



EVALUACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE GERMOPLASMA DE ARROZ DE DIFERENTE ORIGEN Y GRUPO VARIETAL

Morphoagronomic evaluation of rice germplasm from different origin and varietal group

Sandra H. Díaz Solís[✉], Elizabeth Cristo Valdés, Rogelio Morejón Rivera, Masaaki Shiraishi y Madduma Dhanapala

ABSTRACT. The knowledge of rice morphology is important in the investigation because in this it is based varieties differentiation and physiology and improvement studies. The work was developed with the objective to make morphoagronomic characterization varieties and to know the variables that contribute to differentiate them and the characteristics that could be important to select the parents of the Plant Breeding Program with the purpose to get crop bigger efficiency. Were evaluated 10 rice genotypes with different origin and varietal group. The seeding was carried out in trays and then it was transplanted in rows of 2.40 m of longitude. Were carried out evaluations in two cultivation stages that included quantitative and qualitative variables, also Standard Evaluation System and Description Varietal Form was methodologies used. Data obtained were processed by Main Components and Cluster with MINITAB statistical program and Pearson Correlations were determined. The results revealed the existence of morphoagronomic differences in rice varieties and correlations among the quantitative variables evaluated; also were confirmed marked contrasts between Indicas and japonicas types for most of the studied characters. Two obtained components explained 69.3% of total variation. The genotypes were contained in six groups or classes, almost all the individuals with common varietal group concentrated to exception of Nipponbare, Nerica-1 and Bluebonnet-50 that were located in independent classes. Only there was similarity for all the varieties in two of 12 qualitative characters evaluated.

RESUMEN. El conocimiento de la morfología del arroz es importante en la investigación porque en ella se basa la diferenciación de las variedades y los estudios de fisiología y mejoramiento. El trabajo se desarrolló con el objetivo de caracterizar morfoagronómicamente un grupo de genotipos, conocer las variables que contribuyen a diferenciarlos y las características que pudieran ser importantes para seleccionar los progenitores del Programa de Mejoramiento con el propósito de buscar una mayor eficiencia del cultivo. En el mismo se evaluaron 10 genotipos de arroz de diferente origen y grupo varietal. La siembra se realizó en bandejas y luego se trasplantó en surcos de 2.40 m de longitud. Se realizaron evaluaciones en dos etapas del cultivo que incluyeron tanto variables cuantitativas como cualitativas, asimismo el Sistema de Evaluación Estándar y el Formulario de Descripción Varietal fueron las metodologías empleadas. Los datos obtenidos fueron procesados mediante Componentes Principales y Conglomerados con la ayuda del programa estadístico MINITAB y se determinaron las Correlaciones de Pearson. Los resultados revelaron la existencia de diferencias morfoagronómicas en las variedades de arroz y de correlaciones entre las variables cuantitativas evaluadas, asimismo se confirmaron marcados contrastes entre los tipos índicas y japónicas para la mayoría de los caracteres estudiados. Las dos componentes obtenidas explicaron el 69.3 % de la variación total. Los genotipos fueron agrupados en seis grupos o clases, casi todos los individuos con grupo varietal común se concentraron a excepción de Nipponbare, Nerica-1 y Bluebonnet-50 que se ubicaron en clases independientes. Solo hubo similitud para todas las variedades en dos de los 12 caracteres cualitativos evaluados.

Key words: morphoagronomic evaluation, rice, germplasm, varieties, characterization

Palabras clave: evaluación morfoagronómica, arroz, germoplasma, variedades, caracterización

M.Sc. Sandra H. Díaz Solís; M.Sc. Elizabeth Cristo Valdés y M.Sc. Rogelio Morejón Rivera, Investigadores Auxiliares de la Unidad Científico Tecnológica de Base Los Palacios. Dirección: Carretera La Francia, km 1½, Los Palacios, Pinar del Río, Cuba, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba; M.Sc. Masaaki Shiraishi y Dr.C. Madduma Dhanappala, Asesores Técnicos, Tsukuba Internacional Center, Koyadai 3-6, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, Japón.

✉ shdiaz@inca.edu.cu

INTRODUCCIÓN

El arroz es el cereal más importante del mundo en desarrollo, constituye el alimento básico para más de la mitad de la población del planeta. En los países de América del Sur y el Caribe, es la principal fuente energética de la población de bajos ingresos (1).

Este cereal presenta una gran adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, lo que lo ubica como el de mayor difusión en el mundo, puede desarrollarse en condiciones de secano, inundación con láminas de poca altura y aun con hasta 500 cm de lámina de agua. Se cultiva a 3000 m de altitud en Nepal y a nivel del mar; a latitudes entre los 53°N en China y 35°S en Australia. Mediante la selección de habilidades específicas, el cultivo puede adaptarse a las diferentes áreas de implantación ajustándose a las condiciones de adversidad ambiental (2).

Avances muy significativos se alcanzaron en la producción de arroz en Latinoamérica y el Caribe en las tres últimas décadas gracias al desarrollo de variedades mejoradas, utilización de prácticas más modernas de cultivo y a la mayor adopción de las nuevas variedades por parte de los agricultores (3).

Las variedades de arroz cultivadas han ido variando en los últimos años, mediante una gradual renovación de las más antiguas, en función de mejores características (4). Sin embargo, los mejoradores han reconocido en los últimos años la situación de la estrecha base genética debida a la reducción de la diversidad genética, producto del mejoramiento de los cultivos modernos, lo cual ha resultado en cultivos genéticamente vulnerables ante factores abióticos y agentes bióticos (5). Se estima que los programas de mejoramiento genético de arroz solo están utilizando alrededor del 25 % de la variabilidad genética existente en la especie (6).

El conocimiento de la morfología del arroz es importante en la investigación porque en ella se basa la diferenciación de las variedades y los estudios de fisiología y mejoramiento. Cada día cobra mayor importancia la diversificación varietal, el conocimiento de las características del germoplasma y la selección del tipo de planta adecuado, especialmente para las condiciones de Cuba, por la necesidad de obtener materiales capaces de adaptarse a las heterogéneas condiciones agroecológicas y a la restringida disponibilidad de recursos energéticos, fertilizantes, sistemas convencionales de riego y pesticidas.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores este trabajo tiene como objetivo caracterizar morfoagronómicamente un grupo de genotipos de arroz de diferente origen y grupo varietal, conocer las variables que contribuyen a diferenciarlos y las características que pudieran ser importantes para seleccionar los progenitores del Programa de Mejoramiento con el propósito de buscar una mayor eficiencia del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la Parcela Experimental de Investigación RE1 del Centro Internacional de Tsukuba (TBIC), perteneciente a la Agencia Internacional de Cooperación de Japón, ubicado en la Prefectura de Ibaraki desde marzo hasta septiembre del 2006. En el mismo se evaluaron 10 variedades de arroz de diferente origen y grupo varietal, las cuales se relacionan en la Tabla I.

Tabla I. Variedades empleadas, origen y grupo varietal al que pertenecen

Variedad	Grupo varietal	Origen
J-104	Indica	Cuba
Amistad-82 - 8	Indica	Cuba
IR-28	Indica	Filipinas
Jaya	Indica	India
Bluebonnet-50	Indica	Estados Unidos
Akitakomachi	Japónica	Japón
Toyohatamochi	Japónica	Japón
Nipponbare	Japónica	Japón
Suweon-294	Indica-Japónica	Corea
Nerica-1	Intraespecífica	Costa de Marfil

Las semillas se seleccionaron a través del método de solución salina con peso específico de 1.10 y la desinfección se realizó usando Healthhead con una dosis de 2.5 g diluidos en 500 mL de agua. Se introdujeron en la solución de agua salina, eliminando las que emergieron a la superficie y utilizando solo las que quedaron en el fondo que eran las que correspondían al peso específico, después se enjuagaron con agua y se colocaron en la solución con el desinfectante durante 24 horas.

Las semillas fueron colocadas en el pregerminador a 25°C durante 72 horas, hasta alcanzar una temperatura acumulada de 100°C necesaria para la germinación del arroz. Después fueron puestas a secar a temperatura ambiente sobre papel con el fin de garantizar la siembra, que se realizó el día 18 de abril en bandejas de 15.5 cm de largo x 6 cm de ancho y una profundidad de 10 cm, las cuales fueron puestas en la incubadora a una temperatura de 30°C durante 48 horas. Posteriormente se trasladaron al invernadero donde fueron mantenidas a temperatura ambiente con buena humedad del suelo proporcionada con riegos diarios.

Antes de preparar el suelo se extrajo la cebada que se encontraba en la parcela y el 15 de mayo se efectuó la fertilización empleando para ello el fertilizante Hyper Coat 424 de liberación lenta (LPS) de Formulación NPK 14-12-14 con una duración de 120 días. Se procedió a realizar el fanguero utilizando un motocultor con rotobator y se niveló con la ayuda de un nivelador manual.

El 16 de mayo, antes de llevar las plantas al campo para ser trasplantadas, se les aplicó a cada bandeja 50 g de fungicida Greatam, inmediatamente después se trasplantó en surcos de 2.40 m de longitud, poniendo una planta por nido hasta llegar a 16 plantas por surco y solo un surco por variedad. La distancia entre surcos fue de 60 cm y de 15 cm entre plantas. El diseño de campo se muestra en la Figura 1.

Se realizó una aplicación de herbicida granulado (*Spark Star*) con la ayuda de una voleadora, a una dosis de 30 kg/ha cuando habían transcurrido 20 días del trasplante. El cultivo se mantuvo en condiciones de inundación hasta el drenaje para la cosecha, la altura de la lámina de agua fue de 10 cm y se manejó el principio de reposición de la misma cada vez que fue necesario.

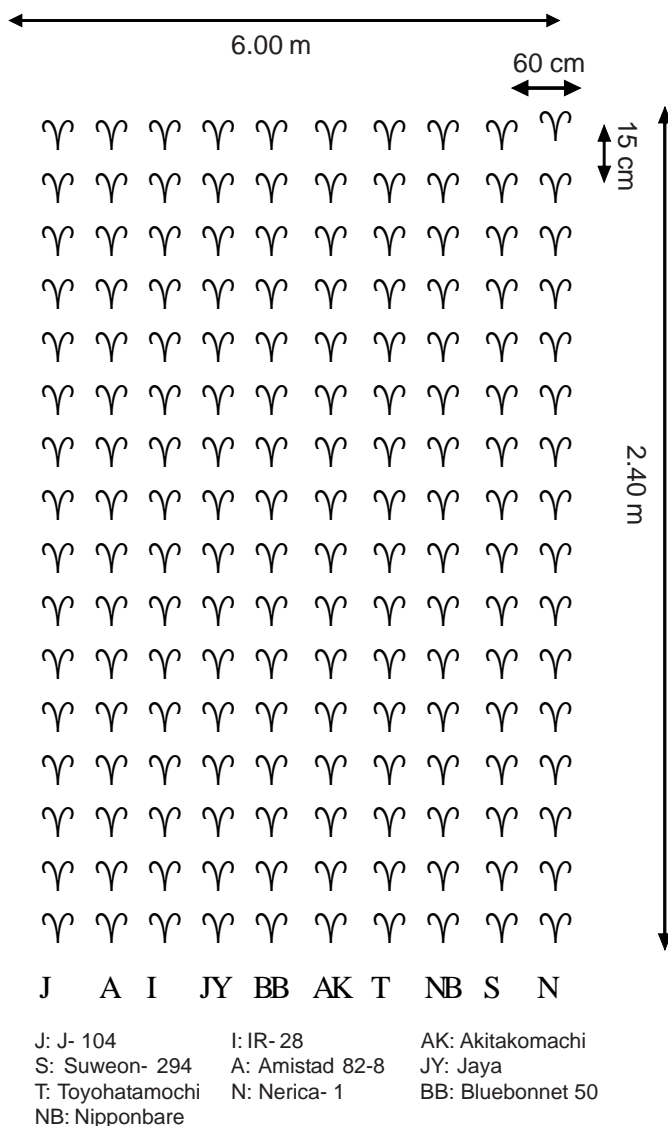


Figura 1. Diseño de campo

Durante el ciclo de desarrollo del cultivo se realizaron un grupo de evaluaciones morfoagronómicas que incluyeron tanto variables cuantitativas como cualitativas (Tabla II). Las evaluaciones se realizaron fundamentalmente en dos etapas del cultivo, durante la floración y en la fase de maduración. Las plantas fueron evaluadas individualmente y tomadas como réplicas, utilizando 10 plantas para este fin.

Para la caracterización se utilizó el Sistema de Evaluación Estándar para Arroz (SES) del Internacional Rice Research Institute (7) y el Formulario de Descripción Varietal de Arroz (*Oryza sativa* L.) del Ministerio de la Agricultura (8).

Los datos obtenidos de las variables cuantitativas fueron procesados mediante las Técnicas Multivariadas de Componentes Principales y Conglomerados con la ayuda del programa estadístico MINITAB, además se presentan también las Correlaciones de Pearson. Las variables cualitativas se presentan en forma de tabla para facilitar la comparación entre las variedades estudiadas.

Tabla II. Caracteres morfoagronómicos evaluados a las variedades en estudio

Caracteres cuantitativos	
1	Longitud de la lígula (LL)
2	Longitud de la panícula (LP)
3	Altura Final (AF)
4	Longitud del grano (LG)
5	Ancho del grano (AG)
6	Número de panículas por planta (PP)
7	Diámetro del tallo (DT)
8	Ciclo al 50 % de floración (50% F)
9	Número de hojas (NH)
10	Coloración de las hojas (CH)
11	Longitud de la hoja bandera (LHB)
12	Ancho de la hoja bandera (AHB)
Caracteres cualitativos	
1	Vigor de la planta
2	Coloración de las hojas
3	Pubescencia de la hoja bandera
4	Tipo de lígula
5	Color de la lígula
6	Capacidad de ahijamiento
7	Porte de la planta
8	Senescencia
9	Color de la lema y Palea
10	Presencia de arista
11	Tipo de panícula
12	Exerción de la panícula

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla III se presentan las asociaciones que se establecen entre las variables cuantitativas evaluadas. Como se puede apreciar la longitud de la panícula aparece correlacionada fuerte y positivamente con los caracteres altura final, diámetro del tallo y el ancho de la hoja bandera. En varias investigaciones realizadas donde también se han analizado las relaciones entre diferentes caracteres se ha constatado que existe correlación entre la longitud de la panícula y la altura final (9, 10, 11); sin embargo, en estos trabajos la longitud de la panícula con quien se correlacionó fue con la longitud y no con el ancho de la hoja (9, 10).

Asimismo, la altura final se asoció fuerte y también de forma positiva con el diámetro del tallo y con el ancho de la hoja bandera, mientras que el número de panículas por planta mostró una correlación fuerte e inversa con la longitud del grano.

Igualmente se correlacionaron el número de hojas y la longitud de la hoja bandera, resultando ser una relación fuerte e inversa. La lámina de la hoja bandera tiene un ángulo de inserción determinado, es más larga y ancha que las demás.

Tabla III. Matriz de correlaciones fenotípicas

	LL	LP	AF	LG	AG	PP	DT	50% F	NH	CH	LHB
LP	0.473										
AF	0.282	<u>0.864</u>									
LG	0.564	0.534	0.348								
AG	-0.393	-0.449	-0.199	-0.361							
PP	0.007	-0.597	-0.412	<u>-0.654</u>	0.213						
DT	0.203	<u>0.660</u>	<u>0.742</u>	0.322	0.244	-0.462					
50% F	<u>0.975</u>	0.493	0.279	0.587	-0.417	-0.021	0.219				
NH	0.338	-0.492	-0.400	0.053	0.003	0.505	-0.294	0.369			
CH	0.336	-0.274	-0.485	-0.210	-0.122	0.335	-0.265	0.317	0.369		
LHB	-0.290	0.414	0.405	-0.035	0.306	-0.305	0.430	-0.258	<u>-0.826</u>	-0.490	
AHB	-0.082	<u>0.609</u>	<u>0.687</u>	0.194	0.215	-0.480	<u>0.661</u>	-0.136	<u>-0.731</u>	<u>-0.693</u>	<u>0.745</u>

La literatura señala que muchos científicos asocian a las hojas con importantes funciones como la recepción de la luz y actividad fotosintética, transpiración, respiración, almacenamiento de alimentos y el transporte del aire hacia la raíz y otras partes del cuerpo de la planta (10). Además, el largo de la hoja bandera se considera indicador de una mayor área foliar en la hoja principal en el llenado de granos y algunos autores han informado correlaciones de esta variable con el rendimiento (12).

El ancho de la hoja bandera se correlacionó fuertemente con un grupo de caracteres, de forma directa con la altura final, el diámetro del tallo y la longitud de la hoja bandera y de forma inversa se asoció con el número de hojas y la coloración de estas. En este sentido se sabe que la hoja «bandera» o panicular a veces permanece erecta durante la floración y se inclina solo en la maduración completa. Las hojas situadas en la base del tallo, ejercen una acción trófica esencialmente a favor del aparato radicular; la hoja bandera y la penúltima desempeñan, en mayor medida que las otras, un papel muy importante para la formación de la panícula y de los granos (13).

La Tabla IV muestra los valores propios, porcentajes de contribución y acumulado de las componentes 1 y 2, teniendo en cuenta el Análisis de Componentes Principales, donde las dos componentes obtenidas explican el 69.3 % de la variación total.

La primera componente estuvo caracterizada fundamentalmente por la longitud de la panícula, altura final, diámetro del tallo y ancho de la hoja bandera y la segunda componente por la longitud de la lígula, longitud del grano, ancho del grano y el 50 % de floración. Lo que indica la utilidad que pueden tener estas variables en la diferenciación de las variedades, por presentar los valores más altos de correlación con los ejes principales.

La representación gráfica de dichas componentes (Figura 2) permitió la distribución de los diez genotipos evaluados en seis grupos o clases. La mayoría de los individuos con grupo varietal común se agruparon a excepción de Nipponbare, Nerica-1y Bluebonnet-50 que se ubicaron en clases independientes.

Tabla IV. Valores propios, porcentaje de contribución y acumulado de las componentes 1 y 2

	C1	C2
Valores propios	4.8882	3.4304
% de contribución	0.407	0.286
% acumulado	40.7	69.3
LL	-0.067	-0.493
LP	-0.397	-0.209
AF	-0.386	-0.094
LG	-0.223	-0.334
AG	0.042	0.324
PP	0.318	0.037
DT	-0.344	-0.034
50% F	-0.070	-0.501
NH	0.306	-0.267
CH	0.264	-0.220
LHB	-0.305	0.286
AHB	-0.396	0.182

En la clase I se agruparon las variedades J-104, Amistad-82 y Jaya, todas del tipo índica. La misma se caracterizó por tener el ciclo más largo (50 % de floración), la formación de 12 hojas (solo igualada por Nipponbare), así como los granos y las lígulas de mayor longitud. Esta última se considera una característica distintiva de las gramíneas, que consiste en una breve prolongación vellosa o membranosa que se inserta en el punto de unión de la vaina y el limbo foliar, puede diferir en tamaño, color y forma según la variedad. La función de la lígula sigue siendo desconocida, pero quizá sirva para evitar que la humedad penetre en la zona comprendida entre el tallo y la vaina. En un ensayo de caracterización morfológica realizado en Venezuela se encontraron coincidencias en la forma y el color de las 13 variedades evaluadas (4), coincidiendo con los resultados de este trabajo.

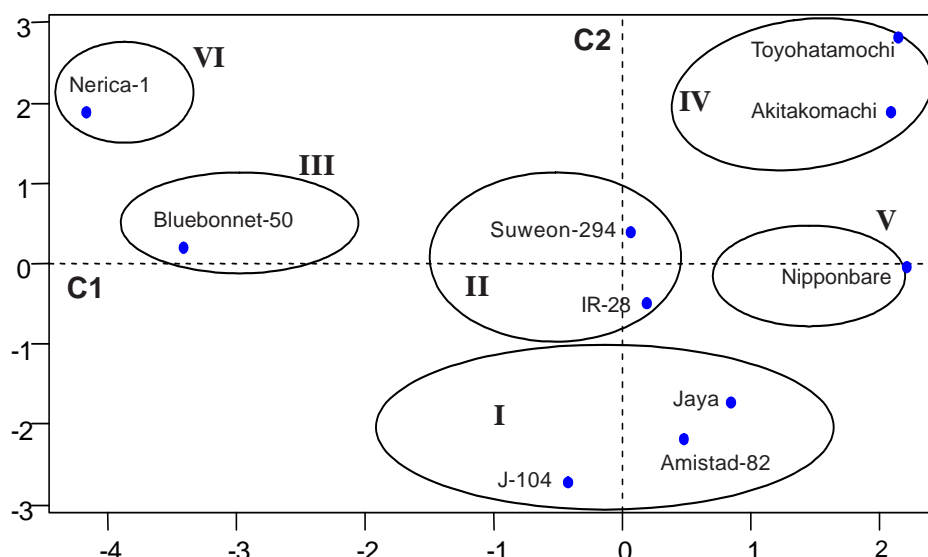


Figura 2. Distribución de las variedades según las componentes consideradas

Nipponbare se ubicó en la clase V, presentó los granos más cortos y la mayor cantidad de panículas por plantas con una diferencia de 21 panículas con la variedad intraespecífica Nerica-1 en la clase VI, con el menor valor para este carácter, además consiguió los mayores valores para las variables longitud de panícula, altura final y diámetro del tallo, únicamente superada por Bluebonnet-50 de la clase III. Las características de los granos (longitud, ancho, color) en correspondencia con la variedad y grupo varietal al que pertenecen pueden apreciarse en la Figura 3.

Las medias por variables y los genotipos pertenecientes a cada clase se presentan en la Tabla V y el dendrograma correspondiente aparece en la Figura 4, en este caso se empleó la Técnica Jerárquica Ascendente para su construcción.

Las plantas de la variedad Nerica-1 también fueron las que presentaron las hojas banderas más largas y anchas en comparación con el resto, con una diferencia de 44.87 cm en relación con las de menores valores ubicadas en la clase I.

Estudios realizados en el Centro Africano del Arroz (WARDA, por sus siglas en inglés) sobre las variedades mejoradas, en especial del Nerica indican que su amplia difusión y adopción pueden hacer aumentar sensiblemente la producción, mejorando las condiciones de vida de los campesinos. Las nuevas variedades de arroz combinan el potencial de alta productividad del arroz asiático (*Oryza sativa*) con la resistencia a los factores de estrés del arroz africano (*Oryza glaberrima*). El resultado de esta combinación es un grano resistente que se adapta a las condiciones locales, y resulta muy apropiado para las altiplanicies y las tierras áridas, que representan alrededor del 70 % de los arrozales de África (14).

Las variedades Suweon-294 e IR-8 que se agruparon en la clase II se caracterizaron por tener los granos más finos.

La clase IV representada por las variedades japonesas Toyohatamochi y Akitakomachi mostró los menores valores para los caracteres longitud de la lígula, longitud de la panícula, altura final, longitud del grano y ciclo al 50 % de floración, mientras que por el contrario presentó el mayor valor para el ancho del grano.

Respecto al color de la hoja las clases V y I mostraron el mejor comportamiento.

La Tabla VI muestra los caracteres cualitativos evaluados a las diez variedades estudiadas.

La mayoría de las variedades se clasificaron como vigorosas a excepción de IR-28, Bluebonnet-50 y Toyohatamochi. Se plantea que las plántulas vigorosas son importantes para obtener altos rendimientos y para armonizar las contradicciones entre el desarrollo individual y el desarrollo de la población, estas se caracterizan por tener más macollos, una buena capacidad de enraizamiento, la parte basal del tallo más amplia, más materia seca y más haces vasculares en la hoja basal (15). Estos propios cultivares mostraron una coloración verde claro de las hojas al igual que Suweon-294. El resto presentó una coloración verde oscura excluyendo a Nerica-1 que presenta una coloración típica verde con bordes violáceos.

Nerica es más alto que la mayoría de las variedades de arroz, por lo que es más fácil de cosechar. Es más resistente a las plagas y a la sequedad y se desarrolla mejor que las variedades asiáticas en suelos poco fértiles. Además, cocina bien, tiene buen sabor y contiene más proteínas que otras especies. El rendimiento del arroz Nerica es de hasta más de 2500 kilogramos por hectárea, mientras que la producción del arroz de tierras altas usado normalmente en Liberia sólo es de 736 kg por término medio. Aunque la producción de África todavía no está a la altura de la demanda, el aumento representa un avance importante y demuestra el potencial de la región para la mejora del arroz (16).

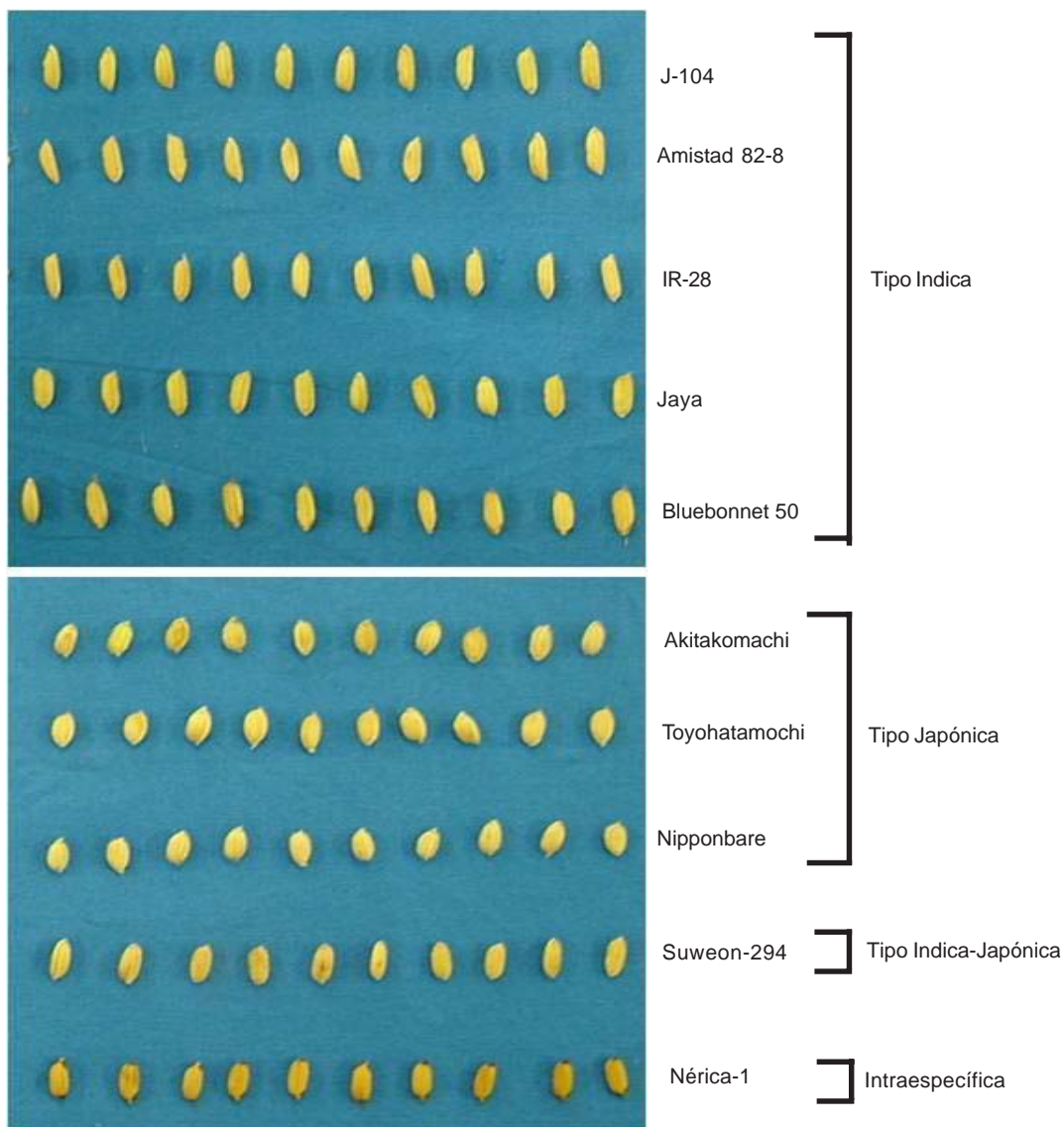


Figura 3. Tipos de granos de las variedades evaluadas

Tabla V. Distribución de los genotipos y medias por clases

Clases	Genotipos	Medias por Clases											
		LL	LP	AF	LG	AG	PP	DT	50 % F	NH	CH	LHB	AHB
I	J-104, Amistad 82 y Jaya	12.56	26.23	106.26	9.51	3.09	17.33	5.40	129.66	12.00	5.36	24.33	1.38
II	Suweon-294 e IR-28	9.30	26.59	110.20	8.07	2.66	20.00	4.44	110.50	11.00	5.25	33.00	1.61
III	Bluebonnet-50	9.20	31.34	174.20	8.66	3.28	13.00	7.68	111.00	11.00	5.00	39.40	2.18
IV	Toyohatamochi y Akitakomachi	5.60	19.51	74.79	7.42	3.71	20.00	4.73	93.00	11.50	5.30	32.30	1.36
V	Nipponbare	10.20	22.56	105.40	7.33	3.43	32.00	4.62	119.00	12.00	5.40	37.00	1.12
VI	Nérica-1	8.60	30.12	133.40	9.28	3.54	11.00	6.38	110.00	10.00	4.80	69.20	2.54

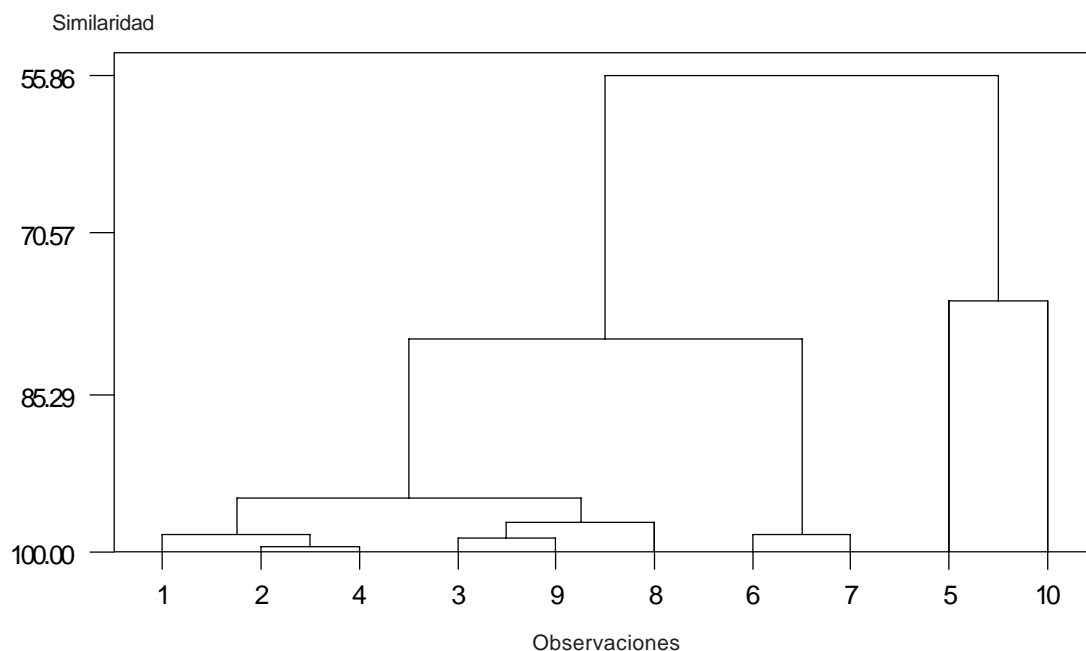


Figura 4. Dendrograma obtenido a partir del Análisis de Conglomerados

Tabla VI. Caracteres cualitativos evaluados a 10 variedades de arroz

Variedades/caracteres	J	A	IR	JY	BB	AK	T	NB	S	N
Vigor de la planta	V	V	NV	V	NV	V	NV	V	V	V
Coloración de las hojas	VO	VO	VC	VO	VC	VO	VC	VO	VC	VBV
Pubescencia de la hoja bandera	MP	MP	G	PB	MP	PB	G	MP	MP	G
Tipo de lígula	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD
Color de la lígula	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
Capacidad de ahijamiento	F	F	M	F	P	M	P	F	F	M
Porte de la planta	E	I	A	E	A	E	I	E	I	E
Senescencia	L	L	I	L	T	L	L	L	L	L
Color de la lema y palea	PJ	VC	PJ	PJ	MM	PJ	PJ	PJ	PJ	SMO
Presencia de arista	AS	AS	PA	AS	AS	ET	AS	TA	AS	AS
Tipo de panícula	CP	CP	CP	I	CP	CP	CP	CP	I	CP
Exerción de la panícula	PE	NE	EM	NE	PE	NE	NE	EM	EM	EM

V: Vigorosa
 P: Pobre
 AS: Ausente
 VC: Verde Claro
 Violáceos
 L: Lenta
 PB: Pubescente
 MM: Con Manchas Marrones

M: Media/o
 VO: Verde Oscuro
 I: Intermedio/a
 A: Abierto
 CP: Compacta
 PJ: Paja
 EM: Emergida

SMO: Con Surcos Marrón Oscuro
 E: Erecto
 ET: En Espiguilla Terminal
 TA: Totalmente Aristada
 G: Glabra
 T: Temprana
 NE: Normalmente Emergida
 AB: Amarillo Blancuzco

NV: No Vigorosa
 PA: Parcialmente Espigada
 VBV: Verde con Bordes
 MP: Medianamente Pubescente
 PE: Parcialmente Emergida
 HD: Hendida
 F: Fuerte

Al analizar la pubescencia de la hoja bandera se comprobó que en la mitad de los cultivares evaluados eran medianamente pubescente; glabra para IR-28, Toyohatomochi y Nerica-1, mientras que pubescente solo la tuvieron Jaya y Akitakomachi. Se conoce que la presencia de vello en las hojas y de pigmentación antocianica en los márgenes o en toda la lámina son caracteres varietales, con expresión variable según las condiciones ambientales.

Todas las variedades presentaron una lígula del tipo hendida y con una coloración amarillo blancuzco.

Las variedades J-104, Amistad-82, Nipponbare y Suweon-294 mostraron una capacidad de ahijamiento fuerte, por el contrario fue pobre en Bluebonnet-50 y Toyohatomochi. El ahijado es un factor determinante de la producción de panículas y, en consecuencia, afecta el rendimiento. Además, el componente varietal tiene una gran importancia en esta fase puesto que la producción de tallos en el cultivo del arroz responde en gran medida

a factores genotípicos, distinguiéndose variedades con baja y alta capacidad de ahijado. En diferentes programas de mejora se ha considerado este parámetro como elemento a tener en cuenta para el diseño de un tipo de planta muy productivo (17).

En el caso del porte de las plantas solo los cultivares IR-28 y Bluebonnet-50 tuvieron un porte abierto, el resto estuvo de erecto a intermedio. Al respecto se plantea que un porte con hojas erectas es un carácter agronómico importante para producir altos rendimientos porque este tipo de plantas soporta una alta densidad de siembra y los nudos basales de la planta perciben mayor radiación solar ante estas condiciones de cultivo. Las hojas erectas son causadas por un gen que confiere insensibilidad a las hormonas del grupo brasinoesteroides que regula la división y la diferenciación celular. Existen varios tipos de genes que se emplean actualmente en el mejoramiento de arroz para regular la arquitectura de la planta (18). Asimismo se conoce que para la optimización de la fotosíntesis es necesario hacer una selección de cultivos con hojas que no sean completamente horizontales y que permitan que la radiación también incida en las hojas inferiores de la planta.

Un cultivo maduro típico posee tres o más niveles de hojas. Si las hojas del cultivo están dispuestas completamente horizontales, la capa superior de hojas interceptará la mayor parte de la radiación. La luz capturada por el primer nivel de hojas no será aprovechada para fotosíntesis, ya que las hojas superiores estarán por encima del nivel de saturación lumínico. El mejoramiento tradicional ha optimizado estas variables para lograr mejores rendimientos fotosintéticos (19).

Todas las variedades se caracterizaron por tener una senescencia lenta a excepción de IR-28 que fue clasificada como intermedia y Bluebonnet-50 como temprana. En relación con este aspecto, hace unos años los investigadores propusieron una nueva estrategia para incrementar la capacidad de rendimiento que se basa en la extensión del período de fotosíntesis activa a través de la permanencia verde (*stay-green*) del follaje.

Recientemente, un grupo de investigadores de la Universidad Nacional de Chonnam en Corea del Sur ha descubierto que la serotonina tiene un importante efecto retardador de la senescencia en las hojas del arroz. Estos demostraron que las plantas de arroz transgénico con una sobreexpresión del gen de la triptófano descarboxilasa (TDC) acumulan mayores niveles de serotonina que el tipo silvestre y sus hojas presentan senescencia retardada. La TDC cataliza un paso limitador en la vía biosintética de la serotonina. Por otra parte, las plantas de arroz transgénico donde se ha suprimido la expresión de la TDC mediante ARN de interferencia (ARNi) producen menos serotonina y presentan una senescencia más rápida que el tipo silvestre (20).

En otros trabajos también se comprobó que los mejores rendimientos fueron logrados principalmente por el aumento del área foliar, la duración diaria de la fotosíntesis,

variantes *stay green* con senescencia retardada y nivel de clorofila en hoja (20).

La lema y la palea de la mayor parte de las variedades fue de color paja, excluyendo a Amistad-82, Bluebonnet-50 y Nerica-1 que fueron verde claro, con manchas marrones y con surcos marrón oscuro, respectivamente. De igual forma solo Nipponbare, IR-28 y Akitakomachi fueron totalmente aristadas, parcialmente aristada y aristada solo en espiguilla terminal, respectivamente. Las demás no presentaron aristas.

Al analizar el tipo de panícula los cultivares Jaya y Suweon-294 se clasificaron como intermedias a diferencia del resto que presentaron panículas compactas. Se plantea que es importante buscar un tipo de planta donde se logre ampliar la altura en base a la expansión de la hoja bandera (fuente de suministro de carbohidratos a la panícula), manteniendo tallos cortos que mantengan el centro de gravedad de la planta relativamente cercano al suelo, previendo el vuelco. Este desarrollo de una amplia fuente (hojas activas) soportaría el llenado de una panícula numerosa en granos (12).

Cuando se observó la exersión de la panícula en las variedades evaluadas se encontraron mayores diferencias, siendo en J-104 y Bluebonnet-50 parcialmente emergidas; emergidas en IR-28, Nipponbare, Suweon-294 y Nerica-1 y normalmente emergidas para Amistad-82, Jaya, Akitakomachi y Toyohatamochi.

De forma general se puede concluir que se encontraron diferencias morfoagronómicas entre los genotipos estudiados para la mayoría de los caracteres evaluados, tanto cuantitativos como cualitativos, siendo estas mucho más acentuadas entre los grupos varietales. Esta diversidad en el germoplasma contribuye a lograr el desarrollo exitoso de los programas de mejoramiento permitiendo una estabilidad en los rendimientos y un comportamiento agronómico a más largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean ofrecer el más sincero agradecimiento a la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) y a todo el personal del Centro Internacional de Tsukuba (TBIC) por la posibilidad de realizar este estudio. A todos los Profesores y Asesores Técnicos por las sugerencias realizadas durante la conducción del experimento y los valiosos consejos brindados para la elaboración del documento.

REFERENCIAS

1. Briceño, I. y Álvarez, L. E. Evaluación de un sistema de preparación del suelo y siembra en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Rev. Unell. Cienc. Tec.*, 2010, vol. 28 p. 16-24.
2. Quintero César, E. Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz en Entre Ríos, Argentina. [Tesis Doctoral] Universidade da Coruña, 2009. 167p.

3. Martínez, C. P.; Borrero, J. y Tohme, J. Variedades de arroz con mayor valor nutricional para combatir la desnutrición en América Latina. En: Congreso Arroceros CONARROZ (II: 2006, junio 29-30 : San José:Costa Rica). 2006.
4. Montoya, María; Rodríguez, Nohelia; Pérez-Almeida, Iris; Cova, Jenny y Alemán, Luis. Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas. *Agronomía Trop.*, 2007, vol. 57 p. 299-311.
5. Tang, S. X.; Wei, X. H.; Jian, Y. Z.; Brar, D. S. y Cruz, G. S. Genetic Diversity bases on allozymae alleles of Chinese cultivated rice. *Agricultural Science in China*, 2007, vol. 6, p. 641-646.
6. Martínez, C. P.; Borrero, J.; James, S.; Correa, F.; Sanabria, Y. y Duque, Myriam. Aprovechamiento de la variabilidad genética escondida en las especies silvestres de arroz., En: Encuentro Internacional del Arroz (4:2008, 2-6 jun. : La Habana) Memorias. La Habana: Palacio de Convenciones. p.102-103.
7. IRRI. Standard Evaluation System for Rice. 4 ed Manila: IRRI, 2002. 51 p.
8. MINAGRI. Formulario de Descripción Varietal para Arroz (*Oryza sativa* L.). Dirección de Certificación de Semillas. Registro de Variedades Comerciales. 1998. 12 p.
9. Díaz, S. H.; Pérez, N.; Morejón, R. Evaluación del germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 2000, vol. 21, no. 2, p.55-58.
10. Díaz, S. H. y Morejón, R. Comportamiento de variedades de arroz de diferente procedencia en la localidad de Los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 2, p. 63-67.
11. Morejón, R. y Díaz, Sandra H. Asociación de caracteres en genotipos de arroz seleccionados en condiciones de estrés de bajas temperaturas. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 2, p. 77-80.
12. Pérez. de Vida F.; Rosas J.; Arrastía M. y Lavecchia A. Evaluación avanzada de cultivares de tipo indica. En: INIA. Resultados Experimentales 2008-2009. Uruguay: Estación Experimental del Este. 2009. p. 1-56.
13. Franquet Bennis, J. M. y Borrás-Pamies, C. Economía del Arroz: Variedades y mejora [en línea] Universidad de Málaga. Biblioteca Virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales, 2006. ISBN-10:84-689-7762-4 [Consultado: 4 de mayo de 2010] Disponible en: <<http://www.eumed.net/libros/2006a/fbbp/index.htm>>.
14. Africa Rice Center (AfricaRice) *New Breeding Directions at Africa Rice: Beyond NERICA*. Cotonou, Benin, 2010. 24 p. ISBN: 978-92-9113-339-0.
15. Yuan, Long-Ping; Fu, Xi-Qin. Tecnología para la producción de arroz híbrido. Roma, Italia: FAO, 2001. 92 p. ISBN 92-5-303613-3
16. Comité Internacional de la Cruz Roja (circ). Liberia: el CICR proporciona arroz de siembra al Ministerio de Agricultura [En línea] Comunicado de prensa, 11-02-2010. Monrovia [Consultado: 16 de marzo de 2011]. Disponible en: <<http://www.icrc.org/spa/resources/documents/news-release/liberia-news-110110.htm>>
17. Martínez Eixarch, M^a Teresa. Caracterización y optimización del ahijado del arroz en el Delta del Ebro. [Tesis Doctoral] Universidad Politécnica de Valencia, 2010. 296p.
18. Olmos, S. Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz. [En línea] Corrientes: UNNE. Facultad de Ciencias Agrarias, 2006. [Consultado: 12 de julio de 2011] Disponible en: <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Informacion_Academica.html>
19. - La Fotosíntesis II: Fotosíntesis y Biotecnología. [En línea] El cuaderno de Por Qué Biotecnología. No 107. [Consultado: 12 de julio de 2011] Disponible en: <<http://www.porquebiotecnologia.com.ar>>.
20. Kang, Kiyoon; Kim, Young-Soon; Park, Sangkyu and Back, Kyoungwhan. Senescence-Induced Serotonin Biosynthesis and Its Role in Delaying Senescence in Rice Leaves. *Plant Physiology*, 2009, vol. 150, p.1380-1393.

Recibido: 23 de septiembre de 2010

Aceptado: 29 de junio de 2011

¿Cómo citar?

Díaz Solís, Sandra; Cristo Valdés, Elizabeth; Morejón Rivera, Rogelio; Shiraishi, Masaaki y Dhanappala, Madduma. Evaluación morfoagronómica de germoplasma de arroz de diferente origen y grupo varietal. *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, no. 4, p. 56-64. ISSN 0258-5936