



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo Experimental presentado al H. Consejo Directivo como requisito previo
a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

Estudio de la variación hereditaria de líneas F2 de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) resultantes de cruzamientos con un progenitor masculino portador del gen CREALFIELD.

AUTOR:

Genesis Nathali Panches Ayala

TUTOR:

Walter Oswaldo Reyes Borja, PhD

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador
2019



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo Experimental presentado al H. Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

“Estudio de la variación hereditaria de líneas F2 de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) resultantes de cruzamientos con un progenitor masculino portador del gen CREALFIELD”.

APROBADA

Ing. Agr. Oscar Wellington Mora Castro, MBA.
PRESIDENTE

Ing. Agr. Guillermo Enrique García
Vásquez, MSc.
PRIMER VOCAL

Ing. Agr. Emma Dorila Lombeida
García, MBA.
SEGUNDO VOCAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

GENESIS NATHALI PANCHES AYALA

Declaro que:

El trabajo experimental “Estudio de la variación hereditaria de líneas F2 de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) resultantes de cruzamientos con un progenitor masculino portador del gen CREALFIELD”, fue desarrollado con una investigación exhaustiva, respetando los derechos de terceros, conforme a las citas utilizadas la cual se encuentran en la revisión literaria correspondientes del presente trabajo, dichas fuentes se agregaron en la bibliografía; consecuentemente, me responsabilizo del contenido de este trabajo experimental y el Patrimonio Intelectual del mismo a la Universidad Técnica de Babahoyo.

Babahoyo, 10 de diciembre de 2019.

Srta. Genesis Nathali Panches Ayala

C.I. 1207118918

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado la oportunidad de realizar este logro. Luego dedico este compendio a mis padres **Rupercio Alonso Panches Cevallos, Irma Patricia Ayala Paredes** y de manera especial a mi tía **Lupita Panchis Cevallos**, y a mi prima **Coraima Abigail Lara Panchis**, a mis hermanos y hermanas, **Anaís Panches Ayala, Valdermar Panches Cevallos**, a mi tutor de tesis **Walter Reyes Borja PhD**, al **Ing. Lenin Arana, Ing. Fernando Espinoza** quienes han sido mi apoyo fundamental durante toda mi carrera para superarme y ser un profesional.

A la institución, mis maestros ya mis compañeros de estudio especialmente a: **Wilmer del Pozo Gavilanez, Christopher Rodolfo Acosta Orozco, Jonathan Solorsano Ponce, Kevin Geovanny Goyes Ugaldi, Angelo Javier Burgos Andino, Jean Carlos Santelices Villalta**, y a mis queridas compañeras, amigas **Elsa Icaza, Ericka Ledezma, Shirley Cadena** que, en este andar por la vida, influyó con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

Srta. Genesis Nathali Panches Ayala

AGRADECIMIENTO

Este trabajo va dedicado principalmente a dios por darme salud y fuerzas, por haberme iluminado con su infinita bondad y amor para lograr mis objetivos y haber alcanzado, llegado a este punto. Además, a mis padres por brindarme apoyo incondicional gracias al amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban mis padres, son los principales promotores de mi vida profesional, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas.

Srta. Genesis Nathali Panches Ayala

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. Objetivo General	3
1.1.2. Objetivos Específicos	3
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Origen y distribución geográfica del arroz	4
2.2. Taxonomía y morfología del arroz	6
2.3. Variedades de arroz	7
2.4. Fase fisiológica del cultivo de arroz	9
2.5. Mejoramiento genético del arroz.....	10
2.6. Origen del arroz Clearfield	12
2.7. Herbicida Imazetapir	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Ubicación y descripción del sitio experimental	13
3.2. Material genético	13
3.3. Materiales y equipos	13
3.4. Factores en estudio	13
3.5. Tratamientos.....	14
3.6. Diseño experimental	15
3.7. Análisis estadístico	15
3.8. Manejo del ensayo.....	16
3.8.1. Selección y preparación de poblaciones F2 y parentales de arroz.....	16

3.8.2.	Prueba de germinación del material de siembra	16
3.8.3.	Pre-germinación de semillas F2 y progenitores de arroz para el establecimiento del ensayo.....	18
3.8.4.	Preparación del terreno	18
3.8.5.	Siembra de las parcelas.....	19
3.8.6.	Monitoreo y riego del ensayo.....	20
3.8.7.	Aplicación del herbicida	20
3.9.	Variables evaluadas	21
3.9.1.	Contenido de clorofila	21
3.9.2.	Número de plantas totales.....	21
3.9.3.	Número de plantas vivas.....	22
3.9.4.	Número de plantas muertas.....	22
3.9.5.	Grado de toxicidad del herbicida Imazetapir (Escala ALAM)	22
IV.	RESULTADOS	23
4.1.	Contenido de clorofila	23
4.2.	Número de plantas vivas/muertas	25
4.3.	Grado de toxicidad del herbicida Imazetapir (Escala ALAM).	27
V.	DISCUSIÓN.....	35
VI.	CONCLUSIONES.....	36
VII.	RECOMENDACIONES	37
VIII.	RESUMEN	38
IX.	SUMMARY.....	39
X.	BIBLIOGRAFÍA	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Selección de la semilla F2 de arroz parentales.....	16
Figura 2. Selección de semillas de arroz (A); y pre-germinación en fundas plásticas (B).....	18
Figura 3. Riego de las parcelas del ensayo, dejando saturado el suelo con lámina de agua (A) (B).....	19
Figura 4. Elaboración de cama (A); siembra de los tratamientos con ayuda de la cuadrícula y aplicación de ceniza (B).....	..;Error! Marcador no definido.
Figura 5. Riego de las parcelas del ensayo, dejando saturado el suelo con lámina de agua (A) (B);Error! Marcador no definido.	
Figura 6. Preparación de la bomba de aspersión con el herbicida Imazetapir (A) y aplicación del producto en las parcelas, a los 15 días después de la siembra (B).....	20
Figura 7. Evaluación del contenido de clorofila utilizando el equipo Marca At Leaf, modelo CHL Plus en 20 individuos a azar de cada tratamiento (A) y (B).....	21
Figura 8. Contenido de clorofila alcanzados por las progenies y parentales evaluados, antes y después de la aplicación del herbicida imazetapir.....	24
Figura 9. Número de plantas vivas y número de plantas muertas, determinadas en las progenies y en los parentales, después de la aplicación del herbicida imazetapir.....	26
Figura 10. El efecto del herbicida Imazetapir, en 11 progenies derivadas del parental Br-101-UTB, antes (fotos del lado izquierdo) y después (fotos del lado derecho) de la aplicación del herbicida.....	31
Figura 11. Efecto del herbicida Imazetapir, en 12 parentales antes (fotos del lado izquierdo) y después (fotos del lado derecho) de la aplicación del herbicida.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción y rendimiento del arroz a nivel mundial.	5
Tabla 2. Características de varios tipos de arroz.....	7
Tabla 3. Genes de origen vegetal, empleados en el mejoramiento genético de arroz resistente a insectos plaga.	11
Tabla 4. Número de poblaciones F2 y parentales de arroz.....	14
Tabla 5. Prueba de germinación de los progenies y parentales antes de la siembra de experimento.....	17
Tabla 6. Grado de toxicidad de los herbicidas (Escala ALAM)	22
Tabla 7. Análisis de la Varianza (SC tipo III), de la variable grado de toxicidad.....	27
Tabla 8. Test de Tukey realizado para la variable Grado de toxicidad del herbicida Imazetapir (Escala ALAM).....	28

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.), es uno de los cereales que constituyen el renglón más importante del mundo. El 50 % de la base alimentaria de la población mundial está constituida por siete cultivos, tales como maíz, papa, trigo, yuca, frejol y arroz. En conjunto, el arroz, maíz y el trigo suministran el 50 % de las calorías consumidas por la misma población. Solo en los cultivos de papa, maíz, trigo y arroz, se han hecho grandes inversiones en programas de mejoramiento genético por sectores nacionales e internacionales (Ávila Alvarado, 2012).

El 75 % de la población lo incluye en su dieta alimenticia diaria y puede superar, en algunos casos, el consumo de otros cereales. El objetivo principal de estos cereales es incrementar los rendimientos en el sector agrícola (Reyes Palma, 2018).

El primer carácter en el que el obtener se fija más, en la actualidad, es el aumento de la capacidad productiva. Los cultivares de arroz han variado en los últimos años, mediante una gradual renovación de los más antiguos, en función de mejores características (Solís, Rivera, Chisholin, & Álvarez, 2015).

Sin embargo, los mejoradores han reconocido la situación de la estrecha base genética debida a la reducción de la diversidad genética, producto del mejoramiento de los cultivares modernos, lo cual ha resultado en cultivos genéticamente vulnerables ante factores abióticos y agentes bióticos. Se estima que los programas de mejoramiento genético de arroz solo están utilizando alrededor del 25 % de la variabilidad genética existente en la especie (Solís, Rivera, Chisholin, & Álvarez, 2015).

Avances muy significativos se alcanzaron en la producción de arroz en Latinoamérica y el Caribe en las tres últimas décadas gracias al desarrollo de cultivares mejorados, utilizando de prácticas modernas de cultivo y mayor adopción de los nuevos cultivares por los agricultores (Solís, Rivera, Chisholin, & Álvarez, 2015)

Clearfield, es un gen que confiere resistencia a los herbicidas del grupo de las imidazolininas, tales como el imazetapir que controla gramíneas tales como el arroz rojo y arroces voluntario, que es utilizado para el manejo limpio del cultivo (Ortiz y otros, 2017).

El Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo posee material genético de importancia, que se ha generado a partir de estudios realizados en meses anteriores, donde se han realizado cruzamientos recíprocos entre 14 cultivares de arroz (Míguez, 2017), resultando una serie de progenies que deben continuar con su investigación. Por otro lado, Amat (2019) realizó el “Análisis heterótico sobre caracteres fenotípicos de progenies F1 derivados de cruzamientos entre el progenitor Br-101-UTB con 10 cultivares de Arroz (*Oriza sativa* L. spp. *indica*)”. Entre las poblaciones generadas, se cuenta con progenies que fueron el resultado de los cruces de un progenitor que contiene el gen Clearfield, que confiere resistencia al herbicida imazetapir, creándose un total de 22 progenies recíprocas, 11 progenies cuando el portador del gen se utilizó como parental femenino y 11 progenies cuando se utilizó como parental masculino.

Esta investigación se planificó con la finalidad de estudiar la variación hereditaria 11 progenies o líneas F2, utilizándose como parental masculino, el cultivar portador del gen CREALFIELD que posee la resistencia al herbicida, comparados con 12 parentales.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Determinar la variación hereditaria de líneas F2 arroz resultantes de cruzamientos con un progenitor masculino portador del gen CLEARFIELD, que confiere resistencia a herbicidas de la familia química imidazolinonas (IMI).

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto del herbicida imazetapir en plantas F2 de arroz, segregantes de un parental masculino portador del gen CLEARFIELD.
- Determinar la variabilidad hereditaria de las poblaciones segregantes en estudio.
- Seleccionar los segregantes F2 de arroz tolerantes y/o resistentes al herbicida imazetapir.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen y distribución geográfica del arroz

Ramos (2013), en su manual “Maíz, trigo y arroz: Los cereales que alimentan al mundo” manifiesta ciertas versiones sobre el origen del arroz. Existen varias versiones sobre el origen del arroz; cereal de gran importancia en la economía de muchos países, al no existir un documento que registre el origen de este cereal muchos autores e historiadores realizan publicaciones sobre su punto vista. A consecuencia de todo eso las versiones sobre el origen del arroz son tan variadas.

- Varios historiadores mencionan que, este cereal es nativo del Sureste asiático y se cultiva hace siete mil años. Existiendo evidencias que registran cultivos anteriores al año cinco mil antes de nuestra era, en el oriente de China y antes del año seis mil de nuestra era, en una caverna ubicada al norte de Tailandia.
- Algunos investigadores del tema estiman que el arroz es oriundo de Asia meridional, porque crece de manera silvestre en la India, Indochina y China.
- Otros estudiosos no dudan en fijar el origen del arroz en África, de donde se habría trasladado al continente asiático.
- Existe otra versión, que podría denominarse conciliatoria, según el cual el cereal habría surgido en ambos continentes de manera prácticamente simultánea.

El arroz es considerado alimento indispensable en la canasta básica para la mitad de la población mundial, aunque ocupa el segundo lugar entre los cereales mayormente consumidos. Además de la importancia como alimento, el arroz proporciona mayor empleo en comparación al resto de los demás cereales, en especial para el sector rural; pues es el cereal de mayor importancia en la población rural del continente asiático, aunque también tiene gran relevancia en el continente africano y americano, y en ciertos puntos

meridionales de Europa, sobre todo en Portugal, España, Italia, Grecia y Francia (Franquet & Borràs, 2004).

En la Tabla 1, se menciona producción y rendimiento del arroz en varios países.

Tabla 1. Producción y rendimiento del arroz a nivel mundial.

<i>País</i>	<i>Producción (Tm)</i>	<i>Rendimiento (kg/Ha)</i>
Mundo	592 873 253	3 863
China	190 389 160	6 241
India	135 000 000	3 027
Indonesia	51 000 000	4 426
Vietnam	32 000 000	4 183
Bangladesh	29 856 944	2 852
Tailandia	23 402 900	2 340
Myanmar	20 000 000	3 333
Japón	11 750 000	6 528
Brasil	10 940 000	3 010
Filipinas	12 500 000	3 205
U.S.A	8 692 800	6 963
República de Corea	7 270 500	6 880
Colombia	2 100 000	4 773
Perú	1 664 700	5 549
Venezuela	737 000	4 913

Fuente: Tomado de FAO.

2.2. Taxonomía y morfología del arroz

De acuerdo a Andrade (1988), citado por Rodríguez (2013), alude que esta planta es una fanerógama de tipo espermatofita y subtipo Angiosperma, presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Nombre científico:	<i>Oryza sativa</i> L.
Nombre común:	Arroz
Clase:	Monocotiledóneas
Orden:	Glumiflora
Familia:	Gramínea
Subfamilia:	Panicoideas
Tribu:	<i>Oryzae</i>
Subtribu:	<i>Oryzineas</i>
Género:	<i>Oryza</i>
Especie:	<i>sativa</i>

El arroz es una planta que se adapta para su producción en condiciones semi-acuáticas y acuáticas (González, 1982). En cuanto a la descripción botánica del arroz, Rodríguez D. (2017), menciona las siguientes características:

- El sistema radicular cuenta con una raíz seminal de corta duración, y unas raíces secundarias de origen adventicio que forman un fascículo poco profundo.
- Los tallos son más o menos redondos y huecos, formados por nudos y entrenudos que varían en números y tamaño; en cada nudo nace una hoja y una yema que es capaz de producir un nuevo tallo o macollo.
- Las hojas son largas de estructura más o menos angosta, consta de vaina, cuello y lámina o limbo.
- Las espigas son trifloras y hermafroditas, la última espiguilla es fértil y las dos inferiores están representadas por órganos vestigiales, y se encuentran reunidas en inflorescencias racimosas formando panículas.
- Los frutos son cariósipide, que se encuentra envuelto por las glumelas y la semilla propiamente dicha está constituida por el endospermo y el embrión.
- El tamaño de la planta varía según la variedad que presenta.

2.3. Variedades de arroz

Saldívar & Othón (2007), en su publicación realizada en la revista Ciencia, Conocimiento y Tecnología, mencionan algunas características de ciertas variedades de arroz (Tabla 2).

Tabla 2. Características de varios tipos de arroz.

<i>Tipo de arroz</i>	<i>Características</i>
Newrex	Arroz de 8,9 a 9,6 mm de largo por 2,3 a 2,5 de ancho con 2 – 4 % más amilosa que ls compañeros de esata clase. Fue desarrollado

	para la industria enlatadora
<i>Tipo de arroz</i>	<i>Características</i>
Toro	Clasificado como largos, con poco contenido de amilosa, muy similar a los arroces medios y cortos.
Japónico	Generalmente son cortos, con bajo contenido de amilosa (12-19 %). Por lo tanto, una vez que se cocinan adquieren una textura pegajosa.
Javánico	Son arroces cortos, con contenido de amilosa intermedio, y baja temperatura de gelatinización.
Hindú	Arroces con contenido alto de amilosa, que, una vez cocinados nos son pegajosos. Existen variedades largas, medianas y cortas.
Ceroso	Arroces que presentan 100 % de amilosa, la mayor de las variedades presenten se clasifican como tamaño corto. Tienen menor temperatura de gelatinización. Son los favoritos para la elaboración del sushi
Basmati	Granos largos fitomejorados, poseen un sabor y aroma característico o aromático “basmati” o jazmín una vez que son cocinados

	<i>Continuación.....</i>
Negro	Genotipo que produce cariósides negras, cultivadas en el sur de China, donde se lo conoce como <i>heiyouchan</i> . Es preferido para la elaboración de dulces. Tiene un alto potencial nutracéutico.
Dorado	Arroz genéticamente modificado para lograr un alto contenido de beta caroteno o provitamina A es el único arroz con endospermo amarillo.

Fuente: Adaptado de Saldívar & Othón (2007).

2.4. Fase fisiológica del cultivo de arroz

Las fases fisiológicas del cultivo de arroz se dividen en tres partes de desarrollo, teniendo cada una su crecimiento definidas, la Secretaría de Agricultura y Ganadería SAG (2010), en el “Manual Técnico para el cultivo de arroz atribuye la siguientes aracteristicas en las fases fisiológicas del arroz:

- **Fase Vegetativa:** Tiene una duración entre 55 a 60 días, comprende desde la germinación de la semilla, emergencia, macollamiento, hasta la diferenciación del primordio floral. En esta fase se determina el número de espigas por planta o por unidad de superficie.
- **Fase reproductiva:** En esta fase se incluye el periodo desde la formación del primordio floral, embuchamiento (14-7 días antes de la aparición de la panícula), hasta la floración; teniendo una duración entre 35 a 40 días. En esta fase se determina el número de granos por panícula.

- **Fase de madurez:** Esta fase abarca desde el inicio de floración, el llenado y desarrollo de los granos hasta la cosecha, tiene una duración de 30 a 40 días. En esta fase se determina el peso del grano a la madurez.

2.5. Mejoramiento genético del arroz

La genética vegetal ha ofrecido al investigador el conocimiento suficiente para que su trabajo sea mucho más eficiente; este método ha permitido calcular la variación fenotípica de los componentes genéticos, ambiental y de la interacción existente entre ambos; procesos que permiten seleccionar las características con mayor aporte genético cuya expresión dependa altamente para la interacción. En resumen, se puede aludir que los primeros o principales caracteres para el mejoramiento genético vegetal son: el rendimiento agrícola, rendimiento industrial o calidad comercial, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a las adversidades del ambiente y por último, los asociados a diversificación agrícola (Cornide, 2001).

En cuanto al mejoramiento genético en el arroz, se han logrado enormes avances en lo que respecta a su transformación genética; se han generado importantes resultados en los estudios biotecnológicos en las subespecies *japónica* e *indica* (*Oryza sativa*), y en los últimos estudios se ha trabajado en la transformación del arroz africano (*Oryza glaberrima*) que han presentado resultados exitosos (Cocking, 2000; Ignacimuthu, Arockiasamy, & Terada, 2000; Vasil, 2005; Díaz y Chaparro, 2012). Con ayuda de los métodos como PEG, Electroporación, Biobalística, *Agrobacterium tumefaciens*, logrando grandes resultados y progreso en la transformación del arroz (Nadolscka, Orczvk, & Ptvetakiewicz, 2000; Repellin, Baga, & Jauhar, 2001; Bajaj & Mohanty, 2005).

Las primeras investigaciones sobre mejoramiento genético en arroz se llevaron a cabo en variedades *japónicas*, en el periodo de 1976 y 1986 se publicaron las primeras transformaciones genéticas del arroz donde se reportaron producciones de callos a partir de cloroplastos de arroz; entre los años 1985 a 1990 se realizaron investigaciones en las

variedades *japónicas* e *índicas* bajo el método electroporación y el PEG, usando protoplastos (Tyagi & Mohanty, 2000; Cocking, 2000; Bajaj & Mohanty, 2005).

En la Tabla 3 se presenta algunas características o genes de origen vegetal, que se han utilizados en el mejoramiento genético de arroz resistentes a insectos plaga.

Tabla 3. Genes de origen vegetal, empleados en el mejoramiento genético de arroz resistente a insectos plaga.

<i>Gen</i>	<i>Origen</i>	<i>Producto</i>	<i>ssp de arroz</i>
Pin II	Papa	Inhibidor de proteasas	Japónica
CpTi	Caupí	Inhibidor de tripsina	Japónica
CC	Maíz	Cisteína	Japónica
Oc	Arroz	Cisteína	Japónica
GNA	Campanilla de febrero	Lectina	Japónica e Indica
OC-IDD86		Inhibidor de proteasas	Indica
ASAL	Ajo	Lectina	Japónica
Sbti	Soya	Inhibidor de proteasas	Japónica
SKTI	Soya	Inhibidor de tripsina	Japónica
BTI-Cme	Cebada	Inhibidor de tripsina	Japónica

Fuente: Tomado de Babu, Sajeena, Seetharaman, & Reddy, 2003; Chen, Lin, & Zhang, 2009.

2.6. Origen del arroz Clearfield

Fue el Doctor Tim Croughan el creador del arroz “Clearfield” en el año 1981 en la Universidad Estatal de Louisiana (Estados Unidos). El proceso consistió en sumergir las semillas de arroz en una solución que ocasionaba un sinnúmero de mutaciones al azar, luego se sembraron las semillas y se rociaban con herbicidas, las plantas que mostraban resistencia se volvían a sembrar para estudiar su resistencia (Pazos, 2007).

“Los herbicidas Clearfield pertenecen a las imidazolinonas, que inhiben la acción de la acetolactato sintasa (ALS), enzima que interviene en la síntesis de los aminoácidos isoleucina, leucina y valina” (BASF, 2000).

Los tratamientos inducidos con herbicidas se acoplan a la convivencia de los agricultores, con una buena selección del tiempo en la aplicación del producto; pueden reducirse los tratamientos en cuanto a la dosificación del herbicida, hasta una sola aplicación, lo que aporta una racionalización del uso de los recursos clases en el campo arrocero (mano de obra, maquinaria, combustible, tiempo, entre otros) (Barona, 2012).

2.7. Herbicida Imazetapir

El imazetapir se localiza en los grupos de herbicidas que bloquean la síntesis de aminoácidos esenciales por inhibición de la enzima acetolactato sintetasa (ALS), poseen baja toxicidad en mamíferos, con un amplio espectro selectivo y alta eficacia. Su uso está muy extendido en cuanto al uso en el campo y en investigaciones, a consecuencia de aquello ha ocasionado resistencia de ciertas malezas a este herbicida (Tuesca & Nisensohn, 2001).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del sitio experimental

El ensayo fue realizado en la Granja Experimental “San Pablo”, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Babahoyo, provincia de Los Ríos, ubicada en el km. 7,5 de la vía Babahoyo – Montalvo, con coordenadas geográficas 476003,18 de latitud sur y 8829743,10 UTM de longitud oeste. El terreno se encuentra a una altura de 8 msnm, clima tropical húmedo, temperatura promedio anual de 25,7 °C, precipitación media anual de 1845 mm y humedad relativa de 76 %. En la Figura 4, se observa la ubicación de la FACIAG-UTB.¹

3.2. Material genético

En este estudio se utilizaron 11 poblaciones segregantes F2 de arroz derivadas del progenitor Br-101-UTB, utilizado como parental masculino, en combinación con 10 parentales femeninos.

3.3. Materiales y equipos

Materiales: Semilla F2, herbicida imazetapir, fundas, vitavax, estaquillas, etiquetas, piolas y marcadores.

Equipos: Determinador de clorofila y bomba de aspersión.

3.4. Factores en estudio

El factor en estudio se relacionó a las variaciones hereditarias de 11 poblaciones segregantes F2 de arroz resultantes del cruzamiento con 12 progenitores femeninos convencionales, con 1 progenitor masculino de genética CLEARFIELD.

¹ /Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2017). Estación Agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo.

3.5. Tratamientos

Los tratamientos utilizados en este estudio, se detallan a continuación en el Tabla 4.

Tabla 4. Número de poblaciones F2 y parentales de arroz.

TRATAMIENTOS	GENOTIPO	ORIGEN
1	FL-109-UTB /BR-101-UTB	PROGENIE
2	FI-106-UTB /BR-101-UTB	PROGENIE
3	CA-102-UTB /BR-101-UTB	PROGENIE
4	G-113-UTB /BR-101-UTB	PROGENIE
5	FE-103-UTB /BR-101-UTB	PROGENIE
6	FI-105-UTB /BR-101-UTB	PROGENIE
7	BA-100-UTB /BR-101-UTB	PROGENIE
8	SH-108-UTB /BR-101-UTB	PROGENIE
9	G-112-UTB /BR-101-UTB	PROGENIE
10	FI-107-UTB /BR-101-UTB	PROGENIE
11	G-111-UTB /BR-101-UTB	PROGENIE
12	PUYÓN-UTB	PUYÓN
13	FE-103-UTB	PARENTAL
14	FI-106-UTB	PARENTAL

15	SH-108-UTB	PARENTAL
16	FL-109-UTB	PARENTAL
17	G-113-UTB	PARENTAL
18	CA-102-UTB	PARENTAL
19	BA-100-UTB	PARENTAL
20	FI-105-UTB	PARENTAL
21	BR-101-UTB	PARENTAL
22	G-111-UTB	PARENTAL
23	G-112-UTB	PARENTAL
24	FI-107-UTB	PARENTAL

3.6. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 23 tratamientos y 3 repeticiones.

3.7. Análisis estadístico

En este estudio se procedió a realizar el respectivo análisis de varianza incluyendo la prueba de significancia estadística de LSD Fisher al 5%, para detectar diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. Igualmente, se utilizaron gráficos de puntos para identificar los individuos de interés y para comparación de medias se implementó la prueba de Tukey 0,05%.

3.8. Manejo del ensayo

3.8.1. Selección y preparación de poblaciones F2 y parentales de arroz

Para el presente trabajo experimental, se procedió a seleccionar la semilla F2 y los parentales de arroz tomando en consideración que estén libres de insectos y agentes patógenos (Figura 1).

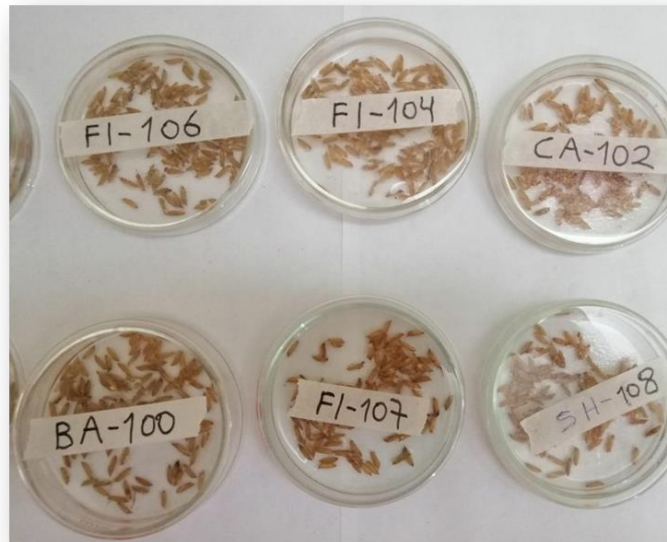


Figura 1. Selección y preparación de semillas de arroz F2 y parentales.

3.8.2. Prueba de germinación del material de siembra

Se procedió a realizar la respectiva prueba de germinación de las progenies y parentales (Tabla 5), de cada una de las líneas seleccionadas. Con el objetivo de determinar el porcentaje de germinación, se colocaron cincuenta semillas por cajas Petri, las mismas que fueron codificadas.

Tabla 5. Prueba de germinación de las progenies y parentales, antes de la siembra del experimento.

Material vegetal	#Semillas Germinadas	#Semillas No Germinadas	Total	% Semillas Germinadas	% Semillas No Germinadas
Br-101-UTB/ F1-104-UTB	108	27	135	80	20
F1-104-UTB	80	41	121	66	34
BA-100-UTB	95	25	120	79	21
G-113-UTB	56	51	107	52	48
F1-106-UTB	109	18	127	86	14
SH-108-UTB	70	30	100	70	30
SA-102-UTB	85	25	110	77	23
FL-109-UTB	59	33	92	64	36
G-111-UTB	111	37	148	75	25
F1-105-UTB	101	7	108	94	6
G-112-UTB	75	36	111	68	32
FE-103-UTB	38	38	76	50	50
FL-109-UTB /Br-101-UTB	113	32	145	78	22
Br-101-UTB	51	38	89	57	43

3.8.3. Pre-germinación de semillas F2 y progenitores de arroz para el establecimiento del ensayo.

Después de comprobar la viabilidad de las semillas F2 y sus progenitores, se procedió a pre-germinar, colocando 40 gramos de semilla en fundas plásticas, con cierta cantidad de agua, las que fueron colocadas a temperatura ambiente durante tres días, como se observa en la Figura 2.



Figura 2. Selección de semillas de arroz (A); y pre-germinación en fundas plásticas (B).

3.8.4. Preparación del terreno

El terreno se preparó, realizando un primer pase de fangueado con ayuda de una maquinaria agrícola (fangueado con tractor), posteriormente se realizó el segundo pase para nivelar el terreno con un tablón. Luego se realizó el estaquillado para el semillero, donde fueron sembradas y codificadas las semillas F2 y parentales pre-germinadas (Figura 3).



Figura 3. Riego de las parcelas del ensayo, dejando saturado el suelo con lámina de agua (A) y (B).

3.8.5. Siembra de las parcelas

Después de haber preparado el terreno, se procedió con la siembra, realizando las camas para las tres repeticiones, cada repetición contaba con 24 tratamientos. Las siembras de las parcelas se realizaron al voleo, una vez sembrado se cubrió las semillas con una capa de 1 cm de ceniza (Figura 4).



Figura 4. Elaboración de cama (A); siembra de los tratamientos con ayuda de la cuadrícula y aplicación de una capa de ceniza (B).

3.8.6. Monitoreo y riego del ensayo

Se monitoreó constantemente el semillero, donde se regó por inundación de manera periódica, dejando saturado el suelo con una lámina de agua, cada vez que el semillero lo ameritaba (Figura 5).

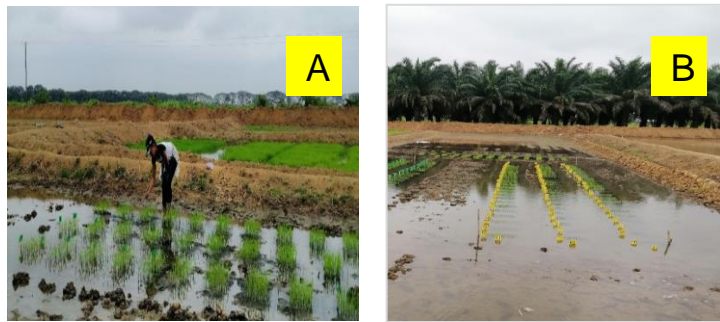


Figura 5. Riego de las parcelas del ensayo, dejando saturado el suelo con lámina de agua (A) y (B).

3.8.7. Aplicación del herbicida

Después de la siembra en el sitio definitivo del cultivo, pasado los 15 días se realizó la aplicación del herbicida imazetapir al ensayo, aplicándose 150 cc de producto en 10 litros de agua, colocados en una bomba manual (Figura 6).

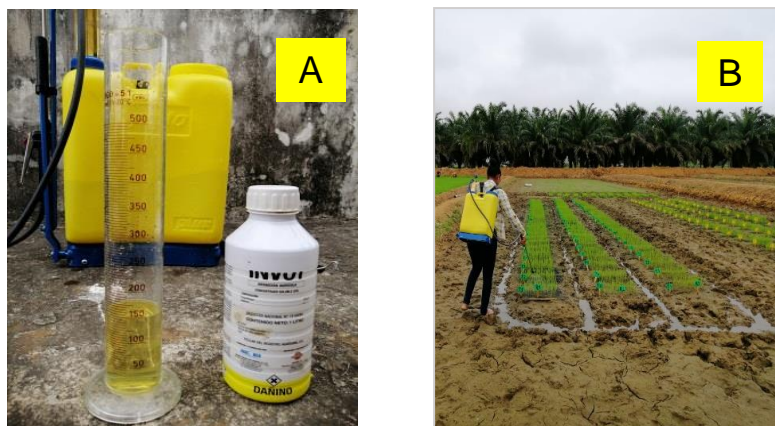


Figura 6. Preparación de la bomba de aspersión con el herbicida Imazetapir (A) y aplicación del producto en las parcelas, a los 15 días después de la siembra (B).

3.9. Variables evaluadas

3.9.1. Contenido de clorofila

Para la medición del contenido de clorofila, fueron realizadas dos evaluaciones, seleccionando 20 plantas al azar dentro de cada parcela. Se procedió a tomar los datos con la ayuda de un determinador de clorofila Marca At Leaf, modelo CHL Plus. La primera evaluación se realizó a los 14 días después de siembra de las parcelas, antes de la aplicación del herbicida. La segunda evaluación se realizó a los 15 días después de la aplicación. Estas evaluaciones se realizaron con la finalidad de comparar el efecto que causó el herbicida en las plantas antes y después de la aplicación (Figura 7).



Figura 7. Evaluación del contenido de clorofila utilizando el equipo Marca At Leaf, modelo CHL Plus en 20 individuos al azar de cada tratamiento (A) y (B).

3.9.2. Número de plantas totales

Se contabilizaron el número de plantas totales que existían en cada una de las parcelas evaluadas, a los 14 días después del establecimiento del semillero y antes de la aplicación del herbicida Imazetapir.

3.9.3. Número de plantas vivas

A los 15 días después de haber aplicado el herbicida, se contabilizaron las plantas que sobrevivieron al efecto del herbicida.

3.9.4. Número de plantas muertas

Una vez aplicado el herbicida, a los 15 días se contabilizaron las plantas que murieron por su efecto.

3.9.5. Grado de toxicidad del herbicida Imazetapir (Escala ALAM)

El porcentaje de toxicidad del herbicida imazetapir se obtuvo en el campo, con ayuda de la escala de ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas), (Tabla 6), en donde se observó cada parcela de todo el experimento, aplicando los rangos con la que cuenta la escala.

Tabla 6. Grado de toxicidad de los herbicidas (Escala de ALAM).

Control	Porcentaje de control
0% – 10%	Todas las plantas vivas, sin ningún daño
10 – 20 %	Todas las plantas vivas, algunas con daño muy leve
20 – 30 %	Todas las plantas vivas, algunas con daño leve
30 – 40 %	Todas las plantas vivas, con daño leve
40 – 50 %	Todas las plantas vivas, con daño muy severo
50 – 60 %	Pocas plantas muertas, las plantas vivas con daño muy severo
60 – 70 %	Algunas plantas muertas, las plantas vivas con daño severo
70 – 80 %	Varias plantas muertas, las plantas vivas con daño muy severo
80 – 90 %	La mayoría de las plantas muertas, las plantas vivas con daño severo
90 – 100 %	Todas las plantas muertas

IV. RESULTADOS

4.1. Contenido de clorofila

De acuerdo a la Figura 8, se observa el contenido de clorofila que se alcanzaron las progenies y parentales evaluados, antes y después de la aplicación del herbicida imazetapir. En lo que refleja los valores alcanzados antes de la aplicación del producto, los datos estuvieron entre 33- 39%, obteniendo el mayor contenido en el cultivar Br -101-UTB, mientras que el cultivar de menor contenido fue el FI-106-UTB.

Después de haber aplicado el herbicida imazetapir, se aprecia que las 11 progenies donde el parental Br-101 UTB actuó como padre, fueron afectados obteniendo en un rango leve, cuyos valores fluctuaron entre 27-31%, a diferencia de los parentales incluyendo el parental resistente Br -101-UTB que varió en su contenido de clorofila desde 31 a 39%. Para el caso de puyón, se aprecia que fue altamente afectado, obteniendo un valor de 20%.

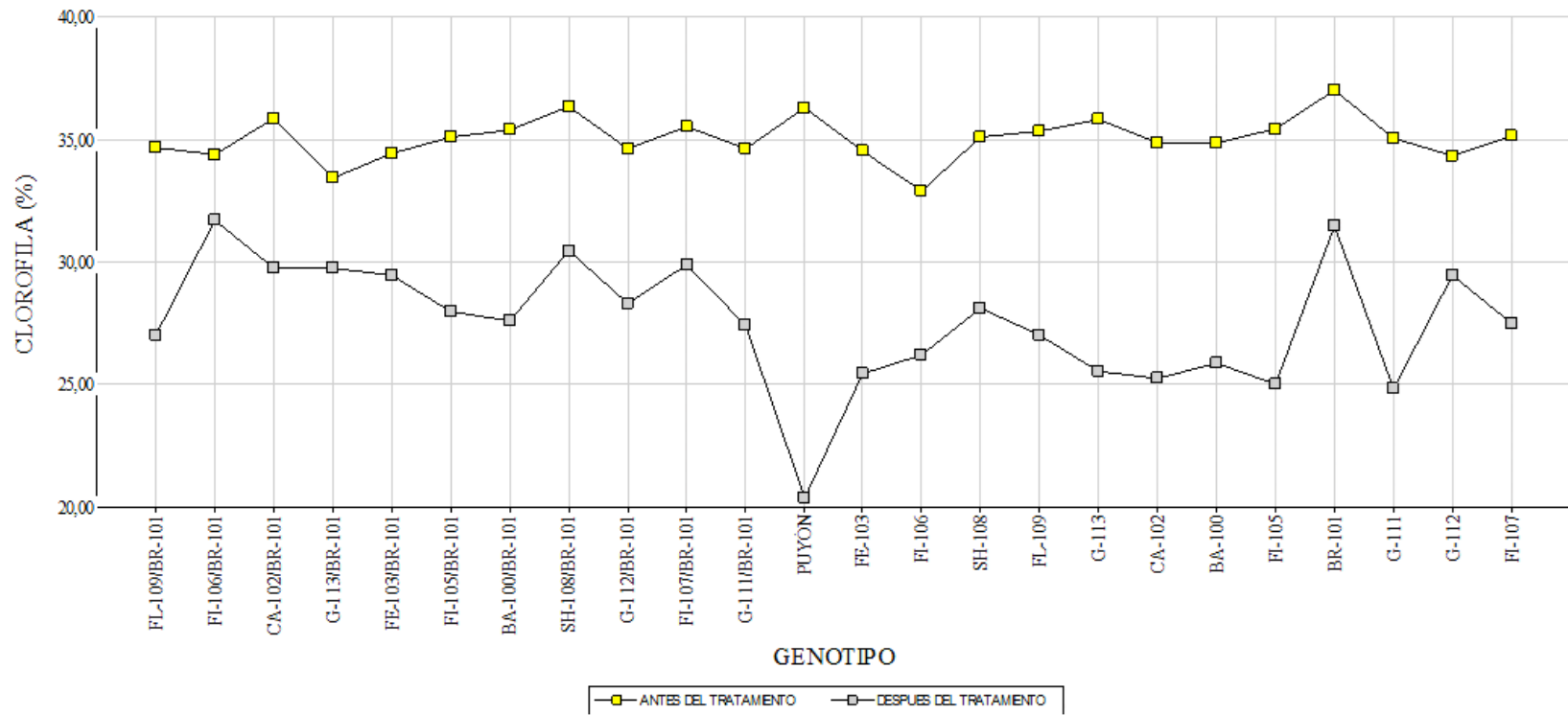


Figura 8. Contenido de clorofila alcanzados por las progenies y parentales evaluados, antes y después de la aplicación del herbicida imazetapir.

4.2. Número de plantas vivas/muertas

De acuerdo a lo que se observa en la Figura 9, en lo que respecta a las variables número de plantas vivas y plantas muertas, determinadas en las progenies y en los parentales, muestra una diferencia muy marcada en el número de plantas vivas. Nueve de las 11 progenies, lograron valores altos de sobrevivencia, mientras que los parentales fueron muy afectados, excepto el Br-101-UTB, que es el cultivar que posee el gen de resistencia al herbicida imazetapir.

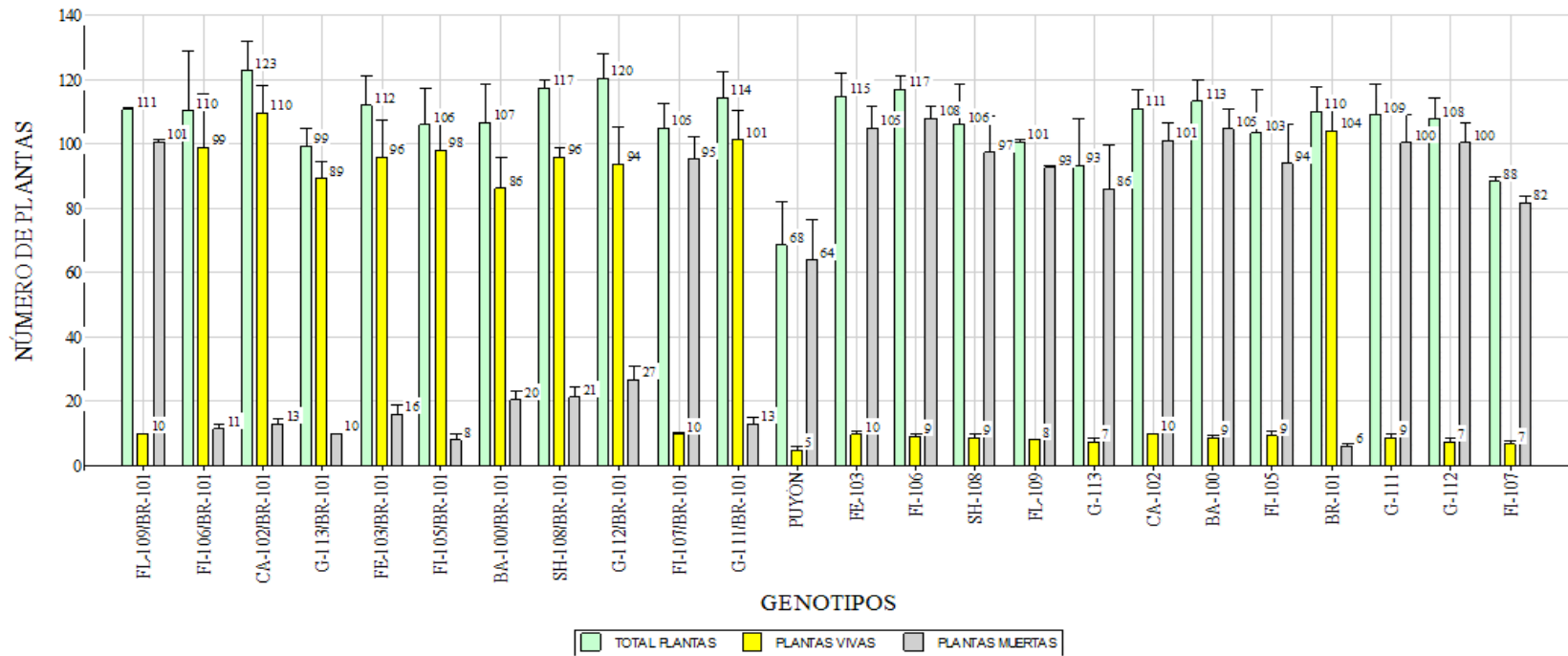


Figura 9. Número de plantas vivas y número de plantas muertas, determinadas en las progenies y en los parentales, después de la aplicación del herbicida imazetapir.

4.3. Grado de toxicidad del herbicida Imazetapir (Escala ALAM).

De acuerdo a los datos obtenidos del análisis de varianza (Tabla 7), en la variable grado de toxicidad (grado en porcentaje), se observa que fue altamente significativo (<0,0001) entre los genotipos estudiados, obteniéndose un CV de 4,46%.

Tabla 7. Análisis de la Varianza (SC tipo III), de la variable grado de toxicidad.

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	109730,83	23	4770,91	687,22	<0,0001
CÓDIGO	109730,83	23	4770,91	687,22	<0,0001
Error	333,23	48	6,94		
Total	110064,06	71			

Con respecto a la prueba del Test de Tukey (Tabla 8), resultó que el genotipo Br-101-UTB, que es el parental con la resistencia al Imazetapir, fue afectado en el menor grado, con un valor de 5,52%. Se debe destacar en estos resultados que existieron dos progenies que resultaron severamente afectadas, como son la FI-107/BR-101-UTB y la FL-109/BR-101-UTB con más del 90% de daño, que finalmente resultaron en la muerte de los individuos. Las nueve progenies que sobrevivieron a la aplicación del herbicida imazetapir, estuvieron en el rango de 7,71 al 22,73%. Los parentales fueron afectados en altos grados, variando desde 90,94 hasta 93,32 %, incluido el Puyón, excepto el parental BR-101-UTB, que alcanzó un valor de 5,52%, siendo este parental el que contiene el gen de la resistencia al herbicida.

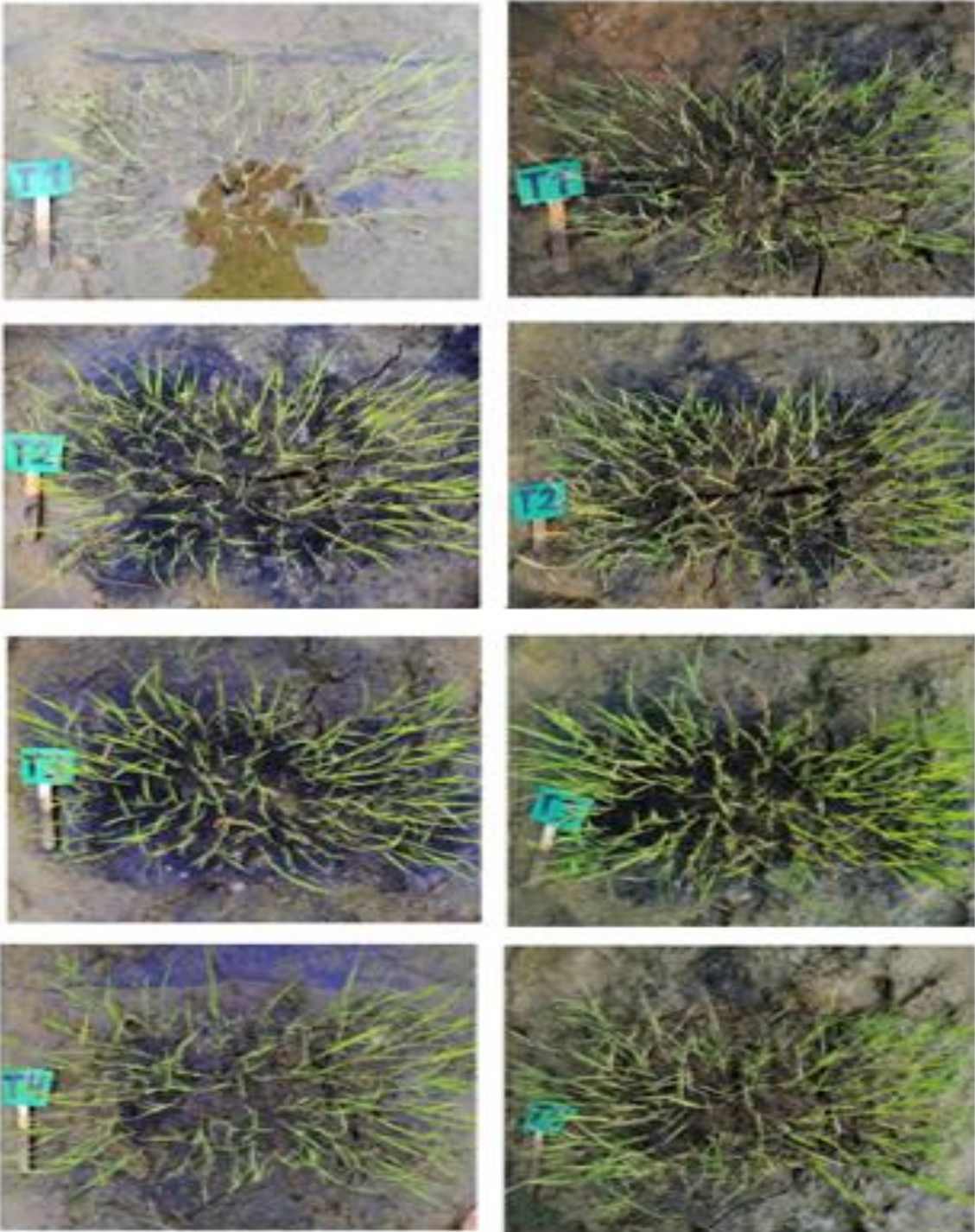
Tabla 8. Test de Tukey realizado para la variable Grado de toxicidad del herbicida Imazetapir (Escala ALAM).

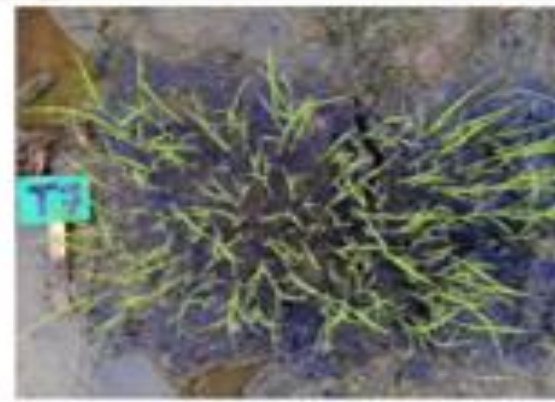
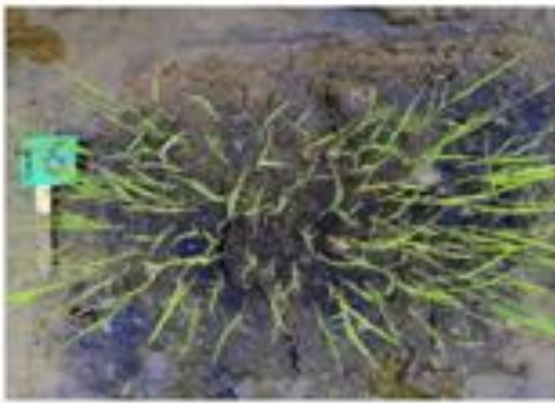
CÓDIGO	Medias	n	E.E.	
BR-101-UTB	5,52	3	1,52	A
FI-105-UTB/BR-101-UTB	7,71	3	1,52	A B
G-113-UTB/BR-101-UTB	10,12	3	1,52	A B C
FI-106-UTB/BR-101-UTB	10,35	3	1,52	A B C
CA-102-UTB/BR-101-UTB	10,59	3	1,52	A B C
G-111-UTB/BR-101 -UTB	11,53	3	1,52	A B C D
FE-103-UTB/BR-101 -UTB	14,76	3	1,52	B C D E
SH-108-UTB/BR-101 -UTB	18,15	3	1,52	C D E
BA-100-UTB/BR-101 -UTB	19,00	3	1,52	D E
G-112-UTB/BR-101 -UTB	22,73	3	1,52	E
FI-107-UTB/BR-101-UTB	90,79	3	1,52	F
CA-102-UTB	90,94	3	1,52	F
FL-109-UTB/BR-101-UTB	90,96	3	1,52	F
FI-105-UTB	91,00	3	1,52	F
FE-103-UTB	91,60	3	1,52	F
SH-108-UTB	91,85	3	1,52	F
FL-109-UTB	92,05	3	1,52	F
G-111-UTB	92,06	3	1,52	F
G-113-UTB	92,16	3	1,52	F
FI-106-UTB	92,32	3	1,52	F
BA-100-UTB	92,33	3	1,52	F
FI-107-UTB	92,44	3	1,52	F
G-112-UTB	93,23	3	1,52	F
PUYÓN-UTB	93,32	3	1,52	F

Medias con una letra común no son significativamente

diferentes ($p > 0,05$). Alfa=0,05 DMS=8,29217Error: 6,9423 gl: 48.

Fue muy contundente el efecto del herbicida imazetapir sobre los parentales que no poseían el gen Clearfield, resultando en la muerte de los mismos, mientras que las progenies de los cruces con el parental portador del gen, lograron sobrevivir 9 de las 11 progenies. En las Figuras 10 y 11, se observa el efecto del herbicida Imazetapir en 11 progenies 12 parentales, respectivamente, antes (fotos del lado izquierdo) y después (fotos del lado derecho) de la aplicación.





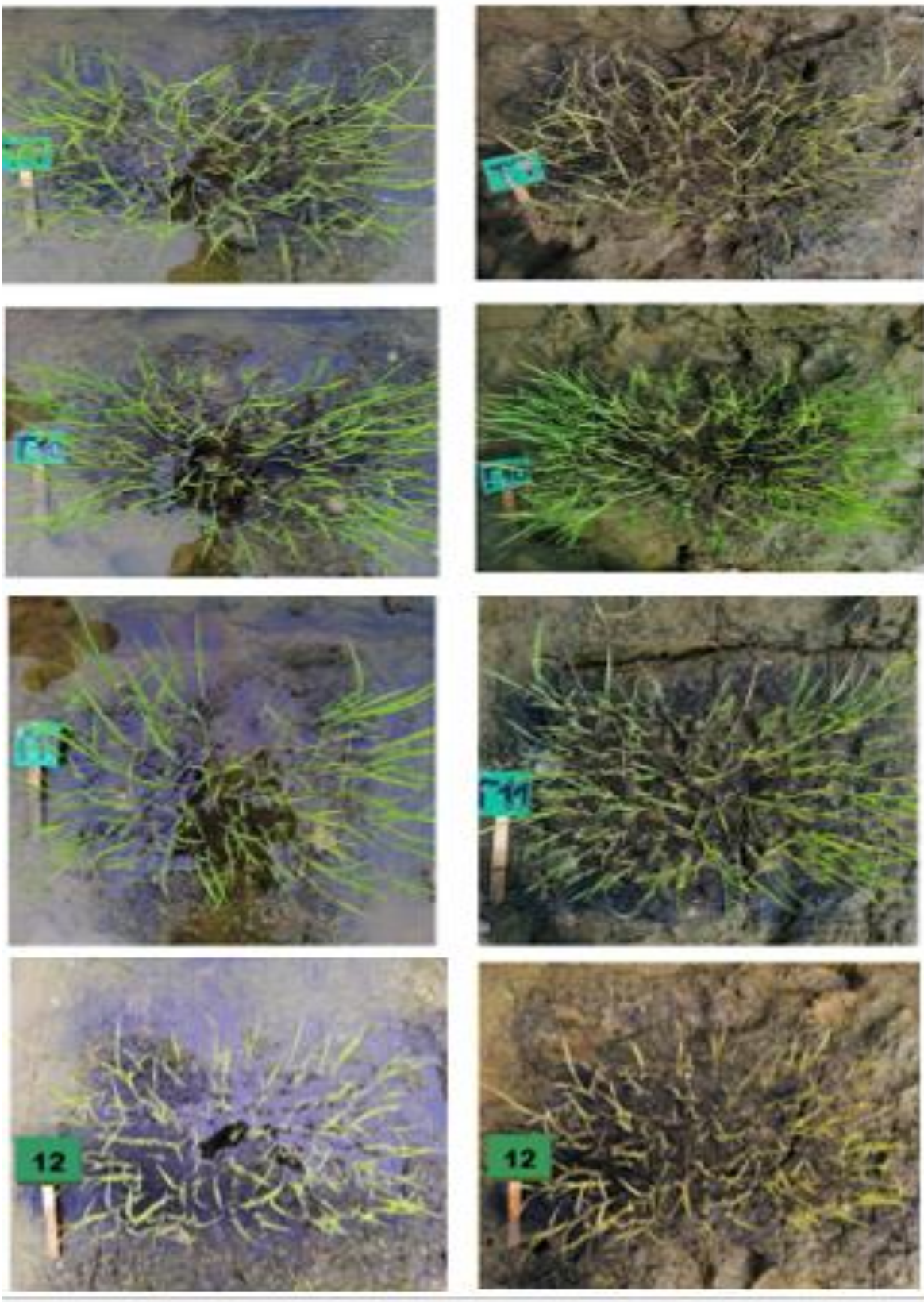
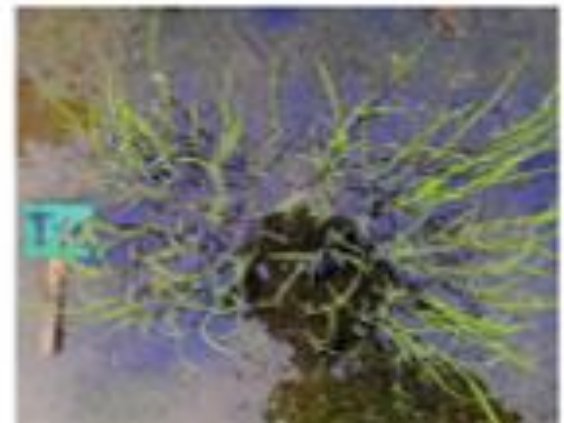
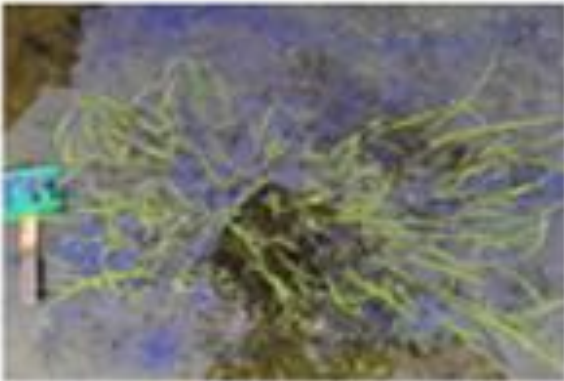
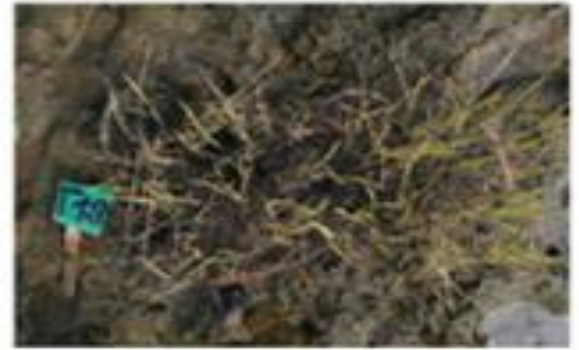
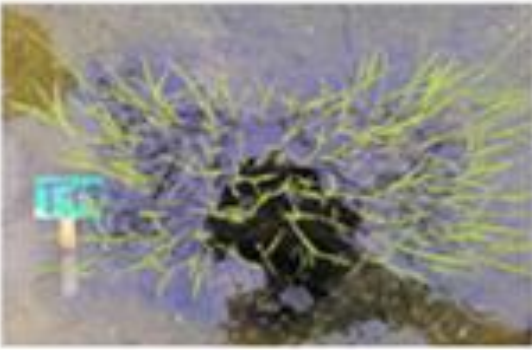


Figura 10. El efecto del herbicida Imazetapir, en 11 progenies derivadas del parental Br-101-UTB, antes (fotos del lado izquierdo) y después (fotos del lado derecho) de la aplicación del herbicida.





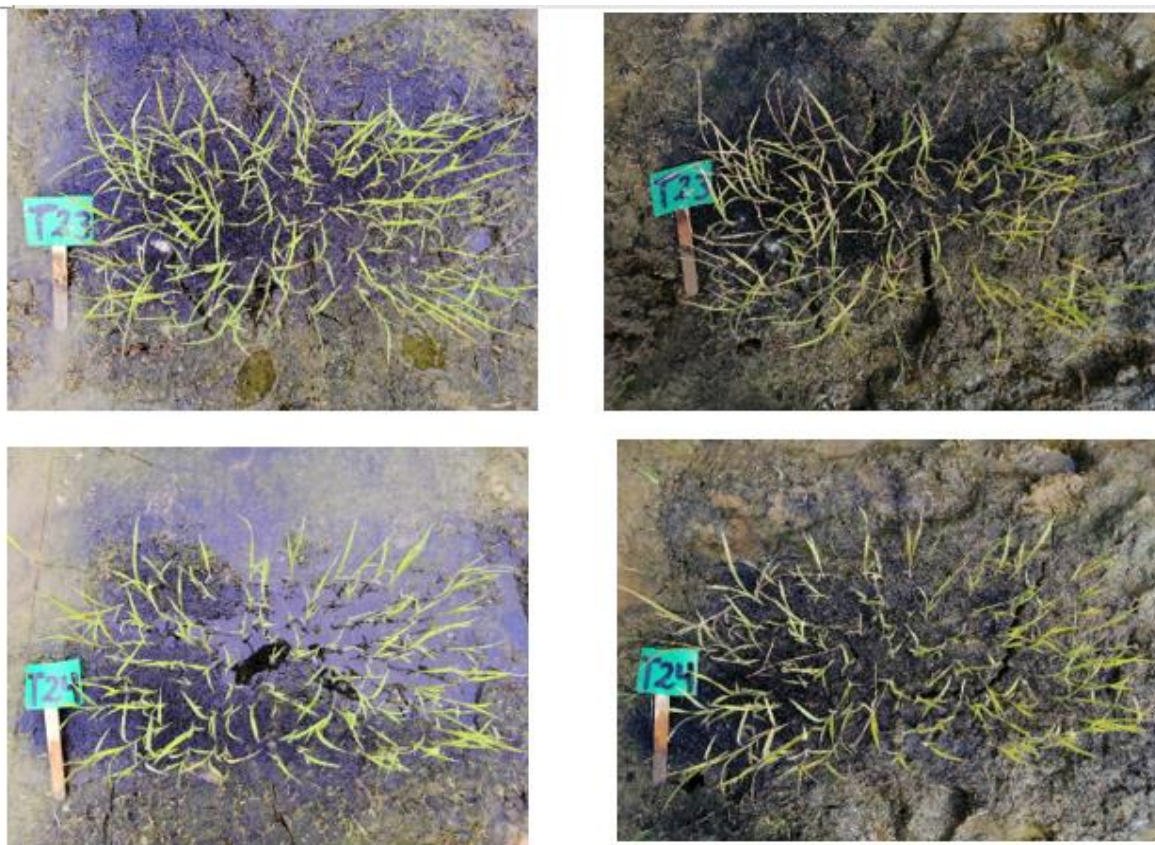


Figura 11. Efecto del herbicida Imazetapir, en 12 parentales antes (fotos del lado izquierdo) y después (fotos del lado derecho) de la aplicación del herbicida.

V. DISCUSIÓN

El genotipo Br-101-UTB, que es el parental con la resistencia al Imazetapir, fue afectado en el menor grado; sin embargo, se debe destacar que, en estos resultados, existieron dos progenies que resultaron severamente afectadas, como son la FI-107/BR-101-UTB y la FL-109/BR-101-UTB con más del 90% de daño, resultando en la muerte de los individuos.

Estos resultados indican que cuando el cultivar BR-101-UTB es utilizado como parental masculino, el gen de la resistencia al herbicida imazetapir, es posible que no se transfiera en la progenie y va a depender del parental femenino que se utilice.

Las nueve progenies que sobrevivieron a la aplicación del herbicida imazetapir, estuvieron en el rango de 7,71 al 22,73%. Los parentales fueron afectados severamente, incluido el Puyón, excepto el parental BR-101-UTB, que es el parental que contiene el gen de la resistencia al herbicida.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación sobre “Estudio de la variación hereditaria de líneas F2 de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) resultantes de cruzamientos con un progenitor masculino portador del gen CREALFIELD”, se concluye lo siguiente:

- Al momento de determinar el contenido de clorofila, se observó la diferencia que se obtuvieron las progenies evaluadas, comparadas con los parentales, antes y después de la aplicación del herbicida imazetapir.
- En cuanto la variable plantas muertas, los parentales resultaron con el mayor rango afectación.
- En la variable del grado de toxicidad según los análisis encontrados arrojó un promedio del 6.94 %.

VII. RECOMENDACIONES

- Extender las investigaciones con las diferentes líneas estudiadas en este ensayo experimental que han presentado resistencia al herbicida Imazetapir.
- Continuar con el ensayo de cultivo de arroz en diferentes sectores, para así obtener mayores resultados.
- Valorar el comportamiento agronómico de las líneas que han presentado resistencia al herbicida Imazetapir.

VIII. RESUMEN

El presente ensayo experimental se realizó a partir de la siembra de líneas F2 de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) resultantes de cruzamientos con un progenitor masculino, portador del gen CREALFIELD, que confiere la resistencia al herbicida imazetapir. El presente ensayo experimental se realizó en los terrenos de la Granja “San Pablo” perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada a Km 7,5 de la vía Babahoyo –Montalvo. Los objetivos fueron los siguientes: 1). Determinar el efecto del herbicida imazetapir en plantas F2 de arroz, segregantes de un parental masculino portador del gen CLEARFIELD. 2). Establecer la variabilidad hereditaria de las poblaciones segregantes en estudio y; 3). Seleccionar los segregantes F2 de arroz tolerantes y/o resistentes al herbicida imazetapir. Las variables evaluadas fueron las siguientes: Contenido de clorofila, Número de plantas muertas, Número de plantas vivas, Número de plantas totales y Grado de toxicidad del herbicida Imazetapir (Escala ALAM). El genotipo Br-101-UTB, que es el parental con la resistencia al Imazetapir, fue afectado en el menor grado; sin embargo, se debe destacar que en estos resultados, existieron dos progenies que resultaron severamente afectadas, como son la FI-107/BR-101-UTB y la FL-109/BR-101-UTB con más del 90% de daño, resultando en la muerte de los individuos. Estos resultados indican que cuando el cultivar BR-101-UTB es utilizado como parental masculino, el gen de la resistencia al herbicida imazetapir, es posible que no se transfiera en la progenie y va a depender del parental femenino que se utilice. Las nueve progenies que sobrevivieron a la aplicación del herbicida imazetapir, estuvieron en el rango de 7,71 al 22,73%. Los parentales fueron afectados severamente, incluido el Puyón, excepto el parental BR-101-UTB, que es el parental que contiene el gen de la resistencia al herbicida.

Palabras claves: Resistencia al herbicida Imazetapir, progenies, progenitor masculino, progenitor femenino, Clearfield.

IX. SUMMARY

This experimental trial was carried out using plantlets rice F2 lines (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) resulting from crossings with a male parent, carrier of the CREALFIELD gene, which confers resistance to the herbicide imazetapir. This research was conducted at the “San Pablo” farm, belonging to the Faculty of Agricultural Sciences, Technical University of Babahoyo, located at Km 7.5 of the Babahoyo –Montalvo road. The objectives were the following: 1). To determine the effect of the herbicide imazetapir on rice F2 plantlets, segregating from a male parent carrying the CLEARFIELD gene. 2). To establish the hereditary variability of the segregating populations under study and; 3). To select F2 segregating rice tolerant and / or resistant to imazetapir herbicide. The variables evaluated were the following: Chlorophyll content, Number of dead plants, Number of living plants, Number of total plants and Degree of toxicity of the herbicide Imazetapir (ALAM scale). The Br-101-UTB genotype, which is the parent with Imazetapir resistance, was lowest affected; however, it should be noted that in these results, there were two progenies that were severely affected, such as the FI-107 / BR-101-UTB and FL-109 / BR-101-UTB with more than 90% damage, resulting in the death of individuals. These results indicate that when the BR-101-UTB cultivar is used as a male parent, the imazetapir herbicide resistance gene may not be transferred to the progeny and will depend on the female parent used. The nine progenies that survived the application of the herbicide imazetapir, were in the low range of 7.71 to 22.73%. The parents were severely affected, including Puyón, except for the parent BR-101-UTB, which is the parent that contains the herbicide resistance gene.

Keywords: Imazetapir herbicide resistance, progenies, male parent, female parent, Clearfield.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Amat Cabrera J. (2019). Análisis heterótico sobre caracteres fenotípicos de progenies F1 derivados de cruzamientos entre el progenitor Br-101-UTB con 10 cultivares de Arroz (*Oryza sativa* L. spp. indica). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Ávila Alvarado, W. I. (2012). Evaluación y selección de poblaciones F1 de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de cruzamientos entre progenitores deseables. Tesis de Grado previo al título de Ingeniera Agrónoma, Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica, Babahoyo, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/953/1/T-UTB-FACIAG-AGR-0000160.pdf>
- Babu, R., Sajeena, A., Seetharaman, K., & Reddy, M. (2003). Advances in genetically engineered (transgenic) plants in pest management-an over view. *Crop Protection Journal*, 22, 1071-1086.
- Bajaj, S., & Mohanty, A. (2005). Recent advances in rice biotechnology-towards genetically superior transgenic rice. *Plant Biotechnology Journal*, 3(3), 275-307. doi:10.1111/j.1467-7652.2005.00130.x
- Barona, E. (2012). Adaptabilidad de tres líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) del sistema Clearfield en tres zonas arroceras de Colombia. Trabajo para optar al título de Magíster en Ciencias Agrarias Línea de Investigación en Fitomejoramiento, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Colombia. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/18796/1/7209502.2013.pdf>
- BASF. (2000). Clearfield System: una solución para control de las malas hierbas. Informe Técnico, Revista Vida Rural, España. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_2000_120_34_35.pdf
- Chen, H., Lin, Y., & Zhang, Q. (2009). Review and prospect of transgenic rice research. *Chinese Sci Bull*, 54, 4049-4068.

- Cocking, E. (2000). Progress in rice biotechnology. *Rev CahiersOptios Méditerranéennes*, 8, 61-65.
- Cornide, M. (2001). La genética vegetal, el mejoramiento y la sociedad. *Rev. Cultivos Tropicales, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 22(3), 73-82. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230161008.pdf>
- Díaz, C., & Chaparro, A. (2012). Métodos y usos agrícolas de la ingeniería genética aplicada al cultivo del arroz. *Rev. Colomb. Biotecnol.*, 15(2), 179-195. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v14n2/v14n2a18.pdf>
- Franquet, J., & Borràs, C. (2004). Variedades y mejora de arroz (*Oryza sativa* L.). España: UIC-Campus del Ebre. Obtenido de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:UNEDCentroAsociadoTortosa-Libros-5025/Franquet_Bernis_JoseMaria_Variedades.pdf
- González, H. (1982). Curso de adiestramiento en producción de arroz. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA), Estación Experimental Vista Florida, Chiclayo, Perú. Obtenido de <http://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-dearroz-crecio-558-durante-el-periodo -2-8059>
- Ignacimuthu, S., Arockiasamy, S., & Terada, R. (2000). Genetic transformation of rice: Current status and future prospects. *Rev. Current Science*, 79(2), 186-195.
- Miguez, z. (2017). Obtención de semilla F1 de arroz tipo índica (*Oryza sativa* L.), mediante hibridación simple, para crear poblaciones de genética diversa. Tesis de Ingeniera Agrónoma. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Nadolska, A., Orczvk, W., & Ptvetakiewicz, A. (2000). Agrobacterium mediated transformation of cereals from technique development to its application. *Physiologiae Plantarum Journal*, 22(1), 77-88.
- Ortiz, A., Pérez, P., Anzalone, Á., Zambrano, C., Torres, S., Quintana, Y., Fischer, A. (2017). Resistencia de *Fimbristylis littoralis* Gaudich a imazapir + imazetapir y su control con otros herbicidas en el cultivo de arroz. *Rev. Bioagro*, 29(1), 15-22. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000100002

- Pazos, F. (2007). Cultivos no-transgénicos resistentes a herbicidas, una nueva "solución" de la Industria: la tecnología Clearfield. Manual Informativo, Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina, Uruguay. Obtenido de http://www.rapaluruaguay.org/agrotoxicos/Prensa/Cultivos_no-transgenicos_resistentes_a_herbicidas.pdf
- Ramos, F. (2013). Maíz, trigo y arroz: Los cereales que alimentan al mundo (Primera edición ed.). México: Padre Mier. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/3649/1/maiztrigoarroz.pdf>
- Repellin, A., Bàga, M., & Jauhar, R. (2001). Genetic enrichment of cereal crops via alien gene transformer: New challengers. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 64, 159-183.
- Reyes Palma, J. D. (2018). Rentabilidad de la producción agrícola del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Trabajo de titulación para optar el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Babahoyo, Ecuador. Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/5176/1/E-UTB-FACIAG-ING%2520AGRON-000120.pdf>
- Rodríguez, D. (2017). Potencial de rendimiento de líneas utantes de arroz (*Oryza sativa* L.) desarrolladas mediante aplicación de rayos gamma en condiciones del valle de Jequetepeque. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2964/F30-R639-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, R. (2013). Efecto de la aplicación de siete niveles de extracto de algas marinas sobre las características agronómicas y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis de grado previa al título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2695/1/ARROZ.pdf>

- SAG. (2010). Programa de arroz. Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG); Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). Honduras: SAG-DICTA. Obtenido de <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>
- Saldívar, S., & Othón, S. (2007). Variedades del arroz (*Oryza sativa* L.). *Rev. Ciencia Conocimiento Tecnología* (50).
- Solís, S., Rivera, R., Chisholin, O., & Álvarez, C. (2015). Evaluación de nuevas líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidas por hibridación debr del programa de mejoramiento genético del cultivo en Cuba. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana*, 36(3), 115-123.
- Tuesca, D., & Nisensohn, L. (2001). Resistencia de *Amaranthus quintesis* a imazetapir y clorimurón-etil. *Rev. Pesq. Agropec.* 36(4), 601-666. Obtenido de <http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n4/5141.pdf>
- Tyagi, A., & Mohanty, A. (2000). Rice transformation for crop improvement and functional genomics. *Plant Science Journal*, 158, 1-18.
- Vasil, I. (2005). The story of transgenic cereals: the challenge, the debate, and the solution - a historical perspective *In Vitro Cell. Rev. Dev. Biol. Plant*, 41, 577-583.