 mm sin cáscara, es cristalino y de calidad molinera y culinaria muy buena, con un 64% de grano entero al pilar, además de poseer un contenido de amilosa de 31,6%. Su altura de planta en promedio es de 111cm (Celi *et al.* 2020).

ARENILLAS, variedad de arroz desarrollada y liberada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, es un cultivar que cuenta con un rendimiento en promedio de 5,02 t.ha<sup>-1</sup>, y muestra tolerancia a: Hoja blanca, Pyricularia, Vaneamiento y Manchado de grano. Tiene una buena calidad y producción, lo que beneficia a los productores obteniendo mejores ingresos y que los consumidores reciban un producto de buena calidad (INIAP 2017) .

## **2.7 Características morfológicas del grano de arroz**

Durante el proceso molinero del arroz para la producción de arroz blanco, se procede a eliminar la cáscara mediante el proceso de descascarado y las capas que recubren al endosperma posteriormente llamado polvillo mediante el pulido. Como subproductos se obtiene la cáscara y el afrecho o polvillo el cual está constituido por las capas finas de tejidos que recubren al grano integral y que tiene una capa de aleurona muy alta en

contenidos de proteínas y además vitaminas. El polvillo se considera altamente rico en proteínas principalmente la lisina, que por lo general este aminoácido es usualmente deficiente en los otros cereales y también en aceite (15%), por esta razón en varios países se lo usa como suplemento alimenticio para la crianza y desarrollo de varios animales (Olmos 2006).

### **2.7.1 Cáscara**

La cáscara de arroz es un tejido vegetal lignocelulósico que es formado por un 85 % de material orgánico, representado por celulosa, lignina, D-xilosa y en cantidades inferiores de D- galactosa. Los principales usos que se le otorga a la cascarilla de arroz son: la producción de silicatos, biocombustibles, como material para la elaboración de cemento, otra alternativa es la utilización como material absorbente en procesos para remover contaminantes, con el fin de solucionar problemas de contaminación, además de ser usado para fines netamente agrícolas como lo es para la preparación de sustratos o turba en viveros (Llanos *et al.* 2016).

Por lo general, la cáscara se puede emplear para la elaboración de bloques y ladrillos de cemento. Cabe destacar que cuando la molienda está asignada a la producción del arroz integral, no pasa por el proceso de pulido y se conserva el polvillo. Del arroz cosechado aproximadamente el 20 % representa a la cáscara, y el 10 % pertenece al polvillo, ambos elementos son eliminados en los procesos de descascarado y pulido respectivamente. El 70% restante, está constituido por el arroz blanco que contiene granos enteros o clasificado y granos partidos o arrocillo (Olmos 2006).

### **2.7.2 Arroz integral**

El grano de arroz integral, o también conocido como arroz pardo o moreno, es el resultado del descascarado del mismo, al que solo se le ha extraído la cáscara exterior o gluma, que no es comestible. Mantiene el germen íntegro con la pequeña capa fina que lo envuelve, la misma que le otorga un color moreno claro. Presenta más valor nutricional que el arroz blanco debido a que el salvado tiene muchos elementos como vitaminas B1, B2, B3, fibra, magnesio, hierro, potasio y calcio los mismos que tienden a perderse con el proceso de pulido del grano al que es sometido el arroz blanco. El grano integral además conserva el germen que proporciona proteínas (Pedrera *et al.* 2013).

El arroz integral viene siendo el de menor consumo, a pesar de todos los beneficios en nutrientes y antioxidantes naturales que presenta, esto ha causado últimamente que exista mayor interés en su consumo como alimento rico y saludable. Aunque este tipo de arroz demuestra una desventaja, la cual es su prolongado tiempo de cocción que necesita (alrededor de 60 minutos), el cual puede llegar a ser disminuido con el desarrollo de procesos que aceleren la cocción (Colina y Guerra 2009).

### **2.7.3 Polvillo**

El polvillo de arroz es lo que resulta del pulido en la obtención del arroz blanco para la alimentación humana. En el país es de muy alta disponibilidad, también es conocido como harina o pulido de arroz. Presenta pequeñas cantidades de granos enteros, pericardio y germen. Por su alto contenido de grasa cruda no puede ser almacenado por periodos de tiempo muy largos. Se destaca que se llega a obtener un 8% de polvillo en el proceso de obtención de arroz blanco. Es un producto muy rico en almidones, grasas y proteínas este a su vez representa una alternativa como suplemento alimenticio para algunos animales (Ruiz *et al.* 2005).

### **2.7.4 Arroz blanco**

El arroz blanco o masa blanca es el resultado que se obtiene después del descascarado y posterior pulido y blanqueo del grano de arroz. Es el producto como tal más consumido, aunque presenta menos vitaminas y proteínas que el arroz integral. El mismo representa aproximadamente un 65% después del proceso de pilado. El germen o embrión del grano, se encuentra en la parte ventral del mismo y es eliminado en el proceso industrial de obtención de arroz blanco. Este es el tipo de arroz que muestra mejor digestibilidad de grasas y proteínas respecto del arroz integral (Pighín y Landeta 2019).

### **2.7.5 Grano clasificado**

El grano de arroz clasificado, es el resultado del pulido y respectiva clasificación entre el arrocillo o grano quebrado. El criterio en base a la calidad industrial que mayormente se utiliza es el rendimiento en porcentaje de grano entero, obtenido después del procesamiento de este e influye directamente en el precio que se le otorga al producto. El porcentaje de grano entero significa aproximadamente el 60% y está influenciado por

diversos factores genéticos, agronómicos, secado del grano, condiciones de cosecha y por el proceso industrial (Paredes *et al.* 2018).

### **2.7.6 Arrocillo**

El grano quebrado o arrocillo, es el producto que resulta después del respectivo pulido y clasificación de este, el cual es considerado con tal nombre por ser solo una pequeña parte del grano de arroz, menor al 50% del tamaño del grano entero o clasificado. Se considera arroz quebrado o partido a los granos que resultan tener un tamaño menor al 75% del grano entero. El arrocillo es separado de los granos enteros para tener como resultado el arroz de mesa con la calidad necesaria y adecuada para los consumidores (Picado *et al.* 2022).

### **2.7.7 Amilosa**

El contenido de amilosa en el grano de arroz es la fracción de almidón de este cereal, de función estructural formada por una red lineal de unidades de glucosa que se encuentran ligadas mediante enlace y este porcentaje de amilosa permite estimar indirectamente la calidad culinaria de arroz. Argumentados en el contenido de amilosa el arroz se puede llegar a clasificar en 5 grupos: muy bajo (5,1-12,0%), bajo (12,1-20%), intermedio (20,1-25%) y alto (> 25%). Los cultivares con muy bajo contenido de amilosa son glutinosas, que producen granos húmedos y viscosos cuando están cocinados; los de mayor cantidad de amilosa son duros y sueltos al estar cocinados (Ortiz y Ojeda. 2006).

## **2.8 La calidad del arroz**

La calidad va en relación con la longitud del grano de arroz, grano largo: corresponde al arroz cuya longitud de grano es superior a 6,6 mm. Arroz de grano medio: cuando la longitud de grano es de entre 6,2 y 6,6 mm. Arroz de grano corto: es el que cuya longitud de grano es inferior a 6,2 mm. La calidad del grano es una característica compleja que demuestra varios aspectos que están vinculados con el proceso industrial, la apariencia del grano (forma, tamaño y panza blanca), aspectos de carácter culinario, de consumo (contenido de almidón, amilosa, proteínas, temperatura de gelatinización, viscosidad y consistencia ) (Pérez y Montoya 2009).

## **2.9 La calidad molinera**

La calidad molinera, se determina como el porcentaje de granos enteros obtenidos después del proceso de pilado. Es el elemento de mayor relevancia y uno de los con mayor importancia en la selección de arroz. En otros países la calidad esta más orientada por el manejo que se le da a este cereal en las fases de cosecha y postcosecha que a las condiciones propia de cada cultivar. La calidad molinera del arroz es un factor que día a día va ganando mucha más importancia en Ecuador, y es influyente en el ámbito comercial del mismo (Ortiz y Ojeda 2006).

En estudios realizados con anterioridad, se ha podido demostrar que el grano de arroz que llega a los molinos, no siempre está en buenas condiciones y tampoco posee los parámetros óptimos de cultivo y de humedad requeridos por los cultivares cosechadas en las distintas entidades, por lo que se ha podido observar que el molinaje produce un elevado porcentaje de granos partidos o quebrados, que va en influenciados a la calidad industrial de la producción (Ávila 2015).

La calidad molinera del arroz es asimilada de diferentes formas en cada país o zona donde es consumido. En este país, la calidad del grano es un aspecto que ha generado mucha importancia en los últimos años, especialmente en lo relacionado con la apariencia, ya la producción nacional y el consumo han variado de grano medio redondeado con alto contenido de panza blanca a grano largo grueso más translúcido, y a grano largo fino translúcido para el arroz de importación. En Cuba cuando se menciona la calidad industrial se refiere a al porcentaje de granos enteros que se derivan en el proceso de industria (Sánchez 2012).

Los factores que determinan el rendimiento industrial y la calidad del arroz se pueden dividir en las siguientes categorías:

## **2.10 Factores de manejo agronómico**

Dependen completamente de los productores de arroz y brindan la oportunidad de aprovechar todo el potencial de grano del arroz suministrado a los molinos. Hay temas de fertilización, riego y otros como variedades, temporadas de siembra, regímenes de cosecha y épocas de cosecha. El clima es un factor importante fuera del control de los agricultores. Esto varía de un año a otro, y los años con declive industrial pueden ser más altos que otros debido a una pérdida de humedad más rápida (Molina y Rodríguez 2012).

## **2.11 Factores industriales**

Estos incluyen el secado, almacenamiento y procesamiento del arroz, que en el caso de Cuba es realizado principalmente por el sector industrial. Según la investigación realizada por otros molineros y agricultores, el potencial de producción de grano entero de estas variedades es superior al 60%, mientras que la primera tiene una desventaja: un ciclo de tiempo largo. El tiempo de cosecha es un factor importante que los productores pueden controlar. El momento de la cosecha es muy importante para asegurar un rendimiento industrial óptimo (Molina y Rodríguez 2012).

Un estudio de 2003 del INIA (Instituto Nacional de Investigaciones del Arroz), mostró que el arroz cosechado cuando el contenido de humedad del arroz está entre 18% y 24% proporciona el mejor rendimiento industrial. Teniendo en cuenta el tiempo desde la floración hasta la madurez (44 a 52 días), los productores deben determinar el momento exacto de la cosecha, lo que a su vez significa que la cosechadora (trilladora) está disponible a tiempo para la trilla. El momento en que el productor decide cosechar (Sánchez 2012).

El grado de pérdida de la humedad y el rendimiento industrial dependen de las condiciones ambientales predominantes desde la floración hasta la maduración. Cabe señalar que el tiempo de madurez de la cosecha de arroz varía de un año a otro. En la investigación realizada se encontró que la fecha de obtención de la mejor calidad industrial en una misma fecha de siembra ha cambiado en los tres años analizados, lo cual estuvo determinado por las condiciones climáticas (Sánchez 2012).

## **2.12 Índice de pilada en cosecha oportuna**

La determinación del momento exacto de cosecha está totalmente relacionada con la humedad del grano, pero el productor también debe considerar el premio de la industria por mejor rendimiento y el costo del secado del grano con ese nivel de humedad. Es netamente necesario que el productor analice qué le resulta más conveniente (Bergman *et al.* 2004).

## **2.13 Variabilidad genética**

Los proyectos de investigación y mejoramiento genético del cultivo de arroz no sólo se deben de enfocar en las evaluaciones comunes orientadas a los componentes de

rendimiento y caracteres morfológicos, es útil tener en cuenta la calidad para complacer los gustos del consumidor, ya que el arroz es la única gramínea que es consumida como tal, sin llevar procesos más allá del descascarado y pulido. La integridad del grano durante ese proceso se encarga de determinar la mencionada calidad industrial; su manera de comportarse durante el proceso de la cocción caracteriza su calidad culinaria. La primera es general y se puede normalizar, la segunda es absolutamente dependiente de las prácticas culturales. A nivel de biotecnología en arroz se han conseguido buenos avances en transformación genética con excelentes resultados en el mejoramiento genético de variedades (Díaz y Chaparro 2012).

En cuanto al mejoramiento genético de este cultivo, se busca incrementar su rendimiento global (0,68% de incremento en 6 años) mediante el uso de variedades mejoradas, que esencialmente indican mayor resistencia a enfermedades, menor altura, calidad de grano y por ende mayores rendimientos. usando cultivo in vitro de anteras de plantas de líneas normalmente haploides (Infoagro 2008).

Además de los beneficios nutricionales mencionados el arroz transgénico puede brindar a los humanos, existen beneficios agronómicos como la resistencia a plagas y enfermedades y condiciones climáticas extremas, que sin duda promueven y contribuyen al crecimiento saludable y al alto rendimiento del cultivo. Este es el caso del arroz transgénico resistente al virus de la hoja blanca desarrollado por el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), que al introducir la proteína N en el ARN de la planta, es capaz de resistir el ataque del devastador virus. . Cuando el virus se hace cargo de la plantación, la pérdida de registro alcanzará el 80 % del cultivo total (FAO 2018).

## **CAPÍTULO III.- METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

La presente investigación fue de tipo experimental, basada en diseños experimentales para determinar la calidad molinera y contenido de amilosa en siete cultivares de arroz.

### **3.2 Tipo de investigación**

**Dominio:** Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología.

El tipo de investigación que se realizó es de laboratorio, con estadística inferencial descriptiva.

### **3.3 Línea de investigación de FACIAG**

**Líneas:** Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

**Sublínea:** Seguridad y soberanía alimentaria.

### 3.4 Operacionalización de las variables

**Cuadro 1.** Operacionalización de las variables.

<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>TIPO DE MEDICIÓN E INDICADOR</b>	<b>TECNICAS DE TRATAMIENTO DE LA INFORMACION</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS (Objetivos)</b>
Independiente	Siete cultivares de arroz.	Los cultivares de arroz que se siembran en la zona son muy variados y cada uno de ellos presentan características diferentes o parecidas entre una variedad y otra.	Campo - Laboratorio	Cualitativo Cuantitativo	Determinar las características molineras de los cultivares de arroz.
Dependiente	Contenido de amilosa y características molineras de siete cultivares de arroz.	El contenido de amilosa determina la textura, terneza, pegajosidad y volumen del arroz. Las características molineras del arroz permiten estimar si un arroz cumple con los requisitos industriales.	Laboratorio y observación	Inductivo Deductivo  Deductivo Inductivo	Establecer el contenido de amilosa en los granos de arroz provenientes de la zona de Babahoyo.

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

### **3.5 Ubicación del sitio experimental**

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACIAG) de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB), ubicada en el km 7 ½ de la vía Babahoyo-Montalvo en la provincia de Los Ríos, a 8 msnm. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad de Granos.

### **3.6 Material genético de arroz.**

En este estudio se utilizaron semillas de arroz, como son los cultivares IMPACTO, SFL-11, VALOR, ÉLITE, FERÓN, ARENILLAS y LÍNEA SN.

### **3.7 Factores estudiados.**

El factor de estudio de este trabajo experimental fue determinar las características molineras y contenido de amilosa de 7 cultivares de arroz.

Variable dependiente: contenido de amilosa y características molineras de siete cultivares de arroz.

Variable independiente: siete cultivares de arroz.

### **3.8 Métodos**

En la presente investigación se emplearon los métodos siguientes:

Deductivo-inductivo, Inductivo-deductivo y Experimental.

### **3.9 Tratamientos**

En el Cuadro 1, se observan los tratamientos del ensayo para la evaluación del contenido de amilosa y características molineras de siete cultivares de arroz de la zona de Babahoyo.

**Cuadro 2:** Tratamientos del ensayo para la evaluación del contenido de amilosa y características molineras de siete cultivares de arroz de la zona de Babahoyo.

Nº de tratamientos	Cultivares
Tratamiento 1	IMPACTO
Tratamiento 2	SFL-11
Tratamiento 3	VALOR
Tratamiento 4	ÈLITE
Tratamiento 5	FERÒN
Tratamiento 6	ARENILLAS
Tratamiento 7	LÌNEA SN

### 3.10 Diseño experimental y análisis estadísticos.

Para el análisis de las variables medidas en las muestras de arroz, se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con siete cultivares y cuatro repeticiones por tratamiento. Las variables fueron sometidas al análisis de varianza; utilizándose la prueba de Tukey al 95% de probabilidad para los tratamientos. Se analizaron también los estadísticos descriptivos de medidas de tendencia central (media, mediana y moda), medidas de dispersión (Varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, error estándar, intervalo de confianza, límite superior de confianza, límite inferior de confianza, rango, valor máximo, valor mínimo, variabilidad relativa) medidas de forma (curtosis y coeficiente de asimetría), también se utilizó Análisis de Componentes Principales ACP, Análisis Conglomerados Clúster, y se aplicó el modelo PROMVAR para el análisis de la variabilidad relativa (%). Los análisis estadísticos se realizaron usando los programas computacionales: INFOSAT (UNC 2018) y EXCEL de Microsoft office.

## Modelo PROMVAR

Se basa en la relación entre los promedios de los cultivares (eje X) y la variabilidad relativa (VR%), que representa el error estándar de la media, representado en porcentaje (eje Y). La construcción de un dispersograma con estos dos estadígrafos permitió valorar de manera gráfica un diagrama de cuatro celdas (Duicela 2021).

Considerando que el rendimiento es una variable cuantitativa continua, cuyo resultado deseable se identifica como “mayor es mejor”, se propendió a identificar (en el eje X) los cultivares con promedios mayores que la media general y valores de variación relativa menores que la media general de VR% (eje Y). Se identificaron los cultivares que, en el diagrama de cuatro celdas, se ubican en el cuadrante inferior derecho, reuniendo las condiciones de grano clasificado y reducida variabilidad relativa (alta estabilidad) (Duicela 2021).

**Tabla 1:** Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	6
Repeticiones	3
Error experimental	18
Total	27

### 3.11 Variables estudiadas

Las variables estudiadas se describen a continuación: Cáscara (%), polvillo (%), arroz clasificado (%) o granos enteros, arrocillo (%) o granos quebrados, contenido de amilosa (%) y contenido de proteínas (%) (Figura 1).



**Figura 1.** Muestras empaquetadas de semillas de siete cultivares de arroz de la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos.

### 3.11.1 Contenido de humedad (%)

Con las muestras que llegaron del campo, se procedió a obtener la humedad con un determinador de humedad Dickey Jhon GAC 2100 (Figura 2). Esto consistió en tomar una cantidad de arroz de 200 g aproximadamente de cada una de las muestras de los respectivos cultivares y repeticiones para proceder a medir la humedad de cada una de ellas.



**Figura 2.** Determinación de humedad de las semillas de arroz.

### 3.11.2 Pesado y secado (g)

Posteriormente, se tomaron alrededor de 1300 gramos de semilla pesados en una balanza electrónica (Figura 3), las mismas que fueron sometidas a una secadora GAVIAGRO SM8B, ajustada a una temperatura promedio de 36-40 °C, bajando la humedad de las muestras a 11-12%, como se observa en la (Figura 4).



**Figura 3.** Pesado de las semillas de arroz.



**Figura 4.** Secado de las semillas de arroz.

### 3.11.3 Impurezas y grano limpio (g)

Se pesaron alrededor de 1200 gramos de semillas por muestra y repetición, las que pasaron por el proceso de limpieza en el equipo limpiador Carter Day (Figura 5). Aquí se ejecutaron dos pases por el equipo, para obtener la semilla totalmente libre de impurezas (Figura 6) y continuar con el siguiente proceso.



**Figura 5.** Limpieza de las semillas de arroz.



**Figura 6.** Recolección (a) y Empaquetado (b) de las muestras limpias.

### 3.11.4 Descascarado (g)

Posteriormente, los granos limpios y secos se sometieron al equipo de descascarado GRAINMAN 1500 RPM (Figura 7), proceso en el cual se colocó la muestra en la máquina y esta ejecutaba la labor de separación de la cáscara y el grano integral (Figura 8). Para calcular esta variable se usaron estas fórmulas:

Peso (g) de Cáscara = Peso (g) Inicial (Paddy) - Peso (g) Integral (Sin cáscara)

Peso (g) de Integral = Peso (g) Inicial (Paddy) - Peso (g) Cáscara



**Figura 7.** Descascarado de las semillas de arroz.



**Figura 8.** Arroz integral (a) y Cáscara (b).

### 3.11.5 Pulido (g)

Luego del descascarado las semillas de arroz pasaron al pulidor de arroz Grainman, molino MCGILL N3 (Figura 9), en este proceso se colocó el arroz integral en el pulidor

donde se obtuvieron dos subproductos; el polvillo y la masa blanca (Figura 10). Para calcular esta variable se utilizaron las siguientes formulas:

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

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



**Figura 9.** Pulido del grano de arroz integral.



**Figura 10.** Polvillo (a) y Masa blanca (b).

### 3.11.6 Masa blanca (g)

Seguidamente, el producto masa blanca, que contiene los granos enteros y los quebrados (arrocillo), fue procesado en la clasificadora GRAINMAN (Figura 11), para determinar la cantidad de arroz clasificado (Flor) y arrocillo (Figura 12). Para calcular estas variables se usaron las siguientes formulas:

$\text{Peso (g) de Grano Quebrado} = \text{Peso (g) Masa Blanca} - \text{Peso (g) Grano Clasificado}$

$\text{Peso (g) de Grano Clasificado} = \text{Peso (g) Masa Blanca} - \text{Peso (g) Grano Quebrado}$



**Figura 11.** Clasificación del grano de arroz pulido.



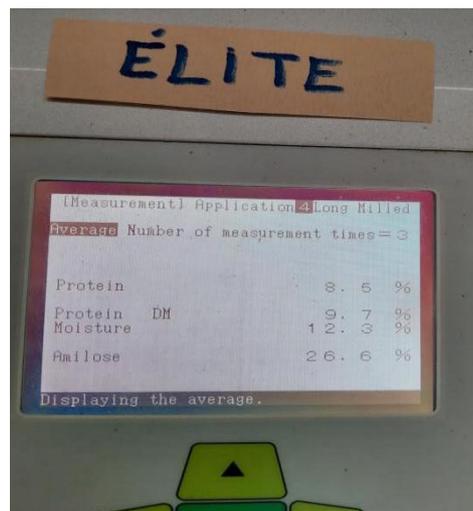
**Figura 12.** Arroz clasificado (a) y arrocillo (b).

### 3.11.7 Contenido de amilosa y proteína (%)

Para medir el contenido de amilosa y proteína, se utilizó los granos enteros, procediendo a medir con el equipo marca Kett An-900, serie 0F00049 (Figura 13). Los valores se obtuvieron en porcentajes en ambas variables (Figura 14).



**Figura 13.** Determinación del contenido de amilosa y proteínas en granos de arroz clasificado.



**Figura 14.** Contenido de amilosa y proteínas en porcentaje.

### 3.12 Aspectos éticos

En el contexto de la investigación científica, el plagio consiste en utilizar ideas o contenidos ajenos como si fueran propios. Es plagio, tanto si obedece a un acto deliberado como a un error. La práctica de aspectos éticos, se garantiza de conformidad en lo establecido en el Código de Ética de la UTB.

Para la aprobación de la UIC, se generará un reporte del software anti-plagio, para garantizar la aplicación de aspectos éticos, con los que el estudiante demostrará honestidad académica, principalmente al momento de redactar su trabajo de investigación. Los docentes actuarán de conformidad a lo establecido en el Código de Ética de la UTB, y demostrarán honestidad académica, principalmente al momento de orientar a sus estudiantes en el desarrollo de la UIC.

**Artículo 25.- Criterios de Similitud en la Unidad de Integración Curricular. –**

En la aplicación del Software anti-plagio se deberá respetar los siguientes criterios:

**Porcentaje de 0 al 15%:** Muy baja similitud (TEXTO APROBADO).

**Porcentaje de 16 al 20%:** Baja similitud (Se comunica al autor para corrección).

**Porcentaje de 21 al 40%:** Alta similitud (Se comunica al autor para revisión con el tutor y corrección).

**Porcentaje Mayor del 40%:** Muy Alta Similitud (TEXTO REPROBADO)

Universidad Técnica de Babahoyo (2021).

## CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Cáscara (%)

Los resultados del análisis de varianza (Anexo 1) de la variable cáscara (%) demostraron que existe alta significancia estadística ( $p > 0,05$ ) con un coeficiente de variación de 1,90%.

En cuanto a la prueba de Tukey (Tabla 2), se observa que los cultivares son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ), lo cual se puede deducir que los siete cultivares contienen porcentaje de cáscara diferentes. Arenillas y Élite presentaron los valores más altos con 26,43 y 25,40 % respectivamente, la Línea SN y Valor obtuvieron valores de 25,10 y 24,70%; Ferón, Impacto y SFL-11 fueron similares, las que presentaron valores de entre 22,23 y 23,13 %.

**Tabla 2.** Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=1,07821) de la variable cáscara en siete cultivares de arroz.

Cultivares	Medias	n	E.E.	Comparaciones
Arenillas	26,43	4	0,23	A
Élite	25,40	4	0,23	AB
Línea SN	25,10	4	0,23	B
Valor	24,70	4	0,23	B
Ferón	23,13	4	0,23	C
Impacto	23,00	4	0,23	C
SFL-11	22,23	4	0,23	C

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**Error:** 0,2129 **gl:** 18

## 4.2 Integral (%)

De acuerdo con el análisis de varianza (Anexo 2) de la variable integral (%) reveló que existe alta significancia estadística ( $p > 0,05$ ), presentando un coeficiente de variación de 0,61%.

Esto se comprobó a través del test de Tukey (Tabla 3), donde se demostró que los cultivares son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ), lo cual describe que los siete cultivares tienen porcentajes de integral distintos. SFL-11, Impacto y Ferón mostraron los valores más altos de 77,78, 77,0 y 76,88%, respectivamente. Valor, la Línea SN y Élite obtuvieron valores entre 75,30% y 74,60%; mientras que Arenillas presentó el valor más bajo de 73,58%.

**Tabla 3.** Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=1,07821) de la variable integral en siete cultivares de arroz.

Cultivares	Medias	n	E.E.	Comparaciones
SFL-11	77,78	4	0,23	A
Impacto	77,00	4	0,23	A
Ferón	76,88	4	0,23	A
Valor	75,30	4	0,23	B
Línea SN	74,90	4	0,23	B
Élite	74,60	4	0,23	BC
Arenillas	73,58	4	0,23	C

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**Error:** 0,2129 **gl:** 18

### 4.3 Clasificado (%)

En base al análisis de varianza (Anexo 3) de la variable clasificado (%) se demostró que existe alta significancia estadística ( $p > 0,05$ ), mostrando un coeficiente de variación de 0,66%.

Se obtuvo a través del test de Tukey (Tabla 4), donde se comprobó que los cultivares son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ), lo cual deduce que los siete cultivares tienen porcentajes de clasificado distintos. SFL-11, Élite e Impacto obtuvieron los valores más elevados entre 65,33% y 64,80%; Valor, Ferón y la Línea SN mostraron valores entre 61,53% y 60,85%; mientras que Arenillas presentó el valor más bajo con 58,10%.

**Tabla 4.** Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,95594) de la variable clasificado en siete cultivares de arroz.

Cultivares	Medias	n	E.E.	Comparaciones
SFL-11	65,33	4	0,20	A
Élite	65,08	4	0,20	A
Impacto	64,80	4	0,20	A
Valor	61,53	4	0,20	B
Ferón	61,08	4	0,20	B
Línea SN	60,85	4	0,20	B
Arenillas	58,10	4	0,20	C

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**Error: 0,1674 gl: 18**

#### 4.4 Arrocillo (%)

Con relación a los resultados del análisis de varianza (Anexo 4) de la variable arrocillo (%) se pudo comprobar que existe alta significancia estadística ( $p > 0,05$ ), obteniendo un coeficiente de variación de 4,85%.

Esto lo mostró el test de Tukey (Tabla 5), lo que demostró que los cultivares son significativamente distintos ( $p > 0,05$ ), esto significa que los siete cultivares tienen porcentajes de arrocillo diferentes. Ferón, Arenillas, Valor y la Línea SN mostraron los valores más altos entre 9,18% y 7,40%; en tanto que SFL-11, Élite e Impacto presentaron el valor más bajo entre 6,03% y 5,23%.

**Tabla 5.** Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,79250) de la variable arrocillo en siete cultivares de arroz.

Cultivares	Medias	n	E.E.	Comparaciones
Ferón	9,18	4	0,17	A
Arenillas	8,08	4	0,17	B
Valor	7,50	4	0,17	B
Línea SN	7,40	4	0,17	B
SFL-11	6,03	4	0,17	C
Élite	5,53	4	0,17	CD
Impacto	5,23	4	0,17	D

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**Error: 0,1150 gl: 18**

#### 4.5 Polvillo (%)

Los resultados del análisis de varianza (Anexo 5) de la variable polvillo (%) demostraron que existe significancia estadística ( $p > 0,05$ ) con un coeficiente de variación 5,62%.

En cuanto al test Tukey (Tabla 6), se observa que los cultivares son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ), lo cual se puede deducir que los siete cultivares contienen porcentajes de polvillo diferentes. Arenillas presentó el valor más alto con un 7,40%; luego Impacto, la Línea SN, Ferón, SFL-11 y Valor obtuvieron valores de entre 6,95% y 6,25%; mientras que Elite fue la que arrojó el valor más bajo con un 4,00%.

**Tabla 6.** Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,82989) de la variable polvillo en siete cultivares de arroz.

Cultivares	Medias	n	E.E.	Comparaciones
Arenillas	7,40	4	0,18	A
Impacto	6,95	4	0,18	AB
Línea SN	6,63	4	0,18	AB
Ferón	6,63	4	0,18	AB
SFL-11	6,40	4	0,18	B
Valor	6,25	4	0,18	B
Élite	4,00	4	0,18	C

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**Error: 0,1262 gl: 18**

#### 4.6 Panza blanca (%)

De acuerdo al análisis de varianza (Anexo 6) de la variable panza blanca (%) revelo que existe alta significancia estadística ( $p > 0,05$ ), presentando un coeficiente de variación de 16,48%.

Esto se comprobó a través del test de Tukey (Tabla 7), donde se demostró que los cultivares son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ), lo cual describe que los siete cultivares tienen porcentajes de panza blanca distintos. Arenillas mostró el valor más alto con un 13,00%; la Línea SN presentó un valor de 8,50%; Valor, SFL-11, Ferón e Impacto mostraron los valores de entre 6,75% y 6,50%; mientras que Élite presentó el valor más bajo con un 5,25%.

**Tabla 7.** Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=2,94380) de la variable panza blanca en siete cultivares de arroz.

Cultivares	Medias	n	E.E.	Comparaciones
Arenillas	13,00	4	0,63	A
Línea SN	8,50	4	0,63	B
Valor	6,75	4	0,63	BC
SFL-11	6,75	4	0,63	BC
Ferón	6,75	4	0,63	BC
Impacto	6,50	4	0,63	BC
Élite	5,25	4	0,63	C

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**Error: 1,5873 gl: 18**

#### 4.7 Contenido de proteína (%)

En base al análisis de varianza (Anexo 7) de la variable contenido de proteína (%) se demostró que existe alta significancia estadística ( $p > 0,05$ ), mostrando un coeficiente de variación de 1,22%.

Se obtuvo a través del test de Tukey (Tabla 8), donde se comprobó que los cultivares son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ), lo cual deduce que los siete cultivares tienen valores de contenido de proteína distintos. Élite, Impacto, la Línea SN, Arenillas y SFL-11 obtuvieron los valores más elevados entre 8,40% y 8,23% respectivamente; Valor y Ferón mostraron valores más bajos de 8,00% ambos.

**Tabla 8.** Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,23412) de la variable contenido de proteína en siete cultivares de arroz.

Cultivares	Medias	n	E.E.	Comparaciones
Élite	8,40	4	0,05	A
Impacto	8,38	4	0,05	A
Línea SN	8,30	4	0,05	A
Arenillas	8,25	4	0,05	A
SFL-11	8,23	4	0,05	AB
Valor	8,00	4	0,05	B
Ferón	8,00	4	0,05	B

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**Error: 0,0100 gl: 18**

#### 4.8 Contenido de amilosa (%)

Los resultados del análisis de varianza (Anexo 8) de la variable contenido de amilosa (%) demostraron que existe significancia estadística ( $p > 0,05$ ) con un coeficiente de variación 7,90%.

En cuanto al test Tukey (Tabla 9), se observa que los cultivares son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ), lo cual puede deducir que los siete cultivares tienen valores de contenido de amilosa diferentes. Arenillas presentó el valor más alto con un 31,58%; luego Élite e Impacto mostraron valores de entre 27,00% y 26,78% respectivamente; Ferón y la Línea SN obtuvieron valores de entre 24,25% y 23,83%; mientras que SFL-11 y Valor arrojaron los resultados más bajos con un 20,35% y 20,05%.

**Tabla 9.** Test Tukey (Alfa=0,05 DMS=4,58382) de la variable contenido de amilosa en siete cultivares de arroz.

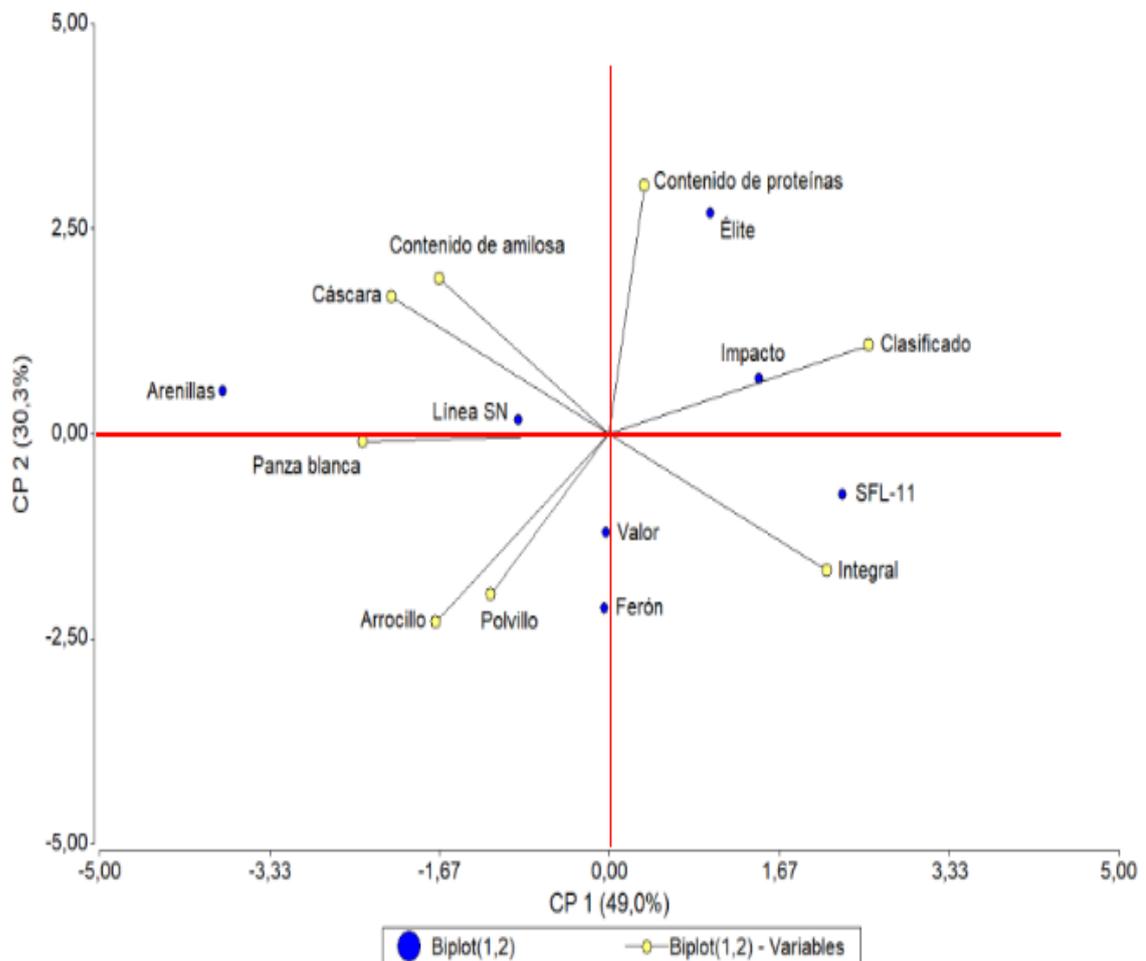
Cultivares	Medias	n	E.E.	Comparaciones
Arenillas	31,58	4	0,98	A
Élite	27,00	4	0,98	AB
Impacto	26,78	4	0,98	B
Ferón	24,25	4	0,98	BC
Línea SN	23,83	4	0,98	BC
SFL-11	20,35	4	0,98	C
Valor	20,05	4	0,98	C

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**Error: 3,8486 gl: 18**

#### 4.9 Análisis de componentes principales

La Figura 15, muestra los resultados del Análisis de componentes principales de las características molineras y contenido de amilosa de siete cultivares de arroz en la zona de Babahoyo. La variable integral (%) se encuentra altamente correlacionada como se observan en la cuadrícula inferior derecha y se aproxima al cultivar SFL-11. Las variables contenido de proteína y clasificado como se observa en la cuadrícula superior derecha también están altamente correlacionadas cercanas a Élite e Impacto. Las variables cáscara y contenido de amilosa se encuentra correlacionadas a los cultivares Arenillas y Línea SN. Y por último las variables panza blanca, polvillo y arrocillo se encuentran correlacionadas a los cultivares Valor y Ferón.



**Figura 15.** Análisis de componentes principales de las características molineras y contenido de amilosa de siete cultivares de arroz en la zona de Babahoyo.

En base a los resultados del Análisis de componentes principales Tabla 10, se observan los autovalores, proporción distribuida y la proporción acumulada. El valor acumulado muestra que las tres primeras variables como son cáscara, integral y clasificado, presentaron los valores de la proporción distribuida de 0,49; 0,30; y 0,14 respectivamente; definiéndose que estas tres variables manifiestan el 94% de la proporción acumulada.

**Tabla 10.** Autovalores, proporción distribuída y la proporción acumulada de las variables de características molinera y de rendimiento (granos clasificados %) de siete cultivares de arroz en la Zona de Babahoyo.

<b>Lambda</b>	<b>Valor</b>	<b>Proporción</b>	<b>Proporción acumulada</b>
Cáscara	3,92	0,49	0,49
Integral	2,43	0,30	0,79
Clasificado	1,15	0,14	0,94
Arrocillo	0,34	0,04	0,98
Polvillo	0,09	0,01	0,99
Panza blanca	0,07	0,01	1,00
Contenido de proteínas	0,00	0,00	1,00
Contenido de amilosa	0,00	0,00	1,00

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

En la Tabla 11, se observa las correlaciones de los caracteres observados entre las ocho variables de características molinera y de rendimiento de granos clasificados (%).

**Tabla 11.** Correlaciones de los caracteres observados entre las ocho variables de características molinera y de rendimiento de granos clasificado (%) de siete cultivares de arroz en la Zona de Babahoyo.

<b>Variables</b>	<b>e1</b>	<b>e2</b>
Cáscara	-0,40	0,31
Integral	0,40	-0,31
Clasificado	0,48	0,20
Arrocillo	-0,32	-0,43
Polvillo	-0,22	-0,37
Panza blanca	-0,45	-0,02
Contenido de proteínas	0,07	0,57
Contenido de amilosa	-0,31	0,35

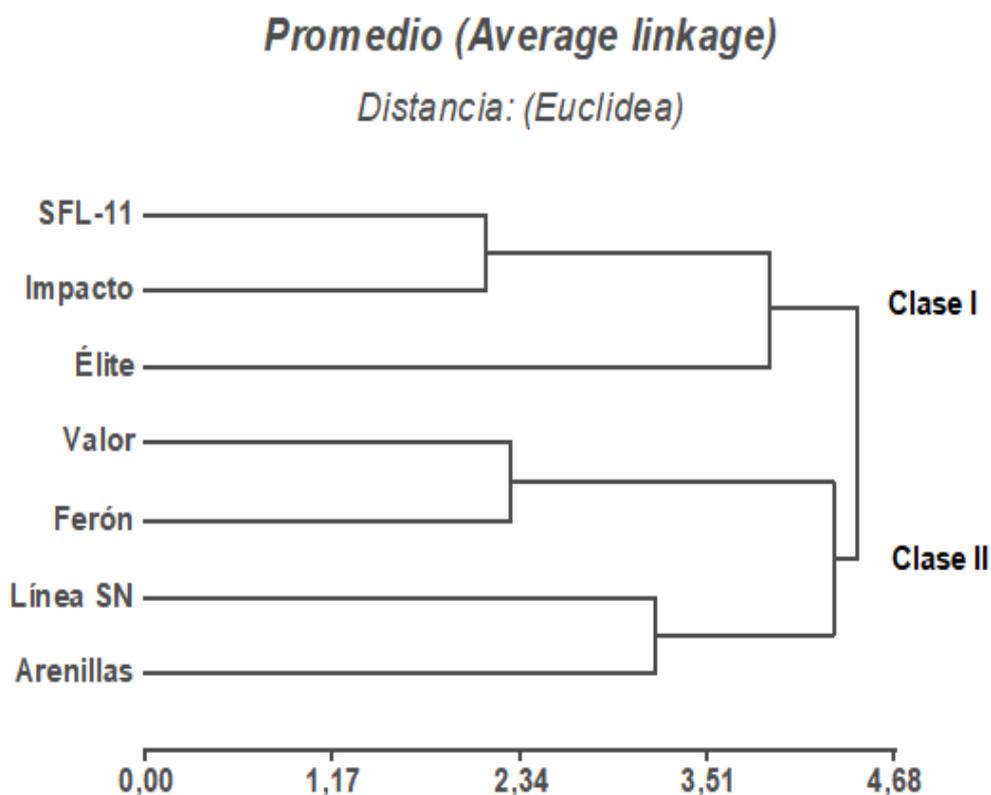
Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**Correlación cofenética= 0,964**

#### **4.10 Análisis de conglomerados**

Los resultados del análisis de conglomerados Clúster (Distancia Euclídea), método Ward brindo la oportunidad de agrupar los cultivares comerciales de arroz que presentaron similitud considerando las características molineras.

En la clase 1 los cultivares SFL-11, IMPACTO y ÉLITE presentaron similitud; mientras que los cultivares VALOR, FERÓN, LÍNEA SN Y ARENILLAS se agruparon en la clase 2, siendo estas similares en sus caracteres. Se ha podido agrupar los cultivares con similitud en las características utilizadas en este análisis.



**Figura 16.** Análisis de conglomerados(Distancia Euclídea, método Ward), para la agrupación de la similitud de los cultivares comerciales de arroz.

#### 4.11 Análisis de la estadística descriptiva

En relación a la estadística descriptiva principal con el criterio de clasificación “mayor es mejor” de la variable contenido de proteínas, los cultivares con mejores resultado fueron Élite que obtuvo 8,40% e Impacto que presentó 8,38%.

En cuanto a la estadística descriptiva principal con el criterio de clasificación “mayor es mejor” de la variable clasificado, los cultivares con mejores resultado fueron SFL-11 que obtuvo 65,33%; Élite que obtuvo 65,09% e Impacto que presentó 64,80%.

En base a la estadística descriptiva principal con el criterio de clasificación “mayor es mejor” de la variable integral, los cultivares con mejores resultado fueron SFL-11 que obtuvo 77,78%; Impacto que obtuvo 77,00% y Ferón que presentó 76,87%.

Con respecto a las variables cuyo criterio de diferenciación “menor es mejor”, se destaca la variable arrocillo, los cultivares con mejor resultado fueron Impacto que obtuvo 5,24% y Elite que presentó 5,51%. En la variable cáscara, se destaca los cultivares con mejor resultado como fueron la SFL-11 que obtuvo 22,22% e Impacto que obtuvo 23,0(%)

**Cuadro 3.** Análisis de la estadística descriptiva

<b>Variedades</b>	<b>Cáscara (%)</b>	<b>Integral (%)</b>	<b>Clasificado (%)</b>	<b>Arrocillo (%)</b>	<b>Polvillo (%)</b>	<b>Contenido proteínas (%)</b>	<b>Contenido amilosa (%)</b>
Arenillas	26,43	73,57	58,08	8,07	7,42	8,25	31,58
Élite	25,40	74,60	65,09	5,51	4,00	8,40	27,00
Ferón	23,13	76,87	61,08	9,17	6,62	8,00	24,25
Impacto	23,00	77,00	64,80	5,24	6,96	8,38	26,78
Línea SN	25,10	74,90	60,87	7,39	6,64	8,30	23,83
SFL-11	22,22	77,78	65,33	6,05	6,40	8,23	20,35
Valor	24,70	75,30	61,54	7,48	6,29	8,00	20,05
<b>Ȳ</b>	24	76	62	7,0	6,3	8,2	24,8
<b>Md</b>	25	75	62	7,4	6,6	8,3	24,3
<b>S<sup>2</sup></b>	2,32	2,32	7,50	2,07	1,20	0,03	16,38
<b>S</b>	1,52	1,52	2,74	1,44	1,10	0,16	4,05
<b>EE</b>	0,58	0,58	1,04	0,54	0,41	0,06	1,53
<b>g<sub>2</sub></b>	-1,44	-1,44	-1,13	-1,17	4,70	-1,22	-0,12
<b>γ<sub>1</sub></b>	-0,03	0,03	-0,32	0,20	-1,97	-0,63	0,43
<b>CV%</b>	6,3	2,01	4,39	20,61	17,32	1,99	16,30
<b>VR%</b>	2,37	0,76	1,66	7,79	6,55	0,75	6,16
<b>Min</b>	22	74	58	5	4	8	20
<b>Max</b>	26	78	65	9	7	8	32
<b>Rn</b>	4	4	7	4	3	0	12
<b>n</b>	7	7	7	7	7	7	7
<b>IC 95%</b>	1,13	1,13	2,03	1,07	0,81	0,12	3,00
<b>LIC</b>	23	75	60	6	6	8	22
<b>LSC</b>	25	77	64	8	7	8	28

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

#### 4.12 Cuadro de correlaciones de Pearson

En el Cuadro 4, se observa que existe una alta correlación entre las variables cáscara e integral con el clasificado, presentando valores de -0,582 y 0,582, respectivamente.

Igualmente, se observó que hay alta correlación de la variable clasificado con el arrozillo, mostrando el valor de -0,811. De la misma forma existe correlación en la variable clasificado con el polvillo con un valor de -0,514.

También existe una alta correlación en la variable clasificado con panza blanca con un valor de -0,711. De igual forma existe una correlación en la variable arrozillo con contenido de proteínas con un valor de -0,577.

También existe correlación en la variable polvillo con panza blanca con un valor de 0,574. Y por último hay correlación en la variable panza blanca con el contenido de amilosa con un valor de 0,507.

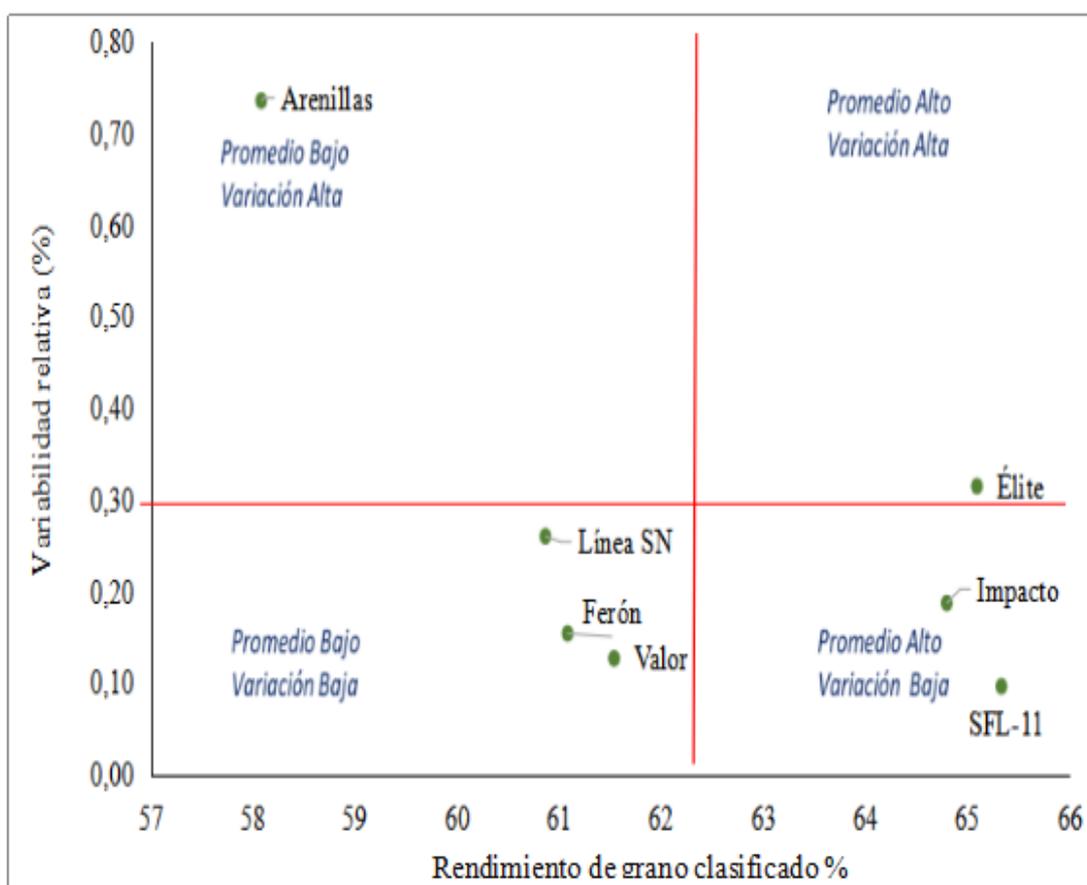
**Cuadro 4.** Matriz de correlaciones lineales r (momento producto de Pearson), entre las características molineras y contenido de amilosa en siete cultivares de arroz.

Variables	Cáscara	Integral	Clasificado	Arrozillo	Polvillo	Panza blanca	Contenido proteínas (%)	Contenido amilosa (%)
Cáscara	1							
Integral	-1,000	1						
Clasificado	<b>-0,582**</b>	<b>0,582**</b>	1					
Arrozillo	0,155	-0,155	<b>-0,811**</b>	1				
Polvillo	-0,237	0,237	<b>-0,514**</b>	0,432	1			
Panza blanca	0,424	-0,424	<b>-0,711**</b>	0,399	<b>0,574**</b>	1		
Contenido proteínas (%)	0,093	-0,093	0,336	<b>-0,577**</b>	-0,195	-0,067	1	
Contenido amilosa (%)	0,431	-0,431	-0,339	0,027	0,156	<b>0,507**</b>	0,404	1

**n = 28; n-2 = 26; r<sub>0,05</sub> = 0,374; r<sub>0,01</sub> = 0,479**

### 4.13 Análisis de variabilidad relativa

En la Figura 17, se observa los resultados del análisis de variabilidad relativa (%) elaborado en un diagrama de cuatro celdas de la variable rendimiento de grano clasificado (%) de siete cultivares de arroz. Los valores más altos de rendimiento de grano clasificado y baja variabilidad relativa (%) se destacaron en los cultivares IMPACTO y SFL-11; mientras que los valores más bajos de grano clasificado (%) y alta variabilidad relativa (%), la presentó el cultivar Arenillas.



**Figura 17.** Variabilidad relativa (%) representada por un diagrama de cuatro de celdas en la variable rendimiento de grano clasificado (%) de siete cultivares de arroz.

## DISCUSIÓN

En lo que refiere al porcentaje de cáscara FAO (1994), describe que la cáscara conforma el 20% del grano de arroz y sus valores tienden a variar entre 16 y 28%. En el presente estudio, se pudo comprobar que la información mencionada es real, ya que los siete cultivares utilizados obtuvieron valores dentro de ese rango para ser exactos de 22,22% del cultivar SFL-11 a 26,43% para el cultivar Arenillas, sin mencionar Élite, Línea SN, Ferón, Valor e Impacto que se encuentran con valores dentro del rango mencionado. Y por ende está orientado a los valores estándar a nivel global.

Es de mucha importancia encontrar cultivares que presenten un mayor rendimiento de grano de arroz integral y menor cantidad de cáscara, por eso en esta investigación en lo que a porcentaje de arroz integral confiere, se pudo comprobar que del 100% de arroz en cáscara entre el 77,78% y 73,57% es el resultado que se obtiene de granos de arroz integral, lo que difiere a lo que menciona Olmos (2006), aunque coincide en lo que se menciona que el porcentaje promedio es de 70% para el grano integral. Acercándose mucho a los resultados que se obtuvieron en este trabajo experimental con siete cultivares de arroz.

De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable masa blanca, según Pighín y Landeta (2009). El arroz blanco o masa blanca es el resultado que se obtiene después del descascarado y posterior pulido y blanqueo del grano de arroz. El mismo representa aproximadamente un 65% después del proceso de pilado. Se pudo comparar el valor mencionado, con los valores en porcentaje de masa blanca que se obtuvieron en esta investigación, el cultivar Arenillas está lejos del valor ya mencionado obteniendo un valor más bajo de 58,08%. Mientras que cultivares como SFL-11, Impacto, Élite, Ferón, Valor y la Línea SN mostraron valores desde 65,33% hasta 60,87% respectivamente. Valores que si están muy cercanos, se asemejan y tienen mucha similitud a lo que mencionan otros autores en este caso.

En cuanto a la variable arrocillo, mediante la presente investigación se obtuvieron valores que oscilan entre el 5,51% y 9,17% dentro de los siete cultivares evaluados. El arrocillo, es el producto que resulta después del respectivo pulido y clasificación del

mismo, este es considerado con ese nombre por ser solo una pequeña parte del grano de arroz según Picado *et al.* (2022). En este trabajo experimental se comprobó que los cultivares varían en sus porcentajes de arrocillo, tal es el caso del cultivar Ferón que presentó mayor cantidad de este, por encima de los demás, siendo Élite el que menor porcentaje de granos quebrado obtuvo.

De acuerdo con la variable polvillo, se destaca que se llega a obtener un 8% de polvillo en el proceso de obtención de arroz blanco según Ruiz *et al.* (2005); lo que resultó ser muy cercano a los porcentajes que se obtuvieron en esta investigación. El cultivar Élite fue el único en presentar un valor de 4,0 % en esta variable, mientras que el cultivar Arenillas dio un valor de 7,42%. El valor que se asemeja más al tomado como referencia.

Para la variable contenido de Amilosa, se obtuvieron valores bastante similares al de ciertos boletines comparados con los cultivares evaluados en esta investigación. Se destacan Impacto con un valor de 26,78%; que está en el mismo porcentaje de la Institución que la liberó, el cultivar Arenillas resultó de forma similar mostrando un valor de 31,58% y por último el cultivar Élite con un valor de 27,0%. Valores altamente similares a los que presenta el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP (2017) en su respectiva ficha técnica.

## **CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones:**

En este estudio se determinó que existen cultivares de muy buenas características molineras en la zona en mención, destacando que ciertos cultivares si resultan otorgar las ventajas que mencionan.

En conclusión mediante esta investigación se pudo comprobar y demostrar las características molineras de los cultivares ya mencionados, y por ende se puede evaluar, diferenciar y estudiar muy a fondo cada uno de ellos con los análisis ejecutados en el presente trabajo.

Se efectuaron las respectivas conclusiones en base al tema de investigación y se detallaron de forma muy específica y concreta con muy buenos resultados en lo que análisis compete.

Los cultivares que presentaron menor porcentaje de cáscara fueron: SFL-11 e Impacto en ese orden respectivo. Los cultivares que mostraron niveles más altos de grano integral fueron: Impacto y SFL-11.

El cultivar que presentó el porcentaje más alto en rendimiento de grano clasificado fue el cultivar SFL-11. El cultivar Élite fue el que presentó el valor más bajo en las variables arrocillo y polvillo.

En términos de masa blanca la de menor valor fue el cultivar Arenillas, el resto de cultivares obtuvieron valores superiores. En la variable contenido de amilosa las de mayores porcentajes fueron: Arenillas, Élite e Impacto.

### **5.2 Recomendaciones**

Ejecutar nuevos trabajos de investigación en lo que a calidad molinera del arroz se refiere, es un factor de mucha importancia, sobre todo que se oriente a nuevos proyectos de mejoramiento genético en líneas de arroz, que a futuro darán mejores alternativas en todos los aspectos.

Que la Universidad Técnica de Babahoyo siga desarrollando e incentivando a realizar trabajos de investigación por el bienestar de todos los futuros profesionales.

## REFERENCIAS

- Acevedo, M; Castrillo, W; Belmonte, U. 2006. Trabajo Especial Origen, Evolución Y Diversidad Del Arroz. SciELO. 1 p. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002192X2006000200001#:~:text=El%20arroz%20pertenece%20a%20la,especies%20cultivadas%3A%20Oryza%20sativa%20L](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002192X2006000200001#:~:text=El%20arroz%20pertenece%20a%20la,especies%20cultivadas%3A%20Oryza%20sativa%20L).
- Amézquita, NF. 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. (en línea). Consultado 17 abr. 2023. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263149505009>.
- Ávila, M. 2017. Evaluación De La Calidad Molinera Y Sensorial De Arroz Como Herramienta De Apoyo Al Mejoramiento Genético. Disponible en: [310482819\\_EVALUACION\\_DE\\_LA\\_CALIDAD\\_MOLINERA\\_Y\\_SENSORIAL\\_DE\\_ARROZ\\_COMO\\_HERRAMIENTA\\_DE\\_APOYO\\_AL\\_MEJORAMIENTO\\_GENETICO](https://doi.org/10.310482819_EVALUACION_DE_LA_CALIDAD_MOLINERA_Y_SENSORIAL_DE_ARROZ_COMO_HERRAMIENTA_DE_APOYO_AL_MEJORAMIENTO_GENETICO)
- Bergman, C; Bhattacharya, K; Ohtsubo, K. 2004. Rice End-Use Quality Analysis (en línea). Consultado 12 feb. 2023. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128115084000095>
- Celi, R; Mosquera, E. Hurtado; D. Ampuño; M. 2020. “INIAP FL - ÉLITE” Nueva variedad de arroz de alto rendimiento, calidad de grano largo y cristalino, para consumo en la sierra ecuatoriana. (en línea). Consultado 12 abr. 2023. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5764>
- Colina, J; Guerra, M. 2009. Obtención y evaluación de arroz integral de cocción rápida. Interciencia. SciELO. 1 p.
- Diaz, C; Chaparro, A. 2012. Métodos y usos agrícolas de la ingeniería genética aplicada al cultivo del arroz. Revista Colombiana de Biotecnología. SciELO. Vol. XIV No. 2. 179 p.

- Duicela, G. 2021. Productividad y estabilidad ambiental de clones de café robusta en distintas localidades cafetaleras del Ecuador”. Tesis doctoral. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. División de Estudios para Graduados. Doctorado en Ciencias Agrarias. Maracaibo,. Obtenido de Tesis doctoral. Universidad de Zulia. Facultad de Agronomía. División de Estudios para Graduados. Doctorado en Ciencias Agrarias. Maracaibo, Venezuela.
- El Potrero. 2018. Semillas El Potrero mostrará la nueva variedad promisorio de arroz HP102FL El Valor. (en línea). Consultado 13 abr. 2023. Disponible en: <http://semillaselpotrerofotos.blogspot.com/2018/06/nota-periodistica-de-la-nueva-variedad.html>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1989.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Seguimiento del mercado del arroz de la FAO (en línea). Consultado 15 abr. 2023. Disponible en: [www.fao.org/economic/RMM/es](http://www.fao.org/economic/RMM/es).
- Fertiberia. 2016. Guía del abonado para todo tipo de cultivos. (en línea). Consultado 18 mar. 2023. Disponible en: <https://www.fertiberia.com/es/agricultura/servicios-al-agricultor/guia-del-abonado/arroz/>
- Franquet, J. 2002. Economía del arroz: variedades y mejora. Generalidades sobre el arroz y su cultivo. (en línea). Consultado 12 mar. 2023. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/fbbp/1c.htm>.
- Guillén, C. Dávila, M. Guillén, L. 2020. Características espectrales del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condiciones de acamado por paja rugosa (*Ischaemum rugosum* Salisb.). Redalyc. 3 p. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4517/451766199015/html/>
- Infoagro. 2008. Agricultura. El cultivo del arroz. 1a parte. (en línea). Consultado 18 abr. 2023. Disponible en: <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>.
- Infoagro. 2017. El Cultivo del Arroz (en línea). Consultado 12 mar. 2023. Disponible en: <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>

- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) 2014. Arroz (en línea). Consultado 10 feb. 2023. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rarroz>
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) 2020. “INIAP IMPACTO” nueva variedad de arroz de alto rendimiento, calidad de grano cristalino para consumo en la costa ecuatoriana. (en línea). Consultado 11 abr. 2023. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5763/1/Iniapeelspp2.pdf.pdf>
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) 2017. INIAP liberará nueva variedad de arroz de alto rendimiento “INIAP FL Arenillas”. (en línea). Consultado 17 abr. 2023. Disponible en: <https://www.iniap.gob.ec/iniap-liberara-nueva-variedad-de-arroz-de-alto-rendimiento-iniap-fl-arenillas/>
- Llanos, O; Ríos, A; Jaramillo, C; Rodríguez, L. 2016. Producción + Limpia. La cascarilla de arroz como una alternativa en procesos de descontaminación. SciELO. 3 p.
- Loaiza, J; Larrahondo, J. 2017. Evaluación del contenido de amilosa en arroz mediante espectroscopia de infrarrojo cercano-NIRS. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2017/1/art8/#:~:text=La%20determinaci%C3%B3n%20de%20amilosa%20en,arroz%20con%20la%20t%C3%A9cnica%20NIRS.>
- Molina, E; Rodriguez, J. 2012. Fertilización con n, p, k y s, y curvas de absorción de nutrientes en arroz var. Cfx 18 en Guanacaste. Agronomía Costarricense. SciELO. 3 p. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v36n1/a03v36n1.pdf>
- Olmos, S. 2007. Calidad Culinaria E Industrial Del Arroz (en línea). 2 p. Consultado 07 feb. 2023. Disponible en: [https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte\\_de\\_Calidad.pdf](https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte_de_Calidad.pdf)
- Olmos, S. 2006. Apunte de morfología, Fenología, Ecofisiología y Mejoramiento genético del arroz. Cátedra de Cultivos II. (en línea). Consultado 06 abr. 2023. Disponible en: <https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf>
- Ortiz, A; Ojeda, M. 2006. Evaluación de la calidad molinera y dimensiones de los granos de dos variedades de arroz y sus varietales de arroz maleza. Agronomía Tropical. SciELO. 2 p.

- Paredes, M. Becerra, V. Donoso, G. Loaiza, K. 2018. Calidad del grano de arroz. 100 años del cultivo de arroz en Chile. (en línea). Consultado 07 abr. 2023. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68050/Capitulo%209.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
- Pedrerá, I; Díaz, S; Morejón, R. 2013. Influencia de la temperatura del grano, durante el proceso de secado, en la calidad del arroz blanco. Avances. Redalyc. 2 p.
- Pérez, I; Montoya, M. 2009. Calidad del grano y variabilidad genética de variedades y líneas de arroz del Instituto nacional de investigaciones agrícolas. Agronomía Tropical. SciELO. 2 p.
- Pighín, F; Landeta, M. 2019. Contenido de minerales en arroces y productos industriales elaborados a base de arroz. Diaeta. Scielo. 3 p.
- Ruiz, M; Ruiz, J; Torres, V. 2005. Efecto del polvo de arroz en el consumo y la digestibilidad de raciones integrales basadas en saccharina rústica para ovinos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Redalyc. 2 p.
- Sánchez, J. 2012. Parámetros que influyen en la calidad industrial del arroz cosechado en el municipio la sierpe. Revista Académica de Economía. Redalyc. 2 p.
- UNC. 2018. INFOSTAT versión 2018. Programa estadístico. Universidad Nacional de Córdoba.
- Vergara, C. 2020. Respuestas morfofisiológicas de la raíz del arroz (*Oryza sativa* L.) variedad SFL 11 en fase de semillero. Dialnet. (en línea). Consultado 12 abr. 2023. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8232830>
- Villar, P. 2011. Descripción botánica del cultivo de arroz. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Educación Agraria Colombia. (en línea). Consultado 13 mar. 2023. Disponible en: <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/ARROZ+CULTIVOS.pdf>
- Zambrano, C; Andrade, M; Carreño, W. 2019. Factores que inciden en la productividad del cultivo de arroz en la provincia Los Ríos. Universidad y Sociedad. 1 p. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v11n5/2218-3620-rus-11-05-270.pdf>

Zuñiga, P; Campos, S; Mora, J; Barboza, L. 2022. Cuantificación del porcentaje de grano quebrado total en arroz (*Oryza sativa* L.) mediante análisis digital de imágenes. Agronomía Mesoamericana. Scielo. 1 p.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Análisis de la Varianza de la variable cáscara en siete cultivares de arroz.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Cultivares	6	55,60	9,27	43,52	0,0001
Repeticiones	3	6,45	2,15	10,10	0,0004
Error	18	3,83	0,21		
Total	27	65,88			

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**CV:** 1,90

**Anexo 3.** Análisis de la Varianza de la variable integral en siete cultivares de arroz.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Cultivares	6	55,60	9,27	43,52	0,0001
Repeticiones	3	6,45	2,15	10,10	0,0004
Error	18	3,83	0,21		
Total	27	65,88			

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**CV:** 0,61

**Anexo 3.** Análisis de la Varianza de la variable clasificado en siete cultivares de arroz.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Cultivares	6	179,54	29,92	178,77	0,0001
Repeticiones	3	0,29	0,10	0,17	0,6408
Error	18	3,01	0,17		
Total	27	182,84			

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**CV:** 0,66

**Anexo 4.** Análisis de la Varianza de la variable arrocillo en siete cultivares de arroz.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Cultivares	6	50,29	8,38	72,86	0,0001
Repeticiones	3	0,75	0,25	2,16	0,1277
Error	18	2,07	0,12		
Total	27	53,11			

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**CV:** 4,85

**Anexo 5.** Análisis de la Varianza de la variable polvillo en siete cultivares de arroz.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Cultivares	6	28,57	4,76	37,75	0,0001
Repeticiones	3	2,06	0,69	5,45	0,0076
Error	18	2,27	0,13		
Total	27	32,91			

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**CV:** 5,62

**Anexo 6.** Análisis de la Varianza de la variable panza blanca en siete cultivares de arroz.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Cultivares	6	155,43	25,90	16,32	0,0001
Repeticiones	3	14,43	4,81	3,03	0,0563
Error	18	28,57	1,59		
Total	27	198,43			

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**CV:** 16,48

**Anexo 7.** Análisis de la Varianza de la variable contenido de proteína en siete cultivares de arroz.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Cultivares	6	0,64	0,11	10,66	0,0001
Repeticiones	3	0,06	0,02	2,13	0,1315
Error	18	0,18	0,01		
Total	27	0,88			

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**CV: 1,22**

**Anexo 8.** Análisis de la Varianza de la variable contenido de amilosa en siete cultivares de arroz.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Cultivares	6	393,01	65,50	17,02	0,0001
Repeticiones	3	10,70	3,57	0,93	0,4481
Error	18	69,27	3,85		
Total	27	472,98			

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**CV: 7,90**

**Anexo 9.** Cronograma de actividades (enero-abril 2023).

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>
Definición del tema de trabajo experimental	<b>X</b>			
Establecimiento del ensayo	<b>X</b>			
Obtención de las muestras de arroz	<b>X</b>			
Pesado de las muestras de arroz	<b>X</b>			
Limpieza de las muestras de arroz	<b>X</b>			
Determinación de la humedad de las muestras de arroz	<b>X</b>			
Secado de las muestras de arroz		<b>X</b>		
Descascarado de las muestras de arroz		<b>X</b>		
Pulido de las muestras de arroz			<b>X</b>	<b>X</b>
Clasificado de granos de las muestras de arroz			<b>X</b>	<b>X</b>
Obtención del contenido de amilosa y proteínas de las muestras de arroz				<b>X</b>
Análisis de la información				<b>X</b>
Interpretación y tabulación de datos				<b>X</b>

Informe final				<b>X</b>
---------------	--	--	--	----------

Elaborado por: Roger Salazar , 2023

**Anexo 10.** Presupuesto del experimento.

<b>MATERIA PRIMA E INSUMOS</b>	<b>COSTO</b>
Cultivares de arroz	\$50.00
Insumos de laboratorio	\$25.00
Viáticos	\$400.00
Impresión de materiales para toma de datos	\$10.00
Impresión de borradores de tesis	\$20.00
Materiales extras	\$20.00
Imprevistos	\$50.00
<b>Total</b>	<b>\$575.00</b>

Elaborado por: Roger Salazar , 2023