

ESTIMACIÓN DE HETEROSIS Y COEFICIENTES DE SENDERO PARA RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN ARROZ

HETEROSIS AND PATH ANALYSIS FOR YIELD AND ITS COMPONENTS IN RICE

Fermín Orona Castro¹,
Fernando Borrego Escalante²,
Sergio A. Rodríguez Herrera²,
Leonardo Hernández Aragón¹,
Sathyanarayanaiah Kuruvadi²

¹Investigadores del Programa de Arroz. Campo Experimental Zacatepec,
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.
Zacatepec, Morelos. México.

²Programa de Posgrado en Fitomejoramiento.
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
25315 Buenavista,
Saltillo, Coahuila. México.

RESUMEN

En el ciclo primavera-verano de 1993, se establecieron 27 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condiciones de riego-transplante en el Campo Experimental de Zacatepec, Morelos. Con los objetivos de evaluar la variabilidad de 14 caracteres cuantitativos, estimar tres diferentes formas de heterosis, comparar correlaciones fenotípicas y cálculos sobre coeficientes de sendero. Los análisis de varianza realizados a progenitores, híbridos y al grupo formado por ambos tipos de genotipos mostraron diferencias ($P < .05$) para todas las características evaluadas: longitud de panícula, número de panículas por planta, peso de panículas por planta, número de granos por panícula, número de granos llenos, peso de mil granos, altura de planta y días a madurez. Los progenitores RHS 852 y Morelos A-92 exhibieron los más altos rendimientos de grano, y las F1 de las cruzas (Champotón A-80 x Morelos A-92) y (Sureste A-90 x CAEZ 118) fueron los híbridos más rendidores. Se observó heterosis positiva significativa en los híbridos (Champotón A-80 x Morelos A-92) y (RHS 883 x Chiapas A-84); la heterobeltiosis positiva únicamente la mostró la segunda cruce. Se observaron correlaciones positivas ($P < .05$) entre rendimiento y caracteres como: días a madurez, número de tallos y panículas por planta, peso de panículas por planta, peso de granos por panícula, número de granos y granos llenos por panícula.

El número de tallos por planta manifestó el mayor efecto directo hacia el rendimiento en el análisis de sendero realizado a los 27 genotipos, no así en los híbridos por separado, donde el número de panículas mostró los efectos directos e indirectos más altos. Se observaron diferencias significativas entre los progenitores e híbridos, aunque los más rendidores de éstos fueron estadísticamente iguales a los progenitores que manifestaron los más altos rendimientos.

Palabras clave: *Oryza sativa* L., híbridos, heterobeltiosis, correlaciones fenotípicas.

ABSTRACT

An assay to evaluate the performance of 27 genotypes of rice (*Oryza sativa* L.) under irrigation conditions was undertaken at Zacatepec state of Morelos in Central-South Mexico, during spring-summer, 1993. The objectives of this work were: 1) to evaluate variability in quantitative traits; 2) to estimate three kinds of heterosis; and 3) to compare phenotypic correlations and path analysis. The parental, hybrids and group of genotypes analysis of variance showed statistical differences for practically all traits but mainly yield, panicle length, plant height, days to maturity, numbers of panicles per plant, grains per panicle, whole grains and weight of thousand grains. The genotype with highest yield were RHS 852, Morelos A-92 and crosses (Champoton A-80 x Morelos A-92) and (Sureste A-90 x CAEZ 118). A true positive heterosis was documented for hybrids (Champoton A-80 x Morelos A-92) and (RHS 883 x Chiapas A-84); positive heterobeltiosis was only shown in the last cross. Positive correlations were observed among yield and the others main traits listed above. The number stems per plant had the highest direct effect for yield when path analysis was carried on the 27 genotypes but it was the trait number of panicle per plant the main character for direct and indirect effects for individual hybrids. True differences were detected between parents and hybrids although these were not superior in grain yield than the best parent.

key words: *Oryza sativa* L., hybrids, heterobeltiosis, phenotypic correlations.

INTRODUCCIÓN

En México, el arroz es uno de los granos básicos alimenticios de su población; esta gramínea ocupa el cuarto lugar, después del maíz, trigo y frijol, tanto en superficie como en volumen de producción.

La importancia social y económica de este cultivo en el país se refleja en las estadísticas de 1992, que señala 111,000 ha cultivadas, de las cuales 79,000 fueron bajo sistema de riego y 22,000 en condiciones de temporal; la media de rendimiento fue de 4.2 t ha⁻¹ (SARH, 1992). Se estima que cerca de doce millones de personas dependen económicamente en forma directa o indirecta del arroz, a través de la mano de obra que ocupa el cultivo en el campo, así como en el proceso de molienda en la industria de la transformación.

En la República Mexicana, el cultivo del arroz tiene una amplia distribución, gran parte de las tierras dedicadas a la producción se encuentran en los estados costeros; por el Océano Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas, por el Golfo de México desde Tamaulipas hasta Quintana Roo. Otros estados productores de este cereal son San Luís Potosí en el Noreste y Morelos, Puebla y México en el Centro.

Los progresos alcanzados en el mejoramiento genético del arroz en México, antes del período 1988-1994, se habían logrado básicamente con la introducción, selección e hibridación de genotipos aceptables, para lo cual había sido considerado su rendimiento, tipo de planta moderno, y grano con buena calidad industrial y culinaria, caracteres básicos en las distintas zonas de producción de este cereal en el país; de igual forma, se han tomado en cuenta el número de tallos, longitud de panícula, tamaño y forma del grano, la reacción a enfermedades, etc. Actualmente, estos caracteres han estado vigentes para la selección de las mejores variedades, considerando éstas de acuerdo a su índice de cosecha. La mayoría de las variedades generadas a la fecha, se han liberado tomando en cuenta los parámetros anteriores, donde los fitomejoradores han tenido éxito.

No obstante lo anterior, en México existe poca información sobre aspectos de estimación de diferentes formas de heterosis en arroz, originada de cruza que involucren variedades mexicanas con variedades del International Rice Research Institute (IRRI) con sede en Filipinas, o del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) con sede en Colombia. Por lo tanto, a través de esta investigación se evaluaron trece variedades, doce híbridos directos y dos variedades locales de arroz. Bajo las siguientes hipótesis: 1) Existe variabilidad en las diferentes

características cuantitativas de progenitores e híbridos; 2) Existe heterosis para diferentes características agronómicas en cruzamientos entre progenitores; 3) Existen correlaciones positivas y significativas entre diferentes características agronómicas de progenitores y sus híbridos; 4) Existe similitud entre los componentes del rendimiento en los progenitores e híbridos de cruzamientos en este cereal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano de 1993, bajo condiciones de riego, en el Campo Experimental del Centro de Investigaciones de la Región Centro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (CIRCE-INIFAP) sita en Zacatepec, Morelos.

Los genotipos que se incluyeron en esta investigación fueron proporcionados por la sección de Mejoramiento Genético de Arroz del Programa Arroz de dicho campo, los cuales consistieron de trece progenitores, doce híbridos directos y dos líneas avanzadas de riego que fueron utilizadas como testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación de materiales genéticos de arroz incluídos en este trabajo.

Variedades y Líneas	Híbridos
1. Champotón A-80	16. Champotón A-80 x Morelos A-92
2. Morelos A-92	17. Amistad 82 x CAEZ 113
3. Amistad 82	18. Sureste A-90 x CAEZ 118
4. CAEZ 113	19. RHS 883 x CAEZ 115
5. CAEZ 115	20. RHS 852 x CAEZ 118
6. CAEZ 118	21. RHS 901 x CAEZ 118
7. Culiacán A-82	22. RHS 810 x CAEZ 113
8. RHS 810	23. RHS 810 x CAEZ 118
9. RHS 852	24. Amistad 82 x RHS 852
10. RHS 883	25. RHS 852 x CAEZ 113
11. RHS 901	26. Culiacán A-82 x Chiapas A-84
12. Sureste A-90	27. RHS 883 x Chiapas A-84
13. Chiapas A-84	
14. CAEZ 401-111-84 (t)	
15. CAEZ 433-211-2-84 (t)	

(t)=testigo.

Los materiales fueron sembrados en almácigos el 19 de Marzo, 1993, continuándose con las fertilizaciones en esta etapa de plántula hasta su trasplante, el cual se realizó a 25 días de edad de las plántulas, colocándoles en surcos de 3 m cada 25 cm y con una separación de 30 cm entre hileras.

Durante el ciclo vegetativo de los genotipos en estudio, se llevaron a cabo las prácticas de control de malezas, fertilización y manejo del agua de acuerdo a las recomendaciones del campo experimental "Zacatepec", hasta llegar a su madurez fisiológica, previa a la fase de cosecha.

La cosecha se realizó a los 160 días después de siembra de la semilla en los almácigos y a los 135 días después del trasplante.

El experimento fue establecido bajo el diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones. La unidad experimental la constituyó un surco de 3 m de longitud separado 30 cm de los demás surcos, pero la unidad experimental útil estuvo constituida por cinco plantas en cada genotipo.

Las variables evaluadas fueron: días a floración (DFL), días a madurez (DMZ), número de tallos por planta (NTP), número de panículas por planta (NPP), altura de planta (AP), longitud de panícula (LP), peso de panícula por planta (PPP), peso de grano por parcela (PGP), peso de grano por panícula (PGE), número de granos por panícula (NGP), número de granos llenos por panícula (NGLL), número de granos vanos por panícula (NGV), peso de 1000 granos (PMG), rendimiento por planta (Rend).

Se realizaron los siguientes análisis de varianza (ANVA): ANVA general de rendimiento para progenitores e híbridos, ANVA para 14 caracteres de los progenitores, ANVA para los 14 caracteres de los híbridos; además de estimación de heterosis, heterobeltiosis y heterosis útil para los híbridos con base en una variedad de riego y otra de temporal.

Con el fin de determinar el grado de asociación entre las diferentes variables bajo estudio, se estimaron coeficientes de correlación simple.

Se realizó un análisis de coeficientes de sendero mediante la metodología propuesta por Dewey y Lu (1959).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los ANVA, tanto para Rendimiento (Kg ha^{-1}) como las otras 14 características evaluadas, mostraron diferencias estadísticas ($P < .01$). Lo primero era de esperarse debido a la amplia diversidad genética y procedencia geográfica de los progenitores, ya que se incluyeron líneas avanzadas generadas para resistencia horizontal a *Pyricularia* y sequía, variedades liberadas para condiciones de riego, así como para condiciones de temporal, diferentes ciclos vegetativos y tipos (porte) de planta, variedades originadas en diferentes partes del país y en el extranjero.

De lo anterior se deriva la identificación de varios genotipos promisorios para hibridación y selección, materiales superiores para explotarse bajo riego, temporal o ambas condiciones. Es conveniente señalar que no obstante lo encontrado en los análisis, existe la posibilidad de la influencia de factores no controlados sobre las variables de estudio, esto debido al tipo de diseño utilizado, insuficiente disponibilidad de semilla de los materiales genéticos para más repeticiones y a efectos ambientales ejercidos sobre los caracteres evaluados. A la vez, el sistema de siembra por trasplante pudo haber influido en la no detección de significancia en algunas variables, ya que dentro del terreno las condiciones de siembra son heterogéneas.

En la comparación de medias generales, principalmente en Rend, se observó que los progenitores presentaron diferencias muy significativas; esta comparación resulta importante pues los genotipos seleccionados no poseen el mismo orden de importancia. En relación al rendimiento de los híbridos, las diferencias muy contrastantes se originaron en parte por esterilidad de panículas, situación atribuible al gran crecimiento de los híbridos, cuya energía la ocuparon en desarrollarse vegetativamente y no en llenado de grano; asimismo, las diferencias contrastantes en PMG observadas en los genotipos menos rendidores, se atribuye al tamaño del grano, pues en estos casos el tipo de grano es alargado extra-grande y de peso superior al de aquéllos que mostraron mayor cantidad de granos llenos pero de grano alargado-mediano.

Los cálculos de heterosis para Rend (Cuadro 2) indican que únicamente dos híbridos, F1 de las cruas (Champotón A-80 x Morelos A-92) y (RHS 883 x Chiapas A-84) tuvieron valor positivo y donde el incremento en el rendimiento puede ser atribuido a la heterosis positiva mostrada en las variables: NTP, NPP, PGP, y NGLL y a una reducción o heterosis negativa en altura de planta. La falta de heterosis positiva en la mayoría de los híbridos es atribuido a la alta esterilidad de las panículas y al bajo peso de las mismas; por otro lado, parece contrastante encontrar heterosis positiva en variables componentes de rendimiento pero

negativa en el rendimiento global, esto es atribuido a la forma y tamaño del grano, como se mencionó anteriormente, ya que algunos materiales tienen tipos de grano alargado grande, con mayor peso.

Cuadro 2. Comparación de cuatro diferentes tipos de heterosis para rendimiento de híbridos de arroz bajo riego.

Híbrido	He	Hb	Hu ¹	Hu ²
Champlotón A-80 x Morelos A-92	727a	-1209	-1209	2663
Sureste A-90 x CAEZ 118	-756	-5023	-5023	1151
RHS 883 x Chiapas A-84	2083a	225	-8416	4544

1 = Utilización de una variedad de riego como estimador; 2 = Utilización de una variedad de temporal como estimador; Valor DMS al 0.05 de significancia=2278.5; Híbridos con las mismas literales son estadísticamente iguales. He=Heterosis; Hb=Heterobeltiosis, Hu=Heterosis útil.

Todo esto coincide con lo señalado por varios investigadores como Xu *et al.* (1989) quienes enfatizan que el rendimiento de grano es frecuentemente bajo, por la alta esterilidad de las panículas en los híbridos; Singh y Kumar (1973) citan que el rendimiento de arroz es el producto de número de tallos, número de panículas, porcentaje de granos fértiles y peso del grano, aunque señalan que es esta variable la razón del incremento significativo en el rendimiento, coincidiendo esto con lo reportado por Wong (1982).

La única heterobeltiosis positiva fue la cruza RHS 883 x Chiapas A-84; la explicación a esto es que el rendimiento de la F1 de esta cruza superó al mejor progenitor que fue Chiapas A-84, de quien el híbrido heredó el potencial de rendimiento, aunque de bajo nivel. Por lo anterior, se puede deducir que utilizando esta variedad como progenitor y buscando otra con alto potencial de rendimiento, se podrían obtener buenos resultados, debido a lo observado en número de tallos y número de panículas por planta; también se encontró alta esterilidad en la panícula y el peso de grano por parcela fue el más bajo de los 12 híbridos. Al respecto Reddy y Nerkar (1991) señalan que la heterobeltiosis encontrada por ellos fue muy baja para la longitud de panícula y número de granos llenos por panícula, muy baja y negativa en altura de planta y peso de mil granos, situación que fue encontrada en esta investigación; Tongmin y Xinggui (1991) reportaron un rango de heterobeltiosis en el intervalo 2 a 246%; en este trabajo fue de 225%, situación coincidente.

En heterosis útil estimada sobre una variedad de riego no hubo ningún híbrido que superara a la variedad comercial Morelos A-92, por lo tanto puede definirse que no existió en estos cruzamientos un potencial de rendimiento alto para superar a dicha variedad. Por otro lado, cuando este parámetro se estimó

con una variedad de temporal (Champotón A-80) la progenie de la cruz (Champotón A-80 x Morelos A-92) la superó notablemente; en este caso, puede atribuirse al potencial de rendimiento donado por ambos progenitores, pues el rendimiento de F_1 fue estadísticamente igual a los mejores genotipos en estudio.

Referente a la heterosis útil, Sahai *et al.* (1987) citan que observaron heterosis útil en todos los híbridos evaluados en las variables: vigor vegetativo precoz, número de tallos por planta y longitud de panícula, pero fue negativa en días a floración y altura de planta; en rendimiento encontraron 72.5%; asimismo, Virmani y Edwards (1983) citan que estudios realizados en IIRI detectaron 34% de heterosis útil. Algunas de estas situaciones coinciden con los resultados de este trabajo.

En las correlaciones fenotípicas genotípicas y en especial la de rendimiento (Cuadro 3), se observó que no todos los caracteres en este estudio siguen un patrón definido en cada cruz; sin embargo, y considerando las cruzas realizadas y el tipo de siembra por transplante, es preciso analizar la altura de planta, puesto que siendo cruzas para riego y temporal, ésta es determinante ya que con tanta humedad se observó una tendencia al acame; en este caso, la altura de planta se correlacionó positivamente con el rendimiento en híbridos y en el análisis grupal, ya que en los progenitores la correlación con rendimiento fue negativa. La tendencia en híbridos fue la de mantener altura de planta intermedia, es decir, no igualaron la altura de sus progenitores.

Cuadro 3. Correlaciones fenotípicas estimadas en 10 características agronómicas con el rendimiento de los progenitores, híbridos y en grupo.

Variables	Correlaciones con rendimiento		
	Progenitores	Híbridos	Grupos
Días a madurez	0.4254**	0.6139**	0.5849**
Tallos por planta	0.6555**	0.4849**	0.5389**
Paniculas por planta	0.6624**	0.4992**	0.5318**
Altura de planta	0.2276	0.0582	0.2412
Longitud de panícula	-0.7210	0.2063	-0.1418
Peso panícula por planta	0.7129**	0.6767**	-0.7674**
Peso grano por panícula	0.7177**	0.6813**	0.7679**
Granos por panícula	0.4681**	0.7853**	0.6741**
Granos llenos	0.5868**	0.7624**	0.7074**
Peso de mil granos	0.4254**	0.5563**	-0.5479**

** significativo al 0.01 de probabilidad

Por otro lado, y en general para los tres análisis de correlación, el rendimiento fue atribuido a NTP, NPP, PPP, PGE, NGP y NGLL; en peso de mil granos, los tres análisis indican asociación negativa con rendimiento, estos resultados difieren a lo señalado por Suarez *et al.* (1989) quienes citan que el peso de mil granos se relacionó positivamente con el rendimiento; Patnaik *et al.* (1991) señalan que algunos componentes del rendimiento no influyen positivamente en él, cosa que difiere con la mayoría de los investigadores citados y lo encontrado en esta investigación; en este sentido, Ram (1992) reporta que los coeficientes de correlación fenotípica del rendimiento con número de tallos por planta, fue positivo y significativo.

El carácter número de tallos presenta correlación fenotípica con rendimiento en los tres análisis, lo cual indica que es un componente de primer orden en el rendimiento; estos resultados coinciden con lo reportado por Robledo (1989) quien trabajando con maíz en riego y temporal, encontró que los tallos juegan un papel importante como zonas de reserva de la planta.

Si se considera un sistema de transplante comercial, este es realizado de tal forma que las plantas no siguen un patrón definido de plantación por lo que las plantas se colocan aproximadamente entre 25 y 30 cm, pero nunca se tiene una distancia igual, ya que la siembra es al azar; debido a lo anterior se puede establecer que, en realidad, no hay mayor número de tallos a menos que se deje un mayor espaciamiento entre plantas; bajo estas condiciones agronómicas, sí se pueden esperar altos rendimientos.

En términos generales, las correlaciones obtenidas difieren en cuanto a que hayan sido estimadas en diferentes materiales; sin embargo, como ya se mencionó, el carácter número de tallos por planta es una componente importante y constante en los tres análisis realizados; esto asegura que si una selección preliminar se llevara a cabo, se podría iniciar a partir de este carácter hasta que el límite lo imponga la competencia por luz.

De acuerdo con Tusonada (1965) el concepto de "planta tipo" en arroz ha sido puesto en boga por los mejoradores del cereal, entendiéndose como tal a las variedades de porte bajo a intermedio. Este cambio en la arquitectura de las plantas ameritan el conocimiento de la influencia directa o indirecta de los caracteres de la planta y la panícula hacia el rendimiento; este aspecto es de suma importancia en la selección de genotipos para este carácter.

Lo anterior lo proporcionan los coeficientes de sendero; en el presente estudio éstos difieren en relación al tipo de cruza entre los diferentes progenitores, es decir, la influencia de los componentes difieren en intensidad.

En forma general, se encontró que los componentes del rendimiento no siempre tendrán efectos con la misma influencia que su correlación fenotípica con el rendimiento. Esto es explicado por las vías indirectas por las que influye un determinado carácter en el efecto final del rendimiento, y a las correlaciones entre los otros caracteres y el mismo rendimiento.

Mediante la técnica de los coeficientes de sendero (Cuadro 4) se determinó que el número de panículas por planta, número de tallos por planta y peso de granos por panícula, son componentes de primer orden para obtener altos rendimientos, por lo que resulta factible que la selección de genotipos con un potencial de rendimiento alto, podría iniciarse a partir de los caracteres: número de tallos y número de panículas por planta. Al respecto, Calixto *et al.* (1975) reporta que en trigo, también pudo realizarse la selección fenotípica tomando en cuenta como criterio de selección la longitud de espiga; otros componentes principales para incluirse en la selección son: peso de panícula por planta y peso de grano por panícula, esto al finalizar el ciclo del cultivo, dirigiendo la selección hacia potencial de rendimiento. Respecto al análisis de sendero, Zhang (1991) señala que con la utilización de este tipo de análisis pueden desarrollarse nuevos

Cuadro 4. Análisis de coeficientes de sendero para el rendimiento y sus componentes en 27 genotipos de arroz bajo riego. Zacatepec, Morelos.

	DMZ	NTP	NPP	AP	LP	PEP	PGE	NGE	NGL	PMG	REND
DMZ	-0.034	0.400	-0.231	0.012	0.006	0.288	0.196	-0.117	0.137	0.028	0.58**
NTP	-0.013	1.075	-0.627	-0.043	0.011	0.063	0.024	-0.047	0.059	0.037	0.54**
NPP	-0.012	1.071	-0.630	-0.043	0.010	0.063	0.024	-0.047	0.058	0.037	0.53**
AP	0.003	-0.336	0.198	0.137	-0.016	0.203	0.068	-0.014	0.021	-0.016	0.24
LP	0.008	-0.473	0.264	0.087	-0.025	0.043	0.015	0.054	-0.073	-0.040	-0.14
PEP	-0.021	0.147	-0.086	0.060	-0.002	0.461	0.155	-0.158	0.187	0.024	0.77**
PGE	-0.021	0.163	-0.096	0.059	-0.002	0.459	0.156	-0.157	0.185	0.024	0.77**
NGE	-0.020	0.258	-0.152	0.009	0.007	0.375	0.126	-0.194	0.219	0.049	0.67**
NGL	-0.020	0.277	-0.161	0.013	0.008	0.378	0.127	-0.187	0.228	0.049	0.71**
PMG	0.014	-0.627	0.368	0.034	-0.016	-0.177	-0.058	0.136	-0.160	-0.064	-0.55**

E=Residual=0.447; ____=Efectos directos; ** Significativo al 0.01 de probabilidad.

progenitores para seleccionar en la hibridación dirigida hacia la heterosis; Mishra *et al.* (1973) citan que con las relaciones y los análisis de sendero se identificó que granos por panícula y peso del grano tienen mayor efecto en el rendimiento del grano de arroz que el número de tallos efectivos; esta situación concuerda con las dos primeras indicaciones, pero difiere con la segunda por lo anteriormente mencionado; por otro lado, Saini y Gagneja (1975) enfatizan que con los análisis de sendero el número de panículas por planta es un importante componente del rendimiento, el cual es desarrollado por número de tallos efectivos por planta, peso de mil granos, longitud de panícula y días a madurez, esta situación es similar a la citada por Ramalingan *et al.* (1993).

CONCLUSIONES

Existe amplia variabilidad en los componentes de rendimiento, y características agronómicas evaluadas bajo condiciones de riego.

Las metodologías aplicadas fueron efectivas en la calificación del comportamiento productivo de los genotipos evaluados. El rendimiento de grano presentó correlaciones positivas relevantes con número de tallos, panículas por planta, de granos y granos llenos por panícula, así como peso de panículas por planta y de granos por panícula. Los híbridos que experimentalmente rebazaron los 10 t ha⁻¹ de grano fueron las cruces (Champotón A-80 x Morelos A-92) y (Sureste A-90 x CAEZ 118) calificados como los más promisorios.

Los efectos directos resultantes del procedimiento Coeficientes de Sendero fueron más importantes que los efectos indirectos.

LITERATURA CITADA

- Calixto, C.N., J.D. Molina G., A. Hernández S. 1975. Detección de caracteres determinantes del rendimiento de grano, mediante índices de selección, coeficientes de sendero y regresión lineal múltiple. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Dewey, D.R., R.H. Lu. 1959. A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.* 51: 515-518.
- Mishra, K.N., J.S. Nanda, R.C. Chaudhary. 1973. Correlation, path-coefficient and selection indices in dwarf rice. *Indian J. Agric. Sci.* 43(3): 306-311.

- Patnaik, R.N., K. Pande, S.N. Ratho, P.J. Jachuck. 1991. Consistent performance of rice hybrids. *Biol. Abstr.* 93(6): AB-15.
- Ram, T. 1992. Heterosis and inbreeding depression in rice. *Int. Rice Res. Newsl.* 17(5): 7.
- Ramalingam, J., N. Nadarajan, C. Vanniarajan, P. Rangasamy. 1993. A path coefficient analysis of rice panicle traits. *Int. Rice Res. Newsl.* 18(1): 20-21.
- Reddy C.D.R., Y.S. Nerkar. 1991. Heterosis in F1 inbreeding depression and heredability estimates in F2 of rice crosses. *Biol. Abstr.* 93(6): AB-15.
- Robledo, T.V. 1989. Componentes de características cuantitativas y patrones de crecimiento radical en relación a sequía en maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Graduados. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México.
- SARH. 1992. Anuario Estadístico. Dirección General de Política Agrícola. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. pp. 250-252.
- Sahai, V.N., S. Saran, R.C. Chaudary. 1987. Hybrid rice research in Bihar, India. *Int. Rice Res. Newsl.* 12(2): 23.
- Sami, S.S., M.R. Gagneja. 1975. Interrelationships between yield and some agronomic characters in short statured rice cultures. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 35(3): 441-445.
- Singh, S.S., I. Kumar. 1973. Hybrid vigour for yield and yield components in rice. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 33(2): 197-200.
- Suarez E., R. Alfonso, R. Pérez, J. Iglesias. 1989. Correlation between yield and its components in upland rice in Cuba. *Int. Rice Res. Newsl.* 14(3): 10.
- Tongmin, M., L. Xinggui. 1991. Combining ability and heterosis of agronomic traits in indica PGMS lines and their hybrids. *Int. Rice Res. Newsl.* 16(2): 8.
- Tisonada, S. 1965. Leaf characters and nitrogen response. In: *Mineral Nutrition of Rice Plant*. John Hopkins press. Baltimore, Maryland. pp. 401-418.
- Van, P.H., T.D. Lon. 1991. Estimates of combining ability of some rice varieties of diallel crossing systems. *Int. Rice Res. Newsl.* 16(3): 9.

- Virmani, S.S., I.B. Edwards. 1983. Current status and future prospects for breeding hybrid rice and wheat. *Adv. Agron.* 36: 145-214.
- Wong P., J. 1982. Coeficientes de sendero e índices de selección en arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Xu, Y.B., J.J. Wang, Z.T. Shen. 1989. Screening indica and japonica varieties for wide compatibility. *Int. Rice Res. Newsl.* 14(5): 6-7.
- Zhang, W. 1991. Path analysis of additive and non additive correlative heredability. *Biol. Abstr.* 93(5): AB-524.