

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA SEMILLA Y PRODUCTIVIDAD  
EN UNA POBLACIÓN F<sub>2</sub> OBTENIDA DEL CRUCE NATURAL  
ENTRE UN CULTIVAR ARROZ Y UN ARROZ ROJO (PARTE II)**

**MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SEEDS AND PRODUCTIVITY  
OF A F<sub>2</sub> PROGENIES OBTAINED FROM NATURAL CROSSING BETWEEN  
RICE VARIETY AND RED RICE (PART II)**

**Aída Ortiz Domínguez \*, Rubén Miranda\*\*, Rosana Figueroa\* y Catalina Ramis\***

\* Profesoras agregadas. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. E-mail: ortiza@agr.ucv.ve; figueroar@agr.ucv.ve; cmcramis@yahoo.es. \*\* Ingeniero Agrónomo. SEHIVECA. Correo electrónico: ortiza@agr.ucv.ve.

**RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue evaluar algunas características de la población F<sub>2</sub> del cruce entre una variedad de arroz (ZETA 15) y un arroz rojo (AR). Se utilizó la estadística descriptiva para analizar los datos y la prueba de Ji-cuadrado para % de fertilidad. Se evaluaron 10 atributos relacionados con la productividad y morfología de las semillas. Los resultados indicaron que la F<sub>2</sub> mostró segregación en todas las características, destacándose principalmente en valores mínimos, máximos y la media en los atributos siguientes: 3; 166 y 40,56 panículas por planta; 0; 177,50 y 49,68 granos por panículas; 0; 4,64 y 1,17 g pan<sup>-1</sup>; 0; 98,38 y 55,46% de fertilidad de la panícula; 0; 79,78 y 17,51% desgrane; 12,85; 35,05 y 24,02 cm longitud de panícula; 6,31; 10,39 y 6,31 mm largo de los granos paddy; 2,01; 7,58 y 2,64 mm ancho de los granos paddy; 1,43; 2,68 y 1,84 mm espesor de los granos paddy; 2,54; 4,71 y 3,60 de relación largo ancho<sup>-1</sup>; además presentó 62,12% de granos con glumas de color negro y 37,88% pajizo; 60,80% pericarpio rojo y 39,20% beige; y 96,56% no mostraron arista y 3,41% tuvieron arista corta en mayor cantidad en los de glumas de color negro. Los fenotipos que mostraron semillas largas, glumas de color pajizo sin arista, aunado a las plantas pequeñas y hábito de crecimiento erecto (datos mostrados en otra publicación), indican que ellos pudieran evolucionar hasta convertirse en varietales de arroz maleza en campos de semilla.

**Palabras Clave:** *Oryza sativa* L.; Arroz rojo; F<sub>2</sub>; productividad; morfología; semillas.

**SUMMARY**

The objective of this research was to evaluate certain characteristics of F<sub>2</sub> progenies obtained by crossing a rice variety with red rice. Descriptive statistics were used to analyze the data and the test of Ji-square for % of fertility. Ten attributes related to productivity and morphology of seeds were evaluated. Results indicated that the F<sub>2</sub> showed segregation for all characteristics, mainly in minimum, maximum and average values for the following attributes: 3; 166 and 40.56 panicles per plant; 0; 177.50 and 49.68 grains per panicle; 0; 4.64 and 1.17 for panicle weight (g); 0; 98.38 and 55.46% for fertility of panicle; 0; 79.78 and 17.51% panicle shattering; 12.85; 35.05 and 24.02 cm of panicle length ; 6.31; 10.39 and 6.31 mm of paddy grains length; 2.01; 7.58 and 2.64 mm of paddy grains width; 1.43; 2.68 and 1.84 mm of paddy grains thickness; 2.54; 4.71 and 3.60 of grain length width relation. In addition they presented 62.12% of grains with glumes of black color and 37.88% straw color; 60.80% displayed red pericarp and 39.20% beige; and 96.56% did not show awn and 3.41% had short awn in greater amount in those of glumes of black color. The presence of phenotypes with long seeds, glumes of straw color without awn, combined with small plants and an erect growth habit (data shown in another publication) indicates that they could evolve into weedy rice-variety types (WRVT) in rice seed fields.

**Keys Words:** *Oryza sativa* L.; red rice; F<sub>2</sub>; productivity; morphology; seeds.

## INTRODUCCIÓN

El 67% de la semilla de arroz, *Oryza sativa* L., certificada en el 2005, en el estado más productor de Venezuela (Portuguesa), estuvo contaminada con arroz rojo (AR) en el 2005 (Machado, 2006), cifra que revela que la principal diseminación del arroz maleza (AM) en el país se hace a través de la misma semilla que se vende a los agricultores y que la mayoría de los campos utilizados para multiplicar semillas poseen un banco de semillas de AM en el suelo.

En el mundo existen cuatro grandes grupos de AM: (A) Indica o (B) japónica plantas que han crecido donde no existe arroz silvestre, se pueden encontrar en zonas altas como Buthan o en campos de arroz en Uruguay. (C) Indica o (D) japónica plantas con características semejantes al arroz silvestre tales como alto desgrane y latencia de sus semillas. Ocurre en lugares donde están o han estado especies silvestres de arroz (Vaughan *et al.*, 2005). En Venezuela se cree que la mayoría del AM son del grupo C, tipo índica, también se ha señalado la presencia de las especies silvestres *O. rufipogon* americana o *O. Glumaepatula* y *O. latifolia* en el hábitat del arroz cultivado (Peña y Ortiz Domínguez, 2001; Vaughan y Tomooka, 1999)

La hibridación interespecífica se usa en mejoramiento del cultivo de arroz para incorporar atributos deseados que no están presentes en la especie *O. sativa*, sin embargo, también se transmiten caracteres indeseados. En sus estudios, Septiningsih *et al.* (2003) evaluaron 2085 retrocruzas BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> de un cruce entre la línea IR-64 con una accesión de *O. rufipogon* (IRGC 105491), se observó que algunas características asociadas a la calidad de granos arroz mostraron una distribución normal (amilosa, consistencia del gel, % granos enteros, % granos partidos y % granos yesosos entre otras), mientras que el porcentaje de arroz con pericarpio rojo no siguió este patrón, sino, que mostró una distribución asimétrica, ubicándose la mayoría en las categorías 0 y 11,2% de AR, evidenciándose que hubo una tendencia en la población a parecerse a la variedad (padre recurrente), sin embargo, *O. rufipogon* posee indeseables atributos de calidad de los granos, solamente el de contenido de amilosa pudiera ser utilizado dependiendo del consumidor.

Diferentes estudios sobre el AM se han realizado en América latina, entre ellos se encuentra un estudio acerca de 20 características morfológicas del AM en Colombia donde se encontró que el 50% de los AM de 148 accesiones evaluados fueron agrupados con las variedades de arroz (llamado varietales), 37% intermedios entre los

varietales y arroces silvestres, los cuales presentaron aristas, pero, la mayoría tuvieron las glumas y el apículo de color pajizo y 13% estuvieron asociados con las especies silvestres (*O. rufipogon*, *O. Glumaepatula*, *O. barthii* y *O. glaberrima*) la mayoría con glumas de color negro y marrón (Lentini *et al.*, 2005).

En este mismo trabajo se evaluó el perfil genético utilizando 50 marcadores microsatélites (4 por cromosoma) y se compararon con 9 variedades índicas, híbridos entre AM y variedades, y 4 especies silvestres de arroz del genoma AA (*O. rufipogon*, *O. Glumaepatula*, *O. barthii* y *O. glaberrima*). Los resultados reflejaron un alto grado de polimorfismos y específicos microsatélites para genotipos que permitieron distinguir a los híbridos, variedades y especies silvestres, determinación de la diversidad del AM y la asociación con los rasgos morfológicos tales como las características de las semillas. El 87% de las accesiones de AR fueron homocigotos y el 13% fueron heterocigotos para cada microsatélite. El número de heterocigotos observados indican que hubo polinización cruzada.

En Venezuela, se ha observado que el AM procedente de lotes de semilla certificada muestran que 60,42% de las accesiones tuvieron característica mixtas entre el AM y las variedades de arroz, es decir, que pudieran estar evolucionando hacia formas miméticas de las variedades; 31,25% exhibieron una morfología similar a las variedades de arroz, indicando que son varietales de AM y tan sólo 8,33% tuvieron características contrastantes con las variedades de arroz sembradas en el país (Ortiz Domínguez, 2005).

En este trabajo se planteó como objetivo evaluar algunos atributos relacionados con la productividad de la planta y morfología de las semillas de la población (F<sub>2</sub>) del cruce entre la variedad ZETA 15® y el AR de glumas negras sin arista.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron las plantas provenientes de 20 panículas de la F<sub>2</sub> de un cruce natural entre la variedad ZETA 15 usado como progenitor femenino y el AR de glumas negras sin arista como progenitor masculino. En una investigación conducida por Torres (2003), se produjo el flujo de polen desde el AR hacia la variedad de arroz, posteriormente, Davaus y Zamora (2005), detectaron y evaluaron la F<sub>1</sub> en un ensayo conducido en condiciones de campo en la Finca Maringá, municipio Anzoátegui, estado Cojedes, recolectando las panículas que se evaluaron en este estudio.

En esta investigación se evaluaron la  $F_2$  cosechada por Davaus y Zamora (2005) más se introdujeron los tratamientos control correspondientes a los progenitores del cruce, para ello se sembraron 130 semillas de la categoría genética de la variedad ZETA 15 suministrada por la empresa SERTES, S. A (Maracay, Aragua) y 130 semillas del AR de glumas negras sin arista proveniente del estado Cojedes tomadas del ensayo de Torres (2003).

En total se sembraron 834 semillas de las 20 panículas, considerando entre 30 a 53 semillas en cada una, pero el número de plantas obtenidas de ellas fueron 537, con 12 a 43 plantas por panícula.

La siembra se realizó en un semillero y posteriormente a los 25 días después de la siembra (DDS) se transplantaron las plántulas a melgas, constituidas de 5 metros de largo por 5 metros de ancho. Se utilizó una distancia entre hileras de 30 cm y 15 cm entre plantas.

El ensayo se estableció en el campo experimental del Instituto de Agronomía de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela localizado en el municipio Girardot en Maracay, estado Aragua, con una latitud de  $10^{\circ} 11''$  N y una longitud de  $67^{\circ} 30''$  O, altura de 442 m.s.n.m., precipitación media anual de 953 mm y una temperatura media anual de  $24^{\circ}\text{C}$ . El suelo utilizado pertenece a la serie Maracay, Fluventic Haplustolf, Francosa gruesa isohipertermica, donde la textura del terreno es Franca, con bajo contenido de materia orgánica (1,32%) y altos contenidos de fósforo y calcio y bajo potasio; pH 7,2 y una conductividad eléctrica de 0,200 (ds/m).

Se determinaron las siguientes variables por planta:

**Número de granos o panículas por planta (NGP):** se contaron las panículas presente en cada planta.

**Número de granos llenos por panículas (NGLL):** se tomaron 2 panículas por planta y se desgranaron a mano, contándose manualmente los granos llenos en cada una.

**Peso de los granos por panícula (PGP):** los granos llenos de las 2 panículas evaluadas anteriormente se pesaron en una balanza electrónica, el cual se expresó en gramos.

**Porcentaje de fertilidad (PF):** de estas 2 panículas se contaron los granos llenos y vanos, posteriormente se relacionaron los llenos entre el total de granos y se estimó el PF de las panículas.

**Porcentaje de desgrane (PD):** fue estimado contando el número de granos presentes en las dos panículas tomadas y relacionándolos con el número de pedicelos presentes en las mismas.

**Longitud de la panícula (LP):** se tomaron 2 panículas de cada planta, con una cinta métrica se procedió a medir cada una desde la base (nudo ciliar) hasta el ápice.

**Dimensiones de la semilla (DS):** fue determinado con un vernier electrónico el ancho, largo y espesor de las semillas en paddy. Se tomaron 50 semillas por cada planta.

**Color de las glumas (CG):** se calificó el color de las glumas en función del catálogo presentado por Muñoz *et al.* (1993).

**Color del pericarpio (CP):** fue calificado el color del pericarpio en función del catálogo presentado por Muñoz *et al.* (1993).

**Presencia y longitud de la arista (PLA):** se observó en la lemma presencia o ausencia de arista, y las panículas que la mostraron se midieron en 5 semillas la longitud de las mismas en cada planta evaluada.

#### Análisis estadísticos

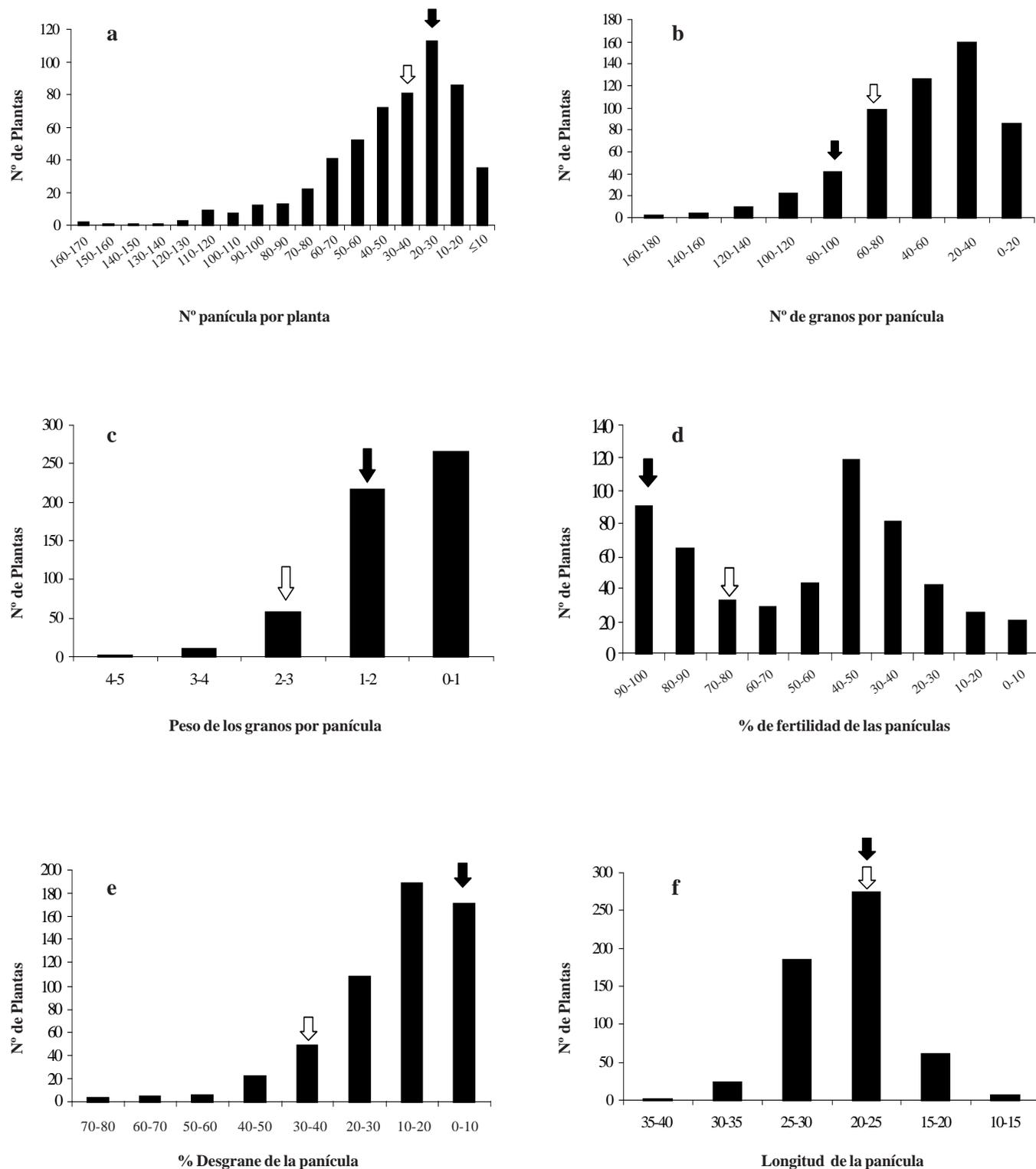
Se utilizó la estadística descriptiva, para todas las variables involucradas en este estudio utilizando la hoja de Excel (Microsoft). Además, se realizó la prueba de Ji-cuadrado en la variable porcentaje de fertilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población  $F_2$  mostraron un patrón de distribución normal, encontrándose la mayor frecuencia en la categoría de 20-30 panículas planta<sup>-1</sup>, semejante a la variedad (ZETA15®) y en segundo lugar la clase de 30-40 panículas planta<sup>-1</sup> compartida también con el AR. Se encontró un mínimo y máximo de 3 y 166 panículas planta<sup>-1</sup>; con una media de 40,56 panículas planta<sup>-1</sup>. (Figura 1a). La  $F_1$  de este cruce mostró menos panículas planta<sup>-1</sup> que ZETA 15 (Davaus y Zamora, 2005).

#### Número de granos por Panícula (NGP)

La  $F_2$  mostró una segregación del NGP que fue desde 0 a 177,50, con una media de 49,68. La mayor frecuencia observada fue de 20-40 granos por panícula (g pan<sup>-1</sup>). La variedad madre tuvo entre 80 a 100 g pan<sup>-1</sup> y el padre entre 60 a 80 granos por panícula (Figura 1b).



**FIGURA 1.** Distribución fenotípica de atributos de productividad de la F<sub>2</sub>. La flecha negra indica la ubicación de la media de la variedad y la blanca del arroz rojo.

Las plantas  $F_2$  que no tuvieron granos en sus panículas quizás puedan explicarse a la completa esterilidad de sus panículas (Figura 1d). De los progenitores la variedad mostró mayor cantidad de granos que el padre, pudiéndose atribuir esto al mayor desgrane observado en el padre (Figura 1e)

Torres (2003), encontró que ZETA 15 tuvo mayor NGP (80,83 g pan<sup>-1</sup>) que el AR. Posteriormente, Davaus y Zamora (2005), evidenciaron que la  $F_1$  del cruce ZETA 15 y AR tuvo menos granos (58 g pan<sup>-1</sup>) por panícula que su madre ZETA 15 (87 g pan<sup>-1</sup>), quizás debido a la alta esterilidad presentada en las panículas.

Por su parte, Castillo (2006) muestra en sus resultado que los varietales de D-Sativa tuvo una segregación en el NGP desde 65,49 a 123,84, siendo la media de la variedad 101,18 g pan<sup>-1</sup>. Así mismo, en Fedearroz 50 se encontró una variación en los VAM de 21,97 a 134,84 y la media de la variedad fue 95,20 g pan<sup>-1</sup>.

**Peso de los granos por panícula (PGP)**

La  $F_2$  desplegó una distribución asimétrica donde la mayor frecuencia se observó en la menor clase (0-1 g pan<sup>-1</sup>), agrupando a casi la mitad de los individuos. Esta variable está relacionada al igual que el número de granos con el desgrane, la esterilidad de la panícula y el tamaño de la semilla, quizás por ello la mayor parte de los individuos tuvieron pocos granos y por ende bajo peso. Sin embargo, en la segregación se observó 10% de los individuos pesaron como la variedad y 2% tuvieron un peso superior a ésta (Figura 1c).

Así mismo, Davaus y Zamora (2005) encontraron que la  $F_1$  mostró menos PGP(0,90 g pan<sup>-1</sup>) que ZETA 15 (2,05 g pan<sup>-1</sup>).

**Porcentaje de Fertilidad (PF)**

La  $F_2$  desplegó una distribución de gran variedad de clases en el PF, donde se observa 2 picos de mayor frecuencia, uno que agrupó al 22% de los individuos en la categoría de 40-50% de fertilidad y otro con el 17% en el rango de 90-100% de fertilidad de la panícula compartiendo esta clase con la variedad. Sin embargo, el padre (AR) estuvo en la clase 70-80% (Figura 1d).

Es interesante resaltar que en el cruzamiento entre la variedad de arroz ZETA 15 y el AR negro sin arista se observó que el 62% de población  $F_2$  mostró más de 50% de esterilidad, esto pudiera utilizarse como una herramienta en campos de multiplicación de semillas,

cuando se observen panículas con alta esterilidad deberían tomarse como un fuera de tipo y erradicarse prontamente de los lotes de manera de prevenir el flujo de genes.

En la Figura 1d se puede observar un punto de inflexión en el rango de 60-70% de fertilidad, expresándose en las plantas  $F_2$  la presencia de un gen mayor que las separa en 2 poblaciones; una con 393 individuos con un comportamiento similar al del AR, es decir con baja a intermedia fertilidad y otra población con 154 individuos con mayor fertilidad, donde esta incluida la variedad, a través de la prueba de  $X^2$  para las plantas de  $F_2$  (ver Cuadro); donde el  $X^2$  calculado fue menor que el  $X^2$  tabulado, aceptándose la hipótesis de la segregación 3:1, demostrándose la presencia de un gen mayor que controla el carácter de fertilidad de las panículas, que afectará el desarrollo del cultivo si la maleza tiene altos valores de esta variable.

En sus experimentos, Torres (2003) señaló que ZETA 15 tuvo mayor fertilidad de las panículas que el AR. Davaus y Zamora (2005), encontraron que ZETA 15 mostró el doble de fertilidad de las panículas (88,78%) que el híbrido (44,62%) en la generación  $F_1$ . Ortiz Domínguez *et al.* (2000) encontraron que los AR mostraron un PF entre 59,44 a 90,42% y las variedades entre 75,23 a 92,18%. Castillo (2006), relata que en los varietales de D-Sativa hubo una variación del PF de las panículas desde 80,22 a 97,79% y la variedad tuvo 93,71%, mientras que los VAM de Fedearroz 50 exhibieron una segregación de 46,89 a 86,98% y la variedad 71,67%, resultados similares a los mostrados en la  $F_2$  de este estudio, por lo que estos individuos pudieran provenir de cruzamientos entre estas variedades con algunos AR presentes en el campo durante la multiplicación de semillas.

**CUADRO.** Prueba de  $X^2$  realizada para la variable porcentaje de fertilidad.

Pueba de Ji cuadrado			
	Datos observados(O)	Valores esperados(E)	$X^2 = (o-e)^2 \times E^{-1}$
AA+Aa	393	(3/4) 410,25	0,946
aa	154	(1/4) 136,75	0,9205
	547	547	$X^2C=1,851$

$X^2t(n^{-1}) =$  con 1 grado de libertad= 3,84

### Porcentaje de Desgrane (PD)

La  $F_2$  exhibió una distribución asimétrica del (PD), donde se observa que el 34,37 de los individuos se agruparon en la clase de 10-20% y 31,08% en 0-10 conjuntamente con la variedad, sin embargo el 8,8% estuvo entre 30-40% con el progenitor (AR), y sólo 6% mostraron más de 50% de desgrane (Figura 1e).

Según observaciones de Davaus y Zamora (2005), el desgrane fue mayor en el híbrido (13,65%) que en la variedad (7,05%). Por su parte Ortiz Domínguez *et al.* (2000), observaron que los AR presentaron mayor desgrane (17,02 - 82,98%) que las variedades de arroz (7,91 - 30,93%). Entre tanto, Gómez (2002) señaló que el PD de AR y *O. rufipogon* Griff estuvo por el orden de 8,25 a 45,83%.

Sin embargo, Ortiz Domínguez (2005), encontró que el 41% de los AR provenientes de lotes de semillas presentaron desgrane entre 20- 49%; 25% menos de 9% (en este rango se ubicaron las variedades); 21% entre 10 a 17% y 13% entre 50-80% de desgrane. El mismo autor describe que el desgrane es una característica que el AR utiliza para alimentar al banco de semilla del suelo que aunado a la latencia, le permite mantenerse viable por muchos años y escapar a los controles que se realizan en el arrozal. Es probable que por está razón el 75% de los AR encontrados en estos lotes de semillas tienen más de 10% de desgrane, superior al hallado en las variedades. Es decir, el AR que ha evolucionado en la producción de semilla tiende a parecerse a la morfología de las variedades, pero, conserva características como el desgrane y la latencia para alcanzar el éxito ecológico.

Castillo (2006), encontró datos muy interesante sobre el PD de los varietales de AM en D-Sativa y Fedearroz 50, entre los cuales se puede mencionar que los valores mínimos, máximos de los VAM y la media de la variedad fueron: 4,43; 38,67 y 8,48% y 6,30; 81,54 y 18,33%, respectivamente. Datos que reflejan la alta variabilidad observadas en los VAM, sobre todos los derivados de Fedearroz 50, estos resultados soportan la hipótesis de que los varietales son productos de cruzamientos entre la variedad de arroz con algún AR.

### Longitud de la Panícula (LP)

La  $F_2$  mostró para la LP una distribución normal donde el 49,7% de los individuos se agruparon en la categoría de 20-25 cm conjuntamente con los progenitores; además, se observó que el 5% tuvieron panículas con más de 30 cm y 12% menores de 20 cm (Figura 1f).

Diferencias no significativas estadísticamente para esta variable fueron estudiadas por Torres (2003), Ortiz Domínguez *et al.* (2000) entre las variedades de arroz y el AR.

Ortiz Domínguez (2005), encontró que el 83% de los AR provenientes de lotes de semillas tuvieron similar tamaño de panículas que las variedades de arroz (entre 20 - 28 cm); 13% más pequeñas (14-19 cm) y 4% más largas (28,5 a 30 cm), explicando que la LP de estos AR muestran similar dimensión con las variedades, ya que, es parte de la morfología de la planta (altura de planta, dimensiones de los granos, posición de la hoja bandera y hábito de crecimiento) que lo hace mimetizarse con el arroz cultivado para evitar la eliminación durante la depuración de los campos.

En sus investigaciones, Castillo (2006) encontró que los valores mínimo, máximo de los varietales de D-Sativa y la media de la variedad fueron: 22,01; 26,39 y 22,99 cm y para Fedearroz 50 fueron: 20,79; 28,31 y 26,74 cm, respectivamente. Estos resultados muestran siempre a la media de las variedades en el intervalo entre los valores encontrados en sus VAM, similar a lo obtenido en este ensayo.

### Longitud de los granos paddy (LGP)

La  $F_2$  mostró una distribución normal encontrándose que el 55,60% de los individuos mostraron granos entre 8-9 mm semejante al padre AR; 30,50% entre 9-10 mm similar a la variedad; además de 11,38% menor a 8 mm y 2,5% mayor a 10 mm. La  $F_2$  refirieron un valor mínimo y máximo de 6,31 y 10,39 mm, respectivamente, y su media fue de 6,31 mm (Figura 2a).

Según adelantos de Davaus y Zamora (2005), señalaron que el largo de los granos paddy fue mayor en la variedad (9,63 mm) que en la  $F_1$  (8,97 mm).

Por su parte, Ortiz Domínguez (2005), encontró que el 75% de los AR recolectados en los lotes de semilla certificada de arroz tuvieron granos paddy entre 8 a 8,9 mm de largo muy parecidos a la variedad Cimarrón. El 17% de los AR mostraron granos mayores a 9 mm, similares a las dimensiones de ZETA 15 y D-Sativa.

En sus ensayos, Castillo (2006) observó que D-Sativa y Fedearroz 50 mostraron una longitud de los granos paddy de 9,98 y 9,57 mm, respectivamente, mientras que los varietales de la primera variedad exhibió una oscilación entre 8,26 y 9,17 mm; y los VAM de la segunda entre 7,74 y 9,27, respectivamente; resultados con una tendencia parecida a los obtenidos en este ensayo.

### Ancho del grano paddy (AGP)

La población  $F_2$  mostraron una distribución asimétrica para AGP, donde se observa que el 93,36% de los individuos se agruparon en la clase de 2-3 mm, similar a los padres, mientras que el 6,64% tuvieron granos con anchos superiores a 3 mm de ancho. La  $F_2$  mostró valores mínimos y máximos de 2,01 y 7,58 mm con una media de 2,64 mm (Figura 2b).

Por lo que, Davaus y Zamora (2005), encontraron que ZETA 15 mostró menor AGP (1,86 mm) que la  $F_1$  (2,45 mm).

En su área, Ortiz Domínguez (2005) evidenció que el 71% de los AR evaluados tuvieron el AGP superior a 2,60 mm; 23% similar a las variedades de arroz entre 2,35 a 2,60 mm y tan sólo el 2% fueron granos finos de 1,91 mm, correspondiendo a un arroz silvestre de la especie *O. rufipogon* americana (*O. glumaepatula*).

Castillo (2006), determinó que las variedades D-Sativa y Fedearroz 50 mostraron un promedio de AGP de 2,35 y 2,50 mm, respectivamente, mientras que sus varietales mostraron variabilidad en esta dimensión, los VAM de la primera variedad exhibieron un rango desde 2,46 a 3,06 mm y la segunda desde 2,35 a 3,15 mm.

Los resultados de este trabajo cuando se comparan con otras investigaciones citadas anteriormente, indican que el AR utilizado en este estudio fue menos ancho que los AR típicos e incluso que los varietales de D-Sativa y Fedearroz 50.

### Espesor del grano paddy (EGP)

La  $F_2$  mostró una distribución del AGP asimétrica con 99,43% de los individuos agrupados en la clase de 1-2 mm similar al de los progenitores y 0,57% entre 2-3 mm (Figura 2c). Los valores mínimo, máximo de la  $F_2$  fueron 1,43 y 2,68 mm, respectivamente, y su media de 1,84 mm.

Ortiz Domínguez (2005), indicó que el 60,40% de los granos paddy de AR provenientes de lotes de semillas mostraron tener un espesor entre 1,86 a 2,00 mm, similar a las variedades de arroz, el 13% de los AR evaluados fueron más gruesos y el 27% de menor espesor que las variedades, incluyendo el silvestre de *O. rufipogon* que fue el más delgado (1,30 mm).

En sus trabajos, Castillo (2006) encontró que las medias de las variedades D-Sativa y Fedearroz 50 fue de 1,94 y 1,93 mm, ubicándose en forma general entre los valores de las variedades (1,61 y 2,07 mm).

### Relación largo ancho<sup>-1</sup> del grano paddy (RLA)

Las progenies de la  $F_2$  describieron una distribución simétrica para la relación largo ancho<sup>-1</sup>, donde se observa que el 82,16% de los individuos tuvieron 3-4 RLA similar al AR; 14,425% entre 2-3 RLA y 3,42% de 4-5 RLA parecido a ZETA 15. En la  $F_2$  se observó los valores mínimos y máximos de 2,54 y 4,71 RLA, con una media de 3,60 RLA.

Davaus y Zamora (2005), estimaron una relación largo ancho<sup>-1</sup> de 5,15 en la variedad ZETA 15 y 3,66 en la  $F_1$ . Estos autores también estimaron una relación largo ancho<sup>-1</sup> de 5,15 en la variedad ZETA 15 y 3,66 en la  $F_1$ . Castillo (2006), encontró que la relación largo ancho<sup>-1</sup> fue mayor en la variedad D-Sativa cuando comparado con sus varietales mostrando valores entre 2,87 a 3,65, mientras que para Fedearroz 50 la medida fue de 3,84 sus varietales exhibieron un intervalo entre 2,50 a 3,90.

### Color de las glumas (CG)

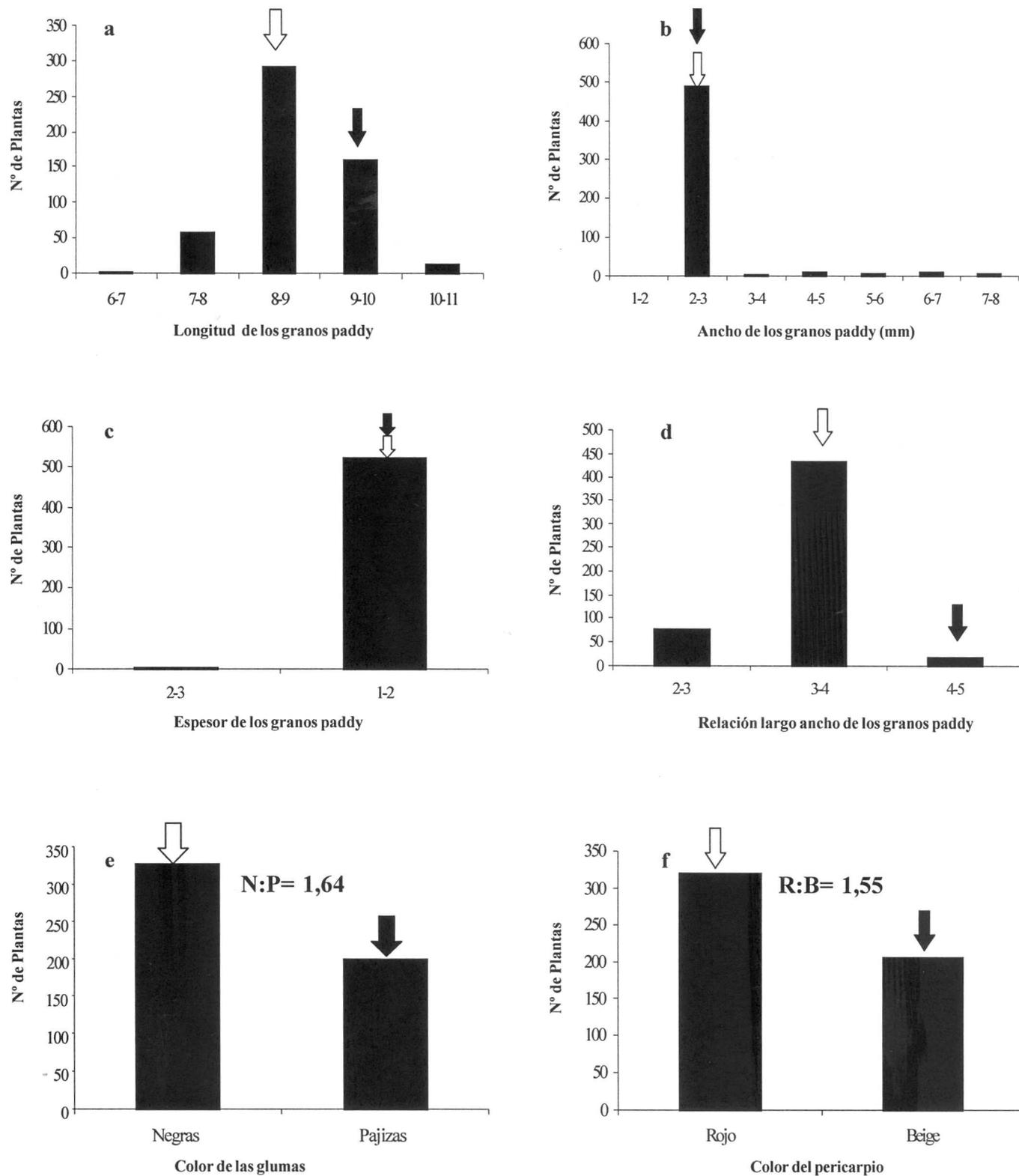
La  $F_2$  mostró una distribución asimétrica del CG, donde el 62,12% de los individuos tuvieron glumas negras similar al AR y 37,88% de color pajizo parecido a la variedad, es decir la relación del negro sobre el pajizo de 1,64 (Figura 2e y 3).

Cabe mencionar que dentro de las categorías de glumas de color negro y pajiza hay un gradiente de matices que se obviaron en este trabajo, ya que, la intención es reflejar los colores básicos expresados en las glumas y no las tonalidades precisas.

Los individuos que presentaron glumas de color pajiza son potencialmente varietales de AM si presentan a su vez baja altura de planta, hábito de crecimiento erecto a intermedio, y floración simultánea.

Davaus y Zamora 2005, encontraron que todas las semillas de la  $F_1$  mostraron las glumas de color negro y pericarpio rojo, indicando que las glumas negras y el pericarpio rojo fueron dominantes sobre las pajizas y beige, respectivamente.

En el país se encuentra una amplia variabilidad en campo de colores de glumas mostrada por las diferentes poblaciones de AR, se pueden citar entre otros a Ortiz Domínguez *et al.* (2000), observaron en los 5 AR evaluados que los colores de glumas exhibidos fueron: pajizo, negro y dorado. Páez (1999) trabajó con 3



**FIGURA 2.** Distribución fenotípica de atributos de la morfología de los granos de la F<sub>2</sub>. La flecha negra rellena indica la ubicación de la media de la variedad y la blanca del arroz rojo.

aciones de AR descritos por el color de las glumas en pajizo aristado, marrón sin arista y negro aristado procedentes de Ospino, Portuguesa.

### Color del pericarpio (CP)

La  $F_2$  mostró una distribución asimétrica parecida a la descrita por el color de las glumas donde el 60,80% de los individuos tuvieron el pericarpio de color rojo similar al AR y 39,20% beige parecido al de la variedad (Figura 2f y 3).

Así como en el caso del color de las glumas con la coloración del pericarpio rojo y beige se observaron diferencias en las tonalidades, sin embargo, para este trabajo sólo se agruparon en dos categorías para simplificar la expresión del color del pericarpio.

Castillo (2006), seleccionó 750 panículas, en campos de multiplicación de semilla categoría certificada en Portuguesa, de la variedad D-Sativa y Fedearroz 50 y

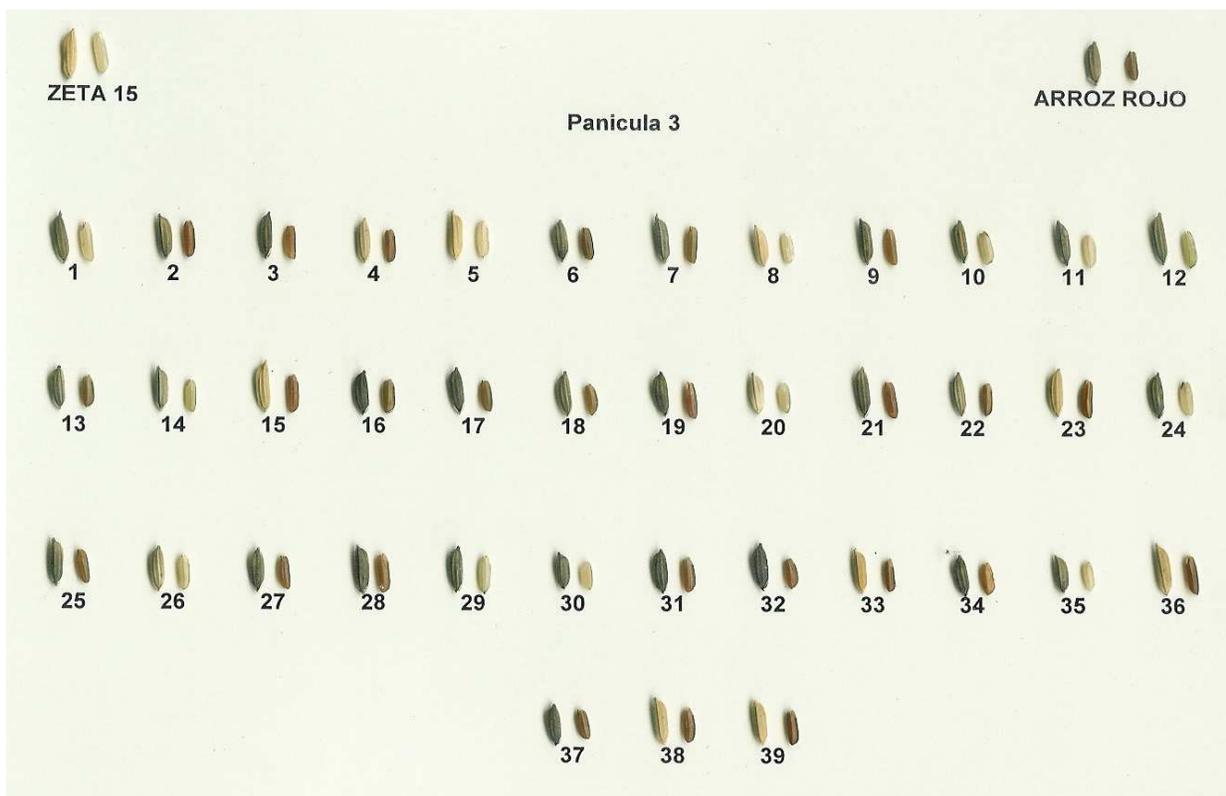
encontró que la primera mostró 38,89% de varietales con pericarpio rojo y 61,11% beige, mientras que la segunda 71,43% y 28,57, respectivamente.

### Presencia de arista (PA)

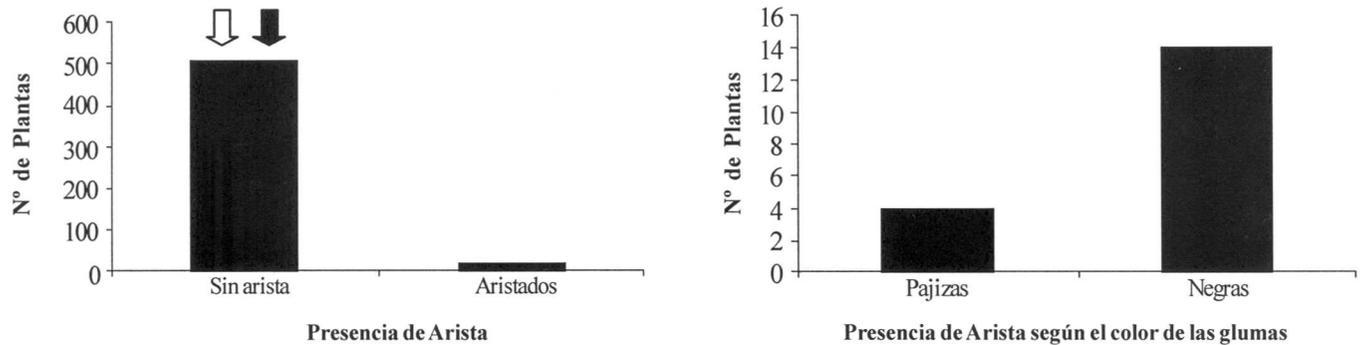
En la población  $F_2$  se encontró que el 96,59% de las semillas no presentaron aristas igual que la  $F_1$  y la variedad ZETA 15 (madre) y el AR (padre), pero un 3,41% de las semillas mostraron arista pequeña. De estos fenotipos aristados se observó que 3,5 veces se agruparon en las plantas  $F_2$  que tuvieron glumas negras (Figura 4).

Es importante mencionar que a pesar de que los padres no tuvieron aristas aparecieron individuos aristados en la  $F_2$ , quizás producto de algún otro cruce con algún AR aristado, la complejidad de los genes que controlan esta variable o la interacción genotipo con ambiente.

Los individuos sin arista también contribuyen a que la maleza se mimetice con el cultivo y pase desapercibido en campos de producción de semilla.



**FIGURA 3.** Segregación ( $F_2$ ) del color de las glumas y pericarpio en las plantas originadas por la panícula número 3 seleccionada de la  $F_1$  del cruce natural entre la variedad ZETA 15 y el arroz rojo de glumas negras sin arista.



**FIGURA 4.** Distribución fenotípica de la presencia de arista en los granos de la  $F_2$  derivada del cruce entre la variedad de arroz ZETA 15 y el arroz rojo de glumas negras sin arista. La flecha negra rellena indica la media de la variedad y la blanca del arroz rojo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones específicas de este ensayo se puede concluir que:

- La fertilidad observada en la  $F_2$  fue similar con la frecuencia observada en los progenitores, sin embargo, se observa en la población  $F_2$  la dominancia de la baja fertilidad.
- El color negro de las glumas y rojo del pericarpio observado en el AR fue dominante contra el pajizo y beige mostrado por las variedades de arroz.
- Los individuos  $F_2$  con LP similar a la variedad de arroz, granos largos y color de las glumas pajizas pudieran mimetizarse con el cultivo para originar los VAM.

## BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, J. 2006. Evaluación de la contaminación con arroz rojo en la producción de semillas y granos de arroz en el estado Portuguesa. Tesis de grado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. 90 p.
- Davaus, I. y J. Zamora. 2005. Evaluación de la hibridación natural entre la variedad de arroz Zeta 15 y el arroz rojo negro sin arista. Trabajo de grado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 75 p.
- Gómez, O. 2002. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonomía de las especies del complejo de malezas arroz rojo de las principales zonas productoras de arroz en Venezuela. Tesis de Grado Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 105 p.
- Lentini, Z and A. Espinoza. 2005. Coexistence of Weedy Rice and Rice in Tropical America - Gene Flow and Genetic Diversity. In: Crop Fertility and Volunteerism: A Threat to Food Security in the Transgenic Era. J. Gressel, ed. CRC Press. 303-319 p.
- Machado, J. 2006. Seguimiento de la Calidad en la Semilla de Arroz. Senasem-Portuguesa: Caso arroz Rojo. Ciclo de charlas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. 22 p.
- Muñoz, G., Giraldo, G. y Fernández, J., 1993. Descriptores varietales: Arroz, Frijol, Maíz, Sorgo. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 174 p.
- Ortiz Domínguez, A., López L. y Lizaso J. 2000. Comparación de Algunos Componentes del Rendimiento, Latencia de las Semillas y Dimensiones de los Granos entre Poblaciones de Arroz Rojo y Variedades de Arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela, Rev. Fac. Agron. (Maracay) 26:15-25 p.
- Ortiz Domínguez, A. 2005. Caracterización morfofisiológica de genotipos de arroz rojo provenientes del programa de certificación de semilla de arroz en el estado Portuguesa año 2004. Trabajo Especial. Doctorado de Ciencias Agrícolas. Aragua Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.

- Páez, G. 1999. Efecto de la hidracida Maleica en la viabilidad de la semilla de arroz rojo y sobre algunos componentes de rendimientos del arroz. Trabajo de grado. Aragua Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 48 p.
- Peña J. y A. Ortiz Domínguez. 2001. Evaluación de las especies involucradas en el complejo de malezas denominado arroz rojo de las zonas arroceras de Venezuela. *Agronomía Trop.* 51(3):439-452.
- Septiningsih, E. K. Trijatmiko, S. Moeljopawiro and S. McCouch. 2003. Identification of quantitative trait loci for grain quality in an advanced backcross population derived from the *Oryza sativa* variety IR64 and the wild relative *O. rufipogon*. *Theor Appl Genet* 107:1433-1441.
- Torres, S. 2003. Efecto de densidades de población de arroz rojo (*Oryza Sativa* L.) sobre el rendimiento Y calidad molinera de la variedad de arroz ZETA 15. Tesis de Grado. Aragua Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay 65 p.
- Vaughan, D. P. Sanchez, J Ushiki, Akito Kaga and N. Tomooka. 2005. Asian Rice and Weedy rice- Evolutionary perspectives. **In:** Crop Ferality and Volunteerism: A Threat to Food Security in the Transgenic Era. J. Gressel, ed. CRC Press. 257-277 p.
- Vaughan, D y N. Tomooka. 1999. Varietal Differentiation and Evolution Wild rice in Venezuela. [Documento en línea]. Disponible: [http://www.gramene.org/newsletters/rice\\_genetics/rgn16/v16p15.html](http://www.gramene.org/newsletters/rice_genetics/rgn16/v16p15.html) [Consulta: 2006, abril 17].