



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



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Trabajo experimental, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**TEMA:**

“Obtención de semilla F1 de arroz tipo índica (*Oryza sativa* L.) mediante hibridación simple, para crear poblaciones de genética diversa”.

**AUTOR:**

Zaida Sulay Miguez Escobar

**ASESOR:**

Walter Oswaldo Reyes Borja, PhD.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2017



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



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

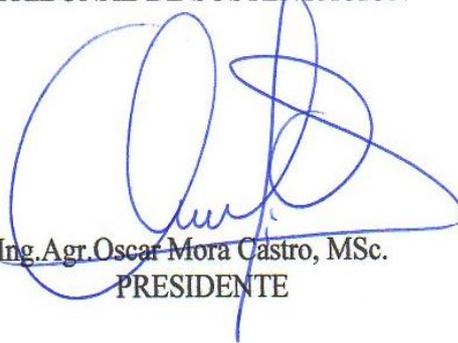
Trabajo experimental, presentado al H. Consejo Directivo  
de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**TEMA:**

“Obtención de semilla F1 de arroz tipo índica (*Oryza sativa* L.), mediante  
hibridación simple, para crear poblaciones de genética diversa”.

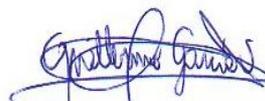
**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**



Ing. Agr. Oscar Mora Castro, MSc.  
PRESIDENTE



Ing. Agr. Ms. Mario Quispe Sandoval.  
PRIMER VOCAL



Ing. Agr. Guillermo García Vásquez, MSc.  
SEGUNDO VOCAL

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar, mi gratitud a **DIOS** y a mi papi **EDGAR** mis ángeles del cielo por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría e inteligencia para culminar con éxito mis metas propuestas, a mis padres que son el pilar fundamental en mi vida **Yessica Escobar, Laura Acurio, Alve Miguez**, por toda su confianza depositada en mí y cumplir mi meta anhelada.

Le agradezco con todo mi corazón a la persona que adoro y amo al Ing. **Stalin Fierro**, por toda su ayuda incondicional y siempre sacar tiempo de su trabajo y estar dispuesto ayudarme sin pensar la hora ni el lugar ni el momento y darme el apoyo que son aportes fundamental en mi vida, que estuvo presente en todo mi formación académica.

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 e inteligencia quienes compartieron sus conocimientos siendo ellos parte de este proceso de mi formación académica.

Agradezco a mi tutor de tesis Ing. Agr. **Walter Oswaldo Reyes Borja, PhD.** Docente Investigador; por brindarme la oportunidad de llevar a cabo mi trabajo de investigación, por sus conocimientos científicos, sus experiencias adquiridas, el apoyo incondicional que siempre estuvo ahí y toda la amistad que me ha brindado gracias infinitas por todas sus enseñanzas ing. Walter.

Así mismo, deseo expresar mi reconocimiento a la **Corporación nacional de organizaciones de productores arroceros** y todos los ing. que estuvieron presente en el transcurso de todo la investigación por verme permitido realizar mi trabajo de investigación por toda la ayuda brindada e información adquirida a lo largo de mi investigación.

Al Ing. Agr. **Lenin Arana Vera**, por su colaboración y ayuda brindada sin condición alguna y ver brindado sus conocimiento de una u otra manera.

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes, Ing. **Viviana Arana Vera**, que sin duda alguna compartiste tus conocimientos adquiridos y experiencia conmigo y el apoyo que estuvo presente en todo momento y brindarme tu amistad que es lo más valioso. Ing. **Eduardo**

**Sarcos Berruz, Ing. Jorge Borja Portilla,** gracias por tu apoyo y compartir así mismo tus conocimientos y experiencias a lo largo de mi trabajo de investigación, que han sido de gran ayuda para la realización de este trabajo de investigación.

A mis compañeros de tesis, Ing. **Emilio García Bustamante,** mi amiga Ing. **Cinthia Torres Franco,** Ing. **Cristian sarcos Berruz,** Ing. **Paul Vélez Chávez,** gracias por brindarme su colaboración y su valiosa amistad en todo momento por su ayuda brindada en mi trabajo.

## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado principalmente a **DIOS** por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, vida, fé y valentía y mucha responsabilidad con mi trabajo para lograr mis objetivos, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome. Y en memoria de mi padre **EDGAR MIGUEZ** que desde el cielo me cuida y me guía para seguirme superando día a día en lo largo de mi formación profesional. Aunque ya no se encuentre con nosotros físicamente, siempre estará presente en mi corazón, esto es por ti papito.

A mis padres **YESSICA ESCOBAR, LAURA ACURIO, ALVE MIGUEZ**, que con apoyo incondicional amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional. Gracias a mis padres son quien soy, orgullosamente y con la cara muy en alto agradecida totalmente por siempre estar pendiente de mí y llenar mi vida con sus valiosos consejos. Y a toda mi familia y en especial a mis tías **CAROLINA MIGUEZ, NINFA MIGUEZ** por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. Por su apoyo moral e incondicional dándome fuerzas para concluir mi meta propuesta en mi vida.

Todo este esfuerzo está dedicado para ti mí: **Ing. STALIN FIERRO**, más que mi novio, un gran amigo con tu amor, respeto, paciencia, fortaleza, comprensión y apoyo incondicional en mi vida, siempre estuviste conmigo apoyándome en cada instante gracias mi vida por siempre estar pendiente de mí, para ti también es mi logro ahora si tiene a su **ING.ZAIDA** a su lado eres mí motivación para seguir superándome gracias porque cada vez que desmayaba me dabas fuerzas y valentía de superación a través de sus consejos, amor me ayudaste a concluir mi meta profesional.

Finalmente quiero dedicar mi tesis a mis hermanas, **MAOLY, ROSARIO, ODALIS** quienes son el motivo, razón e inspiración este logro son para ustedes ñaña que siempre las llevo presente en mi mente y corazón.

**ZAIDA MIGUEZ ESCOBAR**

Las investigaciones, resultados conclusiones y  
Recomendaciones del presente trabajo son de  
Exclusiva responsabilidad del autor

Zaida Miguez Escobar

120505536-9

## TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. OBJETIVOS .....	3
1.1.1. Objetivo General .....	3
1.1.2. Objetivos Específicos.....	3
II. MARCO TEORICO .....	4
2.1. Origen y Distribución .....	4
2.2. Descripción botánica.....	5
2.3. Crecimiento y desarrollo de la planta de arroz .....	6
2.3.1. Etapa vegetativa y panojas por hectárea .....	6
2.3.2. Etapa reproductiva y número de granos por panoja.....	6
2.4. Diversidad genética.....	7
2.5. Mejoramiento genético .....	8
2.6. Hibridación .....	9
2.7. Cruzamientos .....	10
2.8. Tipos de cruzamientos .....	10
2.8.1. Cruzamiento simple .....	10
2.8.2. Retro-cruzamiento.....	11
2.8.3. Troprocross.....	11
2.8.4. Cruce doble .....	12
2.9. Selección.....	12

2.9.1. Selección masal (bulk) .....	13
2.9.2. Selección de las líneas puras .....	13
2.9.3. Selección de pedigrí .....	14
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1. Ubicación del Lote Experimental .....	15
3.2. Material genético .....	15
3.3. Factor en estudio .....	16
3.4. Tratamientos en estudio .....	16
3.5. Análisis estadísticos .....	18
3.6. Manejo del ensayo .....	18
3.6.1. Prueba de germinación de los genotipos progenitores .....	18
3.6.2. Cruzamiento recíproco de los parentales .....	23
3.6.3. Colección de macollas como progenitor femenino .....	23
3.6.4. Emasculación .....	24
3.6.5. Polinización.....	25
3.6.6. Manejo de plantas polinizadas .....	27
3.6.7. Cosecha de semilla F1 .....	27
3.6.8. Tratamiento y prevención de la semilla F1 contra ataques de insectos plaga	29
3.7. Variables evaluadas .....	29
3.7.1. Número de flores emasculadas (polinizadas).....	29
3.7.2. Número de flores fecundadas.....	30

3.7.3.	Número de flores no fecundadas.....	30
3.7.4.	Porcentaje de flores fecundadas.....	30
3.7.5.	Número de semillas cosechadas.....	30
3.7.6.	Porcentaje de semillas cosechadas.....	30
IV.	Resultados.....	31
4.1.	Progenitores Masculinos.....	31
4.1.1.	Número de flores emasculadas (polinizadas).....	31
4.1.2.	Número de flores fecundadas.....	32
4.1.3.	Número de flores no fecundadas.....	33
4.1.4.	Flores fecundadas (%).....	33
4.1.5.	Número de semillas cosechadas.....	34
4.1.6.	Semillas cosechadas (%).....	36
4.2.	Progenitores Femeninos.....	37
4.2.1.	Número de flores emasculadas (polinizadas).....	37
4.2.2.	Números de flores fecundadas.....	38
4.2.3.	Número de flores no fecundadas.....	40
4.2.4.	Flores fecundadas (%).....	40
4.2.5.	Número de semillas cosechadas.....	41
4.2.6.	Semillas cosechadas (%).....	42
4.3.	Correlaciones lineales sin discriminar los progenitores.....	43
4.4.	Correlaciones lineales entre las variables con el mejor progenitor masculino.	44

V.	Discusión .....	47
VI.	Conclusiones y Recomendaciones.....	48
VII.	RESUMEN .....	49
VIII.	SUMMARY .....	50
	LITERATURA CITADA .....	51
	ANEXOS .....	56

## ÍNDICE DE CUADRO

<b>Cuadro 1.</b> Número de cultivares, origen, condición de grano y código asignado a cada cultivar de arroz tipo índica.....	15
<b>Cuadro 2.</b> Cruces recíprocos realizados entre 14 variedades utilizadas como progenitores masculinos y progenitores femeninos.....	17
<b>Cuadro 3.</b> Variedades de arroz y sus fechas de siembra (FS) establecidas en los cuatro bloques de hibridación.....	20
<b>Cuadro 4.</b> Resultados del análisis de correlaciones lineales entre las variables sin discriminar progenitores.....	44
<b>Cuadro 5.</b> Resultados del análisis de correlaciones lineales entre variables con el mejor progenitor masculino: BR- 101-UTB.....	45
<b>Cuadro 6.</b> Resultados del análisis de correlaciones lineales entre variables con el mejor progenitor masculino: FI-105-UTB. ....	45

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Número de flores emasculadas (polinizadas) de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz. FACIAG-UTB Ecuador, 2017.....	31
<b>Tabla 2.</b> Número de flores fecundadas de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	32
<b>Tabla 3.</b> Número de flores no fecundadas de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	33
<b>Tabla 4.</b> Flores fecundadas (%), de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	34
<b>Tabla 5.</b> Número de semillas cosechadas de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	35

<b>Tabla 6.</b> Porcentaje de semillas cosechadas de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	37
<b>Tabla 7.</b> Número de flores emasculadas (polinizadas) de los progenitores femeninos, para la obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017. ....	38
<b>Tabla 8.</b> Números de flores fecundadas de los progenitores femeninos, en la Obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017. ....	39
<b>Tabla 9.</b> Número de flores no fecundadas de los progenitores femeninos, para la obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	40
<b>Tabla 10.</b> Flores fecundadas (%) de los progenitores femeninos, para la obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	41
<b>Tabla 11.</b> Número de semillas cosechadas de los progenitores femeninos, en la Obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017. ....	42
<b>Tabla 12.</b> Semillas cosechadas (%) de los progenitores femeninos, para la obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	43

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1.</b> Semillas de arroz en cajas Petri con lámina de 3 mm agua para su germinación, tratadas con Vitavax en dosis de 0,5g/L de agua (A); germinación del embrión 4 días después de la siembra (B). ....	18
<b>Figura 2.</b> Selección de semillas de arroz en buen estado (A); Fundas plásticas conteniendo 300 semillas por genotipo, tratadas con Vitavax, de las 14 variedades utilizadas (B); semillas pre-germinadas colocadas en las bandejas germinadora y en macetas con suelo fangueado (C) y (D); plántulas de 12 días (E). Plántulas de 26 días edad (F).....	19

<b>Figura 3.</b> Trasplante de plántulas de arroz a campo definitivo 26 días después de su germinación (A y B). .....	21
<b>Figura 4.</b> Riego de plántulas con regadera y protección de las plántulas contra pájaros (A y B). .....	21
<b>Figura 5.</b> Fertilización de los lotes (A y B). .....	22
<b>Figura 6.</b> Control de malezas: erradicación de malezas dentro de los bloques de cruzamientos (A); cultivo de progenitores libre de malezas (B). .....	22
<b>Figura 7.</b> Selección de la planta como progenitor femenino. Colección de macollas: selección y extracción de macollas de condiciones fitosanitarias óptimas (A); e identificación con etiquetas, nombre del genotipo y fecha de colección; colocadas en un balde con agua (B). .....	24
<b>Figura 8.</b> Emasculación de las macollas: corte transversal de las florecillas para emascular (A); succión de antera con una punta de pipeta conectada a una manguera fina y esta a su vez a la bomba al vacío (B); chequeo de residuos de anteras a tras luz, led blanca por la parte posterior de la flor emasculada (C); macollos cubiertas con sobre de papel para evitar contaminación de polen extraño (D); Bomba al vacío (E). .....	25
<b>Figura 9.</b> Polinización de las panículas emasculadas trasladadas a los bloques de parentales (A); polinización cruzada, panículas femeninas con polen de genotipos masculinos al momento de la anthesis (B); polen dentro de cada florecilla (C); Protección con el sobre de papel de la inflorescencias polinizadas (D). .....	26
<b>Figura 10.</b> Manejo de las plantas polinizadas: mantenimiento de las plantas polinizadas, a los 6 días se les retiró el sobre protector de papel (A); plantas 12 días después de la polinización (B). .....	27
<b>Figura 11.</b> Cosechas y selección de semillas F1. Semillas F1 listas para la cosecha (A), semillas cosechadas (B) y descascaradas (C); Semillas quebradas (D); Semillas	

totalmente deshidratadas, secas (E); Semillas atacadas por insectos (F); Secado en estufa con temperatura de 28°C. (G y H); Almacenamiento de las semillas F1 en refrigeración a 13°C (I). .....	28
<b>Figura 12.</b> Aplicación de Insecticida en tableta, GASTOXIN (A); Semillas colocadas en baldes junto al insecticida y cubiertos totalmente (B). .....	29
<b>Figura 13.</b> Números de flores emasculadas (polinizadas): flores polinizadas de los individuos cruces parentales masculinos (A); conteo de las flores emasculadas (B).....	32
<b>Figura 14.</b> Formación de los granos polinizados de arroz. Óvulo antes de la polinización (A). Embrión en formación 4 días después de la polinización. Embrión de 6 días de formación (C), embriones de 15 días de formación (D) y semilla de 30 días fisiológicamente madura lista para la cosecha (E). .....	35
<b>Figura 15.</b> Muestra de semillas cosechadas con y sin glumas (A y B).....	35
<b>Figura 16.</b> Semillas F1 cosechadas a partir de los parentales masculinos.....	36
<b>Figura 17.</b> Números de flores fecundadas: plantas polinizadas cubiertas con fundas de papel para su protección con polen extraño (A); semillas en desarrollo parcialmente expuestas por sus glumas cortadas (B y C). .....	39
<b>Figura 18.</b> Correlación entre las variables flores emasculadas y flores fecundadas.	46
<b>Figura 19.</b> Correlación entre las variables Flores emasculadas y semillas cosechadas. ....	46

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo 1.</b> Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores emasculadas (polinizadas) realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017. ....	56
<b>Anexo 2.</b> Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores fecundadas realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017. ....	56
<b>Anexo 3.</b> Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores no fecundadas realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	56
<b>Anexo 4.</b> Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores fecundadas (%) realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	56
<b>Anexo 5.</b> Análisis de varianza (SC tipo I) del número de semillas cosechadas realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	57
<b>Anexo 6.</b> Análisis de varianza (SC tipo I) del porcentaje de semillas cosechadas realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	57
<b>Anexo 7.</b> Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores emasculadas (polinizadas) realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017. ....	57
<b>Anexo 8.</b> Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores fecundadas realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	57
<b>Anexo 9.</b> Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores no fecundadas realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	58
<b>Anexo 10.</b> Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores fecundadas (%) realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	58
<b>Anexo 11.</b> Análisis de varianza (SC tipo I) del número de semillas cosechadas realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.....	58

**Anexo 12.** Análisis de varianza (SC tipo I) del porcentaje de semillas cosechadas, realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017..... 58

## I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.), constituye uno de los cereales básicos de la dieta humana, representando aproximadamente el 20% de la ingestión mundial de energía y 15% del aporte de proteína. En los países más pobres del Asia, el consumo de arroz corresponde más de la mitad del aporte energético y proteico de esas poblaciones (Ramírez, Días, Zaczuk, Piler y Ramírez, 2010).

Según, Friedmann y Weil (2010), menciona que a nivel mundial la producción de arroz en el año 2009, estuvo 678 millones de toneladas. Siendo los principales productores China e India entre ambos países agrupan el 50 % de la producción mundial. El promedio de consumo global es de 63,27 kg por habitante, existen diferencias importantes entre las distintas regiones. En países asiáticos el consumo per cápita está en el orden de 220 Kg., mientras en América Latina la proporción baja a 27,75 Kg.

En el Ecuador, todos los cultivares de arroz que se producen son de tipo índica, que por lo general se cultivan en los trópicos, principalmente en los suelos bajos. Presentan mayor altura que otras variedades, mayor número de macollas, hojas largas, tamaño de grano de mediano a largo y un contenido de amilosa entre medio a alto, lo que confiere al grano, un aspecto seco y blando.

A medida que el tiempo ha transcurrido, se han obtenido nuevos cultivares de mayor producción y con características de resistencia a plagas y enfermedades. Con respecto a calidad de grano, pueden llegar a ser cultivares con granos extra largos, como es el caso de la variedad Ferón, que es muy apreciada por los productores. Sin embargo; actualmente domina en el mercado nacional la variedad de arroz FL-011, que tiene una mejor producción, grano largo y transparente, de excelente calidad en pilado y en cocción.

No obstante, son muy pocas las variedades que circulan a nivel de país, que aún se pueden observar entre los productores, cultivares que se encuentran en los mercados por muchos años, lo que constituye la existencia de una estrecha variabilidad genética de cultivares, que muchas veces estos mismos cultivares, se siembran en todos los sectores

arroceros, sin considerarse que cada zona productiva, tiene diferentes condiciones de clima y suelo, que puede influir en el rendimiento de las mismas.

Por lo antes mencionado, es importante considerar que se debe promover la obtención de nuevos genotipos que se adapten a las zonas productoras de arroz, donde los cultivares expresen todo su potencial genético, para lograr una mejora en la producción nacional. Los programas de mejoramiento genético de arroz que existen en el país, no sólo se deben enfocar en los componentes de rendimiento y caracteres morfológicos, sino que es necesario también tomar en cuenta, la calidad del grano para satisfacer las preferencias del consumidor.

Existen varias formas de implementar programas de mejoramiento genético, entre ellos utilizar los métodos de pedigrí, cultivo *in vitro* de anteras, selección masal, retrocruzamientos, etc. que conllevan a la obtención de nuevos materiales y a la ampliación de la variabilidad genética entre cultivares, e identificar combinaciones de progenitores para crear poblaciones con diversidad máxima, e introducir genes deseables a la progenie, siendo también importante en el mejoramiento de híbridos para la formación de grupos o cruzamientos con alta heterosis o también llamada vigor híbrido, que puede ser la pérdida o ganancia de un carácter en una determinada población de individuos.

Este estudio tiene la finalidad de obtener poblaciones F1 de arroz, provenientes de cruces recíprocos de genotipos de tipo índica, los cuales son materiales genéticos de importancia que crearán variabilidad genética, para a futuro seleccionar individuos de buenos rendimientos, condiciones sanitarias superiores y calidad de grano que permita satisfacer los mercados locales con nuevas variedades para los productores arroceros del Ecuador.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo General**

- Obtener poblaciones F1 de arroz tipo índica, mediante cruzamiento simple, para el incremento la diversidad genética.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Establecer el porcentaje de fecundación entre cruces recíprocos de 14 cultivares de arroz para la obtención de semilla F1 de arroz tipo índica.
- Determinar los mejores progenitores para la generación de poblaciones F1 de arroz tipo índica.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. Origen y Distribución

Se estima que el origen geográfico es el estado de *Oryza* en el noreste de India, sobre las laderas del Himalaya. Esta hipótesis está apoyada por la presencia y conservación de la variabilidad genética existente en la zona, debido a la diseminación de cruzamientos y favorecido por el aislamiento de dichas condiciones ambientales (Pinciroli, 2015).

Según Acevedo, Castrillo, y Belmonte (2006), mencionan que la dispersión del arroz en el mundo se inició desde el sureste asiático (India) hacia China, 3000 años antes de Cristo (A.C). De allí fue llevado a Corea y posteriormente al Japón, en el siglo I A.C.

Aproximadamente el 90 % del arroz, que se cosecha en el mundo, se cultivan a diferentes clima y solo el 10 % se produce en las zonas tropicales y en las zonas templadas donde el rendimiento de grano es bastante alto, debido a una mayor cantidad de horas luz, así mismo, gran parte del arroz que se produce en las zonas templadas, es bajo riego controlado (Secretaria de Agricultura y Ganadería, 2003).

La especie *O. sativa* está diferenciada en tres subespecies, basadas en sus condiciones geográficas las cuales son Índica, Javánica, y Japónica. Índica que se refiere a las variedades tropicales y subtropicales; Javánica designa a los arroces bulu (aristado) y gundil (sin aristas) con panículas largas y granos bien delineados y crecen a lo largo de las regiones índicas en Indonesia; y Japónica se refiere a las variedades de granos pequeños y redondeados de las zonas templadas (Labrín, 2007).

El arroz es una gramínea autógena, de gran altura, que crece con gran facilidad en los climas tropicales. Originariamente, el arroz era una planta cultivada en seco, pero con la evolución se convirtió en semi-acuática. Aunque puede crecer en medios bastantes diversos, crecen más rápidamente y con mayor vigor en un ambiente caliente y húmedo. Esta planta posee tallos muy ramificados, puede medir entre 0,6 y 1,8 metros de altura. Los tallos terminan en una inflorescencia, una panícula de 20 a 30 cm de largo. Cada

panícula se compone de entre 50 y 300 flores o espiguillas, a partir de las cuales se formarán los granos. El arroz presenta una gran capacidad para ramificarse, hoy en día las variedades que se cultivan en la mayoría de los países pertenecen al tipo *Oryza*, originario de extremo oriente al pie del Himalaya, creándose por el lado de la China la subespecie *O. Sativa* japónica y por el lado de la India la subespecie *O. sativa* Indica (La producción y el comercio internacional de arroz, 2007).

## **2.2. Descripción botánica**

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 una panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4 m (enanas) hasta más de 7.0 m. El arroz pertenece al Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Orden: Poales, Familia: Poaceae, Género: *Oryza*, Especie: *Sativa* (Rosero y González, 2005).

Las raíces son inicialmente gruesas y poco ramificadas; a medida que la planta crece se tornan alargadas y con ramificaciones abundantes. La longitud del tallo va desde 30 cm en las variedades enanas hasta 70 cm en las gigantes. Las macollas son tallos secundarios que salen de las yemas apicales. El macollaje inicia en el primer nudo. Sus hojas son alternas y están a lo largo del tallo. Está constituida por vaina, zona de unión y lámina. La panícula se encuentra sobre el extremo apical del tallo y se localiza sobre el último nudo denominado ciliar. Es una inflorescencia que posee un eje principal llamado raquis, se extiende desde el nudo ciliar hasta el ápice. Las espiguillas están formadas por un pequeño eje llamado raquis, el cual se encuentra una flor simple, formada por dos brácteas denominadas glumas estériles, dos brácteas superiores, llamadas glumas florales, que constituyen la caja floral. La flor está constituida por seis estambres y un pistilo. Los estambres constan de filamentos delgados portadores de anteras cilíndricas que contiene cada una entre 500 y 1000 granos de polen, el pistilo contiene el ovario, el estilo y el estigma. El grano del arroz es una cariósida en que la semilla se encuentra adherida a la pared del ovario maduro, está formado por la cáscara, que a la vez, está compuesta por glumelas, raquis y arista el pericarpio, de consistencia fibrosa, varía de espesor y está formado por cutícula, el mesocarpio y la capa de células entrecruzadas. La testa constituye

la cubierta de la semilla y el endospermo la mayor parte del grano, y está conformado por substancias almidonosas (Villar, 1995).

### **2.3. Crecimiento y desarrollo de la planta de arroz**

Se dividen en; La etapa vegetativa, se caracteriza por un activo macollamiento, un gradual incremento de la altura, y la emergencia de las hojas. La etapa reproductiva, comprende desde el final de la etapa vegetativa hasta que las flores son polinizadas. La etapa maduración inicia con el 50% de la panoja emergida completamente (Olmos, 2006).

#### **2.3.1. Etapa vegetativa y panojas por hectárea**

La etapa vegetativa puede ser dividida en: emergencia, se dan las condiciones requeridas de temperatura y humedad, la semilla se hincha y germina. En el embrión crecen y se alargan dos estructuras, la radícula y el coleóptilo; estado de plántula, va desde la aparición de la tercera hoja, la planta vive de las reservas del endospermo, genera raíces seminales, que pronto hasta cuando las raíces son reemplazadas por adventicias, que nacen de los nudos subterráneos de los tallos. El macollaje, comienza a partir de la cuarta hoja emergida. Los macollos surgen de los nudos de la corona, ubicados en el interior de la vaina de la hoja. El primer y segundo macollo maduran casi al mismo tiempo que la planta madre. Si se producen otros macollos, van a madurar más tarde y tendrán menor calidad de grano. Formación de entrenudos. La formación de nudos y entrenudos por encima de la corona, es lo que da lugar al tallo y determina el largo de este (Pincirolí, 2015).

#### **2.3.2. Etapa reproductiva y número de granos por panoja**

Se divide en: diferenciación del primordio floral, es la diferenciación de la panoja ocurre cuando los entrenudos comienzan a elongar rápidamente, la planta abandona el aspecto de pasto y comienza a crecer a tasas muy elevadas.

El embuchamiento, ocurre cuando la panoja se encuentra dentro de la vaina de la hoja bandera, produciendo un engrosamiento visible. El comienzo de floración, ocurre cuando emerge a través de la vaina de la hoja bandera y se hace visible. La polinización, ocurre cuando el 15 % de las panojas se hacen visibles completamente. Etapa de llenado y maduración del grano, seda cuando el 50 % de panojas están en floración y termina cuando la humedad promedio del grano es de alrededor de 20%. La pérdida de humedad es gradual y a los 35-40 días luego de la fecundación se considera que el grano ha llegado a la madurez (Pinciroli, 2015).

#### **2.4. Diversidad genética**

Según Valverde, (s/f.) citado por Arana (2016), los cultivos y las malezas provienen de plantas silvestres; los cultivos se han sometido por milenios a la selección de ciertas características como la auto fertilidad, la eliminación del desgrane (caída de las semillas) y de la latencia, y cierto tipo de arquitectura de la planta al punto de que los cultivos se tornaron muy dependientes de la intervención de los humanos para su establecimiento y propagación.

Según Zorrilla (2007) citado por Arana (2016), algunos de los tipos de plantas con características que son compatibles con el cultivo del arroz y con caracteres específicos de maleza; por ejemplo, desgrane y latencia, podrían evolucionar con el tiempo a formas de población estables, establecerse y contribuir a la diversidad de los arrozales maleza. Por este motivo, no es de sorprenderse que muchos cultivos, especialmente aquellos que existen como un complejo cultivo-maleza-forma silvestre, como en el caso del arroz, puedan intercambiar genes cuando son simpátricos en condiciones apropiadas (cuando hay traslape de los períodos de floración y presencia de polinizadores si son necesarios).

El conocimiento de la diversidad genética entre cultivares en una región es importante para planificar estrategias de mejoramiento y reducir la vulnerabilidad genética, debido a apariciones repentinas de plagas o enfermedades (Berrio, Torres, Barona y Cuasquer, 2016).

## **2.5. Mejoramiento genético**

El fitomejoramiento, conocido como mejoramiento de las plantas, es la ciencia del desarrollo de plantas para producir nuevas variedades con características deseables. Durante la mejora de un cultivo, estos individuos se someterán a una ronda de cruza con la finalidad de obtener una nueva variedad con una característica deseada, tal variedad incluye una serie de pruebas adicionales antes de su liberación al mercado. El mejoramiento genético se inició cuando el hombre empezó a recolectar las mejores plantas y multiplicarlas, siendo la selección el primer método de mejoramiento. El mejoramiento convencional o domesticación de cultivos, sigue los principios básicos de selección y cruza entre individuos con características deseables. Además; de estas prácticas, se han incorporado nuevas tecnologías para incrementar y facilitar la obtención de plantas con mejores características (Quiroz, García y Quiroz, 2012).

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. La necesidad de aumentar el potencial productivo preservando los recursos naturales, así como el desarrollo de sistemas agricultura sostenible, es decir; el logro de los altos niveles de producción en el largo plazo, requiere de la adecuación de los programas de cultivar, para el cual deben considerar los objetivos de planes de mejoramiento, criterios de selección y las modalidades de evaluación (Camarena, Chura y Blas, 2014).

El mejoramiento genético de estos tres aspectos, condujo a la nominación de unas cuarenta variedades utilizadas comercialmente, que en mayor o menor grado cumplieron con tales requerimientos básicos. Sin embargo, las prácticas de manejo agronómico del cultivo, se han modificado sustancialmente, el mejoramiento genético es fundamental para aumentar la producción nacional de arroz, desarrollando nuevas variedades adaptadas con mayor potencial de rendimiento y calidad de grano, y para disminuir el impacto de la actividad agrícola sobre el medio ambiente. A fin de diseñar nuevos planes de mejoramiento genético es indispensable cuantificar y conocer la contribución de este proceso en las diferentes épocas. La forma de lograr este objetivo, es mediante estudios retrospectivos en los que se comparan variedades liberadas en diferentes momentos,

cultivadas bajo ciertas condiciones que permiten eliminar el efecto de las prácticas (Pieters *et al.*, 2011).

## **2.6. Hibridación**

La metodología para hacer la selección es muy variada, y casi se puede generalizar sosteniendo que cada mejorador tiene una metodología de selección. Sin embargo; parte de esa metodología es común, y debe de seguir rigurosamente los postulados de la ciencia de la genética en los que se basa la selección. Esa metodología común, aplicada a diferentes formas de producción de las plantas es lo que se denomina “Métodos de Mejoramiento”. Todos los métodos tienen como objetivo, seleccionar los mejores genotipos dentro de una población, o crear genotipos nuevos con características previamente definidas (Camarena, Chura y Blas, 2012).

La hibridación puede tener consecuencias evolutivas, tales como: 1) El reforzamiento o ruptura de barreras biológicas; 2) la fusión de dos especies en una; 3) incremento en diversidad genética y adaptación; 4) la creación de nuevas especies; y la 5) la extinción de especies (Hernández, Larralde y Sánchez, 2008).

De acuerdo a Vallejo y Estrada (2002), el mejoramiento genético convencional, ha producido una gran cantidad de variedades e híbridos que han contribuido a incrementar el rendimiento, calidad, estabilidad de la producción y el mejoramiento del campo. El fitomejoramiento basado en métodos de hibridación entre diferentes variedades de la misma especie, junto con métodos especiales de selección en generaciones segregantes subsecuentes, ha alcanzado extraordinarios resultados que han repercutido considerablemente en la producción agrícola mundial.

La hibridación y la sucesiva selección, permiten tener la probabilidad de reunir, en un solo genotipo, se han sustentado principalmente en las hibridaciones, mediante las cuales se han obtenido la mayoría de los cultivares comerciales que se siembran en este momento, como parte del proceso de selección de materiales superiores, se realizan evaluaciones morfológicas y agronómicas; además, se hace necesario realizar descripciones varietales de las líneas próximas a ser liberadas (Días, Morejon, Onicka y Odania, 2015).

La capacidad de hibridación natural con el arroz cultivado, le permite al arroz rojo adaptarse rápidamente a cambios en el sistema de cultivo, debido a la inclusión de nuevas variedades. A modo de ejemplo, en la India se crearon variedades de arroz blanco con hojas rojizas, de manera de identificar fácilmente las plantas de arroz rojo para su raleo. En pocos años la situación era la misma, ya que aparecieron tipos de arroz rojo con hojas rojizas (Zorrilla de San Martín, 1992).

## **2.7. Cruzamientos**

El patrón de cruzamiento de una especie, influye en la estructura de la diversidad genética en una población. La transmisión del material genético de una generación a la siguiente, está determinada por el patrón de apareamiento de la población, debido a que el apareamiento entre los individuos, es el vínculo entre generaciones. Los sistemas de cruzamiento, también son importantes en los programas de mejoramiento genético ya que determinan la forma de transmisión de la información genética a través de los sistemas de cruzamientos (Parraguirre, Vargas, Ramirez y Ramirez, 2004).

La semilla F1 resultante de los cruzamientos, es utilizada para la siembra comercial. Esta semilla es uniforme y posee la capacidad de tener un mejor comportamiento que los padres o lo que se conoce como vigor híbrido. En general, los híbridos generan alto rendimiento, incrementan los beneficios al productor y reducen los costos de producción. De esta forma, la semilla F1 resultado de cruzamiento entre dos líneas puras, en la que se aprovecha el vigor híbrido, es una herramienta más para aumentar la productividad del cultivo (Torres, 2012).

## **2.8. Tipos de cruzamientos**

### **2.8.1. Cruzamiento simple**

El cruzamiento simple 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 Borrás, 2004).

Los métodos de mejoramiento 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 retro cruzamiento. 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 retro cruzamiento. En programa de mejoramiento a través de este método 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).

### **2.8.2. Retro-cruzamiento**

El retro cruzamiento, se ha utilizado mucho para obtener variedades resistentes a enfermedades. Sin embargo; resulta adecuado también para modificar caracteres morfológicos, características de color y caracteres cuantitativos dependientes de pocos genes, como la precocidad, altura de planta tamaño y forma de semilla. El método puede utilizarse para modificar cualquier carácter que tenga una heredabilidad elevada. En especies autógamias, especialmente cuando se va a transferir un carácter que depende de un par de genes. Sin embargo; trabajar con un alto número de plantas del padre recurrente y realizar al menos 1 ó 2 retro cruzamientos, para recuperar la variabilidad de ese padre (Vallejo y Estrada, 2002).

### **2.8.3. Troprocross**

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).

#### **2.8.4. Cruce doble**

Suárez (2006) citado por Ortiz (2013), describe que es el cruce de dos F1. El cruce doble es útil para combinar un gran número de caracteres deseables en un cruce dado. 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 retro cruzamiento.
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.

#### **2.9. Selección**

Un cultivar nuevo de plantas normalmente auto polinizadas, 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).

La selección recurrente basada en la evaluación y recombinación de progenies auto fecundadas, en la práctica, es obligada cuando hay una cantidad limitada de semillas F<sub>1</sub> de cada cruce fraternal o meso fraternal entre las diferentes unidades de selección de cada ciclo de selección. Con el incremento por autofecundación de la semilla F<sub>1</sub> recombinada, se facilita, para la mayoría de las especies autógamas anuales cultivadas, establecer lotes de selección masal en su forma y estructura clásica o bien establecer experimentos en las densidades de siembra y número de ambientes recomendados para la evaluación de progenies (Benítez, 2002).

### **2.9.1. Selección masal (bulk)**

Los fitomejoradores que han reconocido las interacciones entre tipo de planta, la habilidad de la planta para dar rendimiento y las competencias de las plantas, han terminado en su mayoría evitando completamente o modificando el sistema masal convencional. Actualmente, se acepta que el mejoramiento masal (bulk) sin restricciones es útil si el objetivo es aumentar el rendimiento de cruzamiento que segregan ampliamente respecto al tipo de planta (Torres y Martínez, 2010).

Este método consiste en cruzar dos progenitores seleccionados para producir una combinación de características deseables. Las semillas de la F1 provenientes de la cruce son sembradas en un espacio suficiente para obtener semillas F2. Este proceso se repite hasta llegar a la F6, donde se seleccionan los individuos que poseen las características deseables de sus progenitores al siguiente año, las líneas seleccionadas son probadas, y las líneas sobresalientes son lanzadas como variedades. En la generación F6, la mayoría de las plantas serán homocigotas para la mayoría de los caracteres (Sánchez, Espeniza, Silvia y Delatorre).

### **2.9.2. Selección de las líneas puras**

La selección de líneas puras (progenie que desciende únicamente por autopolinización de una sola planta homocigótica), es el procedimiento que consiste en aislar líneas puras a partir de una población mixta. Un cultivar obtenido mediante selección de líneas puras es más uniforme que un cultivar obtenido por selección masal, ya que todas las plantas de un cultivar tendrán el mismo genotipo. Esto es cierto suponiendo que la planta originalmente seleccionada sea homocigótica, una suposición que los fitomejoradores suelen hacer, pero que es una condición que rara vez se alcanza (si es que esto ocurre). La selección de líneas puras no genera un nuevo genotipo, por lo que el mejoramiento se limita a aislar el mejor genotipo presente en la población mixta. El nivel de cruzamiento natural variará con la especie cultivada pero rara vez excede del 1 al 2 % en los cultivos autógamos (Sánchez *et al.*, 2009).

### **2.9.3. Selección de pedigrí**

En el pasado, la línea se desarrolló por la identificación de plantas superiores en una variedad tradicional o en mezclas de genotipos. Un nuevo cultivar es originado por el proceso de selección en poblaciones en segregación luego de la hibridación. 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 (Camarena *et al.*, 2012).

El método de selección genealógico o pedigrí, parte de un cruzamiento entre variedades o líneas puras, obteniendo la generación F1. La autofecundación de la F1 da lugar a plantas F2, una población de plantas que segregan en los caracteres en que difieren los parentales y; en ocasiones, en algunos en que los parentales no muestran diferencias. La selección de las plantas F2 a partir de ciertos criterios (altura, ciclo, longitud de grano, etc.) y su autofecundación dan lugar a líneas F3. Continúan los ciclos de autofecundación y selección, pero a partir de este punto se seleccionan líneas y plantas, hasta alcanzar el suficiente grado de homocigosis, dentro de una línea para poder considerarla como variedad (Torró, 2010).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación del Lote Experimental

Los bloques de hibridación se establecieron en el sector del Proyecto CEDEGE, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, Hacienda Valle Verde; perteneciente del Ing. Wellington Rodríguez, ubicada a 17 msnm en las coordenadas geográficas UTM: 9796094 de latitud sur y 668255 de longitud occidental. El promedio anual de precipitación es de 2.656 mm; 76% de humedad relativa; 27tv.Tención del vapor; punto de rocío 22pr; 3.5 horas luz diarias; Horas de heliofanía y la temperatura es de 25.6 °C.<sup>1/</sup>

#### 3.2. Material genético

Se utilizaron catorce cultivares de arroz índica, que se mantienen en el banco de germoplasma de la FACIAG-UTB, como se menciona en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Número de cultivares, origen, condición de grano y código asignado a cada cultivar de arroz tipo índica.

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

Fuente: <sup>1/</sup>. Datos obtenidos de la Estación. INAHMI-UTB. 2017.

### **3.3. Factor en estudio**

Potencial de hibridación de 14 genotipos de arroz indica

### **3.4. Tratamientos en estudio**

Los tratamientos en estudio fueron 182 cruces planificados, de los cuales se obtuvieron semillas de 178 cruces, resultantes de la hibridación recíproca de los 14 genotipos de arroz. En el Cuadro 2, se resumen los cruces realizados donde las 14 variedades fueron utilizadas tanto como progenitores masculinos como progenitores femeninos.

**Cuadro 2.** Cruces recíprocos realizados entre 14 variedades utilizadas como progenitores masculinos y progenitores femeninos.

♀	♂	MASCULINOS													
		SH-108-UTB	G-111-UTB	G-112-UTB	G-113-UTB	FI-104-UTB	FI-105-UTB	FI-106-UTB	FI-107-UTB	FL-109-UTB	FL-110-UTB	BR-101-UTB	BA-100-UTB	CA-102-UTB	FE-103-UTB
FEMENINOS	SH-108-UTB		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	G-111-UTB	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	G-112-UTB	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	G-113-UTB	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x
	FI-104-UTB	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x
	FI-105-UTB	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
	FI-106-UTB	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
	FI-107-UTB	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x
	FL-109-UTB	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
	FL-110-UTB	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
	BR-101-UTB	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
	BA-100-UTB	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
	CA-102-UTB	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
	FE-103-UTB	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

### 3.5. Análisis estadísticos

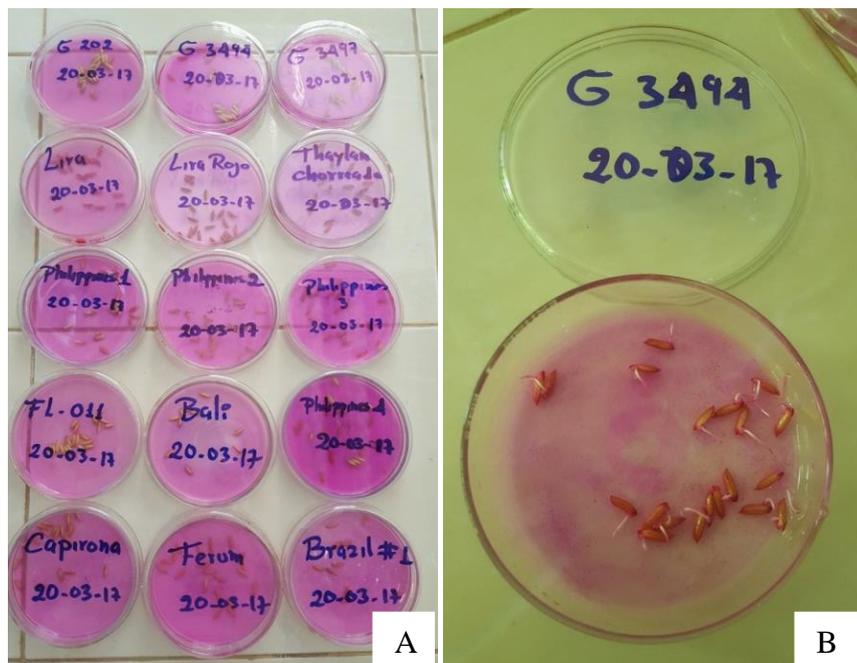
En este estudio se realizaron diferentes análisis estadísticos, realizándose el análisis de varianza y el test de Tukey al 5% para los progenitores masculinos y los progenitores femeninos. Adicionalmente, también se realizaron las correlaciones lineales entre las variables sin discriminar los progenitores y las correlaciones lineales entre variables con los mejores progenitores masculinos.

### 3.6. Manejo del ensayo

En cada bloque se realizaron las siguientes labores agronómicas, las cuales se detallan a continuación.

#### 3.6.1. Prueba de germinación de los genotipos progenitores

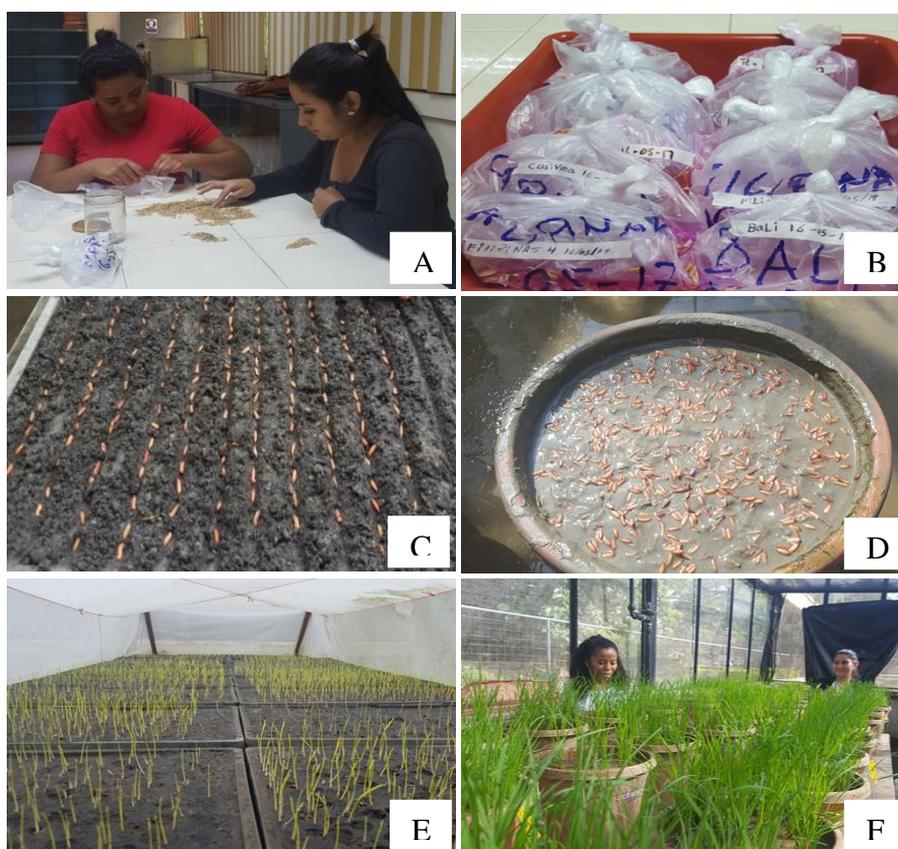
Se procedió a realizar las respectivas pruebas de germinación de las variedades consideradas en el Cuadro 1, previo a la siembra de los bloques de hibridación. En cada uno de los genotipos, se procedió a seleccionar semillas en condiciones fitosanitarias, que estuvieron libre de daño. Se colocaron veinte semillas por caja Petri, tratadas con Vitavax en dosis de 0,5 g/L de agua, con el objetivo de proteger la semilla durante el proceso de germinación. Luego, se rotularon las respectivas cajas Petri con el nombre de la variedad y fecha de siembra Figura 1.



**Figura 1.** Semillas de arroz en cajas Petri con lámina de 3 mm agua para su germinación, tratadas con Vitavax en dosis de 0,5g/L de agua (A); germinación del embrión 4 días después de la siembra (B).

### 3.6.1.1. Pre-germinación del material genético de arroz para los cuatro bloques de cruzamientos.

Una vez clasificadas las semillas de arroz de los 14 genotipos, se procedió a pre-germinar el material que se utilizó en los cuatro bloques. Esto se realizó en cuatro diferentes fechas, con intervalos de siete días. Para esto, se seleccionaron los granos de arroz que estuvieron libres de daño, después se colocaron 300 semillas de cada material (genotipo), en fundas plásticas de 8" x 12", con su respectiva rotulación, las mismas que contenían agua y fueron mantenidas en un cuarto a temperatura ambiente. Las semillas fueron desinfectadas con una solución de Vitavax en dosis de 0,5g/L. A los dos días, el agua fue retirada de las fundas y al tercer día, las semillas pre-germinadas fueron trasladadas al invernadero de la FACIAG-UTB, sembrándolas en bandejas germinadoras, que contenían suelo agrícola, y cascarilla de arroz quemado (sustrato), en el cual se realizaron los respectivos surcos a una profundidad de 1 cm y entre surco de 4 cm, aproximadamente; aunque también algunas fueron colocadas en macetas con suelo fangueado, como se observa en la Figura 2.



**Figura 2.** Selección de semillas de arroz en buen estado (A); Fundas plásticas conteniendo 300 semillas por genotipo, tratadas con Vitavax, de las 14 variedades utilizadas (B); semillas pre-germinadas colocadas en las bandejas germinadora y en macetas con suelo fangueado (C) y (D); plántulas de 12 días (E). Plántulas de 26 días edad (F).

### 3.6.1.2. Trasplante de las plántulas a los bloques de hibridación

Se establecieron cuatro bloques de hibridación con los progenitores de la subespecie *índica*. Cada bloque contenía los 14 genotipos mencionados (con excepción del cuarto bloque que solo contenían 10 variedades, por falta de semilla), sembrados en fechas diferentes, para asegurar el cruce recíproco entre todos los cultivares (Cuadro 3). El trasplante se lo realizó en cuatro bloques, con un área de 126,5 m<sup>2</sup> por cada bloque, dejando una distancia de 1 m entre ellos y el área total de los cuatro lotes fue de 575 m<sup>2</sup>. Los semilleros fueron establecidos en el invernadero de la FACIAG-UTB, y posteriormente fueron trasladadas a la Hacienda Valle Verde, donde se establecieron los bloques. El trasplante se realizó a los 26 días después de su germinación; sembrando una planta por sitio, distancia de 25 cm entre planta y 25 cm entre hilera (Figura 3).

**Cuadro 3.** Variedades de arroz y sus fechas de siembra (FS) establecidas en los cuatro bloques de hibridación.

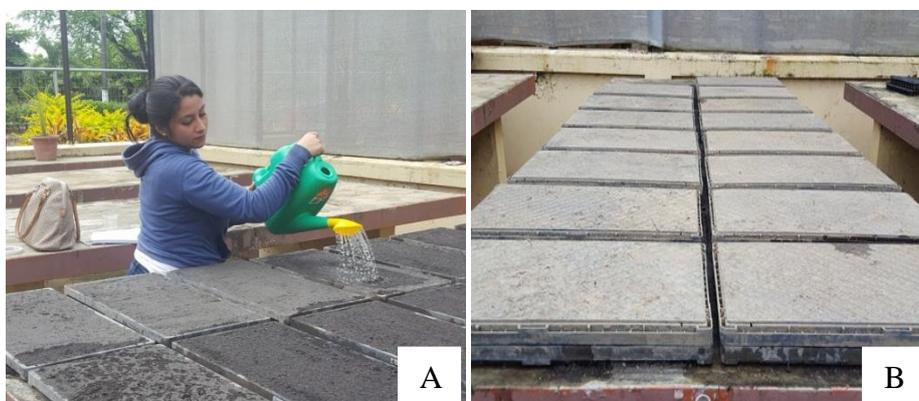
<b>Bloque # 1, FS: Mayo 30, 2017</b>	<b>Bloque # 2, FS: Junio 6, 2017</b>	<b>Bloque # 3, FS: Junio 15, 2017</b>	<b>Bloque # 4, FS: Junio 20, 2017</b>
SH-108-UTB	SH-108-UTB	SH-108-UTB	CA-102-UTB
G-111-UTB	G-111-UTB	G-111-UTB	G-111-UTB
G-112-UTB	G-112-UTB	G-112-UTB	G-112-UTB
G-113-UTB	G-113-UTB	G-113-UTB	G-113-UTB
FI-104-UTB	FI-104-UTB	FI-104-UTB	FI-104-UTB
FI-105-UTB	FI-105-UTB	FI-105-UTB	FI-105-UTB
FI-106-UTB	FI-106-UTB	FI-106-UTB	FI-106-UTB
FI-107-UTB	FI-107-UTB	FI-107-UTB	FI-107-UTB
FL-109-UTB	FL-109-UTB	FL-109-UTB	FL-109-UTB
FL-110-UTB	FL-110-UTB	FL-110-UTB	FE-103-UTB
BR-101-UTB	BR-101-UTB	BR-101-UTB	
BA-100-UTB	BA-100-UTB	BA-100-UTB	
CA-102-UTB	CA-102-UTB	CA-102-UTB	
FE-103-UTB	FE-103-UTB	FE-103-UTB	



**Figura 3.** Trasplante de plántulas de arroz a campo definitivo 26 días después de su germinación (A y B).

### 3.6.1.3. Riego de los semilleros

El riego a los semilleros se realizó con regadera de manera periódica, cada vez que el semillero lo ameritaba. Las gavetas con los semilleros, fueron cubiertas con una gaveta vacía como protección contra los pájaros (Figura 4).



**Figura 4.** Riego de plántulas con regadera y protección de las plántulas contra pájaros (A y B).

### 3.6.1.4. Fertilización edáfica y foliar

Una vez establecidos todos los bloques de cruzamiento, se procedió a realizar la fertilización edáfica a los cuatro lotes. Para la nutrición, la primera aplicación se realizó a los 22 días, utilizándose una mezcla de tres fertilizantes, cuya dosis fue calculado de acuerdo al área de cada bloque. Se aplicaron 1430 g de Sulfato de amonio, 750 g de Muriato de potasio y 375 g de DAP. La segunda fertilización edáfica se aplicó en el 1<sup>ero</sup>, 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> bloque, a los 43 días se realizó la fertilización utilizando Urea al voleo en el 1<sup>ero</sup>, 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> bloque. En el cuarto bloque, se utilizó el abono completo Fertiarroz 20-0-19-2-2 (N-K-Mag-S), cuya dosis fue calculada de acuerdo al área de cada bloque, partiendo de la dosis normal recomendada (6 sacos/ha.). Los fertilizantes fueron pesados

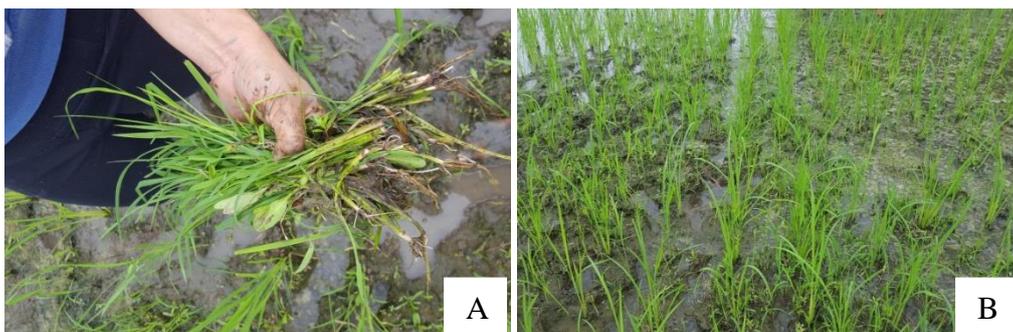
en una balanza gramera y posteriormente, se realizó la aplicación manual al voleo de una manera uniforme en el lote (Figura 5). A los 37 días después de trasplante se procedió a la aplicación de un abono foliar DISS ZEUS con dosis 1,5 mL/L de agua. Con bomba de mochila se asperjó en los cuatro bloques establecidos.



**Figura 5.** Fertilización de los lotes (A y B).

### 3.6.1.5. Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual, erradicando cualquier tipo de malezas y el arroz voluntario que emergían dentro de cada bloque de cruzamiento, durante la conducción del experimento (Figura 6).



**Figura 6.** Control de malezas: erradicación de malezas dentro de los bloques de cruzamientos (A); cultivo de progenitores libre de malezas (B).

### **3.6.1.6. Control de insectos plaga y enfermedades**

Debido a la presencia de insectos defoliadores, se aplicó a los 16 días después de la siembra, al primer y segundo bloque de cruzamiento para lo cual se utilizó Alphacor (Alpha-Cypermethrin 100.0g/L) en dosis de 75 cc/ha. Referente a la dosis por bloque, mediante una regla de tres se calculó la dosis de 7,5 cc en 20 litros de agua. Por prevención al desarrollo del cultivo, se aplicó el fungicida Custodia (Azoxystrobin 250 g/L, tebuconazole 200) en dosis de 750 cc/ha. En los bloques se utilizaron 75 cc en 20 litros de agua.

Debido a la presencia de ataque de *Hydrellia griseola*, entre 22 y 30 días después de la siembra, se realizó la aplicación de Fiprex (Fipronil 200g/L) en dosis 250 cc/ha. La dosis aplicada en los cuatro lotes fue de 30 cc en 20 litros de agua.

A los 37 días después de la siembra se procedió a la aplicación de Alphacor (Alpha-Cypermethrin 100 g/L) en dosis de 75 cc/ha con la dosis calculada para el lote fue de 7,5 cc en 20 litros de agua. Con bomba de mochila se asperjó en los cuatro bloques establecidos.

### **3.6.2. Cruzamiento recíproco de los parentales**

Cuando los individuos de los genotipos sembrados comenzaron a florecer, se procedió a realizar las siguientes actividades:

### **3.6.3. Colección de macollas como progenitor femenino**

Se realizó la selección de las macollas que formaron de progenitor femenino, se consideró que estén en condiciones fitosanitarias óptimas y cuando la inflorescencia haya emergido entre 50 a 60 % fuera de la vaina, sin que estén las panículas en el estado de anthesis. En horas de la mañana, se procedió a extraer las macollas de raíz, cortando alrededor de la base la planta con la punta de un machete pequeño, procurando dañar lo menos posible el sistema radicular, tomando la planta con pan de tierra, e inmediatamente se eliminaron las hojas a excepción de la hoja bandera, luego se ubicaron en un balde con agua para evitar la deshidratación. Se colectaron varias macollas por variedad. Se identificó con etiquetas, con el nombre del genotipo y fecha de colecta (Figura 7).



**Figura 7.** Selección de la planta como progenitor femenino. Colección de macollas: selección y extracción de macollas de condiciones fitosanitarias óptimas (A); e identificación con etiquetas, nombre del genotipo y fecha de colección; colocadas en un balde con agua (B).

#### **3.6.4. Emasculación**

La emasculación se hizo en horas de la tarde y consistió en eliminar las anteras que contenía cada flor. Se eliminaron las flores ya abiertas en el tercio superior de la panícula y aquellas inmaduras del tercio inferior, utilizándose solo las florecillas de la parte central de cada panícula. Con una tijera pequeña, se realizó un corte transversal a mitad de cada flor seleccionada (Figura 8, A). Después, con una punta fina de plástico (punta de pipeta automática de 500  $\mu$ L, que es la que entraba a la florecilla cortada), conectada a una manguera fina y esta a su vez conectada a bomba al vacío, cuyas características: ST2-Stage Vacun Pump, Model: Sp4, Power:1/3Hp (Figura 8, B y E), se succionaron las seis anteras que contenían las florecillas. Seguido, se realizó el chequeo de cada florecilla, a trasluz utilizando luz led blanca en la parte posterior de la flor emasculada (macollas) para observar si no quedaron residuos de anteras en el interior de la misma (Figura 8, C). Subsiguientemente las panículas femeninas fueron cubiertas con un sobre de papel para evitar el contacto con polen extraño (Figura 8, D), manteniéndose en un recipiente con agua por un lapso de 48 horas antes de la polinización.

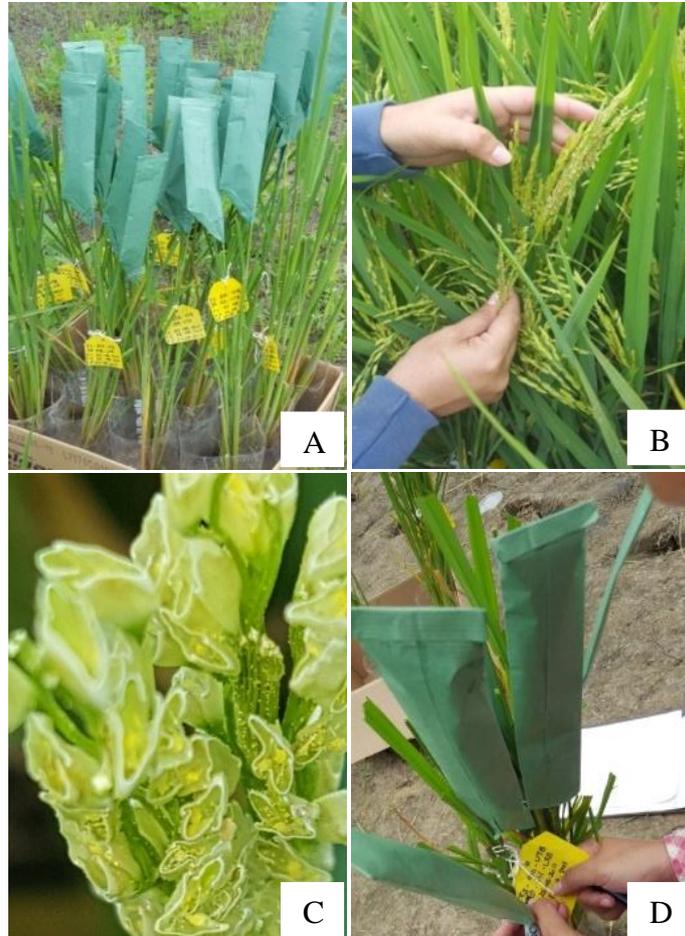


**Figura 8.** Emasculación de las macollas: corte transversal de las florecillas para emascular (A); succión de antera con una punta de pipeta conectada a una manguera fina y esta a su vez a la bomba al vacío (B); chequeo de residuos de anteras a tras luz, led blanca por la parte posterior de la flor emascular (C); macollos cubiertas con sobre de papel para evitar contaminación de polen extraño (D); Bomba al vacío (E).

### 3.6.5. Polinización

La polinización se realizó en horas próximas del medio día, cuando se liberó el polen (antesis), de las plantas utilizadas como genotipo masculino. Las panículas emasculadas (genotipo femenino), fueron trasladadas al campo (bloques de hibridación), para ser polinizadas. Para esta labor, se retiró el sobre de papel y se agitaron las panículas

con polen de los genotipos masculinos sobre el estigma de las flores emasculadas. Posteriormente, las panículas conteniendo las flores femeninas polinizadas, se volvieron a cubrir con los sobres de papel, identificando con fecha de polinización y nombre de genotipo masculino con el que se cruzó (Figura 9).



**Figura 9.** Polinización de las panículas emasculadas trasladadas a los bloques de parentales (A); polinización cruzada, panículas femeninas con polen de genotipos masculinos al momento de la antesis (B); polen dentro de cada florecilla (C); Protección con el sobre de papel de la inflorescencias polinizadas (D).

### 3.6.6. Manejo de plantas polinizadas

Las plantas polinizadas fueron llevadas a un galpón (bajo sombra) para permitir el desarrollo de los embriones fecundados. A partir de los 6 días, se retiró el sobre protector de papel, después de un lapso de 12 días se expusieron a la luz directa. Pasando un día se les cambio el agua de los recipientes que contenía las macollas, hasta llegar a la cosecha (Figura 10).



**Figura 10.** Manejo de las plantas polinizadas: mantenimiento de las plantas polinizadas, a los 6 días se les retiró el sobre protector de papel (A); plantas 12 días después de la polinización (B).

### 3.6.7. Cosecha de semilla F1

La cosecha de las semillas F1 se realizó a los 30 días después de la polinización, seleccionando los granos sanos de buen desarrollo, luego se procedió a descascarar teniendo cuidado de no dañar el embrión. Las semillas, provenientes de cada cruce fueron contadas y guardadas en sobres de papel. Posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UTB), para su respectivo secado. El secado se realizó en una estufa a 28°C, por el lapso de 16 horas (de 17:00 pm a 09:00 am). Se debe considerar también que al momento de salir los granos de la estufa, se encontraron granos muy secos, quebrados y afectados por insectos los mismos que fueron desechados. Posterior al secado, se almacenaron en un refrigerador a 13°C (Figura 11).



**Figura 11.** Cosechas y selección de semillas F1. Semillas F1 listas para la cosecha (A), semillas cosechadas (B) y descascaradas (C); Semillas quebradas (D); Semillas totalmente deshidratadas, secas (E); Semillas atacadas por insectos (F); Secado en estufa con temperatura de 28°C. (G y H); Almacenamiento de las semillas F1 en refrigeración a 13°C (I).

### 3.6.8. Tratamiento y prevención de la semilla F1 contra ataques de insectos plaga

Se realizó el tratamiento de las semillas F1, lo cual se aplicó un insecticida agrícola en tableta, GASTOXIN (Aluminum Phosphide 570 g/kg). Para esto se utilizó un balde, cubriendo la tapa completamente con plástico para evitar salida de la sustancia gaseosa que produce el Gastoxin, en dosis de una tableta por balde. Las semillas permanecieron durante tres días en el tratamiento mencionado (Figura 12).



**Figura 12.** Aplicación de Insecticida en tableta, GASTOXIN (A); Semillas colocadas en baldes junto al insecticida y cubiertos totalmente (B).

### 3.7. Variables evaluadas

Las variables que se mencionan a continuación fueron registradas tanto en los progenitores masculinos como en los progenitores femeninos.

#### 3.7.1. Número de flores emasculadas (polinizadas)

A los seis días después se retiraba el sobre que cubría las plantas polinizadas, se contabilizaron el número total de flores emasculadas y/o polinizadas.

### **3.7.2. Número de flores fecundadas**

A los 12 días, se evaluó el número total de flores fecundadas, en cada uno de los cruces. Para esto se observaba la presencia de los embriones en el interior de la florecilla o algunos que se encontraban ya sobresaliendo la florecilla.

### **3.7.3. Número de flores no fecundadas**

A los 12 días, se evaluó el número total de flores no fecundadas, en cada uno de los cruces.

### **3.7.4. Porcentaje de flores fecundadas**

Se estimó considerando el número total de florecillas polinizadas con el número de granos fecundados.

### **3.7.5. Número de semillas cosechadas**

Al momento de la madurez fisiológica de la semilla F1, se contabilizaron las semillas cosechadas por espiga.

### **3.7.6. Porcentaje de semillas cosechadas**

Para realizar este cálculo se consideraron dos variables como se muestra en la siguiente fórmula:  $\text{Semillas fecundadas} / \text{semillas cosechadas} * 100$ .

## IV. Resultados

### 4.1. Progenitores Masculinos

#### 4.1.1. Número de flores emasculadas (polinizadas)

En esta variable, el análisis de varianza realizado para los progenitores masculinos, encontró alta significancia estadística (**Anexo 1**).

El Test de Tukey al 5 %, determinó que el progenitor Br-101-UTB obtuvo el valor más alto con un promedio de 733,38, mientras que el progenitor FI-104-UTB presentó el menor valor con una media de 304,50 flores emasculadas. En la Tabla 2, se observan los resultados.

**Tabla 1.** Número de flores emasculadas (polinizadas) de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz. FACIAG-UTB Ecuador, 2017.

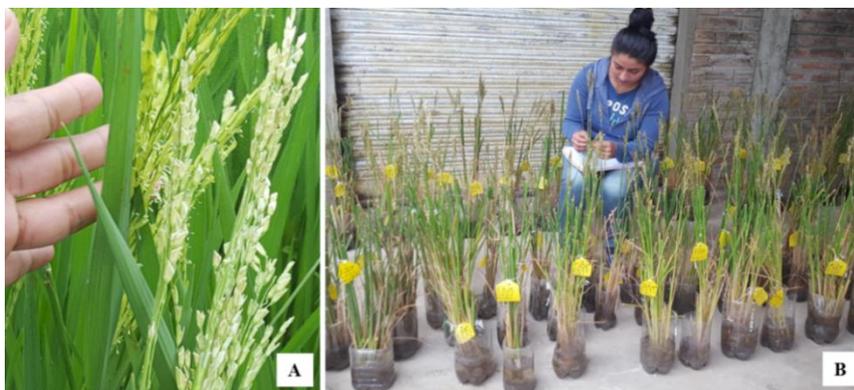
Progenitor M	Medias	N	E.E.	Comparación		
BR-101-UTB	733,38	13	64,91	A		
FE-103-UTB	643,54	13	64,91	A	B	
FL-109-UTB	587,77	13	64,91	A	B	C
SH-108-UTB	539,92	13	64,91	A	B	C
G-111-UTB	427,23	13	64,91	A	B	C
CA-102-UTB	423,69	13	64,91	A	B	C
FL-110-UTB	414,23	13	64,91		B	C
BA-100-UTB	404,00	13	64,91		B	C
FI-106-UTB	403,69	13	64,91		B	C
G-113-UTB	394,92	12	67,57		B	C
G-112-UTB	385,00	12	67,57		B	C
FI-105-UTB	355,69	13	64,91		B	C
FI-107-UTB	333,58	12	67,57		B	C
FI-104-UTB	304,50	12	67,57			C

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

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=312,29337**

*Error: 54781,0079 gl: 164*

En la Figura 13, se muestra la polinización y conteo de las flores emasculadas en cada uno de los parentales masculinos.



**Figura 13.** Números de flores emasculadas (polinizadas): flores polinizadas de los individuos cruces parentales masculinos (A); conteo de las flores emasculadas (B).

#### 4.1.2. Número de flores fecundadas

De acuerdo a esta variable, el análisis de varianza realizado para los progenitores masculinos, reportó alta significancia estadística entre los catorce parentales (**Anexo 2**).

El resultado del Test de Tukey al 5 %, determinó que el progenitor FE-103-UTB obtuvo el mayor valor con un promedio de 244,08 flores fecundadas. Sin embargo; el progenitor FI-107-UTB obtuvo el menor valor con una media de 83,83. En la Tabla 4, se observan los resultados de la prueba de Tukey.

**Tabla 2.** Número de flores fecundadas de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

Progenitor M	Medias	N	E.E.	Comparación			
FE-103-UTB	244,08	13	25,00	A			
BR-101-UTB	233,15	13	25,00	A	B		
FL-109-UTB	213,77	13	25,00	A	B	C	
CA-102-UTB	192,08	13	25,00	A	B	C	D
G-112-UTB	180,75	12	26,02	A	B	C	D
SH-108-UTB	174,85	13	25,00	A	B	C	D
BA-100-UTB	173,69	13	25,00	A	B	C	D
FL-110-UTB	162,85	13	25,00	A	B	C	D
G-113-UTB	131,83	12	26,02	A	B	C	D
G-111-UTB	124,77	13	25,00	A	B	C	D
FI-106-UTB	117,15	13	25,00		B	C	D
FI-105-UTB	103,23	13	25,00			C	D
FI-104-UTB	93,75	12	26,02			C	D
FI-107-UTB	83,83	12	26,02				D

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

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=120,24659**

**Error: 8121,7570 gl: 164**

#### 4.1.3. Número de flores no fecundadas

Se observa el resultado del análisis de varianza realizado con el número de flores no fecundadas de los progenitores masculinos, en el cual se encontró alta significancia estadística entre los catorce progenitores (**Anexo 3**).

El Test de Tukey al 5 % determinó que la Br-101-UTB alcanzó el valor más alto con un promedio de 500,23 flores no fecundadas; de la misma forma, el progenitor G-112-UTB obtuvo el menor valor con una media de 204,25. En la Tabla 6, se observan los resultados de la prueba de Tukey.

**Tabla 3.** *Número de flores no fecundadas de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.*

Progenitor M	Medias	n	E.E.	Comparación	
BR-101-UTB	500,23	13	48,01	A	
FE-103-UTB	399,46	13	48,01	A	B
FL-109-UTB	374	13	48,01	A	B
SH-108-UTB	364,92	13	48,01	A	B
G-111-UTB	302,46	13	48,01	A	B
FI-106-UTB	288,15	13	48,01	A	B
G-113-UTB	263,08	12	49,97		B
FI-105-UTB	252,46	13	48,01		B
FL-110-UTB	251,38	13	48,01		B
FI-107-UTB	249,75	12	49,97		B
CA-102-UTB	231,62	13	48,01		B
BA-100-UTB	230,31	13	48,01		B
FI-104-UTB	210,75	12	49,97		B
G-112-UTB	204,25	12	49,97		B

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

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=230,95153**

*Error: 29960,3000 gl: 164*

#### 4.1.4. Flores fecundadas (%)

En esta variable, el análisis de varianza demostró significancia estadística entre los progenitores masculinos (**Anexo 4**).

Con respecto al resultado de Test de Tukey al 5 % (Tabla 8), reportó que el progenitor G-112-UTB, alcanzó el mayor valor con una media de 48,08 % de flores fecundadas; siendo el progenitor FI-107-UTB el que presentó el menor valor con un promedio de 26,17 %.

**Tabla 4.** Flores fecundadas (%), de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

Progenitor M	Medias	N	E.E.	comparación	
G-112-UTB	48,08	12	4,36	A	
FL-110-UTB	47,92	13	4,18	A	
CA-102-UTB	45,77	13	4,18	A	B
BA-100-UTB	45,08	13	4,18	A	B
FL-109-UTB	38,31	13	4,18	A	B
FE-103-UTB	37,08	13	4,18	A	B
FI-106-UTB	34,46	13	4,18	A	B
G-113-UTB	33,33	12	4,36	A	B
SH-108-UTB	33,31	13	4,18	A	B
FI-104-UTB	33,17	12	4,36	A	B
BR-101-UTB	31,38	13	4,18	A	B
FI-105-UTB	29,31	13	4,18	A	B
G-111-UTB	27,46	13	4,18		B
FI-107-UTB	26,17	12	4,36		B

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

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=20,13101**

*Error: 227,6332 gl: 164*

#### **4.1.5. Número de semillas cosechadas**

Lo que establece a esta variable, se llevó a cabo el análisis de varianza de semillas cosechadas, demostrando alta significancia estadística entre los progenitores masculinos (**Anexo 5**).

En relación a los resultados de Test de Tukey al 5 % (Tabla 10), resultó que el progenitor FE-103-UTB, logró el mayor valor con una media de 209,23. Sin embargo; el progenitor FI-104-UTB, obtuvo el menor valor con un promedio de 30,58 de semillas cosechadas.

En las Figuras 14, 15 y 16, se muestran las semillas resultantes de los cruces cuando se utilizaron los progenitores masculinos.

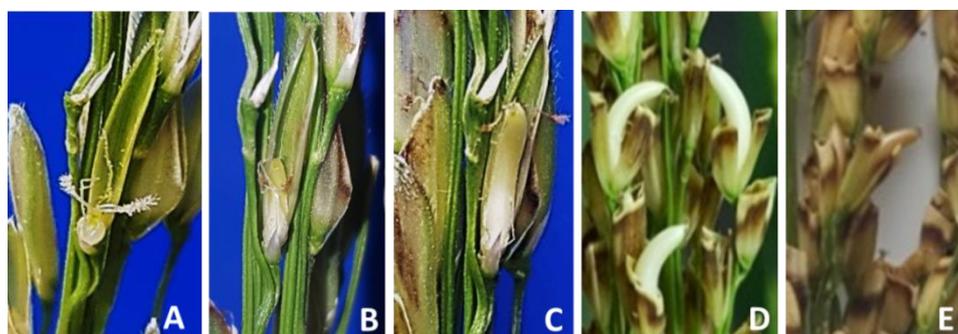
**Tabla 5.** Número de semillas cosechadas de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017

Progenitor M	Medias	N	E.E.	Comparación			
FE-103-UTB	209,23	13	21,07	A			
BR-101-UTB	197,92	13	21,07	A	B		
SH-108-UTB	142,08	13	21,07	A	B	C	
G-112-UTB	132,67	12	21,94	A	B	C	
FL-109-UTB	132,46	13	21,07	A	B	C	
CA-102-UTB	132,38	13	21,07	A	B	C	
FL-110-UTB	130,85	13	21,07	A	B	C	D
G-113-UTB	106,00	12	21,94		B	C	D
G-111-UTB	100,38	13	21,07		B	C	D
BA-100-UTB	84,00	13	21,07			C	D
FI-106-UTB	69,38	13	21,07			C	D
FI-107-UTB	66,00	12	21,94			C	D
FI-105-UTB	48,46	13	21,07			C	D
FI-104-UTB	30,58	12	21,94				D

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=101,38796

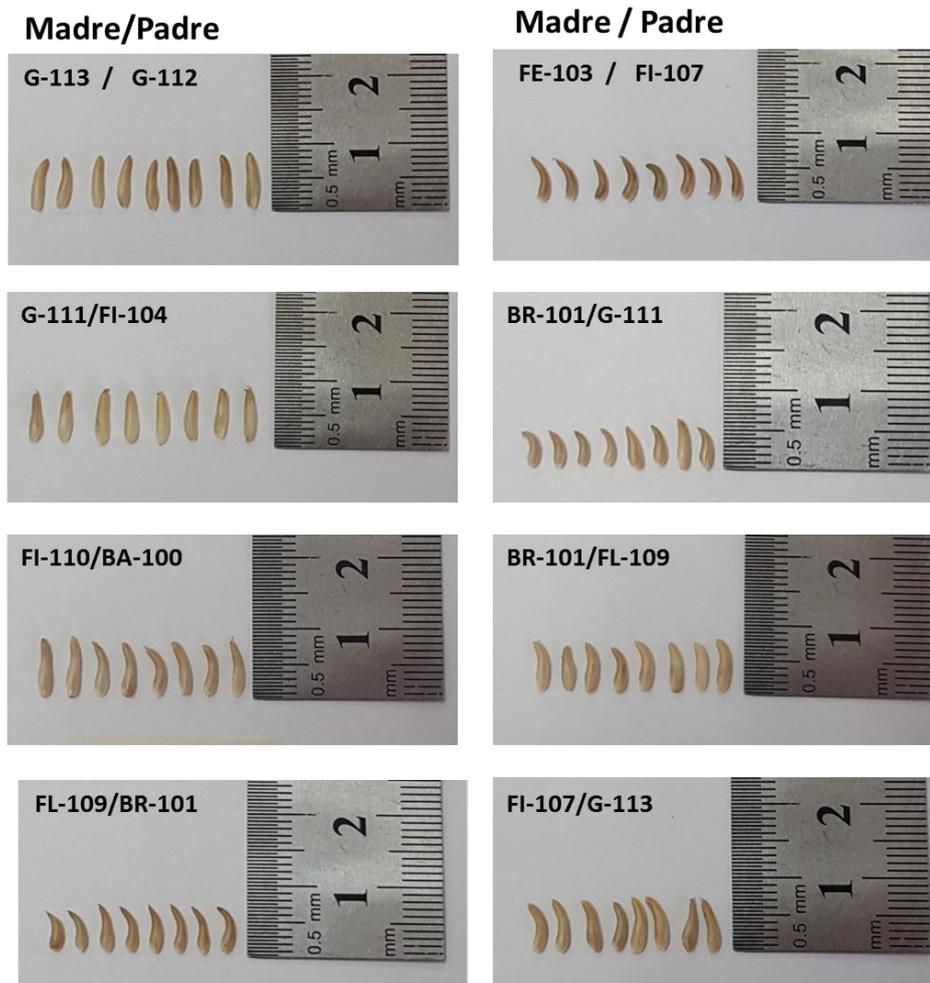
Error: 5774,0068 gl: 164



**Figura 14.** Formación de los granos polinizados de arroz. Óvulo antes de la polinización (A). Embrión en formación 4 días después de la polinización. Embrión de 6 días de formación (C), embriones de 15 días de formación (D) y semilla de 30 días fisiológicamente madura lista para la cosecha (E).



**Figura 15.** Muestra de semillas cosechadas con y sin glumas (A y B).



**Figura 16.** Semillas F1 cosechadas a partir de los parentales masculinos.

#### 4.1.6. Semillas cosechadas (%)

Con respecto a las semillas cosechadas, en esta variable, el análisis de varianza realizado para progenitores masculinos, detectó que hubo alta significancia estadística entre los catorce progenitores evaluados (**Anexo 6**).

De acuerdo a los resultados obtenidos con el test de Tukey al 5 %, demostró que el progenitor FE-103-UTB, alcanzó el mayor valor con un promedio de 84,85 %, a diferencia del progenitor FI-104-UTB, que obtuvo el menor valor, con una media de 36,33 %. En la Tabla 12, se observan los resultados obtenidos de la prueba de Tukey.

**Tabla 6.** Porcentaje de semillas cosechadas de los progenitores masculinos, para la obtención de semilla F1 de arroz. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

Progenitor M	Medias	N	E.E.	Comparación		
FE-103-UTB	84,85	13	5,47	A		
FL-110-UTB	81,62	13	5,47	A	B	
SH-108-UTB	80,77	13	5,47	A	B	
BR-101-UTB	80,54	13	5,47	A	B	
G-113-UTB	78,67	12	5,69	A	B	
FI-107-UTB	78,08	12	5,69	A	B	
G-112-UTB	75,67	12	5,69	A	B	
G-111-UTB	75,23	13	5,47	A	B	
CA-102-UTB	63,77	13	5,47	A	B	C
FL-109-UTB	60,38	13	5,47	A	B	C D
FI-106-UTB	57,77	13	5,47		B	C D
BA-100-UTB	46,23	13	5,47			C D
FI-105-UTB	44,92	13	5,47			C D
FI-104-UTB	36,33	12	5,69			D

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=26,31708

Error: 389,0272 gl: 164

## 4.2. Progenitores Femeninos

### 4.2.1. Número de flores emasculadas (polinizadas)

Con respecto a los progenitores femeninos, el análisis de varianza realizado reportó significancia estadística entre los progenitores evaluados (**Anexo 7**).

En relación al Test de Tukey al 5 %, reportó que la Br-101-UTB como progenitor femenino obtuvo el valor más alto con un promedio de 719,0, contrastando con el progenitor SH-108-UTB, que presentó el menor valor con una media de 311,31. En la Tabla 14, se presentan los resultados de la prueba de Tukey 5 %.

**Tabla 7.** Número de flores emasculadas (polinizadas) de los progenitores femeninos, para la obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

Progenitor F	Medias	N	E.E.	Comparación	
BR-101-UTB	719,00	13	68,20	A	
FE-103-UTB	521,92	13	68,20	A	B
G-112-UTB	511,15	13	68,20	A	B
FI-104-UTB	506,50	12	70,99	A	B
FL-109-UTB	494,77	13	68,20	A	B
G-111-UTB	483,00	13	68,20	A	B
FI-106-UTB	456,15	13	68,20	A	B
CA-102-UTB	427,54	13	68,20	A	B
FI-105-UTB	412,67	12	70,99	A	B
FI-107-UTB	403,58	12	70,99	A	B
BA-100-UTB	388,00	13	68,20		B
G-113-UTB	383,50	12	70,99		B
FL-110-UTB	354,23	13	68,20		B
SH-108-UTB	311,31	13	68,20		B

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

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=328,10741**

Error: 60469,5275 gl: 164

#### 4.2.2. Números de flores fecundadas

Con relación a los catorce progenitores femeninos en este estudio, indican que el análisis de varianza obtuvo significancia estadística entre los progenitores (**Anexo 8**).

En correspondencia al Test de Tukey al 5 %, el progenitor femenino Br-101-UTB alcanzó el valor más alto con una media 219,31, en contraste con el progenitor SH-108-UTB, que presentó el menor valor con un promedio media de 79,46. Los resultados de la prueba de Tukey 5 %, se presentan en la Tabla 16.

**Tabla 8.** Números de flores fecundadas de los progenitores femeninos, en la Obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

Progenitor F	Medias	N	E.E.	Comparación	
BR-101-UTB	219,31	13	26,68	A	
FE-103-UTB	199,54	13	26,68	A	B
CA-102-UTB	194,85	13	26,68	A	B
G-112-UTB	189,46	13	26,68	A	B
FL-109-UTB	189,38	13	26,68	A	B
G-111-UTB	169,54	13	26,68	A	B
FI-106-UTB	166,31	13	26,68	A	B
FI-105-UTB	162,00	12	27,77	A	B
FI-107-UTB	153,00	12	27,77	A	B
FI-104-UTB	149,92	12	27,77	A	B
G-113-UTB	129,58	12	27,77	A	B
FL-110-UTB	123,85	13	26,68	A	B
BA-100-UTB	111,62	13	26,68	A	B
SH-108-UTB	79,46	13	26,68	B	

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

*Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=128,36607*

*Error: 9255,6087 gl: 164*



**Figura 17.** Números de flores fecundadas: plantas polinizadas cubiertas con fundas de papel para su protección con polen extraño (A); semillas en desarrollo parcialmente expuestas por sus glumas cortadas (B y C).

### 4.2.3. Número de flores no fecundadas

Con relación a los progenitores femeninos, el análisis de varianza realizado reportó significancia estadística entre los progenitores evaluados (**Anexo 9**).

En relación al Test de Tukey al 5 %, reportó que la BR-101 como progenitor femenino obtuvo el valor más alto con un promedio de 499,23, discrepando con el progenitor FL-110-UTB, que presentó el menor valor con una media de 230,38. En la Tabla 18, presentan los resultados de la prueba de Tukey 5 %.

**Tabla 9.** Número de flores no fecundadas de los progenitores femeninos, para la obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

Progenitor F	Medias	N	E.E.	Comparación	
BR-101-UTB	499,23	13	49,77	A	
FI-104-UTB	356,58	12	51,81	A	B
FE-103-UTB	322,23	13	49,77	A	B
G-112-UTB	321,69	13	49,77	A	B
G-111-UTB	315,54	13	49,77	A	B
FL-109-UTB	305,38	13	49,77	A	B
FI-106-UTB	289,85	13	49,77	A	B
BA-100-UTB	276,38	13	49,77	A	B
G-113-UTB	253,92	12	51,81		B
FI-105-UTB	250,67	12	51,81		B
FI-107-UTB	250,58	12	51,81		B
CA-102-UTB	232,69	13	49,77		B
SH-108-UTB	231,85	13	49,77		B
FL-110-UTB	230,38	13	49,77		B

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

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=239,45851**

*Error: 32208,0940 gl: 164*

### 4.2.4. Flores fecundadas (%)

El análisis de varianza realizado entre los catorce progenitores femeninos utilizados en este estudio, demostró que hubo significancia estadística entre los progenitores (**Anexo 10**).

En lo que corresponde al test de Tukey al 5 %, indicó que el valor más alto lo alcanzó el CA-102-UTB como progenitor femenino, con un promedio de 46,85 %; siendo significativamente diferente con el progenitor SH-108-UTB, que obtuvo menor valor, con una media de 25,46 % de flores fecundadas. Los resultados de la prueba de Tukey 5 % se observan en la Tabla 20.

**Tabla 10.** Flores fecundadas (%) de los progenitores femeninos, para la obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

Progenitor F	Medias	N	E.E.	Comparación	
CA-102-UTB	46,85	13	4,44	A	
FI-105-UTB	41,25	12	4,62	A	B
G-112-UTB	40,46	13	4,44	A	B
FI-107-UTB	39,83	12	4,62	A	B
G-111-UTB	38,77	13	4,44	A	B
FI-106-UTB	38,08	13	4,44	A	B
FL-109-UTB	36,85	13	4,44	A	B
FL-110-UTB	36,62	13	4,44	A	B
FE-103-UTB	35,54	13	4,44	A	B
G-113-UTB	35,17	12	4,62	A	B
FI-104-UTB	33,75	12	4,62	A	B
BR-101-UTB	32,46	13	4,44	A	B
BA-100-UTB	30,46	13	4,44	A	B
SH-108-UTB	25,46	13	4,44		B

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

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=21,36775**

*Error: 256,4615 gl: 164*

#### 4.2.5. Número de semillas cosechadas

El análisis de varianza realizado en los catorce progenitores femeninos obtuvo significancia estadística (**Anexo 11**).

En concordancia al Test de Tukey al 5 %, informó que la CA-102-UTB como progenitor femenino alcanzó el valor más alto con un promedio de 161,23 semillas, contrastando con el progenitor SH-108-UTB, que exhibió el menor valor con una media de 46,31. En la Tabla 22, se presentan los resultados de la prueba de Tukey 5 %.

**Tabla 11.** Número de semillas cosechadas de los progenitores femeninos, en la Obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

Progenitor F	Medias	N	E.E.	Comparación	
CA-102-UTB	161,23	13	23,58	A	
FE-103-UTB	158,38	13	23,58	A	B
FL-109-UTB	147,31	13	23,58	A	B
G-112-UTB	143,69	13	23,58	A	B
BR-101-UTB	142,69	13	23,58	A	B
G-111-UTB	123	13	23,58	A	B
FI-105-UTB	113,08	12	24,54	A	B
FI-107-UTB	110,75	12	24,54	A	B
FI-106-UTB	110,31	13	23,58	A	B
FI-104-UTB	98,33	12	24,54	A	B
FL-110-UTB	79,62	13	23,58	A	B
G-113-UTB	78	12	24,54	A	B
BA-100-UTB	74,69	13	23,58	A	B
SH-108-UTB	46,31	13	23,58		B

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

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=113,41845**

Error: 7225,5665 gl : 164

#### 4.2.6. Semillas cosechadas (%)

En relación al resultado del análisis de varianza realizado para los catorce progenitores femeninos, determinó que no hubo significancia estadísticas entre los progenitores (**Anexo 12**).

El resultado de test de Tukey al 5 % (Tabla 24), demostró que los valores obtenidos fueron similares; sin embargo, entre los catorce progenitores femeninos evaluados, el valor más alto fue el FE-103-UTB, con un promedio de 80,31 % de semillas cosechadas, y el progenitor G-113-UTB obtuvo el menor valor con una media 56,67 %.

**Tabla 12.** Semillas cosechadas (%) de los progenitores femeninos, para la obtención de semilla F1 de arroz, FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

Progenitor F	Medias	n	E.E.	Comparación
FE-103-UTB	80,31	13	6,84	A
CA-102-UTB	75,08	13	6,84	A
G-112-UTB	71,08	13	6,84	A
FL-109-UTB	69,92	13	6,84	A
FI-106-UTB	69,77	13	6,84	A
G-111-UTB	69,54	13	6,84	A
FI-105-UTB	66,58	12	7,12	A
FL-110-UTB	65,77	13	6,84	A
BR-101-UTB	65,77	13	6,84	A
FI-107-UTB	64,75	12	7,12	A
FI-104-UTB	64,33	12	7,12	A
BA-100-UTB	62,92	13	6,84	A
SH-108-UTB	61,08	13	6,84	A
G-113-UTB	56,67	12	7,12	A

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

**Test: Tukey Alfa=0, 05 DMS=32, 89731**

*Error: 607,8905 gl: 164*

#### **4.3. Correlaciones lineales sin discriminar los progenitores.**

En lo referente al resultado de las correlaciones lineales entre las variables sin discriminar los progenitores (Cuadro 4), se encontró una correlación lineal creciente altamente correlacionada. Es el caso de la correlación entre la variable flores emasculadas con la variable flores fecundadas, que obtuvo un valor de 0,797. La misma tendencia tuvieron las flores emasculadas con las flores no fecundadas logrando un valor de 0,946. Las flores emasculadas también se correlacionaron con las semillas cosechadas, presentando un valor de 0,723. Igualmente, se aprecia que las flores fecundadas con las semillas cosechadas estuvieron altamente correlacionadas, estableciendo un valor de 0,918.

**Cuadro 4.** Resultados del análisis de correlaciones lineales entre las variables sin discriminar progenitores.

Variabes	Flores Emasculadas	Flores Fecundadas	Flores No Fecundadas	Flores Fecundadas (%)	Semillas Cosechadas	Semillas Cosechadas (%)
Flores Emasculadas	1					
Flores Fecundadas	<b>0,797</b>	1				
Flores No Fecundadas	<b>0,946</b>	0,558	1			
Flores Fecundadas (%)	-0,156	0,386	-0,422	1		
Semillas Cosechadas	<b>0,723</b>	<b>0,918</b>	0,500	0,346	1	
Semillas Cosechadas (%)	0,168	0,229	0,107	0,082	0,529	1

$r_{0,05} = 0,147$

#### 4.4. Correlaciones lineales entre las variables con el mejor progenitor masculino.

##### 4.4.1. Progenitor Masculino BR-101-UTB

Se efectuó también el análisis de correlación lineal entre las variables con el mejor progenitor masculino, en este caso el BR-101-UTB (Cuadro 5), en el cual se observó una correlación lineal creciente. Muestra que las variables flores emasculadas con flores fecundadas alcanzó un valor de 0,842. Similar disposición obtuvieron las variables flores emasculadas con la variable flores no fecundadas, obteniendo un valor de 0,948. Las flores fecundadas también se correlacionaron con el porcentaje de flores fecundadas, mostrando un valor de 0,705. De la misma manera se apreció que las flores emasculadas con las semillas cosechadas, dio un valor de 0,772. Se correlacionaron también las flores fecundadas junto a las semillas cosechadas con un valor de 0,961. El porcentaje de flores fecundadas con las semillas cosechadas, obtuvo un valor de 0,74. Se plantea que las semillas cosechadas y con el porcentaje de semillas cosechadas % representó un valor de 0,734.

**Cuadro 5.** Resultados del análisis de correlaciones lineales entre variables con el mejor progenitor masculino: BR- 101-UTB.

Variables	Flores Emasculadas	Flores Fecundadas	Flores No Fecundadas	Flores Fecundadas (%)	Semillas Cosechadas	Semillas Cosechadas (%)
Flores Emasculadas	1					
Flores Fecundadas	<b>0,842</b>	1				
Flores No Fecundadas	<b>0,948</b>	0,626	1			
Flores Fecundadas (%)	0,239	<b>0,705</b>	-0,070	1		
Semillas Cosechadas	<b>0,772</b>	<b>0,961</b>	0,549	<b>0,74</b>	1	
Semillas Cosechadas (%)	0,375	0,522	0,234	0,515	<b>0,734</b>	1

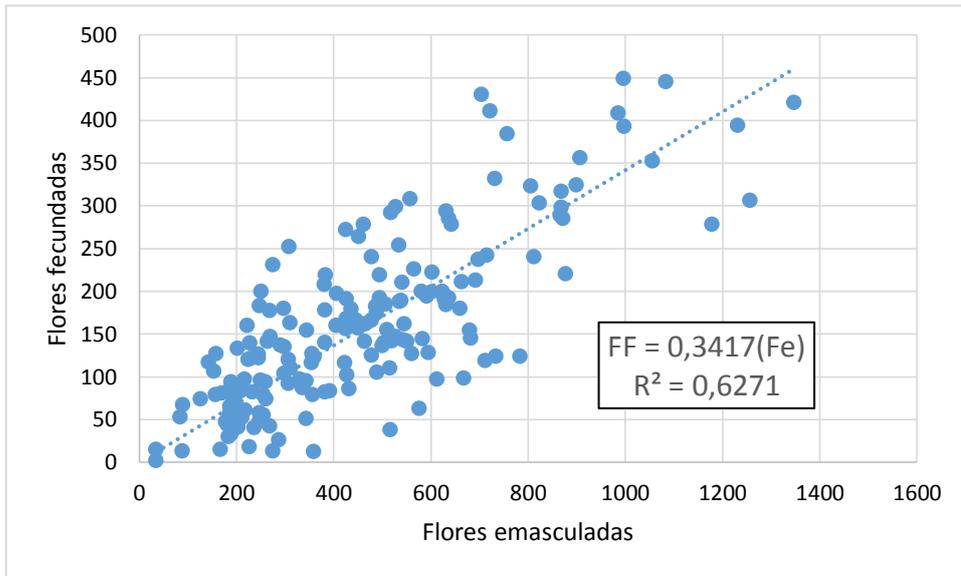
#### 4.4.2. Progenitor Masculino FI-105-UTB.

Se realizaron las correlaciones lineales entre las variables con el mejor progenitor masculino: FI-105-UTB (Cuadro 6), en el cual se localizaron correlaciones lineales crecientes correlacionadas. Este análisis mostró que las variables flores emasculadas se correlacionaron con las flores fecundadas, con un valor de 0,775. Respecto a la correlación entre las flores emasculadas con flores no fecundadas, se dio un valor de 0,959. Las flores emasculadas con semillas cosechadas dieron lugar a una correlación; siendo así que se presentó un valor de 0,718. En los mismos resultados, la variable flores fecundadas se correlaciona con la variable semillas cosechadas, dando lugar a un valor de 0,901.

**Cuadro 6.** Resultados del análisis de correlaciones lineales entre variables con el mejor progenitor masculino: FI-105-UTB.

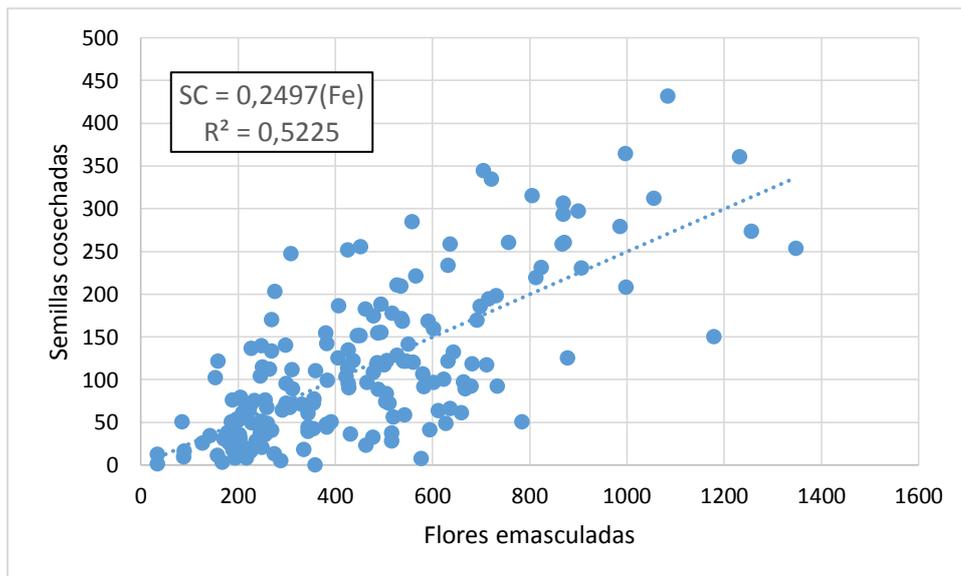
Variables	Flores Emasculadas	Flores Fecundadas	Flores No Fecundadas	Flores Fecundadas (%)	Semillas Cosechadas	Semillas Cosechadas (%)
Flores Emasculadas	1					
Flores Fecundadas	<b>0,775</b>	1				
Flores No Fecundadas	<b>0,959</b>	0,565	1			
Flores Fecundadas (%)	-0,041	0,566	-0,308	1		
Semillas Cosechadas	<b>0,718</b>	<b>0,901</b>	0,533	0,429	1	
Semillas Cosechadas (%)	0,109	0,178	0,063	0,017	0,509	1

De acuerdo a la gráfica de correlación, se determinó que por cada 100 flores emasculadas se logran 34 flores fecundadas (Figura 18).



**Figura 18.** Correlación entre las variables flores emasculadas y flores fecundadas.

Así mismo los resultados indicaron que por cada 100 flores emasculadas se cosecharon 25 semillas (Figura 19).



**Figura 19.** Correlación entre las variables Flores emasculadas y semillas cosechadas.

## V. Discusión

De acuerdo a lo mencionado por Sankarung, Holguín y Llanos (1989), cuando se realizan los cruces, es conveniente observar periódicamente el desarrollo de las semillas, con el fin de prever la necesidad de repetir los cruces si el número de semillas resultantes es insuficiente. Los autores mencionan que se requieren aproximadamente 50 semillas de la F1 para cada cruce simple y 150 a 200 semillas para los cruces dobles o triples. Los cruzamientos deben garantizar un número adecuado de semillas F1, para que sea fácil rechazar en forma estricta las poblaciones F2 inferiores y así aumentar las probabilidades de éxito. En este estudio, los resultados indicaron que el FI-105-UTB y el FI-104-UTB, cuando se utilizaron como progenitores masculinos, se obtuvieron los valores más bajos de semilla, con 48,46 y 30,58 semillas, respectivamente. Los progenitores restantes estuvieron en el rango de 66 a 209 semillas. Igualmente, cuando se evaluó el SH-108-UTB, fue el único progenitor femenino que obtuvo 46,31 semillas, los restantes progenitores femeninos estuvieron en el rango de 74 y 161 semillas. La mayor parte del número de semillas que se obtuvieron en este estudio, se encuadran en los resultados que obtuvieron los autores anteriormente mencionados.

De acuerdo a los estudios realizados por Jennings, Coffman y Kauffman (1981), en mejoramiento genético de arroz, quienes mencionan que al obtener un número de semillas formadas como es el caso del cruce P752 en la cual se obtuvo 31 semillas y el cruce P985 con un total de 118 semillas. Aunque estos autores no mencionan el número de flores emasculadas con el que iniciaron el trabajo, esos valores se aproximan con los valores que se han obtenido en este estudio para la variable de número de semillas formadas.

Cabe indicar también que es importante considerar que después de la polinización, se debe esperar apenas un 25 % de semillas formadas, aunque al realizar una evaluación de la formación del embrión a los doce días, se observan ya semillas fecundadas, sin embargo; esto no indica que todas las semillas sobreviven hasta el momento de la cosecha, de acuerdo a los resultados que se obtuvieron en este estudio.

## **VI. Conclusiones y Recomendaciones**

### **6.1. Conclusiones**

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

En este estudio se puede concluir que los progenitores Br-101-UTB y FI-105-UTB fueron los de mejor comportamiento ante las variables evaluadas.

Se concluye también que por cada 100 flores emasculadas y flores fecundadas se lograron un total de 34 flores fecundadas.

Igualmente, se concluye que por cada 100 flores emasculadas, se obtuvieron 25 semillas cosechadas.

### **6.2. Recomendaciones**

Continuar el estudio con las poblaciones F1 de arroz índico, para determinar el comportamiento agronómico y productivo del cultivo a través de futuras generaciones hasta lograr un material genéticamente mejorado y adaptado a las condiciones ecuatorianas.

## VII. RESUMEN

La falta de variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.), hace que se inicien programas de mejoramiento genético en el Ecuador. Variedades de la subespecie indica, son las más preferidas para su consumo a nivel nacional, de las cuales fueron utilizadas en este estudio, con el objetivo de obtener semillas segregantes F1 de arroz tipo indica de genética superior para la generación de nuevas variedades. El ensayo se estableció en el sector del Proyecto CEDEGE, Hacienda Valle Verde, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos.

Se utilizaron catorce cultivares de arroz tipo indica de diferente procedencia, con los que se realizaron cruces recíprocos. Las variedades evaluadas fueron: BA-100-UTB, BR-101-UTB, CA-102-UTB, FE-103-UTB, FI-104-UTB, FI-105-UTB, FI-106-UTB, FI-107-UTB, SH-108-UTB, FL109-UTB, FL-110-UTB, G-111-UTB, G-112-UTB y G-113-UTB.

Los resultados mostraron que se obtuvieron un total de 178 cruces y todos los cruces produjeron semillas formadas a partir de las flores emasculadas. Utilizando las regresiones lineales resultó que por cada 100 flores emasculadas se obtiene un total de 34 flores fecundadas. Igualmente, por cada 100 flores emasculadas se obtiene un total 25 semillas cosechadas. En este estudio se concluye que, los progenitores Br-101-UTB y FI-105-UTB fueron los de mejor comportamiento ante las variables evaluadas. Se recomienda continuar el estudio con las poblaciones F1 de arroz índico, para determinar el comportamiento agronómico y productivo del cultivo a través de futuras generaciones hasta lograr un material genéticamente mejorado y adaptado a las condiciones ecuatorianas.

### **Palabras Claves:**

Hibridación Simple, Arroz Indica, Emasculación, Polinización, Semillas Fecundadas.

## VIII. SUMMARY

The lack commercial varieties of rice (*Oryza sativa* L.), encourage to begin new breeding programs in Ecuador. Rice varieties of the subspecies indica, are the most preferred for consumption at the national level, of which were used in this study, with the aim of obtaining segregant F1 seeds of indica-type rice of superior genetics for the generation of new varieties. The trial was established in the sector of the CEDEGE Project, Valle Verde farm, canton Babahoyo, Los Ríos province. Fourteen indica rice cultivars from different countries were used, using reciprocal crosses. The varieties evaluated were: BA-100-UTB, BR-101-UTB, CA-102-UTB, FE-103-UTB, FI-104-UTB, FI-105-UTB, FI-106-UTB, FI-107 -UTB, SH-108-UTB, FL109-UTB, FL-110-UTB, G-111-UTB, G-112-UTB and G-113-UTB. The results showed that a total of 178 crosses were obtained and all the crosses produced seeds formed from the emasculated flowers. Using the linear regressions it was found that for every 100 emasculated flowers a total of 34 fertilized flowers were obtained. Likewise, for every 100 emasculated flowers a total of 25 harvested seeds were obtained. In this study, it is concluded that the progenitors Br-101-UTB and FI-105-UTB were those with the best behavior considering the evaluated variables. It is recommended to continue the study with the F1 populations of indica rice, to determine the agronomic and productive behavior of the crop through future generations until achieving a genetically improved material adapted to the Ecuadorian conditions.

### **Keywords:**

Simple Hybridization, Indica Rice, Emasculation, Pollination, Fertilized Seeds.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo, M. A., Castrillo, W. A., Belmonte, U. C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 151-170. Obtenido de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2006000200001](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001)
- Arana Vera, V. (2016). Hibridación interespecífica de arroz (*Oriza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. *japónica*) para la obtención de segregantes F1 con potencial genético en el desarrollo de germoplasma. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babhoyo.
- Benítez Riquelme, I. (2002). Selección recurrente con progenies endogámicas de especies autógamias: eficiencias de campo. *Redalyc*, 36(1), 55-65. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/302/30236106.pdf>
- Berrio Orozco, L. E., Torres Toro, É. A., Barona Valencia, J., Cuásquer Sedano, J. B. (2016). Diversidad genética de las variedades de arroz Flar liberadas entre 2003-2014. *Agron. Mesoam.*, 27(2), 217-231. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43745945001>
- Camarena Mayta, F., Chura Chuquiya, J., Blas Sevillano, R. (2014). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. Lima, Perú. Obtenido 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)
- Camarena Mayta, F., Chura Chuquiya, J., Blas Sevillano, R. (2012). Mejoramiento genético de las plantas. Perú: UNALM.
- Días Solís, S., Morejón Rivera, R., Onicka Chisholm, O., Castro Álvarez, R. (2015). Evaluación de nuevas líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidas por hibridaciones dentro del programa de mejoramiento genético del cultivo en Cuba.

- Cultivos Tropicales*, 36(3), 115-123. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n3/ctr18315.pdf>
- Franquet Benis, J., Borrás Pámies, C. (2004). Metodología para la realización de cruzamientos. Universitat Internacional de Catalunya.
- Friedmann, A., Weil. (2010). United States Agency for International Development. Obtenido de Arroz negocio creciente: <http://www.mag.gov.py/usaidd/arroz%20negocio%20creciente%202010.pdf>.
- Hernández Delgado, G., Larralde Riadura, H., & Sánchez Castillo, J. (2008). Hibridación: ¿promiscuidad biológica? *CIENCIA*, págs. 22-23.
- Jenning, P., Coffman, W., & Kauffman, H. (1981). Mejoramiento de arroz. Cali, Colombia. Obtenido de [http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/SB191.R5\\_J41\\_C.2\\_Mejoramiento\\_de\\_arroz.pdf](http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB191.R5_J41_C.2_Mejoramiento_de_arroz.pdf).
- La producción y el comercio internacional de arroz. (2007). Obtenido de <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REE71156p.pdf>
- Labrín Sotomayor, N. (2007). Estudio de la resistencia en variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) venezolanas al virus de la hoja blanca. Turrialba, Costa Rica. Obtenido de <http://www.sidalc.net/repdoc/a1062e/a1062e.pdf>
- Olmos, S. (2006). Apunte de morfología, fenología, ecofisiología y mejoramiento genético del arroz. Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE, Argentina. Obtenido de <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/ApunteMORFOLOGIA.pdf>
- Ortiz Avila, E. (2013). Evaluación de 32 poblaciones F2 de arroz (*Oryza sativa*, L.) provenientes de cruces simples. Tesis de Grado, Babahoyo, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/196/6/T-UTB-FACIAG-AGR-000057.pdf>

- Parraguirre Lezama, C., Vargas Hernández, J., Ramírez Vallejo, P., Ramírez Herrera, C. (2004). Sistema de cruzamiento en cuatro poblaciones naturales de *Pinus greggii* engelm. *Agrociencia*, 38(1), 107-119. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30238111>
- Pieters, A., Graterol, E., Reyes, E., Álvares, R., & González, A. (2011). Cincuenta años de mejoramiento genético del arroz en Venezuela. *Interciencias*, 36(12), 943-948. Obtenido de [www.researchgate.net/profile/Alejandro\\_Pieters/publication/237033151\\_Cincuenta\\_anos\\_de\\_mejoramiento\\_genetico\\_del\\_arroz\\_en\\_Venezuela\\_Que\\_se\\_ha\\_logrado/links/0046353b4794978a5b000000/Cincuenta-anos-de-mejoramiento-genetico-del-arroz-en-Venezuela-Que-se-ha-l](http://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Pieters/publication/237033151_Cincuenta_anos_de_mejoramiento_genetico_del_arroz_en_Venezuela_Que_se_ha_logrado/links/0046353b4794978a5b000000/Cincuenta-anos-de-mejoramiento-genetico-del-arroz-en-Venezuela-Que-se-ha-l)
- Pincirolí, M. (2015). Arroz: origen y sistemática. En: El arroz alimento de millones. Buenos Aires. Obtenido de [http://www1.faa.unicen.edu.ar/pub/Arroz\\_Alimento\\_de\\_millones.pdf](http://www1.faa.unicen.edu.ar/pub/Arroz_Alimento_de_millones.pdf)
- Quiroz Chávez, J., García Pérez, L., Quiroz Figueroa, F. (2012). Mejoramiento vegetal usando genes con funciones conocidas. *Ra Ximhai*, 8(3b), 79-92. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46125177009>
- Ramírez, A., Días P, L., Zaczuk B, P., Piler C, C. W., Ramírez A, J. L. (2010). Calidad del arroz de tierras altas en función del tiempo de cocción y del cultivar de arroz. *Sciencia Agraria*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99515218010>
- Rosero, M., & González, J. (2005). Morfología de la planta de arroz. Cali, Colombia. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=DTfQy22\\_\\_PcC&pg=PA1&pg=PA1&dq=Morfolog%C3%ADa+de+la+Planta+de+Arroz.+Centro+internacional+de+agricultura+tropica&source=bl&ots=ASq4S8xnbF&sig=oSMi4TunUG](https://books.google.com.ec/books?id=DTfQy22__PcC&pg=PA1&pg=PA1&dq=Morfolog%C3%ADa+de+la+Planta+de+Arroz.+Centro+internacional+de+agricultura+tropica&source=bl&ots=ASq4S8xnbF&sig=oSMi4TunUG)

71QaGwDIU66tE6Cuw&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwji2Jbr2trYAhXKylMKH  
Wi6Aqc

Sánchez , M., Espinoza, P., Silva Surita, A., & Delatorre Herrera, J. (2009). Las "variedades" Aymaras del Altiplano Chileno y el uso de la selección genética para generar nuevas variedades. *Geogr. Valpsol*(42), 45-60. Obtenido de <http://geografiapucv.cl/wp-content/uploads/2016/05/42-5.pdf>

Sankarung, S., Holguín A, G., Llanos , C. (1989). Metodo modificado de cruzamiento de arroz. Cali, Colombia. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books/about/Metodo\\_modificado\\_de\\_cruzamiento\\_de\\_arro.html?id=3GmMkNG81uoC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Metodo_modificado_de_cruzamiento_de_arro.html?id=3GmMkNG81uoC&redir_esc=y).

Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG). (2003). Manual técnico del cultivo de arroz. (*Oriza sativa*). Comayagua, Honduras, C. a. Obtenido de <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>

Suárez Crestelo, E. (2006). Principio del mejoramiento genético en el arroz. *Saneti Spiritu*, 1-9. Obtenido de <http://cursa.ihmc.us/rid=1HZ6D7LXV-1B9ZPMM-RJ2/1MEJORAMIENTO%20DEL%20ARROZ.pdf>

Torres, E. (2012). Desarrollo de híbridos de arroz para América Latina, un desafío para la investigación en mejoramiento de arroz. *CIAT*, 18-20. Obtenido de <http://www.aca.com.uy/wp-content/uploads/2014/08/Desarrollo-de-Hibridos-de-arroz.pdf>

Torres, E.,Martínez, C. (2010). El mejoramiento del arroz. En V. Degiovanni B, C. Martínez R, & F. Motta O (Edits.), Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. (págs.144-153). Obtenido de [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/2010\\_Degiovanni-Produccion\\_eco-eficiente\\_del\\_arroz.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf)

- Torró Torró, I. (2010). Análisis de los factores que determinan la resistencia al encamado y características de grano en arroz (*Oryza sativa* L.), y su asociación con otros caracteres, en varias poblaciones y ambientes: bases genéticas y QTLs implicados. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, de Biotecnología, Valencia, Ecuador. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9317/tesisUPV3425.pdf>
- Vallejo Cabrera, F., Estrada Salazar, E. (2002). La seguridad alimentaria y el fitomejoramiento. En Mejoramiento genético de plantas (págs. 31-33). Cali, Colombia. Obtenido de <http://www.uneditorial.net/uflip/Mejoramiento-genetico-de-plantas/pubData/source/Mejoramiento-genetico-de-plantas.PDF>
- Villar Vera, L. (1995). Cultivo de arroz. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 53-54. Obtenido de <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/ARROZ+-+CULTIVOS.pdf>
- Zorrilla de San Martín, G. (1992). Arroz rojo, conócalo y cambátalo. Obtenido de <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807154749.pdf>

## ANEXOS

*Anexo 1. Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores emasculadas (polinizadas) realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	2583801,23	13	198753,94	3,63	<0,0001
Progenitor M	2583801,23	13	198753,94	3,63	<0,0001
Error	8984085,29	164	54781,01		
Total	11567886,52	177			

*Anexo 2. Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores fecundadas realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	436701,24	13	33592,40	4,14	<0,0001
Progenitor M	436701,24	13	33592,40	4,14	<0,0001
Error	1331968,14	164	8121,76		
Total	1768669,38	177			

*Anexo 3. Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores no fecundadas realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	1210985,77	13	93152,75	3,11	0,0004
Progenitor M	1210985,77	13	93152,75	3,11	0,0004
Error	4913489,21	164	29960,30		
Total	6124474,97	177			

*Anexo 4. Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores fecundadas (%) realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	9222,61	13	709,43	3,12	0,0004
Progenitor M	9222,61	13	709,43	3,12	0,0004
Error	37331,84	164	227,63		
Total	46554,45	177			

*Anexo 5. Análisis de varianza (SC tipo I) del número de semillas cosechadas realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	444123,26	13	34163,33	5,92	<0,0001
Progenitor M	444123,26	13	34163,33	5,92	<0,0001
Error	946937,12	164	5774,01		
Total	1391060,38	177			

*Anexo 6. Análisis de varianza (SC tipo I) del porcentaje de semillas cosechadas realizado con los catorce progenitores masculinos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	41652,04	13	3204,00	8,24	<0,0001
Progenitor M	41652,04	13	3204,00	8,24	<0,0001
Error	63800,46	164	389,03		
Total	105452,49	177			

*Anexo 7. Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores emasculadas (polinizadas) realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	1650884,02	13	126991,08	2,10	0,0166
Progenitor F	1650884,02	13	126991,08	2,10	0,0166
Error	9917002,51	164	6469,53		
Total	11567886,52	177			

*Anexo 8. Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores fecundadas realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	250749,54	13	19288,43	2,08	0,0175
Progenitor F	250749,54	13	19288,43	2,08	0,0175
Error	1517919,83	164	9255,61		
Total	1768669,38	177			

**Anexo 9.** Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores no fecundadas realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	842347,56	13	64795,97	2,01	0,0226
Progenitor F	842347,56	13	64795,97	2,01	0,0226
Error	5282127,42	164	32208,09		
Total	6124474,97	177			

**Anexo 10.** Análisis de varianza (SC tipo I) del número de flores fecundadas (%) realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	4494,77	13	345,75	1,35	0,1903
Progenitor F	4494,77	13	345,75	1,35	0,1903
Error	42059,68	164	256,46		
Total	46554,45	177			

**Anexo 11.** Análisis de varianza (SC tipo I) del número de semillas cosechadas realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	206067,47	13	15851,34	2,19	0,0118
Progenitor F	206067,47	13	15851,34	2,19	0,0118
Error	1184992,91	164	7225,57		
Total	1391060,38	177			

**Anexo 12.** Análisis de varianza (SC tipo I) del porcentaje de semillas cosechadas, realizado con los catorce progenitores femeninos. FACIAG-UTB-Ecuador, 2017.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	5758,46	13	442,96	0,73	0,7331
Progenitor F	5758,46	13	442,96	0,73	0,7331
Error	99694,04	164	607,89		
Total	105452,49	177			