



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

Componente práctico presentado a la unidad de titulación como  
requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Tema:**

“Identificación de segregantes F1 de arroz japonico (*Oryza sativa* L.)  
con características fenotípicas superiores de interés comercial”

**Autor:**

Jorge Vicente Borja Portilla

**Tutor:**

Walter Oswaldo Reyes Borja, Ph.D.

**Babahoyo - Los Ríos - Ecuador**

**2016**

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Jorge Vicente Borja Portilla

### **Declaro que:**

El trabajo de investigación titulado “Identificación de segregantes F1 de arroz japonico (*Oryza sativa* L.) con características fenotípicas superiores de interés comercial”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

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

Atentamente,

---

Jorge Vicente Borja Portilla  
120748848-5

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación está dedicado a mis padres Vicente Borja Troya y Maxima Portilla Izquierdo, por su amor, confianza, consejos, valores inculcados, sobre todo por el trabajo y sacrificio durante todos estos años en mi carrera estudiantil, a mis hermanos Jairo, Julio y demás familiares quienes son motivo de superación. Por el cariño y el apoyo incondicional que me han brindado cada día.

“El arte de la investigación (es) el arte de hacer solubles  
los problemas difíciles inventando medios para  
afrontarlos” Sir Peter Medawar

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios por bendecirme cada día por darme sabiduría e inteligencia para poder alcanzar esta meta de muchas en mi vida.

Una gratitud sincera a la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias; por haberme aceptado ser parte de ella formándome como profesional; agradezco a cada uno de los docentes , personas de gran sabiduría quienes compartieron sus conocimientos siendo ellos parte de este proceso integral de formación, ayudándome a llegar al punto en el que me encuentro.

A mi tutor de investigación Ing. Agr. Walter Oswaldo Reyes Borja Ph.D docente investigador; por brindarme la oportunidad de llevar a cabo mi trabajo de investigación, por la colaboración, el apoyo, la confianza y por su amistad así como su respeto.

Al Ing. Agr. Lenin Arana Vera, por la entrega y las ganas de impartir sus conocimientos y experiencias sin condición alguna, que sin duda han sido de gran aporte en mi formación así como en este trabajo de investigación.

A la Ing. Agr. María Eugenia Romero R, al Ing. Wellington Rodríguez. Por cada una de sus valiosas contribuciones que de una u otra manera ayudaron a la realización de este de investigación.

A mis compañeros de laboratorio Egdos. Viviana Arana Vera, Rony Crespo Reina, Byron Peñafiel, Segundo Ismael Murillo. Por su colaboración y amistad brindada. A mis compañeros de salón de clases que gracias a su compañerismo y apoyo moral han aportado en mis ganas de superación.

## CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
OBJETIVOS .....	3
General.....	3
Específicos .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Origen y distribución del arroz .....	4
2.2. Morfología de la planta .....	5
2.3. Mejoramiento genético.....	7
2.4. Mejoramiento genético del arroz .....	9
2.5. Hibridación.....	11
2.6. Cruzamientos.....	12
2.7. Tipos de cruzamiento .....	13
2.7.1. Cruzamiento simple .....	13
2.7.2. Retrocruce .....	13
2.7.3. Topcross .....	13
2.7.4. Cruce doble .....	14
2.8. Selección .....	14
2.8.1. Selección masal (bulk).....	15
2.8.2. Selección masal modificada.....	16
2.8.3. Método de Retrocruzamiento.....	16
2.8.4. Selección por pedigrí. ....	17
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
3.1. Ubicación y descripción del área experimental .....	19
3.2. Material genético.....	19
3.3. Factores estudiados .....	19
3.4. Tratamientos estudiados .....	19
3.5. Métodos.....	20
3.6. Análisis estadístico.....	20

3.7.	Manejo del ensayo.....	21
3.7.1.	Bloques de hibridación para la obtención de la F1.....	21
3.7.2.	Hibridación .....	22
3.7.3.	Colecta de macollas .....	23
3.7.4.	Emasculación .....	24
3.7.5.	Polinización.....	24
3.7.6.	Manejo de plantas polinizadas .....	25
3.7.7.	Cosecha de F1 .....	26
3.7.8.	Cultivo de segregantes F1 .....	27
3.7.8.1.	Germinación de semillas F1 .....	27
3.7.8.2.	Trasplante .....	27
3.7.8.3.	Riego.....	28
3.7.8.4.	Control de maleza.....	28
3.7.8.5.	Fertilización.....	28
3.7.8.6.	Control de insectos .....	29
3.7.8.7.	Control de enfermedades .....	30
3.7.8.8.	Cosecha de semillas F2.....	31
3.8.	Variables evaluadas.....	31
3.8.1.	Vigor .....	31
3.8.2.	Días a floración .....	32
3.8.3.	Ciclo Vegetativo (días) .....	32
3.8.4.	Macollos por planta.....	32
3.8.5.	Panículas por planta .....	32
3.8.6.	Longitud y Ancho de la Hoja Bandera y de la Hoja 2 (cm) .....	32
3.8.7.	Altura de planta (cm) .....	33
3.8.8.	Longitud de panícula (cm).....	33
3.8.9.	Granos por panícula .....	33
3.8.10.	Esterilidad de panícula (%) .....	33
3.8.11.	Desgrane.....	33
3.8.12.	Peso de 1000 granos (g) .....	34

3.8.13.	Longitud y ancho del Grano Descascarado (mm)	34
3.8.14.	Forma del grano	35
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>36</b>
6.1.	Vigor	36
6.2.	Días a floración	37
6.3.	Ciclo Vegetativo (días)	39
6.4.	Macollos por planta	40
6.5.	Panículas por planta	42
6.6.	Longitud de Hoja Bandera (cm)	43
6.7.	Ancho de Hoja Bandera (cm)	45
6.8.	Longitud de Hoja 2 (cm)	46
6.9.	Ancho de hoja 2 (cm)	48
6.10.	Altura de planta (cm)	49
6.11.	Longitud de panícula (cm)	51
6.12.	Granos por panícula	52
6.13.	Esterilidad de panícula (%)	54
6.14.	Desgrane (%)	55
6.15.	Peso de 1000 granos (g)	57
6.16.	Longitud del Grano Descascarado (mm)	58
6.17.	Ancho del Grano Descascarado (mm)	60
6.18.	Forma del grano	61
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>63</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>67</b>
6.1.	CONCLUSIONES	67
6.2.	RECOMENDACIONES	68
<b>VII.</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>69</b>
<b>VIII.</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>70</b>
<b>IX.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>71</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>75</b>

## CONTENIDO DE FIGURAS

- Figura 1.** Bloques de hibridación en el campo experimental: germinación de progenitores en bandejas germinadoras (A); manejo de plántulas (B); trasplante a bloques de cruzamientos (C); bloques de cruzamientos ya establecidos a intervalos de 10 días (D). ..... 21
- Figura 2.** Selección y colecta de macollas para emasculación: extracción de las macollas (A); rotulado y mantenimiento en agua de las macollas colectadas (B). ..... 23
- Figura 3.** Emasculación para la obtención del progenitor femenino: eliminación de flores del tercio superior e inferior y corte transversal a la mitad de cada florecilla seleccionada (A); succión de las anteras, mediante una bomba de vacío (B); colocación de sobre de papel en macollas emasculadas para protegerlas de la contaminación de polen extraño (C). ..... 24
- Figura 4.** Polinización cruzada de los progenitores: polinización inducida de la hembra, mediante frotación de la panícula al momento de la ocurrencia de la antesis. .... 25
- Figura 5.** Manejo de plantas polinizadas: macollas polinizadas cubiertas con sobre de papel (A); macollas con semillas F1, doce días después de haber sido polinizadas (B). ..... 26
- Figura 6.** Cosecha de semillas F1: desgrane de semillas F1 (separación de la palea y lema) (A); semillas F1 descascaradas (B). ..... 27
- Figura 7.** Germinación de F1 a 30°C: Semillas F1 colocadas en cajas de Petri con vitavax (A); germinación de progenitores como testigos (B). ..... 27
- Figura 8.** Trasplante a invernadero de plántulas F1 en macetas con suelo fangueado. .... 28
- Figura 9.** Fertilización de las poblaciones F1 en macetas. Aplicación del fertilizante por individuo de cada cruce (A); Fertilizante aplicado a un lado de la planta (B). ..... 29
- Figura 10.** Control de insectos del ensayo: aplicación de insecticida (A); atomizador utilizado (B). ..... 30
- Figura 11.** Aplicación de fungicida mediante nebulizador. .... 30
- Figura 12.** Estado de madurez fisiológica de las plantas cosechadas por cruce. .... 31

<b>Figura 13.</b> Vigor vegetativo de poblaciones segregantes F1 y parentales de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	37
<b>Figura 14.</b> Días a floración de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	38
<b>Figura 15.</b> Ciclo vegetativo (días) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	40
<b>Figura 16.</b> Macollas por planta de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	41
<b>Figura 17.</b> Panículas por planta de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	43
<b>Figura 18.</b> Longitud de hoja bandera (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	44
<b>Figura 19.</b> Ancho de hoja bandera (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	46
<b>Figura 20.</b> Longitud de hoja 2 (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	47
<b>Figura 21.</b> Ancho de hoja 2 (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	49
<b>Figura 22.</b> Altura de planta (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	50
<b>Figura 23.</b> Longitud de panícula (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	52
<b>Figura 24.</b> Granos por panícula de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	53
<b>Figura 25.</b> Esterilidad de panícula (%) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	55
<b>Figura 26.</b> Desgrane de panícula de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	56

<b>Figura 27.</b>	Peso de 1000 granos (g) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	58
<b>Figura 28.</b>	Longitud del grano descascarado (mm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.	59
<b>Figura 29.</b>	Ancho del grano descascarado (mm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ...	61
<b>Figura 30.</b>	Forma del grano descascarado de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	62

### CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Cruces y parentales de arroz japonico utilizados en el estudio. ....	20
<b>Tabla 2.</b>	Plan de cruzamientos entre progenitores de arroz japonico.....	22
<b>Tabla 3.</b>	Vigor vegetativo de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	36
<b>Tabla 4.</b>	Días a floración de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	38
<b>Tabla 5.</b>	Ciclo vegetativo (días) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	39
<b>Tabla 6.</b>	Macollas por planta de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	41
<b>Tabla 7.</b>	Panículas por planta de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	42
<b>Tabla 8.</b>	Longitud de hoja bandera (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.....	44

<b>Tabla 9.</b>	Ancho de hoja bandera (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	45
<b>Tabla 10.</b>	Longitud de hoja 2 (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	47
<b>Tabla 11.</b>	Ancho de hoja 2 (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	48
<b>Tabla 12.</b>	Altura de planta (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	50
<b>Tabla 13.</b>	Longitud de panícula (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	51
<b>Tabla 14.</b>	Granos por panícula de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	53
<b>Tabla 15.</b>	Esterilidad de panícula (%) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	54
<b>Tabla 16.</b>	Desgrane de panícula de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	56
<b>Tabla 17.</b>	Peso de 1000 granos (g) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	57
<b>Tabla 18.</b>	Longitud del grano descascarado (mm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	59
<b>Tabla 19.</b>	Ancho del grano descascarado (mm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	60
<b>Tabla 20.</b>	Forma del grano descascarado de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016. ....	62

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), es una de las especies sembradas más antiguas y fue domesticado hace más de 10000 años en el área que abarca el noreste de India, Bangladesh, Birmania, Tailandia, Laos, Vietnam y el sureste de China. La mayor diversidad de las formas cultivadas primitivas y sus parientes silvestres se han encontrado en esta vasta región (Poehlman y Sleper, 2003).

Chandler (1984) afirma que las variedades de *O. sativa* se han separado en tres tipos: indica, japónica y *bulu*. En cuanto a su origen, estos tipos parecen ser el resultado de selección del hombre en el proceso de domesticación y selección de variedades silvestres en distintos ambientes, ya que tal diferencia natural no se presenta en *O. nivara*, considerado como el progenitor más probable de *O. sativa*.

Japónica es un grupo de variedades de arroz del norte y el este de China, crecido ampliamente en algunas zonas del mundo. Se encuentra en las zonas más frías de las zonas subtropicales y en las zonas templadas. Es una planta relativamente corta con hojas verde-oscuras, estrechas y macollos de altura media, resistentes al volcamiento y responden mejor al nitrógeno en su rendimiento. Los granos son cortos y redondos, no se rompen con facilidad y tienen bajo contenido de amilosa, haciéndolos húmedo y pegajoso cuando se cocina (Ricepedia, s/f).

Existen otras características que pueden diferenciarse con la indica, tales como la sensibilidad a la temperatura y la tolerancia a la sequía. Se ha encontrado que cultivares de arroz tipo Japónica crecen predominantemente en regiones templadas y las temperaturas bajas de 15° - 20 °C no afectan la germinación ni el crecimiento vegetativo, lo contrario ocurre con los cultivares Índica (McDonald, 1994).

El arroz es un producto que constituye la base de la dieta en Ecuador. Sus componentes principales son los hidratos de carbono y el 7% de proteínas, es importante en la nutrición, ya que esta gramínea es la que mayor aporte de calorías brinda de todos los cereales. Un ecuatoriano consume en promedio 53,2 kilogramos de arroz al año, según cifras del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2013).

Díaz, Pérez, y Morejón (1998), mencionan que a lo largo de la historia, el mejoramiento de las plantas cultivadas ha ido alcanzando una mayor importancia, en el afán del hombre por lograr aumentos en la producción agrícola, que satisfagan las demandas cada vez más creciente de la sociedad.

Según Jennings, Coffman, y Kouffman (1981) mencionan que los diversos tipos de cruzamientos y la selección de los progenitores comprenden: retrocruzamiento, cruzamiento triple (topcross), cruzamiento doble y cruzamiento simple, este último según los mismos autores consiste en realizar una cruce entre una línea o variedad con otra línea o variedad. De todos los métodos de mejoramiento, el de pedigrí es el que exige mayor familiaridad con el material y con los efectos relativos de genotipo y medio ambiente en la expresión del carácter.

Por lo expuesto, la presente investigación fue orientada a la obtención de poblaciones segregantes F1 e identificación de marcadores fenotípicos superiores de interés provenientes de cruces recíprocos entre cultivares de arroz tipo japónica, con buena calidad culinaria y molinera que podría ser utilizados a futuro en el desarrollo de nuevas variedades mediante el método de pedigrí, generando diversidad genética y así contribuyendo en el mejoramiento genético del arroz creando nuevas alternativas de cultivo y consumo en nuestro país.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Obtener poblaciones segregantes F1 de arroz japonico de genética superior e interés comercial.

### **Específicos**

- Obtener segregantes F1 de arroz a partir de cruces entre cultivares de la subespecie japónica.
- Determinar segregantes F1 de arroz japónica con características agronómicas deseables.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen y distribución del arroz

Por ser el arroz una de las plantas más antiguas, ha sido difícil establecer con exactitud la época en que el hombre inicio su propagación. La literatura china menciona que existe desde los años 3000 antes de Cristo, donde consideraban el inicio de la siembra como una ceremonia religiosa importante que estaba reservada a su emperador. Hay dos especies de arroz cultivadas, una de origen asiático *Oryza sativa* L. y otra de origen africano *Oryza glaberrima* Steaud. La expansión del cultivo se debe a la primera especie, puesto que la segunda solo existe en el Oeste de África. Varios autores en diferentes escritos están de acuerdo en que el origen de *Oryza sativa* L. esta al sur de la India. La extensión del cultivo es un fenómeno sin interrupción y base alimenticia de los continentes de mayor población del mundo: Asia, África y América (Andrade, 2007).

Acevedo, Castrillo y Belmonte, (2006) mencionan que la especie *O. sativa* presenta mayor diversidad genética, encontrándose hasta tres sub-especies, las cuales son clasificadas basada en su ecología y morfología en: Indica, Japónicas y Javánicas; mientras que en *O. glaberrima*, tal tendencia no fue encontrada. Esto puede sugerir que diferencias en el sistema genético de las especies silvestres ancestrales pueden haber llevado a diferentes tipos de evolución de las formas cultivadas.

El área de domesticación de *O. sativa* posiblemente cubrió del noreste de India hasta el sur de China y Malasia. De esta área nuclear se expandió: desde Burna, al norte hacia el valle del rio Amarillo y de Indochina al valle inferior del Yangtze; las poblaciones fueron adaptándose a las condiciones subtropicales, formando la raza “japónica” más tolerante al frio, de granos pequeños

y bajo contenido de almidón. Esta es la raza que se cultiva en China y Japón, de donde se ha llevado a Estados Unidos de América, Rusia y Europa (León, 2000).

Lu, Cai, & Xin, (2009) señalan que por lo general, el ecotipo de arroz índica se encuentra principalmente en las zonas tropicales y las regiones subtropicales de plantaciones de arroz, ya sea con baja latitudes o altitudes, mientras que el ecotipo de arroz japónica se cultivan sobre todo en las regiones templadas con altas latitudes. El arroz japónica también puede ser cultivado en zonas montañosas con altas elevaciones, tales como las provincias de Yunnan y Guizhou de China, Laos, Myanmar y Vietnam, así como muchos otros países del sudeste asiático. Adaptado a varias condiciones ecológica, indica y arroz japónica tiene considerable diferencias en la morfología (por ejemplo, altura de la planta y pubescencia), características agronómicas (por ejemplo, la longitud / la relación de anchura y la persistencia de los granos), y características fisiológica-bioquímica (por ejemplo, resistencia al invierno y menos almidón en los granos). Debido a tales diferencias significativas en muchos aspectos del arroz índica y japónica, algunos científicos de que estudian estas especies de arroz, tratan estos dos ecotipos como dos subespecies, es decir, *Oryza sativa* subsp. índica y *O. sativa* subsp. japónica.

## **2.2. Morfología de la planta**

El arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4m (enanas) hasta más de 7.0m (flotantes) (CIAT, 2005).

En climas templados y subtropicales el arroz cultivado se considera una planta anual semiacuática. Sin embargo; en climas tropicales el arroz puede sobrevivir como perenne al

rebrotar luego de realizada la cosecha. Esta capacidad de rebrote puede emplearse para realizar una segunda cosecha o bien para emplearlo como forraje para pastoreo ganadero (Olmos, 2006).

Según el CIAT (1981), para efectos de esta descripción los órganos de la planta de arroz se han clasificado en dos grupos: a) órganos vegetativos, o sean las raíces los tallos y las hojas y b) órganos reproductores, es decir las flores y las semillas. Entre ellos las siguientes características:

- **Raíz:** Durante su desarrollo la planta de arroz tiene dos clases de raíces, las seminales o temporales y las adventicias o permanentes. Las raíces seminales, poco ramificadas, sobreviven corto tiempo después de la germinación, y son reemplazadas por las raíces adventicias que brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes.
- **Tallo:** El tallo está formado por la alternación de nudos y entrenudos. En el nudo o región nodal se forman una hoja y una yema, esta última puede desarrollarse y formar un hijo. La yema se encuentra entre el nudo y la base de la vaina de la hoja.
- **Hoja:** Las hojas de la planta se encuentran distribuidas alternadamente a lo largo del tallo. La primera hoja que aparece en la base del tallo principal o de los hijos se denomina prófalo, no tiene lámina y está constituido por dos brácteas aquilladas. Los bordes del prófalo aseguran por el dorso los hijos jóvenes al tallo o al hijo de donde proviene.
- **Flores:** Las flores de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula. La panícula está situada sobre el nudo apical del tallo, llamado nudo ciliar o base de la panícula, y generalmente tiene la forma de un arco ciliado. La base de la panícula se denomina cuello.
- **Semilla:** la semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente; consta de la cáscara formada por la lema y la palea con sus partes asociadas, lemas estériles, la

raquilla y la arista; el embrión, situado en el lado ventral de la semilla cerca de la lema, y el endospermo, que provee alimento al embrión durante la germinación.

### **2.3. Mejoramiento genético**

Muñoz (2011), indica que inicialmente, el mejoramiento genético vegetal fue intuitivo. El hombre primitivo se limitó a seleccionar las mejores plantas desde donde crecían naturalmente, este sistema de mejoramiento se utilizó por prácticamente 10.000 años, mientras se domesticaron la mayoría de las especies cultivadas.

Gutiérrez, Santacruz, Cabrera, & Rodríguez (2003), afirman que el mejoramiento genético de plantas es una de las hazañas más antiguas del hombre, que inició con la domesticación de las mismas bajo condiciones controladas y la selección de aquellas capaces de proporcionar una mejor fuente de alimentos. Esto marcó una de las fases más importantes en el progreso de la humanidad, al permitirle transitar de una vida nómada e individualista a una sociedad organizada y cooperativista.

Los objetivos del mejoramiento de poblaciones son los siguientes: a) conformar un solo germoplasma con variabilidad genética contenida en diversos individuos; b) incrementar progresivamente el valor genético de una o varias características agronómicas de determinado material; c) crear una base genética que permita la obtención de líneas fijas con alto nivel de expresión de la característica elegida o de varias características, dado el caso; y d) crear un germoplasma que sea fuente de progenitores potenciales para los programas de mejoramiento (Chatel & Guimaraes,1995).

Jennings *et al.*, (1981), menciona que el desarrollo de variedades más productivas para utilizarlas a nivel de finca es el objetivo primordial de los fitomejoradores y lo que justifica su labor

ante la sociedad, todo lo demás es secundario o respalda este objetivo. El éxito de un científico en desarrollar variedades mejoradas de arroz es directamente proporcional a su habilidad para identificar acertadamente las prioridades de investigación y para orientar correctamente sus metas y actividades.

El mejoramiento genético puede definirse como la modificación de materiales genéticos con fines productivos. Esta modificación se basa en la identificación y explotación de las diferencias genéticas entre los individuos en los rasgos de interés, incrementando la frecuencia de aquellos individuos deseables para su posterior masificación. Para que cumplan estos fines es necesario definir básicamente tres elementos: La estrategia de mejoramiento, esto es, la declaración de los pasos a seguir para alcanzar el progreso genético esperado; los rasgos objetivos de selección y el conjunto de ensayos y técnicas estadísticas para predecir el valor genético de cada individuo (Torres, citado por Salto, 2008).

El mejoramiento genético vegetal puede contribuir mejorando el grado de sostenibilidad de los sistemas agropecuarios de producción, mediante el desarrollo de genotipos adaptados a nuevos requerimientos ambientales y nuevas demandas del mercado de consumo. Esto requiere en el plano de la investigación genética, la consideración de cambios en la priorización de objetivos, en las técnicas de selección y en la búsqueda y utilización de variabilidad genética. La evolución biológica y el mejoramiento genético de plantas, se realizó a través de un largo proceso de evolución biológica dirigida por el hombre, a fin de lograr un ajuste cada vez mayor entre las características de las especies vegetales y las necesidades que se deben satisfacer (Camarena, Chura y Blas, 2012).

Para realizar la mejora de una determinada especie, es indispensable un conocimiento completo de las características agronómicas de la planta que se trate, las cuales incluyen las características botánicas, morfología, necesidades ambientales, área de cultivo y sistemas de reproducción. También es interesante conocer las preferencias de los agricultores si bien esas preferencias son muchas veces rutinarias y no guardan relación con los caracteres de la productividad (Sanchez, 1955).

El arte del fitomejoramiento o geotécnica vegetal estriba en la capacidad del fitomejorador para observar plantas que posean características económicas, ambientales, nutricionales o estéticas singulares. Antes de que los fitogenetistas contaran con el conocimiento científico con que cuentan hoy en día, dependía únicamente de su habilidad y buen juicio para seleccionar plantas nuevas que pudieran propagarse por medio de semillas u órganos vegetativos. Así, la selección fue la primera forma de fitomejoramiento (Poehlman y Sleper, 2003).

#### **2.4. Mejoramiento genético del arroz**

Prácticamente desde sus inicios, el mejoramiento genético del arroz se concentró en tres aspectos fundamentales: 1) aumentar el rendimiento, 2) incrementar la resistencia a las plagas más comunes del cultivo, y 3) mejorar la calidad molinera y culinaria del grano para satisfacer tanto los requerimientos de la industria como el gusto del consumidor final (Pieters, Graterol, Reyes, Álvarez, & González, 2011).

Entre los objetivos de los programas de arroz está el obtener una variedad que, además de su alta capacidad de rendimiento, resistencia a las principales plagas y enfermedades y buena adaptabilidad al medio, produzca un grano cuya calidad sea aceptada por el agricultor, el molinero y el consumidor (CIAT, 1989).

Según Alvarado (2001), menciona que el fitomejoramiento o mejoramiento genético del arroz tiene como objetivo la obtención de nuevas variedades que llevan incorporadas las características solicitadas por el mercado al que se destinarán. Debe entenderse de que se trata de algo dinámico que puede variar de acuerdo a los cambios de gustos que tengan los consumidores. Está comprobado que a medida que mejora el nivel socioeconómico de los consumidores, éstos se vuelven más exigentes en la calidad de los productos que consumen. Entonces se debe conocer y, en la medida de lo posible, prever los posibles cambios en los gustos de los consumidores, o simplemente crear nuevas variedades para que el consumidor las conozcan y acepten. Los objetivos de mejoramiento han evolucionado a través de los años. El primer objetivo fue uniformar el tipo de planta y grano. Posteriormente, se avanzó hacia objetivos más específicos y que apuntaron a aspectos de tolerancia al frío, buen potencial de rendimiento, tolerancia al manchado del grano, resistencia al acame, y buena respuesta al manejo agronómico (fertilización, manejo del agua, aplicación de herbicidas). Actualmente se ha planteado poseer una mayor diversificación en las variedades de arroz, pensando en los mercados externos. Es decir, poseer variedades como las actuales de grano largo ancho translúcido, granos medios y cortos, translúcidos, con contenidos medios a bajos de amilosa, arroces de tipo glutinoso y arroces aromáticos, o sea variedades que respondan a necesidades de mercados específicos.

Las variedades de arroz cultivadas han ido variando en los últimos años, mediante una gradual renovación de las más antiguas, en función de las mejores características y provocando la desaparición de determinadas variedades, pues las nuevas ofrecen mejores rendimientos, una mayor resistencia a las plagas y enfermedades, altura más baja (mayor resistencia al encamado), mejor calidad de grano o bien una mayor producción (Franquet & Borrás, 2004).

El mejoramiento de arroz implica años de trabajo constante y difícil, donde los fracasos son muchos y los éxitos escasos. De 500 o más cruces, uno solo dará quizás origen a una nueva variedad que llegue a manos de los agricultores; por cada nueva variedad, decenas de miles de líneas han sido evaluadas y descartadas. No hay una forma fácil de mejorar la producción de arroz; esta labor exige paciencia, dedicación, continuidad y una entrega total, física y mental, al trabajo de campo (Torres & Martínez, 2010).

## **2.5. Hibridación**

De acuerdo a Suárez F. (1993), el mejoramiento de especies vegetales por hibridación puede definirse, en los términos más sencillos, como la selección de plantas con características deseables, después que ha ocurrido un intercambio de genes mediante la fertilización cruzada entre dos progenitores. Cuando uno de los progenitores es una variedad cultivada y otra cercana taxonómicamente, se forma una variedad mejorada retrofertilizando al progenitor y cultivando y seleccionando la progenie en relación con una combinación deseada de características.

Poehlman y Sleper (2003), señalan las técnicas de hibridación en plantas, la autopolinización y el cruzamiento son procedimientos básicos en el mejoramiento genético de las plantas cultivadas. Los procedimientos exactos utilizados dependerán de la especie cultivada, la estructura de los órganos florales y el mecanismo normal de la polinización.

El objetivo de la hibridación en especies de autopolinización como el arroz, es combinar en un genotipo los caracteres deseados que se encuentran en dos o más genotipos. Los mejoradores siempre esperan obtener genotipos que sean superiores a los padres. La selección de los progenitores es un punto crítico ya que determina el potencial del programa de mejoramiento. Usualmente uno de los padres es seleccionado por su comportamiento ya probado en el área o

para las condiciones en que se cultivará. El otro padre (s) generalmente tiene algunos atributos que no posee o no expresa el primer progenitor (Suárez, 2006).

## **2.6. Cruzamientos**

Se refiere aquí a la hibridación entre variedades de una misma especie y se supone que no existen barreras de esterilidad. Este suele ser el caso de las variedades de plantas de autogamia preponderante. En estas, la hibridación artificial tiene gran importancia, puesto que puede aumentar la variabilidad intraespecífica, que está limitada en la naturaleza por el predominio de la autofecundación. La constitución, individualización y estabilización genética de nuevos tipos obtenidos en la segregación de un cruzamiento artificial, representa el camino más seguro para las realizaciones más progresivas de la genética vegetal agrícola (Sanchez, 1955).

Cuando se trata de mejorar el arroz, es esencial un programa de cruzamientos de alto volumen y bases amplias. Las personas que dirigen dichos programas deben conocer claramente sus objetivos y prioridades, así como las características de las líneas y variedades más importantes. Algunos de estos caracteres están registrados en varios libros de campo, pero otros deben recordarse. El científico que memoriza tanta información como le sea posible, será mucho más efectivo al comparar y escoger progenitores. Desafortunadamente, es imposible predecir el valor final de un cruce, sin haber experimentado anteriormente con los progenitores. Cuando se cruzan líneas estrechamente relacionadas y morfológicamente similares con un progenitor común, con frecuencia difieren sustancialmente en la habilidad de combinación medida por la apariencia y el valor de la F<sub>2</sub> (Jennings *et al.*, 1981).

El cruzamiento se puede realizar utilizando procedimientos diferentes que; sin embargo, conducen al mismo resultado, la obtención de semillas que resultan de la fecundación de flores de

una planta "madre" mediante la polinización y consiguiente fecundación por polen recogido de otra planta, preelegida después de la adecuada planificación de los cruzamientos (Franquet y Borràs, 2004).

## **2.7. Tipos de cruzamiento**

### **2.7.1. Cruzamiento simple**

Los cruces simples son la hibridación de una variedad o línea con otra variedad o línea. Seleccione el progenitor femenino con base en los objetivos del programa y en su conocimiento de los materiales disponibles. Seleccione tantos como sea posible para cada objetivo, preferiblemente de base genética diferente. Es recomendable utilizar progenitores femeninos exóticos o no mejorados. Aunque el uso de progenitores femeninos mejorados es invariablemente más conveniente, esto da como resultado una base citoplásmica muy estrecha (Jennings *et al.*, 1981).

### **2.7.2. Retrocruce**

Es el cruce de un F1 con uno de sus padres. Son utilizados normalmente en aquellos casos donde el padre recurrente es superior a todos los progenitores disponibles para hacer un topcross. También si un padre esencial para el programa combina pobremente, realizar el retrocruce ofrece las mejores oportunidades para obtener el tipo deseado (Suárez, 2006).

### **2.7.3. Topcross**

Es el cruce de un F1 con una variedad o línea. Muchos mejoradores consideran que el topcross es más útil que el cruce doble (Suárez, 2006).

#### **2.7.4. Cruce doble**

Es el cruce de dos F1. El cruce doble es útil para combinar un gran número de caracteres deseables en un cruce dado (Suárez, 2006).

Este mismo autor indica que existen algunas reglas generales que ayudan a decidir qué tipo de cruces hacer.

1. Si uno de los padres de un cruce simple se conoce o sospecha que es un pobre combinador, entonces es mejor hacer un retrocruzamiento.
2. Si ambos padres de un cruce simple son buenos combinadores pero carecen de uno o varios caracteres, entonces es aconsejable realizar un topcross.
3. Si ambos padres de un cruce simple son buenos combinadores, pero carecen de caracteres importantes que no son posibles encontrar en otro padre para realizar un topcross, entonces es mejor hacer un cruce doble.

Si se deja establecido que la hibridación es la principal fuente de creación de variabilidad genética para el mejoramiento, es necesario definir qué vías serán seguidas para manejar y seleccionar la descendencia en las generaciones subsecuentes (Suárez, 2006).

#### **2.8. Selección**

La selección o aislamiento de líneas a partir de una población de plantas de reproducción sexual autógena dan origen a una línea pura, puesto que la planta originaria suele ser homocigótica. Por lo tanto, la comparación de progenies de plantas aisladas en poblaciones heterogéneas de este tipo de plantas puede permitir el aislamiento de las plantas más productivas dentro de esta población,

o el aislamiento de formas que posean determinadas características que las hagan eficaces como punto de partida en la mejora por hibridación (Sanchez, 1955).

Un cultivar nuevo de plantas normalmente autopolinizadas, se originan del proceso de selección a partir de una mezcla de plantas o de una planta seleccionada de un germoplasma introducido, una mezcla de plantas o de una planta seleccionada de una población local o puede ser de una planta seleccionada de una población híbrida (Camarena *et al.*, 2012).

Según Vega (1988), es evidente, según la ley de las probabilidades, que a medida que aumenta el tamaño de las poblaciones segregantes y el número de éstas, mayor es la probabilidad de seleccionar genotipos deseables. Por consiguiente, para el fitomejorador es necesario manejar un gran volumen de materiales o poblaciones. Esto crea la necesidad de eliminar en sus generaciones tempranas aquellas poblaciones segregantes de bajo potencial en la producción de descendientes superiores y quedarse solamente con las mejores poblaciones, de manera de aumentar la eficiencia en la selección. Por esto, se ha tratado de buscar criterios apropiados para la selección entre cruzamientos o poblaciones básicas.

Existen muchos métodos de mejoramiento y cada uno de ellos tiene sus puntos fuertes y puntos flojos. El método de mejoramiento a elegir dependerá de la naturaleza del carácter o caracteres de interés, el modo de herencia y la variabilidad presente o disponible. En algunos casos los factores económicos influyen en el método seleccionado (Suárez, 2006).

### **2.8.1. Selección masal (bulk)**

Este método consiste en la selección de un gran número de individuos, con características fenotípicas similares que luego son mezclados para constituir la generación siguiente. Es uno de los más antiguos métodos de mejoramiento. Este método es eficiente en poblaciones heterogéneas,

constituidas por mezclas de líneas puras, en especies autógamas o por individuos heterocigotos en el caso de alógamas. La idea principal de la selección masal es que al escoger los mejores fenotipos, se mejora el nivel de la población con la reunión de los fenotipos superiores ya existentes (Camarena *et al.*, 2012).

De acuerdo a (Suárez, 2006), la selección masal presenta las siguientes ventajas y desventajas:

**Ventajas.**

- Es un método simple y poco costoso.

**Desventajas.**

- Las líneas seleccionadas a veces muestran segregación y deben ser seleccionadas nuevamente para obtener uniformidad.
- Existe el riesgo de que genotipos deseables se pierdan de la población.

**2.8.2. Selección masal modificada.**

Es una combinación de la selección por pedigrí y la selección masal ya que se realiza selección de los fenotipos superiores y se mezcla la semilla para formar una nueva población hasta la F4 y a partir de esa generación, se realiza la selección por plantas y se sigue el método de selección por pedigrí. Este método ha ganado mucha popularidad entre los mejoradores ya que se utilizan las ventajas de ambos métodos (Suárez, 2006).

**2.8.3. Método de Retrocruzamiento.**

Los métodos de mejoramiento anteriormente mencionados no son excluyentes unos de otros, por lo que se pueden combinar en dependencia de las condiciones y necesidades del programa de mejoramiento. Existen otras vías para crear variabilidad genética o para transferir caracteres deseables. Dentro de estas vías se encuentra el método de retrocruzamiento. Este método es una

forma de hibridación recurrente por medio de la cual una característica superior puede ser adicionada a una variedad de buen comportamiento. Este método ha sido utilizado de forma extensiva para transferir caracteres cualitativos, como resistencia a insectos y enfermedades. En el caso del arroz, existen muchos reportes de transferencia de genes de resistencia de las especies salvajes al arroz cultivado a través de retrocruzamiento. El programa de retrocruzamiento es más fácil de manejar, si el carácter que está siendo adicionado, cumple con los siguientes requisitos: 1) es de herencia simple, 2) es dominante y 3) es fácilmente reconocido en los híbridos (Suárez, 2006).

#### **2.8.4. Selección por pedigrí.**

Consiste básicamente en la selección por plantas desde la generación F2. Se recomienda producir suficiente semilla F1 para tener una población F2 grande y además tener una reserva de semilla (Suárez, 2006).

En el pasado, la línea se desarrolló por la identificación de plantas superiores en una variedad tradicional o en mezclas de genotipos. Actualmente, un nuevo cultivar es originado por el proceso de selección en poblaciones en segregación luego de la hibridación. En ambos casos, la prueba de progenie es esencial en selección de líneas puras y sirve para evaluar la característica mejorada de la planta seleccionada. El registro de la genealogía de cada línea, permite establecer el grado de parentesco entre las líneas seleccionadas. La selección con prueba de progenie o conocimiento de la genealogía de los tipos seleccionados, permite la maximización de la eficiencia de la selección. Ejemplo: aquellas líneas con elevado grado de homocigosis, pero que presentan un ancestro común en una o dos generaciones anteriores deben ser consideradas genéticamente semejantes y sólo una de ellas debe ser preservada para evaluaciones futuras (Camarena *et al.*, 2012).

Según Camarena *et al.*, (2012), las ventajas y desventajas del método genealógico son las siguientes:

### **Ventajas**

- Permite el control del grado de parentesco entre selecciones.
- Permite el descarte de individuos inferiores en generaciones precoces.
- Permite la utilización de datos obtenidos para estudios genéticos.
- Permite el entrenamiento de mejoradores.

### **Desventajas**

- Permite la conducción de una única generación por año, haciendo que este proceso sea prolongado.
- Exige elevada demanda de mano de obra y campo experimental.
- Requiere personal calificado para seleccionar tipos deseables.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación y descripción del área experimental**

Los bloques de hibridación se establecieron en el Proyecto CEDEGE, Hacienda Valle Verde, propietario Ing. Wellington Rodríguez, en el cantón Babahoyo, provincia de los Ríos, ubicado a 17 msnm en las coordenadas geográficas UTM: 9796094 de latitud sur y 668255 de longitud occidental. Las poblaciones segregantes F1 se establecieron bajo condiciones controladas en invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el km 7 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> de la vía Babahoyo - Montalvo, en las coordenadas geográficas 01° 49' de latitud Sur y 79° 32' de longitud Oeste. Esta zona posee un clima tropical, con una temperatura media anual de 25,8 °C, y una precipitación anual de 2203.8 mm; con una humedad relativa de 82%, evaporación de 1241,4 mm y una altura de 8 m.s.n.m. <sup>1</sup>/

#### **3.2. Material genético**

Se utilizaron 12 poblaciones segregantes F1 obtenidos a partir de cruces simples recíprocos, realizados con cinco cultivares de arroz japónica utilizados como parentales (JP-001, JP-002, JP-003, JP-004 y DH).

#### **3.3. Factores estudiados**

Fenotipo en segregantes F1 de arroz japonico.

#### **3.4. Tratamientos estudiados**

Los tratamientos estudiados fueron los segregantes F1 obtenidos a partir de cruces recíprocos entre genotipos japónicos y como controles se utilizaron los parentales (Tabla 1).

**Tabla 1. Cruces y parentales de arroz japonico utilizados en el estudio.**

TRATAMIENTOS	CÓDIGO
T1	JP-001/ JP-002
T2	JP-001/ JP-003
T3	JP-001/ JP-004
T4	JP-001/ DH
T5	JP-002/ JP-001
T6	JP-002/ JP-003
T7	JP-002/ JP-004
T8	JP-002/ DH
T9	JP-003/ JP-001
T10	DH/ JP-002
T11	DH/ JP-003
T12	DH/ JP-004
CONTROL	JP-001
CONTROL	JP-002
CONTROL	JP-003
CONTROL	JP-004
CONTROL	DH

### 3.5. Métodos

Se utilizaron los métodos: Inductivos-Deductivos, Deductivos-Inductivos y el método experimental.

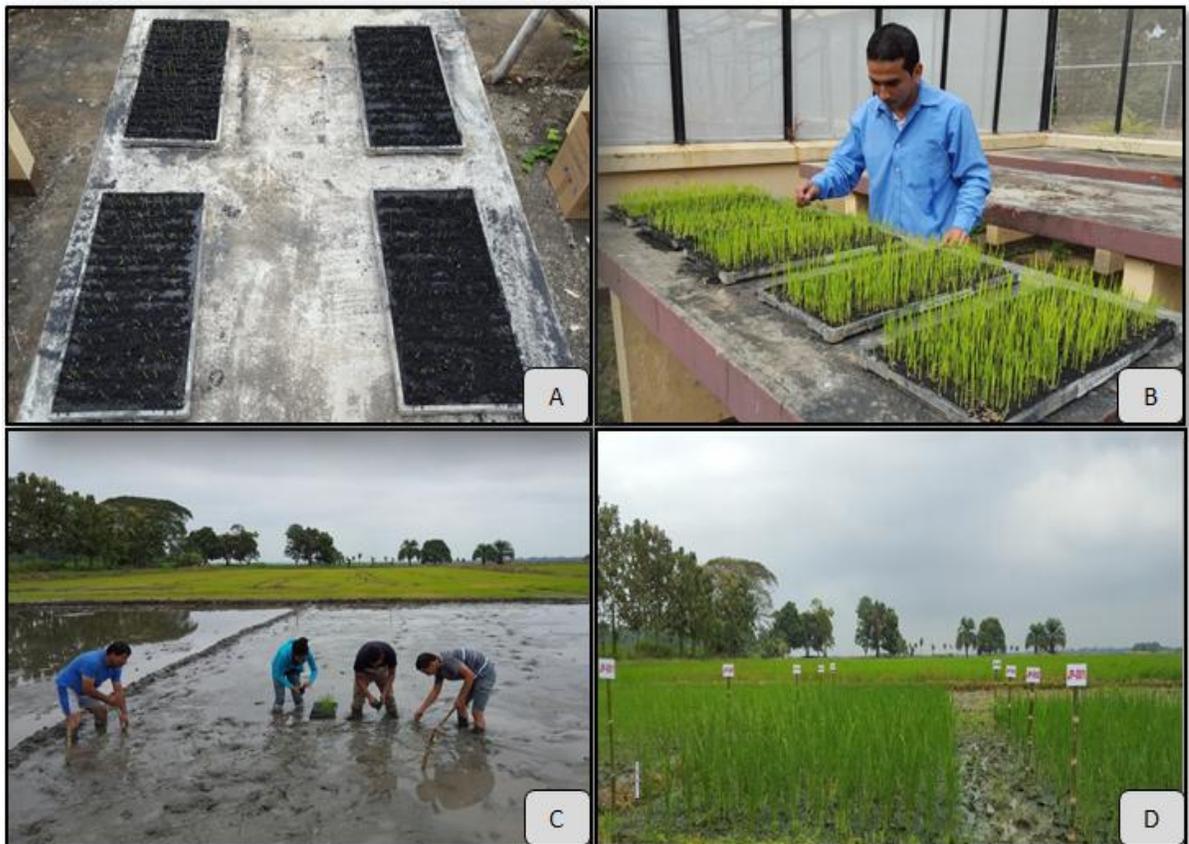
### 3.6. Análisis estadístico

Las diferentes variables estudiadas fueron analizadas por medio de estadística no paramétrica mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Se utilizaron Figuras de barra para representar los valores medios de las variables.

### 3.7. Manejo del ensayo

#### 3.7.1. Bloques de hibridación para la obtención de la F1.

Considerando el factor de días a la floración diferente que presentaron los cinco cultivares utilizados como progenitores, tres bloques de cruzamiento con un intervalo de siembra de 10 días cada uno. Estos fueron establecidos en el campo experimental, realizándose las respectivas labores agronómicas de preparación del suelo, germinación, trasplante, riego, control de malezas y fertilización (Figura 1).



**Figura 1. Bloques de hibridación en el campo experimental: germinación de progenitores en bandejas germinadoras (A); manejo de plántulas (B); trasplante a bloques de cruzamientos (C); bloques de cruzamientos ya establecidos a intervalos de 10 días (D).**

### 3.7.2. Hibridación

En la fase de floración de los cinco progenitores establecidos en los bloques de hibridación, se procedió a realizar los respectivos cruzamientos recíprocos entre los parentales (Cuadro 2), para lo cual se llevaron a cabo las labores tales como: colecta de macollas, emasculación, polinización y cosecha de las semillas F1.

**Tabla 2. Plan de cruzamientos entre progenitores de arroz japonico.**

PROGENITORES FEMENINOS	PROGENITORES MASCULINOS	NÚMERO CRUCE
JP-001	JP-002	1
JP-001	JP-003	2
JP-001	JP-004	3
JP-001	DH	4
JP-002	JP-001	5
JP-002	JP-003	6
JP-002	JP-004	7
JP-002	DH	8
JP-003	JP-001	9
JP-003	JP-002	10 *
JP-003	JP-004	11 *
JP-003	DH	12 *
JP-004	JP-001	13 **
JP-004	JP-002	14 **
JP-004	JP-003	15 **
JP-004	DH	16 **
DH	JP-001	17 **
DH	JP-002	18
DH	JP-003	19
DH	JP-004	20

\* Cruces no realizados debido a la floración tardía del progenitor JP-003.

\*\* Cruces realizados que formaron embrión pero no llenaron grano.

### 3.7.3. Colecta de macollas

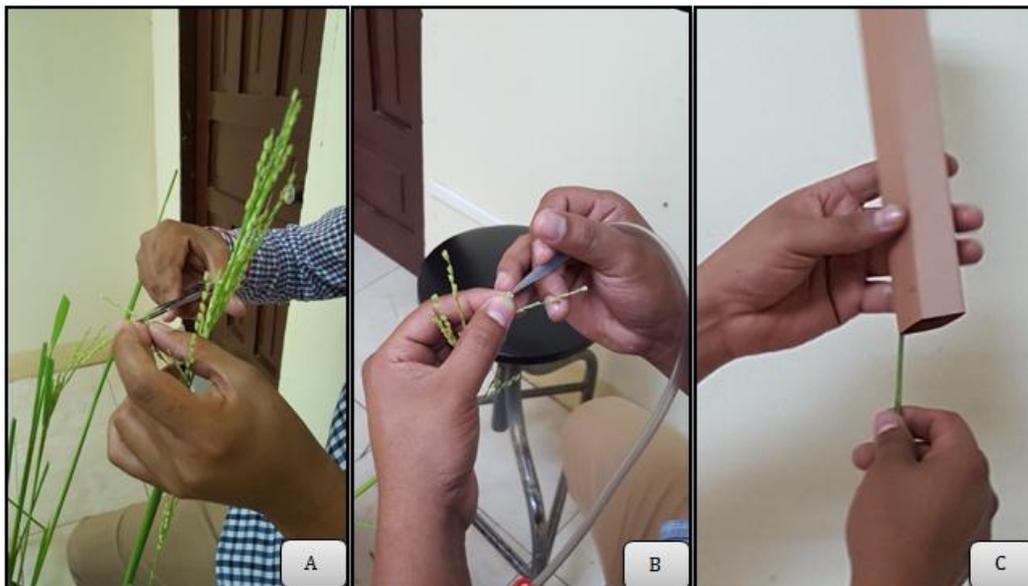
Para colectar la planta utilizada como madre (progenitor femenino), se consideró que las panículas en las macollas estuviesen en condiciones fitosanitarias óptimas, con la inflorescencia emergida en un 50 a 60%. En horas de la mañana, se procedió a retirar las macollas con panículas de los bloques de hibridación, cortando el lodo alrededor de la base con un machete y procurando no dañar el sistema radicular; luego se eliminaron las hojas a excepción de la hoja bandera para evitar la deshidratación de la misma. Se identificó cada panícula con su respectivo código de cada material y fecha de colecta; posteriormente se colocaron en un balde, agregándole agua necesaria para evitar la marchitez y se trasladaron al laboratorio para proceder a emascular en horas de la tarde (Figura 2).



**Figura 2. Selección y colecta de macollas para emascular: extracción de las macollas (A); rotulado y mantenimiento en agua de las macollas colectadas (B).**

### 3.7.4. Emasculación

Consistió en extraer las anteras contenidas en cada florecilla de la inflorescencia de las macollas colectadas. Se eliminaron las florecillas del tercio superior que ya habían sufrido antesis y aquellas inmaduras ubicadas en la base de la panícula (tercio inferior), dejando aquellas del tercio medio que estuvieron óptimas para la respectiva polinización; luego con el objetivo de extraer las anteras, se realizó un corte en bisel a mitad de cada florecilla con una tijera pequeña y mediante una bomba al vacío se retiraron las anteras. Inmediatamente, las macollas emasculadas se cubrieron con un sobre de papel para impedir el contacto con polen extraño Figura 3.



**Figura 3. Emasculación para la obtención del progenitor femenino: eliminación de flores del tercio superior e inferior y corte transversal a la mitad de cada florecilla seleccionada (A); succión de las anteras, mediante una bomba de vacío (B); colocación de sobre de papel en macollas emasculadas para protegerlas de la contaminación de polen extraño (C).**

### 3.7.5. Polinización

Las macollas emasculadas (progenitor femenino) en el laboratorio, luego de 48 horas, fueron trasladadas a los bloques de cruzamientos establecidos en el campo para su polinización. Se seleccionaron las mejores plantas utilizadas como padre, polinizándose al momento de la

ocurrencia de la antesis. Cerca de la planta seleccionada para la polinización de la madre, se procedió a retirar el sobre de papel y conjuntamente con las inflorescencias en antesis se frotaron suavemente las panículas completamente femeninas con polen del progenitor. Una vez polinizadas se cubrieron nuevamente con el sobre de papel, rotulándolas con la fecha de polinización y nombre de los progenitores masculinos (Figura 4).



**Figura 4. Polinización cruzada de los progenitores: polinización inducida de la hembra, mediante frotación de la panícula al momento de la ocurrencia de la antesis.**

### **3.7.6. Manejo de plantas polinizadas**

Las plantas polinizadas se mantuvieron en un recipiente con agua bajo sombra con el sobre de papel durante seis días, luego se retiraron los sobres y se mantuvieron bajo las mismas condiciones. A los 12 días se procedió a exponerlas a luz directa, manteniéndolas con lámina de agua hasta llegar a la cosecha de las semillas (Figura 5).



**Figura 5. Manejo de plantas polinizadas: macollas polinizadas cubiertas con sobre de papel (A); macollas con semillas F1, doce días después de haber sido polinizadas (B).**

### **3.7.7. Cosecha de F1**

La cosecha de las semillas F1 fue realizada a los 30 días después de la polinización, fueron seleccionadas aquellas con buen desarrollo; luego se procedió a desprenderlas con cuidado sin dañar el embrión. Las semillas de cada cruce, fueron contabilizadas y se guardaron en sobres de papel, manteniéndoselas a temperatura ambiente. Luego de un mes aproximadamente fueron germinadas para el establecimiento en macetas (Figura 6).

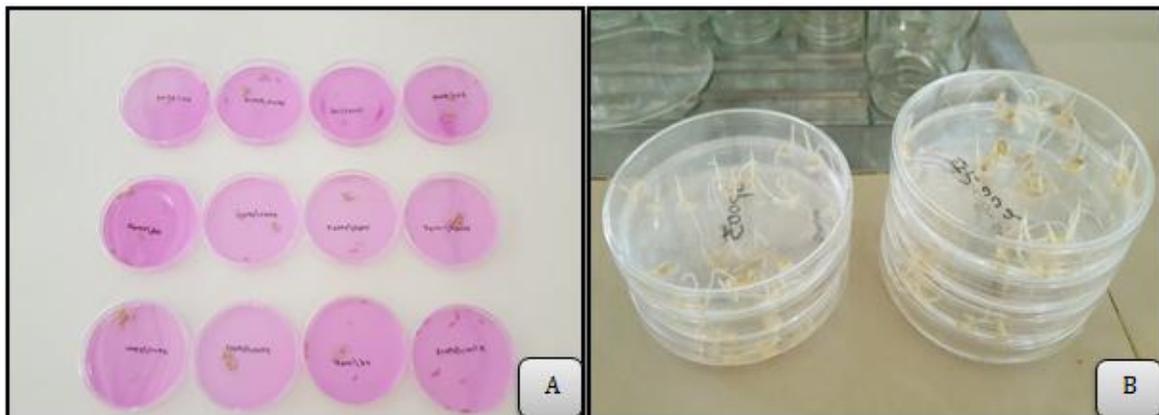


**Figura 6. Cosecha de semillas F1: desgrane de semillas F1 (separación de la palea y lema) (A); semillas F1 descascaradas (B).**

### 3.7.8. Cultivo de segregantes F1

#### 3.7.8.1. Germinación de semillas F1

Después de que las semillas F1 de cada cruce realizado rompieron latencia, fueron colocadas en cajas de Petri para su germinación, utilizando una lámina de agua de 2 mm. Las semillas fueron tratadas con vitavax con el objetivo de proteger la semilla durante el proceso de germinación. Las semillas se incubaron durante cinco días a una temperatura de 30°C temperatura (Figura 7).



**Figura 7. Germinación de F1 a 30°C: Semillas F1 colocadas en cajas de Petri con vitavax (A); germinación de progenitores como testigos (B).**

#### 3.7.8.2. Trasplante

Para el trasplante, se procedió a llenar macetas con suelo fangueado y luego éstas se colocaron en el invernadero, que fue sitio definitivo donde permanecieron las plantas. El trasplante se realizó a los cinco días después de haber germinado las semillas, colocando una plántula en cada maceta, con su respectiva identificación de cada cruce y fecha de germinación. En esas condiciones fueron mantenidas hasta llegar a la cosecha (Figura 8).



**Figura 8. Trasplante a invernadero de plántulas F1 en macetas con suelo fangueado.**

### **3.7.8.3. Riego**

El riego se lo procedió a realizar manteniendo las macetas con láminas de agua de acuerdo a los requerimientos de agua del cultivo e independientemente a los índices de evaporación, infiltración y filtración hasta dos semanas antes de la cosecha.

### **3.7.8.4. Control de maleza**

El control de maleza se lo realizó a través del método manual (eliminando las malezas a mano), después del trasplante, a medida que las malezas aparecían en las macetas, se las erradicaba para evitar la competencia con la planta.

### **3.7.8.5. Fertilización.**

El fertilizante edáfico utilizado como fuente de nitrógeno para la nutrición de las plantas fue urea, aplicado en dosis fraccionada, realizando dos aplicaciones: la primera a los 20 días después del trasplante con dosis de 1,49 g/planta y la segunda aplicación a los 40 días con dosis de 2,6 g/planta dentro de cada población (Figura 9).



**Figura 9. Fertilización de las poblaciones F1 en macetas. Aplicación del fertilizante por individuo de cada cruce (A); Fertilizante aplicado a un lado de la planta (B).**

#### **3.7.8.6. Control de insectos**

Se procedió a la aplicación de Cypermethrin al 0,27 L/Ha. por la presencia de insectos defoliadores. Referente a la dosis por hectárea, mediante una regla de tres se calcularon los cc por litros de agua, dando como resultado 1,3 cc/L. Se aplicó a cada planta mediante un nebulizador (Figura 10).



**Figura 10. Control de insectos del ensayo: aplicación de insecticida (A); atomizador utilizado (B).**

### **3.7.8.7. Control de enfermedades**

Como preventivo, se procedió a la aplicación de un fungicida de amplio espectro a base de tebuconazole 125 + cabrendazim 125, de acción sistémica y curativo, utilizando una dosis de 5 cc por litro de agua, el cual fue determinado a partir de la dosis de 1 L/Ha. (Figura 11).



**Figura 11. Aplicación de fungicida mediante nebulizador.**

### **3.7.8.8. Cosecha de semillas F2**

La cosecha de las plantas en cada cruce fue realizada una vez que los individuos de cada población llegaron a su madurez fisiológica, cosechando por separado cada planta. Las semillas fueron colocadas en sobres de papel, identificando el cruce y fecha de cosecha en el mismo para evitar posibles mezclas y almacenadas en un cuarto a temperatura ambiente (Figura 12).



**Figura 12. Estado de madurez fisiológica de las plantas cosechadas por cruce.**

## **3.8. Variables evaluadas**

### **3.8.1. Vigor**

El vigor de las plantas se lo determinó a los 50 días de edad del cultivo, para lo cual se clasificó de acuerdo a la escala del sistema de evaluación estándar para arroz desarrollado por el CIAT.

<b>Escala de Vigor</b>	
<b>1</b>	Plantas muy vigorosas
<b>3</b>	Plantas vigorosas
<b>5</b>	Plantas intermedias o normales
<b>7</b>	Plantas muy débiles y pequeñas
<b>9</b>	Plantas menos vigorosas que lo normal

### **3.8.2. Días a floración**

Se identificó los días a floración de acuerdo a los días transcurridos desde la siembra hasta cuando el 50% de las plantas de cada población mostraron sus respectivas panículas fuera de la vaina.

### **3.8.3. Ciclo Vegetativo (días)**

Se estimó de acuerdo a los días transcurridos desde el inicio de la siembra hasta la cosecha de cada individuo por población.

### **3.8.4. Macollos por planta**

Se determinó el número de macollas por planta dentro de cada población contando individualmente los macollos de cada una.

### **3.8.5. Panículas por planta**

Se determinó el número de panículas por planta individual, dentro de cada población.

### **3.8.6. Longitud y Ancho de la Hoja Bandera y de la Hoja 2 (cm)**

Para la longitud y ancho de la hoja bandera y de la hoja 2, fueron determinadas por individuo dentro de cada población al momento de la floración.

### **3.8.7. Altura de planta (cm)**

Se tomó al momento de la cosecha, midiendo desde el nivel del suelo hasta el ápice de la panícula más sobresaliente por planta individual, dentro de cada población.

### **3.8.8. Longitud de panícula (cm)**

Se determinó midiendo la distancia comprendida entre el nudo ciliar y el ápice de la panícula, excluyendo las aristas. Por planta individual, dentro de cada población

### **3.8.9. Granos por panícula**

Se contabilizó el número de granos presentes por panícula de cada uno de los individuos de la población.

### **3.8.10. Esterilidad de panícula (%)**

Se evaluó contando el total de granos fértiles (llenos) y estériles (vanos) en las panículas y se determinó el porcentaje de granos estériles.

### **3.8.11. Desgrane (%)**

Se evaluó el número de granos desprendidos de una panícula madura del tallo más alto de la planta, dentro de cada población por planta individual, sosteniéndola suavemente en la mano, apretándolas levemente con los dedos, ésta acción hace que se desprendan los granos y es el valor del número de granos desprendidos el que se utiliza para realizar el cálculo del desgrane. Con este valor se aplicó la escala del sistema de evaluación estándar para arroz del CIAT (Muñoz, Giraldo y Fernández, 1993).

<b>Aplicación de la escala de desgrane</b>		
Difícil	0 – 15 %	<b>1</b>
Moderadamente difícil	16 – 30 %	<b>3</b>
Intermedio	31 – 45 %	<b>5</b>
Moderadamente susceptible	46 – 60 %	<b>7</b>
Susceptible	+ de 61 %	<b>9</b>

### **3.8.12. Peso de 1000 granos (g)**

Se tomó 1000 granos dentro de cada población, teniendo cuidado de que los mismos no estén dañados por insectos o enfermedades; luego fueron pesados en una balanza de precisión expresando su promedio en gramos.

### **3.8.13. Longitud y ancho del Grano Descascarado (mm)**

Dentro de cada población se evaluó por individuo, 5 granos que fueron tomados al azar, a los que se les removi6 la cáscara y se los midi6 con un escal6metro, determin6ndose el promedio. Para la determinaci6n de 6sta variable, se utiliz6 la escala del sistema de evaluaci6n est6ndar para arroz del CIAT (Jennings *et al.*, 1981).

<b>Designaci6n</b>	<b>Longitud (mm)</b>	<b>Escala</b>
Extra largo	7.50 +	<b>1</b>
Largo	6.61. 7.50	<b>3</b>
Medio	5.51 - 6.60	<b>5</b>
Corto	- De 5.50	<b>7</b>
Extra corto		<b>9</b>

### 3.8.14. Forma del grano

Para el efecto se determinó mediante la relación largo/ancho en granos enteros, dentro de cada población por cada individuo, para lo cual se utilizó la escala del sistema de evaluación estándar para arroz del CIAT de Colombia (Jennings *et al.*, 1981).

<b>Forma</b>	<b>longitud: ancho</b>	<b>Escala</b>
Delgado	3.0 +	<b>1</b>
Medio	2.1 -3.0	<b>3</b>
Ovalado	1.1 - 2.0	<b>5</b>
Redondo	- De 1.1	<b>9</b>

## IV. RESULTADOS

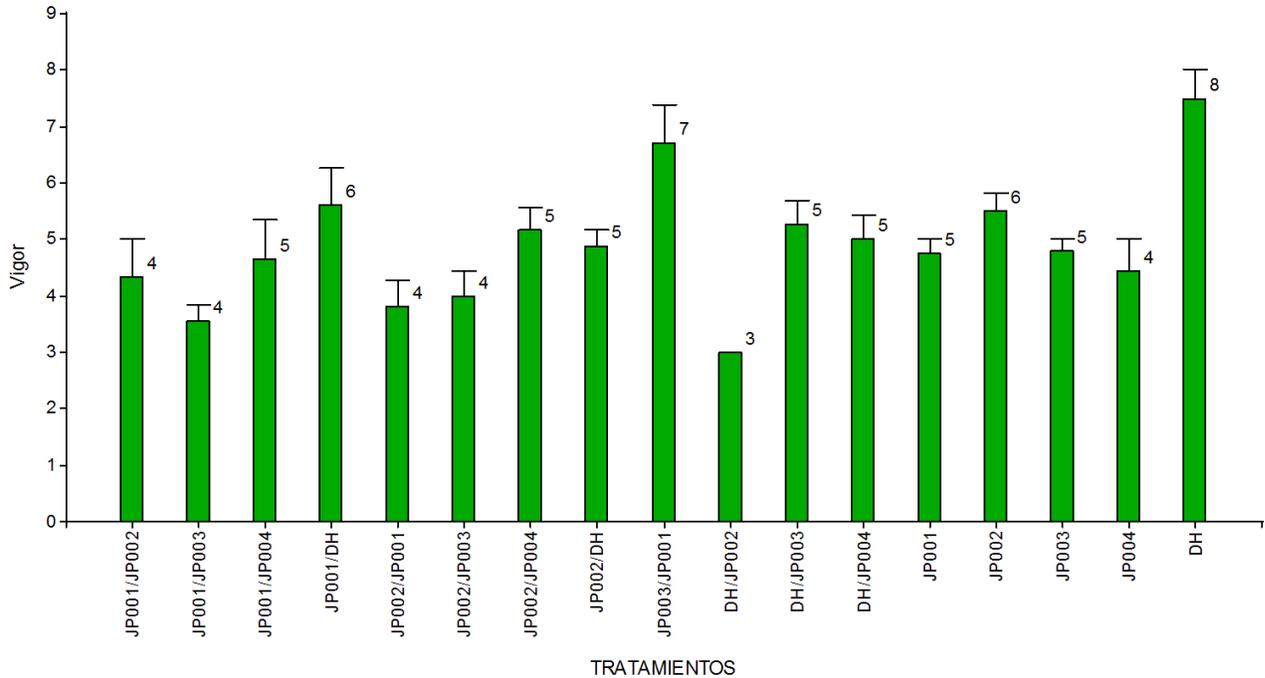
### 6.1. Vigor

En lo que respecta la variable de vigor, el cruce DH/JP002 correspondió al mayor vigor respecto a las demás, presentando una media de 3, clasificándose como plantas vigorosas de acuerdo a la escala estandarizada del CIAT. Este valor no es significativamente diferente con los cruces JP001/JP003, JP002/JP001, JP002/JP003, JP001/JP002, JP001/JP004 y con los progenitores JP004 y JP001; sin embargo, es significativamente diferente con los cruces JP002/DH, DH/JP004, JP002/JP004, DH/JP003, JP001/DH, JP003/JP001 y con los progenitores JP002, JP003 y DH (Tabla 3 – Figura 13).

**Tabla 3. Vigor vegetativo de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
DH/JP002	3,00	24,00	A
JP001/JP003	3,55	39,55	A B
JP002/JP001	3,80	46,80	A B C
JP002/JP003	4,00	52,50	A B C
JP004	4,43	63,64	A B C
JP001/JP002	4,33	64,17	A B C
JP001/JP004	4,64	68,05	A B C
JP001	4,75	73,88	A B C D
JP003	4,80	75,30	B C D
JP002/DH	4,87	76,20	B C D
DH/JP004	5,00	79,93	B C D
JP002/JP004	5,17	83,88	C D
DH/JP003	5,27	83,90	C D
JP001/DH	5,60	90,30	C D E
JP002	5,50	93,38	C D E
JP003/JP001	6,71	117,64	D E
DH	7,50	134,63	E

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



**Figura 13. Vigor vegetativo de poblaciones segregantes F1 y parentales de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016**

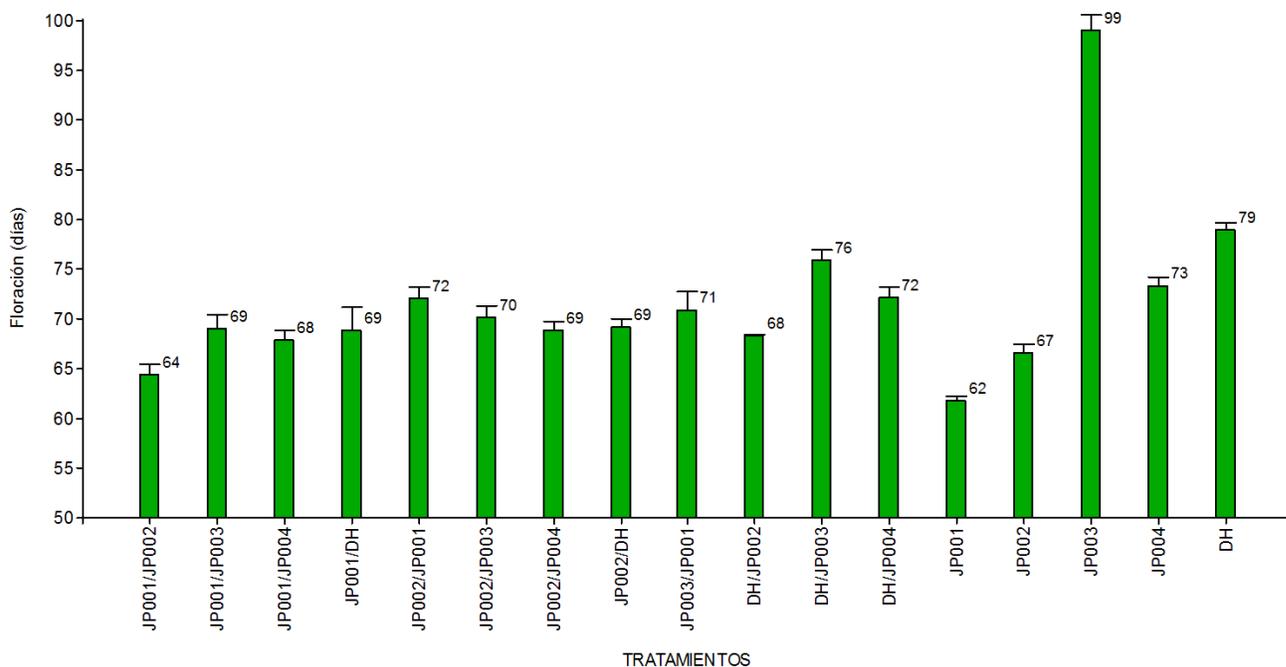
## 6.2. Días a floración

De acuerdo a los resultados obtenidos de esta variable, se observa que el cruce JP001/JP002 presentó menor número de días a floración que los demás cruces, presentando una media de 64,44 días. Los resultados estadísticos muestran que los cruces JP001/JP002, JP001/DH, JP001/JP004, DH/JP002, con los progenitores JP001 Y JP002, no son significativamente diferentes. Los cruces JP002/JP004, JP001/JP003, JP002/DH, JP003/JP001, JP002/JP003, JP002/JP001, DH/JP004, DH/JP003, con los progenitores JP003, JP004, y DH, son significativamente diferentes (Tabla 4 – Figura 14).

**Tabla 4. Días a floración de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

Tratamientos	Medias	Rangos	Significancia
JP001	61,75	8,25	A
JP001/JP002	64,44	27,17	A B
JP002	66,50	41,13	A B C
JP001/DH	68,90	52,50	A B C D
JP001/JP004	67,91	55,55	A B C D E
DH/JP002	68,25	58,75	A B C D E F
JP002/JP004	68,92	63,13	B C D E F
JP001/JP003	69,00	67,95	C D E F
JP002/DH	69,20	69,27	C D E F
JP003/JP001	70,86	77,93	C D E F G
JP002/JP003	70,17	78,92	C D E F G H
JP002/JP001	72,00	94,10	D E F G H
DH/JP004	72,14	96,29	E F G H
JP004	73,29	106,00	F G H I
DH/JP003	75,93	116,13	G H I
DH	79,00	132,00	H I
JP003	99,00	144,50	I

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



**Figura 14. Días a floración de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

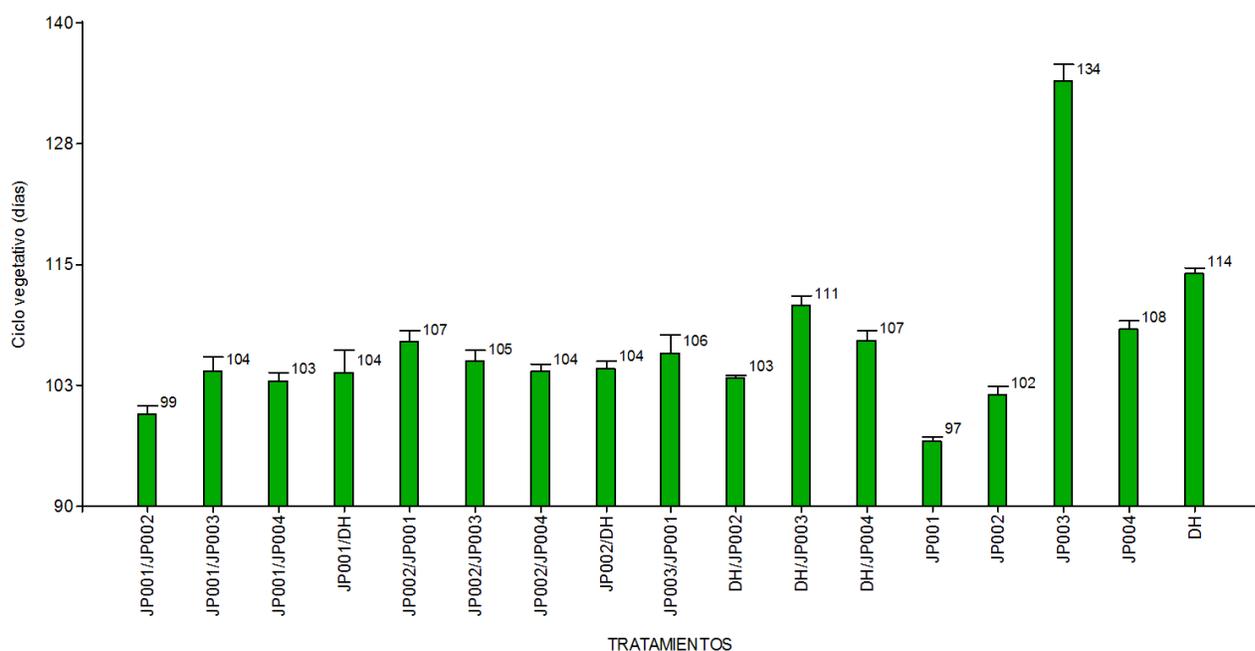
### 6.3. Ciclo Vegetativo (días)

De acuerdo a los resultados obtenidos de esta variable, se observa que el cruce JP001/JP002 presento menor número de días a cosecha con una media de 99,44. El análisis estadístico demuestra que los cruces JP001/DH, JP001/JP004, DH/JP002, JP002/JP004 y el progenitor JP001, no son significativamente diferentes; los cruces JP001/JP003, JP002/DH, JP003/JP001, DH/JP003, JP002/JP001, DH/JP004, JP002/JP003 y los progenitores JP002, JP003, JP004 y DH son significativamente diferentes (Tabla 5 – Figura 15).

**Tabla 5. Ciclo vegetativo (días) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
JP001	96,75	8,25	A
JP001/JP002	99,44	27,17	A B
JP002	101,50	41,25	A B C
JP001/DH	103,90	52,50	A B C D
JP001/JP004	102,91	55,55	A B C D E
DH/JP002	103,25	58,75	A B C D E F
JP002/JP004	103,92	63,17	B C D E F
JP001/JP003	104,00	68,00	C D E F
JP002/DH	104,20	69,30	C D E F
JP002/JP003	105,00	77,92	C D E F G
JP003/JP001	105,86	78,07	C D E F G
JP002/JP001	107,00	94,20	D E F G
DH/JP004	107,14	96,36	E F G
JP004	108,29	106,21	F G H
DH/JP003	110,80	116,07	G H
DH	114,00	132,25	G H
JP003	134,00	144,50	H

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



**Figura 15.** Ciclo vegetativo (días) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.

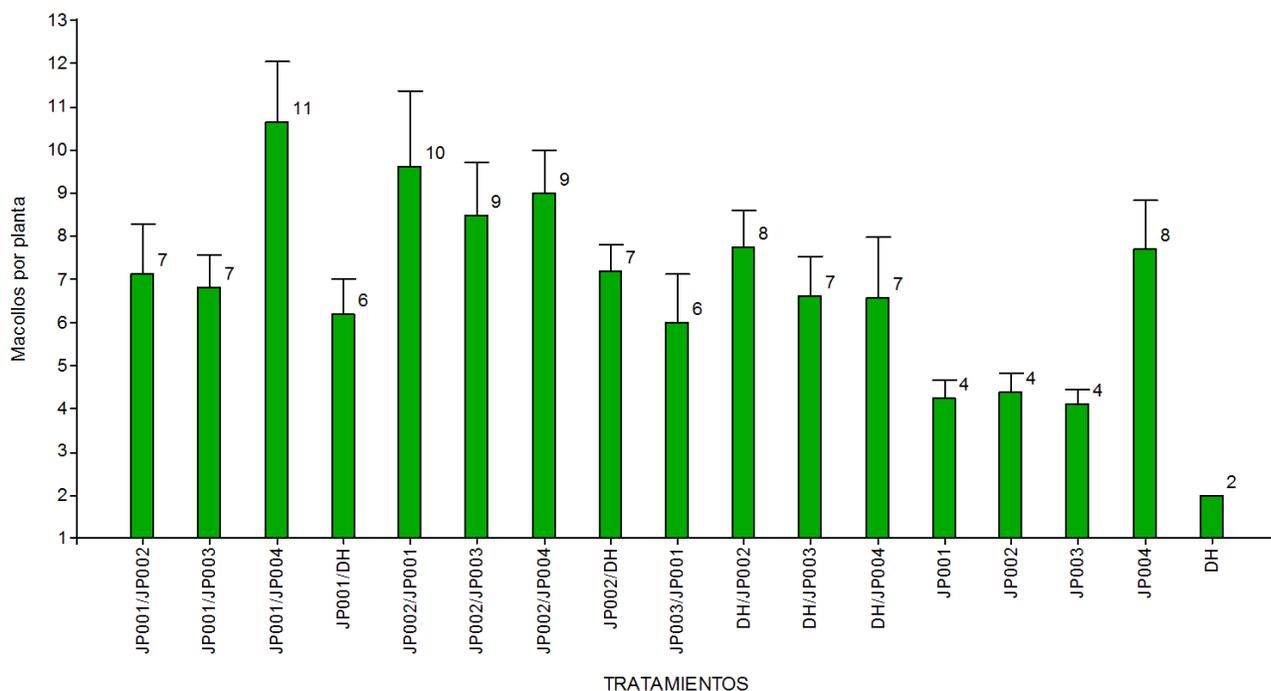
#### 6.4. Macollos por planta

Mediante el análisis estadístico se muestra que el cruce JP001/JP004 tiene la mayor cantidad de macollas por planta respecto a los demás cruces, con una media de 10,64 macollas, no siendo significativamente diferente con los cruces JP002/JP001, JP002/JP004, JP002/JP003, DH/JP002, JP002/DH, JP001/JP003, JP001/JP002 y con el progenitor JP004; es significativamente diferente con los progenitores JP001/DH, DH/JP004, DH/JP003, JP003/JP001 y con los progenitores JP001, JP002, JP003 y DH. (Tabla 6 - Figura 16)

**Tabla 6. Macollas por planta de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
DH	2,00	3,00	A
JP003	4,10	36,80	A B
JP001	4,25	37,50	A B
JP002	4,38	39,94	A B C
JP003/JP001	6,00	64,71	B C D
DH/JP003	6,60	69,00	B C D
DH/JP004	6,57	69,00	B C D
JP001/DH	6,20	69,30	B C D
JP001/JP002	7,11	79,50	C D E
JP001/JP003	6,82	79,55	D E
JP002/DH	7,20	85,37	D E
JP004	7,71	90,21	D E
DH/JP002	7,75	96,50	D E
JP002/JP003	8,50	100,83	D E
JP002/JP004	9,00	102,46	D E
JP002/JP001	9,60	108,80	D E
JP001/JP004	10,64	113,14	E

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



**Figura 16. Macollas por planta de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

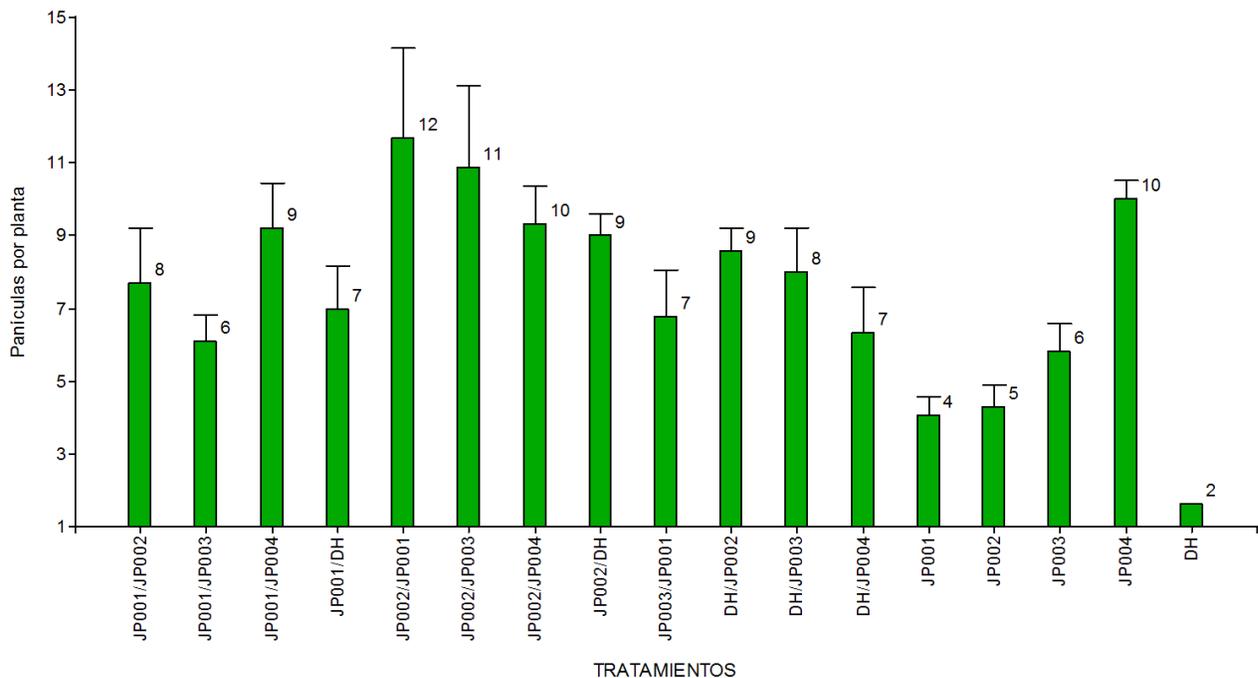
## 6.5. Panículas por planta

De acuerdo al análisis estadístico, el cruce JP002/JP001 tiene la mayor cantidad de panículas por planta respecto a los demás cruces, con una media de 11,8; no es significativamente diferente con los cruces JP002/JP003, JP002/DH, JP002/JP004, DH/JP002, P001/JP004, DH/JP003, JP001/JP002, JP001/DH, JP003/JP001, DH/JP004 y con el progenitor JP004; sin embargo, es significativamente diferente con el cruce JP001/JP003 y con los progenitores JP001, JP002, JP003 y DH (Tabla 7 – Figura 17).

**Tabla 7. Panículas por planta de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
DH	2,00	2,50	A
JP001	4,38	31,06	A B
JP002	4,63	36,06	A B C
JP003	6,10	57,20	B C D
JP001/JP003	6,36	59,50	B C D
DH/JP004	6,57	62,29	B C D E
JP003/JP001	7,00	68,93	B C D E F
JP001/DH	7,20	69,15	B C D E F
JP001/JP002	7,89	73,44	C D E F
DH/JP003	8,20	76,97	D E F
JP001/JP004	9,36	93,18	D E F
DH/JP002	8,75	94,63	D E F
JP002/JP004	9,50	95,50	E F
JP002/DH	9,20	97,67	E F
JP002/JP003	11,00	103,75	E F
JP002/JP001	11,80	111,30	E F
JP004	10,14	111,79	F

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



**Figura 17. Panículas por planta de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

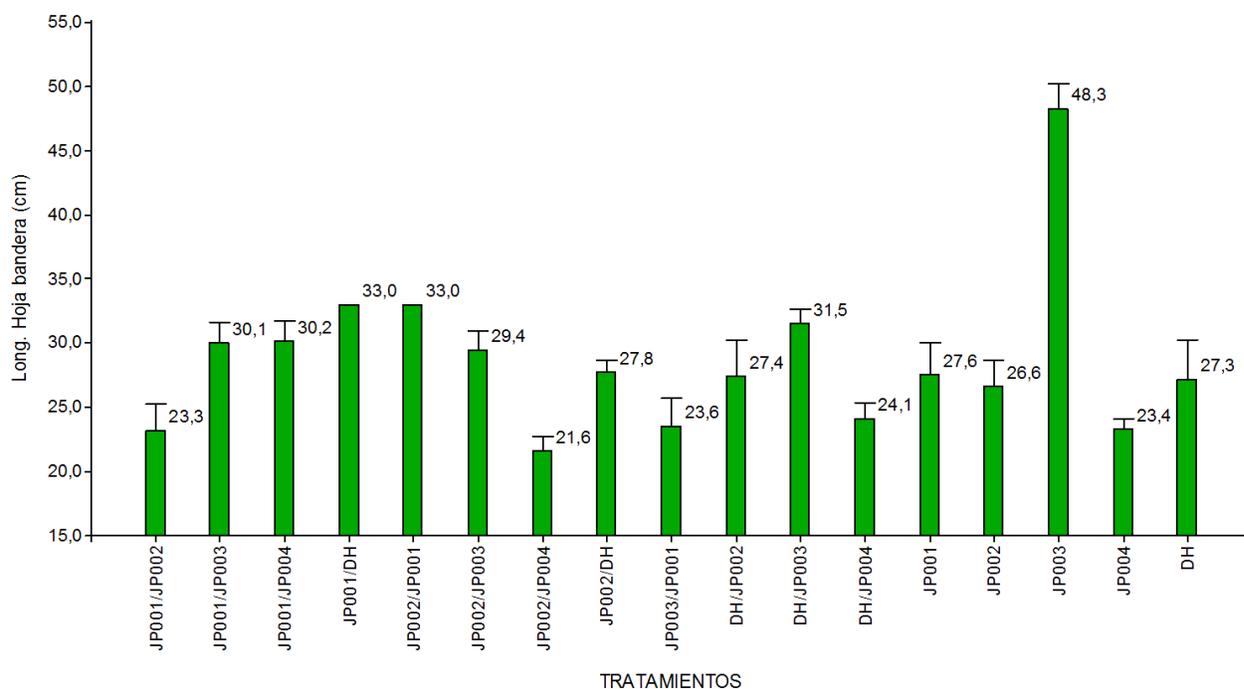
### 6.6. Longitud de Hoja Bandera (cm)

De acuerdo a los resultados obtenidos de esta variable, se observa que dentro de los cruces JP001/DH presentó mayor longitud de hoja bandera con una media de 33,0; ésta no es significativamente diferente con los cruces JP002/JP001, DH/JP003, JP001/JP004, JP001/JP003, JP002/JP003, JP002/DH, DH/JP002 y con los progenitor JP001, JP003 y DH; siendo significativamente diferente con los cruces DH/JP004, JP003/JP001, JP001/JP002, JP002/JP004 y con los progenitores JP002 y JP004. (Tabla 8 – Figura 18).

**Tabla 8. Longitud de hoja bandera (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
JP002/JP004	21,63	28,88	A
JP004	23,36	36,57	A B
JP001/JP002	23,26	38,72	A B
JP003/JP001	23,59	42,36	A B
DH/JP004	24,13	42,86	A B
JP002	26,65	63,94	A B C
DH	27,25	66,75	A B C D
DH/JP002	27,43	70,00	A B C D
JP002/DH	27,80	70,67	B C D
JP001	27,56	72,25	B C D
JP002/JP003	29,42	83,17	B C D
JP001/JP003	30,07	85,18	C D
JP001/JP004	30,18	87,91	C D
DH/JP003	31,54	97,17	C D
JP002/JP001	33,00	108,50	C D E
JP001/DH	33,00	108,50	D E
JP003	48,27	144,30	E

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



**Figura 18. Longitud de hoja bandera (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

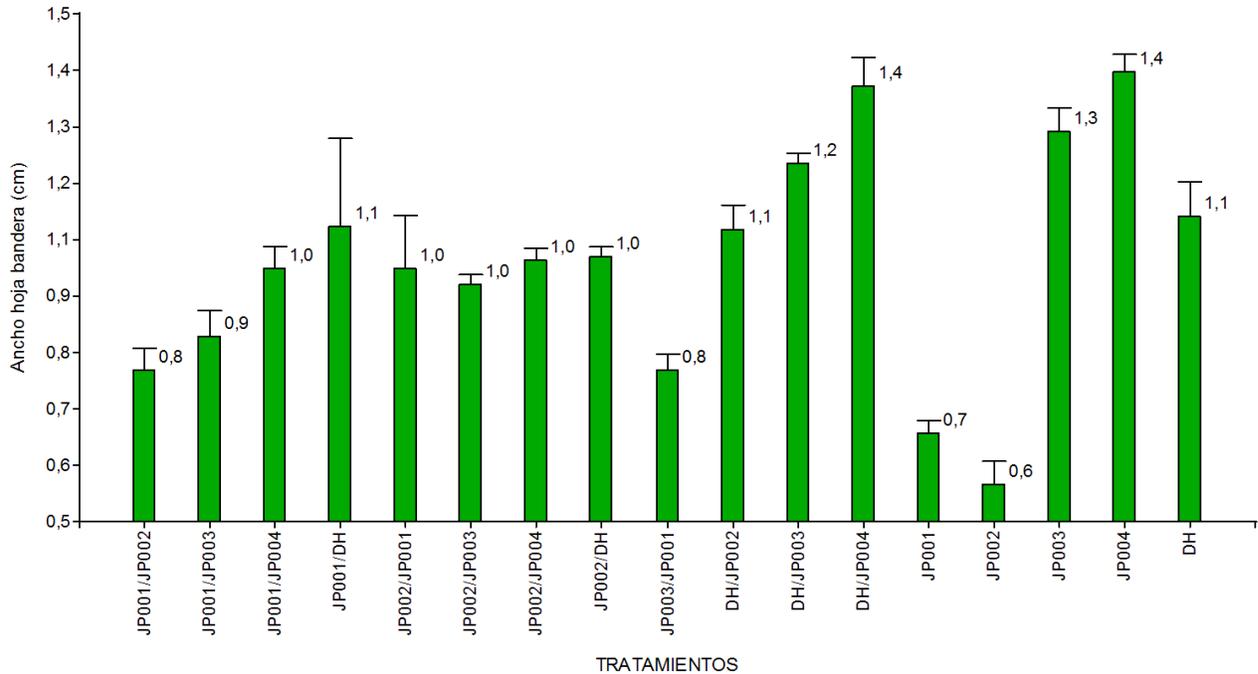
### 6.7. Ancho de Hoja Bandera (cm)

Los resultados obtenidos de esta variable, se observa que el cruce DH/JP004 presentó mayor ancho de hoja bandera con una media de 1,36 siendo no significativamente diferente con los cruces DH/JP003, DH/JP002 y con los progenitores JP003, JP004 y DH; siendo significativamente diferente con los cruces JP002/DH, JP002/JP004, JP001/JP004, JP002/JP001, JP001/DH, JP002/JP003, JP001/JP003, JP001/JP002, JP003/JP001 y con los progenitores JP001 y JP002 (Tabla 9 – Figura 19).

**Tabla 9. Ancho de hoja bandera (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
JP002	0,58	9,88	A
JP001	0,68	16,31	A
JP003/JP001	0,80	32,07	A B
JP001/JP002	0,80	33,94	A B
JP001/JP003	0,86	47,77	A B C
JP002/JP003	0,97	63,67	B C
JP001/DH	1,08	66,75	B C
JP002/JP001	1,00	71,60	B C
JP001/JP004	1,00	74,14	C
JP002/JP004	1,02	75,96	C
JP002/DH	1,02	77,33	C
DH/JP002	1,08	90,13	C D
DH	1,10	93,63	C D
DH/JP003	1,21	117,00	D
JP003	1,27	123,40	D
DH/JP004	1,36	132,50	D
JP004	1,39	137,71	D

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



**Figura 19.** Ancho de hoja bandera (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.

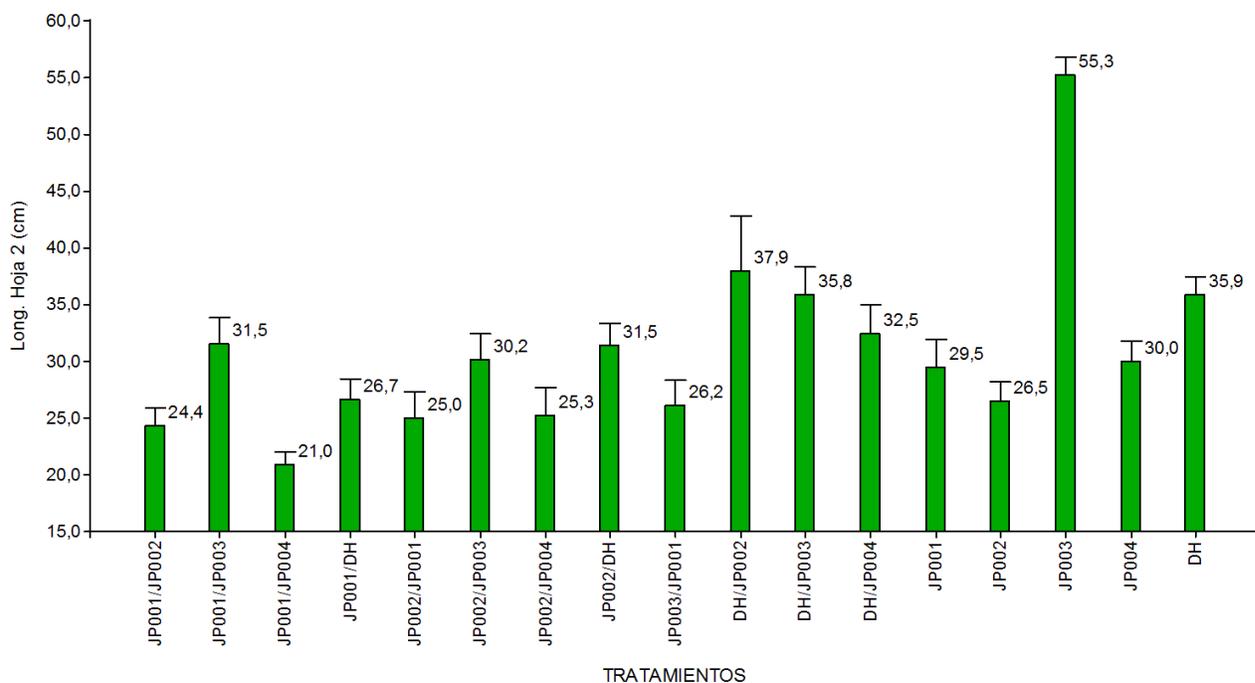
### 6.8. Longitud de Hoja 2 (cm)

El cruce DH/JP002 de acuerdo al análisis estadístico presento mayor longitud de la hoja 2 que los demás cruces con una media de 37,93 no es significativamente diferente con los cruces DH/JP003, DH/JP004, JP002/DH, JP001/JP003, JP002/JP003, JP003/JP001 y con los progenitores JP001, JP003, JP004 y DH; siendo significativamente diferente con los cruces JP001/DH, JP002/JP004, JP002/JP001, JP001/JP002, JP001/JP004 y con el progenitor JP002 (Tabla 10 – Figura 20).

**Tabla 10. Longitud de hoja 2 (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
JP001/JP004	20,95	24,05	A
JP001/JP002	24,39	43,28	A B
JP002/JP001	25,00	48,90	A B C
JP002/JP004	25,25	51,17	A B C
JP002	26,50	56,19	A B C
JP001/DH	26,70	57,45	A B C
JP003/JP001	26,20	60,43	A B C D
JP001	29,49	72,06	B C D
JP004	29,96	77,57	B C D
JP002/JP003	30,17	79,58	B C D
JP001/JP003	31,52	81,09	B C D
JP002/DH	31,47	82,67	C D
DH/JP004	32,46	88,36	C D
DH/JP003	35,83	103,37	D
DH	35,88	109,38	D E
DH/JP002	37,93	109,63	D E
JP003	55,26	144,15	E

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



**Figura 20. Longitud de hoja 2 (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

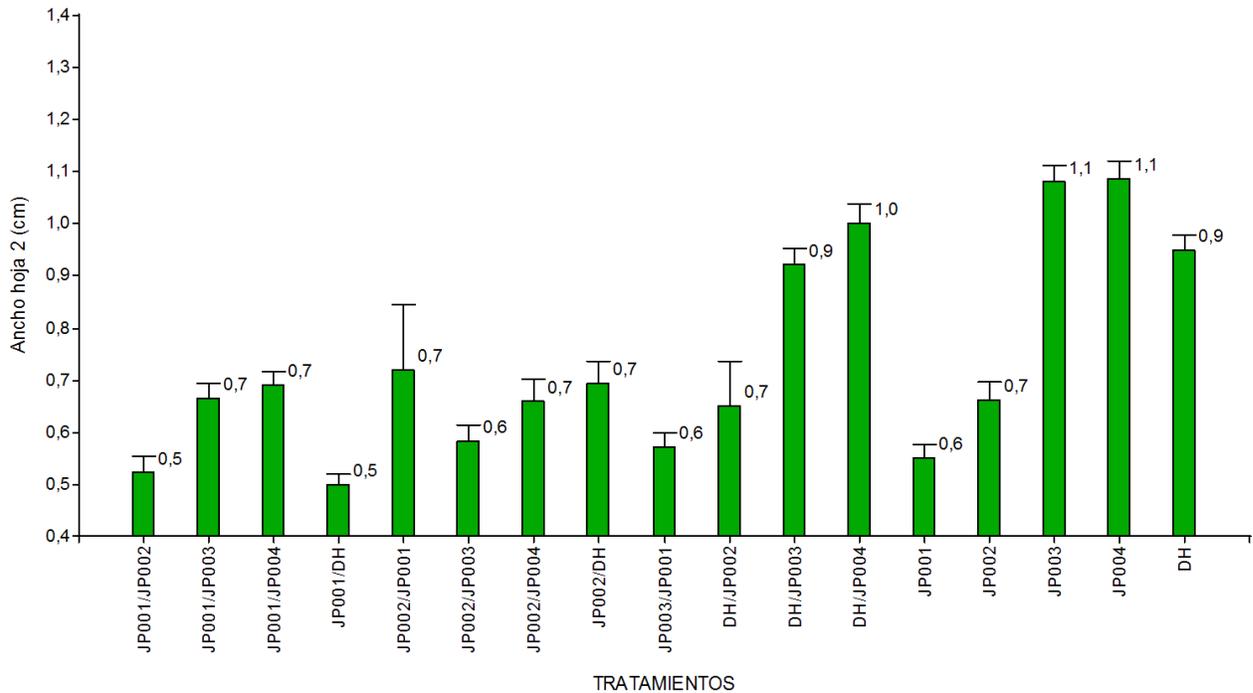
## 6.9. Ancho de hoja 2 (cm)

El cruce DH/JP004 de acuerdo al resultado del análisis estadístico tiene mayor ancho de la hoja 2 comparados con los demás cruces, presentando una media de 1,0. Este cruce no es significativamente diferente con el cruces DH/JP003 y con los progenitores JP003, JP004 y DH; siendo significativamente diferente los cruces JP001/JP004, JP002/DH, JP002/JP001, JP001/JP003, JP002/JP004, DH/JP002, JP002/JP003, JP003/JP001, JP001/JP002, JP001/DH y con los progenitores JP001 y JP002 (Tabla 11 – Figura 21).

**Tabla 11. Ancho de hoja 2 (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
JP001/DH	0,50	23,20	A
JP001/JP002	0,52	30,11	A B
JP001	0,55	35,56	A B C
JP003/JP001	0,57	42,07	A B C
JP002/JP003	0,58	45,67	A B C
DH/JP002	0,65	58,00	A B C D
JP002/JP004	0,66	60,79	B C D
JP001/JP003	0,66	66,73	B C D
JP002	0,66	67,44	B C D
JP002/JP001	0,72	71,00	B C D
JP002/DH	0,69	71,23	C D
JP001/JP004	0,69	74,09	C D
DH/JP003	0,92	113,47	D E
DH	0,95	117,75	D E
DH/JP004	1,00	124,93	E
JP003	1,08	134,60	E
JP004	1,09	136,00	E

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



**Figura 21. Ancho de hoja 2 (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

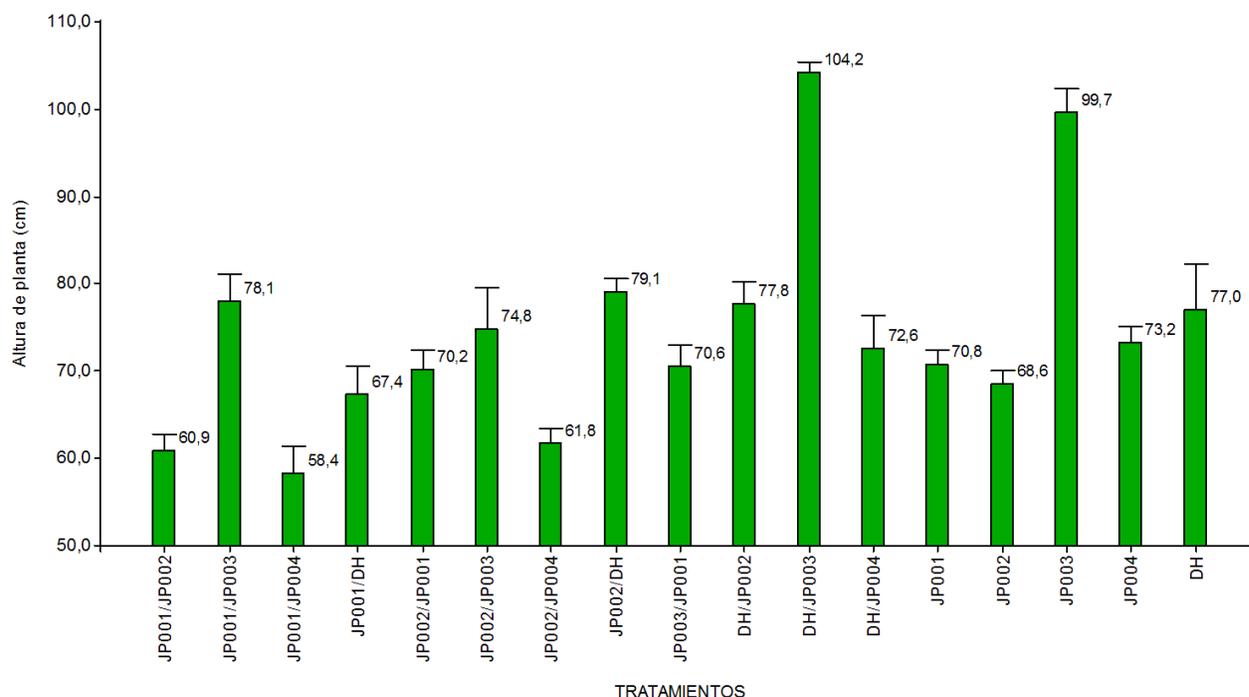
### 6.10. Altura de planta (cm)

En ésta variable, el cruce JP001/JP004 presentó la menor altura dentro de los demás cruces con una media de 58,36 cm, al realizarse la comparación estadística, este valor no es significativamente diferente con los cruces JP001/JP002, JP002/JP004, JP001/DH, JP002/JP001, JP003/JP001 y con los progenitores JP001 y JP002; siendo significativamente diferente con los cruces DH/JP004, JP002/JP003, JP001/JP003, DH/JP002, JP002/DH, DH/JP003 y con los progenitores JP003, JP004, DH. (Tabla 12 – Figura 22).

**Tabla 12. Altura de planta (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
JP001/JP004	58,36	24,50	A
JP001/JP002	60,89	26,50	A
JP002/JP004	61,79	28,79	A
JP002	68,60	54,44	A B
JP001/DH	67,40	54,95	A B
JP002/JP001	70,20	63,00	A B C
JP001	70,78	64,63	A B C
JP003/JP001	70,57	64,64	A B C
DH/JP004	72,57	70,36	B C
JP002/JP003	74,83	75,50	B C
JP004	73,21	75,71	B C
DH	77,00	85,13	B C D
JP001/JP003	78,09	88,86	B C D
DH/JP002	77,75	94,50	B C D E
JP002/DH	79,13	97,20	C D E
JP003	99,70	132,95	D E
DH/JP003	104,20	139,53	E

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



**Figura 22. Altura de planta (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

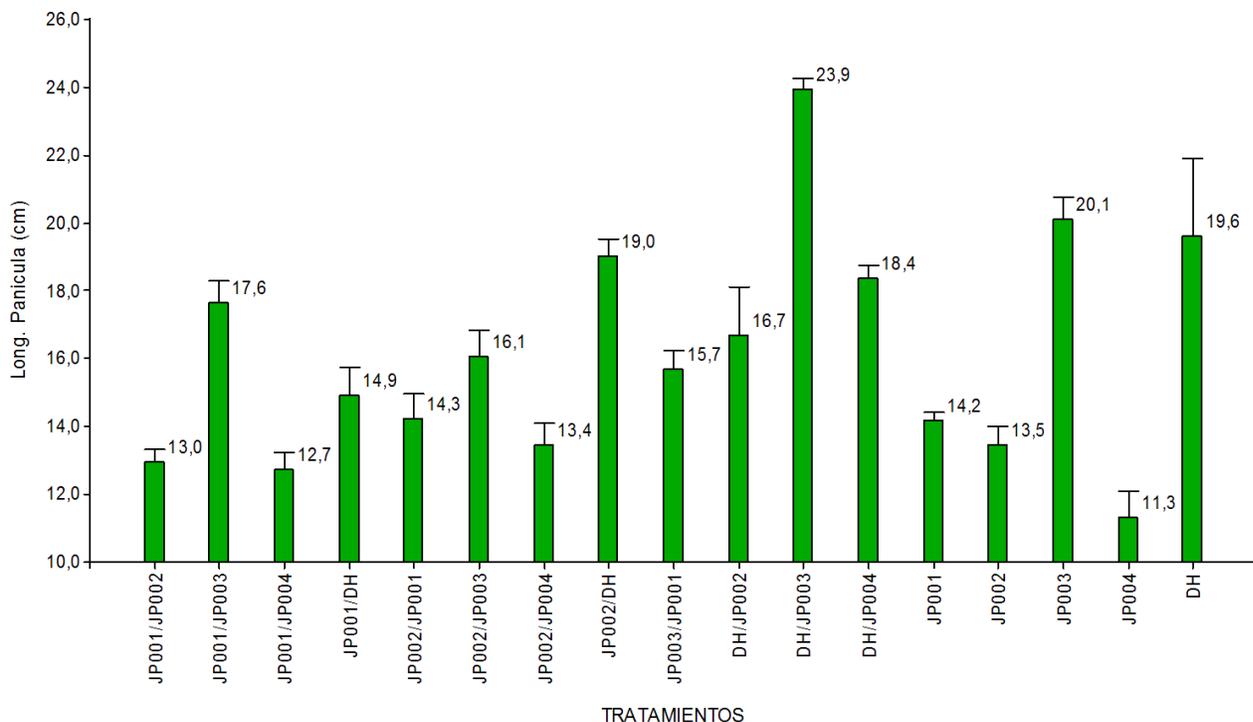
### 6.11. Longitud de panícula (cm)

Con respecto a la longitud de panícula, los resultados estadísticos obtenidos de esta variable resultó que el cruce DHJP003 presentó la mayor longitud de panícula, el cual no es significativamente diferente con los cruces JP002/DH, DH/JP004 y con los progenitores JP003 y DH; siendo significativamente diferente con los cruces JP001/JP003, DH/JP002, JP002/JP003, JP003/JP001, JP001/DH, JP002/JP001, JP002/JP004, JP001/JP002, JP001/JP004 y con los progenitores JP001, JP002 y JP004 (Tabla 13 – Figura 23).

**Tabla 13. Longitud de panícula (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
JP004	11,33	17,00	A
JP001/JP004	12,74	29,41	A B
JP001/JP002	12,98	31,89	A B C
JP002/JP004	13,44	37,54	A B C D
JP002	13,48	41,56	A B C D
JP002/JP001	14,26	49,10	A B C D E
JP001	14,19	50,88	A B C D E
JP001/DH	14,93	60,10	B C D E
JP003/JP001	15,71	71,14	C D E F
JP002/JP003	16,08	74,75	C D E F G
DH/JP002	16,70	82,50	D E F G
JP001/JP003	17,64	92,36	E F G
DH/JP004	18,40	104,36	E F G H
DH	19,60	109,00	E F G H
JP002/DH	19,04	109,27	F G H
JP003	20,13	117,40	G H
DH/JP003	23,94	139,80	H

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



**Figura 23. Longitud de panícula (cm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

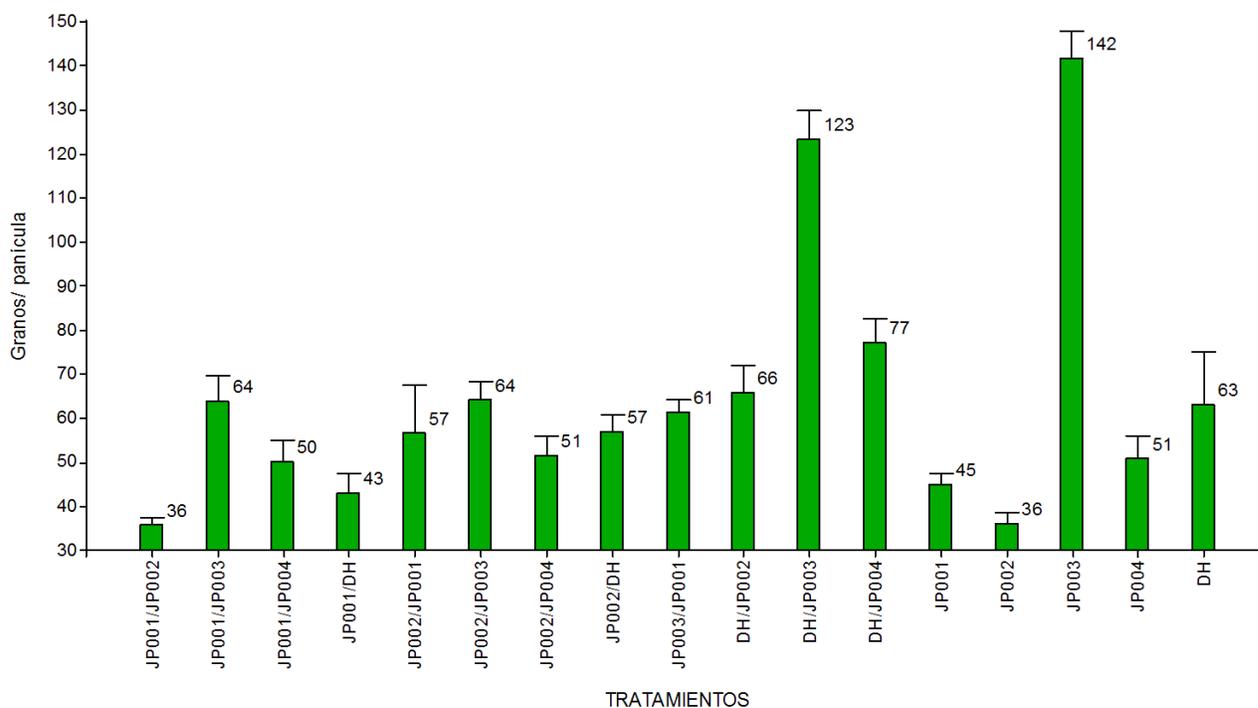
## 6.12. Granos por panícula

El cruce DH/JP003, de acuerdo al resultado del análisis estadístico tiene mayor número de granos por panícula que los demás cruces, presentando una media de 123,47 cuyo valor no es significativamente diferente con los cruces DH/JP004, DH/JP002 y con el progenitores JP003; siendo significativamente diferente con los cruces JP002/JP003, JP003/JP001, JP001/JP003, JP002/DH, JP002/JP001, JP002/JP004, JP001/JP004, JP001/DH, JP001/JP002 y con los progenitores JP001, JP002, JP004 y DH (Tabla 14 – Figura 24).

**Tabla 14. Granos por panícula de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

Tratamientos	Medias	Rangos	Significancia
JP001/JP002	35,67	19,06	A
JP002	36,00	21,56	A
JP001/DH	43,10	41,90	A B
JP001	45,00	44,81	A B C
JP001/JP004	50,00	54,82	A B C
JP002/JP004	51,42	58,17	A B C
JP004	50,86	58,64	A B C
JP002/JP001	56,60	62,30	A B C D
JP002/DH	57,13	72,73	B C D
DH	63,00	78,13	B C D
JP001/JP003	64,00	84,23	C D
JP003/JP001	61,29	87,07	C D
JP002/JP003	64,33	91,17	C D
DH/JP002	65,75	93,00	C D E
DH/JP004	77,29	108,86	D E
DH/JP003	123,47	133,67	E
JP003	141,80	140,50	E

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



**Figura 24. Granos por panícula de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

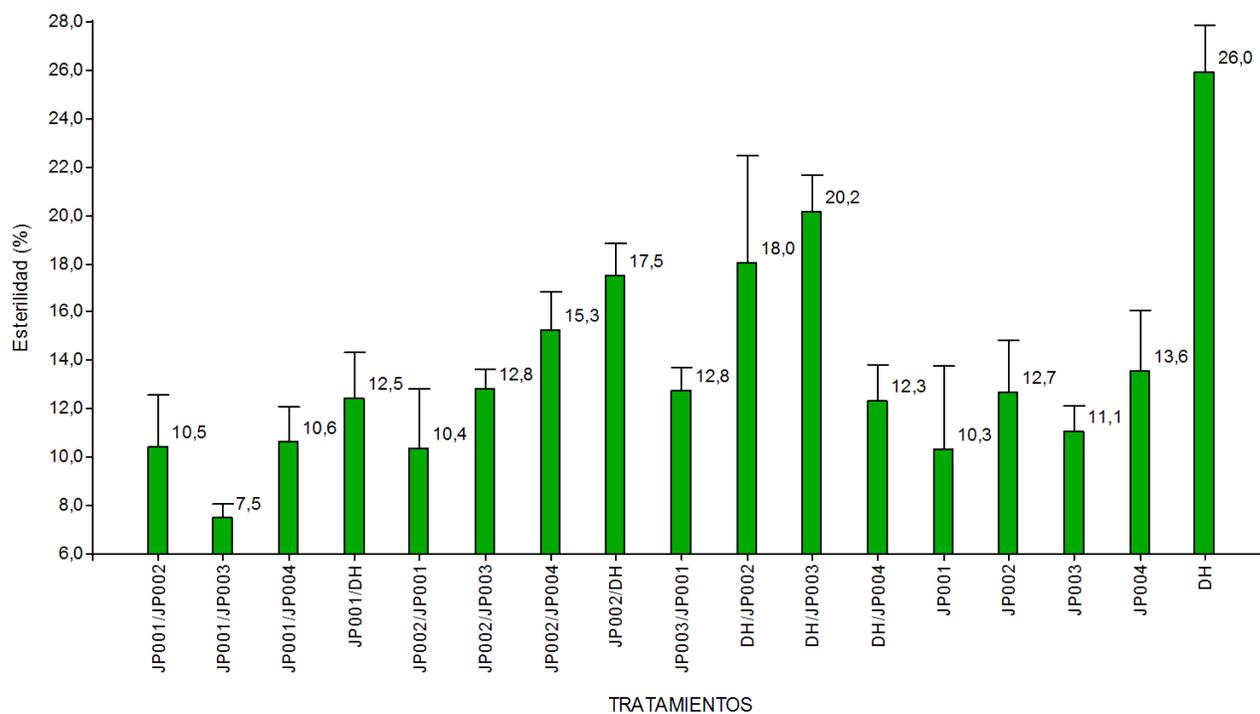
### 6.13. Esterilidad de panícula (%)

El cruce JP001/JP003 presentó menor esterilidad de panícula que los demás cruces con una media de 7,53%, este valor no es significativamente diferente con los cruces JP002/JP001, JP001/JP004, JP001/JP002, DH/JP004, JP001/DH, JP003/JP001, JP002/JP003 y con los progenitores JP001 y JP002; siendo significativamente diferente con los cruces JP002/JP004, DH/JP002, JP002/DH, DH/JP003 y con los progenitores JP004 y DH (Tabla 15 – Figura 25).

**Tabla 15. Esterilidad de panícula (%) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
JP001/JP003	7,53	29,45	A
JP001	10,34	45,75	A B
JP002/JP001	10,40	52,80	A B C
JP001/JP004	10,64	55,55	A B C
JP001/JP002	10,48	56,50	A B C
JP003	11,10	56,90	A B C
JP002	12,73	68,06	A B C D
DH/JP004	12,32	68,50	A B C D
JP001/DH	12,47	68,75	A B C D
JP003/JP001	12,76	71,36	A B C D
JP002/JP003	12,82	72,08	A B C D
JP004	13,57	76,14	B C D
JP002/JP004	15,27	90,33	C D E
DH/JP002	18,05	98,13	C D E F
JP002/DH	17,51	104,43	D E F
DH/JP003	20,19	116,57	E F
DH	25,96	141,13	F

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



**Figura 25. Esterilidad de panícula (%) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

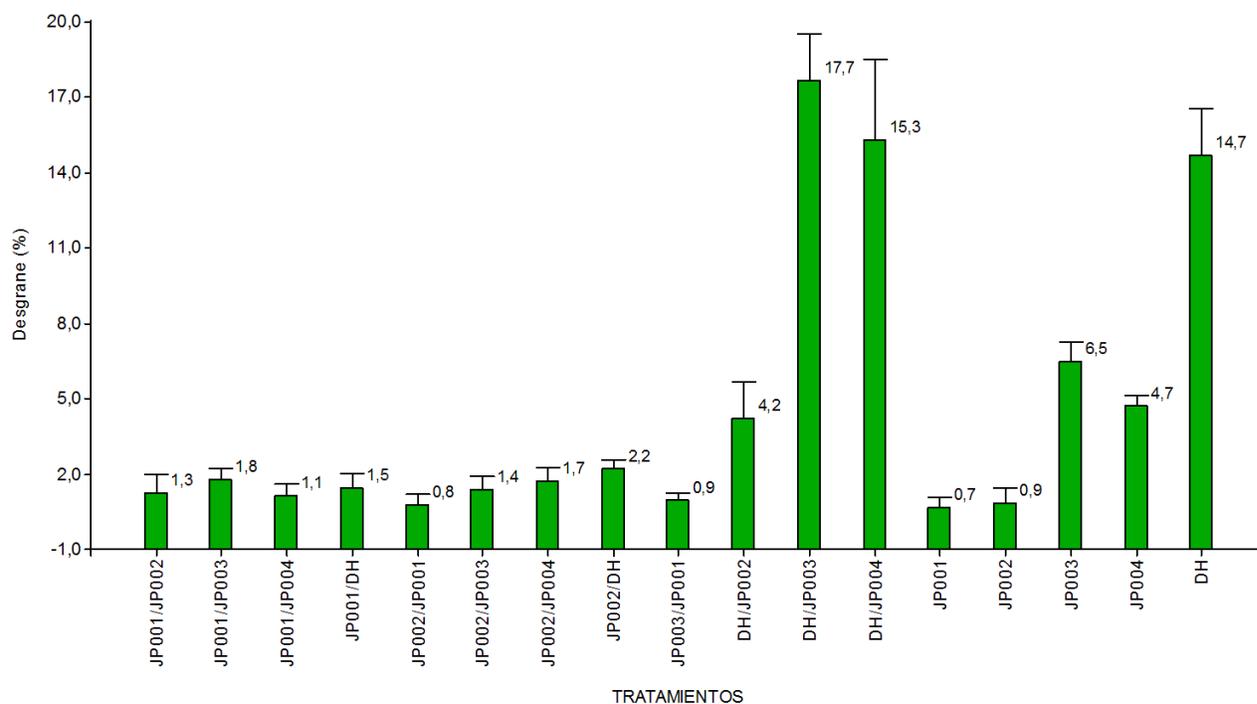
#### 6.14. Desgrane (%)

El análisis estadístico muestra que el cruce DH/JP003 presentó el mejor porcentaje de desgrane clasificándose como moderadamente difícil de acuerdo a la escala estandarizada del CIAT, con una media de 17,65% siendo no significativamente diferente con los cruces DH/JP004, DH/JP002 y con los progenitor JP003, JP004 y DH; y significativamente diferente con los cruces JP002/DH, JP001/JP003, JP002/JP004, JP002/JP003, JP001/DH, JP001/JP004, JP001/JP002, JP003/JP00, JP002/JP001 y con los progenitores JP001 Y JP002 (Tabla 16 – Figura 26).

**Tabla 16. Desgrane de panícula de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

Tratamientos	Medias	Rangos	Significancia
JP001	0,66	39,00	A
JP002/JP001	0,76	40,80	A B
JP002	0,86	41,69	A B
JP003/JP001	0,95	44,07	A B
JP001/JP002	1,28	47,44	A B
JP001/JP004	1,11	47,91	A B
JP001/DH	1,46	53,05	A B
JP002/JP003	1,39	53,58	A B
JP002/JP004	1,74	59,21	A B
JP001/JP003	1,80	61,50	A B
JP002/DH	2,21	69,30	A B C
DH/JP002	4,22	93,50	B C D
JP004	4,68	107,00	C D
JP003	6,48	115,70	D
DH/JP004	15,28	133,29	D
DH	14,69	135,00	D
DH/JP003	17,65	135,43	D

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



**Figura 26. Desgrane de panícula de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

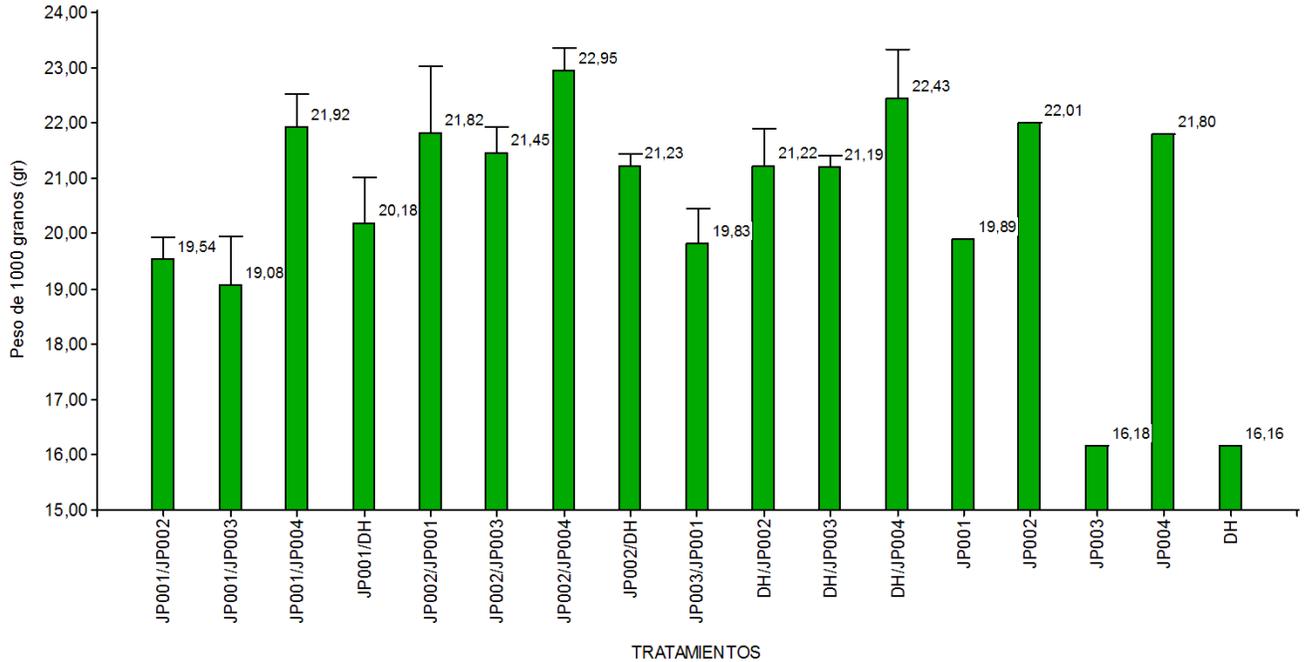
### 6.15. Peso de 1000 granos (g)

El análisis estadístico muestra que el cruce JP002/JP004 presentó mayor peso de 1000 granos comparados con los demás cruces, obteniéndose una media de 22,95; siendo no significativamente diferente con los cruces DH/JP004, JP001/JP004, JP002/JP001, JP002/JP003, JP002/DH, DH/JP002 y con los progenitor JP002 y JP004; y significativamente diferente con los cruces DH/JP003, JP003/JP001, JP001/DH, JP001/JP003, JP001/JP002 y con los progenitores JP002, JP002 y DH. (Tabla 17 – Figura 27).

**Tabla 17. Peso de 1000 granos (g) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
DH	16,16	3,50	A
JP003	16,18	10,50	A
JP001/JP002	19,54	43,25	A B
JP001	19,89	46,50	A B C
JP001/JP003	19,08	48,55	A B C
JP001/DH	20,18	50,90	A B C D
JP003/JP001	19,83	54,86	A B C D E
DH/JP003	21,19	81,93	B C D E F
DH/JP002	21,22	83,50	B C D E F G
JP002/DH	21,23	84,90	C D E F G
JP002/JP003	21,45	91,00	C D E F G
JP002/JP001	21,82	95,40	D E F G
JP004	21,80	95,50	E F G
JP001/JP004	21,92	97,36	F G
JP002	22,01	107,50	F G
DH/JP004	22,43	117,14	F G
JP002/JP004	22,95	123,58	G

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



**Figura 27. Peso de 1000 granos (g) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

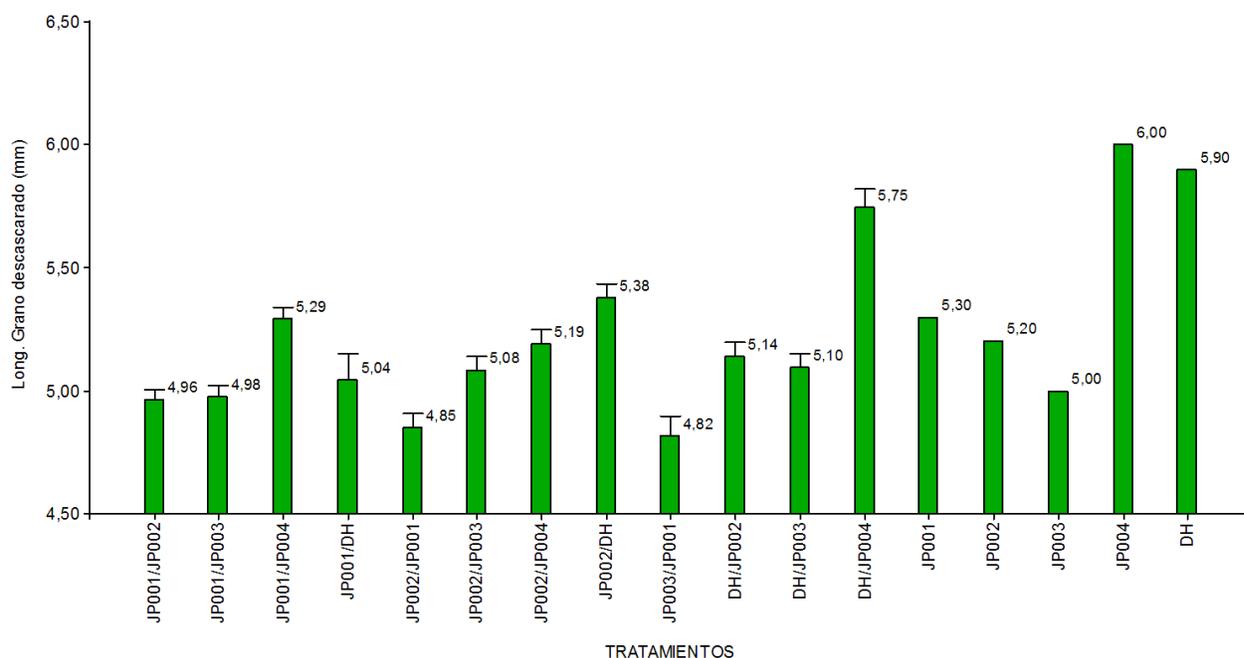
### 6.16. Longitud del Grano Descascarado (mm)

El análisis estadístico mostró que el cruce DH/JP004 resultó con la característica de mayor longitud de grano, clasificándose como tamaño medio de acuerdo a la escala estandarizada del CIAT, con una media de 5,38 mm, siendo no significativamente diferente con los cruces JP002/DH, JP001/JP004 y con los progenitor JP001, JP004 y DH; y significativamente diferente con los cruces JP002/JP004, DH/JP002, DH/JP003, JP001/DH, JP002/JP003, JP001/JP003, JP001/JP002, JP003/JP001, JP002/JP001 y con los progenitores JP002 Y JP003 (Tabla 18 – Figura 28).

**Tabla 18. Longitud del grano descascarado (mm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

Tratamientos	Medias	Rangos	Significancia
JP002/JP001	4,85	18,60	A
JP003/JP001	4,82	21,14	A
JP001/JP002	4,96	34,11	A
JP001/JP003	4,98	36,86	A
JP003	5,00	39,50	A
JP002/JP003	5,08	56,75	A B
JP001/DH	5,04	61,85	A B
DH/JP003	5,10	64,00	A B
DH/JP002	5,14	71,25	A B C
JP002/JP004	5,19	79,83	B C
JP002	5,20	84,00	B C
JP001/JP004	5,29	97,50	B C D
JP001	5,30	101,00	B C D
JP002/DH	5,38	106,67	C D
DH/JP004	5,75	133,43	D E
DH	5,90	139,00	D E
JP004	6,00	146,00	E

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



**Figura 28. Longitud del grano descascarado (mm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

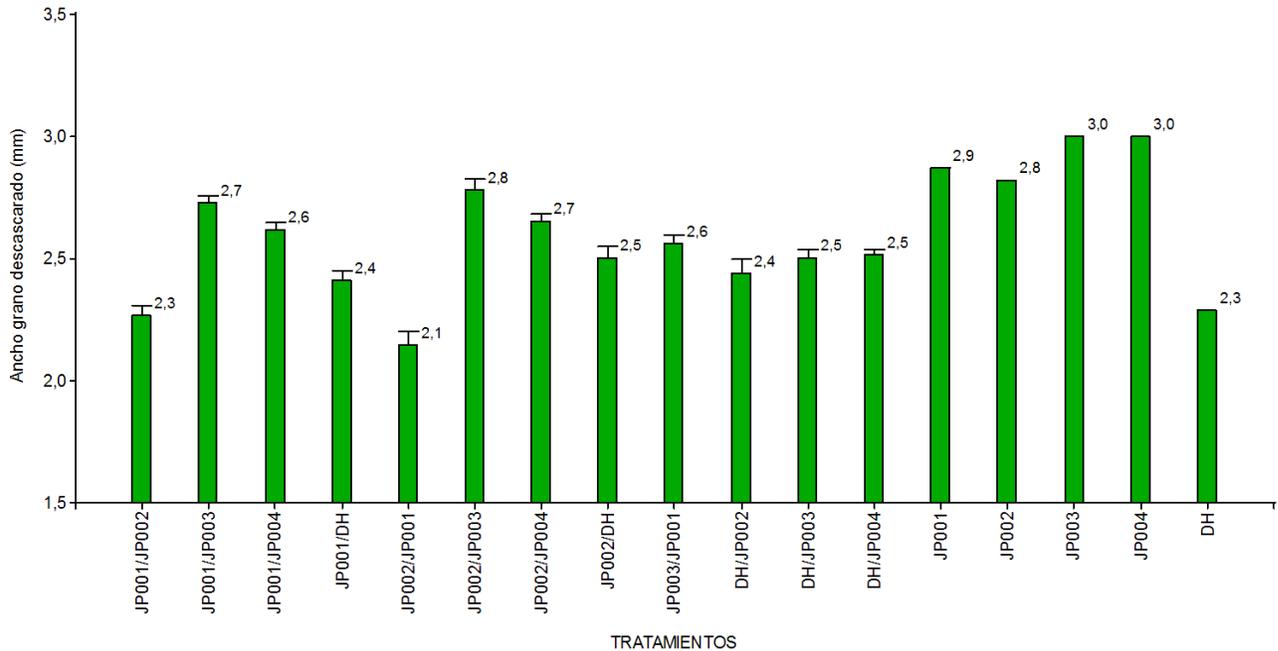
### 6.17. Ancho del Grano Descascarado (mm)

El análisis muestra que el cruce JP002/JP003 resultó con un mayor ancho de grano a diferencia de los demás cruces, con una media de 2,78 mm; siendo no significativamente diferente con los cruces JP001/JP003, JP002/JP004, JP001/JP004, JP003/JP001; y significativamente diferente con los cruces DH/JP003, DH/JP004, JP002/DH, DH/JP002, JP001/DH, JP001/JP002, JP002/JP001 y con los progenitores JP001, JP002, JP003, JP004 Y DH. (Tabla 19 – Figura 29).

**Tabla 19. Ancho del grano descascarado (mm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Significancia</b>
JP002/JP001	2,15	7,60	A
DH	2,29	13,50	A B
JP001/JP002	2,27	16,78	A B
JP001/DH	2,41	35,85	A B
DH/JP002	2,44	41,38	A B C
JP002/DH	2,51	53,57	A B C
DH/JP004	2,51	55,00	A B C
DH/JP003	2,50	55,37	B C
JP003/JP001	2,56	64,79	B C D
JP001/JP004	2,62	78,09	C D E
JP002/JP004	2,65	85,04	C D E
JP001/JP003	2,73	98,36	D E F
JP002/JP003	2,78	108,17	D E F G
JP002	2,82	116,50	E F G
JP001	2,87	124,50	F G
JP004	3,00	141,00	G
JP003	3,00	141,00	G

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



**Figura 29.** Ancho del grano descascarado (mm) de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.

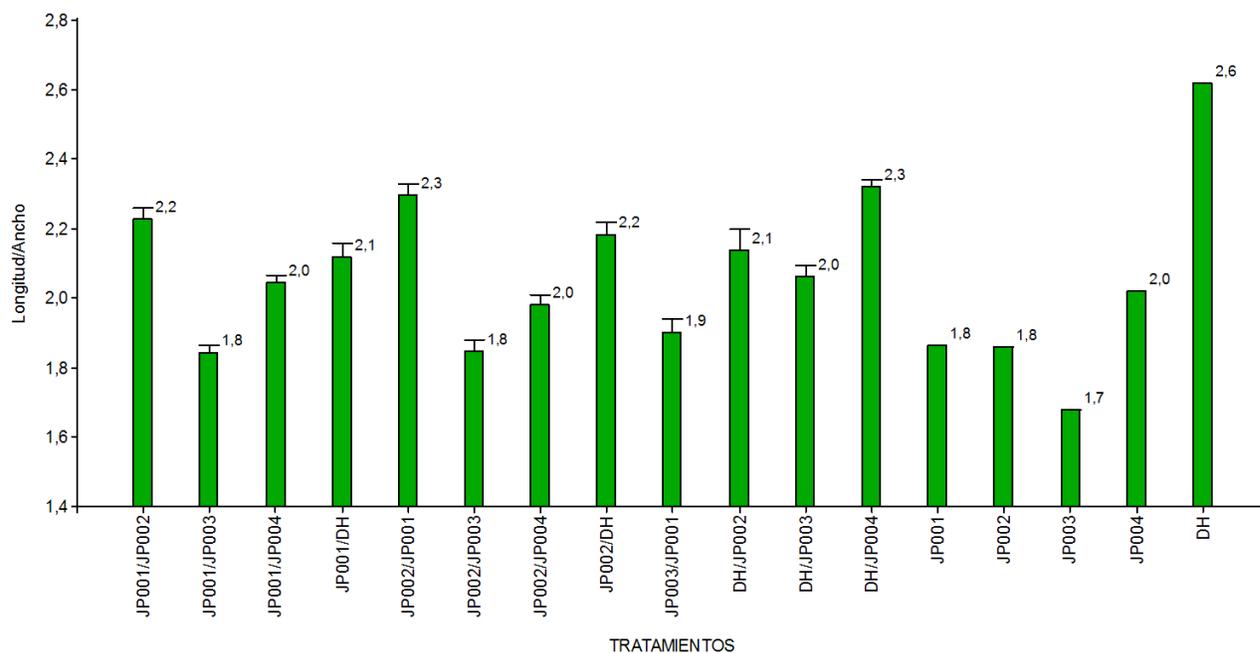
### 6.18. Forma del grano

El análisis estadístico mostró que el cruce DH/JP004 obtuvo una relación largo/ancho mayor en granos enteros, clasificándose como medio de acuerdo a la escala estandarizada del CIAT, con una media de 2,29; siendo no significativamente diferente con los cruces JP002/JP001, JP001/JP002, JP002/DH, DH/JP002, JP001/DH; y significativamente diferente con los cruces DH/JP003, JP001/JP004, JP002/JP004, JP003/JP001, JP002/JP003, JP001/JP003, y con los progenitores JP001, JP002, JP003, JP004 Y DH. (Tabla 20 – Figura 30).

**Tabla 20. Forma del grano descascarado de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

Tratamientos	Medias	Rangos	Significancia
JP003	1,67	5,50	A
JP002	1,84	29,50	A B
JP001/JP003	1,83	31,64	A B
JP002/JP003	1,83	33,67	A B
JP001	1,85	38,50	A B
JP003/JP001	1,88	44,50	A B C
JP002/JP004	1,96	64,92	B C D
JP004	2,00	73,00	B C D E
JP001/JP004	2,02	81,55	C D E F
DH/JP003	2,04	84,67	D E F
JP001/DH	2,09	97,05	D E F G
DH/JP002	2,11	99,50	D E F G H
JP002/DH	2,15	108,07	E F G H
JP001/JP002	2,20	119,22	F G H
JP002/JP001	2,26	132,00	G H
DH/JP004	2,29	135,00	G H
DH	2,58	147,50	H

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



**Figura 30. Forma del grano descascarado de parentales y poblaciones segregantes F1 de arroz, evaluados en la FACIAG – UTB. Los Ríos, Babahoyo - Ecuador, 2016.**

## V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se determinó que los cruces DH/JP002, JP001/JP003 presentaron mayor vigor, clasificándose como plantas vigorosas de acuerdo a la escala estandarizada del CIAT. Al respecto Jennings *et al.*, (1981) mencionan que el vigor es importante para siembras directas como para el trasplante, por cuanto disminuye la competencia de malezas, compensa las pérdidas de plantas y las bajas densidades de siembra.

En relación a días a floración y ciclo vegetativo, se observó que el cruce JP001/JP002, fue el más precoz, presentando una media de 99,44 días en relación con el cruce DH/JP003, que tiene mayor ciclo vegetativo con una media de 110,80 días; concordando con lo mencionado por Torres & Martínez (2010) quienes señalan que las variedades sembradas en los trópicos son insensibles al fotoperiodo y su tiempo de maduración fluctúa entre 90 y 160 días. Estos mismos autores indican que el ciclo más adecuado para el arroz parece estar entre 110 y 135 días, pues las variedades que maduran en este tiempo rinden más, habitualmente que las que maduran antes o después en las mayorías de las condiciones favorables.

Con respecto a la altura de planta, mostró que los cruces estudiados presentaron medias de entre 58,36 como mínimo y un máximo de 104,20 cm, clasificándose como plantas enanas de acuerdo a lo indicado por el CIAT (1980) quien menciona que las variedades enanas alcanzan una altura de 1.0 m, las semi-enanas crecen hasta 1.3 m y las variedades altas llegan a tener hasta 1.5 m de altura; éstas últimas se vuelcan fácilmente cuando se les fertiliza con nitrógeno. Este mismo autor señala que la altura baja y la dureza del tallo son cualidades esenciales en variedades de altos rendimientos ya que minimizan el volcamiento.

En relación a la variable longitud y ancho de la hoja bandera, los cruces estudiados presentaron medias de entre 21,63 y 33 cm, resultados similares fueron reportados por Ávila, W., (2012), quién evaluó segregantes F1 de la subespecie *índica*, considerando a las hojas banderas moderadamente largas, cuando no sobrepasaron a los 40 cm en ninguna de las poblaciones estudiadas. Al respecto Torres & Martínez (2010), indican que la hoja bandera es importante en relación con la capacidad de rendimiento de la planta, porque suministra los productos de la fotosíntesis directamente a la panícula, mencionado que una hoja bandera erecta y moderadamente larga protege bastante bien al grano maduro. La hoja bandera de las variedades altas rara vez cubren totalmente a la panícula. En relación al ancho de la hoja bandera se observó que los cruces presentaron medias de 0,80 y 1,8 cm. Esto concuerda con Jennings *et al.*, (1981) quienes indica que la anchura de la hoja es menos variable que la longitud.

El cruce DH/JP003 obtuvo la mayor longitud de panícula, con una media de 23,94 cm ubicándose dentro de un rango adecuado dentro de las variedades comerciales de acuerdo a lo mencionado por Soto (1991), quien alega que esta variable debe variar entre 10 y 40 cm, aunque la mayoría de las variedades comerciales de arroz está en el rango de 20 y 24 cm de longitud. Por otro parte Jennings *et al.*, (1981) mencionan que los caracteres de la panícula no causan o determinan estrictamente el rendimiento, la medición rutinaria de la longitud de la panícula como un criterio de selección para rendimiento probablemente no es productiva.

En lo que refiere a granos por panícula mediante el análisis estadístico realizado se muestra que el cruce DH/JP003 tiene mayor número de granos, con una media de 123,47, ubicándose como adecuado para variedades comerciales según lo indicado por Soto (1991), quien menciona que la mayoría de las variedades comerciales oscilan entre 100 y 150 granos por panícula.

En relación a peso de 1000 granos se pudo determinar de acuerdo al análisis estadístico que los cruces JP002/JP004, DH/JP004, JP001/JP004 obtuvieron mayor peso de granos, con medias de 22,95, 22,43 y 21,92 g., lo que concuerda con lo mencionado por Jennings *et al.*, (1981) quienes indican que el grano de la mayoría de las variedades modernas de alto rendimiento pesan relativamente poco. Por ejemplo, en las variedades IR28, IR29, IR32 Y CICA 4, el peso fluctúa entre 21 a 23 g/1000 granos. Esto indica que es posible obtener altos rendimientos con granos relativamente largos y delgados.

Jennings *et al.*, (1981) señalan que la forma y longitud del grano se heredan cuantitativamente. Este mismo autor menciona que se debe tener en cuenta el tipo de grano deseable para el mercado que se trabaja y rechazar o descartar todos los segregantes que no reúnan esos requisitos. Torres & Martínez (2010), exponen que la anchura, el grosor y la forma del grano son menos variables y menos importantes que su longitud, aunque los mercados de alta calidad suelen exigir granos cuya forma este entre delgada e intermedia. Los resultados obtenidos en esta investigación, concuerdan con estos criterios, debido a que el cruce DH/JP004 presentó mayor longitud y forma de grano con una media de 5,75 mm y 2,29 de relación longitud/ancho, respectivamente, clasificándose como medio de acuerdo a la escala estandarizada del CIAT.

El análisis estadístico de la esterilidad de panículas reportó que los cruces estudiados presentaron medias de entre 7,53 como mínimo y un máximo de 20,19%. Según Jennings *et al.*, (1981), la fertilidad de las espigas, es un prerequisite obvio para obtener altos rendimientos. Con un buen manejo del cultivo y un crecimiento apropiado, se obtienen altos rendimientos con una esterilidad normal de las espigas del 10 al 15%.

En lo que se relaciona al porcentaje de desgrane, la mayoría de los cruces utilizados presentaron medias que fueron de 0,76 - 14,69%, clasificándose como difíciles de desgranarse, a excepción del cruce DH/JP003 con una media de 17,65 %, que se ubicó en el rango de moderadamente difícil, de acuerdo a la escala estandarizada del CIAT. Los resultados coinciden con Jennings *et al.*, (1981) quienes indican que las variedades japónicas son altamente resistentes al desgrane.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye lo siguiente:

- Los cruces JP002/JP004 y DH/JP004 obtuvieron el mayor peso de 1000 granos, mientras que los cruces JP002/JP001 y JP002/JP003 presentaron la mayor cantidad de panículas por planta.
- El cruce DH/JP003 presentó valores destacados en lo que se refiere a las variables ciclo vegetativo, días a floración, altura de planta, longitud de panícula, granos/panícula, ancho de grano y desgrane, de la misma forma el cruce DH/JP004 en lo que se refiere a las variables longitud de grano y forma; encontrándose características agronómicas deseables de gran importancia para tomar en cuenta en las próximas selecciones.
- Los parentales japónicos utilizados permitieron obtener progenies de interés agronómico, seleccionados tempranamente debido a la diversidad genética expresada en la generación F1.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- Considerar los segregantes JP002/JP001, JP002/JP003, JP002/JP004, DH/JP004, DH/JP003, para continuar con el proceso de selección en las poblaciones F2, debido a que estos sobresalieron de entre los demás cruces por tener características agronómicas superiores.
- El uso de parentales japónicos en programas de mejoramiento genético posibilita la obtención de progenies de gran valor agronómico debido a la diversidad genética que se expresa tempranamente en la generación F1.
- Continuar realizando hibridaciones entre genotipos japónicos y también con especies índicas para ampliar la base genética y disponer de nuevas alternativas de cultivo.

## VII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el km 7 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> de la vía Babahoyo – Montalvo. Consistió en la identificación de segregantes F1, con características fenotípicas superiores de interés comercial, provenientes de cruces intraespecíficos entre genotipos de arroz japonico.

Los objetivos de este estudio fueron; obtener poblaciones segregantes F1 de arroz japonico de genética superior e interés comercial. Durante el desarrollo de esta investigación se realizó el debido proceso de hibridación entre cinco cultivares de arroz japonico (cruces recíprocos). Las poblaciones F1 fueron evaluadas individualmente.

Las variables agronómicas evaluadas fueron: Vigor, Floración (días), Ciclo vegetativo (días), N° Macollos por planta, N° panículas por planta, Longitud hoja bandera (cm), Ancho hoja bandera (cm), Longitud hoja 2 (cm), Ancho hoja 2 (cm), Altura de Planta (cm), Longitud de panícula (cm), Granos/panícula, Esterilidad (%), Desgrane (%), Peso de 1000 granos (g), Longitud Grano (mm), Ancho grano (mm) y Forma del grano. El análisis se realizó mediante estadística no paramétrica con el método de comparación de Kruskal-Wallis.

Los resultados mostraron que los segregantes JP002/JP001, JP002/JP003, JP002/JP004, DH/JP004, DH/JP003 sobresalieron de entre los demás cruces por tener características agronómicas superiores. El uso de parentales japónicos en programas de mejoramiento genético posibilita la obtención de progenies de gran valor agronómico debido a la diversidad genética que se expresa tempranamente en la generación F1.

## VIII. SUMMARY

This research was conducted at the Faculty of Agricultural Sciences at the Technical University of Babahoyo, located in the km 7 1/2 of the road Babahoyo – Montalvo, Los Ríos-Ecuador. It consisted in identifying F1 segregating with superior phenotypic characteristics of commercial interest, from intraspecific crosses among japonica rice genotypes.

The objectives of this study were; to obtain F1 segregating populations of japonica rice of superior genetics and commercial interests. During the development of this research, the due process of hybridization was performed using five japonica rice cultivars (reciprocal crosses). F1 populations were evaluated individually.

Agronomic variables evaluated were: vigor, blooming (days to anthesis), vegetative cycle (days), No. tillers per plant, No. panicles per plant, leaf length flag (cm), width flag leaf (cm), length of leaf No. 2 (cm), width of leaf No. sheet 2 (cm), plant height (cm), panicle length (cm), grains/panicle, sterility (%) shelling (%), 1000 grain weight (g), grain length (mm), width grain (mm) and grain shape. The analysis was performed using non-parametric statistical method compared with the Kruskal-Wallis.

The results showed that the segregating population of JP002/JP001, JP002/JP003, JP002/JP004, DH/JP004, DH/JP003 stood out from the other crossings, having superior agronomic characteristics. The use of parental japonica in breeding programs it possible to obtain progeny of great agronomic value due to the genetic diversity that is expressed early in the F1 generation.

## IX. LITERATURA CITADA

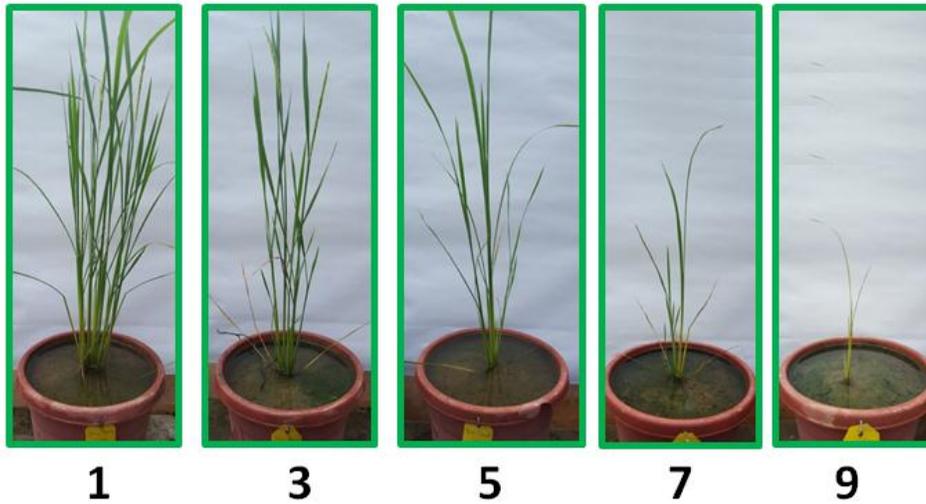
- Ávila, W., (2012). Evaluación y selección de poblaciones F1 de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de cruzamientos entre progenitores deseables (tesis de grado). Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador.
- Acevedo, M. A., Castrillo, W. A., & Belmonte, U. C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía tropical*. Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002-192X2006000200001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002-192X2006000200001&script=sci_arttext)
- Alvarado A, R., (2001). Mejoramiento genético del arroz en Chile. CH. Ministerio de Agricultura-INIA Quilamapu. Boletín Técnico 116, 4 p.
- Andrade, F. (2007). Origen y distribución del arroz. Manual del Cultivo de Arroz. INIAP, Estación Experimental Boliche. Manual, (66), p. 5.
- Andrade, F., & Hurtado, J. (2007). Taxonomía, morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. Manual del Cultivo de Arroz. INIAP, Estación Experimental Boliche. Manual, (66), p. 11.
- Camarena, M.F., Chura, C.J., Blas, S.R. (2012). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. Lima – Perú: Agrosaber. Recuperado de [http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/pdf\\_cpc/MEJORAMIENTO\\_GENETICO\\_Y\\_BIOTECNOLOGICO\\_DE\\_PLANTAS.pdf](http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/pdf_cpc/MEJORAMIENTO_GENETICO_Y_BIOTECNOLOGICO_DE_PLANTAS.pdf)
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1981). Morfología de la planta de arroz; guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Rosero, M., y González, J. Cali, Colombia. CIAT. 31p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1989). Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Martínez, C., Cuevas F. Cali, Colombia. CIAT. 73 p.

- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1980). Crecimiento y Etapas de Desarrollo de la planta de arroz: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Fernández, F., Producción: Arregoces, O., Cali, Colombia. CIAT.
- Chandler, R. F. (1984). Arroz en los trópicos. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA.
- Chatel, M., & Guimaraes, E. P. (1995). Selección recurrente con androesterilidad en arroz. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le developpement – Departement des cultures annuelles (CIRAD –CA) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (publicación CIAT No 246). Cali, Colombia. 70 p.
- CIAT, (2005). Morfología de la Planta de Arroz. Cali, Colombia. Recuperado de [http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture-plantes-alimentaires/FICHES\\_PLANTES/riz/Morfologia\\_planta\\_arroz.pdf](http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture-plantes-alimentaires/FICHES_PLANTES/riz/Morfologia_planta_arroz.pdf)
- Díaz, S. H., Pérez, N., & Morejón, R. (1998). Evaluación de líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) procedentes de los estudios superiores de rendimiento. Cultivos Tropicales (Cuba). 19(3), 61-63.
- Franquet, J., & Borrás, C. (2004). Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa* L). Recuperado de:  
<https://books.google.com.ec/books?id=6BXxI GGUXewC&pg=PA290&dq=mejora+genetica+del+arroz&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjvqJ3TgtDJAhUEHx4KHxj4B9sQuwUIHjAA#v=onepage&q=mejora%20genetica%20del%20arroz&f=false>
- Gutiérrez, A., Santacruz, F., Cabrera, J. L., & Rodríguez, B. (2003). Mejoramiento genético vegetal *in vitro*. e-Gnosis, (1), 0. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/730/73000104.pdf>
- Jennings. P.R., Coffman. W.R. y Kouffman, H.E. (1981). Mejoramiento de Arroz. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT.

- León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica. Agroamérica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). [https://books.google.com.ec/books?id=NBtu79LJ4h4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gsbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=NBtu79LJ4h4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gsbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Lu, B. R., Cai, X., & Xin, J. (2009). Efficient indica and japonica rice identification based on the InDel molecular method: Its implication in rice breeding and evolutionary research. *Progress in Natural Science*, 19(10), 1241-1252.
- MAGAP (2013). Un promedio de 117 libras de arroz al año consume cada ecuatoriano. *Diario El Universo. Economía*. p 16. Recuperado de: <http://www.eluniverso.com/noticias/2013/09/19/nota/1462276/promedio-117-libras-arroz-ano-consume-cada-ecuatoriano>
- McDONALD, D.J. (1994). Temperate rice technology for the 21st century: an Australian example. *Australian Journal of experimental Agriculture* 34:877-888.
- Muñoz, C. (2011). Mejoramiento Genético: La Base del Desarrollo Agrícola. Ponencia presentada en el Seminario de Mejoramiento Genético, Derechos del Obtentor y Derechos del Agricultor, realizado en la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.
- Muñoz, G., Giraldo, G., & Fernandez de Soto, J. (1993). Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Olmos, S. (2006). Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz. Cátedra de Cultivos II. Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina UNNE. Corrientes, 1-13. Recuperado de <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apuntes-MORFOLOGIA.pdf>
- Pieters, A., Graterol, E., Reyes, E., Álvarez, R., & González, A. (2011). Cincuenta años de mejoramiento genético del arroz en Venezuela. ¿Qué se ha logrado? *Interciencia* 36 (12), 944. Recuperado de [http://www.interciencia.org/v36\\_12/943.pdf](http://www.interciencia.org/v36_12/943.pdf)

- Poehlman, J. M., y Sleper, D. A. (2003). Mejoramiento genético de las cosechas (SEGUNDA ed.). (G. Noriega, Ed., M. Guzmán Ortiz, & M. Hernandez Cuapio, Trads.) Balderas, México: Limusa, S.A.
- Ricepedia. (s/f). Cultivated rice species recuperado de <http://ricepedia.org/rice-as-a-plant/rice-species/cultivated-rice-species>
- Salto, C. S. (2008). Variación genética en progenies de polinización abierta de *Eucalyptus tereticornis* Smith (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Santiago del Estero, Fernández, Argentina.
- Sanchez Monge, E (1955). Fitogenética: mejora de plantas. Barcelona, España: Salvat Editores. S. A.
- Soto, B. S. (1991). Estudio de Observación de 20 variedades USA y 7 líneas promisorias nacionales en comparación con dos testigos comerciales de arroz. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua.
- Suárez de Castro, F. (1993). Agricultura, biotecnología y propiedad intelectual. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para La Agricultura (IICA).
- Suárez, C. E. (2006). Principios del mejoramiento genético en el arroz. Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones del Arroz (IIARROZ). Recuperado de <http://cursa.ihmc.us/rid=1HZ6D7LXV-1B9ZPMM-RJ2/1MEJORAMIENTO%20DEL%20ARROZ.pdf>
- Torres, E. A., & Martínez, C. P. (2010). El mejoramiento del arroz. En Degiovanni, B., Víctor, M., Martínez, R., César, P., & Motta, O. (Eds.), Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT). pp. 142-144.
- Vega, O. A., (1988). Mejoramiento genético de plantas. Maracay, Venezuela. 200 p.

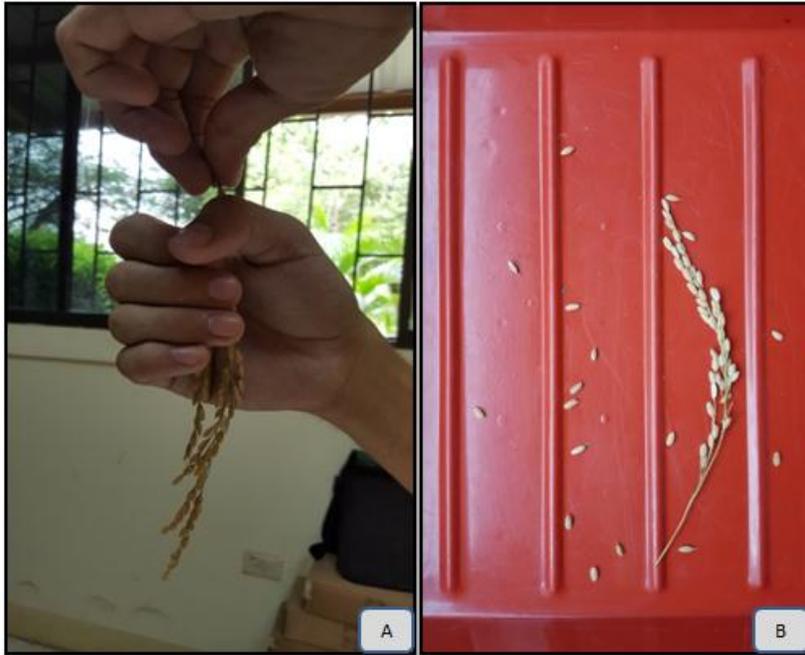
## X. ANEXOS



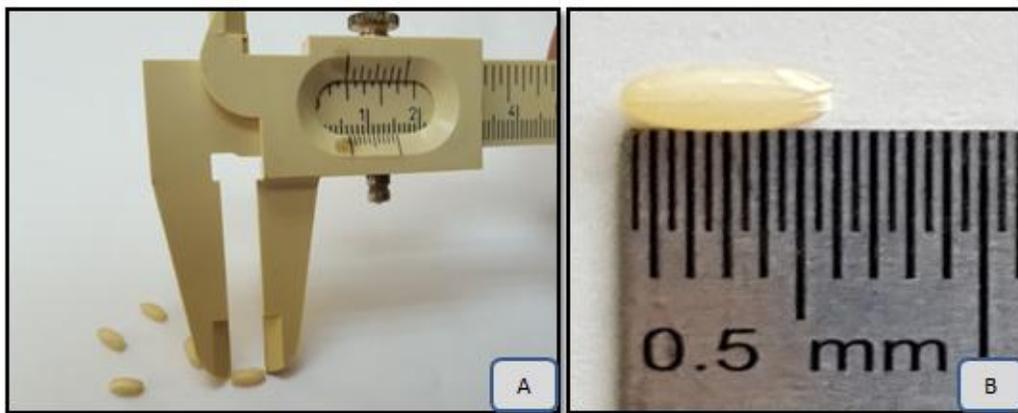
**Anexo 1.** Escala de vigor del sistema de evaluación estándar para arroz CIAT.



**Anexo 2.** Evaluación por planta individual de días a floración dentro de cada población F1.



**Anexo 3.** Desgrane: apretar suavemente la panícula (A); conteo de granos desprendidos para la determinación del porcentaje de desgrane



**Anexo 4.** Longitud de grano: determinación por medio de un escalímetro (A); determinación por medio de una regla milimetrada (B).



**Anexo 5.** Evaluación de longitud de hoja bandera (A); evaluación de ancho de la hoja bandera (B).



**Anexo 6.** Cosecha: corte de panículas con tijera (A); panículas lista para guardar en fundas de papel (B).



**Anexo 7.** Evaluación de peso de mil granos por planta individual dentro de cada población.