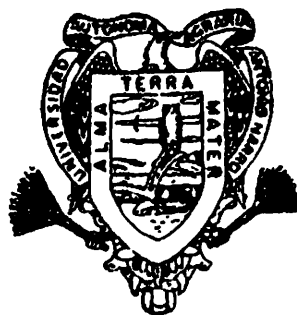


ESTIMACION DE HETEROSIS Y COEFICIENTES DE  
SENDERO PARA RENDIMIENTO Y SUS  
COMPONENTES EN ARROZ Oryza sativa L.

FERMIN ORONA CASTRO

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO



**Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**

**Buenavista, Saltillo, Coah.  
ENERO DE 1994**

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO**

Comité Particular

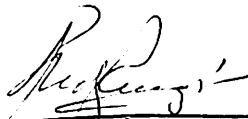
Asesor Principal:

  
M.C. Fernando Borrego Escalante

Asesor:

  
Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera

Asesor:

  
M.C. Leonardo Hernández Aragón

  
Dr. José Manuel Fernández Brondo  
Subdirector de Postgrado



BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Enero de 1994

## DEDICATORIA

A mi esposa:

Martha Patricia Abreu Muñoz

Que con su gran apoyo, dedicación y comprensión hoy ve realizados mis objetivos de superación.

A mis hijas:

María Magdalena y Christian Lizett.

Que mediante sus sonrisas infantiles me motivaron para alcanzar esta meta trazada.

A mis padres:

Ramón Orona y Sanjuana Castro

Que con su esfuerzo y sacrificio hoy ven realizada una etapa más en mi formación profesional.

A mis hermanos:

Rosa Elía, Victor, Eugenio, Enedina, Ramón, Alejandro, Magdalena e Ignacio.  
Por su confianza y gran afecto.

A mis sobrinos:

Diana, Laura, Ana María, María Luisa,  
Josefina, Victor Hugo, Edgar, Mayra,  
Octavio, Giovanni.

A la memoria de mi abuela:

María Ignacia Castor.

Quien me brindara un gran apoyo en mi formación profesional y con su gran cariño me impulsó a terminar mi profesión .

A mis Abuelos: Magdalena García

Pascual Ibarra

Quienes depositaron su confianza, cariño, apoyo y hoy ven concluido el fruto de sus enseñanzas.

A mis tíos:

Por su gran apoyo y cariño.

A mi Alma Terra Mater

Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

A quienes me han brindado su apoyo incondicional en todo momento:

Mis compañeros, maestros y amigos.



## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico y las facilidades que me brindaron para realizar mis estudios de maestría.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) quien con su apoyo técnico y económico me impulsaron a superarme en formación profesional.

Al Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme la oportunidad de capacitación.

A los M.C. Fernando Borrego E. y Leonardo Hernández Aragón, al Dr. Sergio A. Rodríguez H. por su apoyo e interés mostrado durante el desarrollo de esta investigación, fungiendo como asesores y revisando el escrito de tesis.

A la Bióloga Leticia Tavitas F. y al trabajador de campo Don Pablo Pineda Santana por su apoyo incondicional en el trabajo de campo quienes me apoyaron en todo momento del ciclo de cultivo.

Al Campo Experimental de Zacatepec, Morelos por brindarme la oportunidad de establecer mi trabajo de investigación.

A todas las personas que directa o indirectamente colaboraron en el desarrollo del presente escrito.

Especialmente al Dr Sathyanarayanaia Kuruvadi quien con su gran apoyo en la formación del proyecto de investigación, en el establecimiento del experimento en campo, así como su gran interés mostrado en el transcurso del manejo del experimento hasta el momento de su partida y que desafortunadamente no pudo concluir con el presente trabajo.

COMPENDIO

Estimación de heterosis y coeficientes de sendero para  
rendimiento y sus componentes en arroz *Oryza sativa* L.

POR

FERMIN ORONA CASTRO

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, ENERO DE 1994.

M.C. Fernando Borrego Escalante -Asesor-

Palabras clave: Arroz, riego, componentes de rendimi-  
ento, heterosis, heterobeltiosis,  
heterosis útil, correlaciones  
fenotípicas, coeficientes de sendero.

Se evaluaron 27 genotipos de arroz *Oryza sativa* L.  
con amplia diversidad genética, con el objetivo de evaluar  
caracteres cuantitativos, comparar correlaciones fenotípicas  
y análisis de sendero, bajo condiciones de riego en campo.

Los análisis de varianza realizados a progenitores, híbridos y al grupo formado por ambos tipos de genotipos mostraron diferencias significativas para todas las características evaluadas, tales como rendimiento, longitud de panícula, número de panículas por planta, peso de panícula 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 F<sub>1</sub>s de las cruzas entre Champotón A-80 x Morelos A-92 y Sureste A-90 x CAEZ 118 entre 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. En heterosis útil, determinada mediante una variedad de riego, ningún híbrido la obtuvo; sin embargo, determinándola mediante una variedad temporalera, la primera cruce de las antes mencionadas sí superó a la variedad de temporal.

Se observaron correlaciones positivas significativas entre rendimiento y caracteres como: días a madurez, número de tallos y panículas por planta, peso de panículas por planta, peso de grano por panícula, número de granos y

granos llenos por panícula; sin embargo, el peso de mil granos se correlacionó negativa y significativamente con el rendimiento, del mismo modo longitud de panícula, aunque no significativo

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. Otras características con efectos directos altos fueron peso de grano por panícula, peso de panícula por planta y número de granos llenos.

Se observaron diferencias significativas entre los progenitores e híbridos, aunque los híbridos más rendidores fueron estadísticamente iguales a los progenitores que manifestaron los más altos rendimientos, de acuerdo con la prueba de Tukey al 0.05 por ciento.

ABSTRACT

Evaluation of heterosis and path analysis for yield and their components in rice *Oryza sativa* L.

BY

FERMIN ORONA CASTRO

MASTER OF SCIENCE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JANUARY 1993.

M.S. Fernando Borrego Escalante -Advisor-

Key words: Rice, irrigation, yield components, heterosis, heterobeltiosis, heterosis standar, phenotypic correlations, path analysis.

Twenty seven genotypes of rice with a broad genetic variability were evaluated, the main objective was to evaluate quantitative characteristics, to compare phenotypic correlations and path analysis, under irrigation conditions in the field.

The analysis of variance for parents, for hybrids and for the group formed by both type of genotypes, showed significant differences for all the variables evaluated, such as yield, panicle length, number of panicles for plant, number of grain for panicle, number of full grains, weight of thousand grains, plant height and days to maturity.

The parents RHS 852 and Morelos A-92 exhibited maximum grain yields, and the F<sub>1</sub> of the crosses between Champoton A-80 x Morelos A-92 and Sureste A-90 x CAEZ 118 were the hybrids most yielded.

A positive significant heterosis was observed in the hybrids Champoton A-80 x Morelos A-92 and RHS 883 x Chiapas A-84, the positive heterobeltiosis only was showed in the second cross. In heterosis standar, determined through variety of irrigation, none hybrid the obtained; however, determinate through variety of dry season, the first cross of the before mentioned overyield of the variety to dry season.

Positive significant correlations were observed between yield and other characteristics such days of maturity, number of stems and panicles for plant, weight of panicle for plant, weight of grain for panicle, number of grains and full grains for panicle; however, weight of thousand grain is negative and significant correlated with the yield, in the same way panicle length, although non

significant.

The number stem for plant to manifest the major effect direct toward yield in the path analysis realized of the twenty seven genotypes, no so in the hybrids for separated, where the panicle number showed the effect directs and indirects majors. Other characteristics with major effect directs were weigth of grain for panicle, weigth of panicle for plant and number of full grains.

Significant differences were observed between parents and hybrids, although the hybrids most yielded were statistically equals of the parents that manifest the major yields, according with the test of Tukey a 0.05 percent.



## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xv
INDICE DE FIGURAS.....	xviii
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	5
Origen y Llegada del Arroz a México.....	5
Tipo de Planta y Acción de Genes.....	7
Factibilidad de los Arroces Híbridos.....	8
Heterosis, Heterobeltiosis y Heterosis Util	9
Heterobeltiosis.....	16
Heterosis Util.....	17
Correlaciones Fenotípicas.....	19
Coeficientes de Sendero.....	24
MATERIALES Y METODOS.....	29
Ubicación del Sitio Experimental.....	29
Material Genético.....	30
Actividades de Campo.....	30
Diseño Experimental.....	32
Toma de Datos.....	32
Análisis de Varianza.....	34
Comparación de Medias.....	37
Correlaciones Simples.....	38
Estimación de Heterosis, Heterobeltiosis y Heterosis Util.....	39

	Página
Coeficientes de Sendero.....	40
Construcción del Diagrama Causas-Efectos...	40
RESULTADOS.....	45
DISCUSION.....	93
CONCLUSIONES.....	102
RESUMEN.....	104
LITERATURA CITADA.....	107

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N <sup>o</sup>	Página	
3.1	Relación de materiales de arroz involucrados para la estimación de heterosis y coeficientes de sendero y sus componentes en arroz <i>Oryza sativa</i> L., p.v. 1993.....	31
3.2	Análisis de varianza general.....	36
3.3	Sistema de ecuaciones para la solución de los coeficientes de sendero....	42
4.1	Análisis de varianza para 14 características agronómicas de 13 progenitores y dos testigos de arroz <i>Oryza sativa</i> L. bajo riego.....	46
4.2	Comparación de medias entre siete características agronómicas de 13 progenitores y dos testigos de arroz bajo riego.....	48
4.3	Comparación de medias entre siete características agronómicas de 13 progenitores y dos testigos de arroz bajo	

	riego.....	49
4.4	Análisis de varianza para 14 características agronómicas de 12 híbridos y dos testigos de arroz bajo riego.....	51
4.5	Comparación de medias de siete características agronómicas de 12 híbridos y dos testigos de arroz bajo riego.....	53
4.6	Comparación de medias de siete características agronómicas de 12 híbridos y dos testigos de arroz bajo riego.....	55
4.7	Análisis de varianza para 14 características agronómicas de 27 genotipos de arroz bajo riego.....	57
4.8	Comparación de medias entre siete características agronómicas de 27 genotipos de arroz bajo riego.....	59
4.9	Comparación de medias entre siete características agronómicas de 27 genotipos de arroz bajo riego.....	62

4.10	Análisis de varianza para 14 ca - racterísticas agronómicas de 12 híbridos de arroz bajo riego.....	65
4.11	Comparación de heterosis de 14 características agronómicas de 12 híbridos de arroz bajo riego.....	67
4.12	Comparación de heterobeltiosis de 14 características agronómicas de 12 híbridos de arroz bajo riego.....	71
4.13	Comparación de heterosis útil de 14 características agronómicas de 12 híbridos de arroz bajo riego. mediante una variedad de riego.....	74
4.14	Comparación de heterosis útil de 14 características agronómicas de 12 híbridos de arroz bajo riego. mediante una variedad de temporal.....	76
4.15	Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de caracterís - ticas agronómicas de 13 progeni- tores de arroz bajo riego.....	79

4.16	Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características agronómicas de 12 híbridos de arroz bajo riego.....	81
4.17	Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características agronómicas de 27 genotipos de arroz bajo riego.....	83
4.18	Coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos en 10 características agronómicas con el rendimiento de 13 progenitores de arroz bajo riego.....	87
4.19	Coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos en 10 características agronómicas con el rendimiento de 12 híbridos de arroz bajo riego.....	89
4.20	Coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos en 10 características agronómicas con el rendimiento de 27 genotipos de arroz bajo riego.....	91

INDICE DE FIGURAS

Figura N°	Página
3.1 Diagrama de relaciones causa efecto entre 10 caracteres y el rendimiento que determina el coeficiente de sendero.....	41

## I. INTRODUCCION

En México uno de los granos básicos en la alimentación humana lo constituye el arroz; esta gramínea ocupa el cuarto lugar entre las plantas alimenticias de consumo directo después del maíz, trigo y frijol, tanto en superficie como en producción.

La importancia social y económica de este cultivo en México, se refleja en las estadísticas de 1992, en que se cultivaron 111,000 has, 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 ton/ha (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), 1992). Se estima que cerca de 12 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 molinado 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 Océano Atlántico desde Tamaulipas hasta Quintana Roo. Otros



estados productores de este cereal son San Luis Potosí en el noreste y Morelos, Puebla y México en el centro.

En los últimos años, el área arrocera había sido variable debido a la política del Gobierno Federal de producir sólo el volumen necesario para mantener la autosuficiencia de este cereal. Un aspecto que a veces influyó en la reducción de la superficie de riego y aumento en la de temporal se debió a las frecuentes limitaciones de agua en las zonas de riego. En la actualidad la situación ha cambiado drásticamente, ya que debido a la política del actual gobierno, nuestro país se convirtió en este sexenio, de autosuficiente en importador.

Los progresos alcanzados en el mejoramiento genético del arroz en México, antes de este sexenio (1988-1994), habían sido logrados básicamente con la introducción, selección e hibridación de aceptables genotipos, para lo cual había sido considerado su rendimiento, con 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 y la reacción a las enfermedades, etc. Actualmente estos caracteres han estado vigentes para la selección de las mejores variedades, considerando a estas

de acuerdo a su índice de cosecha  $1 > 1$ . La mayoría de las variedades generadas hasta la fecha, se han liberado tomando en cuenta los parámetros anteriores, por lo tanto ha sido significativo el éxito de los mejoradores de este cereal.

No obstante lo anterior, en nuestro país existe poca información sobre aspectos de estimación de diferentes formas de heterosis en arroz, originada de cruzas 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 13 variedades y 12 híbridos directos, con dos variedades locales de arroz con los siguientes objetivos.

### Objetivos

1. Estudiar la variabilidad para diferentes características cuantitativas en progenitores e híbridos de este cereal.
2. Estimar tres diferentes formas de heterosis para diferentes características agronómicas en esta gramínea.

3. Calcular las correlaciones fenotípicas para diferentes pares de características en progenitores e híbridos de arroz.
4. Determinar la importancia relativa de los componentes de rendimiento, mediante coeficientes de sendero en los progenitores e híbridos de este cereal.

#### Hipótesis

1. Existe variabilidad en las diferentes características cuantitativas de los progenitores e híbridos en cruzas de esta gramínea.
2. Existe heterosis para diferentes características agronómicas en cruzamientos entre progenitores de este cereal.
3. Existen correlaciones positivas y significativas entre diferentes pares de características agronómicas de progenitores e híbridos en el arroz.
4. Existe similitud entre los componentes del rendimiento en los progenitores e híbridos de cruzamientos en este cereal.

## II REVISION DE LITERATURA

### Origen y llegada del arroz a México

El arroz se originó en el supercontinente denominado Gondwana, y cuando éste se dividió para convertirse en los territorios que ahora conforman Sudamérica, Africa, Antártica, Australia, Malasia, India, Indonesia (Sumatra, Borneo y Java) y otros países del Sur y Sureste de Asia, los diferentes zacates de la tribu de las oriceas se dispersaron hacia varias regiones, lo que dio lugar a 15 géneros de arroz. De todos ellos el llamado Oryza es el único importante y al que pertenecen 19 especies hasta ahora identificadas, de las cuales 17 son silvestres y sólo dos son cultivadas: El arroz asiático (Oryza sativa L.) y el arroz africano (Oryza glaberrima Steud). Ambas especies proceden de un mismo ancestro común (Hernández (1992); Sampath, 1973).

Oryza sativa L. es descendiente directo de las especies silvestres O. rufipogon y O. nivara que son perenne y anual, respectivamente, y antes de su domesticación (hace unos 7,000 años más o menos) se efectuó una hibridación introgresiva con un zacate anual de la especie spontanea.

Oryza glaberrima Steud es una especie descendiente indirecta de O. longistaminata y directa de O. hartii. Ambas especies son silvestres, aunque la primera es perenne y la segunda es anual, y antes de su domesticación se efectuó una hibridación introgresiva con otro zacate anual de la especie stapfii.

De acuerdo con las regiones y climas donde fue domesticado el arroz asiático (Oryza sativa L.), éste se diferencia a su vez en tres subespecies o razas geográficas: 1) Indica, que es el arroz tropical, cuyas plantas fueron originalmente altas, mientras que su grano es largo y cristalino; 2) Japónica o Sinica, que es el arroz de las áreas templadas con planta de altura intermedia y granos cortos, redondos y glutinosos, y 3) Javánica, raza a la cual pertenecen los arroces de tipo intermedio, tanto de tipo de planta como de forma, tamaño y textura del grano (Hernández, 1992).

En México la primera introducción del arroz fue de la raza Japónica, durante la época de la Colonia; sin embargo este tipo de grano no fue del agrado de los primeros mestizos que poblaron la Nueva España, de manera que fue hasta el siglo XVII cuando se introdujo el arroz de la raza Indica. Este tipo de arroz sí fue del agrado de la población mexicana de esa época. Existen referencias de que para el

año 1800 este cereal ya se sembraba en pequeñas parcelas de Guerrero y Veracruz.

Actualmente este cereal se siembra en 17 estados de la República Mexicana y su cultivo se realiza principalmente a través de tres sistemas, que son 1) Riego de siembra directa 2) Riego por trasplante y 3) arroz de temporal (Hernández, 1992).

### Tipo de planta y acción de genes

Las características del tipo de planta ideal son mayor número de panículas por planta, espiguillas por panícula, y longitud del tallo, las cuales muestran altas correlaciones positivas, Ise (1992); menciona que un gene simple semidominante controla el carácter de bajo amacollamiento y que este gene tiene efectos pleiotrópicos con la longitud del tallo, grosor y longitud de panícula; del mismo modo los genes mayores controlan el carácter de bajo amacollamiento.

Un menor número de tallos por planta pueden minimizar los tallos inefectivos y promover la sincronización de la floración, maduración y rendimiento en las plantas; el crecimiento vertical y erecto de las hojas y las raíces gruesas pueden minimizar la competencia intraplanta,

asimismo las variedades con tallos erectos son buenas pero también con raíces profundas para una mejor absorción del agua y los nutrimentos, Janoria (1989).

Murthy y Dey (1991) mencionan que los híbridos F<sub>1</sub> de arroz pueden ser mejores productores que las variedades élite convencionales bajo algunas limitaciones, como lo son la sequía y la salinidad, o en condiciones de bajas intensidades de luz como ocurre en invierno. En Asia los cruzamientos naturales entre poblaciones de Oryza perenniss muestran una amplia diversidad para seleccionar e incrementar la productividad en genotipos anuales con panículas compactas y grano pesado, Sampath (1973).

### Factibilidad de los arroces híbridos

Taillebois (1986) menciona que el trabajar en invernadero permite realizar un gran número de cruzamientos cortando los tallos y posteriormente transferirlos en botes con agua purificada, y en seguida realizar las emasculaciones y polinizaciones en forma normal.

El arroz de trasplante es más productivo que el de siembra directa; el tipo de amacollamiento profuso es más productivo que el bajo amacollamiento, por tal motivo el gran potencial para los híbridos F<sub>1</sub> está en las áreas

arroceras de trasplante en el mundo, (Craigmiles et al., 1968); ellos mencionan que el grado de segregación para las dos fuentes de esterilidad puede ser causado por un simple par de genes recesivos que controlan la esterilidad con uno o más modificadores influenciando la acción. También mencionan que después de desarrollar la esterilidad citoplásmica masculina, la autopolinización es uno de los factores limitantes en la producción de semilla híbrida.

### Heterosis, heterobeltiosis y heterosis útil

Heterosis es la manifestación del vigor en un híbrido en relación con el vigor o manifestación de los caracteres de sus progenitores; estos se pueden originar de cruzas entre líneas puras, cruzas intervarietales o de cruzas interespecíficas. La heterosis es negativa cuando el vigor híbrido o la expresión de los caracteres es menor que la de sus progenitores, en cambio la heterosis es positiva cuando la expresión de los caracteres es mayor que la de sus progenitores. La máxima expresión de heterosis se presenta en la generación  $F_1$  y disminuye en la  $F_2$  debido a la segregación, parecido entre parientes y disminución del efecto medio de los genes, Robles (1987).

La heterosis o vigor híbrido siempre ha intrigado a los genetistas; no obstante que este aspecto es un factor



básico de la genética y ha estado bajo investigación en gran parte de las últimas décadas, es indiscutible que es un fenómeno complejo, el cual puede resultar de muchos tipos de interacciones de genes y sus alelos. Bajo esta evidencia, la forma de interacción se refleja en incrementos de la actividad enzimática en ciertos heterocigotes y puede servir como un modelo de heterosis de genes simples, Schwartz y Laugner (1969); aseguran que el vigor híbrido puede resultar en parte de la combinación de alelos heterocigotes por la actividad de ciertas enzimas relativamente inestables, y como producto de esto, los genes interactúan para conferir estabilidad y actividad en las enzimas del híbrido resultante.

Schnell y Cockerham (1992) investigaron los efectos multiplicativos entre los genes con relación a la heterosis, estos autores distinguieron dos partes de este fenómeno: I) que es originado de la dominancia y II) que es debido a un efecto de aditividad x aditividad menos el efecto de la epistasis; Además citan que la heterosis con acción multiplicativa entre locis, implica acumulación multiplicativa de la heterosis presente en locis individuales en la parte I y en la parte II; ellos explican que la acción multiplicativa arbitraria de los genes, en el futuro podría servir para medir la interacción no aditiva de estos genes.

Junhua y Shoujun (1991) reportaron que en un estudio de seis líneas con esterilidad masculina, 12 líneas restauradoras y 72 combinaciones híbridas de arroz, en que analizaron 11 caracteres tales como días a floración, número de tallos por planta, longitud de panícula, altura de planta, número total de espiguillas por panícula, número de granos llenos por panícula, rendimiento biológico, peso de mil granos y rendimiento de grano por planta entre otros, estimaron la heterosis de la siguiente manera:

$$H = F_1 - (P_1 + P_2)/2$$

Donde:

H es la heterosis y

P los progenitores;

ambos autores señalaron que el rendimiento biológico fue el carácter más importante que contribuyó a la manifestación de la heterosis en el rendimiento de grano por planta, y añadieron que la heterosis del rendimiento de grano dependió de la heterosis del rendimiento biológico, número de espiguillas llenas por panícula, número de tallos por planta, altura de planta, longitud de panícula, porcentaje de granos llenos, peso de mil granos e índice de cosecha grano-paja; estos parámetros deben ser utilizados en el mejoramiento de híbridos de arroz.

El vigor híbrido o heterosis se observa en las plantas  $F_1$  de casi todos los cruzamientos, y en algunas este fenómeno es bastante acentuado, Jennings et al., (1981). En estudios realizados en el IRRI, observaron que el crecimiento de las plantas fue altamente heterótico, desde el amacollamiento a la floración, en cambio en el rendimiento no lo fue. Un denso crecimiento vegetativo redujo la penetración de luz y a la vez aumentó el sombreado, evitando que aumentara la producción de grano; esto sugiere que la investigación sobre la heterosis del rendimiento puede ser inútil si los híbridos no tienen un tipo ideal de planta; además mencionan que los materiales híbridos  $F_1$  se cultivan en gran escala en la República Popular de China, donde la esterilidad citoplásmica masculina se utiliza en la producción de semilla híbrida, pero el cruzamiento natural se complementa con la polinización manual.

Evaluando algunas  $F_1$ , Mohanty y Mohapatra (1973) encontraron que en la cruza Adt 27 x Ptb 10 los componentes de rendimiento mostraron heterosis positiva muy significativa en número de panículas por planta y peso de mil granos; en la cruza T(N) 1 x IR 8 la heterosis para rendimiento fue debida a la heterosis del peso de las panículas y peso de mil granos.

Namuco et al., (1988) encontraron heterosis de 105 por ciento en la cruce entre IR 46830 A x IR 9761-19-1 R en tratamientos bajo inundación y 78 por ciento para tratamientos no inundados. Observaron que los híbridos desarrollados específicamente para suelos con sistema de riego pueden ser desarrollados bajo condiciones de temporal y exhiben buena heterosis cuando son expuestos a déficits de humedad; añaden que por esta razón también pueden ser desarrollados híbridos de arroz para ambientes temporaleros.

Un alto grado de heterosis para caracteres cuantitativos, así como alta densidad de granos, pueden contribuir a obtener altos rendimientos, Mallik et al., (1988). Una heterosis significativa para caracteres tales como número de espiguillas primarias en las panículas, la atribuyen a los altos valores de dominancia, Mallik et al., (1989).

Altos efectos heteróticos para rendimiento de grano en los híbridos Himalaya 1 x Phul Patas 72 y China 988 x Himdhan los cuales reportaron 60.36 y 32.48 por ciento de heterosis respectivamente, Kaushik y Sharma (1986); estos autores concluyeron que la heterosis para rendimiento de grano de estas cruces fue debida al incremento en el número de tallos, longitud de panícula, número de espigas por planta y peso de mil granos; además observaron que la

mayoría de los híbridos mostraron heterosis significativa para días a floración.

Con la utilización de genotipos como E 45, IR 9575 Sel y Moongil Samba en los programas de mejoramiento, puede obtenerse alta heterosis en caracteres cualitativos y cuantitativos, Anandakumar y Subramanian, (1989).

El rendimiento de grano es el producto de la materia seca total (biomasa) e índice de cosecha, sostienen Blanco et al., (1990), quienes identificaron heterosis significativa en materia seca total e índice de cosecha, caracteres que observaron manipulando genéticamente el desarrollo de los híbridos con alta biomasa. Por otro lado los híbridos F<sub>1</sub> con poca duración, mostraron heterosis para producción de peso seco total con un 10 por ciento de incremento en la producción de grano.

Evaluando la resistencia de algunos genotipos al tiron de las raíces, Ekanayake et al., (1986) encontraron que las plantas F<sub>1</sub> fueron más vigorosas que los progenitores; todos los híbridos mostraron heterosis positiva significativa en resistencia de las raíces a esta característica.

Gravois y McNew (1993), establecen que la heterosis para rendimiento fue debida primeramente a la heterosis en peso seco de panícula, o mejor dicho al número de panículas por metro cuadrado; además sugieren que el rendimiento de arroz de grano largo en el sur de Estados Unidos podría incrementarse con la utilización de variedades de arroz híbrido.

En el programa de arroz del Campo Experimental Zacatepec en el estado de Morelos, se han realizado estudios de aptitud combinatoria general y específica entre progenitores nacionales y de introducción, para determinar su efecto sobre la heterosis; a través de estos estudios se están desarrollando líneas androestériles portadoras del caracter Cytoplasmic Male Sterility (CMS), así como líneas mantenedoras de la esterilidad (B) y líneas restauradoras (R). Una vez que estas investigaciones se concreten, se tendrá la gran oportunidad de desarrollar arroces híbridos en México, los cuales a mediano plazo podrían cultivarse comercialmente bajo riego con rendimientos superiores en un 35 a 40 por ciento, en comparación con los que reportan las variedades comerciales para trasplante y siembra directa, Hernández (1993).

## Heterobeltiosis

Heterobeltiosis es la manifestación del vigor híbrido con respecto al mejor progenitor.

Al evaluar 38 híbridos en Tamil Nadú, India, Rangaswamy y Natarajamoorthy, (1988) encontraron que todas las combinaciones posibles mostraron alta heterobeltiosis en el número de tallos por planta, sin embargo esto se tradujo en un incremento del peso de la paja en 112 por ciento, y 909 por ciento de heterobeltiosis sobre la esterilidad de las espiguillas, aspecto que se reflejó en un bajo rendimiento de grano.

Anandakumar y Subramanian, (1989), observaron heterobeltiosis para rendimiento (32 por ciento en IR 54752 A x IR 54 R y del ocho por ciento para IR 54752 A x IR 46 R) pero éstas no fueron significativas. En otra investigación, Kaushik y Sharma (1986), al evaluar los híbridos Himalaya 1 x Phul Patas 72 y China 988 x Himdhan, observaron respectivamente 38.76 y 26.86 por ciento de heterobeltiosis.

Por otro lado al estudiar el comportamiento de seis  $F_1$  de las cruzas que involucraron a cinco variedades de arroz, Latiff et al., (1991), investigaron la heterobeltiosis para altura de planta, número de panículas

por planta, longitud de panícula, peso de mil granos y rendimiento de grano por planta, habiendo encontrado heterobeltiosis para todos los caracteres en varios cruzamientos.

La heterobeltiosis baja o no significativa en algunos caracteres, puede ser debida a la baja interacción genética o a las diferencias entre progenitores, Mallik et al., (1989); estos autores en 1990 establecieron la posibilidad de obtener líneas heteróticas de varias cruzas y además estimaron el efecto de que algunos genes pueden indicar altas significancias aditivas.

Nguyen y Buu (1993), al evaluar la heterobeltiosis de algunos caracteres fisiológicos en arroz, encontraron que ésta varió desde 6.8 hasta 62.5 por ciento en rendimiento de grano.

### Heterosis útil

Es la manifestación del vigor en un híbrido en relación con el vigor o manifestación de los caracteres de la mejor variedad comercial.

Al estudiar el potencial de rendimiento de nueve híbridos  $F_1$  bajo un diseño de bloques al azar con tres



repeticiones, comparados contra la mejor variedad comercial Jaya, Bijral et al., (1988), encontraron heterosis útil que varió de 4.96 a 109.9 por ciento; únicamente tres híbridos (RHR 1, RHR 2 y RHR 6) reportaron rendimientos altamente significativos como la variedad Jaya. El incremento del rendimiento fué debido a la heterosis útil positiva en el número de panículas por m<sup>2</sup>, biomasa total, índice de cosecha y peso del grano. Todos los híbridos excepto, RHR 9, mostraron heterosis útil negativa significativa en relación a la esterilidad de las espiguillas.

Al utilizar seis líneas híbridas con el carácter androestéril CMS, entre éstas la IR 62829 A e IR 58025 A, las cuales fueron evaluadas contra algunas variedades locales como Jaya, IR 36 y Rasi en Mandya, Chandra et al., (1992), encontraron que las combinaciones híbridas desarrolladas de IR 58025 A fueron mejores que las de IR 62829 A y las variedades locales; la variedad Jaya rindió más que los híbridos de IR 62829 A. Los híbridos IR 58025 A/IR 9761-19 IR e IR 58025 A/IR 35366-62-1-2-2-3-R, mostraron 25 por ciento más de heterosis útil que IR 36 y 10 por ciento más que Jaya.

Leenakumar et al., (1993), evaluaron 11 híbridos de duración variable contra las variedades locales Jaya, Rasi, IR 20 y Mangala, quienes estimaron que en relación a las

variedades locales en cuanto a la duración de su ciclo, revelaron heterosis útil de 38.5 por ciento para ORI 002 (130 días), 41 por ciento para IR 58025 A x IR 35366-62-1-2 -2-3 R (120 días), 20 por ciento para IR 58025 A x IR 9761-19-1 (117 días) y 36.3 por ciento para IR 58025 A x IR 29723-143-3R (124 días). Los mismos híbridos mostraron comportamientos con heterosis útil de 7.1 a 35.4 por ciento en Mandia y Karnataka.

Al evaluar el comportamiento de seis híbridos  $F_1$  en la CLRRI, Nguyen et al., (1985), encontraron heterosis útil positiva en algunos caracteres como altura de planta, número de panículas por  $m^2$ , número de granos por panícula y esterilidad de las panículas.

### Correlaciones fenotípicas

El significado de las correlaciones genéticas y fenotípicas no se fundamenta únicamente en el aspecto de la herencia cuantitativa, sino que su dimensión es más amplia y de gran utilidad para los mejoradores, ya que estos aspectos representan un término de mayor aplicabilidad en la selección, cuando ésta es dirigida al conjugar varios caracteres en un determinado organismo vegetal, Robinson et al., (1951).

Las correlaciones se utilizan para determinar las relaciones entre dos variables, sin conocer cuánta es la relación media heredable, Burton, (1951). Sin embargo señala que Comstock sugiere la utilización de la correlación genotípica habiendo sido ésta determinada en base a la varianza y covarianza genética como un medio de eliminar en parte algunos efectos no heredables.

Willman et al., (1987) mencionan que aunque las correlaciones simples no son indicativos de una causa y efecto, estas son útiles en la determinación del grado y dirección de la asociación entre dos factores.

Las correlaciones fenotípicas se deben a las interrelaciones que se establecen entre algunos caracteres, los cuales pueden ser atribuibles a efectos pleiotrópicos o de ligamiento, Goldemberg, (1968).

Majumder et al., (1971), en estudios realizados en 10 variedades de arroz y con una serie de caracteres, encontraron que la magnitud de la correlación genética fue similar a la fenotípica; del mismo modo determinaron que el rendimiento estuvo altamente correlacionado con el número de granos por panícula en forma positiva, a la vez de una correlación moderada con panículas por planta y peso de 100 granos; también señalaron que siendo el número de granos por

panícula un carácter con alta correlación genética y heredabilidad, así como de un gran avance genético, este factor juega un papel muy importante en la selección de plantas, por lo que deberá aplicarse a la población en estudio.

El rendimiento de arroz tiene una correlación positiva y significativa con el número de tallos, número de panículas por planta, longitud de la panícula, número de espiguillas por panícula y peso de 100 granos, Sindhu, (1973); asimismo menciona que la estimación de estas correlaciones ha sido utilizada para mejorar el rendimiento en otros cultivos.

Singh y Singh, (1973) señalan que la correlación simple no toma en cuenta las relaciones extremadamente complejas, entre varios caracteres que están relacionados a variables dependientes. Sin embargo, Fonseca y Patterson, (1968) indican que el análisis de coeficiente de sendero es útil en la partición de asociaciones complejas en efectos directos e indirectos.

Chaudhury et al., (1973), sostienen que la correlación fenotípica provee una amplia base de información sobre la asociación entre los caracteres observados, y que la selección que puede efectuarse considerando la

información de la correlación fenotípica puede ser de poco valor práctico, a no ser que la correlación genotípica sea evaluada independientemente. Los mismos autores hacen hincapie en que ya se cuenta con amplios estudios sobre correlaciones genéticas en varios cultivos, pero que lamentablemente en el arroz aún existen algunas limitaciones al respecto. Al estimar dichas correlaciones en el arroz, encontraron una asociación fenotípica entre el número de granos, la longitud de panículas y el peso de estas que fue alta, positiva y significativa, de tal modo que el número de granos por panícula debe ser un buen criterio de selección; del mismo modo señalan que el rendimiento se puede mejorar en forma eficiente si en la selección se incluye el peso de panícula, ya que ésta tiene una asociación y una intensidad entre el rendimiento por planta, peso de panícula y peso de 1000 granos.

Al evaluar el ciclo vegetativo, el rendimiento y días a la floración en el período lluvioso (abril-agosto) en dos localidades de Assam, Das y Borthakur, (1975), obtuvieron una relación curvilínea entre el rendimiento y días a la floración reportada en ambas localidades; sin embargo ambos investigadores señalan que en una localidad la asociación negativa fué totalmente pronunciada y que los rangos de duración de días a la floración variaron de 85 a 100 días, ciclos que resultaron lo óptimos indicados para obtener los

mejores rendimientos de grano.

Las correlaciones fenotípicas proporcionan información que puede ser utilizada por los mejoradores de plantas en la selección y desarrollo de proyectos. Las correlaciones genéticas entre el rendimiento y sus componentes (número de panículas, peso de panículas, longitud de panículas y altura de planta) en arroz de grano largo en el sur de Estados Unidos, no han sido reportados, Gravois y McNew, (1993); estos autores estimaron correlaciones genéticas en sentido amplio y genético aditivas, y además señalan que los niveles de aditividad genética en sentido amplio, el rendimiento estuvo correlacionado positivamente con el peso de las panículas, pero su efecto disminuyó en un sentido común. El peso de las panículas reportó una correlación negativa con el número de panículas.

Junhua y Shoujun, (1991), evaluaron seis líneas con esterilidad masculina, 12 líneas restauradoras y 72 combinaciones híbridas  $F_1$ , quienes señalan que las correlaciones variaron con las combinaciones de los caracteres: 31 fueron significativas; Del mismo modo mencionan que la combinación de caracteres reportaron más o menos una correlación en la misma dirección; excepto en la combinación de más caracteres en que mostraron correlaciones

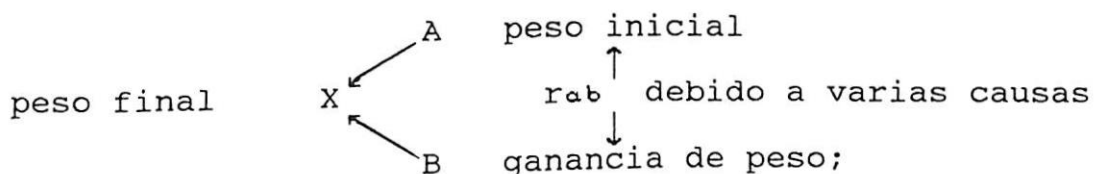
significativas tanto en las  $F_{1s}$  como en los progenitores: los mismos investigadores indican que las correlaciones entre días a la floración con el número total de espiguillas por panícula y número de granos llenos por panícula, tallos por planta con rendimiento biológico, longitud de panículas con altura de planta, peso de mil granos, y rendimiento biológico, fueron positivos y significativos.

### Coeficientes de sendero

El coeficiente de sendero es un método estandarizado de regresión simple que provee gran utilidad en la participación del coeficiente de correlación en efectos directos e indirectos, Wrigth, (1921). Por otro lado Mishra et al., (1973) mencionan que el coeficiente de sendero es un coeficiente de regresión parcial estandarizado.

Wrigth, (1922), estableció que esta teoría tiene aplicación en tres casos: 1) donde la relación causal entre las variables puede ser considerada como conocida, 2) donde se conoce con bastante justificación una hipótesis o hipótesis alternativa y 3) donde una hipótesis no parece justificada. A la vez el mismo autor consideró este término en base a variables independientes denominadas como causas, y variables dependientes designadas efectos. La aplicación de esta teoría tiene su utilización en el análisis

estadístico considerando la interrelación de dichas variables en un determinado grupo de variables correlacionadas; este investigador define este método de la siguiente manera:



en donde  $\underline{X}$  es la variable dependiente, y los efectos dependientes de  $A, B, C, \text{ etc.}$  son las causas. Por lo tanto,  $\underline{X}$  es una combinación lineal de  $A, B, C, \text{ etc.}$  De acuerdo con este diagrama se tienen las literales  $A$  y  $B$ , las cuales muestran una dirección continua, lo que indica una influencia y una conexión de la causa con el efecto, lo cual se define como "sendero", en que la doble relación de estas literales indica una correlación simétrica. Por lo tanto, el coeficiente de sendero se define como un índice numérico y mide la influencia directa del sendero en un sistema de variables correlacionadas, de tal modo que este término es la relación entre la desviación estándar de  $\underline{X}$  debida a  $\underline{A}$  y la desviación estándar total de  $\underline{X}$ , tal como se muestra:

$$P(\underline{X} \leftarrow \underline{A}) = P_{X \cdot A} = \frac{\sigma_{X \cdot A}}{\sigma_X}$$



El mismo investigador también establece que la correlación de dos variables se debe a varios o a un factor en particular. El producto de los coeficientes de sendero constituye una cadena de senderos que se unen a través de factores comunes, aspecto que contribuye a la correlación total, por lo que el coeficiente de correlación es la suma de todas estas acciones que en forma independiente contribuyen en dichas cadenas. Asimismo (1922) el mismo autor desarrolló la teoría de los coeficientes de sendero con el fin de realizar un análisis estadístico de causa y efecto en un sistema de variables correlacionadas.

Parece ser que los primeros investigadores que utilizaron este método en el mejoramiento de las plantas fueron Dewey y Lu en 1959, quienes en la gramínea forrajera Agropyron cristatum, aplicaron un sistema de variables correlacionadas a través de los análisis estadísticos respectivos, tales como análisis de varianza para cada carácter en estudio y la determinación de las correlaciones genéticas y fenotípicas derivadas de los componentes de varianza y covarianza, habiendo tomado siempre las variables de dos en dos. Ambos autores demostraron que con esta técnica se pueden seleccionar las variables que más relación tienen con el rendimiento.

Aplicado este método en 58 variedades de arroz de paja corta, Kumar y Saini (1972) encontraron que el número de tallos, número de espiguillas y días a madurez tienen un efecto directo en el rendimiento, indicando a la vez que las variedades más tardías producían más altos rendimientos.

Venketeshwarlu et al., (1973), al evaluar algunas líneas avanzadas de arroz, observaron que la producción efectiva de panículas por planta, constituyó el carácter de mayor importancia para la selección, siguiendo en orden de importancia granos por panícula y peso de 1000 granos, componentes que fueron determinadas mediante coeficientes de sendero.

Calixto, (1975) reportó que la longitud de la panícula y la altura son las variables que presentaron el valor más alto y por lo tanto de mayor efecto directo sobre el rendimiento; estos caracteres fueron establecidos mediante coeficientes de sendero.

A través del análisis de coeficientes de sendero, que fue utilizado en 40 variedades de paja corta de arroz, Saini y Gagneja (1975), determinaron que el componente de rendimiento de mayor importancia sobre éste fue el número de espiguillas por panícula, siguiendo en orden de importancia el número de tallos efectivos por planta, peso de 1000

granos, longitud de la panícula y días a la floración.

También mediante coeficientes de sendero, Kaleque et al., (1977), establecieron que el peso de 1000 granos tiene un efecto negativo sobre el rendimiento, no así el número de tallos por planta, el número de ramificaciones primarias por panícula, el número de espiguillas por panícula y el número de granos por panícula, con un efecto directo sobre el rendimiento.

Gravois y Mc New, (1993), a través del análisis de sendero, encontraron que los efectos directos positivos para número de panículas y peso de panículas sobre el rendimiento de arroz en los niveles genéticos aditivos y genéticos en un sentido amplio, el peso de panícula mostró grandes efectos directos tanto en el rendimiento como en el número de panículas.

Los análisis de sendero sobre el rendimiento de cuatro variedades de arroz IR 8, Tai-chung Native 1, "Bala" (CR 42-38-173) y Ptb 10, revelaron que el número de panículas y granos por panícula fueron los componentes más importantes en la determinación del rendimiento. La longitud de la panícula fue el determinante más importante del rendimiento en Ptb 10, mientras que el peso de mil granos fué el de menor importancia en todas las variedades, excepto en Tai-chung Native 1, Lenka y Mishra, (1973).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### Ubicación del sitio experimental

La presente investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano de 1993 y bajo condiciones de riego en el Campo Experimental de Zacatepec, Morelos, perteneciente al área de influencia del Centro de Investigaciones de la Región Centro, (CIRCE) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, (INIFAP) dependientes de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

El Campo Experimental Zacatepec se localiza en la entrada occidental de la población del mismo nombre, cuyas características principales son las siguientes:

Altitud	917 msnm
Latitud	18° 42' (N)
Longitud	99° 10' (W)
Precipitación media anual	836 mm
Temperatura media anual	24° C

## Material genético

Los materiales que se incluyeron en esta investigación fueron proporcionados por la Sección de Mejoramiento Genético de Arroz del programa de arroz de dicho campo, los cuales consistieron de 13 progenitores, 12 híbridos directos, y dos líneas avanzadas de riego que fueron utilizadas como testigos; en el Cuadro 3.1 se presentan los nombres y genealogías de dichos materiales:

## Actividades de campo

Los materiales de referencia fueron sembrados en almácigos el día 19 de marzo de 1993, continuándose con las fertilizaciones en etapa de plántula hasta su trasplante, el cual se realizó a los 25 días de edad de las plántulas, misma que se efectuó colocando una plántula cada 25 cm y con una separación entre hileras de 30 cm.

Durante el ciclo vegetativo de los materiales 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 transplante.

Cuadro 3.1. Relación de materiales de arroz involucrados para la estimación de heterosis y coeficientes de sendero y sus componentes en arroz Oryza sativa L., P.V. 1993.

No. de orden	variedades	híbridos
1.-	Champotón A-80	Champotón A-80 x Morelos A-92
2.-	Morelos A-92	Amistad 82 x CAEZ 113
3.-	Amistad 82	Sureste A 90 x CAEZ 118
4.-	CAEZ 113	RHS 883 x CAEZ 115
5.-	CAEZ 115	RHS 852 x CAEZ 118
6.-	CAEZ 118	RHS 901 x CAEZ 118
7.-	Culiacán A-82	RHS 810 x CAEZ 113
8.-	RHS 810	RHS 810 x CAEZ 118
9.-	RHS 852	Amistad 82 x RHS 852
10.-	RHS 883	RHS 852 x CAEZ 113
11.-	RHS 901	Culiacán A 82 x Chiapas A 84
12.-	Sureste A-90	RHS 883 x Chiapas A-84
13.-	Chiapas A-84	
14.-	CAEZ 401-111-84	(t)
15.-	CAEZ 433-211-2-84	(t)

## Diseño experimental

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 m de los demás surcos; la unidad experimental útil estuvo constituida por cinco plantas en cada genotipo.

### Toma de datos.

La información agronómica que reportaron estos materiales fue obtenida de las parcelas útiles, cuyos parámetros se describen a continuación:

1. Días a floración (DFL). Se contó el número de días ocurridos desde la emergencia de la panícula hasta que la unidad experimental alcanzó el 50 por ciento de anthesis.
2. Días a madurez (DMZ). Es el número de días desde la nacencia hasta que el 85 por ciento del grano de la panícula alcanzaron su madurez fisiológica.
3. Número de tallos por planta (NTP). El conteo de la cantidad total de tallos presentes en cada planta.

4. Número de panículas por planta (NPP). La cantidad total de panículas producidas en cada planta.
5. Altura de planta (AP). Longitud media en centímetros, desde la base del tallo hasta la curvatura formada por las panículas.
6. Longitud de panícula (LP). Es el promedio en centímetros, considerado desde el nudo base de la panícula, hasta el último grano de la misma.
7. Peso de panículas por planta (PPP). Es el peso promedio de cinco panículas sin trillar.
8. Peso de grano por parcela (PGP). Es el peso promedio del grano completamente limpio de cinco plantas.
9. Peso de grano por panícula (PGE). Es el peso promedio de cinco panículas de cada planta.
10. Número de granos por panícula (NGP). Se realizaron conteos del total de granos de cinco panículas y se obtuvo un promedio.



11. Número de granos llenos por panícula (NGLL). Se realizaron conteos del grano lleno de cinco panículas y se obtuvo un promedio
12. Número de granos vanos por panícula (NGV). se realizaron conteos del total de granos estériles de cinco panículas y se obtuvo el promedio
13. Peso de 1000 granos (PMG). De cada planta se tomaron al azar y se pesaron 1000 granos
14. Rendimiento por planta (Rend). Se pesó el grano de cada planta completamente seco (14 por ciento de humedad) sin material extraño.

### Análisis de varianza

En base al interés de realizar los análisis de sendero, por lo tanto fue necesario estimar los componentes de varianza y covarianza fenotípicas, así como las correlaciones fenotípicas correspondientes. De acuerdo con lo anterior se realizaron los siguientes análisis de varianza:

1. Análisis de varianza general de rendimiento para progenitores e híbridos.

2. Análisis de varianza para 14 caracteres de los progenitores.
3. Análisis de varianza para los 14 caracteres de los híbridos.
4. Estimación de la heterosis, heterobeltiosis y heterosis útil para los híbridos en base a una variedad de riego, asimismo determinarla en base a una variedad de temporal.

Análisis de varianza general de rendimiento para progenitores e híbridos.

El análisis bajo el diseño de bloques al azar para el carácter de rendimiento por parcela, se realizó bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

Para:

$$i = 1, 2, \dots, t \text{ (tratamientos)}$$

$$j = 1, 2, \dots, r \text{ (repeticiones)}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Es el rendimiento del  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición.

$\mu$  = Es la media general.

$t_i$  = Es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$b_j$  = Es el efecto de la  $j$ -ésima repetición.

$e_{ij}$  = Es el error experimental.

Los componentes para la estimación del análisis de varianza se presentan en el Cuadro 3.2., en el cual se desglosan las fuentes de variación, grados de libertad, suma de cuadrados y la prueba de F.

Cuadro 3.2. Análisis de varianza general (incluye progenitores, híbridos y testigos).

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F
Bloques	$b-1$	S. C. <sub>b</sub>	C. M. <sub>b</sub>	
Tratamientos	$t-1$	S. C. <sub>t</sub>	C. M. <sub>t</sub>	$CM_t/CM_e$
Error	$(b-1)(t-1)$	S. C. <sub>e</sub>	C. M. <sub>e</sub>	
Total	$(bt-1)$			

$$b = 2; \quad t = 27;$$

Para la determinación de la confiabilidad de los datos obtenidos para los análisis de varianza, se estimó el coeficiente de variación (C.V.), mediante la siguiente fórmula:

$$C.V. = \sqrt{\frac{CME}{\bar{X}}}$$

Donde:

CME = cuadrado medio del error

$\bar{X}$  = media general

### Análisis de varianza para 14 caracteres de los progenitores

En este análisis solamente se incluyeron los progenitores y los testigos, las 13 variables excepto el rendimiento, con el fin de determinar qué variedades son superiores en cuanto a los componentes del rendimiento y otras cualidades. El modelo estadístico también se aplicó bajo el diseño de bloques al azar como en el caso anterior.

### Análisis de varianza para los 13 caracteres de los híbridos

Este análisis se realizó en forma similar al anterior en que únicamente se incluyen los híbridos y los testigos, se excluyeron los progenitores.

### Comparación de medias

Al encontrar diferencias significativas con el análisis de varianza se realizaron comparaciones entre las medias de los tratamientos, con el fin de agrupar las medias

de los tratamientos estadísticamente iguales, mediante la prueba de diferencia mínima significativa modificada por Tukey (DMS), mediante la fórmula siguiente:

$$DMS = t_{\alpha} (gl\ e) \sqrt{2 \frac{CME}{r}}$$

Donde:

$t_{\alpha}(gl\ e)$  = valor de t a valor  $\alpha$  de probabilidad  
con los grados de libertad del error

CME = cuadrado medio del error

r = número de repeticiones

### Correlaciones simples

Con el fin de determinar el grado de asociación entre las diferentes variables bajo estudio, se estimó el coeficiente de correlación, utilizando la fórmula siguiente:

$$r = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{(\Sigma x^2)(\Sigma y^2)}}$$

donde:

r = coeficiente de correlación

$\Sigma xy$  = suma de productos X e Y

$\Sigma x^2$  = varianza de la variable x

$\Sigma y^2$  = varianza de la variable y

### Estimación de heterosis.

$$H = F_1 - \frac{(P_1 + P_2)}{2} \times 100$$

Donde:

H = La heterosis estimada.

F<sub>1</sub> = El rendimiento de los híbridos

P<sub>1</sub> = El rendimiento del progenitor N<sup>o</sup> 1

P<sub>2</sub> = El rendimiento del progenitor N<sup>o</sup> 2

### Estimación de la heterobeltiosis

$$H_b = F_1 - P_s \times 100$$

Donde:

H<sub>b</sub> = La heterobeltiosis estimada

F<sub>1</sub> = El rendimiento de los híbridos

P<sub>s</sub> = El rendimiento de progenitor superior

### Estimación de la heterosis útil.

$$H_u = F_1 - VCS \times 100$$

Donde:

H<sub>u</sub> = La heterosis útil

F<sub>1</sub> = El rendimiento de los híbridos

VCS = El rendimiento de la mejor variedad  
comercial

## Coeficientes de sendero

Estos parámetros fueron desarrollados de acuerdo con la metodología utilizada por Dewey y Lu (1959), en los que se aplica un esquema definido en donde se combinaron sistemas para causas, efectos y fuerzas, los cuales fueron agrupados en un diagrama; y con el fin de establecer este dispositivo, se consideraron los caracteres que se detallan en el tema para términos de correlaciones genéticas.

### Construcción del diagrama causas-efectos

Este esquema se detalla en la Figura 3.1., en la cual las causas-efectos están demarcados a través de las líneas con un doble sentido, lo que significa una correlación genética estrecha entre dos caracteres, y una línea unidireccional que señala el efecto directo debido al coeficiente de sendero.

Una vez que se ha interpretado este diagrama, a continuación se desarrollan las ecuaciones que corresponderán al número de variables, en las que se determina la relación entre las correlaciones y los coeficientes de sendero (Cuadro 3.3). En este cuadro, los miembros del lado izquierdo son las correlaciones genéticas entre el rendimiento y cada uno de los caracteres

## Coeficientes de sendero

Estos parámetros fueron desarrollados de acuerdo con la metodología utilizada por Dewey y Lu (1959), en los que se aplica un esquema definido en donde se combinaron sistemas para causas, efectos y fuerzas, los cuales fueron agrupados en un diagrama; y con el fin de establecer este dispositivo, se consideraron los caracteres que se detallan en el tema para términos de correlaciones genéticas.

### Construcción del diagrama causas-efectos

Este esquema se detalla en la Figura 3.1., en la cual las causas-efectos están demarcados a través de las líneas con un doble sentido, lo que significa una correlación genética estrecha entre dos caracteres, y una línea unidireccional que señala el efecto directo debido al coeficiente de sendero.

Una vez que se ha interpretado este diagrama, a continuación se desarrollan las ecuaciones que corresponderán al número de variables, en las que se determina la relación entre las correlaciones y los coeficientes de sendero (Cuadro 3.3). En este cuadro, los miembros del lado izquierdo son las correlaciones genéticas entre el rendimiento y cada uno de los caracteres





s coeficientes de sendero.

---

4 + r1.5P11.5 + r1.6P11.6 + r1.7P11.7 + r1.8P11.8 + r1.9P11.9 + r1.10P11.10  
4 + r2.5P11.5 + r2.6P11.6 + r2.7P11.7 + r2.8P11.8 + r2.9P11.9 + r2.10P11.10  
.4 + r3.5P11.5 + r3.6P11.6 + r3.7P11.7 + r3.8P11.8 + r3.9P11.9 + r3.10P11.10  
.4 + r4.5P11.5 + r4.6P11.6 + r4.7P11.7 + r4.8P11.8 + r4.9P11.9 + r4.10P11.10  
.4 + P11.5 + r5.6P11.6 + r5.7P11.7 + r5.8P11.8 + r5.9P11.9 + r5.10P11.10  
.4 + r5.6P11.5 + P11.6 + r6.7P11.7 + r6.8P11.8 + r6.9P11.9 + r6.10P11.10  
.4 + r5.7P11.5 + r6.7P11.6 + P11.7 + r7.8P11.8 + r7.9P11.9 + r7.10P11.10  
.4 + r5.8P11.5 + r6.8P11.6 + r7.8P11.7 + P11.8 + r8.9P11.9 + r8.10P11.10  
.4 + r5.9P11.5 + r6.9P11.6 + r7.9P11.7 + r8.9P11.8 + P11.9 + r9.10P11.10  
1.4+ r5.10P11.5+ r6.10P11.6+ r7.10P11.7+ r8.10P11.8+ r9.10P11.9+ P11.10  
11.6 + P11.7 + P11.8 + P11.9 + P11.10 + 2P11.1r1.2P11.2 + 2P11.1r1.3P11.3  
.6 + 2P11.1r1.7P11.7 + 2P11.1r1.8P11.8 + 2P11.1r1.9P11.9 + 2P11.1r1.10P11.10 +  
.5 + 2P11.2r2.6P11.6 + 2P11.2r2.7P11.7 + 2P11.2r2.8P11.8 + 2P11.2r2.9P11.9 +  
11.5 + 2P11.3r3.6P11.6 + 2P11.3r3.7P11.7 + 2P11.3r3.8P11.8 + 2P11.3r3.9P11.9 +  
11.6 + 2P11.4r4.7P11.7 + 2P11.4r4.8P11.8 + 2P11.4r4.9P11.9 + 2P11.4r4.10P11.10 +  
.8 + 2P11.5r5.9P11.9 + 2P11.5r5.10P11.10 + 2P11.6r6.7P11.7 + 2P11.6r6.8P11.8 +  
11.8 + 2P11.7r7.9P11.9 + 2P11.7r7.10P11.10 + 2P11.8r8.9P11.9 + 2P11.8r8.10P11.10 +

---

recto del coeficiente de sendero.

involucrados en el estudio, los cuales van de  $r_{11.1}$  a  $r_{11.10}$ ; por otro lado los miembros que se localizan en la diagonal son los efectos directos o coeficientes de sendero (incógnitas), los cuales han sido determinados por matrices y comprenden  $P_{11.1}$  a  $P_{11.10}$ ; fuera de esta diagonal se encuentran las correlaciones genéticas de dos caracteres asociados al efecto directo de esos mismos caracteres; ejemplo:  $r_{1.2}P_{11.2}$  es la correlación genética entre días a floración y días a madurez ( $r_{1.2}$ ), que se hallan asociados con un efecto directo o coeficiente de sendero (incógnitas) de estos mismos caracteres. De acuerdo con lo anterior en el sistema de causas-efectos, la vía indirecta indica que tiene un carácter dado hacia el rendimiento. Debajo de todo el sistema anterior se localiza la ecuación de efectos residuales que se deben a factores desconocidos o no contemplados dentro de todo el sistema de causas y efectos; esta ecuación está formada por correlaciones fenotípicas y coeficientes de sendero. Las ecuaciones que se presentan en el cuadro 3.3, se estructuraron bajo el siguiente esquema matricial.

$R$	$\begin{bmatrix} r_{y.1} \\ r_{y.2} \\ r_{y.9} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ r_{y.10} \end{bmatrix}$	$A$	$\begin{bmatrix} 1 & r_{1.2} & r_{1.9} & r_{1.4} & r_{1.5} & \dots & r_{1.10} \\ r_{1.2} & 1 & r_{2.9} & r_{2.4} & r_{2.5} & \dots & r_{2.10} \\ r_{1.9} & r_{2.9} & 1 & r_{9.4} & r_{9.5} & \dots & r_{9.10} \\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot \\ r_{1.10} & r_{2.10} & r_{9.10} & r_{9.10} & r_{5.10} & \dots & 1 \end{bmatrix}$	$B$
			$\begin{bmatrix} P_{y.1} \\ P_{y.2} \\ P_{y.9} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ P_{y.10} \end{bmatrix}$	

## IV RESULTADOS

### Análisis de varianza

Con la finalidad de determinar el comportamiento de los progenitores y de los híbridos, se realizaron análisis de varianza para ambos por separado; los resultados se describen a continuación:

#### Análisis de varianza para progenitores

Los cuadrados medios de los análisis de varianza para el rendimiento en kg por ha en los progenitores se muestran en el Cuadro 4.1, donde se observa que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, asimismo se encontró significancia en todas las características agronómicas evaluadas tales como días a floración, días a madurez, número de tallos y número de panículas por planta, peso de panículas, peso de grano por panícula, etc., los coeficientes de variación fluctuaron de 4.78 por ciento, en días a floración, hasta 42.84 por ciento correspondiente a la variable número de granos vanos por panícula; el coeficiente de variación para rendimiento fue de 25.79 por ciento, el cual aparentemente es alto debido a las condiciones de manejo del experimento.

Cuadro 4.2. Comparación de medias entre 7 características agronómicas de 13 progenitores y 2 testigos de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego. Zacatepec, Mor. p.v. 1993.

PROGENITORES	Rendi- miento kg/ha.	Días a floración	Días a madurez	Número de tallos/ planta	Número de paníc./ planta	Altura de planta	Longitud de panícula
RHS 852	15853 a	134 ab	164 ab	26.5 ab	26.5 ab	140.3 ab	26.55 abc
MORELOS A-92	15029 ab	137 a	167 a	25.7 a	25.7 a	96.8 ab	29.99 ab
CAEZ 118	12326 abc	106 bc	136 bc	22 abcd	22 abc	127.5 ab	30.1 ab
CAEZ 443-211-2-84 (t)	12002 abc	119 abc	149 abc	22.6 abc	22.6 abcd	137.9 ab	30.58 a
CHAMPOTON A-80	11157 abc	137 a	167 a	26.9 a	25.8 ab	104.8 bc	22.59 c
RHS 901	9991 abc	138 a	168 a	22.1 abcd	21.4 abc	148.2 a	28.48 abc
CAEZ 401-111-84 (t)	9894 abc	113 abc	143 abc	22.1 abcd	22.1 abc	134.5 ab	31.42 a
CAEZ 113	9463 abc	106 bc	136 bc	28.7 a	26.8 a	115.3 abc	25.33 abc
SURESTE A-90	9199 abc	119 abc	149 abc	16.3 abcd	16.3 abcd	108.6 bc	26.18 abc
AMISTAD 82	8716 abc	96.5 c	126.5 c	25.8 c	25.8 ab	84.5 ab	24.76 abc
CAEZ 115	7220 abc	100.5 c	130.5 c	25.3 c	25.3 ab	139.1 ab	30.12 ab
CULIACAN A-82	6974 abc	123.5 abc	153.5 abc	21.7 abcd	21.7 abc	83 c	23.24 bc
CHIAPAS A-84	6388 abc	100.5 c	130.5 c	12.3 c	12.3 cd	135.2 ab	26.32 abc
RHS 810	5368 bc	111 abc	141 abc	14.1 abc	14.1 bcd	116.8 abc	27.66 abc
RHS 883	2672 c	115.5 abc	145.5 abc	9.4 d	9.4 d	115.1 abc	30.26 ab

GENOTIPOS CON LA MISMA LETRA SON ESTADÍSTICAMENTE IGUALES AL .05 DE SIGNIFICANCIA

Cuadro 4.3. Comparación de medias entre 7 características agronómicas de 13 progenitores y 2 testigos de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego. Zacatepec, Mor. p.v. 1993.

PROGENITORES	Peso de paníc./ planta	Peso de grano/ panícula	Número de granos/ panícula	Número de granos llenos	Número de granos vanos	Peso de grano/ parcela	Peso de mil granos
RHS 852	7.28 a	7.03 ab	243.4 ab	218.9 ab	24.5 abc	713.3 abc	30.5 e
MORELOS A-92	7.44 ab	7.16 a	179.92 bcd	170.16 bcd	9.76 bc	676.3 bc	40.1 bc
CAEZ 118	6.63 abcd	6.4 abcd	167.78 abcd	155.4 cde	12.38 bc	554.6 bc	38 cd
CAEZ 443-211-2-84 (t)	6.98 abc	6.68 abc	196.72 abc	158.88 bc	37.84 abc	540.1 abc	37.8 cd
CHAMPOTON A-80	4.92 cde	4.7 cde	203.18 cdef	185.93 bc	17.2 abc	502.1 abc	24 fg
RHS 901	6.39 abc	6.08 abcde	180.2 abcde	147.84 bcd	32.36 abc	449.6 abc	37 cd
CAEZ 401-111-84 (t)	5.49 abcde	5.28 abcde	161.14 abcdef	91 cde	20.14 abc	445.2 abc	35.2 d
CAEZ 113	4.12 e	3.89 e	118.76 ef	108.28 def	10.48 bc	425.8 bc	35.7 d
SURESTE A-90	7.18 ab	6.87 abc	357 abc	301.26 a	55.74 abc	414 abc	20.9 g
AMISTAD 82	3.28 e	3.08 e	119.4 f	110.64 def	8.5 bc	392.2 c	27.5 ef
CAEZ 115	4.15 e	3.92 e	101.82 ef	91.28 ef	10.54 bc	324.9 bc	42.6 b
CULIACAN A-82	4.41 de	4.19 de	196.12 def	148.24 bc	47.88 abc	313.8 abc	26.2 f
CHIAPAS A-84	5.13 bcde	4.88 bcde	138.4 bcdef	132.12 cde	5.28 bc	287.4 c	35.4 d
RHS 810	4.93 cde	4.77 cde	145.7 cdef	103.58 cde	42.12 abc	241.6 abc	43.3 b
RHS 883	3.63 e	3.42 e	62.5 f	42.58 f	19.92 abc	120.2 abc	72.5 a

GENOTIPOS CON LA MISMA LETRA SON ESTADÍSTICAMENTE IGUALES AL .05 DE SIGNIFICANCIA



Morelos A-92 y Champotón A-80 con 26.8, 26.5, 25.7 y 25.8 tallos por planta en promedio. Asimismo, en la variable peso de panícula por planta se encontró que los progenitores más rendidores también lo son en esta variable, esto es, Morelos A-92 con 7.44 g por panícula, en promedio seguida por RHS 852 con 7.28 g, el peso mínimo lo mostró la variedad Amistad 82 con 3.28 g lo cual puede observarse en el Cuadro 4.3 Con respecto al número de granos llenos la máxima cantidad la reportó la variedad Sureste A-90 con 357 granos por panícula seguida por RHS 852, Champotón A-80 y Morelos A-92 con 218.9, 185.98 y 170.16 granos por panícula en promedio; en peso de mil granos el mayor peso lo mostró la línea RHS 883 con 72.5 g, seguido por RHS 810, Chiapas A-84 y Morelos A-92 con 43.3, 42.6 y 40.1, respectivamente, el resto de las características evaluadas y que caracterizan a estos 13 progenitores y los dos testigos pueden observarse en los cuadros 4.2 y 4.3.

### Análisis de varianza para híbridos

En el análisis de varianza realizado para el grupo de 12 híbridos provenientes de las cruzas simples entre los progenitores anteriormente mencionados, incluyendo los dos testigos, se observa que existen diferencias significativas en las variables número de tallos por planta y número de panículas por planta, y altamente significativas en rendimiento, días a floración, días a madurez, peso de

varianza para 14 características agronómicas de 12 híbridos y 2 testigos de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego.  
 or. p.v. 1993.

C U A R D R A D O S M E D I O S													
Días a florac.	Días a madur.	# tallos por planta	# paníc. por planta	Altura de planta	Longitud de panícula	Peso de paníc./ planta	Peso de panícula	# de granos llenos	# de granos vanos	# de granos	Peso de grano/ parcela	Peso de mil granos	
150.89	150.89	173.85*	172.86*	1226.06*	24.19*	1.14*	1157*	310.49	1420.58	41.24	401.13	0.463	
243.11**	243.11**	87.86**	87.9**	546.32**	17.74**	6.08**	528**	8676.88**	7236.7**	271.09**	51934.1*	569.94**	
62.28	62.28	30.55	34.62	254.47	4.69	0.19	126	147.24	613.3	66.82	2119.57	9.22	
7.41	5.78	28.87	28.91	13.99	7.52	10.83	13.02	10.32	28.04	30.25	15.71	6.65	

5 de probabilidad

ativo al .01 de probabilidad

ariación



panícula por planta, número de granos por panícula, número de granos llenos por panícula y las restantes características; los coeficientes de variación fluctuaron entre 5.78 por ciento observado en días a madurez hasta 30.25 por ciento en número de granos vanos por panícula; el coeficiente de variación para rendimiento fue de 15.72 por ciento. Lo cual puede observarse en el Cuadro 4.4.

### Comparación de medias para híbridos

En cuanto a rendimiento se refiere, este se determinó mediante la prueba de Tukey, indicando que existen diferencias altamente significativas en los híbridos, sobresaliendo la  $F_1$  de la cruce entre Champotón A-80 x Morelos A-92 la cual mostró el máximo rendimiento con 13,820 kg/ha; le siguió la línea avanzada utilizada como testigo CAEZ 433-211-2-84 con 12,002 kg por ha; otro cruzamiento con buenos rendimientos fue la realizada entre Sureste A-90 x CAEZ 118, la cual superó las 10 toneladas por ha; entre los bajos rendimientos se encuentran los mostrados por las  $F_{1s}$  de las cruces entre RHS 852 x CAEZ 113, y RHS 883 x CAEZ 115, con 2,654 y 2,930 kg por ha. respectivamente; en días a maduración se observan nueve híbridos que pueden considerarse como de ciclo intermedio, ya que su ciclo se situó entre los 120 y los 140 días; los testigos se comportaron de ciclo tardío, así como el mejor rendidor con 160.5 días a madurez en promedio. En la variable número de

Cuadro 4.5. Comparación de medias entre 7 características agronómicas de 12 híbridos y 2 testigos de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego. Zacatepec, Mor. p.v. 1993.

HIBRIDOS	Rendi- miento kg/ha.	Días a floración	Días a madurez	Número tallos/ planta	Número paníc./ planta	Altura de planta	Longitud de panícula
CHAMPOTON A-80 x MORELOS A-92	13820 a	130.5 a	160.5 a	31.1 a	31.1	111.1	28.9
CAEZ 433-211-2-84	12002 a	119 ab	149 ab	22.6 ab	22.6	137.9	30.58
SURESTE A-90 x CAEZ 118	10006 ab	110 ab	140 ab	20.9 ab	20.9	112.5	25.28
CAEZ 401-111-84	9894 ab	113 ab	143 ab	22.1 ab	22.1	134.5	31.42
AMISTAD 82 x RHS 852	7073 bc	103 ab	133 ab	26.15 ab	26.15	97.33	27.26
RHS 883 x CHIAPAS A-84	6613 bcd	100 ab	130 ab	24.7 ab	24.7	101.8	28.36
RHS 901 x CAEZ 118	4847 cd	105.5 ab	135.5 ab	14.2 ab	14.2	131.1	34.7
CULIACAN A-82 x CHIAPAS A-84	4807 cd	114 ab	144 ab	19.2 ab	19.1	105.5	25.9
RHS 810 x CAEZ 113	4691 cd	92.5 cd	122.5 b	15.82 b	15.82	119.87	26.71
RHS 810 x CAEZ 118	4340 cd	93.5 cd	123.5 b	25.21 b	25.21	98.08	28.32
AMISTAD 82 x CAEZ 113	4209 cd	116.5 cd	146.5 ab	28.75 ab	28.75	82.22	23.4
RHS 852 x CAEZ 118	3237 cd	98 cd	128 b	12.4 b	12.4	135.3	31.4
RHS 883 x CAEZ 115	2930 d	98 d	128 b	11.6 b	11.6	116.2	30.64
RHS 852 x CAEZ 113	2654 d	98 d	128 b	10.3 b	10.3	112.8	30.62

GENOTIPOS CON LA MISMA LETRA SON ESTADISTICAMENTE IGUALES AL .05 DE SIGNIFICANCIA

tallos por planta, número de panículas por planta, longitud de panícula y altura de planta, se observa que son estadísticamente iguales, lo cual puede apreciarse en el Cuadro 4.5.

En el Cuadro 4.6 se muestran las comparaciones de los promedios de las características faltantes, donde se observan resultados muy contrastantes en el peso de panícula por planta, en que se aprecia que el menor peso de panícula lo obtuvo la  $F_1$  de la cruce entre Amistad 82 x RHS 852 con 1.9 g, y la  $F_1$  de la cruce RHS 883 x Chiapas A-84 con 2.16 g; los mejores pesos de panícula por planta los mostraron la línea avanzada CAEZ 433-211-2-84, las  $F_1$  de las cruces entre Champotón A-80 x Morelos A-92 y Sureste A-90 x CAEZ 118, con 6.98, 6.82 y 6.19 g, respectivamente, las cuales son estadísticamente iguales; esta misma situación se observa en la variable peso de grano por parcela. Las comparaciones de medias para las restantes características se pueden observar en el cuadro antes mencionado.

**Análisis de varianza para el grupo de 27 genotipos formado por los 13 progenitores, 12 híbridos y dos testigos**

En los cuadrados medios resultados del análisis de varianza para este grupo de 27 genotipos mostrado en el Cuadro 4.7, donde se observa que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos para todas las

Cuadro 4.6. Comparación de medias entre 7 características agronómicas de 12 híbridos y 2 testigos de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego. Zacatepec, Mor. p.v. 1993.

HÍBRIDOS	Peso de paníc./ planta	Peso de grano/ panícula	Número de granos/ panícula	Número de granos llenos	Número de granos vanos	Peso de grano/ parcela	Peso de mil granos						
CHAMPOTON A-80 × MORELOS A-92	6.82a	6.57	ab	227	a	185.04	ab	41.96	a	621.9	a	31	e
CAEZ 433-211-2-84	6.98a	6.68	a	196.72	ab	158.88	abc	37.84	a	540.1	a	37.8	cde
SURESTE A-90 × CAEZ 118	6.19ab	5.88	ab	231.18	a	210.78	a	20.4	ab	450.25	ab	27.2	e
CAEZ 401-111-84	5.49ab	5.28	abc	161.14	b	91	bcde	20.14	ab	445.2	ab	35.2	de
AMISTAD 82 × RHS 852	1.9	f	f	72.5	cd	51.7	de	20.8	ab	318.3	bc	33.5	de
RHS 883 × CHIAPAS A-84	2.16	f	f	85.15	cd	39.65	e	45.5	a	297.57	bcd	49.3	bc
RHS 901 × CAEZ 118	4.81	bcd	4.57	77.72	cd	61.92	cde	25.8	ab	218.11	cd	68.3	a
CULIACAN A-82 × CHIAPAS A-84	4	cde	3.82	174.43	b	140.8	abcd	33.63	ab	216.3	cd	26	e
RHS 810 × CAEZ 113	2.49	ef	2.33	51.97	d	38.1	e	13.91	ab	211.08	cd	59.1	ab
RHS 810 × CAEZ 118	3.33	def	3.42	103.4	c	63.08	cde	40.01	a	195.31	cd	44.25	cd
AMISTAD 82 × CAEZ 113	2.57	ef	2.47	81.39	cd	77.23	cde	4.16	b	189.4	cd	26	c
RHS 852 × CAEZ 118	3.39	def	3.55	63.65	cd	45.98	de	27.62	ab	145.66	cd	64.4	a
RHS 883 × CAEZ 115	2.92	ef	2.66	57.76	cd	31.92	e	25.84	ab	131.88	d	68.9	a
RHS 852 × CAEZ 113	3.06	def	3.09	61.42	cd	40.53	e	20.67	ab	119.42	d	65.75a	

GENOTIPOS CON LA MISMA LETRA SON ESTADÍSTICAMENTE IGUALES AL .05 DE SIGNIFICANCIA

características agronómicas, y entre bloques para las variables número de tallos por planta, número de panículas por planta, altura de planta, peso de panícula por planta y peso de grano por panícula; los coeficientes de variación oscilaron entre 5.44 hasta 24.63 por ciento observados en peso de mil granos y número de granos vanos; con respecto a estos resultados Singh y Kumar (1973) y Suherman (1989), reportaron resultados similares, ya que mencionan que existen diferencias altamente significativas para tratamientos en cuanto al potencial de rendimiento se refiere.

#### Comparación de medias.

En el Cuadro 4.8 se muestran las comparaciones de medias de los caracteres agronómicos evaluados, como son rendimiento, días a floración, días a madurez, número de tallos por planta, número de panículas por planta, altura de planta y longitud de panícula.

Con respecto al rendimiento, se observa que los tratamientos son estadísticamente diferentes; los progenitores RHS 852 y Morelos A-92 superaron a la  $F_1$  de la cruce entre Champotón A-80 x Morelos A-92 con 15,835, 15,029 y 13,820 kg por ha, respectivamente, aunque estadísticamente estos tres genotipos son iguales, resultados que no coinciden con lo reportado por Suprihatno y Sutaryo (1992),



quienes encontraron en su investigación que todos los híbridos de arroz superaron el rendimiento de la mejor variedad comercial, que fue IR 64, pero sí coinciden con respecto al peso de mil granos, donde los pesos de los híbridos son bajos. Sivasubramanian et al. (1989), evaluando 22 híbridos desarrollados en IRRI, encontraron que varios fueron superados por la variedad comercial ADT 36 en rendimiento, además encontraron dos híbridos promisorios; estos resultados coinciden con lo encontrado en la F<sub>1</sub> de la cruce entre Champotón A-80 x Morelos A-92, la cual fue superada por la variedad comercial Morelos A-92 y RHS 882, pero su rendimiento fue estadísticamente igual al mostrado por sus dos progenitores; esta F<sub>1</sub> superó en rendimiento a su progenitor Champotón A-80, que es una variedad temporalera. Asimismo, Subramanian y Sinasubramanian (1986), reportaron que las diferencias en rendimiento entre los híbridos y las variedades locales fueron significativas, que el potencial de rendimiento fue menor de 4.5 ton/ha.

En días a floración, la F<sub>1</sub> de la cruce entre Champotón A-80 x Morelos A-92 floreció siete días antes que sus progenitores; estos resultados coinciden con lo citado por Subramanian y Sinasubramanian (1986), quienes señalan que los híbridos florecen antes que las variedades progenitoras. Referente a días a maduración también se observa que los híbridos maduraron antes que los progenitores y que las líneas utilizadas como testigos, lo

Cuadro 4.8. Comparación de medias entre 7 características agronómicas de 27 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego. Zacatepec, Mor. p.v. 1993.

PROGENITORES	Rendi- miento kg/ha.	Días a floración	Días a madurez	Número de tallos/ planta	Número de panfc./ planta	Altura de planta	Longitud de panfcula
RHS 852	15853 a	134	164	26.5	ab	140.3	26.55 abc
MORELOS A-92	15029 ab	137	167	25.8	ab	126.8	30 abc
CHAMPOTON A-80 × MORELOS A-92	13820 abc	130	160	31.1	a	111.1	28.9 abc
CREZ 118.	12326 abcd	106	136	22	ab	127.5	30.05 abc
CREZ 443-211-2-84 (t)	12002 abcde	119	149	22.6	ab	137.9	30.58 abc
CHAMPOTON A-80	11157 abcdef	137	167	26.9	ab	104.8	22.59 c
SURESTE A-90 × CREZ 118	10006 abcdefg	110	140	20.9	ab	112.5	25.28 bc
RHS 901	9991 abcdefg	138	168	22.1	ab	148.2	28.48 abc
CREZ 401-111-84 (t)	9894 abcdefg	113	143	22.1	ab	134.5	31.42 ab
CREZ 113	9463 abcdefg	106	136	28.7	ab	115.3	25.33 bc
SURESTE A-90	9199 abcdefg	119	149	16.3	ab	108.6	26.18 abc
AMISTAD 82	8716 abcdefg	96.5	126.5	25.8	ab	84.5	24.76 bc
CREZ 115	7220 bcdefg	100.5	130.5	25.3	ab	139.1	30.12 abc
AMISTAD 82 × RHS 852	7073 cdefg	103	133	26.1	ab	97.3	27.26 abc
CULIACAN A-82	6974 cdefg	123.5	153.5	21.7	ab	83	23.24 bc
RHS 883 × CHIAPAS A-84	6613 cdefg	100	130	24.7	ab	101.8	28.36 abc
CHIAPAS A-84	6388 cdefg	100.5	130.5	12.3	ab	135.2	26.32 abc
RHS 810	5368 defg	111	141	14.1	ab	116.8	27.66 abc
RHS 901 × CREZ 118	4897 defg	105.5	135.5	14.2	ab	131.1	34.7 a
CULIACAN A-82 × CHIAPAS A-84	4807 defg	114	144	19.2	ab	105.5	25.9 bc
RHS 810 × CREZ 113	4691 defg	92	122	15.8	ab	119.9	26.71 abc
RHS 810 × CREZ 118	4340 efg	93.5	123.5	25.2	ab	98.1	28.32 abc
AMISTAD 82 × CREZ 113	4209 efg	116.5	146.5	28.7	ab	82.2	23.4 bc
RHS 852 × CREZ 118	3237 fg	98	128	12.4	ab	135.3	31.4 ab
RHS 883 × CREZ 115	2930 g	98	128	11.6	ab	116.2	30.64 abc
RHS 883	2672 g	115.5	145.5	9.4	b	115.1	30.26 abc
RHS 852 × CREZ 113	2654 g	98	128	10.3	b	112.8	30.62 abc

GENOTIPOS CON LA MISMA LETRA SON ESTADISTICAMENTE IGUALES AL .05 DE SIGNIFICANCIA



cual coincide con lo reportado por Rao et al. (1985), quienes al evaluar el potencial de rendimiento en 11 híbridos de arroz originarios del IRRI encontraron que todos éstos llegaron a madurez entre 8 y 12 días antes que la variedad comercial IR 36, la cual llegó a madurez a los 112 días.

Con respecto al número de tallos por planta y número de panículas por planta, se observó que existen diferencias altamente significativas entre los genotipos; en ambas características la F<sub>1</sub> de la cruce Champotón A-80 x Morelos A-92, muestran el mayor número de tallos y panículas por planta con 31.1 en promedio; del mismo modo en altura de planta, la F<sub>1</sub> de la cruce Amistad 82 x CAEZ 113 mostró la menor altura con 82.2 cm, que es similar a la observada en la variedad Culiacán A-82 la cual fue liberada para condiciones de riego y puede catalogarse como de porte bajo. La F<sub>1</sub> de la cruce Champotón A-80 x Morelos A-92 se situó con una altura intermedia de 111.1 cm en promedio, superior que su progenitor hembra, pero inferior que el segundo; en cuanto a longitud de panícula, la máxima se observó en la progenie de la cruce entre RHS 883 x CAEZ 113 y RHS 852 x CAEZ 113, con 30.64 y 30.62 cm, respectivamente.

En el Cuadro 4.9 se muestran las comparaciones entre los promedios de las variables peso de panícula por planta, peso de grano por panícula, número de granos llenos por

panícula, número de granos vanos y peso de mil granos.

El máximo peso de panículas por planta fue observado en la variedad Morelos A-92 con 7.44 g en promedio, seguido por RHS 852, Sureste A-90 y la línea testigo CAEZ 433-211-2-84 con 7.28, 7.18 y 6.98 g, respectivamente. Por el contrario, los pesos por panícula más bajos se observaron en las progenies de las cruzas entre Amistad 82 x RHS 852 y RHS 883 x Chiapas A-84 con 1.9 y 2.16 g, estos resultados son similares a los encontrados en la variable peso de grano por panícula; por otro lado en número de granos llenos la mayor fertilidad de granos se presentó en la variedad Sureste A-90, en la línea RHS 852 y en la progenie de las cruzas Sureste A-90 x CAEZ 118, y Champotón A-80 x Morelos A-92, con 301.26, 218.9, 210.78 y 185.98 granos llenos por panícula; la menor fertilidad de grano se observó en tres híbridos, en dos de los cuales intervino como progenitor la línea RHS 883; los resultados encontrados son 31.92, 38.1 y 39.65 granos llenos por panícula en promedio. En la variable esterilidad de panículas, los resultados más bajos fueron 4.16, 6.28, 8.50 y 9.76 granos vanos observados en la progenie de la crusa Amistad 82 x CAEZ 113, y en las variedades Chiapas A-84, Amistad 82 y Morelos A-92, respectivamente; este hecho indica que estos genotipos mostraron un mayor porcentaje de fertilidad en sus panículas.

	Peso de grano/panícula	Número de granos/panícula	Número de granos llenos	Número de granos vacíos	Peso de grano/parcela	Peso de mil granos
	7.03 ab	243.4 b	218.9 ab	24.5	abcde	30.5
acd	7.16 a	179.92	170.16 bcd	9.76	cde	40.1
bcd	6.57 abcd	227	185.04 bc	41.96	abcd	31
bc	6.4 abcd	167.78	155.4 bcdef	12.38	bcde	38
cdefgh	6.68 abcd	196.72	158.88 bcde	37.84	abcde	37.8
bcde	4.7 cdefgh	203.18	185.98 bc	17.2	bcde	24
bcde	5.88 abcdef	231.18	210.78 ab	20.4	abcde	27.2
bcde	6.08 abcde	180.2	147.84 bcdefg	32.36	abcde	37
bcdef	5.28 abcdefg	161.14	91	20.14	abcde	35.2
efghij	3.89 efghijk	118.76	108.28	10.48	cde	35.7
bc	6.87 adc	357	301.26 a	55.74	a	20.9
ghijk	3.08	119.14	110.64	8.5	de	27.5
fghij	3.92	101.82	91.28	10.54	cde	42.6
k	1.84	72.5	51.7	20.8	abcde	33.5
efghi	4.19	196.12	148.24	47.88	ab	26.2
jk	2.54	85.15	39.65	45.5	abc	49.3
bcdefg	4.88	138.4	132.12	6.28	de	35.4
cdefgh	4.72	145.7	103.58	42.12	abcd	43.3
defgh	4.57	77.72	61.92	25.8	abcde	68.3
fghij	3.82	174.43	140.8	33.63	abcde	26
ijk	2.33	51.97	38.1	13.91	bcde	59.1
ghijk	3.42	103.4	63.08	40.01	abcde	44.25
ijk	2.47	81.39	77.23	4.16	e	26.8
ghijk	3.55	63.65	45.98	27.62	abcde	64.4
hijk	2.66	57.76	31.92	25.84	abcde	68.9
fghijk	3.42	62.5	42.58	19.92	abcde	72.5
hijk	3.09	61.42	40.53	20.67	abcde	67.75

Por otro lado, con respecto al peso de grano por parcela los resultados son similares a los reportados anteriormente en los genotipos mejor rendidores; finalmente en la variable peso de mil granos el mayor peso fue observado en la línea RHS 883 con 72.5 g, seguida por las progenies de las cruzas RHS 883 x CAEZ 115, RHS 901 x CAEZ 118 y RHS 852 x CAEZ 113, con 68.9, 68.3 y 67.75 g, respectivamente; el menor peso de mil granos lo mostraron las variedades Sureste A-90, Champotón A-80 y la craza Culiacán A-82 x Chiapas A-84, con 20.9, 24 y 26 g, respectivamente.

### Heterosis, heterobeltiosis y heterosis útil

Con la finalidad de determinar estas características en los 12 híbridos de arroz, se realizó un análisis de varianza sin incluir las líneas testigos, y se encontró lo siguiente.

#### Heterosis.

En el análisis de varianza realizado para los 12 híbridos se observaron diferencias altamente significativas para la mayoría de las características agronómicas, a excepción de las variables número de panículas por planta, número de tallos por planta y altura de planta; diferencias significativas en longitud de panícula y número de granos

vanos por panícula; el objetivo de este análisis fue el de utilizar la varianza del error experimental en la comparación de los resultados obtenidos en la heterosis mediante una prueba de "t" Student al .05 (D.M.S.); los resultados del análisis se muestran a detalle en el Cuadro 4.10.

### Comparación de heterosis mediante una prueba de "t"

#### Heterosis en rendimiento de grano.

En esta característica se observaron diferencias altamente significativas entre los híbridos, lo cual se muestra en el Cuadro 4.11 donde las  $F_1$  de las cruzas entre RHS 883 x Chiapas A-84 y Champotón A-80 x Morelos A-92 mostraron heterosis positiva significativa de 2083 y 727 kg por ha respectivamente; estos resultados son las diferencias entre los promedios de rendimiento de las  $F_1$  y el promedio de los progenitores de ambos; el resto de los híbridos mostraron heterosis negativa la cual fluctuó de -756.5 hasta -10853, estos resultados coinciden con los reportados por Rao et al. (1985), quienes señalan que los híbridos HR6, HR8 y HR10, mostraron heterosis positiva significativa en el rendimiento, la cual atribuyeron a la heterosis en número de panículas por planta y peso del grano; asimismo Subramanian y Sinasubramanian (1985), enfatizan que en su evaluación, los híbridos mostraron

varianza para 14 características agronómicas de 12 híbridos de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego.  
 Mór. p.v. 1993.

C U R R A D O S M E D I O S													
Días a florac. madur.	Días a por planta	# tallos por planta	# paníc. por planta	Altura de planta	Longitud de panícula	Peso de paníc./ planta	# de granos/ paníc.	# de granos llenos	# de granos vanos	Peso de grano/ parcela	Peso de mil granos		
222.04	222.04	153.87	152.86	1911.37**	28.23**	0.71	1.07	60.92	270.41	0.19	150.9	0.96	
246.04**	246.04**	102.14	102.18	435.8	18.89**	4.88**	4.24**	8540.07**	7564.89**	290.25*	42991.1**	637.22**	
62.4	62.4	40.76	40.85	201.88	5.19	0.20	0.29	112.53	94.71	51.28	2171	10.81	
7.52	5.85	31.88	31.93	12.88	8	12.38	15.05	9.89	11.83	26.83	17.95	6.97	

Es de probabilidad

ativo al .01 de probabilidad

ariación



panículas largas (longitud promedio de 29.4 cm), pero alta esterilidad de panículas, lo cual redujo el rendimiento y por lo tanto provocando la presencia de heterosis negativa. Por otro lado Virmani (1991) señala que la explotación comercial de la heterosis para incrementar los rendimientos de arroz ha sido exitosa en China, donde 15 millones de hectáreas de un total de 32.5 millones fueron sembradas con arroces híbridos en 1990, y que el rendimiento de los híbridos es cerca del 20 por ciento superior que el de las variedades convencionales, asimismo menciona que la heterosis no sólo puede explotarse en condiciones de riego sino también en temporal.

### **Heterosis en días a floración y días a madurez**

Con respecto a estas variables, se encontró heterosis positiva significativa en las cruzas Amistad 82 x CAEZ 113 y Culiacán A-82 x Chiapas A-84, con 15.25 y 2 como resultado sin multiplicarlos por cien; el resto de los híbridos mostraron heterosis negativa, la cual es buena en el sentido de que hay una disminución del ciclo vegetativo con respecto a sus progenitores; estos resultados coinciden con lo reportado por Virmani (1983) quién encontró heterosis significativa en el desarrollo vegetativo, la cual estuvo asociada negativamente con el rendimiento de los híbridos derivados de progenitores superiores. El valor de la DMS que sirvió como punto de comparación en estas dos variables fue

14 características agronómicas de 12 híbridos de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego.

Días a madurez	Número tallos/planta	Número paníc./planta	Altura de planta	Longitud de panícula	Peso de panícula/planta	Peso de grano/panícula	Número de granos/panícula	Número de granos llenos	Número de granos vanos	Peso de grano/parcela	Peso de mil granos
5	4.75a	5.35a	-4.7 a	2.61ab	0.64a	0.64a	35.45b	7.07 a	28.48	32.73a	-1.05
5a	1.5 a	2.45a	-17.68a	-1.64	-1.13	-1.02	-37.56	-32.23	-5.33 a	-219.6	-4.8
5	1.75a	1.75a	-5.55a	-2.84	-0.71	-0.75	-31.21	-17.55	-13.66 a	-34.05	-2.25
-10	-5.75	-5.75	-10.9 a	0.45ab	-0.95	-1.01	-24.24	-35.01	10.61	-90.68	11.35 c
-22	-11.85	-11.85	1.4	3.1 ab	-3.56	-3.16	-141.9	-141.2	9.18	-488.3	30.15a
-16.5	-7.85	-7.5	-6.75a	5.44a	-1.7	-1.67	-96.27	-89.7	3.43	-284	30.8a
-16	-5.57	-4.62	3.82	0.22 b	-2.04	-1.98	80.26a	-67.83	-12.38 a	-122.6	19.6 b
-15	7.16a	7.16a	-24.07a	-0.53	-2.45	-2.14	-53.34	-66.41	12.77	-202.8	3.6 d
-12.25	0	0	-12.57a	1.61ab	-3.38	-3.22	-108.8	-113.1	4.3	-234.5	4.5 d
-22	-17.2	-16.35	-12.5 a	4.68ab	-2.64	-2.37	-119.7	-123.1	3.18	-450.2	34.65a
2 a	2.2	2.1	-3.6 a	1.12ab	-0.77	-0.72	7.17c	0.62 a	6.55	-84.32	-4.8
-8	13.85a	13.85	-23.35a	-1.93	-2.23	-1.61	-15.3	-47.7	32.4	93.74a	-4.65
17.38	14.05	14.07	31.27	5.04	0.99	1.19	23.35	21.42	15.76	115.16	7.24

DISTINTAMENTE IGUALES



de 17.38.

### Heterosis en número de tallos y número de panículas por planta.

En estas dos características se observa que existe heterosis positiva significativa en seis cruzas, una no mostró este carácter y cinco manifestaron heterosis negativa; la heterosis positiva se observó en las progenies de las cruzas RHS 883 x Chiapas A-84, RHS 810 x CAEZ 118, Champotón A-80 x Morelos A-92, Culiacán A-82 x Chiapas A-84, Sureste A-90 x CAEZ 118, y Amistad 82 x CAEZ 113, con 13.85, 7.16, 4.75, 2.2, 1.75 y 1.5, respectivamente.

### Heterosis en altura de planta

En este carácter se encontró heterosis negativa significativa en la mayoría de los híbridos, a excepción de la progenie de la cruce RHS 852 x CAEZ 118, en la cual se observó heterosis positiva de 140 por ciento.

### Heterosis en longitud de panícula y peso de mil granos

En estas dos características se encontró el mayor número de híbridos con heterosis positiva significativa, la cual varió entre 45 hasta 544 por ciento en RHS 883 x CAEZ 115 y RHS 901 x CAEZ 118, respectivamente, esto se presentó

en longitud de panícula; en total siete híbridos mostraron heterosis positiva significativa; en relación al peso de mil granos también fueron siete híbridos con significancia entre los cuales destaca la cruza RHS 852 x CAEZ 113 con 34.65 sin multiplicarlo por 100. Por otro lado, en la heterosis en peso de panícula por planta y peso de grano por panícula, únicamente la progenie de la cruza Champotón A-80 x Morelos A-92 mostró heterosis positiva de 64 por ciento, en el resto de los híbridos la heterosis fue negativa; en la heterosis para número de granos por panícula y número de granos llenos, solamente las cruzas Champotón A-80 x Morelos A-92 y Culiacán A-82 x Chiapas A-84, mostraron heterosis positiva significativa, la cual varió entre 35.45 hasta 7.17 en número de granos por panícula y de 7.07 a 0.62 en número de granos llenos por panícula, esto ocurrió en los híbridos anteriormente mencionados, el resto de los híbridos mostraron heterosis negativa.

En la heterosis para número de granos vanos por panícula, se observó que solamente tres cruzamientos mostraron heterosis negativa y el resto positiva y significativa, con lo cual es posible asumir que se presentó un alto grado de esterilidad de panícula en los híbridos.

## Comparación de heterobeltiosis

### Heterobeltiosis en rendimiento

En el Cuadro 4.12 se observan los resultados obtenidos en la heterobeltiosis para 14 características agronómicas de los 12 híbridos, y en el cual se muestra que en el rendimiento, únicamente la cruza RHS 883 x Chiapas A-84 mostró heterobeltiosis positiva significativa de 225, que es el resultado de la resta del promedio de rendimiento del híbrido menos el promedio del progenitor superior; el resto de los híbridos mostraron heterobeltiosis negativa que fluctuó entre -1209 en Champotón A-80 x Morelos A-92 hasta -13199 en RHS 852 x CAEZ 113; estos resultados coinciden con los reportados por Tongmin y Xinggui (1991), quienes señalan que el rango de heterobeltiosis varió de 2 a 246.8 por ciento en rendimiento de grano por planta; del mismo modo Sahai et al., (1987) encontraron heterobeltiosis positiva significativa en rendimiento.

La heterobeltiosis en días a floración y días a madurez fue similar en ambas características, en las cuales las combinaciones Amistad 82 x CAEZ 113, Amistad 82 x RHS 852 y Culiacán A-82 x Chiapas A-84, mostraron heterobeltiosis positiva significativa, la cual fue de 20, 6.5 y 13.5, respectivamente; los híbridos restantes mostraron heterobeltiosis negativa significativa. Con

as de 14 características agronómicas de 12 híbridos de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego.

as	Días a madurez	Número tallos/planta	Número paníc./planta	Altura de planta	Longitud de panícula	Peso de panícula/planta	Peso de grano/panícula	Número de granos/panícula	Número de granos llenos	Número de granos vanos	Peso de grano/parcela	Peso de mil granos
.5 ab	-6.5 ab	4.2 a	5.3 a	6.3 a	-1.1	-0.63	-0.59	23.82a	-0.84	32.2a	-54.4	-9.1
20	0.05 a	1.95a	-33.08	-1.93	-1.56	-1.42	-37.75	-33.41	-4.34	-236.4	-8.9	
-2.5 b	-2.5 b	-1.1	-1.1	3.9 a	-4.77	-0.99	-0.99	-125.8	-90.48	8.02 bc	-104.4	-10.8
-10 ab	-10 ab	-13.7	-13.7	1.1 a	0.38a	-1.18	-1.26	-44.06	-59.36	15.3 bc	-193	-3.6
-22 a	-22 a	-14.1	-14.1	7.8 a	1.35a	-3.89	-3.48	-179.8	-172.9	15.24 bc	-567.7	26.4a
-16.5 ab	-16.5 ab	-7.9	-7.8	3.6 a	4.65a	-1.82	-1.83	-102.5	-93.48	13.42 bc	-336.5	30.3a
-16 ab	-16 ab	-12.88	-10.98	4.57a	-0.95	-2.45	-2.39	-93.73	-70.18	3.44 bc	-214.8	15.8 b
-15 ab	-15 ab	3.21a	3.21a	-18.72	-1.73	-3.29	-2.98	-64.38	-92.32	27.64ab	-359.3	0.95
6.5	6.5	-0.35	-1.35	12.83a	0.71a	-5.39	-5.19	-170.9	-167.2	12.3 bc	-395.1	3
-8 ab	-8 ab	-18.4	-16.5	-2.5	4.07a	-4.22	-3.94	-182	-178.4	10.19 bc	-593.9	32.05a
13.5	13.5	-2.5	-2.6	22.5a	-1.42	-1.13	-1.06	-21.69	-7.44	27.35ab	-97.5	-9.4
-0.5 b	-0.5 b	12.4a	12.4a	-13.3	-3.9	-2.97	-2.34	-53.25	-92.47	39.22a	10.13a	-23.2
17.38	17.38	14.05	14.07	31.27	5.04	0.99	1.19	23.35	21.42	15.76	115.16	7.24

ESTADÍSTICAMENTE IGUALES



respecto al número de tallos por planta y número de panículas por planta los cruzamientos entre Champotón A-80 x Morelos A-92, Amistad 82 x CAEZ 113, RHS 810 x CAEZ 118 y RHS 883 x Chiapas A-84, manifestaron heterobeltiosis positiva significativa; por lo que a altura de planta se refiere, cinco híbridos mostraron tener heterobeltiosis negativa que varió desde -2.5 hasta 33.08; los demás híbridos mostraron heterobeltiosis positiva. En longitud de panícula se dividieron los resultados, encontrándose seis y seis entre positivos y negativos. Por otro lado se encontró que en las variables peso de panícula por planta y peso de grano por panícula, ningún híbrido mostró heterobeltiosis positiva, todos mostraron resultados negativos; lo mismo sucedió en la variable número de granos llenos; en número de granos por panícula, únicamente la cruce entre Champotón A-80 x Morelos A-92 resultó con heterobeltiosis positiva de 23.82, siendo las demás negativas significativas; caso contrario sucedió en números de granos vanos, donde el cruzamiento entre Amistad 82 x CAEZ 113 resultó con heterobeltiosis negativa de 32.2. Con respecto al peso de grano por parcela, la cruce RHS 883 x Chiapas A-84 mostró heterobeltiosis positiva de 10.13, y el resto de los híbridos fueron negativos; finalmente en peso de mil granos se encontró que seis cruzamientos fueron positivos y seis negativos; el valor mínimo en heterobeltiosis positiva fue de 0.95 y el máximo de 32.05.

### Comparación de heterosis útil en base a una variedad de riego

En el Cuadro 4.13 se muestran los resultados obtenidos para la heterosis útil tomando en cuenta a la variedad Morelos A-92 como base de comparación; el resultado fue que en el rendimiento no se encontró un híbrido con este carácter en forma positiva; todos los híbridos mostraron carecer del potencial de rendimiento para superar el rendimiento mostrado por ésta variedad. La misma situación se presentó en las variables días a floración y días a madurez, donde este carácter fue negativo significativo; con respecto al número de tallos y número de panículas por planta, las cruzas entre Champotón A-80 x Morelos A-92 y Amistad 82 x CAEZ 113, mostraron heterosis útil de 5.3 y 5.4, 2.95 y 3.05, respectivamente; en altura de planta, dos combinaciones resultaron positivas en esta característica, tal es el caso de RHS 852 x CAEZ 118 y RHS 901 x CAEZ 118 con 8.5 y 4.3, respectivamente; por otro lado en cuanto a peso de panícula por planta y peso de grano por panícula se refiere, todos los híbridos resultaron con heterosis útil negativa, en número de granos por panícula y número de granos llenos, las combinaciones entre Champotón A-80 x Morelos A-92 y Sureste A-90 x CAEZ 118 resultaron tener heterosis útil positiva con 47.08, 14.98, 51.26 y 40.62, respectivamente; la esterilidad en las panículas parece ser un factor importante en la ausencia de heterosis útil en los

s útil de 14 características agronómicas de 12 híbridos de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego.  
de riego como estimador. Zacatepec, Mor. p.v. 1993.

Días a floración	Días a madurez	Número tallos/planta	Número paníc./planta	Altura de planta	Longitud de panícula	Peso de panícula/planta	Número de granos/panícula	Peso de grano/panícula	Número de granos vanos	Peso de grano/parcela	Peso de mil granos	
-6.5	-6.5	5.3 a	5.4 a	-15.7	-1.1	-0.63	47.08a	-0.59	14.98a	32.2ab	-54.4	-9.1
-20	-20	2.95a	3.05a	-44.58	-6.59	-4.88	-98.53	-4.7	-92.93	-5.6	-486.9	-13.3
-27	-27	-4.9	-4.8	-14.3	-4.72	-1.25	51.26a	-1.28	40.62a	10.64	de -226.05	-12.9
-39	-39	-14.2	-14.1	-10.6	0.64a	-4.53	-122.16	-4.57	-138.24	16.08	cde -544.42	28.8 a
-39	-39	-13.4	-13.3	8.5	1.4 a	-4.05	-116.27	-3.61	-124.18	17.86	bc -530.64	24.3 a
-31.5	-31.5	-11.6	-11.5	4.3	4.7 a	-2.64	-102.2	-2.6	-108.24	16.04	cde -458.19	28.2 a
-44.5	-44.5	-9.97	-9.87	-6.93	-3.28	-4.96	-127.95	-4.84	-132.06	4.16	e -465.22	19 b
-43	-43	-0.59	-0.49	-28.72	-1.67	-4.11	-76.52	-3.75	-107.08	30.26abc	-480.99	4.15
-34	-34	-0.35	-0.45	-29.47	-2.64	-5.55	-107.42	-5.33	-118.46	11.04	d -358	-6.6
-39	-39	-15.5	-15.4	-14	0.62a	-4.38	-118.5	-4.07	-129.63	10.91	d 556.88	27.65a
-23	-23	-6.6	-6.6	-21.3	-4.1	-3.45	-5.49	-3.35	-29.36	23.87abcd	-460	-14.1
-37	-37	-1.1	-1	-25	-3.64	-5.29	-94.77	-4.63	-130.51	35.74a	-378.73	9.2 c

5	17.38	14.05	14.07	31.27	5.04	0.99	23.35	1.19	21.42	15.76	115.16	7.24
---	-------	-------	-------	-------	------	------	-------	------	-------	-------	--------	------

ADISTATICAMENTE IGUALES



híbridos, ya que únicamente la cruce entre Amistad 82 x CAEZ 113 mostró tener menor porcentaje de esterilidad en las panículas, ya que la heterosis útil positiva significativa alta se presentó en esta variable, lo cual también se reflejó en el peso de grano por parcela, donde todos los híbridos mostraron valores negativos para este carácter; en peso de mil granos, siete cruzamientos mostraron heterosis útil positiva, fluctuando desde 4.15 hasta 28.8, por lo que estos resultados fueron significativos.

#### Comparación de heterosis útil con una variedad temporalera

Para obtener estos caracteres se tomó en cuenta a la variedad Champotón A-80 y se encontró que en rendimiento la cruce entre Champotón A-80 x Morelos A-92 superó el promedio de rendimiento de dicha variedad con 2,663 kg por ha; el resto de los cruzamientos fueron negativos en las variables días a antesis y días madurez, los resultados fueron similares a los observados en la comparación con la variedad de riego, estos resultados se observan en el Cuadro 4.14. Por otro lado en las variables número de tallos y número de panículas por planta, las cruces entre Champotón A-80 x Morelos A-92 y Amistad 82 x CAEZ 113 mostraron heterosis útil positiva significativa de 4.2 y 5.3, 1.85 y 2.95, respectivamente; por lo que se refiere a altura de planta los híbridos resultaron con heterosis útil negativa, las



14 características agronómicas de 12 híbridos de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego.  
 (a) como estimador. Zacatepec, Mor. p.v. 1993.

Días a madurez	Número tallos/planta	Número paníc./planta	Altura de planta	Longitud de panícula	Peso de panícula/planta	Peso de grano/panícula	Número granos llenos	Número granos vanos	Peso de grano/parcela	Peso de mil granos
-6.5	4.2 a	5.3 a	6.3 a	6.31 bcd	1.9 a	1.88a	23.82a	24.76ab	119.85a	7
-20.5	1.85a	2.95a	-22.58	0.82 e	-2.36	-2.23	-121.79	-13.04	-312.65	2.8
-27	-6	-4.9	7.7 a	2.69 de	1.27a	1.19	28 a	24.8 a	3.2 d	3.2
-39	-15.3	-14.2	11.4 a	8.05abc	-2.01	2.03	-145.42	8.64 cd	-370.17	44.9 a
-39	-14.5	-13.4	30.5 a	8.81ab	-1.53	-1.14	-139.53	10.42 bcd	-356.39	40.4 a
-31.5	-12.7	-11.6	26.3 a	12.11a	-0.12	-0.13	-125.46	8.6 cd	-283.94	44.3 a
-44.5	-11.07	-9.97	15.07a	4.13 bcde	-2.44	-2.37	-151.21	-3.28	-290.97	35.1 b
-43.5	-1.69	-0.59	-6.72	5.74 bcde	-1.57	-1.28	-99.78	22.82abc	-306.74	20.25
-34	-0.75	-0.35	-7.47	4.67 bcde	-3.03	-2.86	-130.68	3.6 d	-183.75	9.3
-39	-16.6	-15.5	8 a	8.03abc	-1.86	-1.6	-141.76	3.47 d	-382.64	43.75a
-23	-7.7	-6.7	0.7 a	3.31 cde	-0.93	-0.88	-28.75	16.43abcd	-285.76	2
-37	-2.2	-1.1	-3	3.77 bcde	-2.77	-2.16	-118.03	28.3 a	-204.48	25.3
17.38	14.05	14.07	31.27	5.04	0.99	1.19	23.35	21.42	115.16	7.24

cuales fueron de -6.72, -7.47 y -22.58 en RHS 810 x CAEZ 118, Amistad 82 x RHS 852 y Amistad 82 x CAEZ 113, respectivamente. En longitud de panícula todos los híbridos superaron a la variedad Champotón A-80, con heterosis útil positiva significativa, variando desde 0.82 hasta 12.11. Por otro lado en peso de panícula por planta y peso de grano por panícula la cruce entre Champotón A-80 x Morelos A-92 mostró heterosis útil de 190 y 188 por ciento respectivamente; en número de granos por panícula la cruce anterior junto con Sureste A-90 x CAEZ 118 también se observó heterosis útil positiva significativa de 23.82 y 28, este último cruzamiento lo mostró también en número de granos llenos por panícula; en número de granos vanos, dos híbridos manifestaron heterosis útil negativa significativa de -3.28 y -13.04 en RHS 810 x CAEZ 113 y Amistad 82 x CAEZ 113; el resto de los híbridos manifestaron heterosis útil positiva significativa; en peso de grano por parcela, el híbrido Champotón A-80 x Morelos A-92 mostró heterosis positiva significativa de 119.85; finalmente en peso de mil granos todos los híbridos mostraron esta característica positiva significativa.

### Correlaciones fenotípicas

Para conocer como se relacionan algunas características agronómicas con el rendimiento, se realizó el análisis de correlación fenotípica para progenitores,

híbridos y para el grupo formado por ambos.

En el análisis realizado a los progenitores los resultados indican que días a madurez esta correlacionada significativamente con el rendimiento (.425 \*), con número de granos llenos y número de granos por panícula (.4203 \* y .4372\*), se observó una correlación altamente significativa con peso de grano por panícula y peso de panícula por planta; el número de tallos por planta se correlacionó significativamente con número de panículas por plantas y rendimiento de grano y se asoció negativamente con peso de mil granos; por otro lado la altura de planta se relacionó significativamente con longitud de panícula, peso de panícula por planta y peso de grano por panícula, aunque no así con el rendimiento; se observó una asociación altamente significativa entre el rendimiento con el peso de panícula por planta y peso de grano por panícula, el peso de mil granos mostró una asociación negativa con el rendimiento; los resultados completos de este análisis pueden observarse detenidamente en el cuadro 4.15.

En el Cuadro 4.16 se muestran las correlaciones fenotípicas de los híbridos donde se observan que días a madurez se asoció positivamente y en forma significativa con la mayoría de las características agronómicas mostrando con el rendimiento un valor de .6139 \*\*, con el peso de mil granos la asociación fue negativa significativa (-.5268 \*\*);

Cuadro 4.15. Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características agronómicas de 13 progenitores de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego. Zacatepec, Morelos.

DMZ	NTP	NPP	AP	LP	PEP	PGE	NGE	NGL	PMG	REND.
DMZ	1.0000	.2048	.1789	-.1008	.5403**	.5371**	.4372*	.4203*	-.1455	.4254 *
NTP	-----	1.0000	-.0938	-.2891	.1082	.1100	.0861	.1828	-.4737**	.6555 *
NPP	-----	-----	1.0000	-.2389	.1258	.1276	.0997	.1960	-.4863**	.6624 **
AP	-----	-----	-----	.6304**	.4655**	.4612**	-.0353	.0243	.2776	.2276
LP	-----	-----	-----	1.0000	.2290	.2262	-.2624	-.2475	.6189**	-.0721
PEP	-----	-----	-----	-----	1.0000	.9998**	.7103**	.7578**	-.2781	.7129 **
PGE	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	.7074**	.7565**	-.2766	.7177 **
NGE	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	.9748**	-.6759**	.4681 **
NGL	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	-.6995**	.5868 **
PMG	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	-.4254 *

\* Significativo al .05 de probabilidad  
 \*\* Significativo al .01 de probabilidad

DMZ Días a madurez  
 NTP Número de tallos por planta  
 NPP Número de panículas por planta  
 AP Altura de planta  
 LP Longitud de panícula  
 PEP Peso de panícula por planta  
 PGE Peso de grano por panícula  
 NGE Número de granos por panícula  
 NGL Número de granos llenos por panícula  
 PML Peso de mil granos  
 REND Rendimiento de grano por Ha.

las variables que se relacionaron positivamente con el rendimiento fueron número de tallos por planta, número de panículas por planta, peso de panícula por planta, peso de grano por panícula, número de granos por panícula y número de granos llenos; el peso de mil granos no estuvo asociado con el rendimiento ya que mostró un valor de  $-.5563^{**}$ ; los valores de correlación más altos fueron de  $.9846^{**}$ ,  $.8375^{**}$  y  $.8411^{**}$  observados en peso de panículas por planta con peso de grano por panícula, número de granos por panícula y número de granos llenos; otra alta asociación resultó entre número de granos llenos con número de granos por planta; al respecto Mahadevappa et al. (1989), señalan que el rendimiento de grano en los híbridos es debido mayormente al número total de tallos y en algunos casos al mayor número de panículas por unidad de área; asimismo Virmani et al. (1982), indican que los híbridos  $F_1$  se correlacionaron significativamente entre el amacollamiento, altura de planta, días a madurez con el rendimiento, del mismo modo coinciden con lo citado por Mahadevappa et al. (1989), en atribuir el incremento del rendimiento al número de panículas por unidad de área.

#### **Análisis de correlación para el grupo de progenitores e híbridos**

En este análisis realizado se observa que peso de mil granos y longitud de panícula se asociaron negativamente con

Cuadro 4.16. Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características agronómicas en 12 híbridos de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego. Zacatepec, Morelos.

	DMZ	NTP	NPP	AP	LP	PEP	PGE	NGE	NGL	PMG	REND
DMZ	1.0000	.5744**	.5728**	-.2985	-.3006	.5430**	.5255**	.6347**	.6434**	-.5628**	.6139**
NTP	-----	1.0000	.9999**	-.6491**	-.5928**	.1004	.1347	.3668	.3419	-.6660**	.4989**
NPP	-----	-----	1.0000	-.6475**	-.5912**	.1001	.1345	.3657	.3409	-.6647**	.4992**
AP	-----	-----	-----	1.0000	.7560**	.2388	.2225	-.0863	-.0598	.5002**	-.0582
LP	-----	-----	-----	-----	1.0000	.1107	.1040	-.2772	-.3262	.6769**	-.2063
PEP	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	.9846**	.8375**	.8411**	-.2516	.6767**
PGE	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	.8281**	.8283**	-.2384	.6813**
NGE	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	.9757**	-.6721**	.7853**
NGL	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	-.6875**	.7624**
PML	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	-.5563**

\*\* Altamente significativo al .05 de probabilidad

DMZ Días a madurez

NTP Número de tallos por planta

NPP Número de panículas por planta

AP Altura de planta

LP Longitud de panícula

PEP Peso de panícula por planta

PGE Peso de grano por panícula

NGE Número de granos por panícula

NGL Número de granos llenos por panícula

PML Peso de mil granos

REND Rendimiento de grano

el rendimiento; el primero fue altamente significativo (-.5479 \*\*), la segunda variable no fue significativa (-.1418 NS); el resto de las variables se relacionaron positivamente con el rendimiento donde se observa que el valor más alto de correlación lo muestra el peso de grano por panícula con el rendimiento (.7699 \*\*); otra variable correlacionada positivamente con el rendimiento y la mayoría de las variables fue días a madurez, estos resultados son muy similares a los observados en los análisis individuales para progenitores y para híbridos; la información completa de éste análisis en particular se muestra con detalle en el Cuadro 4.17.

En general, en los tres análisis realizados se encontró que número de panículas por planta, peso de panículas por planta y peso de granos por panícula se correlacionaron de manera positiva y altamente significativa con el rendimiento, lo cual indica que estos tres factores influyen de manera directa en el rendimiento, al respecto Rodríguez (1984), cita que las variables número de tallos por planta y número de panículas por planta se correlacionaron de manera positiva y significativa en dos condiciones de siembra (riego y temporal), y que éstos contribuyeron positivamente a la producción de grano debido a que son indicativos de mayor área fotosintética y vigor, y en particular el número de tallos y panículas por planta, aunados a los caracteres anteriormente mencionados son los

Cuadro 4.17. Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características agronómicas de 27 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego. Zacatepec, Mor.

DMZ	NTP	NPP	AP	LP	PEP	PGE	NGE	NGL	PMG	REND.	
DMZ	1.0000	.3722**	.0909	-.2267	.6247**	.5849**	.6158**	.6013**	-.4310**	.5849 **	
NTP	-----	1.0000	-.3129**	-.4405	.1365	.1515	.2398	.2579*	-.5839**	.5389 **	
NPP	-----	-----	1.0000	-.3141**	.4188**	.1358	.1517	.2407	.2556*	-.5849**	.5318 **
AP	-----	-----	-----	1.0000	.6335**	.4408**	.4336**	.0725	.0933	.2520*	.2412
LP	-----	-----	-----	-----	1.0000	.0936	.0972	-.2764*	-.3229**	.6226**	-.1418
PEP	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	.9941**	.8137**	.8198**	-.3827**	.7674 **
PGE	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	.8084**	.8140**	-.3711**	.7699 **
NGE	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	.9632**	-.7017**	.6741 **
NGL	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	-.7030**	.7074 **
PMG	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.0000	-.5479 **

\* Significativo al .05 de probabilidad

\*\* Significativo al .01 de probabilidad

DMZ Días a madurez

NTP Número de tallos por planta

NPP Número de panículas por planta

AP Altura de planta

LP Longitud de panícula

PEP Peso de panícula por planta

PGE Peso de grano por panícula

NGE Número de granos por panícula

NGL Número de granos llenos

PMG Peso de mil granos

REND Rendimiento de grano



que mejor contribuyen en el rendimiento.

### Análisis de coeficientes de sendero

Un coeficiente de sendero es simplemente un coeficiente de regresión parcial estandarizado que mide el efecto directo de una variable a otra, y permite realizar una partición de las correlaciones en componentes de efectos directos e indirectos.

Los coeficientes de sendero se calculan de acuerdo a la metodología seguida por Dewey y Lu (1959), que inicia con la construcción diagramática de un sistema de fuerzas, causas y efectos.

En el presente estudio para la construcción de dicho diagrama se eligieron las variables que a continuación se enlistan:

Variables	Correlaciones con el rendimiento.		
	Progen.	Híbrid.	Grupo
Días a madurez	.4254**	.6139**	.5849**
Nº de tallos/planta	.6555**	.4849**	.5389**
Nº de panículas/planta	.6624**	.4992**	.5318**
Altura de planta	.2276	-.0582	.2412
Longitud de panícula	-.0721	-.2063	-.1418
Peso de panícula/planta	.7129**	.6767**	.7674**

Peso de grano/panícula	.7177**	.6813**	.7679**
N <sup>o</sup> de granos/panícula	.4681**	.7853**	.6741**
Número de granos llenos	.5868**	.7624**	.7074**
Peso de mil granos	-.4254**	-.5563**	-.5479**

En los Cuadros 4.18, 4.19 y 4.20 se muestran los análisis de coeficientes de sendero para progenitores, híbridos y ambos en grupo, que se sitúan sobre la diagonal y fuera de ésta las vías indirectas que concurren hacia el rendimiento. Estos resultados se obtuvieron con el paquete de computación denominado "MATLAB" de la Universidad de Nuevo México, U.S.A., con las siguientes especificaciones:

Primero se formó una matriz 10 x 10 denominada "A", la cual la formaron las correlaciones fenotípicas de las 10 variables a analizar.

Posteriormente se enlistaron las correlaciones de las variables con el rendimiento. Este se nombró vector "R".

Posteriormente con el comando  $B = \text{Inv}(A) * R$  se obtuvo el vector de coeficiente de sendero buscado denominado "B".

Con el comando  $E = \text{SQRT}(1 - B' * R)$  se obtuvo el coeficiente de sendero del residual denominado "E".

Con el comando  $C = A * \text{DIAG} (B)$  se obtuvo la matriz en la cual los efectos directos (coeficientes de sendero) se encontraron en la diagonal y los demás son los efectos indirectos; para la comparación a la derecha se colocó el vector "R", el cual corresponde a las correlaciones de la variable de respuesta, (Adaptado de Reyes, 1992).

En el Cuadro 4.18 se observan los efectos directos de las variables antes mencionadas donde se observan coeficientes de sendero positivos y negativos, como es el caso de los progenitores donde el efecto directo de las variables días a madurez, número de tallos por planta, longitud de panícula, peso de panícula por planta y número de granos por panícula fue negativo hacia el rendimiento; los efectos directos positivos hacia el rendimiento lo mostraron número de panículas por planta y peso de grano por panícula con 1.4619 y 3.0129; estos resultados coinciden con los reportados por Wong (1982) en arroz; una de las observaciones importantes es que los coeficientes de sendero positivos no tienen una correlación fenotípica igual, tal es el caso del carácter días a madurez y peso de panícula por planta con rendimiento (Cuadro 4.18) que tiene una correlación positiva pero el coeficiente de sendero es negativo; esta consideración es válida para las demás relaciones de coeficientes de sendero y correlaciones fenotípicas; este caso se presenta donde ambos efectos tienen una respuesta casi similar en tamaño y signo, siendo

Cuadro 4.18. Coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos en 10 características agronómicas con el rendimiento de 13 progenitores de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego. Zacatepec, Mor.

DMZ	NTP	NPP	AP	LP	PEP	PGE	NGE	NGL	PMG	REND.
<u>-.1365</u>	-.1760	.2994	.0113	.0431	-1.1874	1.6182	-.2234	.2296	-.0528	.4254 *
-.0280	<u>-.8626</u>	1.4508	-.0059	.1237	-.2378	.3314	-.0440	.0998	-.1720	.6555 **
-.0280	-.8560	<u>1.4619</u>	-.0053	.1022	-.2765	.3844	-.0510	.1070	-.1766	.6624 **
-.0244	.0809	-.1212	<u>.0633</u>	-.2697	-1.0230	1.3896	.0180	.0133	.1008	.2276
.0138	.2494	-.3492	.0399	<u>-.4278</u>	-.5033	.6815	.1341	-.1352	.2247	-.0721
-.0738	-.0933	.1839	.0295	-.0980	<u>-2.1976</u>	3.0123	-.3630	.4139	-.1010	.7129 **
-.0733	-.0949	.1865	.0292	-.0968	-2.1972	<u>3.0129</u>	-.3615	.4132	-.1004	.7177 **
-.0597	-.0743	.1458	-.0022	.1123	-1.5610	2.1313	<u>-.5111</u>	.5324	-.2454	.4681 **
-.0574	-.1577	.2865	.0015	.1059	-1.6654	2.2793	-.4982	<u>.5462</u>	-.2540	.5868 **
.0199	.4086	-.7109	.0176	-.2648	.6112	-.8334	.3454	-.3820	<u>.3631</u>	-.4254 *

E = .2956

-----  
Efectos directos

\* Significativo al .05 de probabilidad

\*\* Significativo al .01 de probabilidad

DMZ Días a madurez

NTP Número de tallos por planta

NPP Número de panículas por planta

AP Altura de planta

LP Longitud de panícula

E Residual

PEP Peso de panícula por planta

PGE Peso de grano por panícula

NGE Número de granos por panícula

NGL Número de granos llenos por panícula

PML Peso de mil granos

REND Rendimiento de grano por Ha.

éste el número de granos llenos con rendimiento de grano. El efecto positivo y negativo es un reflejo de todas las vías indirectas que tiene un carácter para mostrar su relación o asociación con el rendimiento como se observa al pie del cuadro 4.18, en que se tiene un efecto residual bajo el cual considera todos los demás efectos de los componentes del rendimiento (conocidos o desconocidos) que pueden ser de origen morfológico o fisiológico, los cuales no se incluyeron para la estimación más precisa de los efectos sobre el rendimiento.

Una observación curiosa que no se esperaba por su alta correlación con el rendimiento, es la observada en la variable peso de panícula por planta donde se observa una correlación de .7129\*\*, pero su efecto directo hacia el rendimiento es de -2.1976; en general todas las vías indirectas de esta variable fueron negativas a excepción con el peso de mil granos donde su efecto indirecto hacia el rendimiento fue positivo.

El Cuadro 4.19 corresponde al análisis de sendero realizado en forma individual a los 12 híbridos donde se observa la tendencia de una relación directa entre los coeficientes de sendero y las correlaciones fenotípicas; el efecto directo más alto hacia el rendimiento lo muestra la variable número de panículas por planta con 3.3876; además influyó de manera similar pero indirectamente a través de

Cuadro 4.19. Análisis de coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos de 10 características agronómicas con el rendimientos de 12 híbridos de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego. Zacatepec, Mor.

DMZ	NTP	NPP	AP	LP	PEP	PGE	NGE	NGL	PMG	REND
<u>.0769</u>	-1.6971	1.9404	-.0804	.0067	.0167	-.0012	.4628	-.0685	-.0425	.6139 **
.0442	<u>-2.9546</u>	3.3873	-.1748	.0132	.0031	-.0003	.2674	-.0364	-.0503	.4989 **
.0441	-2.9543	<u>3.3876</u>	-.1744	.0132	.0031	-.0003	.2666	-.0363	-.0502	.4992 **
-.0230	1.9178	-2.1935	<u>.2693</u>	-.0169	.0074	-.0005	-.0629	.0064	.0378	-.0582
-.0231	1.7515	-2.0028	.2036	<u>-.0223</u>	.0034	-.0002	-.2021	.0347	.0511	-.2063
.0418	-.2966	.3391	.0643	-.0025	<u>.0308</u>	-.0023	.6106	-.0895	-.0190	.6767 **
.0404	-.3980	.4556	.0599	-.0023	.0303	<u>-.0024</u>	.6038	-.0881	-.0180	.6813 **
.0488	-1.0837	1.2389	-.0232	.0062	.0258	-.0020	<u>.7291</u>	-.1038	-.0507	.7853 **
.0495	-1.0102	1.1548	-.0161	.0073	.0259	-.0020	.7114	<u>-.1064</u>	-.0519	.7624 **
-.0433	1.9678	-2.2518	.1347	-.0151	-.0078	.0006	-.4900	.0732	<u>.0755</u>	-.5563 **

E = .5273

Efectos directos

\*\* Altamente significativo al .05 de probabilidad

DMZ Días a madurez

NTP Número de tallos por planta

NPP Número de panículas por planta

AP Altura de planta

LP Longitud de panícula

E Residual

PEP Peso de panícula por planta

PGE Peso de grano por panícula

NGE Número de granos por panícula

NGL Número de granos llenos por panícula

PML Peso de mil granos

REND rendimiento de grano

número de granos por panícula, número de tallos por planta y número de granos llenos (1.2389, 3.3873 y 1.1548), sin embargo se observa que el efecto directo de número de tallos por planta hacia el rendimiento fue alto y negativo (-2.9546), pero su efecto indirecto a través de altura de planta y longitud de panícula fueron altos (1.9178 y 1.7515), siendo las únicas vías positivas en las que participa con el rendimiento; otro efecto directo alto lo mostró el número de granos llenos (.7291), y otros efectos negativos hacia el rendimiento se observaron en peso de grano por panícula(-.0024), longitud de panícula (-.0223) y número de granos llenos (-.1064). Con respecto al efecto residual en este caso fue alto (.5273) comparado con el resultado de los progenitores, debido principalmente a la alta diferencia en la respuesta de los híbridos en relación con el rendimiento y los efectos directos del análisis de sendero.

Finalmente en el análisis de sendero realizado para el grupo de 27 genotipos (Cuadro 4.20) en el cual se incluyeron los progenitores, híbridos y las dos líneas testigo, en que a diferencia de los dos análisis anteriores aquí, el efecto directo de número de tallos por planta fue el más alto (1.0745); además también influye indirectamente de la misma manera a través del número de panículas por planta (1.071), resultados son similares a los reportados por Calixto (1975), quién trabajando con trigo encontró



Cuadro 4.20. Análisis de coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos de 10 características agronómicas con el rendimiento de 27 genotipos de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego. Zacatepec, Mar.

	DMZ	NTP	NPP	AP	LP	PEP	PGE	NGE	NGL	PMG	REND.
DMZ	<u>-.0335</u>	.3999	-.2314	.0124	.0057	.2882	.0959	-.1166	.1368	.0275	.5849 **
NTP	-.0125	<u>1.0745</u>	-.6274	-.0427	.0110	.0630	.0236	-.0465	.0587	.0373	.5389 **
NPP	-.0123	1.0710	<u>-.6295</u>	-.0429	.0104	.0626	.0236	-.0467	.0581	.0373	.5318 **
AP	-.0030	-.3362	.1977	<u>.1366</u>	-.0158	.2033	.0675	-.0141	.0212	-.0161	.2412 NS
LP	.0076	-.4733	.2636	.0865	<u>-.0250</u>	.0432	.0151	.0536	-.0734	-.0397	-.1418 NS
PEP	-.0209	.1467	-.0855	.0602	-.0023	<u>.4613</u>	.1549	-.1578	.1865	.0244	.7674 **
PGE	-.0206	.1628	-.0955	.0592	-.0024	.4586	<u>.1558</u>	-.1568	.1851	.0237	.7699 **
NGE	-.0201	.2577	-.1515	.0099	.0069	.3754	.1259	<u>-.1939</u>	.2191	.0448	.6741 **
NGL	-.0201	.2771	-.1609	.0127	.0081	.3782	.1268	-.1868	<u>.2275</u>	.0448	.7074 **
PMG	.0144	-.6274	.3682	.0344	-.0155	-.1765	-.0578	.1361	-.1599	<u>-.0638</u>	-.5479 **

E = .4469

----- Efectos directos

E Residual

DMZ Días a madurez

NTP Número de tallos por planta

NPP Número de panículas por planta

AP Altura de planta

LP Longitud de panícula

NS No significativo

\*\* Altamente significativo al .01 de probabilidad

PEP Peso de panícula por planta

PGE Peso de grano por panícula

NGE Número de granos por panícula

NGL Número de granos llenos

PML Peso de mil granos

REND Rendimiento de grano



resultados de la misma magnitud; la misma situación se presenta con las variables días a madurez, longitud de panícula, número de panículas por planta, número de granos por panícula, y peso de mil, granos cuyos efectos directos hacia el rendimiento resultaron negativos; las variables con efectos positivos los mostraron peso de panícula por planta, peso de grano por panícula, altura de planta y número de granos llenos; además de la variable mencionada al principio, los efectos directos e indirectos de este grupo fueron negativos y positivos; en cuanto al efecto residual éste fue alto (.4469) pero poco menor al observado en los híbridos.

## V DISCUSION

Dado que se realizaron análisis de varianza individuales para progenitores, híbridos y ambos en grupo, la discusión se generalizará para los tres análisis.

Los resultados obtenidos en los análisis de varianza tanto para el carácter de rendimiento en kg por ha, así como para cada una de las 14 características evaluadas en los genotipos, se encontraron diferencias altamente significativas. Lo primero era de esperarse debido a la amplia diversidad genética y geográfica de los progenitores utilizados, 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 y de diferentes ciclos vegetativos así como de diferentes portes; variedades originadas en diferentes partes del país así como en el extranjero, revelando ésto que varios genotipos son promisorios para obtener recombinantes para hibridación y por selección, identificar genotipos superiores para riego y temporal o simultáneamente para ambas condiciones; no obstante lo encontrado en los análisis pudieron haberse presentado factores no controlados debido al tipo de diseño utilizado, al material genético insuficiente para varias repeticiones,

y en otras ocasiones a efectos ambientales ejercidos sobre los caracteres evaluados. A la vez el sistema de siembra por transplante, pudo haber influido en la no detección de significancia en algunas variables, ya que dentro del terreno las condiciones de siembra son muy heterogéneas lo cual pudo provocar dicha situación.

En la comparación de medias generales, principalmente en el rendimiento, se observó que los pregenitores presentaron diferencias muy significativas; esta comparación resulta importante pues los genotipos seleccionados no poseen el mismo orden de significancia; en relación al rendimiento de los híbridos las diferencias muy contrastantes fueron debidas en gran parte a un alto porcentaje de esterilidad de las panículas, situación atribuible al gran crecimiento de los híbridos cuya energía la ocuparon en desarrollar vegetativamente y no en llenado de grano, asimismo las diferencias contrastantes en peso de mil granos observado en los genotipos menos rendidores, se atribuye al tamaño del grano pues en estos casos el tipo de grano es alargado extragrande y cuyo peso es superior al de aquellos que mostraron mayor cantidad de granos llenos pero el grano es alargado mediano.

En relación a la heterosis en rendimiento, únicamente dos híbridos resultaron con heterosis positiva los cuales son las  $F_1$  de las cruzas entre Champotón A-80 x Morelos

A-92 y RHS 883 x Chiapas A-84, donde el incremento del rendimiento es atribuido a la heterosis positiva mostrada en las variables número de tallos por planta, número de panículas por planta, peso de grano por panícula y al número de granos llenos, a una reducción o heterosis negativa en altura de planta; el no encontrar 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 los híbridos pero negativa en el rendimiento, esto es atribuido a la forma y tamaño del grano como se mencionó anteriormente ya que algunos tienen tipos de grano alargado grande y debido a esto con mejor peso; 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, del mismo modo mencionan que el peso de grano fue la razón del incremento significativo en el rendimiento, coincidiendo esto con lo reportado por Wong (1982); por otro lado Van Phan y Tran Dinh Lon (1991), mencionan que la naturaleza del control genético de la cantidad de heterosis obtenible en panículas por planta y que su identificación donadora, es heredable.

Con respecto a la heterobeltiosis únicamente se encontró este carácter positivo en la cruza RHS 883 x Chiapas A-84; la explicación a esto es que el rendimiento de la F<sub>1</sub> de esta cruza superó al mejor progenitor que fue en este caso Chiapas A-84, por lo tanto este híbrido heredó el potencial de rendimiento donado por la variedad antes mencionada, aunque el rendimiento de este híbrido fue bajo; por lo anterior se puede deducir que utilizando esta variedad como progenitor y buscando otro con alto potencial de rendimiento se podría 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 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 que varió de 2 a 246 por ciento, en este trabajo fue de 225 por ciento situación que también coincide.

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 en la estimada tomando como base a una variedad de temporal como lo es la Champotón A-80, la progenie de la cruza Champotón A-80 x Morelos A-92 superó en rendimiento a esta variedad; en este caso puede atribuirse al potencial de rendimiento donado por ambos progenitores pues esta  $F_1$  en rendimiento fue estadísticamente igual a los mejores genotipos.

Referente a la heterosis útil Sahai et al. (1987), citan que observaron heterosis útil en todos los híbridos evaluados, la heterosis útil encontrada fue en 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 por ciento, algunas de estas situaciones coinciden con los resultados de este trabajo en particular; asimismo Virmani y Edwards (1983), citan que estudios realizados en IRRI detectaron un 34 por ciento de heterosis útil.

En las correlaciones fenotípicas generales y en especial la de rendimiento, se observó que no todos los caracteres en este estudio siguen un patrón definido en cada cruza; no son semejantes en cada una de ellas; 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 los híbridos y en el análisis en grupo ya que en los progenitores la correlación con rendimiento fue negativa; la tendencia de los híbridos fue la de mantener altura de planta intermedia es decir no igualó la altura de sus progenitores; por otro lado y en general para los tres análisis de correlación, el rendimiento fue atribuido al número de tallos y panículas por planta, al peso de panículas por plantas, al peso de grano por panícula y al número de granos y granos llenos por panícula; en el peso de mil granos en los tres análisis se asoció negativamente con el 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, ni con lo encontrado en esta investigación, como en el caso de lo reportado por Ram (1992), quien reporta que los coeficientes de correlación fenotípica del rendimiento con número de tallos por planta, fue positivo y significativo.

El carácter número de tallos es uno de los caracteres que presenta una correlación fenotípica con el 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, el mayor número de tallos y bajo las condiciones anteriores se esperarían 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 un 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 de este cereal, entendiéndose como tal, a las variedades con 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 estos difieren en relación al tipo de cruce entre los diferentes progenitores; es decir la influencia de los componentes no es la misma en intensidad.

En forma general se encontró que los componentes del rendimiento determinados 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 carácter dado en el efecto final, al rendimiento y a las correlaciones entre los otros caracteres y el mismo rendimiento.

Mediante la técnica de los coeficientes de sendero, se determinó que el número de panículas por planta, número de tallos por planta y peso de grano 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 (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 tomarse en cuenta en las selecciones, son peso de panícula por planta y peso de grano por panícula, ésto al finalizar el ciclo de cultivo y que la selección sea dirigida hacia potencial de rendimiento. Respecto al análisis de sendero Zhang (1991), señala que con la utilización de este tipo de análisis pueden desarrollarse nuevos progenitores para seleccionar en la hibridación dirigida hacia la heterosis; Mishra et al. (1973), cita que con las correlaciones y los análisis de sendero, se identificó que granos por panícula y peso del grano tienen mayor efecto en el rendimiento de grano de arroz que el número de tallos efectivos; esta situación concuerda con las dos primeras indicaciones, pero difiere en 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).

## VI CONCLUSIONES

- Existe amplia variabilidad en los componentes de rendimiento, así como en otras características agronómicas evaluadas bajo condiciones de riego.
- Los híbridos Champotón A-80 x Morelos A-92 y RHS 883 x Chiapas A-84 mostraron heterosis positiva significativa de 727 y 2083 kg por ha en rendimiento.
- El híbrido RHS 883 x Chiapas A-84 mostró heterobeltiosis de 225 kg por ha, en rendimiento.
- En heterosis útil ningún híbrido superó a la variedad de riego, pero la F<sub>1</sub> de la cruce Champotón A-80 x Morelos A-92 superó a la variedad temporalera con 2663 kg por ha.
- El rendimiento de grano de arroz presentó correlaciones positivas significativas con días a madurez y altamente significativas con número de tallos y panículas por planta, peso de panícula por planta, número de granos y granos llenos por panícula y peso de grano por panícula en los tres

análisis.

- El peso de mil granos se asoció negativamente con el rendimiento en los tres análisis.
  
- De todos los híbridos, los resultantes de la cruza Champotón A-80 x Morelos A-92 y Sureste A-90 x CAEZ 118 fueron los que más rindieron con, 13,820 y 10,006 kg por ha, lo que los coloca como promisorios.
  
- Los efectos directos resultados de los coeficientes de sendero fueron más importantes que los efectos indirectos.
  
- Con los coeficientes de sendero se determinó que número de panículas por planta, peso de grano por panícula, número de granos llenos, número de tallos y panículas por planta, son los componentes más importantes del rendimiento y en menor escala el peso de mil granos.

## RESUMEN

En el ciclo p.v. de 1993 se evaluaron 27 genotipos de arroz (Oryza sativa L.) bajo condiciones de riego-transplante en el Campo Experimental de Zacatepec Morelos, utilizando un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. Los objetivos de esta investigación fueron: Estudiar la variabilidad en diferentes características cuantitativas en 13 progenitores y 12 híbridos de arroz, estimar tres diferentes formas de heterosis para diferentes características agronómicas de arroz, calcular las correlaciones fenotípicas en diferentes pares de características agronómicas de progenitores e híbridos, y estimar que características están relacionadas con el rendimiento directa e indirectamente mediante coeficientes de sendero.

Los tres análisis de varianza realizados mostraron diferencias significativas y altamente significativas en todas las variables estudiadas en el campo, como son; rendimiento, días a floración y madurez, número de tallos y panículas por planta, altura de planta, longitud de panícula, peso de panícula por planta, peso de grano por panícula, número de granos y granos llenos por panícula y peso de mil granos.



El máximo rendimiento fue mostrado por las variedades progenitoras RHS 852 y Morelos A-92 con 15835 y 15029 kg por ha respectivamente; entre los híbridos mejores rendidores se situaron Champotón A-80 x Morelos A-92 y Sureste A-90 x CAEZ 118, con 13,820 y 10,006 kg/ha, los cuales son estadísticamente iguales a los mejores rendidores.

Las F<sub>1</sub>s de las cruzas entre Champotón A-80 x Morelos A-92 y RHS 883 x Chiapas A-84 mostraron heterosis positiva significativa (727 y 2083) en rendimiento, asimismo la segunda craza mostró heterobeltiosis positiva (225); en heterosis útil mediante la utilización de una variedad para riego, ningún híbrido superó a la variedad Morelos A-92 que sirvió como comparación; por el contrario en la heterosis útil mediante la comparación con una variedad temporalera la craza entre Champotón A-80 x Morelos A-92 superó a la variedad Champotón A-80 con (2663), la cual sirvió para ésta estimación.

El rendimiento de grano estuvo correlacionado positiva y significativamente con las variables días a madurez, número de tallos y panículas por planta, peso de panículas por planta, peso de grano por panícula, número de granos y granos llenos por panícula; el peso de mil granos se asoció negativa y significativamente con el rendimiento, y la longitud de panícula se correlacionó en forma negativa pero no significativa.

Al realizar el análisis de sendero, se encontró que el número de tallos por planta manifestó el mayor efecto directo hacia el rendimiento en el análisis realizado al grupo de 27 genotipos, cosa que no sucedió en el realizado a los progenitores e híbridos por separado, donde el número de panículas por planta mostraron los valores de efectos directos e indirectos más altos; otros factores con altos efectos directos son el peso de granos por panícula, peso de panículas por planta y número de granos llenos; en el análisis realizado a los progenitores se observó que el efecto directo negativo más alto lo mostró peso de panículas por planta, asimismo sus efectos indirectos en general fueron negativos; en este mismo análisis el peso de grano por panícula resultó con los efectos directos e indirectos positivos hacia el rendimiento más altos.

crested wheatgrass seed production. *Agronomy Journal*. 51: 515-518.

Ekanayake, I.J., D.P. Garrity, and S.S. Virmani. 1986. Heterosis for root pulling in  $F_1$  rice hybrids. *Int. Rice Res. Newsl.* 11(3): 6.

Fonseca, S. and F.L. Patterson. 1968. Yield component heritabilities and interrelationships in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Sci.* 8(5): 614-617.

Goldemberg, J.B. 1968. El empleo de la correlación en el mejoramiento genético de las plantas. *Fitotecnia Latinoamericana*. 5(2): 1-8.

Gravois, A.K., and R.W. McNew. 1993. Combining ability and heterosis in U.S. southern long-grain rice. *Crop Sci.* 33: 83-86.

---

\_\_\_\_\_ 1993b. Genetic relationships among and selection for rice yield and yield components. *Crop Sci.* 33: 249-252.

Hernández, A.L. 1992. Nuevos rumbos en el cultivo de arroz. 1<sup>a</sup> parte. *Cuadernos de Nutrición*. 15(6): 18-32.

---

\_\_\_\_\_ 1993. Nuevos rumbos en la producción de arroz. 2<sup>a</sup> parte. *Cuadernos de Nutrición*. 16(1): 18-32.

Ise, K. 1992. Inheritance of a low-tillering plant type in rice. *Int. Rice Res. Newsl.* 17(4): 5-6.

Janoria, M.P. 1989. A basic plant ideotype for rice. *Int. Rice Res. Newsl.* 14(3): 12-13.

Jennings, P.R., W.R. Coffman y H.E. Kauffman. 1981. Mejoramiento de arroz. *Centro Internacional de Agricultura Tropical*. pp 65-66.

Junhua, P. and T. Shoujun. 1991. Analysis of heterotic relationships among quantitative characters on hybrids rice. *Int. Rice Res. Newsl.* 16(4): 6-7.

Kaleque, M.A., O.I. Joarder and A.M. Eunus. 1978. Correlations studies and the application of discriminant function selection in rice breeding. *Genetic Agron.* 31: 333-345.

Kaushik, R.P. and K.D. Sharma. 1986. Extent of heterosis in rice (*Oryza sativa* L.) under cold



- stress conditions-yield and its components. Theor. Appl. Genet. 73: 136-140.
- Kaw, R.N. and N.M. de la Cruz. 1992. Heterosis in physiochemical grain quality characters in intervarietal hybrids in rice. Biol. Abstr. 94(3): AB-6.
- Kumar, I. and S.S. Saini. 1973. Path analysis in short-statured rice varieties. Indian Journal of Genetics & Plant Breeding. 33(1): 13-15.
- Latif, T., M. Shamid, M. Iqbal and A. Majeed. 1991. Estimation of heterosis and heterobeltiosis in rice (Oryza sativa L.). Biol. Abstr. 94(1): AB-11.
- Leenakumari, S., M. Mahadevappa, B. Vidyachandra and R.A. Krishnamurthy. 1993. Performance of experimental rice hybrids in Bangalore, Karnataka, India. Int. Rice Res. Newsl. 18(1): 16.
- Lenka, D. and B. Misra. 1973. Path-coefficient analysis of yield in rice varieties. Indian J. Agric. Sci. 376-379.
- Mahadevappa, M., Vishakantha, N.D.R.K. Sarma and K.V. Govindaraj. 1989. Stubble planting-promising vegetative propagation method for hybrid rice. Int. Rice Res. Newsl. 14(4): 9-10.
- Majumder, M.K., R.N. Dey and S.P. Banerjee. 1971. Studies on genetic variability and correlation in some rice varieties. Indian Agric. 15(1, 2): 191-198.
- Mallik, S., A.M. Aguilar, and B.S. Vergara. 1988. Rice panicles characteristics. Int. Rice Res. Newsl. 13(5): 7-8.

Evaluation of F<sub>1</sub> hybrids on the Cuu Long Delta, Vietnam. Int. Rice Res. Newsl. 10(3): 19.

- Nguyen, T.L. and B.C. Buu. 1993. Combining ability and heterosis for some physiological traits in rice. Int. Rice Res. Newsl. 18(1): 7-8.
- Patnaik, R.N., K. Pande, S.N. Ratho and P.J. Jachuck. 1991. Consistent performance of rice hybrids. Biol. Abstr. 93(6): AB-15.
- Peng, J.Y., J.C. Glaszmann, and S.S. Virmani. 1988. Heterosis and isozyme divergence in indica Rice. Crop Sci. 28: 561-563.
- Ponnuthurai, S. 1985. Yield depression in F<sub>2</sub> hybrids of rice (Oryza sativa L.) Int. Rice Res. Newsl. 10(3): 21.
- Ramalingam, J., N. Nadarajan, C. Vanniarajan and P. Rangasamy. 1993. A path coefficient analysis of rice panicle traits. Int. Rice Res. Newsl. 18(1): 20-21.
- Ram, T. 1992. Heterosis and inbreeding depression in rice. Int. Rice res. Newsl. 17(5): 7.
- Rangaswami, M., H. Nataramoorthy and S.R.S. Rangasamy. 1988. Inbreeding depression of yield in rice hybrids. Int. Rice Res. Newsl. 13(2): 4-5.
- 
- 1988b. Hybrid rice heterosis in Tamil Nadu. Int. Rice Res. Newsl. 13(3): 5-6.
- Rangaswamy, M. and K. Natarajamoorthy. 1988. Hybrid rice in Tamil Nadu. Int. Rice Res. Newsl. 13(3): 5-6.
- Rao, I.N., G.M. Rao, P.S.S. Murthy, and K.V. Seetharamaiah. 1985. Performance of IRRI hybrids rices in Andra Pradesh. Int. Rice Res. Newsl. 10(6): 8.
- Rao, M.J.B. 1989. Inheritance of grain length, width, thickness, and weight in Pakistan Basmati/IR 1469 and Pakistan Basmati/Paizam 242. Int. Rice Res. Newsl. 14(5): 10-11.
- Reddy, C.D.R. and Y.S. Nerkar. 1991. Heterosis in F<sub>1</sub> inbreeding depression and heritability estimates in F<sub>2</sub> of rice crosses. Biol. Abstr. 93(6): AB-15.

- Reyes, V.M.H. 1992. Análisis de senderos con el paquete "MATLAB". Laboratorio de Genética Biométrica. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México.
- Robinson, H.F., R.E. Comstock and P.H. Harvey. 1951. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection. *Agron. Journ.* 43: 282-287.
- 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.
- Robles, S. R. 1987. Terminología genética y fitogenética. Edit. Trillas. México. p 71.
- Rodríguez, A.J.H. 1984. Análisis dialéctico de cruzas de arroz (Oryza sativa L.) para obtener resistencia a sequía. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Sahai, V.N., S. Saran, and R.C. Chaudhary. 1987. Hybrid rice research in Bihar, India. *Int. Rice Res. Newsl.* 12(2): 23.
- Saini, S.S. and M.R. Gagneja. 1975. Interrelationships between yield and some agronomic characters in short statured rice cultures. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding.* 35(3): 441-445.
- Sajjad, M.S. 1988. Manifestation of heterosis in rice (Oryza sativa L.) in a saline environment. *Int. Rice Res. Newsl.* 13(6): 21-22.
- Sampath, S. 1973. Origins of cultivated rices. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding.* 33(2): 157-161.
- Schwartz, D. and WJ Laughner. 1969. A molecular basis for heterosis. *Science.* 166: 626-627.
- Schnell, F.W. and C.C. Cockerham. 1992. Multiplicative vs. arbitrary gene action in heterosis. *Biol. Abstr.* 94(6): AB-454.
- Sharma, J.P. and S.C. Mani. 1989. A medium-duration, high-yielding, scented hybrid rice. *Int. Rice Res. Newsl.* 14(2): 7.

- Yamauchi, M., S.S. Virmani and B.S. Vergara. 1985. Harvest index and straw weight of some experimental F<sub>1</sub> rice hybrids. Int. Rice Res. Newsl. 10(3): 19-21.
- Zhang, W. 1991. Path analysis of additive and non additive correlative heritability. Biol. Abstr. 93(5): AB-524.