

Variación hereditaria de líneas F2 de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) derivadas de un parental femenino portador del gen Clearfield

Hereditary variation of F2 lines of rice (Oryza sativa L. ssp. indica) derived from a female parental holding the Clearfield gene

<https://doi.org/10.5281/zenodo.4429306>

AUTORES: Walter Oswaldo Reyes-Borja^{1*}
Jean Carlos Santelices Villalta²
Mario Fernando Quispe Sandoval³
Fernando Javier Cobos Mora⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: * wreyes@utb.edu.ec

Fecha de recepción: 24 / 09 / 2020

Fecha de aceptación: 28 / 12 / 2020

RESUMEN

En este experimento se utilizaron líneas F2 de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) resultantes de cruzamientos con un progenitor femenino portador del gen CLEARFIELD, que confiere la resistencia al herbicida imazetapir. Este estudio se realizó en la Granja Experimental “San Pablo”, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador. Los objetivos fueron: Evaluar el efecto del herbicida imazetapir en plantas F2 de arroz, segregantes de un parental femenino portador del gen CLEARFIELD y Seleccionar los segregantes F2 de arroz tolerantes y/o resistentes al herbicida imazetapir. Se utilizó el Diseño

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

³Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

⁴Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

Completos al Azar con 24 tratamientos (11 progenies y 12 parentales, 1 control). Se realizó el análisis de varianza, gráficos para identificar los individuos de interés y los promedios fueron analizados mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. En los resultados, el contenido de clorofila se diferenció entre las progenies y los parentales evaluados antes y después de la aplicación del herbicida. El grado de toxicidad producido por el herbicida imazetapir, afectó en menor grado al genotipo Br-101-UTB, que es el parental que contiene el gen de resistencia, obteniéndose un valor de 1,15% de daño. En cuanto a las progenies, también se obtuvieron bajos grados desde 2,34 a 19,25% (Escala de ALAM). Esto contrastó con los parentales, que obtuvieron rangos de entre 66,67 a 97% de daño. Los resultados expresan que el gen de resistencia al imazetapir, es un gen de fácil introgresión en las progenies, cuando un parental con resistencia este herbicida, actúa como progenitor femenino.

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

SUMMARY

In this experiment, F2 lines of rice (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) resulting from crosses with a female parent carrying the CLEARFIELD gene, which confers resistance to the herbicide imazethapyr, were used. This study was carried out at the “San Pablo” Experimental Farm, Faculty of Agricultural Sciences, Technical University of Babahoyo, Ecuador. The objectives were: To evaluate the effect of the herbicide imazethapyr in F2 rice plants, segregating of a female parent carrying the CLEARFIELD gene and to select the F2 rice segregants plants tolerant and / or resistant to the herbicide imazethapyr. Complete Random Design was used with 24 treatments (11 progenies and 12 parents, 1 Control). Analysis of variance, graphs were performed to identify the individuals of interest and the Tukey test at 5% probability was applied to analyze the averages. The results showed that, the chlorophyll content differed between the progenies and the parental lines evaluated before and after the application of the herbicide. The degree of toxicity produced by the herbicide imazetapir, was minor affected to the female progenitor Br-101-UTB, which is the parental containing the resistant gene, obtaining a damage value of 1.15% (ALAM scale). Regarding the progeny, low grades were also obtained from 2.34 to 19.25%. This contrasted with the parentals which obtained ranges

from 66.67 to 97%. The results express that the CLEARFIELD gene is easily and highly introgressive into the progeny when a parental with resistance acts as a female progenitor.

Keywords: *Imazetapir herbicide resistance, progenies, female parent, clearfield.*

INTRODUCCIÓN

El cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.), se cultiva desde hace alrededor de 10 000 años en zonas húmedas de Asia tropical y subtropical. La India probablemente sea el país donde se cultivó por primera vez el arroz, debido a que abundaban los arrozales silvestres; sin embargo, el cultivo tuvo su desarrollo en China, cultivándose tanto en tierras bajas como en las partes altas (Josep M. & Franquet B., 2004).

El desarrollo de nuevas variedades vegetales ha sido desde el inicio de las prácticas de domesticación vegetal, un elemento vital para ofrecer mejores condiciones de vida al hombre (Hernández Salgar, 2000). Sin embargo, es un desafío difícil, ya que muchos caracteres útiles como el rendimiento y la calidad se rigen por la interacción de un gran número de genes, acerca de los cuales se sabe poco (UPOV, 2011).

El arroz ha sido seleccionado como especie modelo para la investigación dentro del grupo de los cereales, debido a sus características genéticas únicas. Como resultado, se han obtenido mapas genéticos, físicos y comparativos, la caracterización de varios genes y la secuenciación completa de su genoma. Con estas herramientas se espera apoyar y optimizar, juntamente con las otras tecnologías, los procesos de mejoramiento de la especie y de otras relacionadas (Shimamoto & Kyojuka, 2002).

Clearfield es una tecnología para el control de malezas en el cultivo de arroz, que participa en el desarrollo de semillas de alta calidad agronómica, resistentes a herbicidas de la familia de las Imidazolinonas (IMI); con una alta eficiencia y selectividad. El herbicida IMI es para aplicaciones post emergentes, tiene acción residual y permite controlar un amplio espectro de malezas. Sin embargo, si no se realiza un manejo adecuado, la incidencia de las malezas puede tener un impacto realmente negativo en el rendimiento final del cultivo, ya que el período de mayor competencia de las malezas con las plantas de arroz está entre la emergencia del cultivo y el inicio de la formación de las panículas (Chilian, Parada & Lisboa, 2015).

El nacimiento de esta tecnología tuvo su origen en el año 1981 en la Universidad Estatal de Luisiana, Estados Unidos, cuando el Dr. Tim Croughan inició el trabajo de investigación que consistió en utilizar el mutagénico etilmetanosulfonato (EMS) para inducir mutaciones a semillas de arroz. Las semillas tratadas fueron sembradas en parcelas experimentales, donde se las plántulas generadas, se trataron con herbicidas de la familia de las Imidazolinonas; a partir de este estudio se obtuvieron individuos resistentes (Pazos, 2007).

Con fines experimentales, este trabajo tuvo como objetivo general, identificar la variación hereditaria de líneas F2 de arroz, resultantes de cruzamientos con un progenitor femenino portador del gen CLEARFIELD, que confiere resistencia a herbicidas de la familia química de las imidazolinonas. Como objetivos específicos se planificó determinar la variabilidad hereditaria de las poblaciones segregantes en estudio y seleccionar los segregantes F2 de arroz tolerantes y/o resistentes al herbicida imazetapir.

METODOLOGÍA

Ubicación del lote experimental

El presente estudio se efectuó en los predios de la Granja Experimental “San Pablo”, Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACIAG) de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el km. 7,5 de la vía Babahoyo – Montalvo, con coordenadas geográficas 476003,18 UTM de latitud sur y 8829743,10 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 % (INAMHI, 2017).

Material genético

En este ensayo se utilizaron 11 poblaciones segregantes F2 de arroz tipo índica, derivadas del progenitor Br-101-UTB (contiene del gen CLEARFIELD), utilizado como parental femenino, en combinación con 12 parentales masculinos. Se incluyó también un cultivar silvestre como control (Arroz rojo o Puyón). El material genético fue provisto por el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica de Babahoyo.

Tratamientos

Se consideraron 24 tratamientos compuestos de 11 progenies F2, 12 parentales y una especie silvestre (*O. rufipogon* o también llamado Puyón o arroz rojo). Esta última se consideró en el ensayo, para observar su comportamiento frente al herbicida imazetapir. En la Tabla 1, se observan los códigos de los tratamientos.

Tabla 1. Códigos de las progenies y parentales de arroz.

Tratamientos	Material vegetal	Descripción
1	BR-101-UTB/ FI-104-UTB	Progenie
2	BR-101-UTB/ BA-100-UTB	Progenie
3	BR-101-UTB/ G-113-UTB	Progenie
4	BR-101-UTB/ FI-106-UTB	Progenie
5	BR-101-UTB/ SH-108-UTB	Progenie
6	BR-101-UTB/ CA-102-UTB	Progenie
7	BR-101-UTB/ FL-109-UTB	Progenie
8	BR-101-UTB/ G-111-UTB	Progenie
9	BR-101-UTB/ FI-105-UTB	Progenie
10	BR-101-UTB/ G-112-UTB	Progenie
11	BR-101-UTB/ FE-103-UTB	Progenie
12	FI-104-UTB	Parental
13	BA-100-UTB	Parental
14	G-113-UTB	Parental
15	FI-106-UTB	Parental
16	SH-108-UTB	Parental
17	CA-102-UTB	Parental
18	FL-109-UTB	Parental
19	G-111-UTB	Parental
20	FI-105-UTB	Parental
21	G-112-UTB	Parental
22	FE-103-UTB	Parental
23	BR-101-UTB	Parental
24	PUYÓN-UTB	Control

Diseño experimental y Análisis estadístico

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar, con 24 tratamientos y 3 repeticiones. Se realizó el análisis de varianza, se utilizaron gráficos para identificar los individuos de interés y la prueba de Tukey 0,05 % para comparar los tratamientos.

Equipos, pesticidas y materiales

Los equipos utilizados fueron, un determinador de clorofila marca At Leaf, modelo CHL PLUS y una bomba de aspersión manual. Se utilizó el herbicida imazetapir en dosis de tres L/ha. Así como vitavax 0.5 g/L para el tratamiento de la semilla. Entre los materiales se utilizaron fundas, estaquillas, etiquetas, piolas, marcadores y ceniza.

Manejo del ensayo

Selección y preparación de poblaciones F2 de arroz

Para el presente trabajo experimental, se llevó a cabo la selección de la semilla del material genético F2 de arroz, seleccionando aquellas semillas que no presentaron ningún tipo de daño producido por insectos o agentes patógenos.

Prueba de germinación del material de siembra

Se procedió a efectuar la respectiva prueba de germinación de las progenies y progenitores. Se colocaron un promedio de 100 semillas por caja Petri /línea, con el objetivo de obtener el porcentaje de germinación, las cuales estuvieron en un rango de 50 a 94%.

Pregerminación de semillas F2 de arroz

Después de confirmar la viabilidad de las semillas F2, se procedió a realizar la pregerminación, colocando 30 gramos de semillas en fundas plásticas con agua, permaneciendo a una temperatura ambiente durante tres días, siendo dos días para el remojo y un día para escurrir.

Preparación del terreno

Para la preparación del terreno, se realizó el primer pase de fanguado con la ayuda de una maquinaria agrícola (Motocultor), posteriormente se realizó un segundo pase para nivelar el terreno con un tablón. Luego se realizó el estaquillado para el semillero, donde fueron sembradas e identificadas las parcelas donde se sembraron las semillas F2 de cada uno de los tratamientos, permaneciendo por aproximadamente 29 días.

Distribución de las parcelas en campo

Las parcelas/semilleros se sembraron con 30 g de semillas remojadas con dos días de anticipación. El área de cada semillero fue de 50 x 25 cm², realizándose tres repeticiones, en la cual cada una contó con los 24 tratamientos.

Siembra

Para realizar la siembra de las parcelas, se tomaron las semillas en la mano y se dispersaron en el área de la parcela/semillero, una vez sembrado se cubrieron las semillas con una capa de 1 cm de cascarilla de arroz quemada.

Supervisión y riego del ensayo

Se realizó constantemente la supervisión del semillero, y el riego se suministró por inundación, que consistió en dejar saturado el suelo con una lámina de agua de 4 cm aproximadamente de manera periódica, y se repetía el riego cada vez que el semillero lo ameritaba (Figura 1).

Figura 1. Supervisión (A) y riego del semillero (B).



Aplicación del herbicida

Después de la siembra en el sitio definitivo del cultivo, a los 15 días de edad del semillero, se procedió a la aplicación del herbicida Imazetapir al ensayo, donde se aplicó 150 mL del producto en 10 litros de agua, equivalente a 3 L/ha, colocados en una bomba de aspersión manual (Figura 2).

Figura 2. Preparación de la bomba de aspersión con el producto (A) y (B); aplicación del herbicida a la parcela (C).



Variables evaluadas

Contenido de clorofila

Para medir el contenido de clorofila, se colocó la hoja de la plántula en el centro del determinador de clorofila, que es donde se localiza el sensor en el equipo, como se muestra en la Figura 3. Se realizaron dos evaluaciones, para las cuales se seleccionaron 20 plantas al azar dentro de cada parcela. La primera evaluación se realizó a los 14 días después de la siembra, antes de la aplicación del herbicida Imazetapir. La segunda evaluación se realizó a los 15 días después de la aplicación del herbicida Imazetapir.

Figura 3. Evaluación de la variable contenido de clorofila (A y B).



Número de plantas totales

Se contabilizó el número total de plantas/parcela del semillero, antes de la aplicación del herbicida en el experimento.

Número de plantas vivas

Se estableció el número de las plantas vivas en cada parcela a los 15 días después de la aplicación del herbicida imazetapir.

Número de plantas muertas

Igualmente, se estableció el número de las plantas muertas en cada parcela del experimento a los 15 días después de la aplicación del herbicida imazetapir.

Grado de toxicidad del herbicida Imazetapir (Escala de ALAM)

El porcentaje de toxicidad del herbicida Imazetapir, se obtuvo observando el efecto del herbicida en cada parcela del experimento, sujetas a la escala de ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas), como se aprecia a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Escala de ALAM donde se detalla el grado de toxicidad de los herbicidas.

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.

Fuente: Tomado de ALAM (1974), citado por (Morcote, 2013).

RESULTADOS

Contenido de clorofila

En la Figura 4, se observa la diferencia del contenido de clorofila que se obtuvo entre las progenies y parentales evaluados, antes y después del tratamiento aplicado con el herbicida Imazetapir. En lo que respecta a los datos obtenidos antes de la aplicación del herbicida, estos datos estuvieron entre 33 a 36%, reportando el menor grado de clorofila en el cultivar Puyón. En cuanto a lo que refiere al comportamiento de los genotipos después que se aplicó el herbicida Imazetapir, se deduce que las 11 progenies donde el parental Br-101-UTB actuó como parental femenino, fueron mínimamente afectadas en el contenido de la clorofila,

incluyendo el parental resistente Br-101-UTB, variando sus contenidos desde 31 a 36%. Para el caso del Puyón, se observa en la misma figura que fue altamente afectado, obteniendo el menor valor con 23% de contenido de clorofila.

Número de plantas vivas/muertas

En la Figura 5, se muestra el número de plantas vivas y el número plantas muertas. Se observa que existe una diferencia entre las progenies y los parentales, donde todas las progenies, incluyendo el parental resistente Br-101-UTB, obtuvieron rangos altos de entre 90 a 124 plantas vivas, a diferencia de los parentales, donde se observó un rango menor de 3 a 34 plantas vivas. El Puyón presentó un valor de 12 plantas vivas. En el caso del número de plantas muertas, los parentales mostraron un mayor número, con un rango de 67 a 105 plantas, para el caso del Puyón se obtuvo un de número 39 plantas.

Figura 4. Contenido de clorofila evaluado antes (14 días de edad del semillero) y después de la aplicación del herbicida imazetapir (15 días después de la aplicación del herbicida).

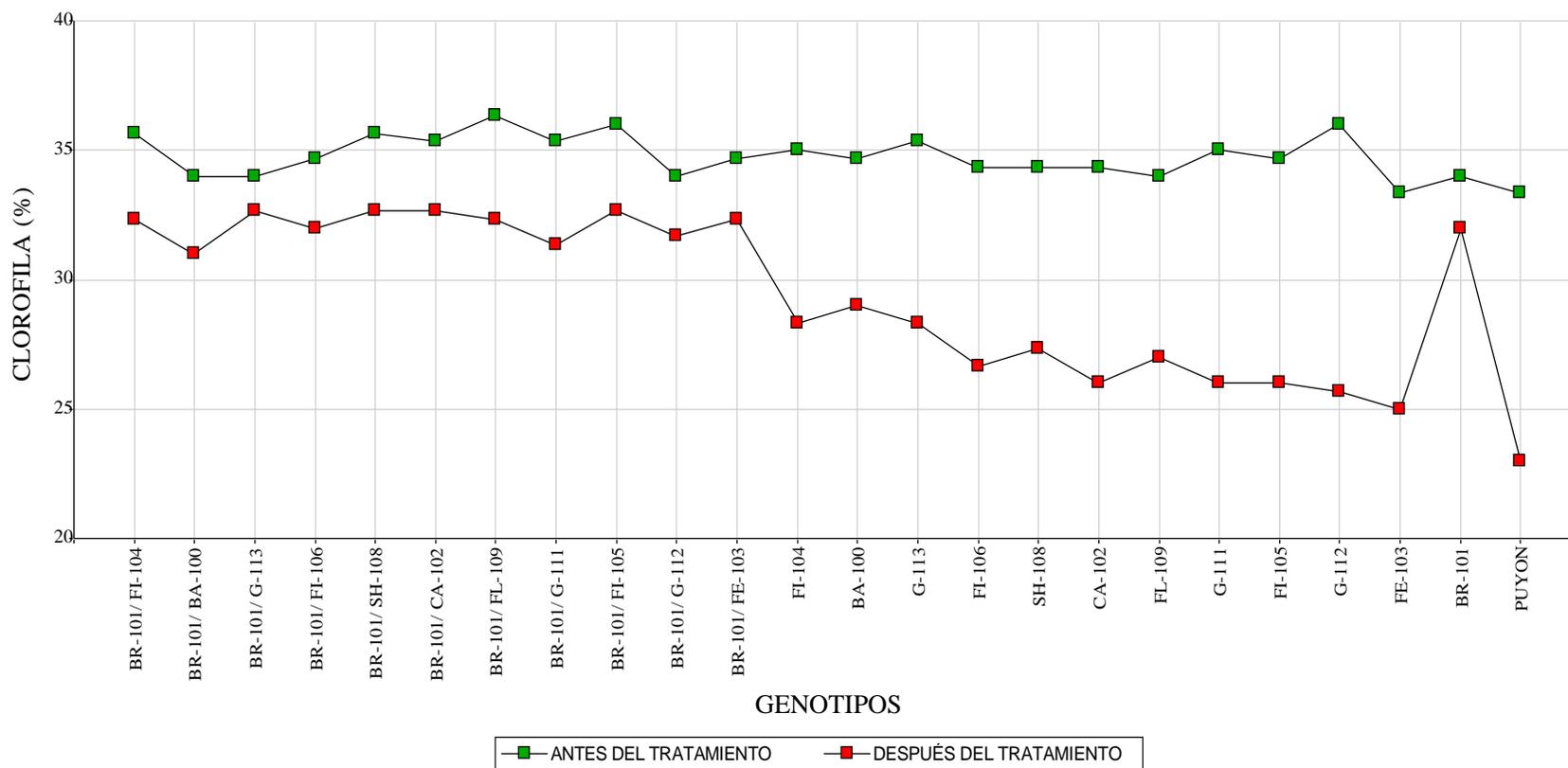
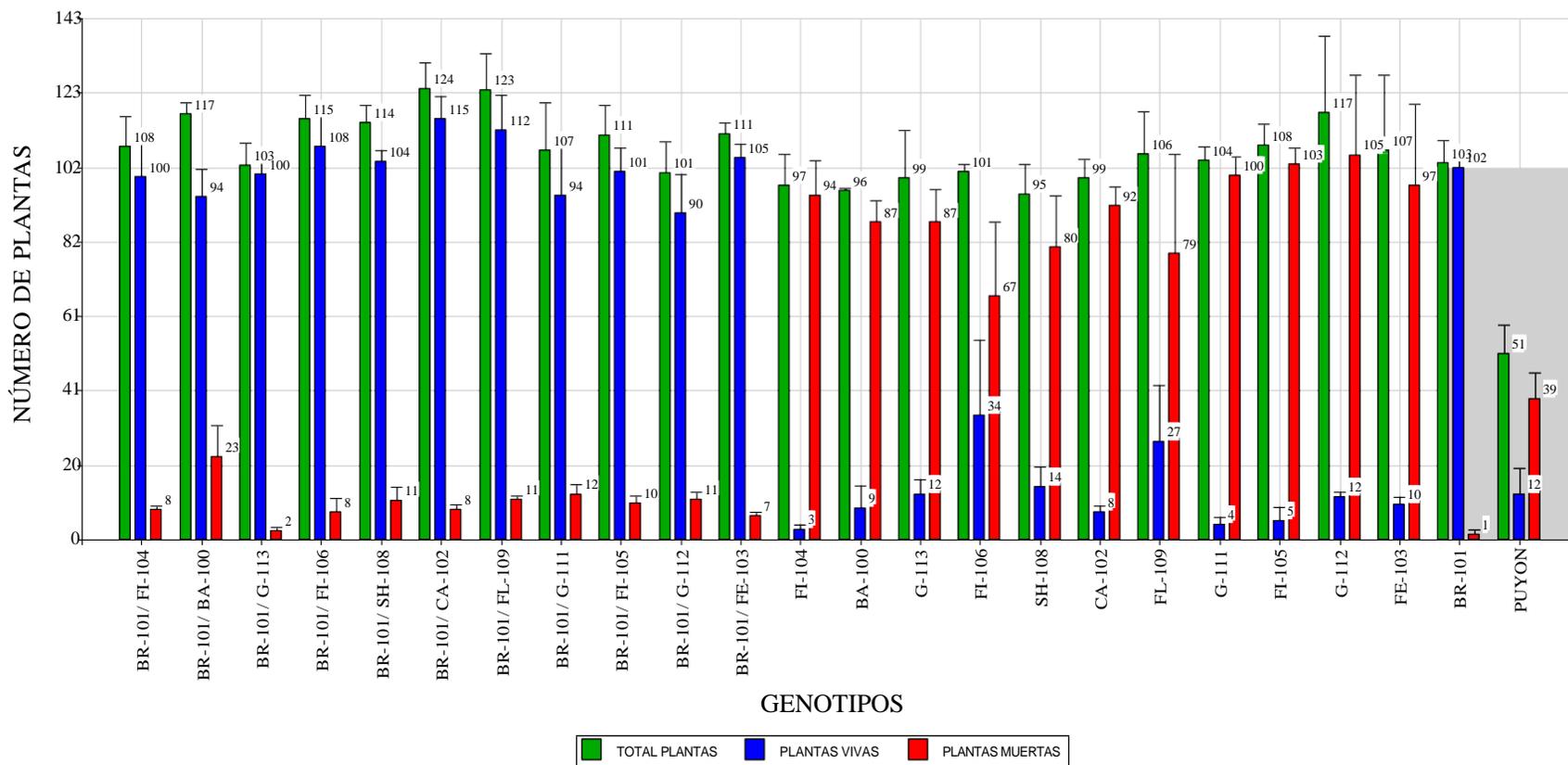


Figura 5. Muestra el total de plantas, plantas vivas y plantas muertas.



Grado de toxicidad del herbicida Imazetapir (Escala de ALAM)

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza (Tabla 3), en la variable grado de toxicidad (grado en porcentaje), se observó que el análisis fue altamente significativo ($<0,0001$) entre los genotipos estudiados, con un CV de 26,45%.

Tabla 3. Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la variable grado de toxicidad.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	113279,60	23	4925,20	31,40	$<0,0001$
Genotipos	113279,60	23	4925,20	31,40	$<0,0001$
Error	7529,47	48	156,86		
Total	120809,07	71			

CV= 26,45

Con respecto a la prueba de Tukey (Tabla 4), resultó que el genotipo Br-101-UTB, que es el parental con la resistencia al Imazetapir, fue afectado en el menor grado, obteniéndose un valor mínimo de 1,15%. Obsérvese también en la Figura 6, que las 11 progenies donde el parental Br-101-UTB actuó como madre, obtuvieron bajos grados de toxicidad y variaron entre 2,34 a 19,25%, a diferencia del resto de parentales que fueron afectados en altos grados, variando desde el 66,67% hasta el 97%.

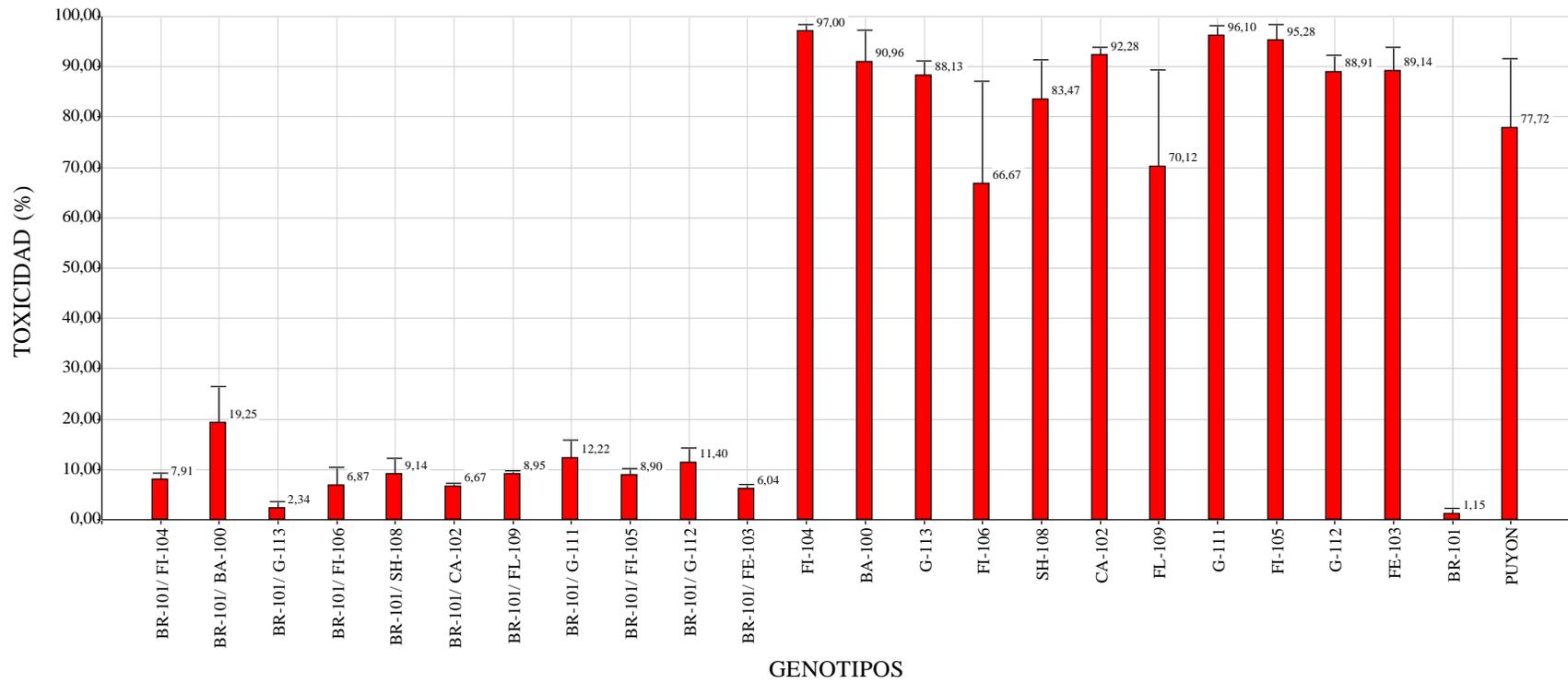
Tabla 4. Resultados de la prueba de Tukey de la variable grado de toxicidad.

GENOTIPOS	Medias	n	E.E.	Comparación
BR-101-UTB	1, 15	3	7, 23	A
BR-101-UTB/ G-113-UTB	2, 34	3	7, 23	A
BR-101-UTB/ FE-103-UTB	6, 04	3	7, 23	A
BR-101-UTB/ CA-102-UTB	6, 67	3	7, 23	A
BR-101-UTB/ FI-106-UTB	6, 87	3	7, 23	A
BR-101-UTB/ FI-104-UTB	7, 91	3	7, 23	A
BR-101-UTB/ FI-105-UTB	8, 90	3	7, 23	A
BR-101-UTB/ FL-109-UTB	8, 95	3	7, 23	A
BR-101-UTB/ SH-108-UTB	9, 14	3	7, 23	A
BR-101-UTB/ G-112-UTB	11, 40	3	7, 23	A
BR-101-UTB/ G-111-UTB	12, 22	3	7, 23	A
BR-101-UTB/ BA-100-UTB	19, 25	3	7, 23	A
FI-106-UTB	66, 67	3	7, 23	B
FL-109-UTB	70, 12	3	7, 23	B
PUYON-UTB	77, 72	3	7, 23	B
SH-108-UTB	83, 47	3	7, 23	B
G-113-UTB	88, 13	3	7, 23	B
G-112-UTB	88, 91	3	7, 23	B
FE-103-UTB	89, 14	3	7, 23	B
BA-100-UTB	90, 96	3	7, 23	B
CA-102-UTB	92, 28	3	7, 23	B
FI-105-UTB	95, 28	3	7, 23	B
G-111-UTB	96, 10	3	7, 23	B
FI-104-UTB	97, 00	3	7, 23	B

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

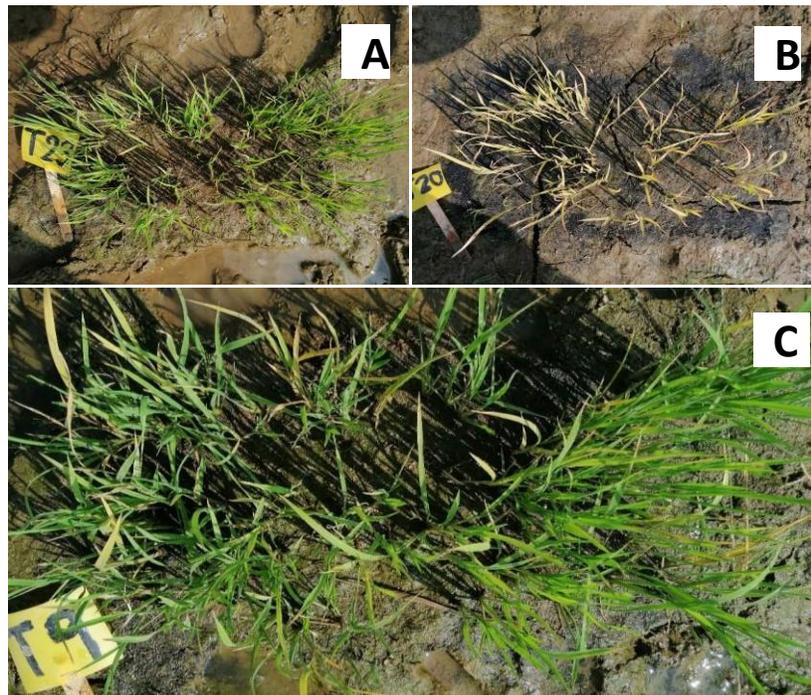
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=39,41645, Error: 156,8639 gl: 48

Figura 6. Muestra el comportamiento del grado de toxicidad que presentan los genotipos evaluados.



En la Figura 7-A, se observa el efecto del herbicida Imazetapir en el parental femenino Br-101-UTB (que contiene el gen Clearfield) y el parental masculino FI-105-UTB (Figura 7, B), comparados con su progenie Br-101-UTB/FI-105-UTB (Figura 7, C) evaluados 15 días después de la aplicación del herbicida. Nótese como el parental masculino expresó un alto grado de toxicidad, en contraste con el parental resistente y la progenie, que presentaron baja toxicidad.

Figura 7. Efecto del herbicida Imazetapir en el parental femenino Br-101-UTB que contiene el gen Clearfield (A) y el parental masculino FI-105-UTB (B), comparados con la progenie Br-101-UTB/FI-105-UTB, evaluados 15 días después de la aplicación del herbicida.



DISCUSIÓN

En este estudio fue muy útil aplicar una de las metodologías basadas en la observación. De acuerdo con Tasistro (2000), estos métodos también llamados de “evaluación visual”, se han empleado ampliamente para evaluar el desempeño de herbicidas en campo, debido a su practicidad; no obstante, pueden presentar algunas limitaciones. Sin embargo; en esta investigación, al estudiarse el grado de toxicidad que presentaron las progenies F2 y los parentales de arroz frente al herbicida Imazetapir, de acuerdo con la Escala de ALAM, fue

evidente el comportamiento del parental Br-101-UTB, cultivar con la resistencia al Imazetapir, afectado en menor grado, con un valor de 1,15%. Este porcentaje, de acuerdo con la escala de ALAM, estuvo en el rango de “Todas las plantas vivas, sin ningún daño”, observándose también que en las 11 progenies donde el parental Br-101-UTB actuó como madre, se obtuvieron bajos grados de toxicidad, variando entre 2,34 a 19,25%, determinado en la escala de ALAM como “Todas las plantas vivas, algunas con daño muy leve”. Estos resultados expresan que el gen de resistencia al imazetapir, es un gen de fácil introgresión, observada en la progenie F2 que adquirió alta resistencia al herbicida; en contraste a los resultados obtenidos en los parentales, que fueron tratados con la misma dosis, en donde todos ellos fueron severamente afectados por el herbicida, excepto el cultivar Br-101-UTB que es el cultivar resistente.

Kraemer *et al.* (2009), mencionan que el efecto provocado por la imidazolinonas es fitotóxico, causado por la deficiencia de algunos aminoácidos y reaccionan como una disminución de la síntesis de proteínas y ADN, así la translocación de fotosíntesis y la división celular hacia los puntos de crecimiento. Estos procesos realizan cambios en las plantas con una reducción en el crecimiento y alargamiento de las hojas y clorosis entre sus venas. En este estudio fue evidente la clorosis que presentaron los parentales (excepto el parental Br-101-UTB que fue mínimamente afectado). Algunos individuos dentro de las poblaciones de las progenies también fueron afectados severamente, llegando inclusive hasta la muerte. Esto probablemente se deba a que algunos segregantes de la progenie no heredaron el gen del Clearfield.

CONCLUSIONES

El contenido de clorofila fue mayor en las progenies evaluadas antes y después de la aplicación del herbicida, contrastando con los parentales que obtuvieron los menores valores.

Con respecto a la variable plantas vivas, todas las progenies incluyendo al parental resistente Br-101-UTB, obtuvieron un rango de 90 a 124 plantas, a diferencia de los parentales, que se observaron en un rango menor de 3 a 34 plantas vivas.

Los promedios de la variable grado de toxicidad, según el análisis de varianza, fue altamente significativa entre los genotipos estudiados.

De acuerdo con la prueba de Tukey, resultó que el genotipo Br-101-UTB, que es el parental con la resistencia al Imazetapir, fue afectado en menor grado, obteniéndose un valor de 1,15%, para el caso de las progenies donde el parental Br-101-UTB actuó con madre, obtuvieron bajos grados de afectación que variaron entre 2,43 a 19,25%, a diferencia del resto de parentales que fueron afectados en altos grados, variando desde 66,67 hasta un 97%.

Los resultados expresan que el gen de resistencia al imazetapir, es un gen de fácil introgresión, respuesta que fue observada en la progenie F2 con alta resistencia al herbicida; a diferencia de los parentales tratados con la misma dosis del herbicida, en donde todos ellos fueron altamente afectados, excepto el parental Br-101-UTB, portador del gen de resistencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chilian J., Parada P. & Lisboa K. 2015. Manejo integrado de herbicidas para la producción de arroz Clearfield. In: Producción de Arroz: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Editores: Paredes M. y Becerra V. Boletín INIA No. 306. Chile. p 55-56.
- Hernández Salgar. 2000. Biodiversidad y Variedades Vegetales (en línea). Disponible en chrome-extension://ohfgljldgelakfkefopgklcohadegdpojf/http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31365/10.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). 2017. Babahoyo-Los Ríos. Anuario Meteorológico (Quito – Ecuador, 2017).
- Josep Maria & Franquet Bernis. 2004. Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa* L.) (en línea). Disponible en chrome-extension://ohfgljldgelakfkefopgklcohadegdpojf/http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:UNEDCentroAsociadoTortosa-Libros-5025/Franquet_Bernis_JoseMaria_Variedades.pdf.
- Kraemer, AF; Marchesan, E; Avila, LA; Machado, SLO; Grohs, M. 2009. Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas: revisão. Planta Daninha 27(3):629-639. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000300025>.
- Morcote, H. 2013. Eficacia y selectividad de Amicarbazone aplicado en diferentes dosis en

- caña panelera (*Saccharum officinarum* L.), en Güepa, Santander Effectiveness and selectivity of Amicarbazone applied in different doses to panelera cane (*Saccharum officinarum* L. *Ciencias y Agricultura* 10(1):47-56.
- Pazos, F. 2007. Cultivos no-transgénicos resistentes a herbicidas, una nueva solución de la industria; la tecnología Clearfield. (en línea). Montevideo, s.e. 8 p. Disponible en http://www.rapaluruaguay.org/agrotoxicos/Prensa/Cultivos_notransgenicos_resistentes_a_herbicidas.pdf
- Shimamoto, K. y Kyojuka, J. 2002. Modelo de arroz Asa para una genómica comparativa de plantas. *Revisión Anual de Biología Vegetal*, 53 (1), 399–419. doi: 10.1146 / annurev.arplant.53.092401.134447
- Tasistro, A. S. 2000. Métodos para evaluar efectividad en el control de malezas. *Revista Mexicana de la Ciencia de la Maleza*. No. Especial. pp. 25-35. Dirección General de Difusión Cultural. Universidad Autónoma Chapingo.
- UPOV. 2011. Preguntas frecuentes (FAO) (en línea, sitio web). Consultado 27 jul. 2020. Disponible en <https://www.upov.int/about/es/faq.html>.