

Reprinted with permission from FLAR. Originally published in Foro Arrocero latinoamericano 8(1): 9-13, Copyright 2002.

Análisis de Estabilidad para Centro Blanco en Arroz (*Oryza sativa*)

Edgar Torres¹, Peter Jeninngs¹, Myriam C. Duque², Victoria Eugenia Kuri,³
Edgar Corredor y Juan Sierra D.⁴

El centro blanco ocurre por la presencia de zonas opacas en el endospermo que afectan la apariencia del grano de arroz (CIAT, 1989b). En los arroces no glutinosos, es causado por la falta de compactación de las partículas de almidón y proteínas de las células (IRRI, 1985). Los granos de almidón en las áreas opacas son esféricos y poco compactos, en contraste con los granos poliédricos compactos propios de las áreas sin centro blanco y no permiten el paso adecuado de la luz (CIAT, 1989b).

La interacción genotipo por ambiente se refiere a la condición en la cual el comportamiento de los genotipos difiere a través de distintos ambientes de siembra (Fehr, 1987). Se presenta cuando los ambientes no tienen la misma influencia sobre los genotipos (Eberhart y Russell, 1966). Reduce la correlación entre los valores fenotípicos y genotípicos y los progresos en la selección (Comstock y Moll 1963, citados por Muñoz). Además, dificulta la selección porque los materiales que exhiben características promisorias en un ambiente pueden resultar inadecuados en otro (Muñoz, 1999).

Muchas evidencias indican que el centro blanco está influenciado por el ambiente (Tashiro *et al.*, 1980; Jennings *et al.*, 1981; CIAT, 1989a; Juliano, 1990; Holguín, 1993; Campos, 1995; Shii *et al.*, 1997). De ahí que la efectividad de la selección contra centro blanco puede verse reducida cuando se realiza en sitios donde la presión no es adecuada porque son seleccionados materiales con bajo centro blanco que no necesariamente van a tener el mismo comportamiento en otros ambientes. Para generar información que permita un mejoramiento más efectivo en cuanto a centro blanco se realizó un análisis de estabilidad con los siguientes objetivos:

- Determinar y cuantificar la interacción genotipo por ambiente para la característica centro blanco.
- Identificar materiales estables a través de ambientes y semestres de siembras.
- Determinar si Montería y Saldaña ejercen mayor presión que Santa Rosa.
- Determinar si es posible predecir el comportamiento de los materiales en las generaciones siguientes con base en las evaluaciones de la semilla F3 cosechada en Santa Rosa.

Materiales y Métodos

Se evaluaron 50 genotipos en las localidades de Las Lagunas (Saldaña), La Victoria (Montería), Santa Rosa (Villavicencio), CIAT (Palmira), Fincas Combeima y Corinto (Ibagué); durante el primero y segundo semestre del 2000. Se empleó un diseño en bloques al azar con tres repeticiones. Para probar las hipótesis de igualdad entre localidades, épocas de siembra, genotipos y sus interacciones se utilizó un análisis de varianza combinado a través de épocas y localidades propuesto por McIntosh (1983).

Los efectos de épocas y localidades fueron considerados aleatorios y los genotipos de efecto fijo.

Se utilizó la metodología de Eberhart y Russell (1966) con las modificaciones de Lin *et al.*, (1985) para identificar genotipos estables y la metodología de Brown *et al.*, (1983) para establecer sitios óptimos de selección. En las localidades de Montería, Palmira y Santa Rosa se hizo un estudio de correlación entre variables ambientales temperaturas máximas, temperaturas mínimas, diferencia entre máxima y mínima, temperatura promedio, brillo solar y velocidad del viento, que ocurrieron desde el inicio de

floración de cada material, hasta los 30 días después y el centro blanco. El centro blanco se evaluó calculando la proporción de granos con centro blanco en la muestra medida mediante el peso.

Resultados y Discusión

En el análisis combinado a través de épocas y localidades, la variación en el factor genotipos explicó el 49.57% de la suma de cuadrados total. Este hecho indica que los efectos genotípicos son los más importantes en la expresión de la característica centro blanco en arroz. La interacción genotipo por ambiente, explicó el 25.9% de la suma de cuadrados total y el factor localidad el 19.5%.

No se observaron efectos de las épocas en el análisis combinado debido a que éstas dependen del sitio de siembra, tal como lo indica el hecho de que fueron diferentes dentro de cada localidad.

Montería ejerció la mayor presión sobre los materiales, provocando la expresión de altas proporciones de granos con centro blanco, siendo superior a las demás localidades, Saldaña y Santa Rosa ejercieron una presión intermedia que fue similar estadísticamente, las localidades de Ibagué y Palmira tuvieron poco efecto sobre la presencia de centro blanco. Estos resultados coinciden con Campos (1993) y con las observaciones preliminares hechas por fitomejoradores de FEDEARROZ y FLAR (Cuadro 1).

Cuadro 1. Promedios de centro blanco en 5 localidades a través de dos épocas.

Localidad	Promedio*
Montería	15.4 a
Saldaña	11.4 ab
Santa Rosa	9.4 ab
Ibagué	6.4 bc
Palmira	3.3 c
Total	9.01

* Promedios seguidos de letras son estadísticamente diferentes según la prueba de Turkey al 5%

De acuerdo con la metodología de Brown *et al.*, (1983) se considera a Montería el mejor ambiente para selección, los valores cercanos o superiores a 1 del parámetro B (pendiente) indican que los genotipos con promedios elevados a través de todas las localidades tienen en estos sitios mucho centro blanco. Mientras que, en aquellas localidades donde el valor está cercano a cero, casi todos los genotipos tienen el mismo centro blanco por lo que es difícil discriminar entre ellos y por lo tanto hacer una selección adecuada (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de pendiente y coeficientes de regresión para los 10 ambientes de evaluación para centro blanco (localidad y época).

Localidad	B	B2
Montería 1	1,13**	0,88
Montería 2	0,64**	0,25
Saldaña 1	0,28**	0,23
Saldaña 2	0,38**	0,19
Santa Rosa 1	0,31*	0,13
Santa Rosa 2	0,29**	0,26
Ibagué 1	0,13*	0,11
Ibagué 2	0,14*	0,9
Palmira 1	0,023ns	0,04
Palmira 2	0,075ns	0,05

* Valores diferentes de cero al 5%, según prueba de t.
 ** Valores diferentes de cero al 1%, según prueba de t.
 NS: no son significativamente diferentes de 0 a x%

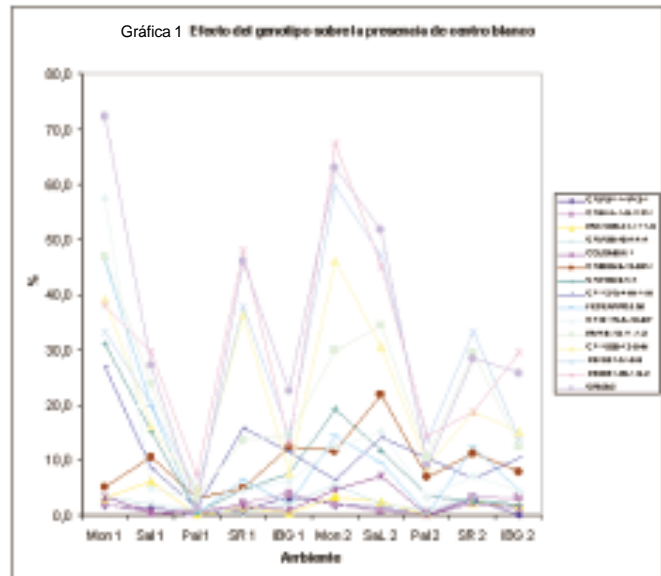
Las diferencias entre localidades y entre épocas dentro de localidades se atribuyen a condiciones climáticas que causaron estrés durante llenado del grano.

Temperaturas altas provocan un llenado acelerado del grano, dificultando el transporte de fotosintatos a las células de parte interna, dejando espacios llenos de aire en el endospermo que provocan la opacidad (Matsuo *et al.*, 1997). La ocurrencia de temperaturas altas aceleran el desarrollo de los tejidos y el proceso de madurez es incompleto, lo cual favorece la aparición de

granos imperfectos. La amplitud de temperaturas entre el día y la noche favorece el perfecto llenado del grano. Cuando tienen lugar las bajas temperaturas nocturnas, la respiración de los tejidos es menor y el consumo de metabolitos también se reduce, mejorando el balance energético de la planta. Consecuentemente el desarrollo de los tejidos y la traslocación de fotosintatos están sincronizados produciendo una formación completa de los granos de almidón en todas las células (Livore A., 2000). Cuando la velocidad del viento es alta se acelera la deshidratación del grano y se disminuye la acumulación de materia seca, afectando de manera adversa el proceso de llenado del grano (Tashiro *et al.*, 1980). Una parte importante de los fotosintatos que van al grano son producidos por la fotosíntesis de la hoja bandera y la panícula.

Una menor cantidad de luz disponible durante el llenado del grano disminuye la producción de materia seca y la acumulación de esta en el grano (Tashiro *et al.*, 1980). Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre la proporción de centro blanco y la temperatura máxima, la temperatura mínima, la humedad relativa y la velocidad del viento. Correlaciones negativas y altamente significativas con brillo solar y diferencias de temperatura. Las correlaciones son bajas debido a los efectos genotípicos, que son los más importantes en la expresión del centro blanco.

Los efectos fenotípicos fueron los más importantes en la explicación de la variabilidad observada en el análisis combinado, explicaron el 49.57% de la suma de cuadrados total. La importancia de los efectos genotípicos señala que, a pesar de la interacción con el ambiente en la presencia de la característica, existen materiales con muy poco centro blanco a través de épocas y localidades. Estos son los más valiosos, no solo como variedades comerciales, sino también como potenciales donantes de la característica, por ser estables sobre ambientes de siembra. Tashiro *et al.*, (1980)



mencionan que la aparición de centro blanco, a excepción de genotipos con ciertos genes fijados, está altamente influida por el ambiente. Aún cuando no está claro el modo de herencia de la característica la presencia de la interacción genotipo por ambiente sugiere la acción de un sistema multigénico. En los materiales estables posiblemente se ha acumulado un número de factores genéticos suficientes que les permiten mostrar pocos cambios frente a las condiciones ambientales. Se encontraron tres grupos de materiales, unos muy estables a través de localidades y épocas de siembra, otros con bajo centro blanco en unos sitios y otros altos en otras localidades, y finalmente un tercer grupo con alto centro blanco en todas las localidades. (Gráfica 1).

De acuerdo con la metodología utilizada en este estudio se consideran estables los genotipos con valores de pendiente estadísticamente iguales a cero y con desviaciones de la regresión pequeñas. En este sentido fueron estables estas variedades Oryzica Caribe 8, Colombia 1, CR1821, IR 22, Oryzica 1 y Palmar. Estos resultados están acordes con la observación general de la buena calidad de las variedades en Colombia, Venezuela y Costa Rica. De igual forma con la percepción de Jennings *et al.*, (1981) sobre Colombia 1 e IR 22, aunque se difiere de estos autores en la calificación de Cica 7. Los datos confirman reporte de Holguín (1993) sobre Colombia 1. Otros materiales estables (Cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell para los 50 genotipos.

Genotipo	B ²	Sdij 2 ³	CB (%) ¹	Genotipo	B ²	Sdij 2 ³	CB (%) ¹
CT8444-1-8-11P-1X	0,00	0,001	1,82	CT10310-15-3-2P-4-3	0,41ns	0,013	7,45
CT9737-1-1P-2-1	0,02ns	0,001	1,60	ORYZICA 1	0,41ns	0,004	4,81
CT10344-7-8-2P-2-2	0,03ns	0,008	4,95	CARIBE 8	0,44ns	0,007	6,37
CT11626-9-F4-10-2P-3	0,06ns	0,006	4,29	CT10184-2-1-M-1-M1	0,44ns	0,004	3,84
CT11369--1-F4-17P-1P	0,07ns	0,004	7,15	CT11408-6-F4-4P-5	0,48ns	0,023	18,66
ECIA38-2-4-2-5-6	0,09ns	0,003	2,99	CT9509-17-3-1-1-M-1	0,48ns	0,079	15,79
IR841-63-5-1B	0,09ns	0,004	4,22	ECIA24-107-1	0,48ns	0,030	6,20
COLOMBIA 1	0,12ns	0,003	2,27	CNAx5013-13-2-2-4-B	0,52ns	0,004	5,53
CT8222-7-6-2P-1X	0,13ns	0,012	8,32	CT8665-1-1-1-4	0,52ns	0,020	9,11
CT8240-1-5-2P-M-1P	0,13ns	0,001	2,42	CT11275-4-M-1-M	0,61**	0,028	11,19
CT11032-2-4-3T-3P-3P-1	0,17ns	0,005	4,13	CICA 7	0,67**	0,010	5,95
CT9162-12-6-2-2-1	0,17ns	0,001	4,57	CR 750	0,68**	0,009	11,93
CT8008-3-12-3P-1X	0,19ns	0,024	9,55	CT9748-3-1-1P-2-M	0,82**	0,009	11,94
CT5786-49-4-4-4-M	0,10ns	0,001	2,20	FONAIAP-1	1,00**	0,247	16,67
CT10825-1-2-1-3-M	0,20ns	0,003	5,18	CT5746-19-1-2X	1,02**	0,065	7,40
CT11030-1-2-2T-1P-1P-3	0,21ns	0,003	4,18	CT8163-9-4-4	1,14**	0,035	9,80
CT8240-1-1-3P-1X	0,21ns	0,006	3,26	CT1280-2-F4-12P-5	1,15**	0,065	17,74
PNA1005-F4-171-3-1	0,22ns	0,001	2,11	CAPI 93	1,22**	0,001	14,34
PALMAR	0,26ns	0,015	4,31	IR62061-89-1-3-2	1,36**	0,247	31,08
CT11408-6-F4-1P-3	0,28ns	0,016	6,78	CT11008-12-3-1M-4P	1,39**	0,113	22,37
IR 22	0,30ns	0,002	3,69	IR61987-51-3-3	1,42**	0,195	27,73
CR1821	0,34ns	0,010	7,44	CT10175-5-10-3P-5-3	1,5**	0,158	11,82
CT6163-8-9-5-2-M-85-M	0,35ns	0,008	5,47	P5746-18-11-1-2-2A	1,69**	0,049	21,89
CT8452-2-16-3P-M	0,37ns	0,003	4,24	FEDEARROZ 50	1,74**	0,055	11,57
FSR214-M-5-1-1	0,39ns	0,003	5,47	CR5272	2,42**	0,240	34,72

1 Promedios de centro blanco a través de cinco localidades y dos épocas de siembra

2 Parámetro Bi (Eberhart y Russell)

3 Desviaciones de la regresión (Eberhart y Russell)

** Valores diferentes de cero al 1%, según prueba de t.

ns Valores estadísticamente iguales a cero

Recomendaciones

- La caracterización de los progenitores y líneas avanzadas para centro blanco debe hacerse en Montería en el primer semestre del año y una segunda evaluación en Saldaña durante el segundo semestre.
- En los cruzamientos triples es muy importante incluir dos progenitores con centro blanco bajo y estable a través de localidades y épocas de siembra.
- Las generaciones segregantes deben ser evaluadas por lo menos una vez en Montería. Lo más adecuado es evaluar la cuarta generación en esta localidad.
- El nivel más adecuado para seleccionar materiales en generaciones tempranas en Santa Rosa, Saldaña y Montería es aceptar hasta un nivel máximo de 0.8 en la escala de 0 a 5.
- La selección por grano con un mínimo de centro blanco es imposible en Palmira ó Ibagué por falta de presión adecuada.
- La metodología utilizada en el Laboratorio de Calidad del CIAT/FLAR para evaluar centro blanco mostró buena correlación con la proporción de granos con centro blanco en la muestra, por lo que se considera adecuada.

Bibliografía

1. Brown, K.; M. Sorrells and W. Coffman (1983). A method for classification and evaluation of testing environments. *Crop Science* 23:889-893.
2. Campos, Carlos. (1995). Componentes del clima y su relación con el desarrollo y la producción de arroz. Tesis de Maestría. Bogotá D.E. Universidad Nacional de Colombia. 120 p.
3. CIAT. (1989a). Effectiveness of white belly selection. En Annual report of rice program. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia 532 p.
4. CIAT. (1989b). Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. Contenido científico. Cesar Martínez y Federico Cuevas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia p. 75.
5. Ebehart and Russell. (1966). Stability para meters for comparing varieties. *Crop Science*. 6: 36-40.
6. Fehr, Walter. (1987). Principles of cultivars development. Iowa State University. USA. P. 536.
7. Holguín, Julio. (1993). Influencia del citoplasma sobre la expresión del centro blanco y temperatura de gelatinización en arroz (*Oryza sativa*). Tesis de Maestría. Palmira, Valle del Cauca. Universidad Nacional de Colombia. p. 112.
8. IRRI. (1985). Annual report for 1984. International Rice Research Institute. Los Baños, Filipinas.
9. Jeninngs, P.; W. Coffman y H. Cauffman. (1981). Mejoramiento de arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia p. 273.
10. Juliano, B. O. (1990). Rice grain quality: problems and challenges. *Cereal Foods World*. February 1990 245-253.
11. Lin, C.; M. Binns and L. Lefkovitch (1985). Stability analysis; Where do we stand?. *Crop Science* 26: 894-900.
12. Muñoz, J.E. (1999). Una alternativa para medir estabilidad de genotipos en maíz. Universidad Nacional de Colombia (sin publicar).
13. Shi, C.; Zhu J.; Zang, R.; and Chen G. (1997). Genetic and heterosis analysis for cooking quality traits of indica rice in different environments. *Theoretical and Applied Genetics* 95: 294-230.
14. Tashiro, T.; M. Ebata and M. Ishikawa. (1980). Studies on white belly rice kernel. 7. The most vulnerable stages of kernel development for the occurrence of white belly. *Japan Journal of Crop Science* 49(3):482-488.

Eventos Arroceros

- **Segundo Encuentro Internacional del Arroz**
Fecha: Julio 8 al 12 de 2002
Lugar: La Habana, Cuba
Tel.: (53-7) 2086176/2026011-19, ext.1512
E - mail: mireya@palco.cu
Sitio Web: www.irri.org/CubaRiceMeeting.DOC
- **Reunión General Comités Técnicos de las Zonas Templada y Tropical del FLAR**
Fecha: Agosto 16 y 17 de 2002
Lugar: Estación Exp. de Santa Rosa, Colombia
Tel.: (57-2) 4450093
E - mail: l.sanint@cgiar.org
Sitio Web: www.flar.org
- **Taller de Selección - Zona Tropical**
Fecha: Agosto 19 al 21 de 2002
Lugar: Estación Exp. de Santa Rosa, Colombia
Tel.: (57-2) 4450093
E - mail: l.sanint@cgiar.org
Sitio Web: www.flar.org
- **7ª Reunión Nacional de Investigación Nacional del Arroz y Primer Congreso de la Cadena Productiva del Arroz**
Fecha: Agosto 20 al 23 de 2002
Lugar: Centro Sul - Centro de Convenciones de Florianópolis - Av. Governador Gustavo Richard, s/n Aterro da B, Santa Catarina, Brasil
Tel.: (55 - 62) 5532110
E - mail: renapa@cnpaf.embrapa.br
Sitio Web: www.embrapa.br/eventos/eventos.php3
- **Congreso Internacional del Arroz: Innovación, Impacto y Sostenibilidad**
Fecha: Septiembre 16 al 20 de 2002
Lugar: Beijing, China
Tel.: (63-2) 845-0563
E - mail: C. Salonga@cgiar.org
Sitio Web: www.irri.org/irc2002
- **XI Reunión del Comité Administrativo FLAR**
Fecha: Noviembre 18 y 19 de 2002
Lugar: Ciudad Antigua, Guatemala
Tel.: (57-2) 4450093
E - mail: l.sanint@cgiar.org
Sitio Web: www.flar.org
- **Tercera Conferencia Internacional de Arroz de Clima Templado**
Fecha: Marzo 10 al 13 de 2003
Lugar: Punta del este, Uruguay
Tel.: (598 - 2) 9168902
E - mail: congresos@rohrrsa.com
Sitio Web: www.congresos-rohr.com