



**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:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**TEMA:**

“Calidad molinera, contenido de amilosa y proteína en cuatro líneas promisorias de arroz (*Oryza* sp.) en siembra por trasplante (3-4 plantas por sitio) en Daule – provincia del Guayas”.

**AUTORA:**

Ibeth Dayanna Bravo Ribera

**TUTOR:**

Ing. Agr. Walter Oswaldo Reyes Borja, Ph.D.

**BABAHOYO - LOS RÍOS – ECUADOR**

2023

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VI
ÍNDICE DE CUADROS .....	VII
RESUMEN .....	IX
SUMMARY .....	X
CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	3
1.1.1. Contexto Internacional .....	3
1.1.2. Contexto Nacional .....	3
1.1.3. Contexto Local .....	5
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
1.3. JUSTIFICACION.....	7
1.4. OBJETIVOS.....	8
1.4.1. Objetivo general .....	8
1.4.2. Objetivos específicos .....	8
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO .....	9
2.1. ANTECEDENTES.....	9
2.2. BASES TEÓRICAS .....	10

2.2.1. El cultivo de arroz y sus generalidades.....	10
2.2.2. El cultivo de arroz en Ecuador.....	11
2.2.3. Morfología general.....	11
2.2.4. Clasificación Botánica.....	12
2.2.5. Variedades de Arroz.....	12
2.2.6. Morfología del grano.....	13
2.2.7. Calidad del Arroz para la comercialización.....	15
2.2.8. Apariencia del grano.....	15
2.2.9. Evaluación de calidad molinera.....	16
2.2.10. Pilado.....	16
2.2.11. Centro blanco.....	17
2.2.12. % de amilosa.....	17
<b>CAPÍTULO III.- METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.1.1. Tipo de investigación.....	19
3.1.2. Diseño de investigación.....	19
3.1.3. Ubicación y descripción del lugar donde se obtuvieron las muestras de los cultivares cosechados.....	21
3.1.4. Material genético de arroz.....	21
3.1.5. Factores estudiados.....	21
3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	21

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	24
3.4.1. Análisis en el Laboratorio de Calidad de Granos .....	24
3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS .....	24
Variables evaluadas.....	24
3.5.1    Peso (g) de Impurezas y grano limpio .....	24
3.5.2.    Humedad (%) .....	25
3.5.3.    Peso (g) de Arroz integral.....	26
3.5.4.    Cáscara (g).....	27
3.5.5.    Polvillo (g).....	28
3.5.6.    Masa blanca (g) .....	28
3.5.6.    Arrocillo (g) o granos quebrados .....	29
3.5.7.    Peso (g) de grano clasificado o entero .....	30
3.5.8.    Contenido de amilosa y proteína (%).....	30
3.5.9.    Centro blanco (%).....	31
3.6. ASPECTOS ÉTICOS .....	32
CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1.    Resultados .....	34
4.1.1.    Porcentaje (%) cáscara.....	34
4.1.2.    Porcentaje (%) grano integral .....	35

4.1.3.	Porcentaje (%) grano clasificado o entero .....	35
4.1.4.	Porcentaje (%) arrocillo o grano partido .....	36
4.1.5.	Porcentaje (%) polvillo .....	37
4.1.6.	Porcentaje (%) centro blanco .....	38
4.1.7.	Porcentaje (%) proteínas .....	39
4.1.8.	Porcentaje (%) amilosa .....	40
4.1.9.	Análisis de componentes principales .....	41
4.1.10.	Análisis de conglomerados .....	43
4.1.11.	Análisis de la estadística descriptiva (Modelo PROMVAR) .....	44
4.1.12.	Análisis correlación de Pearson .....	45
4.1.13.	Análisis de variabilidad relativa (%) para la selección de las líneas sobresalientes a través de la variable clasificado o grano entero (%). .....	46
4.2.	Discusión .....	47
<b>CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>49</b>
5.1.	Conclusiones .....	49
5.2.	Recomendaciones .....	50
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>51</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b>	<b>Morfología del grano de arroz .....</b>	<b>14</b>
------------------	--	-----------

<b>Figura 2.</b> Limpieza de impurezas en el equipo marca Cárter Day (A). Peso de la muestra sin impurezas en una gramera eléctrica (B).....	25
<b>Figura 3.</b> Determinación de humedad en el equipo digital marca Dickey Jhon GAC 2100 (A). Muestra con humedad mayor a 12% (B). Secadora GAVIAGRO SM8B (C).....	26
<b>Figura 4.</b> Máquina descascaradora marca GRAINMAN 1500 RPM de origen japonés (A). Obtención de muestra descascarada (grano integral) (B). .....	27
<b>Figura 5.</b> Peso de cascara en una gramera eléctrica. ....	27
<b>Figura 6.</b> Peso de polvillo en una gramera eléctrica.....	28
<b>Figura 7.</b> Colocación del producto integral en la mini pulidora de motor marca Grainman, molino MCGILL N3 (A). Producto masa blanca (B).....	29
<b>Figura 8.</b> Colocación del producto masa blanca en una mini clasificadora GRAINMAN (A). Peso del producto arrocillo en la gramera eléctrica (B).....	30
<b>Figura 9.</b> Obtención del grano flor en la mini clasificadora GRAINMAN (A). Peso del grano flor en la gramera eléctrica (B).....	30
<b>Figura 10.</b> Medición del contenido de amilosa y proteína en el equipo marca Kett An-900, serie 0F00049. ....	31
<b>Figura 11.</b> Visualización de centro blanco en una lampara lupa (A). Granos de arroz con centro blanco (línea 17-R1) (B).....	32
<b>Figura 12.</b> Correlación existente entre las variables más evidentes como son; el grano integral, el polvillo, el clasificado o grano entero, contenido de proteínas y cascara. ....	43
<b>Figura 13.</b> Análisis de conglomerado (Distancia Euclidea), método Ward para la agrupación de la similitud de las líneas promisorias y el testigo comercial. ....	44

<b>Figura 14.</b> Variabilidad relativa (%) representada por un diagrama de cuatro celdas en la variable rendimiento grano clasificado o entero en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial de arroz. ....	47
--	----

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Análisis de varianza de la variable cáscara (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	34
<b>Tabla 2.</b> Test Tukey la variable cáscara (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial. ....	34
<b>Tabla 3.</b> Análisis de varianza de la variable grano integral (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	35
<b>Tabla 4.</b> Test Tukey la variable grano integral (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial. ....	35
<b>Tabla 5.</b> Análisis de varianza de la variable grano clasificado o entero (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	36
<b>Tabla 6.</b> Test Tukey la variable grano clasificado o entero (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	36
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza de la variable arrocillo o grano partido (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	37
<b>Tabla 8.</b> Test Tukey la variable arrocillo o grano partido (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	37
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza de la variable polvillo (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	38

<b>Tabla 10.</b> Test Tukey la variable polvillo (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	38
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza de la variable centro blanco (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	39
<b>Tabla 12.</b> Test Tukey la variable centro blanco (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	39
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza de la variable proteína (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	39
<b>Tabla 14.</b> Test Tukey la variable proteína (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	40
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza de la variable amilosa (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	40
<b>Tabla 16.</b> Test Tukey la variable amilosa (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.....	41
<b>Tabla 17.</b> Resultados del análisis de componentes principales y asociación de los caracteres observados establecidos entre las 8 variables cuantitativas.....	41
<b>Tabla 18.</b> Autovalores, proporción distribuida y proporción acumulada de las variables analizadas.....	42

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Operalización de las variables.....	21
<b>Cuadro 2.</b> Estadística descriptiva de las características molineras de cuatro líneas promisorias y un testigo comercial de arroz.....	44

**Cuadro 3.** Matriz de correlaciones lineales  $r$  (momento producto de Pearson) de las características molineras de cuatro líneas promisorias y un testigo comercial. ....46

## RESUMEN

En este estudio se estudió la calidad molinera, contenido de amilosa y proteína en cuatro líneas promisorias de arroz (*Oryza* sp.) denominadas: PxJ 7, PxJ 17, PxJ 37, PxJ 38 y la variedad comercial SFL-11 (testigo), en muestras que provinieron de lotes de siembra por trasplante (3-4 plantas por sitio), del cantón Daule, provincia del Guayas. Para el análisis de las variables se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco cultivares (4 líneas y el testigo) y tres repeticiones por tratamiento, se realizaron los análisis de varianza, el test de Tukey 5%, análisis de componentes principales, análisis de conglomerados (Distancia Euclídea), análisis de correlaciones de Pearson y variabilidad relativa (%). En estudio se describen procesos de molinería donde se analizaron las siguientes variables: Cáscara (%), polvillo (%), arroz clasificado (%) o granos enteros, arrocillo (%) o granos quebrados, panza blanca (%), contenido de amilosa (%) y contenido de proteína (%). En cuanto a los resultados, se determinó que la línea 17 y la variedad comercial SFL-11 presentaron rendimientos superiores de arroz grano entero. La línea 17 presentó del mayor porcentaje de grano integral. Con respecto a las variables grano partido y polvillo las líneas promisorias 7, 17, 38 y la variedad comercial obtuvieron el menor porcentaje. Con relación al contenido de proteínas la variedad comercial SDL-11 obtuvo el mejor porcentaje (%). Las líneas promisorias 7, 17, 37 y 38, presentaron los mejores resultados en contenido de amilosa. El análisis de Clúster agrupó las variedades con similitud en las características, ubicándose la variedad comercial SFL-11 en la Clase I, y a las líneas promisorias 7, 17, 37 y 38 en la clase II.

**Palabras clave:** Arroz, Calidad molinera, Líneas promisorias, Amilosa, Proteína.

## **SUMMARY**

In this study, milling quality, amylose and protein content (%) were studied in four promising lines of rice (*Oryza* sp. ) named: JxP 7, JxP 17, JxP 37, JxP 38 and the commercial variety SFL-11 (control), in samples that came from transplant sowing lots (3-4 plants per site), from the Daule canton, province of Guayas. For the analysis of the variables, a Completely Random Design (DCA) was applied with five cultivars (4 lines and the control) and three repetitions per treatment. Analysis of variance, the Tukey test 5%, principal component analysis, cluster analysis (Euclidean Distance), Pearson correlations analysis and relative variability (%) were applied. The study describes milling processes where the following variables were analyzed: Husk (%), dust (%), classified rice (%) or whole grains, rice (%) or broken grains, white belly (%), amylose content (%) and protein content (%). Regarding the results, it was determined that the line 17 and the commercial variety SFL-11 presented superior yields of whole grain rice. Line 17 presented the highest percentage of whole grain. With respect to the variables broken grain and dust, the promising lines 7, 17, 38 and the SFL-11 (control) obtained the lowest percentage. Regarding the protein content, the commercial variety SFL-11 obtained the best percentage (%). Promising lines 7, 17, 37 and 38 presented the best results in amylose content. The cluster analysis grouped the varieties with similarity in characteristics, placing the commercial variety SFL-11 in Class I, and promising lines 7, 17, 37 and 38 in Class II.

**Key words:** Rice, Milling quality, Promising lines, Amylose, Protein.

## CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) comenzó en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical hace casi 10.000 años. Este cultivo es el alimento básico de más de la mitad de la población mundial. A nivel internacional, solo es superado por el trigo en rendimiento. El arroz contiene más calorías por hectárea que cualquier otro grano cultivado (Acevedo *et al.* 2006).

El arroz es, sin duda uno de los cereales que ofrece una oportunidad para llenar rápidamente los vacíos en la producción agrícola para el consumo humano y es la base de la nutrición humana (Franquet y Borràs 2004).

En la actualidad, el arroz se ha convertido en la base de la dieta de gran parte de la población, porque es un alimento económico, muy energético y digerible, bajo en grasas y rico en almidón. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO), Ecuador ocupa el puesto 26 en producción de arroz en el mundo, y también es considerado uno de los mayores consumidores de arroz en la comunidad andina (De La Cruz 2018).

Sin embargo, el Ecuador ha mantenido un crecimiento constante de las exportaciones en los últimos años, pasando de 27.094 toneladas en 2019 a 42.402 toneladas en 2020. La producción promedio de arroz es de 5,28 toneladas por hectárea. Las principales provincias productoras son Guayas y Los Ríos, donde se produce arroz de alta calidad (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2021).

La calidad del grano de arroz se fija con base en tres componentes: molinera, culinaria y nutricional. Dentro de la molinera se observa el componente apariencia del grano; el cual depende del color, forma, tamaño, peso, longitud y presencia de centro

blanco. La necesidad de obtener variedades con mejores características molineras, no es solo para satisfacción de los consumidores, sino de los productores y molineros ya que para ellos representa un mayor rendimiento en el molino y por ende una mayor utilidad económica (Sánchez 1994).

El rendimiento en campo y la calidad del grano, son consideradas dentro de las características de mayor relevancia en el cultivo del arroz; ya que en estas se tienen en cuenta la exigencia de cualidades para satisfacer a los productores, la industria y al consumidor. Ambas son el resultado de numerosos y variados factores (Amézquita 2012).

El objetivo de los programas de arroz es producir una variedad que, además de alto rendimiento, resistencia a las principales plagas y enfermedades y buena adaptabilidad ambiental, produzca grano de calidad aceptable para el agricultor, el molinero y el consumidor (CIAT 1989).

La Universidad Técnica de Babahoyo está implementando un programa de mejoramiento genético de arroz utilizando arroz japónica e indica. En Ecuador, es necesario evaluar el potencial productivo y molinero nuevos materiales genéticos de arroz, que pueden constituir una alternativa para la siembra de este tipo de cultivares, por lo que esta investigación tiene como objeto principal, evaluar la calidad molinera, contenido de amilosa y proteína en cuatro líneas promisorias de arroz, que permitirá identificar características sobresalientes de calidad molinera del grano, y a futuro lograr aceptación de estos materiales a nivel local o regional.

## **1.1.CONTEXTUALIZACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

### **1.1.1. Contexto Internacional**

En años anteriores, la gran mayoría de los productores de arroz en Costa Rica sembraron variedades de alto rendimiento independientemente de la calidad de molienda. En ese entonces, la idea era producir la mayor cantidad de arroz para obtener la mayor ganancia, independientemente de la calidad de su materia prima. Sin embargo, hoy en día los productores han cambiado su enfoque, porque la industria del arroz requiere compras de mayor calidad, además de que los nuevos mecanismos de clasificación de arroz en granja penalizan financieramente si la calidad del molino de arroz no es buena. (Rojas 2012).

La calidad de la molienda está determinada por el número de granos que permanecen intactos o las tres cuartas partes de su tamaño después de descascarar y pulir (Hernández *et al.* 2021).

En América, la producción en 2020 fue de 37,6 millones de toneladas, con una tasa de crecimiento promedio del 1% anual. Los cinco principales productores de la región por volumen son Brasil (29,5%), Estados Unidos (27,4%), Perú (8,6%), Colombia (7,8%) y Ecuador (4,3%), con una producción conjunta del 77% del total de la región (FEDEARROZ 2021).

### **1.1.2. Contexto Nacional**

Actualmente, el cultivo de arroz en el Ecuador se ve afectado por diversos factores como la falta de recursos económicos, número insuficiente de variedades mejoradas, uso de semillas de mala calidad, presencia de plagas y enfermedades, y manejo inadecuado del cultivo factores que han producido deterioro de la calidad de los granos de arroz paddy generado por varios agricultores. Además, estos factores aumentan la falta de capacitación

en técnicas de cosecha, ya que estos problemas hacen que los pequeños agricultores alquilen la tierra y que la producción de arroz sea cada vez menor (Mota 2016).

Las exigencias en cuanto a requerimientos de calidad y rendimiento por parte de los consumidores, se intensifican conforme va aumentando el índice poblacional, quienes buscan una mejora sustancial en rendimiento en los productos básicos, este hecho hace que sea inevitable medir los parámetros físicos del grano de arroz, con el objetivo de validar la superioridad de nuevos cultivares (líneas promisorias) que muestren características deseables. Las evaluaciones de calidad molinera analizan las características que han sido definidas por factores ambientales y de manejo técnico del cultivo en postcosecha, tales como: trilla, secamiento, almacenamiento, proporción de granos enteros, este último siendo uno de los aspectos más importantes al momento de determinar el índice de pilado, el cual es un factor que permite calificar el comportamiento del grano durante el procesamiento industrial (Rendon 2022).

El rendimiento nacional del cultivo de arroz en cáscara (20 % de humedad, 5% de impurezas) para el año 2019, fue de 5,78 t/ha; en comparación al año 2018, se registró un incremento de 0,21 t/ha. Durante el primer periodo comprendido entre los meses de enero a mayo, la productividad del sector arrocero a nivel nacional presentó una variación significativa (incremento de 0,82 t/ha con relación a 2018; no obstante, en el segundo periodo se observó el nivel más alto del año, al registrar un rendimiento de 6,09 t/ha (García 2019).

### **1.1.3. Contexto Local**

Daule es uno de los cantones de la provincia del Guayas, claramente productor de arroz; es decir, su economía y empleo están centrados en este producto, todas las familias heredan capacitación en la siembra y cosecha del arroz, especialmente durante la temporada de invierno cuando el clima favorece una excelente producción de arroz. Los productores industriales venden arroz paddy en sacos de 205 libras. La mayoría de los pequeños y medianos productores entregan sus cosechas a la piladora, el 43% de los agricultores son productores de 10-20 hectáreas, el 22 por ciento de los encuestados poseen propiedades de 20 hectáreas; a su vez hay pequeños productores con propiedades de 0-8 hectáreas, que es el 35%. Actualmente, el promedio de arroz por hectárea es de 5 a 8 toneladas, es decir, el 65%. Sin embargo, 35 agricultores informan que su promedio es inferior a 5 toneladas por hectárea. El rendimiento por hectárea en el sector Daule se ve afectado por varios factores: falta de asesoría, insumos agrícolas mal utilizados, suelo tecnificado y mercadeo inadecuado (Cobos *et al.* 2020).

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El arroz es uno de los cereales más consumidos a nivel mundial y local; por lo tanto, es uno de los productos más destacados en la comercialización, por lo que los productores de arroz de la zona de Daule- provincia del Guayas, se enfocan en la calidad molinera como una forma de sustentar el uso industrial garantizando un mayor número de granos enteros, puesto que los procesos para obtener este producto van desde el descascarado, obtención del grano integral y grano flor que puede ser procesado aplicando un proceso de pulido.

Por otra parte, la demanda en costos de producción del arroz tiende ser muy elevada debido a que los agricultores no aplican las labores culturales en forma adecuada, estos

repercuten desde el punto inicial de la siembra, tanto como del manejo agronómico del cultivo y finalmente también influye en la calidad del grano.

Las variedades de arroz actualmente disponibles en el mercado no son suficientes porque el clima y el suelo son diferentes en las regiones arroceras donde se cultiva este arroz. por lo tanto, es necesario obtener nuevas variedades para mejorar la producción de arroz y la calidad del grano (Reyes *et al.* 2020).

Dentro de los factores en la calidad que se han visto afectados es la calidad del grano, puesto que el conocimiento de los parámetros del proceso molinero, es imprescindible al momento de obtener datos como el porcentaje de proteína, amilosa y humedad, desde esta particularidad se generan grandes pérdidas en producción y calidad, siendo uno de los principales acontecimientos que involucran una situación desfavorable para los productores y comerciantes del rubro arrocero.

### **1.3. JUSTIFICACION**

El Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de la Universidad Técnica de Babahoyo, busca obtener líneas avanzadas con material genético mejorado en la productividad del cultivo de arroz; por consiguiente, en este estudio se evaluó y determinó el rango de calidad molinera presente en 4 (cuatro) líneas promisorias de arroz en conjunto de un testigo comercial.

El estudio de esta investigación permitió obtener información de las nuevas líneas de arroz resultado de los cruces interespecíficos del arroz *Oryza rufipogon* o más conocido como arroz Puyón y del arroz tipo japonico, en las cuales sus progenies seleccionadas por varias generaciones poseen excelentes características agronómicas y rendimientos de grano, tanto a nivel de campo como a nivel industrial, siendo de interés productivo y comercial.

Además, al indagar las 4 líneas se obtuvo de forma estadística la productividad en términos de calidad de grano, puesto que son requisitos indispensables en la cadena industrial para el posterior consumo del arroz de mesa.

Mediante la evaluación de la calidad molinera, contenido de amilosa y proteína, los productores conocerán las principales características de un producto de uso industrial, con mayor porcentaje de granos enteros que solventen la demanda de producción en la localidad.

## **1.4.OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la calidad molinera, contenido de amilosa y proteína en cuatro líneas promisorias de arroz (*Oryza sp*).

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar diferencias de las propiedades molineras, contenido de amilosa y proteína entre las cuatro líneas promisorias de arroz.
- Seleccionar la línea que mejor características tenga con respecto a calidad molinera, contenido de amilosa y proteína.

## **1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

**H<sub>0</sub>** = El uso del sistema de siembra 3-4 plantas por sitio no influenciará en la calidad molinera de la producción de granos enteros de arroz.

**H<sub>1</sub>**= El uso del sistema de siembra 3-4 plantas por sitio influenciará en la calidad molinera de la producción de granos enteros de arroz.

## **CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES**

El arroz es conocido como el "sustentador de la humanidad", el arroz sigue siendo un alimento básico en la dieta de muchas personas. Aporta a más de la mitad de la población del planeta una parte importante de su aporte calórico diario, hasta el 80% en Asia. Este cultivo cubre el 11% de la tierra cultivable del mundo, y el 88% de los campos se encuentran en Asia, que produce más del 90 por ciento de la tierra cultivable del mundo. Casi el 10% restante lo comparten África, América y algunos países del sur y sureste de Europa (IDEAS 2007).

En Ecuador el consumo promedio de un ecuatoriano de este cereal es entre 43 y 45 kg. En los últimos meses del 2020 el consumo llegó hasta los 50 kg por persona. Las provincias que lideran, tanto la producción y venta de arroz está en Guayas y Los Ríos, con 1.971.206 hectáreas y 7.683.212 toneladas sembradas entre 2014 y 2019, según datos de la encuesta ESPAC del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (Sánchez *et al.* 2020).

La calidad varía dentro de cada tipo. Respecto al arroz, el consumidor tiene ciertas reglas empíricas para evaluar la calidad del producto que compra, y en base a estas concluye la calidad del arroz. El consumidor en lo posible prefiere la menor cantidad de grano triturado. Es deseable que sea del mismo tamaño y forma (sin mezcla de variedades o granos rojos), sin material inerte, bien molido, preferentemente transparente (CIAT 1989).

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. El cultivo de arroz y sus generalidades.**

El arroz conforma, junto al maíz y al trigo, la trilogía de cereales más cultivados del mundo. Desde el punto de vista histórico, cultural y alimenticio tiene tanta importancia para Asia como el maíz para América y el trigo para Europa; es decir, acompañó a los pueblos de esas regiones en su evolución. Para vastos pueblos del mundo representa más del 50% del total de calorías diarias ingeridas y en esas regiones llega a un consumo de hasta 237 kg por habitante por año. Si bien su origen geográfico se remonta a zonas de Asia tropical, hoy sus variedades se han diseminado por todo el mundo y están adaptadas a todos los ambientes, desde las altas montañas hasta la ribera de los ríos y desde el Ecuador a altas latitudes en Sudamérica (Pincirolí *et al.* 2015).

El arroz es un cultivo que presenta una gran adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, lo que lo ubica como el de mayor difusión en el mundo. El cultivo puede desarrollarse en condiciones de secano e inundación con láminas de poca altura. Se cultiva a 3000 m de altitud en Nepal y a nivel del mar; a latitudes entre los 53° N en China y 35° S en Australia. Mediante la selección de variedades específicas, el cultivo puede adaptarse a las diferentes áreas de implantación ajustándose a las condiciones de adversidad ambiental (Quintero 2009).

Otra particularidad del cultivo del arroz es que, a diferencia de los otros, su valor económico principalmente radica en el grano entero para consumo humano, sin otra elaboración que el molinado; por lo cual, factores que puedan afectar esta característica afectarán su valor comercial (Pincirolí *et al.* 2015).

### **2.2.2. El cultivo de arroz en Ecuador**

El Ecuador es considerado un país productor y consumidor de arroz (117 libras al año por habitante), el 83% de los cultivos de la gramínea se encuentran en el Guayas y Los Ríos. Según datos del INEC (2016) la región Costa representa el 98.8% de la superficie sembrada del país, mientras que en la Sierra y Amazonia se siembra únicamente el 0.5% y 0.7% del total nacional, respectivamente. Los agricultores de la gramínea provienen de las provincias Guayas, Manabí, Los Ríos y el Oro, en el Guayas se encuentran los cantones Daule, Santa Lucía, Yaguachi, Salitre, Palestina y Samborondón (Quijije *et al.* 2019).

El proceso de producción de arroz, es de pocas etapas; sin embargo, en cada una de sus etapas no es un proceso muy fácil; por lo tanto, merece la aplicación de tecnología actualizada permite optimizar el tiempo de trabajo y mucho cuidado y control en cuanto a los tiempos de fertilización, plagas, enfermedades y malezas con la finalidad de aumentar la productividad del cultivo. Es importante que los organismos gubernamentales ayuden a los agricultores en cuanto a la comercialización del producto, con incremento y reapertura de centros de acopio, control de industrializadoras para que no existan intermediarios que exploten a los pequeños y medianos agricultores, lo que perjudica en sus ingresos económicos (Zamudio 2021).

### **2.2.3. Morfología general.**

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una gramínea anual de origen subtropical, clasificado como planta C3 por su vía fotosintética, y con gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones de ambiente. Es una planta de tallos cilíndricos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es una

panícula. La altura de la planta varía entre 40 cm (enanas) y más de 7 metros (flotantes) (Pinciroli *et al.* 2015).

#### **2.2.4. Clasificación Botánica**

Según López y Ozaeta (2013) definen que, su clasificación botánica se conforma de la siguiente manera:

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Embryobionta

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Monocotiledonea

**Orden:** Cyperales

**Familia:** Poaceae (gramineae)

**Subfamilia:** Orizaoideae

**Tribu:** Oryzeae

**Subtribu:** Oryzineae

**Género:** Oryza

**Especie:** sativa L.

#### **2.2.5. Variedades de Arroz**

Desde 1971, el programa nacional de arroz del INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias) ha venido suministrando variedades de arroz de diferentes orígenes. Las variedades INIAP 11, INIAP 12, INIAP 14, INIAP 15, INIAP

16, INIAP 17 e INIAP 18 son tempranas, lo que permite la siembra directa en condiciones de riego, tres veces al año. Por otro lado, INDIA - PRONACA, con sede en Ecuador, se dedica a la importación y distribución de insumos agrícolas y semillas, incluyendo dos tipos de arroz, SFL-09 y F-50 (Landires y Márquez 2013).

El arroz es uno de los cereales más consumidos a lo largo de la historia, ya que su existencia proviene de años atrás, añadido a esto es un alimento saludable, pues aporta vitaminas, proteínas y aminoácidos (Pacheco 2021).

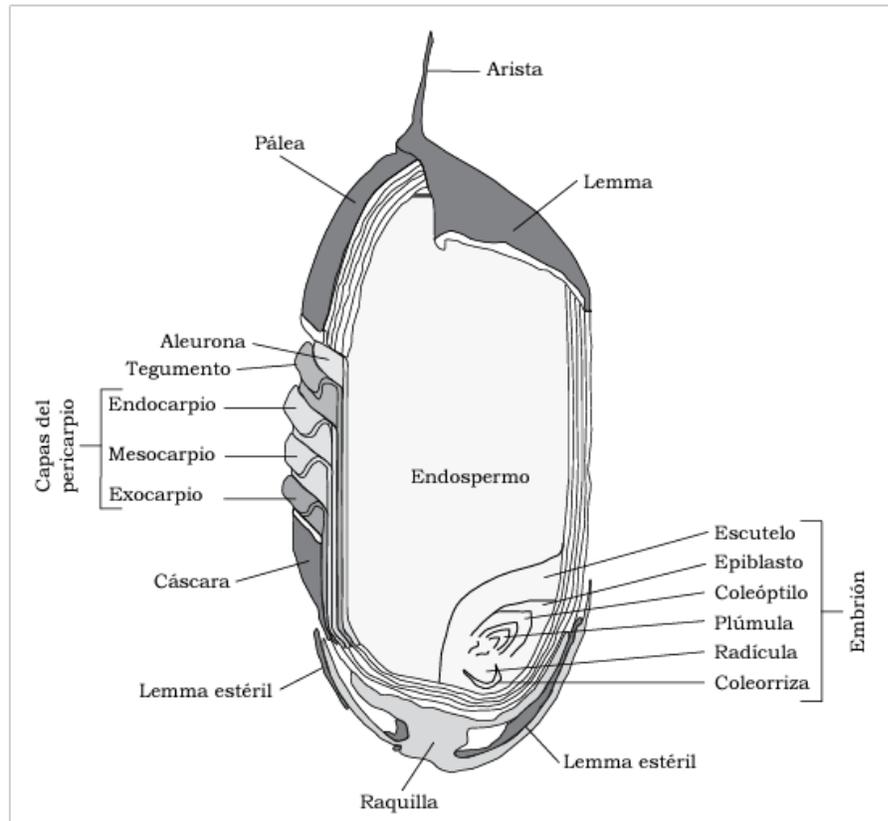
Se han logrado avances notables en la obtención de nuevas variedades mediante el mejoramiento de germoplasma. El enfoque del Programa de Arroz en Ecuador, conducido por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), se orienta al aumento de la productividad, resistencia genética a enfermedades, principalmente virus de la hoja blanca (RHBV), pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*), tizón del tallo (*Rhizoctonia solani*), quemazón (*Pyricularia grisea*), manchado del grano (complejo hongo-bacteria), y granos de alta calidad que tengan ventaja competitiva en los mercados y aceptación por parte de los consumidores (Pérez 2019).

#### **2.2.6. Morfología del grano**

Una semilla de arroz corresponde a un ovario maduro, seco, dehiscente, que consta de las siguientes partes: la cáscara, que está formada por la lemma, la pálea y las partes asociadas a estas dos estructuras, las lemmas estériles, el raquis, la arista, y el embrión, que se encuentra en la cara ventral de la semilla, cerca de la lemma, y el endospermo, que nutre al embrión durante la germinación. El grano de arroz descascarillado es la cariósida con la semilla todavía adentro y por eso se llama arroz integral. El pericarpio puede ser blanco, marrón claro, rojo, morado suave o morado profundo. El llamado "arroz rojo" tiene una

cubierta de semilla roja y algunos tipos de arroz también el tegumento. Debajo de la lemma y la palea se encuentra el pericarpio, que consta de tres capas de células fibrosas muy duras (endocarpio, mesocarpio y exocarpio) (Figura 1). Justo debajo de la cubierta de la semilla hay dos capas ricas en proteínas, el endocarpio y la aleurona (Degiovanni *et al.* 2010).

**Figura 1.** Morfología del grano de arroz



**Fuente:** (Degiovanni *et al.* 2010).

La apariencia de los granos de arroz descascarados y pulidos depende de su transparencia. Los granos pueden ser translucidos, semitranslucidos y opacos. Pueden presentar manchas no translucidas, en su abdomen, en el centro o en la parte de atrás. El endospermo blanco consiste principalmente en granulos de almidon envueltos en una matriz proteinica; contiene ademas azucares, grasas, fibra cruda y materia organica (CIAT 1981).

### **2.2.7. Calidad del Arroz para la comercialización**

La calidad de los productos es una característica cada día más apreciada por los consumidores. En el caso del arroz la calidad está determinada por factores físicos, químicos, culinarios y nutricionales, los cuales a su vez están influenciados por factores edafoclimáticos, genéticos, agronómicos y manejo del grano posterior a la cosecha. Debido a esta situación, la calidad del grano de arroz es una característica compleja, específica a cada región o país, ya que las preferencias culturales son diferentes y pueden cambiar en el transcurso del tiempo (INIA 2021).

La calidad de la molienda está determinada por el número de granos que permanecen intactos o las tres cuartas partes de su tamaño después de descascarar y pulir (Hernández *et al.* 2021).

El arroz es fundamental en todo hogar ecuatoriano. El arroz es mucho más que un aporte económico a las familias dedicadas a la siembra de este producto, es un alimento básico de la vida cotidiana ecuatoriana. La aceptación de las variedades de arroz que comercializamos requiere que su calidad de molienda satisfaga las exigencias del consumidor. Estos requisitos son uno de los principales factores que continúan su presencia en el mercado ecuatoriano a la mejor variedad (Medina 2022).

### **2.2.8. Apariencia del grano**

La apariencia se refiere al aspecto del grano y depende del color, la forma, el tamaño, el peso, la longitud y la presencia de un centro blanco. El tamaño físico del grano de arroz es de particular importancia para las personas que trabajan en diversas áreas de la industria del arroz. La apariencia del grano se evalúa visualmente, por lo que es la primera característica que miran los comerciantes y los consumidores. Esta suele ser la base para

rechazar o aceptar una variación. La apariencia del grano también se evalúa por la presencia de un vientre blanco o centro blanco, que es la opacidad del arroz glutinoso (totalmente opaco) debido a los gránulos de almidón y los poros del arroz glutinoso, debido a la falta de condensación de partículas de almidón y proteína en las células (Galvis 2020).

### **2.2.9. Evaluación de calidad molinera**

Según Llanos y Zambrano (2020) afirman que, los principales factores que determinan la calidad de la molienda del arroz son la capacidad del campo para producir la mayor proporción de granos enteros y pulidos y el alto rendimiento total cuando el arroz es descascarillado y blanqueado en los molinos. Por lo tanto, los determinantes de la calidad de molienda del grano de arroz son genéticos y ambientales; se reflejan en el Proceso de Pilado de Arroz, Proceso de pilado de Arroz en el Molino y Proceso Estandarización de Pilado del Arroz.

### **2.2.10. Pilado**

El arroz pilado se clasifica según la calidad en arroz extra, superior y normal, teniendo en cuenta la proporción de granos partidos, materia extraña, granos dañados y olor. El pilado de arroz cáscara consiste en remover del grano cosechado y seco, las glumas (descascarado), los tegumentos y el embrión que corresponden a la estructura de la cariósida y constituye el salvado o polvillo; para producir arroz pulido o blanco con un mínimo de grano quebrado y de impureza final (Najar y Álvarez 2007).

El proceso de fabricación se describe a continuación:

**a. Recepción:** El arroz cáscara llega del campo en sacos de yute con 50 Kg.

**b. Inspección:** Se comprueba el porcentaje de humedad e impurezas.

**c. Pesado:** En balanza de 100 kg.

**d. Secado:** Proceso muy importante que requiere un tiempo razonable. Si el secado es muy lento, los microorganismos pueden florecer debido a la alta humedad, lo que hace que la masa se caliente y, en consecuencia, se eche a perder. Por otro lado, si el grano se seca demasiado rápido, existe el riesgo de que se dañe su cariósido y el embrión muera por el calor excesivo (Najar y Álvarez 2007).

### **2.2.11. Centro blanco**

Las áreas translúcidas del grano de arroz son debidas a una disposición de los gránulos de almidón compacta y uniforme. Cuando la compactación es desuniforme con pérdida de la estructura cristalina y formación de espacios de aire, se forman áreas opacas que originan la característica de Panza Blanca. Las áreas opacas son muy comunes en los arroces cortos de origen japónicos, estas áreas opacas son producidas por una pérdida de la estructura cristalina pero más relacionada a un cambio de la relación amilosa-amilopectina. (Olmos 2007).

Según CIAT (1989), la clasificación del centro blanco se realiza de la siguiente manera: se coloca una muestra de 3 a 5 gramos de arroz pulido sobre una base oscura y se toman granos representativos para clasificarlos en una escala de cero a cinco, donde cero corresponde a gránulos translúcidos sin manchas blancas y cinco a gránulos completamente manchado.

### **2.2.12. % de amilosa**

En relación al contenido de amilosa, esta determina la textura, la terneza, la pegajosidad y el crecimiento del volumen del arroz cocido. Dependiendo del porcentaje de

amilosa (método colorimétrico), las variedades se pueden clasificar como bajas (7-20%), medias (20-25%) o altas (>25%) en amilosa. El arroz alto en amilosa es más denso y seco después de la cocción (Olmos 2007).

# CAPÍTULO III.- METODOLOGÍA

## 3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

### 3.1.1. Tipo de investigación

La investigación realizada en este estudio fue de laboratorio con estadística descriptiva inferencial.

### 3.1.2. Diseño de investigación

Para el análisis de las variables que se midieron en las muestras de arroz, se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco cultivares (4 líneas y el testigo) y tres repeticiones por tratamiento. Se realizó el análisis de varianza y estadísticos descriptivos; Promedio  $\bar{Y}$ , Mediana  $M_d$ , Varianza  $S^2$ , Desviación estándar  $S$ , Error estándar  $EE$ , Curtosis  $g_2$ , Coeficiente de Asimetría  $\gamma_1$ , Coeficiente de variación  $CV\%$ , Variabilidad relativa  $\%$ ,  $VR\%$ , Mínimo  $Min$ , Máximo  $Max$ , Rango  $R_n$ , Numero de datos  $n$ , Intervalo de Confianza,  $IC\ 95\%$ , Límite Inferior de Confianza  $LIC$ , Límite Superior de Confianza  $LSC$  y también el test de Tukey  $5\%$ . Para la descripción de estos estadísticos, se utilizó como criterios de diferenciación los caracteres “mayor es mejor” las variables Clasificado, Integral, Contenido de proteínas, Contenido de amilosa y como criterio de diferenciación “menor es mejor” las variables Cáscara, Arrocillo, Polvillo, Panza blanca.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando programas informáticos: INFOSAT (UNC, 2018), y EXCEL de Microsoft office. Cabe indicar que las variables analizadas estadísticamente fueron transformadas a porcentajes, tales como cáscara,

integral, polvillo, granos quebrados y granos enteros. También se analizaron en porcentajes las variables panza blanca, contenido de amilosa y proteínas.

Se hizo análisis de componentes principales, donde se estiman las correlaciones de signo determinadas entre las 8 variables cuantitativas utilizadas en este análisis, también se aprecian los autovalores, la proporción distribuida y la proporción acumulada, donde se observan las principales variables que explican la variación total y de manera gráfica la correlación existente entre las variables más evidentes.

### **Modelo PROMVAR**

Se basa en la relación entre los promedios de las líneas (eje X) y la variabilidad relativa (VR%), que representa el error estándar de la media, expresado en porciento (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 las características molineras es una variable cuantitativa continua, cuyo resultado deseable se identifica como “mayor es mejor”, se propendió a identificar (en el eje X) las líneas con promedios mayores que la media general y valores de variación relativa menores que la media general de VR% (eje Y). Se identificaron las líneas que, en el diagrama de cuatro celdas, se ubican en el cuadrante inferior derecho, reuniendo las condiciones de alto rendimiento y reducida variabilidad relativa (alta estabilidad) (Duicela 2021).

### **Análisis Cluster**

El análisis de conglomerado Clúster (Distancia Euclídea), método Ward consta de un algoritmo de clasificación que nos permite la obtención de una o varias particiones, de

acuerdo con los criterios establecidos. Así pues, la clave de una buena clasificación pasará por una buena selección de las variables que nos van a describir a los individuos (Everitt 1971).

### **3.1.3. Ubicación y descripción del lugar donde se obtuvieron las muestras de los cultivos cosechados.**

Las muestras que se utilizaron en esta investigación, se obtuvieron del cantón Daule, sector estero loco, provincia del Guayas de la finca del Sr. Raúl Villegas en donde se realizó la experimentación de campo, coordenadas geográficas -1.802874 Latitud Sur y -80.056126, longitud oeste a una altitud de 9 msnm. Una temperatura media anual 25-31 °C, humedad relativa de 62% y precipitación media anual de 1500 mm (González y Painii 2022).

### **3.1.4. Material genético de arroz.**

En esta investigación se utilizaron semillas de arroz, como son las cuatro líneas promisorias denominadas: PxJ 7, PxJ 17, PxJ 37, PxJ 38 y la variedad comercial SFL-11 que se utilizó como testigo.

### **3.1.5. Factores estudiados.**

El factor estudiado de este trabajo experimental fue determinar la calidad molinera de las cuatro líneas promisorias de arroz, contenido de amilosa y proteína.

## **3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

**Cuadro 1.** Operalización de las variables

<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>TIPO DE MEDICIÓN E INDICADOR</b>	<b>TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS (Objetivos)</b>

Independiente	Calidad molinera, contenido de amilosa y proteína	La calidad de la molienda está determinada por el número de granos que permanecen intactos o las tres cuartas partes de su tamaño después de descascarar y pulir (Hernández <i>et al.</i> 2021). El mayor o menor contenido de amilosa y proteína en el grano de arroz determina la calidad en cuanto a su textura, brillo y cohesividad del arroz cocido.	Laboratorio de granos	Cualitativo Cuantitativo	Evaluar la calidad molinera, contenido de amilosa y proteína en cuatro líneas promisorias de arroz ( <i>Oryza</i> sp.).
Dependiente	en cuatro líneas promisorias de arroz ( <i>Oryza</i> sp.) en siembra por trasplante (3-4 plantas por sitio) en Daule – provincia del Guayas	La calidad está determinada por factores físicos, químicos, culinarios y nutricionales, los cuales a su vez están influenciados por factores edafoclimáticos, genéticos, agronómicos y manejo del grano posterior a la cosecha (INIA 2021).	Laboratorio, con estadística inferencial descriptiva.  Laboratorio, con estadística inferencial descriptiva.	Inductivo Deductivo  Inductivo Deductivo	Identificar diferencias de las propiedades molineras, contenido de amilosa y proteína entre las cuatro líneas promisorias de arroz.  Seleccionar la línea que mejor características tenga con respecto a calidad molinera, contenido de

					amilosa y proteína.
--	--	--	--	--	------------------------

Elaborado por: El Autor 2023.

### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

Las muestras se tomaron en el campo y provinieron de una población de plantas que se encontraron en un metro cuadrado. Se tomaron tres repeticiones por línea promisoría incluyendo la variedad comercial SFL-11 como testigo. En el laboratorio de Calidad de granos de la FACIAG-UTB, se procesaron las muestras una vez estando limpias y secas al (11-12%) de humedad. Las variables medidas tales como contenido de cáscara, arroz integral, arroz pulido o masa blanca, granos enteros, granos quebrado y polvillo, fueron expresados en porcentaje.

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

#### **3.4.1. Análisis en el Laboratorio de Calidad de Granos**

Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Calidad de Granos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo. Cuando las muestras llegaron del campo, pasaron por un proceso de limpieza en el equipo de limpieza de Carter Day. Cuando las semillas estaban limpias, se midió la humedad utilizando un medidor de humedad Dickey John GAC 2100. Posteriormente, todas las semillas que fueron llegadas del campo se sometieron en un secador GAVIAGRO SM8B, cuya temperatura promedio se ajustó a 38-40 grados °C, cuando la humedad de las muestras desciende al 11-12%, posteriormente, los granos limpios y secos fueron enviados a la descascarilladora GRAINMAN 1500 RPM, donde se obtuvo el grano integral. Esto, a su vez, se transfirió a la máquina pulidora de arroz Grainman, el molino MCGILL N3, que produjo dos productos derivados; polvillo y masa blanca. Luego, se procesó el producto masa blanca que contenía granos enteros y quebrados, en un clasificador GRAINMAN para determinar la cantidad de grano entero (Flor) y arrocillo. Se utilizó el grano entero para medir la concentración de amilosa y proteína, y se continuó la medición con un instrumento marca Kett An-900, serie 0F00049.

### **3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS**

#### **Variables evaluadas**

Las variables que se estudiaron se describen a continuación:

#### **3.5.1 Peso (g) de Impurezas y grano limpio**

Las muestras se purificaron en un equipo Carter Day. Este proceso se realizó sobre la cantidad de grano recolectado de cada metro cuadrado de terreno en campo, se realizó

lentamente con dos pasadas de muestra en el separador de impurezas, donde se obtuvo aproximadamente un 98% de granos limpios, luego se pesaron los granos limpios en una balanza gramera electrónica, marca OHAUS de capacidad 2610 g, para con ese valor por diferencia calcular el peso de impurezas (Figura 2).



**Figura 2.** Limpieza de impurezas en el equipo marca Carter Day (A). Peso de la muestra sin impurezas en una gramera eléctrica (B)

### 3.5.2. Humedad (%)

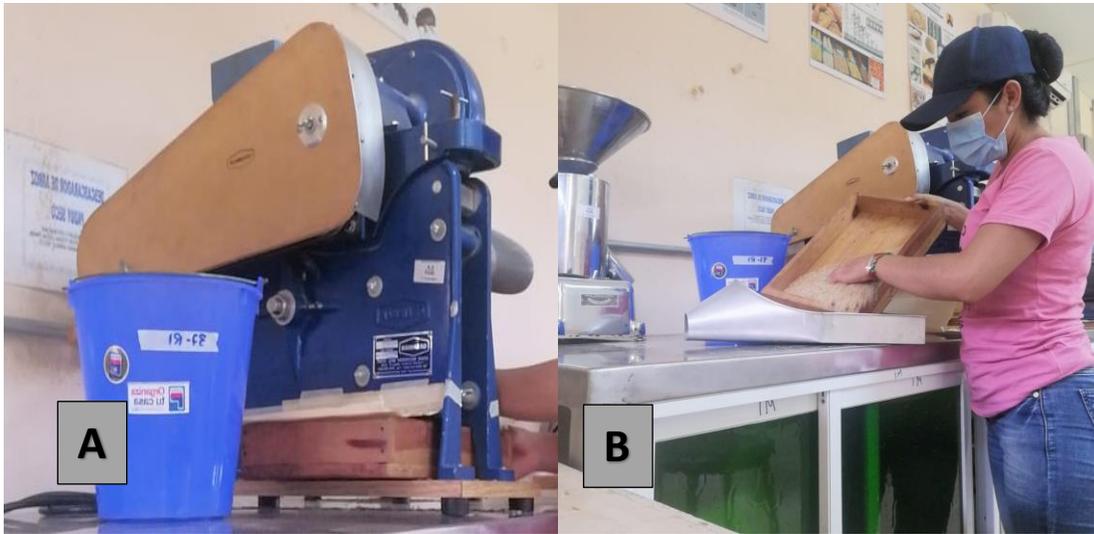
La humedad se determinó mediante un dispositivo digital Dickey Jhon GAC 2100. Se pesaron 200 gramos en una balanza electrónica, luego de lo cual se midió la humedad, se colocó la muestra en el cilindro del medidor y se esperó 20 segundos para conseguir la humedad adecuada. Si las muestras no presentan la humedad perfecta para ser procesadas, posteriormente las muestras fueron sometidas a una secadora GAVIAGRO SM8B, bajando la humedad de las muestras a 11-12% (Figura 3).



**Figura 3.** Determinación de humedad en el equipo digital marca Dickey Jhon GAC 2100 (A). Muestra con humedad mayor a 12% (B). Secadora GAVIAGRO SM8B (C)

### 3.5.3. Peso (g) de Arroz integral

Es arroz descascarillado pero no pulido. El pelado se realizó con una máquina de origen japonés, GRAINMAN 1500 RPM (Figura 4), el proceso fue lento para hacer más eficiente el pelado, y finalmente se obtuvieron muestras peladas. El arroz integral se obtuvo después de descascarillar el arroz con la siguiente fórmula:  $\text{Peso de Arroz Integral} = \text{Peso inicial} - \text{Peso de cáscara}$



**Figura 4.** Máquina descascaradora marca GRAINMAN 1500 RPM de origen japonés (A). Obtención de muestra descascarada (grano integral) (B).

#### 3.5.4. Cáscara (g)

Esta variable se derivó de la diferencia entre granos limpios menos granos descascarillados. (Figura 5).



**Figura 5.** Peso de cascara en una gramera eléctrica.

### 3.5.5. Polvillo (g)

Este resultado se obtuvo restando el peso del arroz integral al peso de la masa blanca obtenida al pulir el arroz integral (Figura 6); se utiliza la siguiente fórmula: Peso de Polvillo = Peso arroz integral – Peso de masa blanca (arroz pulido)



**Figura 6.** Peso de polvillo en una gramera eléctrica.

### 3.5.6. Masa blanca (g)

El arroz integral se colocó en una mini pulidora de motor MCGILL N3 de la marca Grainman. La capacidad mínima de trabajo de este dispositivo es de 700 gramos y la capacidad máxima es de 800 gramos. La muestra se colocó en un cilindro (Figura 7), y se utilizó una palanca con dos pesos para comprimir y pulir los granos de manera efectiva, la duración fue de unos 30 segundos por pasada, luego de haber pulir el componente integral se obtuvo una masa blanca, que corresponde a los granos enteros y quebrados provenientes de la máquina, esto constituye el rendimiento acumulado, se calcula mediante la siguiente fórmula: Peso de Masa Blanca = Peso inicial (Arroz integral) – Peso de polvillo



**Figura 7.** Colocación del producto integral en la mini pulidora de motor marca Grainman, molino MCGILL N3 (A). Producto masa blanca (B).

### **3.5.6. Arrocillo (g) o granos quebrados**

Para separar los granos enteros y quebrados, se procedió a utilizar una mini clasificadora GRAINMAN (Figura 8), donde se colocó toda la cantidad de masa blanca que se obtuvo en la pulidora. La clasificadora cuenta con 2 planchas con orificios donde a medida que la masa blanca va avanzando el arrocillo o granos quebrados se van quedando en los orificios de la plancha y finalmente el grano entero cae en un recipiente.



**Figura 8.** Colocación del producto masa blanca en una mini clasificadora GRAINMAN (A). Peso del producto arrocillo en la gramera eléctrica (B).

### 3.5.7. Peso (g) de grano clasificado o entero

Este peso se obtuvo por diferencia entre masa blanca menos granos triturados, obteniendo el peso con una balanza gramera (Figura 9).



**Figura 9.** Obtención del grano flor en la mini clasificadora GRAINMAN (A). Peso del grano flor en la gramera eléctrica (B).

### 3.5.8. Contenido de amilosa y proteína (%)

Para medir los contenidos de amilosa y proteínas, se utilizaron los granos enteros, donde se utilizó el equipo marca Kett An-900, serie 0F00049 (Figura 10). Este proceso

consistió en la medición de 3 repeticiones por muestra, anotando como resultado final el promedio de esta.



**Figura 10.** Medición del contenido de amilosa y proteína en el equipo marca Kett An-900, serie 0F00049.

### **3.5.9. Centro blanco (%)**

La evaluación del centro blanco se realizó de la siguiente manera: se colocó una muestra de 100 granos de arroz pulido sobre una lampara lupa con base de fondo oscuro y de manera visual se identificó los granos con panza blanca (Figura 11).



**Figura 11.** Visualización de centro blanco en una lampara lupa (A). Granos de arroz con centro blanco (línea 17-R1) (B).

### 3.6. 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, donde 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) (UTB 2021).

## CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Porcentaje (%) cáscara

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 1) de la variable cáscara (%) detectaron que no existe significancia estadística ( $p > 0,05$ ), en el cual se obtuvo un coeficiente de variación de 11,45 %. Esto fue comprobado a través del test de Tukey (Tabla 2), en el cual resultaron que las líneas no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Esto da a entender que todas las líneas promisorias incluyendo el testigo comercial contiene un mismo porcentaje de cáscara.

**Tabla 1.** Análisis de varianza de la variable cáscara (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Líneas	4	32,84	8,21	1,43	0,3088
Repetición	2	14,91	7,45	1,30	0,3252
Error	8	45,99	5,75		
Total	14	93,74			

CV=11,45 %

**Tabla 2.** Test Tukey la variable cáscara (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.

<b>Líneas</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Comparaciones</b>
7	22,27	3	1,38	A
37	21,67	3	1,38	A
38	21,53	3	1,38	A
SFL-11	21,17	3	1,38	A
17	18,07	3	1,38	A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,76294 Error: 5,7482 gl: 8

#### 4.1.2. Porcentaje (%) grano integral

Con relación al análisis de varianza (Tabla 3) de la variable grano integral (%) reveló que no existe significancia estadística ( $p > 0,05$ ), presentando un coeficiente de variación de 3,03 %. El test de Tukey (Tabla 4) determinó en su resultado que no existe diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre las líneas promisorias y el testigo comercial, asumiéndose que todas contienen un mismo porcentaje de integral.

**Tabla 3.** Análisis de varianza de la variable grano integral (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Líneas	4	32,84	8,21	1,43	0,3088
Repetición	2	14,91	7,45	1,30	0,3252
Error	8	45,99	5,75		
Total	14	93,74			

CV=3,03 %

**Tabla 4.** Test Tukey la variable grano integral (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.

<b>Líneas/cultivar</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Comparaciones</b>
17	81,93	3	1,38	A
SFL-11	78,83	3	1,38	A
38	78,47	3	1,38	A
37	78,33	3	1,38	A
7	77,73	3	1,38	A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,76294 Error: 5,7482 gl: 8

#### 4.1.3. Porcentaje (%) grano clasificado o entero

El análisis de varianza (Tabla 5) de la variable grano clasificado o entero (%) reportó que existe alta significancia estadística ( $p > 0,05$ ), con un coeficiente de variación

de 2,74 %. En cuanto al test de Tukey (Tabla 6) determinó que existe diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre las líneas promisorias y el cultivar comercial, reportando que la SFL-11 (testigo) y la línea 17 obtuvieron los porcentajes más altos de grano clasificado con valores de 70,97% y 67,47%, respectivamente. En cuanto a las líneas promisorias 7, 38 y 37 resultaron similares obteniéndose valores que van de 63,63 a 64,40%.

**Tabla 5.** Análisis de varianza de la variable grano clasificado o entero (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Líneas	4	117,66	29,41	8,98	0,0047
Repetición	2	8,96	4,48	1,37	0,3086
Error	8	26,21	3,28		
Total	14	152,82			

CV=2,74 %

**Tabla 6.** Test Tukey la variable grano clasificado o entero (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.

Líneas/cultivar	Medias	n	E.E.	Comparaciones
SFL-11	70,97	3	1,05	A
17	67,47	3	1,05	A B
7	64,4	3	1,05	B
38	63,93	3	1,05	B
37	63,93	3	1,05	B

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,10581 Error: 3,2763 gl: 8

#### 4.1.4. Porcentaje (%) arrocillo o grano partido

De acuerdo con este análisis de varianza (Tabla 7), la variable arrocillo o grano partido (%) demostró que existe alta significancia estadística ( $p > 0,05$ ), con un coeficiente de variación de 19,16 %. Con respecto al test de Tukey (Tabla 8) los resultados son

significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) entre las líneas promisorias y el testigo comercial, se encontró que las líneas 37, 7, 38 y 17 no son significativamente diferentes, mientras que la SFL-11 presentó el porcentaje más bajo con respecto al arrocillo o grano partido con un valor de 2,57 %.

**Tabla 7.** Análisis de varianza de la variable arrocillo o grano partido (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Líneas	4	66,37	16,59	9,96	0,0034
Repetición	2	0,79	0,39	0,24	0,7952
Error	8	13,32	1,67		
Total	14	80,47			

CV=19,16 %

**Tabla 8.** Test Tukey la variable arrocillo o grano partido (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.

<b>Líneas/cultivar</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Comparaciones</b>
37	8,27	3	0,75	A
7	7,87	3	0,75	A
38	7,5	3	0,75	A
17	7,47	3	0,75	A
SFL-11	2,57	3	0,75	B

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,63999 Error: 1,6652 gl: 8

#### 4.1.5. Porcentaje (%) polvillo

En este análisis de varianza (Tabla 9) de la variable polvillo (%), detectó que no existe significancia estadística ( $p > 0,05$ ), presentando un coeficiente de variación de 11,11 %. El test de Tukey (Tabla 10) cuyos resultados demuestran que no existe diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre las líneas promisorias y el cultivar comercial, asumiéndose que todas contienen un porcentaje similar de polvillo.

**Tabla 9.** Análisis de varianza de la variable polvillo (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Líneas	4	8,39	2,10	4,38	0,0362
Repetición	2	0,59	0,29	0,61	0,5665
Error	8	3,83	0,48		
Total	14	12,81			

CV=11,11 %

**Tabla 10.** Test Tukey la variable polvillo (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.

<b>Líneas/cultivar</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Comparaciones</b>
38	7,03	3	0,40	A
17	6,97	3	0,40	A
37	6,47	3	0,40	A
7	5,4	3	0,40	A
SFL-11	5,3	3	0,40	A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,95294 Error: 0,4793 gl: 8

#### **4.1.6. Porcentaje (%) centro blanco**

Con respecto al análisis de varianza (Tabla 11), la variable centro blanco (%) detectó que hubo alta significancia estadística ( $p > 0,05$ ), con un coeficiente de variación de 17,54 %. En la (Tabla 12) se observa los resultados del test de Tukey, los valores son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) entre las líneas promisorias y el testigo comercial, se demostró que las líneas 38, 17, 37 y 7 no son significativamente diferentes, obteniendo valores de 25,33; 24,67; 23,67 y 21%, respectivamente; mientras tanto la el cultivar SFL-11 presentó el porcentaje más bajo con respecto a la variable centro blanco con un valor de 4,0 %.

**Tabla 11.** Análisis de varianza de la variable centro blanco (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Líneas	4	960,93	240,23	20,05	0,0003
Repetición	2	10,13	5,07	0,42	0,6690
Error	8	95,87	11,98		
Total	14	1066,93			

CV=17,54 %

**Tabla 12.** Test Tukey la variable centro blanco (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.

<b>Líneas/cultivar</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Comparaciones</b>
38	25,33	3	2	A
17	24,67	3	2	A
37	23,67	3	2	A
7	21	3	2	A
SFL-11	4	3	2	B

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,76472 Error: 11,9833 gl: 8

#### 4.1.7. Porcentaje (%) proteínas

En la (Tabla 13) se observa el análisis de varianza de la variable contenido de proteínas (%) donde resultó que existe alta significancia estadística ( $p > 0,05$ ), con un coeficiente de variación de 0,93 %. Con respectó al test de Tukey (Tabla 14) indica que la línea SFL-11 (cultivar comercial) obtuvo el mayor porcentaje en proteínas con un valor de 8,10 % a diferencia de la línea 38 que presentó el menor porcentaje (7,83 %), mientras que las líneas 7, 37 y 17 presentaron porcentajes similares de entre 7,90% a 8,00%.

**Tabla 13.** Análisis de varianza de la variable proteína (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Líneas	4	0,12	0,03	5,64	0,0186
Repetición	2	0,01	4,70E-03	0,85	0,4633
Error	8	0,04	0,01		

Total	14	0,18
-------	----	------

CV=0,93 %

**Tabla 14.** Test Tukey la variable proteína (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.

Líneas/cultivar	Medias	n	E.E.	Comparaciones
SFL-11	8,1	3	0,04	A
7	8	3	0,04	A B
37	7,93	3	0,04	A B
17	7,9	3	0,04	A B
38	7,83	3	0,04	B

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20920 Error: 0,0055 gl: 8

#### 4.1.8. Porcentaje (%) amilosa

En el análisis de varianza (Tabla 15), la variable amilosa (%) demostró alta significancia estadística ( $p > 0,05$ ), con un coeficiente de variación de 10,99 %. En lo que se refiere al test de Tukey (Tabla 16), los resultados son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) lo cual se puede deducir que las líneas 38, 37 y 17 alcanzaron los porcentajes más altos de amilosa con valores de 26,50 % a 28,40 %, en contraste, la línea 7 y SFL-11 (testigo) obtuvieron los porcentajes más bajos con valores de 23,77 y 17,13 %, respectivamente.

**Tabla 15.** Análisis de varianza de la variable amilosa (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Líneas	4	264,53	66,13	8,88	0,0049
Repetición	2	5,91	2,95	0,4	0,6851
Error	8	59,55	7,44		
Total	14	329,99			

CV=10,99 %

**Tabla 16.** Test Tukey la variable amilosa (%) en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.

Líneas/cultivar	Medias	n	E.E.	Comparaciones	
38	28,4	3	1,58	A	
37	28,33	3	1,58	A	
17	26,5	3	1,58	A	
7	23,77	3	1,58	A	B
SFL-11	17,13	3	1,58	B	

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,69633 Error: 7,4443 gl: 8

#### 4.1.9. Análisis de componentes principales

De acuerdo con los resultados del análisis de componentes principales (Tabla 17), se pueden apreciar las correlaciones de signo observadas entre las 8 variables cuantitativas utilizadas en este análisis.

**Tabla 17.** Resultados del análisis de componentes principales y asociación de los caracteres observados establecidos entre las 8 variables cuantitativas.

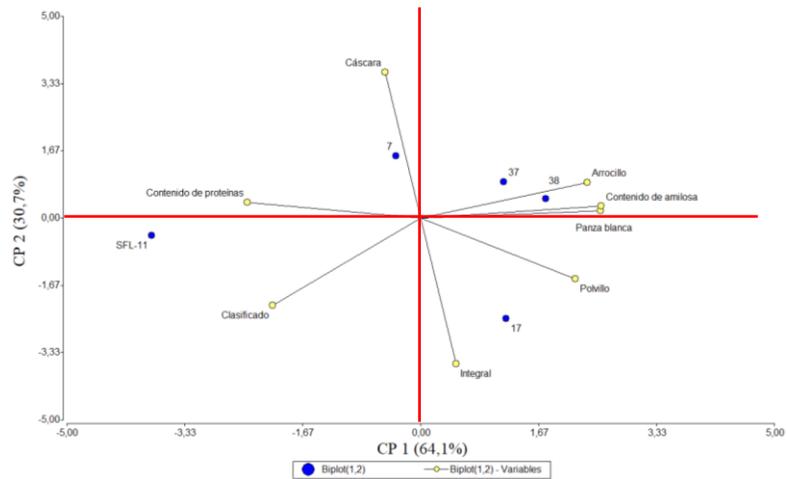
Variables	C1	C2
Cáscara (%)	-0,09	0,62
Integral (%)	0,09	-0,62
Clasificado (%)	-0,36	-0,37
Arrocillo (%)	0,4	0,15
Polvillo (%)	0,37	-0,26
Panza blanca (%)	0,43	0,03
Contenido de proteínas (%)	-0,42	0,07
Contenido de amilosa (%)	0,44	0,05

En la Tabla 18, se observan los autovalores, parte dispersa y parte acumulada. Se observa el valor acumulado, indicando que las tres primeras variables como cáscara (%), integral (%) y grano clasificado (%) presentaron valores de relación distribuida de 0,64; 0,31 y 0,05. Estas tres variables explican una proporción acumulada de 99,0%.

**Tabla 18.** Autovalores, proporción distribuida y proporción acumulada de las variables analizadas

<b>Lambda/Variables</b>	<b>Autovalores</b>	<b>Proporción</b>	<b>Prop Acumulada</b>
Cáscara (%)	5,13	0,64	0,64
Integral (%)	2,45	0,31	0,95
Clasificado (%)	0,38	0,05	0,99
Arrocillo (%)	0,04	0,01	1
Polvillo (%)	0	0	1
Panza blanca (%)	0	0	1
Contenido de proteínas (%)	0	0	1
Contenido de amilosa (%)	0	0	1

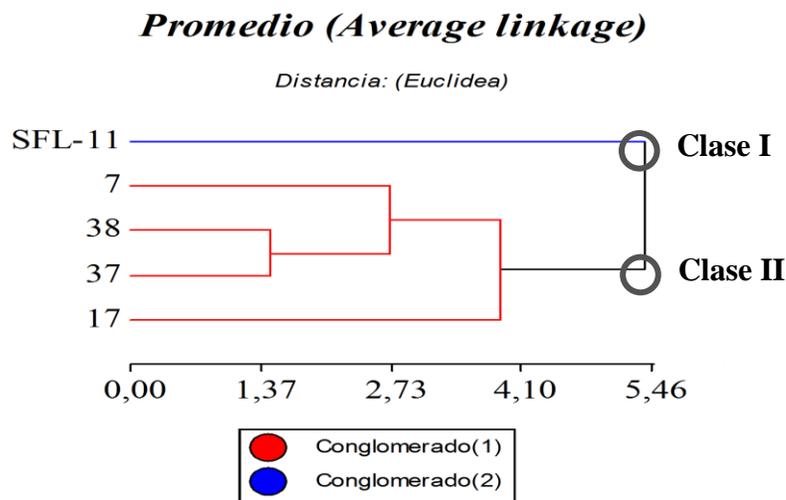
En la Figura 12, se observa de manera gráfica la correlación existente entre las variables más evidentes como son; el grano integral, el polvillo, el clasificado o grano entero, contenido de proteínas y cáscara.



**Figura 12.** Correlación existente entre las variables más evidentes como son; el grano integral, el polvillo, el clasificado o grano entero, contenido de proteínas y cascara.

#### 4.1.10. Análisis de conglomerados

Conforme a los resultados de este análisis de conglomerado Clúster (Distancia Euclídea), método Ward permitió la agrupación de las variedades con características similares utilizadas en ese estudio (Figura 13). En la Clase I, se agrupa la variedad comercial SFL-11 y en la clase II, las líneas con caracteres similares fueron la 7, 38, 37 y 17.



**Figura 13.** Análisis de conglomerado (Distancia Euclidea), método Ward para la agrupación de la similitud de las líneas promisorias y el testigo comercial.

#### 4.1.11. Análisis de la estadística descriptiva (Modelo PROMVAR)

En relación con los resultados de la estadística descriptiva de las características molineras de cuatro líneas promisorias y un testigo comercial (Cuadro 2). Acorde a la estadística descriptiva de las características principales con criterios de diferenciación “mayor es mejor” de las variables integral, clasificado, contenido de proteínas y amilosa. La línea con mejor porcentaje % en integral fue la línea 17 con 81,94 %, la variedad comercial SFL-11 presentó un valor de 70,97 % en clasificado, la variedad comercial con mayor porcentaje en proteínas con 8,10 % y la línea 37 presentó un mejor contenido de amilosa con un promedio de 28,40 %. Para las variables cáscara, arrocillo, polvillo, panza blanca “menor es mejor” se destaca la línea 17 con menor porcentaje (%) de cáscara con un valor de 18,06 %, la variedad comercial SFL-11 presentó un valor de 2,57 % en arrocillo, 5,30 % en polvillo y 4,0 % en panza blanca.

**Cuadro 2.** Estadística descriptiva de las características molineras de cuatro líneas promisorias y un testigo comercial de arroz.

Líneas	Cáscara	Integral	Clasificado	Arrocillo	Polvillo	Panza blanca	Contenido de proteínas	Contenido de amilosa
7	22,30	77,70	64,42	7,85	5,43	21,00	8,00	23,77
17	18,06	81,94	67,49	7,49	6,96	24,67	7,90	26,50
37	21,66	78,34	63,63	8,28	6,44	23,67	7,93	28,33
38	21,56	78,44	63,94	7,49	7,00	25,33	7,83	28,40
SFL-11	21,16	78,84	70,97	2,57	5,30	4,00	8,10	17,13
<b>Ȳ</b>	21	79	66	6,7	6,2	19,7	8,0	24,8
<b>Md</b>	22	78	64	7,5	6,4	23,7	7,9	26,5
<b>S<sup>2</sup></b>	2,77	2,77	9,81	5,53	0,67	80,08	0,01	22,04
<b>S</b>	1,66	1,66	3,13	2,35	0,82	8,95	0,10	4,70
<b>EE</b>	0,74	0,74	1,40	1,05	0,37	4,00	0,05	2,10
<b>g<sup>2</sup></b>	3,92	3,92	0,28	4,64	-3,00	4,30	0,00	1,84
<b>γ<sub>1</sub></b>	-1,90	1,90	1,21	-2,13	-0,32	-2,06	0,54	-1,46
<b>CV%</b>	7,9	2,11	4,74	34,91	13,18	45,35	1,28	18,91
<b>VR%</b>	3,55	0,94	2,12	15,61	5,90	20,28	0,57	8,46
<b>Min</b>	18	78	64	3	5	4	8	17
<b>Max</b>	22	82	71	8	7	25	8	28
<b>Rn</b>	4	4	7	6	2	21	0	11
<b>n</b>	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>IC 95%</b>	1,46	1,46	2,74	2,06	0,72	7,84	0,09	4,12
<b>LIC</b>	19	78	63	5	6	12	8	21
<b>LSC</b>	22	81	69	9	7	28	8	29

#### 4.1.12. Análisis correlación de Pearson

En el Cuadro 3, se observa la matriz de correlaciones lineales  $r$  (momento producto de Pearson) de las características molineras de cuatro líneas promisorias y un testigo comercial. Se observa que la correlación es alta  $r_{0,01} = 0,641$ , entre la variable clasificado con el arrocillo presentando un valor de  $-0,697$ . De igual manera se observó que hay alta correlación de las variables clasificado, arrocillo y polvillo con la variable panza blanca con valores de  $-0,794$ ,  $0,801$ ;  $0,672$ . Así mismo se observó que las variables clasificado, arrocillo, polvillo, panza blanca y contenido de proteínas tiene alta correlación con la

variable contenido de amilosa con valores de -0,782; 0,712; 0,682; 0,841; -0,760, en su orden y la variable panza blanca se correlaciona con la variable contenido de proteínas con un valor de -0,697.

**Cuadro 3.** Matriz de correlaciones lineales r (momento producto de Pearson) de las características molineras de cuatro líneas promisorias y un testigo comercial.

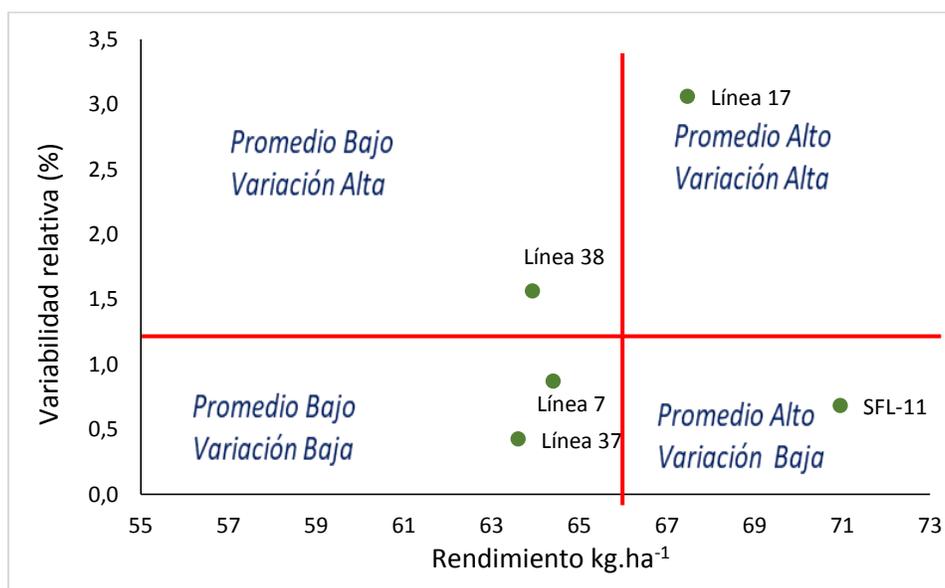
	Cáscara	Integral	Clasificado	Arrocillo	Polvillo	Panza blanca	Contenido de proteínas	Contenido de amilosa
Cáscara	1							
Integral	-1,000	1						
Clasificado	-0,495	0,495	1					
Arrocillo	-0,239	0,239	<b>-0,697**</b>	1				
Polvillo	-0,414	0,414	-0,365	0,560	1			
Panza blanca	0,026	-0,026	<b>-0,794**</b>	<b>0,801**</b>	<b>0,672**</b>	1		
Contenido de proteínas	0,112	-0,112	0,469	-0,527	-0,611	<b>-0,697**</b>	1	
Contenido de amilosa	0,090	-0,090	<b>-0,782**</b>	<b>0,712**</b>	<b>0,682**</b>	<b>0,841**</b>	<b>-0,760**</b>	1

n =15; n-2 =13; **r0,05** =0,514; **r0,01** =0,641\*\* altamente significativo

#### 4.1.13. Análisis de variabilidad relativa (%) para la selección de las líneas

##### sobresalientes a través de la variable clasificado o grano entero (%).

De acuerdo con los resultados del análisis de variabilidad relativa (%), para realizar la selección de las líneas con mejor porcentaje de clasificado o grano entero, se seleccionaron aquellos porcentajes más altos y más bajos en variabilidad relativa (%), vistos gráficamente (Figura 14). Se seleccionaron el cultivar comercial SFL-11 y la línea 17 como mejor porcentaje de clasificado o grano entero, con valores de 70,97 % y 67,49 %, con respecto a la variabilidad relativa (%) el cultivar SFL-11 presenta el valor más bajo con 0,68 %.



**Figura 14.** Variabilidad relativa (%) representada por un diagrama de cuatro celdas en la variable rendimiento grano clasificado o entero en cuatro líneas promisorias y un testigo comercial de arroz.

## 4.2. Discusión

Acorde a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación “Calidad molinera, contenido de amilosa y proteína en cuatro líneas promisorias de arroz (*Oryza* sp) en siembra por trasplante (3-4 plantas por sitio) en Daule – provincia del Guayas”, en las diferentes variables evaluadas, la discusión correspondiente queda conformada de la siguiente manera:

En la variable porcentaje (%) cáscara, según la FAO (2016) menciona que la cascarilla constituye entre 20 y 25 % de la producción total de arroz. En esta investigación, coincide que las líneas promisorias en conjunto con el testigo comercial se encuentran en el rango de este porcentaje con valores que va desde 20,4 % que le corresponde a la línea 17 hasta 22,27 % que le corresponde a la línea 7.

En lo que respecta al porcentaje (%) grano integral de esta investigación, resultó que la línea 17 promedió un porcentaje de 79,6 %, a diferencia de la línea 7 que presentó el menor porcentaje de grano integral con un valor de 77,47 %. Estos resultados se asemejan y superan a los encontrados por Vélez (2018) en su estudio realizado en catorce genotipos de arroz, donde, encontró que el porcentaje de arroz integral varió de 72,53% a 78,93 %, siendo BA-100-UTB la variedad que alcanzó el mayor porcentaje.

Con respecto a las variables arroz clasificado o entero, arrocillo o grano quebrado, los valores obtenidos revelan que las variedades de mayor porcentaje fueron el cultivar comercial SFL-11 y la línea 17 con promedios de 70,97 % y 65,73 %, mientras que la línea con menor porcentaje fue la 37 con 63,93 %, de la misma manera los porcentajes de grano quebrado para el cultivar comercial y la línea 17 fueron menores y con mayor porcentaje lo fue la línea 37, aun así estos resultados superan los valores mencionados por Mamani (2013), donde afirma que la eficiencia técnica del proceso productivo, o desempeño industrial, se estima en base a la cantidad de arroz integral, donde el arroz pulido consiste principalmente en endospermo, salvado para el embrión y las capas externas (aleurón, tegmen y pericarpio) y arroz integral para ambos (endospermo y salvado). El (70%) consiste en granos de arroz blanco o pulido, enteros y quebrados o triturados. El molino retira primero la cascarilla, luego el salvado formado por el germen, la aleurona, la cascarilla y el pericarpio, y finalmente deja un grano pulido del que el 60-55% es grano entero y el resto se rompe. De acuerdo a los resultados obtenidos para la variable amilosa (%), Gelis (1999), menciona que la amilosa es la causante de la pegajosidad del arroz, en el que cada grano está formado principalmente por dos fracciones denominadas amilopectina y amilosa, la relación entre estas dos determinan algunas propiedades importantes del arroz

durante y después de la cocción, se puede determinar mediante el método colorimétrico o por la técnica NIRs según el porcentaje de amilosa que posean se pueden clasificar en ; alto contenido de amilosa (>26%), contenido intermedio de amilosa (23-25%) y bajo contenido de amilosa (< 22%). En este estudio las líneas 7, 17, 37 y 38 presentaron valores de amilosa de 23,77 %; 26,5 %; 28,33 % y 28,4 %, demostrando que se encuentran en el rango intermedio y alto contenido de amilosa, a diferencia del cultivar comercial SFL-11 con un porcentaje de 17,13 % posesionándose en el rango bajo. Según DICTA (2003), el alto contenido de amilosa permanecerá seco y suelto después de cocinarse, contenido intermedio el arroz permanecerá suelto, y húmedo, el bajo contenido de amilosa resulta en granos pegajosos y brillantes después de la cocción.

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

### **5.1.Conclusiones**

En este estudio se determinó que la línea promisoría 17 y la variedad comercial SFL-11 presentaron los mejores rendimientos de arroz clasificado o grano entero.

La línea promisorio 17 presentó del mayor porcentaje (%) en grano integral y el menor porcentaje lo obtuvo la línea promisorio 7. Así mismo, la línea promisorio 17 fue la que obtuvo el menor porcentaje (%) con respecto a cáscara y el de mayor porcentaje fue la línea promisorio 7.

Con respecto a las variables arrocillo o grano partido y polvillo las líneas promisorias 7, 17, 38 y la variedad comercial obtuvieron el menor porcentaje, mientras que la línea promisorio 37 demostró el porcentaje más alto.

Con relación al contenido de proteínas la variedad comercial obtuvo el mejor porcentaje (%) de proteínas y el menor porcentaje lo presentó la línea 38.

Las líneas promisorias 7, 17, 37 y 38 presentaron los mejores resultados en contenido de amilosa, mientras que la variedad comercial presentó el menor porcentaje.

Acorde al análisis de Clúster ha permitido agrupar las variedades con similitud en las características utilizadas en este estudio, donde agrupo a la variedad comercial SFL-11 en la Clase I y en la clase II, a las líneas promisorias 7, 17, 37 y 38.

El análisis de componentes principales detectó que las variables cáscara (%), el integral (%) y el grano clasificado o grano entero (%), explican el 99,0 % de la proporción acumulada.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda realizar estudios de las características molinería correlacionadas a calidad sensorial de las líneas promisorias.

Efectuar estudios sobre manejo del cultivo de arroz con las diferentes líneas promisorias empleando las tecnologías disponibles para establecer su efecto sobre las

características molineras, contenido de amilosa y proteína para evaluar principalmente la variable de rendimiento en grano clasificado o entero (%), el mismo que indica si un cultivo ha sido bien manejado o no.

Se recomienda cultivar líneas promisorias de arroz en diferentes sectores arroceros del Ecuador para determinar su efecto en las características de molienda.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Acevedo, M; Castrillo, W; Belmonte, UC. 2006. Origen, evolución y diversidad del arroz. (en línea). *Agronomía Tropical* 56:151-170. Consultado 17 abr. 2023. Disponible en [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2006000200001](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001).

- Amézquita Varón, 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 (en línea). Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. 1-100 p. Consultado 17 abr. 2023. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21755/7209501.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CIAT. 1981. Morfología de la planta de arroz (en línea). Segunda edición. González, J; Rosero, M (eds.). s.l., s.e. 1-37 p. Consultado 17 abr. 2023. Disponible en [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/69600/Morfologia\\_de\\_la\\_Planta\\_de\\_Arroz.pdf?sequence=1](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/69600/Morfologia_de_la_Planta_de_Arroz.pdf?sequence=1).
- CIAT. 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz (en línea). Tercera edición. Martínez, C; Cuevas, F (eds.). Cali, Colombia, s.e., vols.04SR-07.01. 6-6 p. Consultado 3 mar. 2023. Disponible en <https://books.google.es/books?id=wC9yMXQwAbwC&lpg=PA5&ots=3mC3bDUxFy&dq=Evaluacion%20de%20la%20calidad%20culinaria%20y%20molinera%20de%20arroz%20CIAT%202019&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>.
- Cobos, M; Gómez, V; Hasang, M; Medina, Litardo. 2020. Sostenibilidad del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) En la zona de Daule, provincia del Guayas, Ecuador. Revista Utb 5, N° .4:1-16. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.4116460>.
- Degiovanni, V; Berrío, L; Charry, RE. 2010. Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) (en línea). s.l., s.e. 35-58 p. Consultado 17 abr.

2023. Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/82462/origen-ff4737f6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

DICTA (Dirección de ciencia y tecnología agropecuaria). 2003. Secretaria de agricultura y ganadería. (en línea). Consultado 25 abr. 2023. Disponible en <http://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/elcultivo-del-arroz.pdf>.

Duicela, GL. 2021. Productividad y estabilidad ambiental de clones de café robusta en distintas localidades cafetaleras del Ecuador”. Tesis doctoral. Maracaibo, Venezuela, Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía.

Everitt. 1971. «Cluster Analysis» (op. cit. pag.23-24), in: Cormack: Cormack, R.M.: «A Review of Classification» Journal of the Royal Statistics Society, S.A. 134,3; pags. 321-367 (en línea). Consultado 29 abr. 2023. Disponible en <https://www.uv.es/ceaces/multivari/cluster/CLUSTER2.htm>.

FAO. 2016. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales (en línea). Consultado 22 abr. 2023. Disponible en <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>.

FEDEARROZ. 2021. Contexto mundial y nacional del cultivo de arroz división de investigaciones económicas 2000-2020 (en línea). FEDEARROZ. Consultado 24 abr. 2023. Disponible en [https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/Cartilla\\_Contexto\\_Mundial\\_y\\_Nacional\\_del\\_cultivo\\_de\\_arroz\\_2000-2020\\_dXUQLuQ.pdf](https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/Cartilla_Contexto_Mundial_y_Nacional_del_cultivo_de_arroz_2000-2020_dXUQLuQ.pdf).

Franquet Bernis, J; Borràs Pàmies, C. (2004). Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa*, L.) (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://e->

spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:UNEDCentroAsociadoTortosa-Libros-5025/Franquet\_Bernis\_JoseMaria\_Variedades.pdf.

Galvis Ricaurte, SL. 2020. Estimación de parámetros genéticos en cruzamientos dialélicos para calidad molinera y culinaria de arroz (*Oryza sativa* L.) (en línea). Tesis Ing. Agr. Bogotá, Universidad Nacional Abierta y Escuela Distancia. 1-79 p. Consultado 5 mar. 2023. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36816/slgalvisr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

García, D. 2019. Informe de rendimientos objetivos de arroz en cascara 2019 (en línea). SIPA Gobierno de la Republica del Ecuador. Consultado 24 abr. 2023. Disponible en <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/arroz/rendimiento-del-arroz-ecuador>.

Gelis, T. 1999. Una estrategia para optimizar el mejoramiento genético de arroz en Venezuela. (en línea). FLAR – CIAT. Consultado 25 abr. 2023. Disponible en [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/FonaiapDivulga/fd63/texto/flar\\_ciat.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd63/texto/flar_ciat.htm).

González, P; Painii, M. 2022. Influencia de bioestimulantes foliares a base de algas marinas, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz en Daule, Ecuador (en línea). Revista Ecológica Agropecuaria RECOA Vol. 1(1):1-6. Consultado 30 abr. 2023. Disponible en <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/recoa/article/view/1750/2556>.

Hernández, J; Salazar, S; Rodríguez, E. 2021. Efecto de los elementos menores en la calidad molinera del arroz (*Oryza sativa* L.) variedad F-2000. Revista Mutis Vol. 11(1):8-21. DOI: <https://doi.org/10.21789/22561498.1711>.

IDEAS (Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria). 2007. La producción y el comercio internacional del arroz (en línea). Observatorio de Corporaciones Transnacionales Boletín N°6:1-56. Disponible en <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REE71I56p.pdf>.

INIA. 2021. 100 años del cultivo del arroz en Chile en un contexto internacional. 1920-2020. (en línea). Paredes, C; Becerra, V; Donoso, ÑG (eds.). Chillan, (Chile), s.e., vol.40. 338 p. Consultado 4 mar. 2023. Disponible en <https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/33189/TOMO%20I.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Jaen Sánchez, AE. 1994. Evaluación del centro blanco en poblaciones segregantes de arroz (*Oryza sativa* L.) (en línea). Tesis Ing. Agr. Turrialba, Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. 1-89 p. Consultado 18 abr. 2023. Disponible en [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1980/Evaluacion\\_del\\_centro\\_blanco.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1980/Evaluacion_del_centro_blanco.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

De La Cruz Oyervide, KM. 2018. Comportamiento del sector arrocero en el Ecuador periodo 2010-2016 (en línea). Tesis Ing. Agr. Machala, Universidad Técnica de Machala. Consultado 3 mar. 2023. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11950/1/ECUACE-2018-EC-CD00054.pdf>.

- Landires Gaspar, S; Márquez Borbor, GC. 2013. Análisis del Contenido Amilosa - Amilopectina en seis Variedades de Arroz Ecuatoriano (en línea). Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral. 1-90 p. Consultado 17 abr. 2023. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/30883/1/D-79775.pdf>.
- Llanos Piguave, A; Zambrano Jiménez, CI. 2020. Plan de mejora en la comercialización del arroz basado en la NTE 2687:2013 para el mercado las Manueles (en línea). Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Universidad de Guayaquil. Consultado 5 mar. 2023. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50977/1/BINGQ-ISCE-20P65.pdf>.
- López Barrios, S; Ozaeta Díaz, G. 2013. Extracción de almidón a partir de arroz de rechazo molido como viscosante en la elaboración de cinco cosméticos (en línea). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado 3 mar. 2023. Disponible en <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1298.pdf>.
- Mamani, C. 2013. Fertilización nitrogenada: efecto del momento de aplicación sobre el rendimiento y la calidad en genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) de alto contenido proteico. (en línea). s.l., Universidad Nacional de la Plata. 1-21 p. Consultado 22 abr. 2023. Disponible en [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/55149/Documento\\_completo\\_\\_.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/55149/Documento_completo__.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- Medina Piza, JA. 2022. Calidad molinera de las principales variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) que se comercializan en nuestro país. (en línea). Babahoyo, Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo. 1-23 p. Consultado 4 mar. 2023. Disponible en

<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11315/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000361.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2021. Inician las primeras exportaciones de arroz con destino a Colombia (en línea, sitio web). Consultado 3 mar. 2023. Disponible en <https://www.agricultura.gob.ec/inician-las-primeras-exportaciones-de-arroz-con-destino-a-colombia/>.

Mota, J. 2016. Evaluación de la calidad del arroz paddy (*Oryza sativa* L.) de los diferentes proveedores de la Piladora Verónica Roxanna en la zona de Santa Lucía, provincia del Guayas (en línea). Tesis. Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Consultado 24 abr. 2023. Disponible en <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5354/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRONO-14.pdf>.

Najar, C; Álvarez Merino, J. 2007. Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz (en línea). Industrial Data, Revista de investigación 10:1-12. Consultado 17 abr. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/816/81610105.pdf>.

Olmos, S. 2007. Calidad culinaria e industrial del arroz (en línea). FCA.UNNE. :1-3. Consultado 18 abr. 2023. Disponible en [https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte\\_de\\_Calidad.pdf](https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte_de_Calidad.pdf).

Pacheco Caraballo, MJ. 2021. Propuesta de un plan de comercialización para las cosechas de arroz en el Guaranda, Sucre. (en línea). Tesis. Ing. Agr. Norte de Santander., Universidad de Pamplona Norte de Santander. 1-75 p. Consultado 4 mar. 2023.

Disponible en  
[http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4702/1/Pacheco\\_2021\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4702/1/Pacheco_2021_TG.pdf).

Pérez Almeida, IB. 2019. Aportes de la biotecnología al mejoramiento del arroz en Ecuador. Revista Científica Ecociencia 6(5): 1–22. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.21855/ecociencia.65.225>.

Pincirolí, M; Ponzio, N; Salsamendi, M. 2015. El arroz: alimento de millones (en línea). Pincirolí, M; Ponzio, NR (eds.). s.l., s.e. 1-105 p. Consultado 16 mar. 2023. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46744>.

Quijije, B; Carvajal, S; García, K; Cedeño, W. 2019. Costo, volumen y utilidad del cultivo de arroz, cantón Samborondón (Ecuador) (en línea). Revista Espacios 40 (Nº 7):16. Consultado 16 mar. 2023. Disponible en <https://www.revistaespacios.com/a19v40n07/a19v40n07p16.pdf>.

Quintero, CE. 2009. Factores Limitantes para el Crecimiento y Productividad del Arroz en Entre Ríos, Argentina (en línea). Tesis de doctorado. s.l., Universidade da Coruña. 1-179 p. Consultado 16 mar. 2023. Disponible en <http://hdl.handle.net/2183/5680>.

Rendon, C. 2022. Evaluación de la calidad molinera y culinaria de 40 cultivares de arroz (*Oryza Sativa* L.) en la Estación Experimental Litoral Sur”. (en línea). Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador. Universidad de Guayaquil. Consultado 24 abr. 2023. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/63757/1/TESIS%20FINAL->

%20CRISTHIAN%20REND%C3%93N%20BARRES%20%28CALIDAD%20MOLINERA%20Y%20CULINARIA%29.pdf.

Reyes Borja, W; Zamora Morejón, B; Cobos Mora, F; Espinoza, FG. 2020. Calidad molinera de 40 líneas avanzadas f6 de arroz (*Oryza sp.*) cultivadas en dos zonas arroceras del Ecuador (en línea). JOURNAL OF SCIENCE AND RESEARCH. Consultado 3 mar. 2023. Disponible en <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1012/711>.

Rojas, S. 2012. Evaluación de la calidad del arroz en granza (*Oryza sativa*) almacenado en silo de compañía arrocera industrial planta industrial rio claro (en línea). Tesis. Ing. Agr. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Consultado 24 abr. 2023. Disponible en <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2015/08/6EVALUACIONDELACALIDADDELARROZ.pdf#page18>.

Sánchez, A; Vayas, T; Mayorga, F; Freire, C. 2020. El arroz en Ecuador (en línea). Universidad Técnica de Ambato :1-4. Disponible en <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/12/Analisis-arroz-Ecuador-1.pdf>.

UNC. 2018. INFOSTAT versión 2018. Programa estadístico. Universidad Nacional de Córdoba.

UTB. 2021. Reglamento de la unidad de integración curricular de la Universidad Técnica de Babahoyo (en línea). Universidad Técnica de Babahoyo :1-8. Disponible en <https://drive.google.com/file/d/1qY5-wZ3jLWf0VdQP-dJ-Oqq5RIGrecv8/view>.

Vélez, JP. 2018. 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 línea). Tesis Ing. Agr. Babahoyo, Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo. 1-74 p. Consultado 22 abr. 2023. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5189/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000030.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Zamudio Bolaños, WA. 2021. Análisis en el manejo, producción y su comercialización en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), en Ecuador. (en línea). s.l., s.e. Consultado 3 mar. 2023. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/10236/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000159.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.