

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE POBLACIONES DE ARROZ MALEZA, EN EL DISTRITO DE RIEGO DEL RÍO ZULIA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA

MORPHOLOGIC CHARACTERIZATION OF POPULATIONS OF RICE WEEDS IN ZULIA RIVER IRRIGATION DISTRICT, NORTE DE SANTANDER DEPARTMENT, COLOMBIA

Rafael Canal*, Olga Arnaude**, Aída Ortiz Domínguez***, Bernal Valverde**** y Cilia Fuentes*****

*Ing Agr. Mg. INCODER, Cúcuta, Norte de Santander. Colombia. E-mail: rcanal@yahoo.com

**Profesora Asistente. Universidad Nacional Experimental del Táchira. Táchira. Venezuela. E-mail: arnaude@cantv.net

***Profesora Agregado. UCV. Maracay, estado Aragua. Venezuela. E-mail: ortiza@agr.ucv.ve

****The Royal Veterinary and Agricultural University. Weed Science. Dinamarca. E-mail: bev@kvl.dk

*****Universidad Nacional de Bogotá. E-mail: cfuentesd@unal.edu.co

RESUMEN

El arroz maleza (AM), *Oryza sativa* L. reduce drásticamente tanto el rendimiento paddy como la calidad molinera del arroz. Así mismo, su presencia desvaloriza el precio de las fincas. Este estudio tuvo por objetivo caracterizar algunas poblaciones de AM en el Distrito de Riego del Río Zulia, Departamento Norte de Santander, Colombia. El experimento estuvo conformado por 22 AM y 3 variedades de arroz (Oryzica-1, Oryzica-3 y Fedearroz-50). Se utilizó un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones. Se evaluaron 21 atributos de las plantas y semillas. Los resultados mostraron que, en cuanto a las plantas: el 50% de los AM tuvieron un hábito de crecimiento intermedio; 36,4% buen macollamiento; 45,45% moderado acame y 31,81% moderado desgrane. Los AM alcanzaron una altura de 77,27% de plantas similar o menor a las variedades de arroz (112,30 - 87,30 cm) y 54% coincidieron en la floración con los arroces cultivados 65,71 a 79 días después de sembrado (DDS). Respecto a los granos: 45,45% de los AM fueron de grano largo, igual que Fedearroz y 95,45% de ellos, con un ángulo del ápice de la lema y pálea de 0-10° similar a Fedearroz 50. Todos los granos de AM presentaron pubescencia de la lema y pálea y alta variabilidad en las dimensiones (7,13-10,15 mm): 63,64% con aristas de diversos tamaños. El 50% de los AM tuvieron la longitud de los cariopsis clasificados como granos medios similares a Fedearroz 50 y Oryzica 1 (5,60 a 6,50 mm); 73% presentaron el pericarpio de color rojo y 54% tuvieron lema y pálea de color café. Estos datos parecieran indicar que el AM ha tenido una introgresión hacia las variedades, quizás producto de la hibridación.

Palabras Clave: *Oryza sativa* L.; arroz maleza; morfología; caracterización.

RECIBIDO: enero 01, 2009

SUMMARY

Rice weeds (WR) dramatically reduces both yield and quality paddy milled rice, and also reduces farm value. The objective of this study was to characterize some populations of WR at Zulia River Irrigation District, Norte de Santander Department, Colombia. The experiment consisted of 22 WR and three rice varieties (Oryzica-1, Oryzica-3 and Fedearroz-50). A randomized block design with three replications was utilized and 21 attributes of plants and seeds were evaluated. Regarding to plant type, results showed that 50% of WR had intermediate growth habit, 36.40% good tillering, 45.45% moderate lodging and 31.80% moderate grain shattering; 77.27% of WR had similar or shorter plant height than rice varieties (112.30 - 87.30 cm), and 54% of them had flowering time comparable to rice varieties 65.71 to 79 days after cultivated field. As regards as grains: 45.45% of WR were long grain type like Fedearroz 50; 95.45% of them with apex of the lemma and pale angle between 0-10°, similar to Fedearroz 50. All WR grains had lemma and pale pubescent and high variation of paddy grain sizes (7.13-10.15 mm); 63.64% had awn of various sizes. 50% of AM had grain caryopsides length rated as medium grain, like Fedearroz 50 and Oryzica 1 (5.6 to 6.5 mm). 73% of WR grains had red pericarp and 54% had brown lemma and pale. These results suggest that WR might had been introgressed in cultivated rice probably due to hybridization.

Key Words: *Oryza sativa* L.; weedy rice; morphology; characterization.

ACEPTADO: mayo 07, 2009

INTRODUCCIÓN

El arroz maleza (AM), *Oryza sativa*, es una de la mala hierba más limitantes en el cultivo del arroz por su amplia dispersión en la mayoría de las zonas arroceras del mundo. Así mismo, el AM al poseer una gran variabilidad en sus características morfológicas correspondientes a una diversidad genética y pertenecer a la misma especie del arroz cultivado tiene requerimientos nutricionales y agroclimáticos similares a éste y ejerce un alto grado de competencia, disminuyendo la producción y la rentabilidad del arroz cultivado (Fischer, 1997; Fischer y Ramírez, 1993; Ortiz *et al.*, 2004, Valverde, 2005).

Se estima que, a nivel mundial, las pérdidas de arroz paddy debidas a la interferencia de malezas que escapan a las prácticas de control ascienden a un 10% de la producción, es decir, a unos 46 millones de toneladas de grano al año (Fischer, 1997).

El cultivo de arroz en Colombia es un renglón básico en la economía, ocupa el 10% del área total sembrada en el país, que contribuye con el 8,5% de la producción agrícola (Hernández, 1991). En el Departamento Norte de Santander el cultivo del arroz, es el principal renglón de la economía agrícola, con un área de siembra anual aproximada de 25 000 hectáreas, generando 400 000 jornales y una producción promedio de 112 500 toneladas de arroz paddy para suplir la demanda de la industria molinera local y comercializar los excedentes de producción, en otras regiones del país (FEDEARROZ, 2000).

El 90% del área sembrada se localiza en el Distrito de Riego del Zulia a 36 kilómetros de la ciudad de Cúcuta; comprende las áreas planas del Valle del Río Zulia, en un área adecuada de aproximadamente 8 000 hectáreas, que se caracterizan por tener alturas alrededor de 90 m sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 30 grados, precipitación anual promedio de 2 000 mm y alta radiación solar durante la mayor parte del año; estas condiciones agroclimáticas son favorables el desarrollo del cultivo del arroz (FEDEARROZ, 2000).

El sistema de producción de arroz dentro del Distrito de Riego, se caracteriza por ser monocultivo intensivo, obteniendo 2 cosechas por año, con un manejo basado en el uso de agroinsumos generando condiciones que favorecen el desarrollo de agentes limitantes al cultivo, como el incremento en las poblaciones de malezas (Canal, 2000).

En las primeras etapas de desarrollo del cultivo no se puede diferenciar el AM del cultivo debido a que las características morfológicas son parecidas, sin embargo, después de la elongación de los tallos ya se observa mayor altura de planta en el AM con respecto a las variedades. Al final de la fase reproductiva se muestran las mayores diferencias entre la maleza y el cultivo, sobre todo en lo que se refiere a la morfología de los granos de la malezas, tales como: color de la lemma y pálea; presencia o ausencia de arista; panícula erecta, vaneamiento y desgrane entre otras (Agudelo y León, 1993; Canal, 2000).

En Venezuela, se ha encontrado que los AM tuvieron 50% floración similar a las variedades Cimarrón, Araure 4, Araure 1 y ZETA 15, sin embargo, la variedad FONAIAP-1 fue más precoz que la maleza en 22 días, bajo condiciones de invernadero. Además, se señala que en relación con variables de crecimiento, longitud de hoja bandera y segunda hoja, altura de planta (AP) hasta el ápice de la hoja más larga, AP hasta la panícula, área foliar (ÁF), biomasa aérea, biomasa de raíces, longitud radical y superficie radical, los AM alcanzaron valores más altos que las variedades (Ortiz, 1997).

Se evaluaron 11 poblaciones de AM; 11 de lemma y palea de color pajizo, 5 negros y 2 dorados, provenientes de Arkansas, Louisiana, Mississippi y Texas, los que mostraron el 50% de anthesis alcanzaron entre 82 y 94 días después de la siembra (DDS), en general fueron más altos que las variedades cultivadas de arroz, tuvieron de moderado a alto desgrane de las semillas, lo cual hace que esta maleza sea un serio problema en el cultivo del arroz (Noldín *et al.*, 1999).

En la zona arroceras de Saldaña, Colombia, se identificaron 15 poblaciones diferentes de AM, que fueron clasificados en 4 grupos principales denominados: varietales, pipones, mechudos y rayones. Siendo el grupo de los varietales AM los que tienen semillas con morfología semejante a la de algunas de las variedades cultivadas de arroz y que posiblemente fueron producidas por hibridación con las variedades comerciales (Montealegre y Clavijo, 1992). Cuando se compararon los índices de crecimiento de 5 poblaciones de AM colombianos con las variedades *Oryzica-1* y *Oryzica Llanos-5* se encontró que en general la maleza presentó mayor tasa de crecimiento que el arroz cultivado (García y Regino, 1995).

En Costa Rica se compararon atributos morfológicos del AM contra las variedades y poblaciones de *Oryza rufipogon* y *O. glaberrima*, encontrándose que algunas poblaciones de AM mostraron características inter-

medias entre *O. sativa* y *O. rufipogon*, sugiriendo éstos que pudo haber hibridación en el pasado entre esta especie.

Ninguno de los AM quedaron en los grupos compuesto con alotetraploides CCDD de la especie *O. latifolia* u *O. glumaepatula* (Arrieta-Espinoza, 2007). La hibridación e introgresión podrían derivar nuevas poblaciones de AM no detectables en el campo que podrían diseminarse, por ejemplo, el caso del arrozón en Costa Rica que por años fue fácil distinguirlo del arroz por su mayor altura y color de las hojas verde pálido, actualmente, los productores de arroz se quejan de que el arrozón se ha mimetizado con el arroz cultivado, es decir tiene similar altura y madura simultáneamente con el cultivo (Valverde, 2005).

La caracterización bioquímica de algunas poblaciones de arroz rojo (AR) y silvestres recolectadas en arrozales en Venezuela mostró que la especie *O. latifolia* resultó diferente de las demás poblaciones AM y *O. glumaepatula*, mientras que estas últimas poseen una afinidad filogenética a nivel de las isoenzimas utilizadas en este estudio (Ortiz *et al.*, 2004).

En Colombia se hizo una caracterización molecular de 150 poblaciones de AM utilizando 50 marcadores tipo microsatélites, ubicados en 8 cromosomas del genoma del arroz, encontrándose que 19 marcadores pudieron diferenciar a variedades, AM y especies del género *Oryza*. Así mismo, en este estudio se evidenció que el AM colombiano está compuesto por el grupo parecido a las variedades conocidos como varietales, más los cultivares de arroz que agruparon al tipo con lemma y pálea de color pajizo (58% de las poblaciones); otro grupo parecido a *O. rufipogon* de lemma y palea de color negro y aristados (7% de las poblaciones) y el grupo de AM propiamente dicho que incluyeron los que tuvieron lemma y pálea de color pajizo, marrón, dorado o marrón con estrías (35% de las poblaciones).

El grupo de varietales pudiera ser un indicador de hibridación entre las variedades de arroz y el AM, lo cual indica que estas poblaciones son reservorios del flujo de genes en el sistema arroz-arroz maleza (Lentini y Espinoza, 2005).

La presencia de uno o más granos de AR en lotes de multiplicación de semilla de arroz, hace indispensable la aplicación de un plan de manejo especial y estricto, que permita descontaminar los lotes de rojo, cuya sola presencia constituye el principal factor de rechazo (Agudelo y León, 1993).

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 este AM pudiera 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 solo 8,33% tuvieron características contrastantes con las variedades de arroz sembradas en el país, el cual incluyó un silvestre de *O. glumaepatula* (Ortiz, 2005).

El objetivo de este trabajo de investigación fue identificar y caracterizar morfofisiológicamente poblaciones de AR presentes en el Distrito de Riego del Río Zulia, Departamento Norte de Santander, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo de los AM se realizó en lotes comerciales de arroz del Distrito de Riego del Río Zulia, los cuales comprenden 10 000 ha en la jurisdicción de los municipios de Cúcuta y Zulia, en la parte media de la cuenca del Río Zulia. Las semillas se recolectaron cuando el cultivo de arroz se encontraba en la etapa de floración a maduración del grano. En total se seleccionaron 60 poblaciones de AM que presentaban diferencias morfológicas en cuanto a AP, longitud de la hoja bandera y segunda hoja, longitud de la panícula, forma y color del grano y presencia de aristas. Estas poblaciones se colocaron en bolsas de papel para su posterior identificación y caracterización.

En el laboratorio se realizó una caracterización morfológica de los granos, se determinaron los atributos siguientes: (a) largo, ancho y espesor tanto del arroz paddy como del cariósido, (b) longitud de la arista, (b) peso de 1 000 granos, (c) color de la lemma y pálea (d) color del pericarpio (Muñoz *et al.*, 1993), basados en estas variables se realizó una agrupación por afinidad fenotípica y fueron seleccionados 22 poblaciones representativas de esta colección de AM y se estableció con ellas el experimento sobre caracterización morfológica en potes utilizando como sustrato un suelo típico del Distrito de Riego, libre de semillas de AR.

Se utilizó un diseño en bloques al azar con 4 repeticiones y 25 tratamientos (22 AM y 3 variedades de arroz. En cada pote se sembraron 10 semillas de cada población y variedad (Oryzica-1, Oryzica-3 y FEDEARROZ-50).

A los 15 días después de emergencia (DDE) de las semillas se hizo un raleo, dejando 4 plantas por pote. Así mismo, durante el ciclo de cultivo se realizaron las diferentes prácticas de manejo agronómico recomendadas para este tipo de ensayo y se determinaron las siguientes variables: (1) hábito de crecimiento, (2) capacidad de macollamiento, (3) resistencia al acame (4) desgrane predominante (6) AP hasta el ápice de la panícula, (7) longitud de la panícula, (8) excursión predominante de la panícula, (9) densidad predominante de la panícula, (10) días a inicio de floración, (11) forma del grano, (12) ángulo del ápice que forma la lema y la púa, (13) pubescencia predominante de la lemma y púa, (14) presencia, tamaño y color de las aristas, (15) número de panículas por planta (16) número de granos panícula-1, (17) peso de mil granos, (18) largo, ancho y espesor del grano paddy, (19) largo del arroz cargo, (20) color del pericarpio del cariósido y (21) color de la lemma y púa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variedades de arroz mostraron un hábito de crecimiento erecto y semierecto, mientras que el 50% de los AM lo tuvieron intermedio, 41% semierecto y 8% abierto. De igual manera, las variedades tuvieron media capacidad de macollamiento, sin embargo el 36,4% de los AM fueron de buena, 31,8% media, 18,2% muy prolífera y 13,6% pobre capacidad de macollamiento. Oryzica-3 y Fedearroz 50 tuvieron fuerte resistencia al acame y Oryzica-1 fue moderadamente fuerte. El 45,45% de los AM evaluados mostraron resistencia al acame moderadamente fuerte; 36,36% intermedio 13,64% débil y 4,54% fuerte tendencia al acame. Las variedades de arroz tuvieron difícil desgrane mientras que el 31,81% de los AM fueron moderados, 31,81% intermedio, 18,18% moderado susceptible, 13,63% difícil y 4,54% susceptible al desgrane (Cuadro 1).

CUADRO 1. Hábito de crecimiento, capacidad de macollamiento, resistencia al acame y tipo de desgrane predominante de arroces maleza y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander, Colombia.

Tratamientos	Hábito de crecimiento	Capacidad de macollamiento	Resistencia al Acame (volcamiento)	Desgranado predominante
Oryzica-1	Semi-erecto	Media	Moderadamente fuerte	Difícil
Oryzica-3	Erecto	Media	Fuerte	Difícil
Fedearroz-50	Semi-erecto	Media	Fuerte	Difícil
Zulia 1	Intermedio	Muy prolífera	Intermedia	Intermedio
Zulia 2	Semi-erecto	Media	Moderadamente fuerte	Moderado
Zulia 3	Semi-erecto	Buena	Moderadamente fuerte	Difícil
Buena Esperanza 1	Intermedio	Muy prolífera	Intermedia	Intermedio
Buena Esperanza 2	Intermedio	Buena	Moderadamente fuerte	Intermedio
Buena Esperanza 3	Intermedio	Muy prolífera	Moderadamente fuerte	Moderado
Buena Esperanza 4	Semi-erecto	Buena	Intermedia	Moderado
Buena Esperanza 5	Semi-erecto	Muy prolífera	Intermedia	Moderado
Risaralda 1	Intermedio	Media	Moderadamente fuerte	Moderado susceptible
Risaralda 2	Semi-erecto	Buena	Moderadamente fuerte	Intermedio
Risaralda 3	Intermedio	Media	Intermedia	Susceptible
Risaralda 4	Intermedio	Pobre	Moderadamente fuerte	Moderado susceptible
Londres 1	Intermedio	Media	Intermedia	Moderado
Londres 2	Abierta	Pobre	Débiles	Intermedio
Londres 3	Semi-erecto	Pobre	Moderadamente fuerte	Difícil
Londres 4	Abierta	Buena	Débiles	Moderado Susceptible

.../... continúa

.../... continuación CUADRO 1.

Tratamientos	Hábito de crecimiento	Capacidad de macollamiento	Resistencia al Acame (volcamiento)	Desgranado predominante
Floresta 1	Intermedio	Buena	Débiles	Intermedio
Floresta 2	Semi-erecto	Media	Moderadamente fuerte	Difícil
Floresta 3	Semi-erecto	Buena	Moderadamente fuerte	Moderado
Restauración 1	Intermedia	Media	Intermedia	Moderado Susceptible
Restauración 2	Semi-erecto	Buena	Intermedia	Intermedio
Restauración 3	Intermedia	Media	Fuerte	Moderado

Estos resultados indican una alta variabilidad fenotípica observada en los AM evaluados en cuanto al hábito de crecimiento, macollamiento, acame y desgrane, aunque muestra una tendencia que la maleza exhiba características que permitan cubrir más espacio en el campo como un hábito intermedio abierto, con buen macollamiento (15 a 19 hijos) y fácil de volcarse, estos atributos le permitirá competir mejor con las variedades de arroz. Igualmente, el alto desgrane unido a la latencia presente en el AM admitirá perpetuarse en el banco de semilla del suelo de manera de que emerjan varias cohortes de malezas a lo largo del ciclo de cultivo.

Diferentes autores han encontrado resultados similares, por ejemplo en Texas se encontró que el AM produjo de 42% a 47% más macollos que las variedades de arroz. También, se observó mayor tendencia al acame y desgrane en el AM que en la variedades (Noldin, 1999). De la misma manera en Venezuela se ha encontrado que los AM tienden a mostrar hábito de crecimiento intermedio y abierto, mayor macollamiento y desgrane que el arroz cultivado (Ortiz, 1997). Aunque en el mismo país, el 58% del AM de pericarpio rojo provenientes de lotes de semillas certificada de estado Portuguesa tuvo hábito de crecimiento y posición de la hoja bandera erecto; además la floración, N° macollos y N° panículas fueron parecidos a las variedades de arroz lo que podría indicar que la hibridación del AM con los cultivares, unido a la depuración manual de campos de semillas, están promoviendo el desarrollo de poblaciones de AM miméticas con el cultivo (Ortiz *et al.*, 2007a).

El 50% del AM evaluado tuvo una longitud de las panículas menor que el cultivo y el otro 50% parecido. El 36,36% del AM mostró excursión de panícula similar a las variedades (4 a 6 cm); 31,80% tuvo menor longitud

(0,5 a 2,5 cm); 18,18% exhibió panículas incluidas (sin excursión) y 13,64% presentó mayor excursión (7 a 8,5 cm). De la misma manera, el 40,91% del AM tuvo una densidad de panícula intermedia similar a las variedades de arroz; 22,73% fue semiabierta; 18,18% semi-compacta y 18,18% abierta (Cuadro 2).

La longitud, excursión y densidad de la panícula da una idea de la cantidad de semillas que pudieran tener las poblaciones de AM y variedades. En el análisis anterior se observa que la mitad de los AM se parecen en longitud de panícula a las variedades y éstas a su vez son mayoritariamente intermedias en densidad y excertas, indicando que tienen un gran potencial para producir muchas semillas y por ende dado el alto desgrane de sus diásporas pueden convertirse en un gran contaminante de los banco de semillas de malezas del suelo.

La longitud de panícula del AM evaluado en Venezuela estuvo en el orden de 15 a 25 cm y la densidad de panícula compacta, intermedia y semicompacta, no encontrándose diferencia entre la maleza y el cultivo (Ortiz, 1997). No obstante, en Louisiana (USA) se observó que el AM tuvo panículas más largas que las variedades de arroz (Diarra, 1985).

El 77,27% de los AM obtuvieron AP similar a las variedades de arroz, mientras que el 22,73% fueron más altos (Figura 1). Interesante estos resultados ya que parecieran indicar que estas poblaciones de AM descrito por otros diversos autores (Ortiz, 1997; Noldin, 1999; Diarra *et al.*, 1985; Morishima y Oka, 1975) como más altas que el cultivo están evolucionando hacia plantas pequeñas parecidas a los cultivares quizás para mimetizarse con el cultivo y escapar a prácticas culturales como la depuración manual de campos.

CUADRO 2. Longitud, excursión y densidad de la panícula de arrocillos maleza y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia.

Tratamientos	Longitud de panícula* (cm)	Excursión de panícula*(cm)	Densidad de panícula
Oryzica-1	28,7 a-d	4,0	Intermedia
Oryzica-3	26,7 b-f	6,0	Intermedia
Fedearroz-50	31,0 ab	5,0	Intermedia
Zulia 1	23,3 e-h	0	Intermedia
Zulia 2	23,3 e-h	5,0	Semi-abierta
Zulia 3	25,0 c-g	6,0	Semi-abierta
Buena Esperanza 1	26,0 c-g	0,5	Semi-abierta
Buena Esperanza 2	22,0 e-h	0	Intermedia
Buena Esperanza 3	21,7 fgh	5,0	Intermedia
Buena Esperanza 4	23,0 e-h	0	Intermedia
Buena Esperanza 5	25,3 c-g	7,0	Abierta
Risaralda 1	21,0 gh	0	Intermedia
Risaralda 2	22,3 e-h	4,5	Intermedia
Risaralda 3	19,0 h	8,5	Semi-abierta
Risaralda 4	27,0 b-e	2,5	Semi-abierta
Londres 1	23,7 d-h	8,5	Semi-compacta
Londres 2	23,0 e-h	2,0	Abierta
Londres 3	33,0 a	5,5	Semi-compacta
Londres 4	29,0 abc	1,0	Intermedia
Floresta 1	26,0 c-g	6,0	Semi-compacta
Floresta 2	25,3 c-g	4,0	Intermedia
Floresta 3	26,7 b-f	1,5	Intermedia
Restauración 1	25,7 c-g	2,0	Abierta
Restauración 2	26,0 c-g	4,5	Abierta
Restauración 3	22,0 e-h	2,0	Semi-compacta
CV	10,6 %		

* Promedio en columnas con letras iguales no difiere estadísticamente al 5% según la prueba de Duncan. C.V.: Coeficiente de variación.

Esto también se ha observado en la producción de semilla certificada de arroz en el estado Portuguesa donde se encontró que el 94% de los AM (rojo) tuvieron similar o fueron más pequeños en AP que los cultivares Cimarrón, ZETA 15, Fedearroz 50, FONAIAP 1 y D-Sativa, mientras que solo el 6% de ellos fueron más altos (Ortiz *et al.*, 2007).

En la Figura 2 se observa que el 54% de los AM coincidieron con la floración del arroz cultivado (65,71 a 79 DDS), mientras que el 45,45% de la maleza tuvo una floración más tardía (81,6 a 103 DDS). En Venezuela el AM y las variedades de arroz muestran variabilidad en la floración y no se observa una separación entre

estos 2 grupos (Ortiz, 1997; Peña, 1999; Gómez, 2002; Castillo, 2006).

Sin embargo, Do Lago (1982) en Mississippi encontró que la población de lemma y pálea de color negro fue más tardío (105 DDE) que el de glumas pajizas (96 DDE), además de los cultivares Nortai (98 DDE) y Lebbonet (90 DDE).

El 47% de los AM procedente de lotes de semilla certificada en Portuguesa-Venezuela mostraron similar floración que las variedades de arroz (87-98,33 DDS); 40% fueron más tardías que las variedades y 13% más precoz, bajo condiciones de invernadero (Ortiz *et al.*, 2007a).

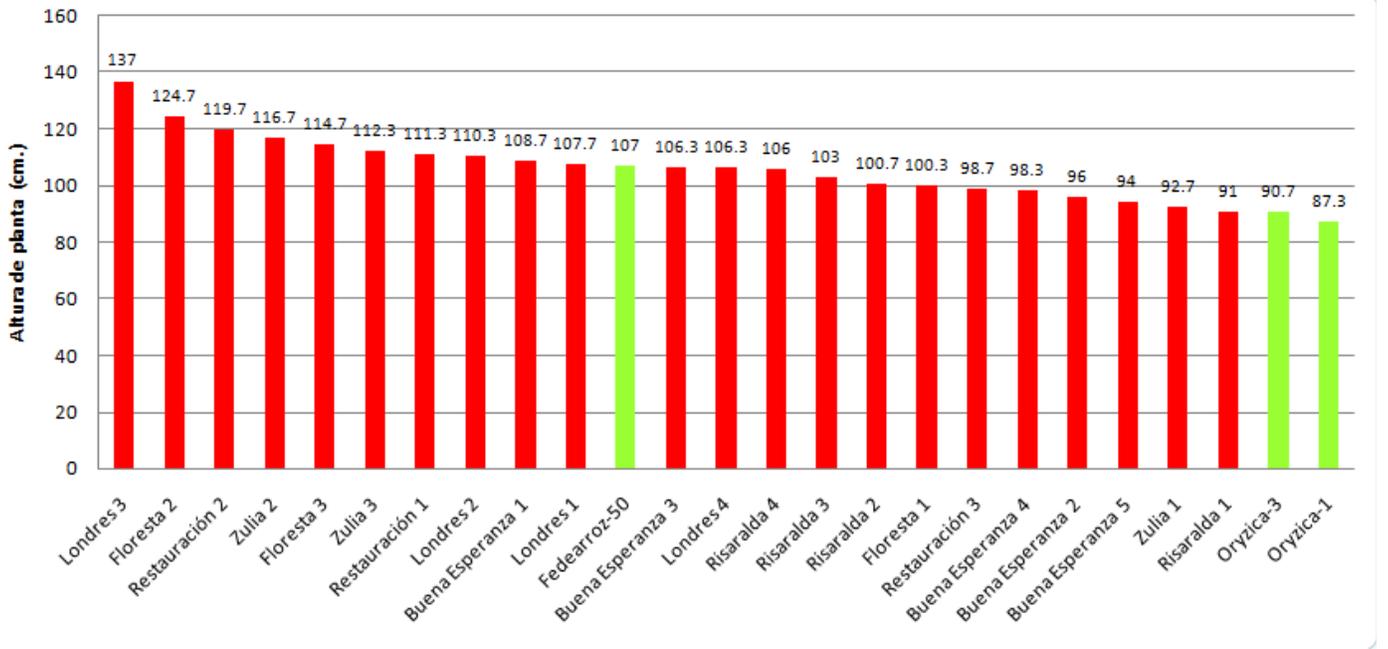


FIGURA 1. Altura de planta hasta el ápice de la panícula de arroces maleza y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia.

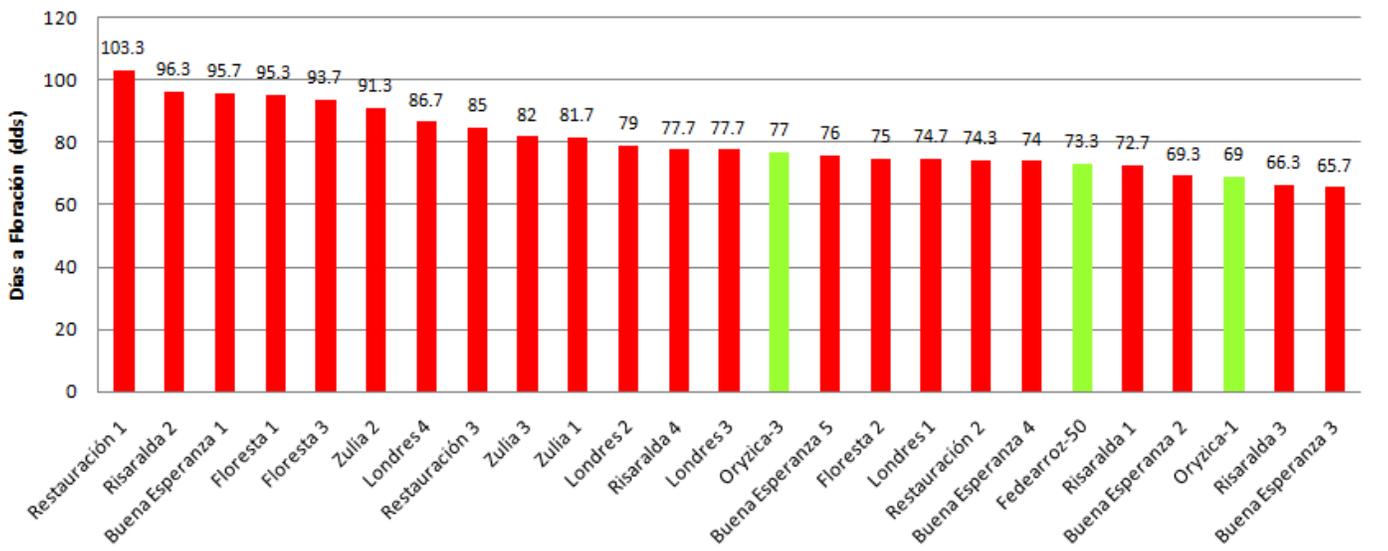


FIGURA 2. Días a floración de arroces maleza y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia.

Específicamente en el estudio de los varietales de arroz maleza (VAM) generados en la producción de semilla certificada de la variedad D-Sativa se encontró que el 88% de los VAM de D-Sativa fueron más tardíos que la variedad y sólo el 11,11 tuvo floración similar mientras que el 71,43% de los VAM de la variedad FEDEARROZ 50 fueron más precoces que ella y 28,57% coincidieron con su floración (Castillo, 2006).

La progenie de el cruce del AM y un arroz cultivado mostró que el 96% de los individuos de la F₂ fueron más precoces que los padres (100-112 DDS, 2% tuvo 109-112 DDS y 1,63% se ubicó entre 100-103 DDS, mientras que el AM padre y la variedad ZETA 15 madre tuvieron 114 y 117 DDS, respectivamente (Ortiz *et al.*, 2008).

La coincidencia en floración entre poblaciones de AM y el arroz cultivado podría traer como consecuencia que se cruzaran y produzcan una descendencia con un mejor poder adaptativo (fitnes) que empeoraría aún más el control de AR dado que estos se hacen más agresivos y competitivos. El flujo de genes entre especies predominantemente autogamas es pequeño (Gealy, 2005; Shivrain, 2007) por eso se señala que la tasa en arroz y el AM fue de 0,036% y 0,086%, respectivamente (Messeguer *et al.*, 2004). Sin embargo, hay otros estudios como el de Langevin *et al.* (1990), que muestran una alta tasa de flujo entre el AM y las variedades Lemont y Nortai con tasas de 1 y 52%, respectivamente, el cual se cree que está sobrestimado ya que es el único estudio donde se menciona una cifra tan alta de flujo en arroz y AM. Los híbridos entre el AM y el arroz cultivado producen plantas fértiles y semilla viable, además exhiben características más parecidas al AM (Langevin *et al.*, 1990; Noldin *et al.*, 1999; Oka y Chang, 1961; Davaus y Zamora, 2005).

El 45,45% de los granos del AM fueron alargados igual que la variedad de arroz FEDEARROZ; 27,2%; 13,64% y 13,64%, medios, anchos y pipones, respectivamente. Los cultivares Oryzica-1 y Oryzica-3 tuvieron granos curvados. El 95,45% de los AM tuvieron un ángulo del ápice de la lemma y pálea de 0-10° similar a Fedearroz 50 y el 4,55% parecido a Oryzica-1 y Oryzica-3 (11-40°). Todos los AM evaluados en este estudio tuvieron la lemma y pálea parcial o totalmente cubiertas con tricomas largos, mientras que Oryzica-1 fue pubescente en la quilla y los cultivares Oryzica-3 y FEDEARROZ 50 fueron pubescente hacia el ápice de la lemma y pálea. El 63,64% de los AM mostraron aristas de diversos tamaños (27,27% larga, 18,18% media y 18,18% cortas).

Los AM que tuvieron aristas, éstas fueron de colores paja dorado, paja café y café en 9,09%; 22,73% y 31,82%, respectivamente (Cuadro 3).

Estos resultados son importantes tomarlos en cuenta al momento de evaluar la pureza de los lotes de semillas a certificar dado que las variedades evaluadas en este experimento tuvieron una pubescencia de la semilla diferente a los AM, pudiéndose utilizar este atributo como un marcador morfológico. Las variedades de arroz de california tienen lemma y pálea glabras que permiten diferenciarlas de los AM que son pubescentes (Ortiz *et al.*, 2008).

En la Figura 3 se observa que el 32%; 40% y 28% de los AM mostraron entre 10,3 a 7,3; 6 a 7 y 4 a 5,3 panículas por planta, respectivamente. El número de granos por panícula fue heterogéneo y quizás esté asociado con el desgrane en las poblaciones de AM, en este estudio se muestra 4 grupos definidos según la productividad, 24%; 24%; 32% y 20% con 123 a 147; 113,7 a 119,7; 91,7 a 107 y 74,3 y 93,7 granos por panícula, respectivamente. Así mismo, se nota que hubo variabilidad en el peso de 1 000 semillas, encontrándose grupos que van entre los que pesan más (28 a 31 g); los intermedios 23,7 a 27,3 g; los de bajo peso entre 20,7 a 22,3 g y los menos pesados con 16,3 a 15 g. Cabe mencionar que los de mayor peso posiblemente estén asociados con los de mayor longitud de los granos tal como lo expresado por las variedades de arroz que tuvieron mayor peso de 1000 granos y granos más largos.

La variabilidad observada en este estudio, el número de panículas por planta, número de granos por panícula y peso de 1 000 g también ha sido señalada por diversos autores y es característico del AM (Ortiz, 1997; Castillo, 2006; Diarra *et al.*, 1985; Arrieta-Espinoza *et al.*, 2007; Gómez, 2002; Montealegre y Clavijo, 1992; Noldin *et al.*, 1999).

Los AM mostraron una gran variabilidad en cuanto a las dimensiones de los granos paddy, la población Floresta 2 tuvo granos paddy más largo que FEDEARROZ 50, mientras que Risaralda 3 más cortos. Las variedades Fedearroz 50 y Oryzica 1 tuvieron granos paddy más largos que Oryzica 3. Los AM y variedades que tuvieron granos paddy más largos también los mostraron menos anchos y de un espesor medio, mientras que los granos medios y cortos exhibieron semillas más anchas y de mayor espesor que se observa en Londres y Oryzica 1 (Figura 4).

CUADRO 3. Forma, ángulo del ápice, pubescencia y presencia de aristas de los granos de arroces maleza y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia.

Tratamientos	Forma del grano	Ángulo del ápice	Glumas pubescencia	Arista tamaño (ms)	Color
Oryzica-1	Curvado	11°-40°	Pubescente en la quilla	Ausente	-
Oryzica-3	Curvado	11°-40°	Pubescente hacia el ápice de la lemma y pálea	Ausente	-
Fedearroz-50	Alargado	0°-10°	Pubescente hacia el ápice de la lemma y pálea	Ausente	-
Zulia 1	Ancho	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	7	Paja café
Zulia 2	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	6	Paja café
Zulia 3	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	1	Paja dorada
Buena Esperanza 1	Alargado	11°-40°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	5	Paja dorada
Buena Esperanza 2	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	4	Paja dorada
Buena Esperanza 3	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	3	Paja dorada
Buena Esperanza 4	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	5	Paja café
Buena Esperanza 5	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	-
Risaralda 1	Pipón	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	1	Paja café
Risaralda 2	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	2	Café rojizo
Risaralda 3	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	2,5	Paja dorada
Risaralda 4	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	1	Paja café
Londres 1	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	-
Londres 2	Pipón	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	-
Londres 3	Ancho	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	Ausente	-
Londres 4	Pipón-Ancho	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	6	Paja dorada
Floresta 1	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	7	Café
Floresta 2	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	4	Paja dorada
Floresta 3	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	-
Restauración 1	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	Ausente	-
Restauración 2	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	-
Restauración 3	Ancho-corto	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	-

En la Figura 5 se evidencia que el 50% de los AM tuvieron la longitud de los carióspsides clasificadas como granos medios similares a Oryzica 3 (5,6 a 6,5 mm); el 27,27% fueron largos (6,6 a 7,5 mm) compartiendo con las variedades Fedearroz 50 y Oryzica 1; 18% fueron cortos (< 5,5 mm) y el 4,55% resultaron extralargos (>7,5 mm).

El 73%, 14%, 9% y 4% de los AM presentaron el pericarpio de color rojo, rosado, café y blanco (como las variedades), respectivamente (Figuras 6 y 7). Es interesante resaltar que el AM Restauración 3 tuvo el pericarpio de color blanco similar al arroz cultivado y sus granos fueron pequeños como los típicos AM, quizás pudiera indicar estos atributos, que esta población es producto de hibridación de la maleza con las variedades de arroz.

Por su parte, Castillo (2006), seleccionó 750 panículas, en campos de multiplicación de semilla categoría certificada en Portuguesa, de cada una de las variedades D-Sativa y Fedearroz 50, encontrando que la primera mostró 38,89% varietales con pericarpio rojo y 61,11% beige, mientras que la segunda 71,43% y 28,57.

De la misma manera, el 54%, 32% y 14% de los AM tuvieron lemma y pálea de color café, pajizo (similar a las variedades) y negro. Los AM de lemma y pálea de color negro tuvieron tamaño del paddy más pequeños, mientras que dentro del grupo de los cafés y pajizos hubo variabilidad, se encontraron poblaciones tanto de granos largos, medianos y pequeños (Figura 6 y 7).



FIGURA 3. Número de panículas m², número de granos panículas⁻¹ y peso de mil granos de arroces malezas y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander, Colombia.

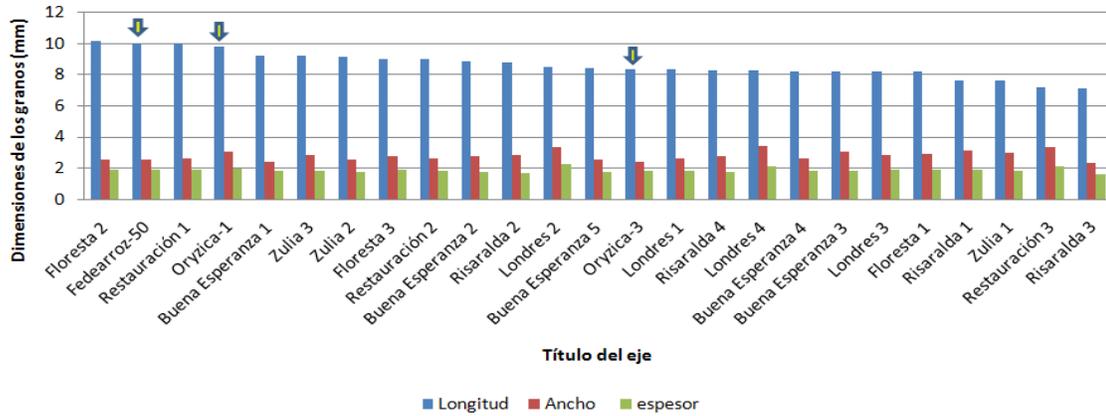


FIGURA 4. Dimensiones de los granos de arroces malezas y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander, Colombia. Las flechas señalan a las variedades de arroz.

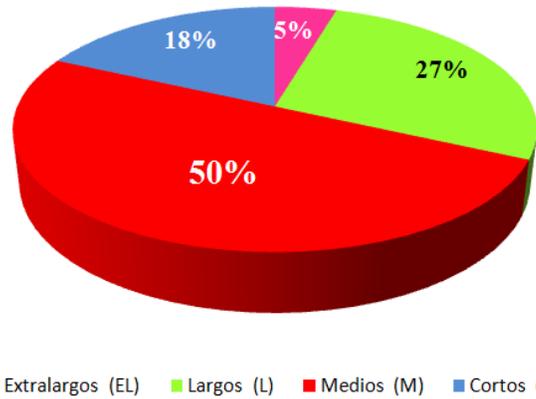


FIGURA 5. Tipos de granos según longitud de los carióspsides de arroces malezas y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander, Colombia. Fedearroz 50 y Oryzica 1 son de granos largos y Oryzica 3 medio.

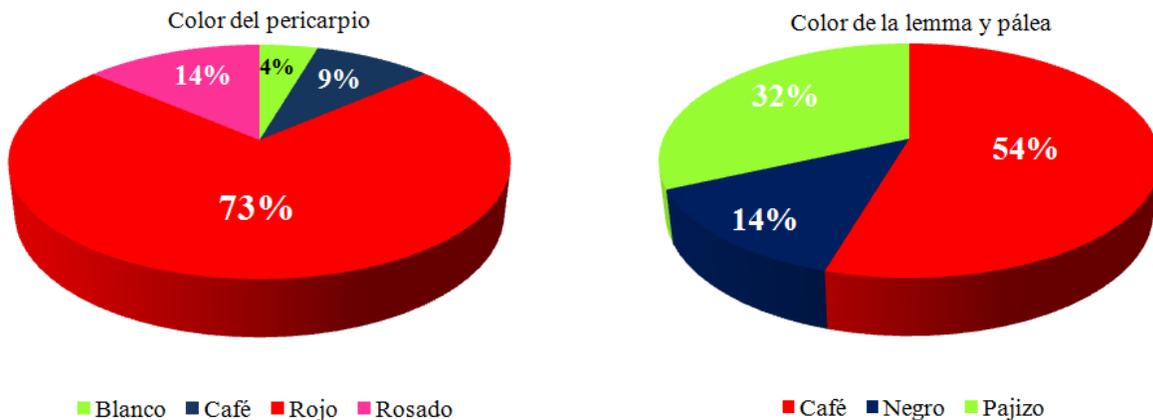


FIGURA 6. Frecuencia de expresión del color del pericarpio y de la lemma y pálea en arroces malezas y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander, Colombia.

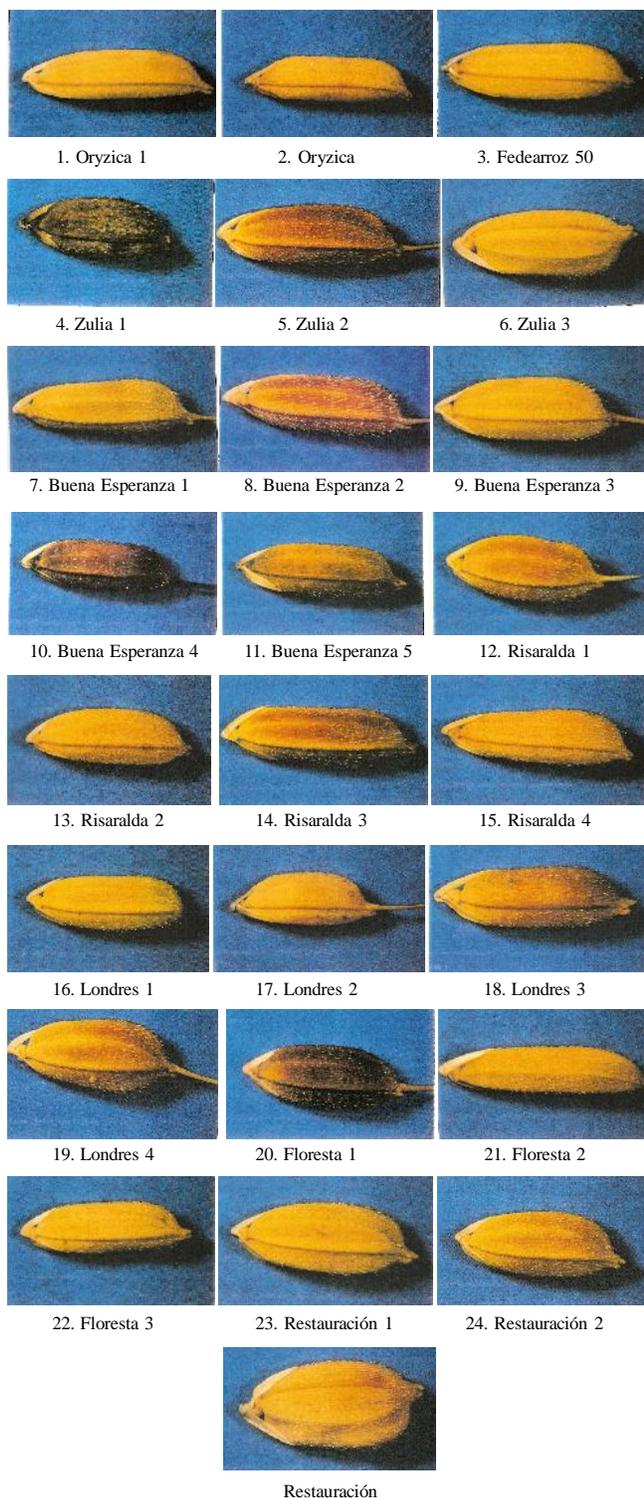


FIGURA 7. Tipos de semillas de arroces malezas y variedades recolectados en el Distrito de Riego del río Zulia, Norte de Santander, Colombia.

Del cruce de una variedad de lemma y pálea de color pajizo y pericarpio blanco con un AM-rojo negro y rojo, se encontró que la F₁ mostró lemma y pálea de color negro y pericarpio rojo, indicando que el negro y rojo fueron dominantes sobre el pajizo y beige, respectivamente (Davaus y Zamora 2005).

Posteriormente, la F₂ de este cruce fue evaluado mostrando una distribución asimétrica del color de las glumas, 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 fue de 1,64 (Ortiz *et al.*, 2008).

En Venezuela, los AM más frecuentes son los que tienen la lemma y pálea de color: (a) negro con arista media, marrón arista media, pajizo sin aristas y marrón arista larga (Ortiz y Budoswki, 1998).

CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones de este estudio se encontró una alta variabilidad fenotípica en los AM evaluados en el hábito de crecimiento, macollamiento, acame, desgrane, longitud de la panícula, excursión, densidad de la panícula, AP, días de floración, forma y dimensiones de los granos, presencia/ausencia de arista y color de la lemma-pálea y pericarpio, lo que pudiera indicar algún grado de introgresión hacia la morfología de las variedades debido a la ocurrencia natural de hibridación en campo de arroz.
- Los atributos más constantes en el AM fueron el ángulo del ápice de la lemma de 0-10° con excepción de Buena Esperanza 1 (10-40°) y la pubescencia de la lemma y pálea carácter constante en todos los AM evaluados y diferentes al de las variedades, lo cual indica que pudiera utilizarse como un marcador morfológico durante la prueba de pureza en la certificación de semillas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arrieta-Espinoza, G., E. Sánchez, S. Vargas, J. Lobo, T. Quesada and A. Espinoza. 2007. The weedy rice complex in Costa Rica. I. Morphological study of relationships between commercial rice varieties, wild *Oryza* relatives and weedy types. *Genetic Resources and Crop Evolution* (2005)52:575-587.

- Agudelo, G y G. León, 1993. El arroz rojo en la multiplicación de semillas. FEDEARROZ-Colombia. Revista Arroz 349(38):30-31.
- Canal, R. 2000. Caracterización morfofisiológica de biotipos y evaluación de niveles de infestación de la maleza arroz rojo (*Oryza sativa*), en el Distrito de Riego del Río Zulia, Norte de Santander, Colombia. Tesis de Maestría. Maracay, estado Aragua. Venezuela. Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). 80 p.
- 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. Maracay, estado Aragua. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 90 p.
- Davaus, Y. 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.
- Diarra, A. R., Smith and R., Talbert. 1985. Growth and Morphological Characteristics of Red Rice (*Oryza sativa*) biotypes. Weed Science. 33:310-314.
- Do Lago, A. A. 1982. Characterization of Red Rice (*Oryza sativa* L.) Phenotypes in Mississippi. Ph.D dissertation. Mississippi State, MS Mississippi State University. 143 p.
- Federación Nacional De Arroceros (FEDEARROZ). 2000. II Censo Nacional Arrocerero. Santafé de Bogotá. 30-46 p.
- Fischer, A. and A. Ramírez. 1993. Red Rice (*Oryza sativa*): Competition studies for management decisions. Int. J. Pest Manage. 39:133-138.
- Fischer, A. 1997. Manejo integrado de malezas del arroz. **In:** MIP en Arroz. Caracas Fundación Polar, FEDEARROZ, CIAT. p. 31-49.
- García, G. y R. Regino. 1995. Comparación de índices de crecimiento y desarrollo de algunos tipos de arroz rojo y de las variedades Oryzica-1 y Oryzica Llanos-5. Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). Revista Arroz 44(394):28-35.
- Gealy, D. 2005. Gene movement between rice (*Oryza sativa*) and weedy rice (*Oryza sativa*) - AU.S. temperate rice perspective. **In:** J. Gressel, ed. Crop ferality and volunteerism. Boca Raton: CRC press, Taylor and Francis Group. 323-354 p.
- Gómez, O. 2002. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de las especies del complejo de malezas arroz rojo de las principales zonas productoras de arroz en Venezuela. Tesis de grado. Maracay, estado Aragua. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 105 p.
- Hernández, R. 1991. Situación y perspectivas del sector arrocerero en Colombia en: Memorias del primer encuentro Andino de arroceros. Integración Andina del sector arrocerero. Santafé de Bogotá. 75-89 p.
- Langevin, S. A., K. Clay and J. B. Grace. 1990. The incidence and effects of hybridization between cultivated rice and its related weed red rice (*Oryza sativa* L.). Evolution 44:1 000-1 008
- Lentini, Z. and A. Espinoza. 2005. Coexistence of Weedy Rice and Rice in Tropical America - Gene Flow and Genetic Diversity. **In:** Crop Ferality and Volunteerism: A Threat to Food Security in the Transgenic Era. J. Gressel, ed. CRC Press. 303-319 p.
- Messeguer, J., V. Marfa, M. Catala, E. Guiderdoni and E. Mele. 2004. A field study of pollen-mediate Vd gene flow from Mediterranean GM rice to conventional rice and the red rice weed. Mol. Breed. 13:103-112.
- Montealegre, F. y J. Clavijo. 1992. Tipos de arroz rojo en Colombia. Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). Revista Arroz 40(375):16-23.
- Morishima, H. and H. Oka. 1975. Comparison of growth pattern and phenotypic plasticity between wild and cultivated rice strains Japan. J. Genetics 50:53-65
- Muñoz, G., G. Giraldo y J. Fernández. 1993. Descriptores Varietales: arroz, frijón, maíz, sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Palmira. Colombia. 15-44 p.
- Noldin, J. J. Chandler and G. McCauley. 1999. Red Rice (*Oryza sativa*) Biology I. Characterization of Red Rice Ecotypes. Weed Technology 13(1):12-18.

- Oka, H. I. and W. T. Chang. 1961. Hybrid swarms between wild and cultivated rice species, *Oryza perennis* and *O. sativa*. *Evolution* 21:418-430.
- Ortiz, A. 1997. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. Tesis de Postgrado en Agronomía. Maracay, estado Aragua. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 117 p.
- Ortiz, A. y T. Budowski. 1998. Estudio preliminar de la incidencia de arroz rojo y otras malezas en el arrozal venezolano. *Investigaciones Agrícolas - DANAC* (3):1-1.8.
- Ortiz, 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. Maracay, estado Aragua. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía 126 p.
- Ortiz A., O. Gómez y C. Ramis. 2004. Caracterización bioquímica de poblaciones del complejo de maleza arroz rojo en Venezuela. *Agronomía Trop.* 54(3):257-273.
- Ortiz, A., A. Pérez, J. Ochoa y J. Vicente Lazo. 2007. Caracterización del arroz rojo proveniente de lotes de semilla de arroz. Parte I. *Agronomía Trop.* 57(3):147-156.
- Ortiz, A., R. Miranda, C. Ramis y R. Figueroa. 2007. Caracterización morfológica de una población F₂ obtenida del cruce natural entre un cultivar arroz y un arroz rojo (PARTE I). *Agronomía Trop.* 57(3):157-169.
- Ortiz, A., Albert Jean Fischer, Chris Greer, Barbara Schaal, James Eckert, María Dolores Osuna and Emilio Laca. 2008. Arroz Maleza en California. **In:** Memorias XVIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM) y XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ouro Preto- Minas Gerais. Brasil. CD-Room. 6 p.
- Peña, J. 1999. Caracterización morfológica y taxonómica de las especies involucradas en el complejo de malezas denominado arroz rojo (*Oryza- poaceae*) de las zonas arroceras de venezolanas. Tesis de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 88 p.
- Shivrain, V., N. Burgos, M. Anders, S. Rajguru, J. Moore and M. Sales. 2007. Gene flow between Clearfield TM rice and red rice. *Crop Protection* 26:349-356.
- Valverde, B. 2005. The Damage By Weedy Rice -Can Feral Rice Remain Undetected. **In:** Crop Fertility and Volunteerism: A Threat to Food Security in the Transgenic Era. J. Gressel, ed. CRC Press. 279-294 p.