

6077
esp 2

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

EFFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA INFECCION DE LA PIRICULARIA (Pyricularia oryzae Cav) EN EL CUELLO DE LA PANICULA DEL ARROZ
(Oryza sativa L.)

T E S I S

PRESENTADA AL PROGRAMA DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS EN CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO

P O R:

JORGE ESTEBAN RODAS G.

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO DE

MAGISTER SCIENTIAE

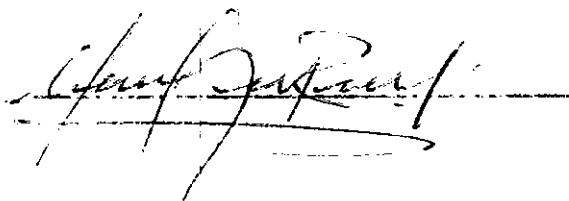
MAYO , 1975

BOGOTA - COLOMBIA

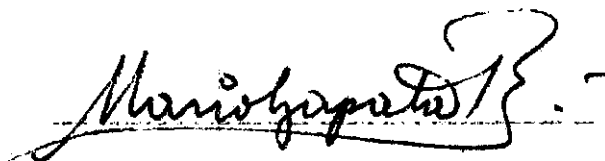
TESIS APROBADA POR :

COMITE CONSEJERO

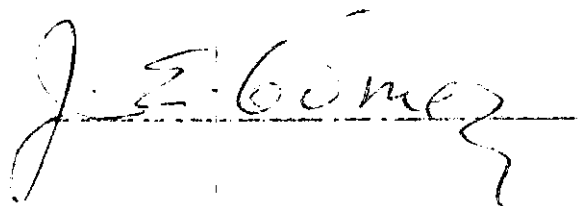
MANUEL J. ROSERO, Ph.D.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Manuel J. Rosero', written over a horizontal dashed line.

MARIO ZAPATA, Ph.D.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mario Zapata', written over a horizontal dashed line.

JOSE ELIECER GOMEZ M. Sc.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. E. Gomez', written over a horizontal dashed line.

"El Presidente de Tesis y el Consejo Examinador de grado no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato".

(Artículo 217 de los Estatutos de la Universidad Nacional).

A LA MEMORIA DE MI MADRE

A CLAUDIA ROCIO

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus sinceros agradecimientos al Ministerio de Agricultura y Ganadería del Paraguay, entidad que hizo posible la culminación de sus estudios y del presente trabajo de tesis.

A los doctores Manuel J. Rosero, Mario Zapata y José E. Gómez, Miembros del Comité Consejero.

Al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y a la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ).

A los Técnicos del C.N.I.A. La Libertad, ICA. Villavicencio.

A los doctores Juan Ospina y Orlando Martínez, Oficina Central de Estadística, ICA, Tibaitatá.

A la Lic. Lupe Bustamante, Bibliotecóloga, ICA, Tibaitatá.

C O N T E N I D O

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Síntomas y factores que influncian la enfermedad.	4
2.2. Daños ocasionados en la producción.	6
2.3. Métodos utilizados en la estimación de daños por plagas y enfermedades.	10
2.3.1. Estimación del daño causado por la pi- ricularia en el arroz.	14
3. MATERIALES Y METODOS	18
3.1. Localización.	18
3.2. Experimentos realizados.	18
3.3. Material utilizado	19
3.4. Prácticas de cultivo	20
3.5. Sistema de muestreo utilizado.	22
3.6. Metodología para evaluar el grado de infección.	22
3.7. Efecto de la infección sobre ciertos componentes. de rendimiento.	29

3.8.	Análisis estadísticos.	29
3.8.1.	Análisis de varianza	29
3.8.2.	Análisis de regresión	30
3.8.2.1.	Regresión del rendimiento y sus componentes.	30
3.8.2.2.	Regresión del rendimiento y el porcentaje de incidencia y grado de severidad (IG).	30
3.9.	Comparación entre variedades según los grados de resistencia.	34
4.	RESUMENES Y DISCUSION.	36
4.1.	Efecto de la enfermedad en el rendimiento.	36
4.2.	Estimación de las pérdidas según los grados de resistencia de las variedades.	43
4.3.	Estimación de las pérdidas en el rendimiento por el porcentaje de incidencia (I) y el grado de severidad (G) de la enfermedad.	44
4.3.1.	Determinación de los valores de IG.	46
4.3.2.	Determinación de la ecuación que relaciona la regresión del rendimiento con los valores de IG.	51

	Página
5. CONCLUSIONES	68
6. RESUMEN	70
SUMMARY	74
BIBLIOGRAFIA	78
APENDICE	84

LISTA DE TABLAS

Página

TABLA 1.	Características de las variedades utilizadas para estimar la pérdida ocasionada por la piricularia en el cuello de la panícula del arroz. La Libertad. 1974.	20
TABLA 2.	Rendimiento (kg/Ha) de cuatro variedades de arroz con distintos grados de resistencia a la piricularia en parcelas protegidas y no protegidas. La Libertad. 1974.	37
TABLA 3.	Porcentaje de infección según el grado de severidad de ataque de la piricularia en el cuello de la panícula en cuatro variedades de arroz al tiempo de la cosecha. La Libertad. 1974.	38
TABLA 4.	Porcentaje de infección foliar de piricularia en cuatro variedades de arroz a los 35 días de edad. La Libertad. 1974.	40

TABLA 5.	Comparación del rendimiento y porcentaje de incidencia de la piricularia en el cuello de la panícula, entre parcelas protegidas y no protegidas, de cuatro variedades de arroz con distintos grados de resistencia al patógeno. La Libertad. 1974.	41
TABLA 6.	Rendimiento (kg/Ha) de cuatro variedades de arroz en parcelas protegidas y no protegidas contra la piricularia. La Libertad. 1974.	45
TABLA 7.	Valores de los componentes de rendimiento en los distintos grados de severidad y valores promedios porcentuales en los grados 2, 3 y 4. La Libertad. 1974.	47
TABLA 8.	Correlaciones simples entre el rendimiento y cuatro de sus componentes. La Libertad. 1974.	49

- TABLA 9. Computo de los valores de IG, que combina el porcentaje de incidencia (I) con el grado de infección (G) en base a los valores de los coeficientes de severidad (G) y la incidencia observada. 52
- TABLA 10. Análisis de varianza y coeficiente de regresión del rendimiento y los valores de IG, en cuatro variedades de arroz. Efecto lineal y cuadrático. 54
- TABLA 11. Pérdidas en rendimiento debido a los efectos combinados de la incidencia y grado de severidad (IG) de la piricularia en el cuello de la panícula de cuatro variedades de arroz en base a la ecuación $Y = 4663.3 - 63.6 X$. 55
- TABLA 12. Comparación en rendimiento y en valores de IG entre parcelas protegidas y no protegidas con las pérdidas estimadas por las ecuaciones de regresión. 57

- TABLA 13. Análisis de varianza y coeficiente de regresión de rendimiento de tres variedades de arroz y los valores de IG. Efecto lineal y cuadrático. 59
- TABLA 14. Pérdida en rendimiento debido a los efectos combinados del porcentaje de la incidencia y grado de severidad (IG) de la piricularia en el cuello de la panícula de cuatro variedades de arroz en base a la ecuación $Y = 4338.8 - 66.2 X$. 61
- TABLA 15. Análisis de varianza y coeficiente de regresión para el modelo de regresión al considerar cada variedad (variable Duray) como variable de clasificación. 63
- TABLA 16. Pérdida en kg/Ha de arroz en cáscara causada por el ataque de la piricularia en el cuello de la panícula del arroz, según el porcentaje de incidencia de los distintos grados de severidad. 67

<p>TABLA 17. Condiciones meteorológicas prevaecientes durante el período experimental en el C. N.I.A. La Libertad, según datos promedio de cinco años.</p>	<p>86</p>
<p>TABLA 18. Análisis de varianza para las variables rendimiento (R), porcentaje de incidencia (I) de la piricularia en el cuello de la panícula y los componentes peso de grano por panícula (X), número de granos por panícula (Y), porcentaje de granos llenos (Z) y peso promedio de 1000 granos (P) en cuatro variedades de arroz, conforme al diseño establecido. Combinación de los dos experimentos.</p>	<p>87</p>
<p>TABLA 19. Prueba de DUNCAN para las variables rendimiento y porcentaje de incidencia entre grados, variedades y tratamientos.</p>	<p>88</p>
<p>TABLA 20. Análisis de varianza y coeficiente de regresión para la variable rendimiento y sus componentes.</p>	<p>89.</p>

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Panículas libres de infección. (Grado 1)	24
FIGURA 2. Panículas con pequeñas lesiones de piricularia. (Grado 2).	25
FIGURA 3. Panículas afectadas por piricularia. (Grado 3).	26
FIGURA 4. Panículas severamente afectadas en el cuello y ramificaciones. (Grado 4).	27
FIGURA 5. Comparación entre los distintos grados de infección según la escala desarrollada para evaluar la severidad del ataque de la piricularia en el cuello de la panícula del arroz.	28
FIGURA 6. Disminución del rendimiento (kg/Ha) de arroz en cáscara debido al ataque de la piricularia en el cuello de la panícula según el porcentaje de incidencia y el grado de severidad, tomando 4 y 3 variedades.	56

FIGURA 7. Disminución del rendimiento (kg/Ha) de arroz en cáscara debido al ataque de la piricularia en el cuello de la panícula según el porcentaje de incidencia y grado de severidad, tomando a cada variedad como variable de clasificación.

62

FIGURA 8. Pérdida en rendimiento (kg/Ha) de arroz en cáscara según el porcentaje de incidencia y grado de severidad de la piricularia en el cuello de la panícula en las variedades CICA 6, Colombia 1 y Línea 14.

66

1. INTRODUCCION

La enfermedad conocida como afublo, bruzone o piricularia del arroz, causada por el hongo *Pyricularia oryzae* Cav., es uno de los problemas fitosanitarios más graves de este cultivo. Su presencia ha sido observada en todas las zonas arroceras del mundo.

En Colombia, se halla presente en todas las áreas cultivadas con este cereal, siendo de mayor gravedad en regiones donde el régimen de lluvias es menos uniforme, como en los Llanos Orientales, que presenta una alta humedad relativa y una amplia fluctuación diaria de temperatura. En esta región se han determinado todas las razas fisiológicas del hongo existentes en el país.

El patógeno causante de esta enfermedad presenta una gran variabilidad, consistente en varias razas que han impedido la efectividad de varias medidas de control adoptadas en los diferentes países productores de arroz.

Aunque los productos químicos se usan intensivamente en algunos países, los costos son demasiados altos y resulta antieconómico. Por esto, el empleo de variedades resistentes es la medida más indicada y económica para reducir las pérdidas ocasionadas por esta enfermedad.

Las pérdidas ocasionadas son cuantiosas, especialmente en las zonas del trópico en donde el patógeno encuentran condiciones altamente favorables para su desarrollo.

Estas pérdidas son variables, por cuya razón en varios países ha recibido considerable atención la estimación de las mismas mediante diversos métodos y reportan pérdidas que varían según el grado de ataque y la metodología utilizada.

La pérdida puede reducirse a una cantidad mínima pero en la mayoría de los casos sobrepasa del 10%, elevándose a más del 90% cuando el ataque es muy severo.

En Colombia, no existen estadísticas que evalúen el daño del patógeno, ni estudios que tiendan a relacionar la incidencia de la infección con la pérdida en rendimiento. Por ello, este trabajo tiene por objeto determinar las pérdidas en rendimiento ocasionadas por esta enfermedad, considerando el grado de severidad y el porcentaje de incidencia en el cuello de la panícula como una base para la estimación real y económica de las pérdidas.

Además, se estudiaron los efectos de la enfermedad sobre algunos componentes de rendimiento con el fin de establecer un índice para valorar la pérdida en rendimiento que ocasiona un determinado grado de infección en base al análisis de plantas individuales.

2. REVISION DE LITERATURA

El arroz constituye la base de la alimentación de más de la mitad de la población humana. En Colombia, este cultivo representa alrededor de un 9% de la producción agrícola total y es un rubro que viene acusando un incremento sostenido de producción en el transcurso de los últimos años. (24).

Las enfermedades que atacan este cereal son varias, pero la piricularia es considerada como el principal problema sanitario a causa de su amplia distribución y destructibilidad bajo condiciones favorables para el desarrollo del agente causal (20).

Las pérdidas causadas por las enfermedades en la producción de cultivos, tienen dos clases de efectos económicos: incremento del costo de producción y reducción de la cantidad y/o calidad de productos aprovechables para el consumo; en consecuencia se requiere más trabajo y tierra para satisfacer las necesidades alimentarias de la población. (15). Por esto, pérdidas del orden del 10% constituyen en sí una verdadera catástrofe en las regiones del Asia, donde el arroz es la base de la alimentación. Sin embargo, es común que se presenten pérdidas superiores, lo cual ocasiona un grave problema en el éxito de la cosecha. Patólogos y mejoradores de plantas en todas partes del mundo realizan esfuerzos para el establecimiento de un control adecuado y económico de esta enfermedad.

2.1. SINTOMAS Y FACTORES QUE INFLUENCIAN LA ENFERMEDAD.

La enfermedad afecta toda la parte aérea de la planta, presentándose durante todo el ciclo del cultivo, pero la intensidad varía con la edad de la planta, siendo mas grave durante las épocas de macollamiento, embuchamiento y floración. (5).

La infección más común es sobre la lámina de la hoja y en el cuello de la panícula, pero también ataca las vainas foliares, raquis, nudos de tallo y aún sobre las glumas, pero la infección en el cuello de la panícula causa mayor daño, debido a que conduce a un vaneamiento parcial o total de los granos. (9, 29).

Los síntomas en las hojas aparecen inicialmente en forma de pequeñas manchas circulares de color castaño, de 1 a 3 mm de diámetro, posteriormente se van alargando con el avance de la enfermedad siguiendo la dirección de las nervaduras. El centro de la lesión adquiere un color verde pálido o gris con apariencia de mojado y el margen externo es de color marrón oscuro. En las manchas más viejas, el centro se vuelve de color gris o de un color pardo. (9).

El tamaño, color y forma de las manchas, varían considerablemente en diferentes condiciones y dependen de la resistencia de la planta hospedera. En variedades resistentes o en condiciones no favorables, las lesiones son pequeñas, de color marrón y estrechas; generalmente no pueden desarrollar mas allá del estado de

mancha. En variedades susceptibles o en condiciones favorables se observan manchas típicamente largas, en forma de huso, las cuales al unirse unas con otras causan una necrosis total de las hojas dando un aspecto de quemado. (29).

Las infecciones foliares resultan en un retardo de crecimiento de la planta y en otros casos en la destrucción parcial o total de la misma. (5).

En los nudos de los tallos, aparecen manchas castaño-oscuras que lo circundan en forma de anillo, que pueden producir estrangulamiento de los mismos; ésto puede ocasionar rotura de los tallos cuando se presentan vientos fuertes. (5).

En el raquis cuando las inflorescencias están maduras, se observan manchas o anillos marrones o negros; los granos también pueden mostrar manchas similares. (29).

En las glumas las manchas son pequeñas, de color marrón a negro, cuando las panículas están fuertemente infectadas. (9).

Los síntomas más característicos aparecen sobre el cuello de la panícula y son causantes del daño más serio, especialmente cuando se presentan en estados de floración temprana. Se observa la formación de un anillo oscuro en la base o cuello de la panícula. El tejido del cuello es más susceptible en el momento de la emergencia de la panícula; si el ataque se presenta en este estado,

ocasiona un vaneamiento total de las flores, las panículas permanecen blancas y erectas, sin llegar a formarse los granos. Ataques más tardíos causan vaneamiento parcial de los granos; en este caso el arroz madura más temprano y los granos formados son de baja calidad molinera y culinaria. (9, 29).

Los síntomas de la enfermedad están influenciados por diversos factores del ambiente tales como la temperatura del aire y del suelo, humedad relativa, luminosidad, viento, aireación y lluvia; nutrición, resistencia y edad de la planta hospedera y la cantidad de conidias presente como inóculo. Los efectos de estos factores en el desarrollo del patógeno son discutidos ampliamente por Singh (29), Templeton et al (31) y Puerta et al (23).

2.2. DAÑOS OCASIONADOS EN LA PRODUCCION.

La piricularia es la enfermedad de mayor importancia económica en el cultivo del arroz. En Colombia está ampliamente distribuida y las pérdidas que ocasiona en la producción son mayores del 30% en regiones favorables para el desarrollo del patógeno. (25).

Se ha estimado que el promedio de daño ocasionado por esta enfermedad es de 10 a 20% alcanzando ocasionalmente el 80%. (8).

Feakin (5), anota que en los Estados Unidos en 1967, se estimó, que de un 6% de pérdida causada por enfermedades en el arroz, un 22% corresponde al ataque de la piricularia. En áreas localizadas

la reducción en rendimiento fue entre 30 y 40% en algunos campos de Lousiana en 1959 y de 25 a 30% en Arkansas en 1962. Pérdidas de 30 a 100% han sido reportadas en la Guyana.

Padmanabhan (22) revisando los aspectos económicos relacionados con la piricularia en la India, estimó que la pérdida total en la época 1960-1961 fue cerca del 1%, con pérdidas máximas del 9.8% en dos distritos. En el trópico, cuando las condiciones ambientales son favorables, la reducción en rendimiento puede ser más grave. Por ésto, la pérdida sobre una amplia área de la región Bicol varió de 50 a 95% y en Leyte de 20 a 60%, ambas en Filipinas. (5).

En 1953 un año epidémico, la pérdida fue estimada en 800.000 toneladas en el Japón con las cosechas reducidas a la mitad en algunos distritos (13). La pérdida anual durante el período 1953 - 1960, varió de 1.4% a 7.3% con un promedio de 3% (19).

Goto (6) reporta que en 1960, también en el Japón del total de 8.8% de pérdidas ocasionadas por plagas y enfermedades, 24.8% corresponden a la piricularia. En el período de 1953 a 1960, de las áreas afectadas por diversos factores, un 4% de las pérdidas en rendimiento fue debida a esta enfermedad. En 1961, cuando la enfermedad no fue tan severa, la piricularia afectó alrededor de un millón de hectáreas y las pérdidas fueron de 263.000 toneladas.

En vista de esta situación, los esfuerzos de los investigadores se han dirigido principalmente a la obtención de variedades resistentes y al desarrollo de esquemas económicos de aspersión con fungicidas y antibióticos para el control directo. (29).

Ou y Jennings (19) destacan que aún cuando existan peligros de futuras epidemias por el uso creciente de variedades mejoradas y altas aplicaciones de nitrógeno, a través de la substitución de las variedades locales por un solo genotipo, el uso de tales variedades con la adición de genes de resistencia al patógeno, es el mejor instrumento para la protección de este cultivo.

Actualmente, la resistencia a la piricularia es uno de los objetivos principales en el mejoramiento del arroz en todos los países productores de este cereal. Los trabajos realizados inicialmente se basaron en el uso de genes con resistencia vertical, los cuales actúan contra razas específicas del hongo, pero los éxitos obtenidos por esta vía se vieron disminuidos por los continuos cambios operados en el hongo por diversos mecanismos de reproducción. (18, 19, 20). Esta fue la razón para que los fitomejoradores de arroz buscaran otras formas de resistencia o combinación de genes de resistencia en las variedades mejoradas.

Ou y Jennings (19), sugirieron tres posibles vías a tenerse en cuenta: a) Búsqueda de materiales que muestren consistente resistencia sobre varias épocas y varias áreas geográficas, las

cuales posiblemente tengan genes de resistencia vertical, b) Uso de variedades multilineales o compuestos que consisten de una mezcla de genotipos con una combinación de genes mayores de resistencia y c) Uso de variedades con resistencia horizontal. La adopción de estas medidas está apoyada por las observaciones de otros investigadores. (15, 18, 24, 33).

Van der Plank (33), anota que todas las variedades tienen una aceptable resistencia de campo, pero dicha resistencia se pierde durante el proceso de mejoramiento varietal contra razas específicas. Sin embargo, Kiyosawa (14) sostiene que ella se debe a una disminución en la resistencia de campo por efectos pleiotrópicos del gene de resistencia vertical. Conforme a este autor, para la estabilidad o longevidad de la resistencia varietal juega un rol importante la resistencia de campo, horizontal o no específica. Este tipo de resistencia, en contraposición a la resistencia vertical, no es específica a una raza del hongo sino que actúa contra todas las razas del hongo presentes y las variantes que puedan presentarse en la lucha del patógeno para su supervivencia. Varios investigadores siguieron esta línea para la obtención de variedades estables por su resistencia. (12, 14, 25).

En Colombia, la resistencia a la piricularia ha recibido gran atención, habiéndose establecido programas de mejoramiento en tal sentido por el Instituto Colombiano Agropecuario en cooperación con el Centro Internacional de Agricultura Tropical con miras a la

obtención de variedades con resistencia horizontal al hongo. Para ello se realizaron cruzamientos y pruebas de selección con el fin de identificar materiales promisorios de líneas provenientes del IRRI y líneas seleccionadas localmente (12, 24).

El proyecto de cruzamientos fue iniciado en 1969 con 700 líneas suministradas por el IRRI (Filipinas) y por 200 líneas seleccionadas localmente, usándose como fuente de resistencia las líneas o variedades Colombia 1, Tetep, Dissi Hatif, Mamoriaka, T 507 C y C 46-15. El éxito obtenido hasta el momento es limitado a causa de que el hongo rompe esa resistencia con cierta facilidad, concentrándose actualmente los esfuerzos de esas entidades en la obtención de variedades compuestas con resistencia horizontal múltiple (24, 25).

2.3. METODOS UTILIZADOS EN LA ESTIMACION DE DAÑO POR PLAGAS Y ENFERMEDADES.

El problema de la estimación de las pérdidas por enfermedades en la producción es de mucha importancia, porque a través de ella se puede predecir el rendimiento de un cultivo, desarrollar y aplicar medidas de manejo racional y también para que los fitomejoradores enfoquen sus investigaciones hacia enfermedades de mayor significancia económica.

Le Clerg (15) indica que el estudio de las pérdidas en cultivos

por enfermedades o plagas se basa en el conocimiento de la relación entre la intensidad del ataque y la pérdida resultante. Para ésto Goto (6), formula un procedimiento general consistente, en primer lugar, en el establecimiento de una escala de gradación de la severidad del ataque, y en segundo lugar, determinando la relación entre la pérdida y severidad del ataque.

Padmanabhan (22) resume varios métodos para la estimación de pérdidas por enfermedades. Los métodos propuestos por él son los siguientes: 1) Comparación de rendimiento de cultivos en áreas epidémicas y no epidémicas. 2) Uso de variedades resistentes y susceptibles. Dentro de este grupo se consideran las siguientes variantes: a) comparación de rendimiento de variedades resistentes y susceptibles del mismo potencial de rendimiento, b) uso de variedades del mismo potencial de rendimiento pero resistentes o susceptibles al patógeno en diferentes estados de crecimiento, c) comparación de rendimiento de parcelas protegidas y no protegidas. En este caso, una serie de parcelas experimentales se pueden mantener libres de infección por medio de productos químicos y otra serie expuesta a la infección natural, luego, la diferencia en rendimiento entre ellas indicaría la pérdida causada por la enfermedad. Si la intensidad es determinada conforme a un sistema estándar entonces la pérdida en rendimiento puede ser atribuída a la incidencia observada.

Cuando se dispone de un número suficiente de parcelas con amplio

márgen de infección, es posible estimar el grado de infecci3n en las diferentes parcelas y asociarlas con el rendimiento mediante la t3cnica de regresi3n simple utilizando la ecuaci3n $y = a + bx$, donde b es el coeficiente de regresi3n del rendimiento y la infecci3n en el cuello, x es el porcentaje de infecci3n y \underline{y} el rendimiento. Esta t3cnica tambi3n ha sido aplicada por otros investigadores (2, 11, 16, 21).

La estimaci3n de p3rdidas por muestreo de plantas enfermas y sanas en campos infectados es otra t3cnica utilizada (2, 3, 16).

Chenulu et al (3), establecieron en man3 cinco grados de la intensidad de la enfermedad del mosaico, cada uno de ellos fueron correlacionados con el rendimiento. Ellos tomaron 100 plantas de cada categor3a y calcularon el porcentaje de p3rdida en rendimiento por la siguiente f3rmula:

$$\% \text{ de p3rdidas} = \frac{100 (\text{prom. de rend. de plantas sanas} - \text{prom. de rend. plantas enfermas})}{\text{Promedio de rendimiento de plantas sanas}}$$

El sistema de inoculaci3n para la obtenci3n de determinada incidencia de una enfermedad es de uso com3n. Chauham et al (2), para estimar la p3rdida ocasionada por Sclerotium oryzae en el arroz, realizaron inoculaciones en diferentes estados de crecimiento de la planta. Para estimar la p3rdida tomaron 11 muestras en

parcelas de 50 por 50 cm., en las cuales contaron las macollas enfermas y sanas y tomaron sus rendimientos separadamente. El porcentaje de incidencia de la enfermedad y el correspondiente porcentaje de pérdida en rendimiento fueron calculados para cada parcela con la ayuda de las dos siguientes fórmulas, respectivamente:

$$X_i = \frac{100 N_{id}}{N_{id} + N_{ih}} \qquad Y_i = \frac{X_i (\bar{Y}_{ih} - \bar{Y}_{id})}{\bar{Y}_{ih}}$$

En estas fórmulas X_i = % de incidencia de Sclerotium.

Y_i = % de pérdidas en rendimiento

N_{id} = Número de macollas enfermas

N_{ih} = Número de macollas sanas

\bar{Y}_{ih} = Promedio de rendimiento de macollas sanas

\bar{Y}_{id} = Promedio de rendimiento de macollas enfermas.

Para estimar la pérdida en una localidad en particular, se puede hacer uso de la ecuación: $L_r = \sum_{i=1}^n \frac{T_i Y_i}{100 - Y_i}$, en donde L_r es la pérdida en una localidad en particular; Y_i el porcentaje de pérdida en rendimiento correspondiente al porcentaje de pérdida observada (calculada de la ecuación de regresión) y T_i el rendimiento obtenido de la i^{th} variedad y n es el número de variedades sembradas en esa localidad.

Con el fin de estimar pérdidas ocasionadas por plagas y enfermedades en maíz, Singh et al (28) adoptaron la técnica de regresión múltiple, haciendo uso de un diseño con muestreo al azar estratificado.

Para una satisfactoria estimación de pérdidas debido a enfermedades en las plantas, ésta debe ser en base a un adecuado muestreo de campo, apoyado por evidencias experimentales, las cuales deben ser conducidas sobre muchas épocas y localidades (15).

2.3.1. Estimación del daño causado por la piricularia en el arroz.

Varios investigadores han conducido estudios con el fin de estimar la pérdida en rendimiento debido al ataque de la piricularia en el follaje y en el cuello de la panícula del arroz (6, 16, 21, 22).

Aún cuando la infección en el cuello de la panícula siempre es precedido por intensidades variables de infección foliar, la cual a pesar de que afecta el rendimiento por achaparramiento de las plantas, reducción del número de panículas y del peso de arroz en cáscara, no es tan importante como la infección en el cuello de la panícula, la cual está directamente asociada con la pérdida en rendimiento por vaneamiento de la mayoría de los granos, formación parcial de granos y rotura de la espiga por encima del cuello afectado, lo cual resulta en una pérdida parcial o total del cultivo (20, 21).

Goto (6) y Ou (20) indican que para la estimación de la pérdida debido a la infección del cuello de la panícula debe tomarse en consideración la época en que se presenta la infección; la pérdida es mayor cuando más temprana es la infección. También, la parte de la panícula afectada influye en la magnitud de la pérdida; la pérdida es mayor si el ataque se inicia en el cuello y continúa afectando las ramificaciones primarias y luego las secundarias.

Por otra parte, Goto (6) señala que deben tomarse medidas especiales en la selección del indicador para la estimación de la pérdida, basándose en el porcentaje de panículas afectadas, porcentaje de panículas muertas y grado de severidad de ataque en la panícula. Este autor sugiere el uso de este último como índice para la estimación de la infección ya que presenta una alta correlación con la pérdida en rendimiento y para el cómputo de la pérdida recomienda la siguiente fórmula: (suma del grado de severidad en cada panícula) / (número de panículas probadas); la severidad está dada en escala de 10% de infección. Por otro lado, Izumi citado por Goto (6) recomienda la siguiente fórmula para el cómputo de las pérdidas:

80 Número de panículas severamente afectadas	-	50 Número de panículas moderadamente afectadas	-	20 Número de panículas levemente afectadas
Número total de panículas probadas				

Las panículas con $2/3$ o más espiguillas enfermas son agrupadas como severamente afectadas; aquellas que tienen menos de $2/3$ pero más de $1/3$ como moderadamente afectadas y las que tienen $1/3$ o menos como levemente afectadas. Para el tiempo de medición sugieren 25 días después de la floración o al tiempo de la cosecha. (6, 21, 22).

Para el muestreo en experimentos de campo para estimar la incidencia de la enfermedad, debe considerarse la elección de una adecuada unidad de muestreo, el método de muestreo y la cantidad de muestras. Abraham (1) al determinar un sistema de muestreo útil para estimar la incidencia de la piricularia, realizó una serie de experimentos, en los cuales varió el tamaño de las parcelas de 20 a 55 m^2 y el número de parcelas por bloque de 2 a 14. La unidad de muestreo fue de $90 \times 90 \text{ m.}$ y $60 \times 60 \text{ cm.}$ Cada parcela fue dividida en tres porciones a lo largo de ella y dos muestras primarias fueron tomadas de cada subdivisión. Estableció que el número óptimo de plantas para tomar de cada unidad primaria de $60 \times 60 \text{ cm.}$ es de tres plantas, presentando una tabla para el número de muestras por parcela según el número de replicaciones y el error estandar. Sin embargo, la mayoría de los investigadores utilizan el muestreo, analizando todas las plantas en el área de muestreo o tomando determinado número de plantas por parcela, que varía de 20 a 100 (16, 21, 22).

Para relacionar la pérdida en rendimiento con la incidencia observada, la técnica de regresión es la más usada (6, 16, 21, 22).

Padmanabhan et al (21) desarrollaron una ecuación que muestra la relación de la pérdida en rendimiento por la piricularia en el cuello de la panícula del arroz, según la siguiente ecuación: $Y = 1967.05 - 18.72 X$, lo que indica que para un incremento en la infección del 1%, el estimativo de pérdida es 18.72 libras/acre, que representa aproximadamente 1% de pérdida por cada 1% de infección en el cuello.

Padmanabhan (22), reportó que 1% de infección en el cuello redujo en 1.4% en un caso y en 17.4 y 0.4% en otros casos. Varias relaciones más fueron encontradas, y su valor depende del número de muestras tomadas y del procedimiento utilizado para estimar la infección (6).

Mathur et al (19) por análisis comparativos de plantas enfermas y sanas encontró la siguiente relación: $Y = 0.7895 + 0.4474 X$, donde la variable dependiente (Y) es el porcentaje de pérdida en rendimiento y X es el porcentaje de incidencia de la piricularia en el cuello de la panícula del arroz.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACION.

Los trabajos de investigación fueron realizados en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias "La Libertad", situado en el municipio de Villavicencio, Meta, a una altitud de 336 m.s.n.m. y con coordenadas geográficas de 4.8° 09' Latitud Norte y Longitud 73° 39' Oeste.

Las condiciones metereológicas prevalecientes en el mismo, son las siguientes:

Temperatura máxima promedio:	31.1°C
Temperatura mínima promedio:	20.1°C
Temperatura media anual:	26.2°C
Precipitación media anual:	2866.4 mm.
Humedad relativa:	77%
Brillo solar diario:	5.0 hs.

Los datos referentes a condiciones climáticas durante el período experimental, se presenta en la Tabla 17 del Apéndice.

3.2. EXPERIMENTOS REALIZADOS.

El experimento se desarrolló en un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. Los tratamientos (parcelas protegidas con fungicidas y no protegidas) constituyeron las parcelas principales y las variedades

utilizadas correspondieron a las subparcelas. Una replicación del experimento fue realizada 20 días después de la primera siembra. Para la ubicación de los experimentos se tomaron dos áreas dentro del mismo Centro Experimental. El tamaño de cada sub-parcela fue de 30 m². Las cosechas se hicieron sobre un área útil de 18 m², desechándose 0.50 m. en todo sentido, para obviar el efecto de borde.

3.3. MATERIAL UTILIZADO.

Las variedades utilizadas se indican en la Tabla 1. La elección de estas variedades fue hecha en base al grado de susceptibilidad frente al patógeno, con el fin de lograr diferencias en la incidencia de la enfermedad. Por diferentes pruebas realizadas en el país, se ha determinado el grado de reacción de las mismas. La línea 14, la más susceptible entre ellas, presenta infección de grado 5 en la escala 1 a 7 en estado de plántula y una alta susceptibilidad a la piricularia del cuello; la CICA 4, con moderada susceptibilidad, con grado 4 al estado de plántula y alta susceptibilidad al estado adulto; la CICA 6 presenta mayor resistencia en ambos estados y la Colombia 1, fue seleccionada por su alta resistencia, condición que ha sido confirmada durante varios años y en diversos lugares del mundo.

3.4. PRACTICAS DE CULTIVO.

El cultivo fue realizado en siembra directa al voleo, a razón de 150 kg/Ha para cada variedad, ajustándose la cantidad de semilla a 92% de poder germinativo.

TABLA 1. Características de las variedades utilizadas para estimar la pérdida ocasionada por la infección de la piricularia en el cuello de la panícula del arroz. La Libertad 1974.

Variedad	Genealogía	Reacción a <u>Pyricularia</u>	
		Hoja	Cuello <u>1/</u>
Línea 14	P780-55-1-1	S	S
CICA 4	IR980-31-1-1B	MS	S
CICA 6	P723-6-3-1	MR	MR
Colombia 1	T319E-2M-2M-2M-1M-1M	R	R

1/ S = Susceptible; MS = Moderadamente susceptible; MR = Moderadamente resistente y R = Resistente.

Para la corrección del pH del suelo, se hizo aplicación de cal agrícola (1000 kg/Ha), 20 días antes de la siembra e incorporada al

suelo por medio de una rastra. La aplicación de Aldrín 2.5%, en la cantidad de 30 kg/Ha, se realizó para la protección del cultivo contra plagas del suelo.

Para el control de malezas, se aplicó Propanil a razón de 9 lt/Ha a los 13 días después de la germinación del arroz. El plan de fertilización consistió en la aplicación de 100 kg/Ha de P_2O_5 en forma de superfosfato triple y 50 kg/Ha de K_2O como cloruro de potasio; ambos fueron aplicados en el momento de la siembra. La cantidad de nitrógeno fue incrementado en un alto porcentaje en relación a las prácticas comunes de la zona, para crear condiciones más favorables para la ocurrencia y desarrollo de la enfermedad. Se aplicaron 250 kg/Ha de nitrógeno en forma de urea, distribuidos en cuatro aplicaciones, siendo la primera 25 días después de la germinación y las restantes con intervalo de 15 días entre una y otra aplicación.

Para la protección del cultivo en el tratamiento de parcelas protegidas fueron aplicados los productos Bla-S (1 lt/Ha), Hinosan (1 lt/Ha) y Kasumin (1 lt/Ha) en el orden dado, repitiéndose en el mismo orden según fue necesario, cada 5 a 7 días desde los 20 días después de la germinación del cultivo hasta 10 a 15 días antes de la cosecha.

Los rendimientos por parcela fueron obtenidos de un área de 18 m², las pesadas fueron hechas, previa limpieza y secamiento al

14% de humedad.

3.5. SISTEMA DE MUESTREO UTILIZADO.

La lectura de incidencia de la enfermedad fue hecha al tiempo de la cosecha, tomando 100 plantas en cada parcela. El sistema de muestreo por área fue desechado en el transcurso del experimento en razón de que las infecciones se presentan generalmente en forma localizada, dificultándose la obtención de muestras representativas de la incidencia de la enfermedad.

Los cómputos de la infección foliar también fueron realizados y reportados según el porcentaje de plantas enfermas y el tipo de manchas predominantes a los 35 días de la germinación del cultivo.

3.6. METODOLOGIA PARA EVALUAR EL GRADO DE INFECCION.

La evaluación de la incidencia de la piricularia en el cuello de la panícula del arroz fue hecha en base al porcentaje de incidencia y al grado de severidad del ataque.

Para medir la intensidad del ataque o infección se usó la escala de 0 a 100 y para determinar la severidad o grado de infección fue necesario desarrollar una escala basada en las lesiones observadas visualmente en el cuello de la panícula y en las ramificaciones. Para esto fueron colectadas panículas de diferentes variedades, afectadas con diversos grados de infección, antes de la iniciación

del presente trabajo, con las cuales se estableció una escala de 1 a 4, en donde 1 representa plantas libres de infección en el cuello y ramificaciones de la panícula y el grado 4 representa plantas severamente afectadas en el cuello de la panícula y sus ramificaciones.

A continuación se describen los diferentes grados de infección:

- Grado 1: Plantas libres de infección en el cuello de la panícula y en las ramificaciones (Figura 1).
- Grado 2: Plantas con pequeñas lesiones en el cuello de la panícula. Las ramificaciones de la panícula pueden estar levemente afectadas y el desarrollo de los granos es normal en su mayoría (Figura 2).
- Grado 3: El cuello de la panícula está afectado totalmente, llegando a cubrir áreas apreciables de la parte apical del tallo y la panícula, sin ocasionar pudrición total. Las lesiones se extienden del cuello de la panícula hacia arriba, abarcando las ramificaciones primarias y secundarias y causando vaneamiento parcial de granos (Figura 3).
- Grado 4: Las lesiones cubren totalmente el cuello de la panícula; se presenta pudrición total de gran parte del ápice del tallo y ramificaciones. Las panículas se quiebran fácilmente y la mayoría de los granos son vanos (Figura 4).



FIGURA 1. PANICULAS LIBRES DE INFECCION (GRADO 1).



FIGURA 2. PANICULAS CON PEQUEÑAS LESIONES DE PIRICULARIA
(GRADO 2).



FIGURA 3. PANICULAS AFECTADAS POR PIRICULARIA (GRADO 3).



FIGURA 4. PANICULAS SEVERAMENTE AFECTADAS EN EL CUELLO Y RAMIFICACIONES (GRADO 4).

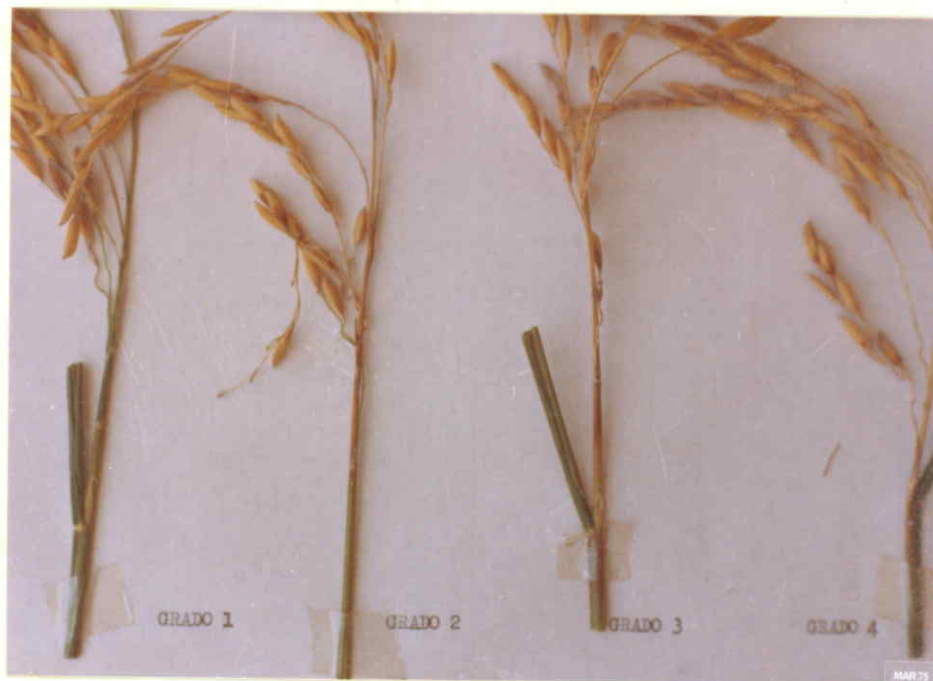


FIGURA 5. COMPARACION ENTRE LOS DISTINTOS GRADOS DE INFECCION, SEGUN LA ESCALA DESARROLLADA PARA EVALUAR LA SEVERIDAD DEL ATAQUE DE LA PIRICULARIA EN EL CUELLO DE LA PANICULA DEL ARROZ.

3.7. EFECTO DE LA INFECCION SOBRE CIERTOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO.

Los análisis de algunos componentes de rendimiento, tales como el peso de granos por panícula, porcentaje de granos llenos, número de granos por panícula y peso promedio de 1000 granos, se llevaron a cabo en los dos experimentos. Los datos fueron tomados de 10 panículas afectadas con los distintos grados de infección, según la escala descrita anteriormente.

3.8. ANALISIS ESTADISTICOS.

3.8.1. Análisis de varianza.

Para la variable rendimiento se hizo el análisis de varianza de acuerdo al diseño establecido. Igualmente se efectuaron pruebas de Duncan para determinar las diferencias en rendimiento entre tratamientos y variedades.

Para los componentes de rendimiento, se realizó el análisis de varianza para la detección de las diferencias significativas entre variedades y tratamientos; así como también el análisis de varianza para los porcentajes de incidencia en cada grado de infección.

3.8.2. Análisis de regresión.

3.8.2.1. Regresión del rendimiento y sus componentes.

Para determinar la dependencia del rendimiento y los componentes estudiados, se hicieron análisis de regresión múltiple entre la variable rendimiento y cada uno de los componentes afectados con los diversos grados de severidad.

3.8.2.2. Regresión del rendimiento y el porcentaje de incidencia y grado de severidad .

Para la determinación de la pérdida en rendimiento de grano por efectos de la infección de la piricularia, según la incidencia (\bar{I}) y grado de severidad (G) observados, fue necesario establecer un índice que combine el efecto de la incidencia observada con el grado de severidad; para ello se establecieron valores de los distintos grados de infección, tomando los valores promedios de los dos experimentos de cada uno de los componentes y comparándolos con el grado 1, que corresponde a plantas sanas.

Los valores porcentuales de los componentes peso de grano por panícula (X), número de granos por panícula (Y), porcentaje de granos llenos (Z) y peso de 1.000 granos (P) en los grados 2, 3 y 4, calculados en base al grado 1, se multiplicaron por los coeficientes de regresión B_x , B_y , B_z y B_p correspondientes a cada variable.

La suma de estos productos dividida por la suma algebraica de los coeficientes de regresión de los componentes, nos da un valor que representa la contribución relativa sobre el rendimiento de los componentes en cada grado de severidad. Si tomamos como ejemplo el grado 2 y denominamos G_2 a la severidad de infección, X_2 , Y_2 , Z_2 y P_2 a los valores porcentuales de sus respectivos componentes (X , Y , Z y P) y B_x , B_y , B_z y B_p a los coeficientes de regresión de dichos componentes, el valor de G_2 resulta utilizando la siguiente ecuación:

$$G_2 = \frac{(B_x \cdot X_2 + B_y \cdot Y_2 + B_z \cdot Z_2 + B_p \cdot P_2)}{B_x + B_y + B_z + B_p}$$

Análogamente se procedió para la determinación de los grados 3 y 4.

$$G_3 = \frac{(B_x \cdot X_3 + B_y \cdot Y_3 + B_z \cdot Z_3 + B_p \cdot P_3)}{B_x + B_y + B_z + B_p}$$

$$G_4 = \frac{(B_x \cdot X_4 + B_y \cdot Y_4 + B_z \cdot Z_4 + B_p \cdot P_4)}{B_x + B_y + B_z + B_p}$$

Para la combinación de la incidencia observada (1) con el grado de severidad de la infección (G), se procedió en la forma siguiente: la diferencia de los valores de cada grado de severidad (G_2 , G_3 , G_4) respecto al valor del grado 1 (G_1), se denominó coeficiente de infección (C_i). Este se multiplicó por la incidencia observada en cada grado (I_2 , I_3 e I_4). La suma de los productos obtenidos ($C_2 \cdot I_2 + C_3 \cdot I_3 + C_4 \cdot I_4$) dividida por la suma de los valores

de los coeficientes de infección ($C_2 + C_3 + C_4$), reúne en un solo valor los efectos combinados de la incidencia observada y el grado de severidad de la infección (IG).

Si se considera que IG_A representa el valor combinado del porcentaje de incidencia y grado de severidad de la piricularia en el cuello de la panícula en la variedad A; I_{2A} , I_{3A} e I_{4A} los porcentajes de incidencia en los grados 2, 3 y 4, respectivamente; y C_2 , C_3 y C_4 , los coeficientes de infección en los grados 2, 3 y 4, el valor de IG_A resulta de la suma de los productos $I_{2A} \cdot C_2 + I_{3A} \cdot C_3 + I_{4A} \cdot C_4$, dividida por la suma de los coeficientes de infección $C_2 + C_3 + C_4$.

Para determinar los valores de IG en las otras variedades (B, C y D) se procedió en igual forma.

El cálculo de los valores de IG se hizo mediante las ecuaciones siguientes:

$$IG_A = \frac{(I_{2A} \cdot C_2 + I_{3A} \cdot C_3 + I_{4A} \cdot C_4)}{C_2 + C_3 + C_4}$$

$$IG_D = \frac{(I_{2D} \cdot C_2 + I_{3D} \cdot C_3 + I_{4D} \cdot C_4)}{C_2 + C_3 + C_4}$$

Para la determinación de la pérdida en rendimiento se utilizó

la regresión del rendimiento (Y) y el índice que combina la incidencia observada con el grado de severidad de la infección del patógeno (IG). El análisis de regresión fue hecho en base a los valores de todas las variedades, según los datos combinados de los dos experimentos. Este análisis también se realizó sobre el comportamiento de las variedades Línea 14, CICA 6 y Colombia 1, para detectar la influencia de la infección foliar en el rendimiento.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = B_0 + B_1 X_i + E_{ij}, \text{ en donde:}$$

Y_{ij} = Pérdida en rendimiento (kg/Ha) por cada incremento en el valor de X_i .

B_0 = Intercepto

B_1 = Coeficiente de regresión del rendimiento y los valores de IG.

X_i = Valores de IG

E_{ij} = Error experimental

El análisis de regresión múltiple donde la variedad se tomó como variable de clasificación (variable "Dummy") fue realizado para corregir el intercepto por la diferencia varietal en la ecuación de regresión del rendimiento y los valores de IG, conforme al modelo siguiente:

$$Y_{ij} = B_0 + B_1Z_1 + B_2Z_2 + B_3Z_3 + B_4X_i + E_{ij}, \text{ en donde:}$$

$Z_1 = 1$, si ocurre la línea 14

$Z_1 = 0$, si no ocurre la línea 14

$Z_2 = 1$, si ocurre la CICA 4

$Z_2 = 0$, si no ocurre la CICA 4

$Z_3 = 1$, si ocurre la CICA 6

$Z_3 = 0$, si no ocurre la CICA 6

B_0 , es el intercepto para la variedad Colombia 1, tomada como constante de comparación.

B_1 , B_2 y B_3 son los valores correctivos de los interceptos para las variedades línea 14, CICA 4 y CICA 6, respectivamente.

B_4 es el coeficiente de regresión entre rendimiento y los valores de IG.

3.9. COMPARACION ENTRE VARIEDADES SEGUN LOS GRADOS DE RESISTENCIA.

Para la comparación entre las variedades en estudio según los grados de resistencia a la infección en el cuello de la panícula por el hongo se utilizó el método descrito por Ullstrup y Miles (32), para estimar el efecto del tizón tardío de la hoja del maíz sobre el rendimiento de grano. Ellos realizaron las comparaciones entre las parcelas inoculadas y no inoculadas según la siguiente fórmula:

(rendimiento de un híbrido resistente no inoculado) menos
(rendimiento del mismo híbrido inoculado) menos (rendimiento
de un híbrido susceptible no inoculado) menos (el rendimiento del
mismo híbrido inoculado) . El valor resultante es una medida que
cuantifica la pérdida en el rendimiento del híbrido susceptible
con respecto a la pérdida en el rendimiento del híbrido resisten-
te.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. EFECTO DE LA ENFERMEDAD EN EL RENDIMIENTO.

Los rendimientos y porcentaje de incidencia de la piricularia en el cuello de la panícula observados en las distintas variedades, en las parcelas protegidas y no protegidas, se presentan en las Tablas 2 y 3. Los datos muestran que todas las variedades, excepto Colombia 1, acusan una disminución significativa en el rendimiento en las parcelas expuestas a la infección natural por el hongo causante de la enfermedad. La pérdida fue mayor en las variedades Línea 14 y CICA 4 (Tabla 2), las cuales presentaron una mayor susceptibilidad a la enfermedad (Tabla 3). La variedad altamente resistente, Colombia 1, no mostró diferencias en rendimiento entre tratamientos, en tanto que las diferencias en las otras variedades fueron significativas, en ambos experimentos.

El rendimiento promedio para todas las variedades en la parcela protegida fue de 4447.920 kg/Ha, mientras que en la parcela no protegida fue de 2862.547 kg/Ha, siendo la diferencia de 1585.373 kg/Ha, altamente significativa. Esta diferencia en rendimiento se debe a la incidencia de la enfermedad que ocasionó vaneamiento en las variedades susceptibles (Tabla 2).

La magnitud de las pérdidas variaron entre una variedad y otra. La Línea 14 presentó el mayor porcentaje de pérdida (50.9%) seguida de CICA 4 (43.8%) y CICA 6 (40.3%). La variedad resistente Colombia 1 tuvo un 7.2% de pérdida en rendimiento (Tabla 5).

TABLA 2. Rendimiento (kg/Ha) de cuatro variedades de arroz con distintos grados de resistencia al hongo *Pyricularia oryzae* Cav. en parcelas protegidas y no protegidas. La Libertad. 1974.

Variedad y Experimento	PARCELAS PROTEGIDAS					PARCELAS NO PROTEGIDAS				
	I	II	III	IV	\bar{X}	I	II	III	IV	\bar{X}
EXPERIMENTO 1										
Línea 14	3480,33	3319,44	3986,11	3791,66	3632,01	1513,88	1166,66	1472,22	1694,44	1461,80
CICA 4	6055,55	5513,88	5027,77	5708,33	5576,38	3263,88	2527,77	3416,66	2291,66	2874,99
CICA 6	4083,33	4250,00	4388,88	4458,33	4295,13	2115,00	2444,44	2305,55	2027,77	2225,69
Colombia 1	3638,88	3875,00	3680,55	3805,55	3749,99	3388,88	3708,33	3500,00	3486,11	3520,83
EXPERIMENTO 2										
Línea 14	3736,11	3527,77	3638,88	3611,11	3638,46	2138,88	1777,77	1652,77	2833,33	2100,68
CICA 4	5716,11	5861,11	6222,22	5027,77	5718,05	3444,44	3122,22	3655,55	3650,00	3468,05
CICA 6	4527,77	4038,88	4138,88	4038,88	4186,10	3472,22	2122,22	3083,33	2666,66	2836,10
Colombia 1	4700,00	4944,44	4938,88	4555,55	4797,21	4583,33	4233,33	4387,77	4444,44	4412,21
COMBINACION DE LOS DOS EXPERIMENTOS										
Línea 14	3283,47	3423,60	3812,49	3701,38	3630,23	1826,38	1472,21	2562,49	2263,88	1781,24
CICA 4	5885,83	5687,49	5624,99	5638,05	5647,21	3354,16	2825,00	3536,10	2970,83	3171,52
CICA 6	4305,55	4144,44	4263,88	4248,60	4240,61	2798,61	2283,33	2694,44	2347,21	2530,89
Colombia 1	4169,44	4409,72	4334,71	4180,55	4273,60	3986,10	3970,83	3943,88	3965,25	3966,52
Promedio general P. protegidas					4447,920 kg/Ha					
Promedio general P. no protegidas					2862,547 kg/Ha					
Diferencia entre parcelas protegidas y no protegidas					1585,373 kg/Ha					

TABLA 3. Porcentaje de infección según el grado de severidad de ataque de la piricularia en el cuello de la panícula en cuatro variedades de arroz al tiempo de la cosecha. La Libertad. 1974.

Trata- miento	Grado de infección	EXPERIMENTO 1				EXPERIMENTO 2				COMBINACION DE EXPERIMENTOS 1 y 2			
		Línea 14	CICA 4	CICA 6	Colombia 1 <u>1/</u>	Línea 14	CICA 4	CICA 6	Colombia 1 <u>1/</u>	Línea 14	CICA 4	CICA 6	Colombia 1 <u>1/</u>
P	1	54.2	53.7	81.2	96.0	56.0	44.2	77.7	95.0	55.1	49.0	79.5	95.5
	2	25.2	28.0	10.7	4.0	28.7	35.2	15.0	5.0	27.0	31.6	1.28	4.5
	3	14.5	14.2	7.2	-	12.2	20.0	5.7	-	13.3	17.1	6.5	-
	4	3.5	6.5	1.0	-	3.0	3.0	1.5	-	3.2	4.7	1.2	-
N	1	3.7	2.7	8.2	82.3	4.0	9.7	12.7	82.5	3.8	6.2	10.5	82.8
	2	2.7	28.7	23.2	17.7	17.2	29.7	31.5	16.5	16.7	29.2	27.3	17.1
	3	8.2	42.5	35.0	-	43.0	36.5	32.0	-	38.2	39.5	33.5	-
	4	82.3	26.0	33.5	-	35.7	24.0	23.7	-	41.1	25.0	28.6	-

Ver análisis estadísticos en las Tablas 18 y 19 del Apéndice

1/ - Indica que no hubo infección

2/ P = Parcelas protegidas; N = Parcelas no protegidas.

Los datos observados confirman las observaciones realizadas por varios investigadores (5, 8, 19, 22, 25) en el sentido de que la infección de la piricularia en el cuello de la panícula disminuye el rendimiento del arroz, en forma significativa. Además, las pérdidas observadas demuestran la magnitud del daño causado por esta enfermedad y confirman las afirmaciones de Rosero (25), quien observó pérdidas superiores al 30% en algunas regiones de Colombia donde las condiciones fueron favorables para el patógeno.

Por otro lado, los datos sobre infección foliar (Tabla 4) indican que entre las variedades en estudio, la CICA 4 fue la más susceptible, seguida de la Línea 14 y CICA 6, mientras que la variedad Colombia 1 presentó trazas de infección. Las diferencias en la infección foliar entre parcelas protegidas y no protegidas fueron de 47.5% para la CICA 4. 21.7% para la Línea 14 y 13.4% para la CICA 6. En la Colombia 1 no hubo diferencias en la infección foliar. Estos resultados permiten afirmar que las infecciones foliares contribuyen a aumentar las pérdidas en el rendimiento, particularmente en las variedades más susceptibles. (Tabla 5). Estas observaciones concuerdan con las anotaciones de Feakin (5) y Ou (20) de que las infecciones foliares afectan el rendimiento por retardo en el crecimiento de las plantas, destrucción total o parcial del cultivo, reducción en el número de panículas y peso del arroz en cáscara.

Con el fin de determinar el grado de severidad que ocasiona una

TABLA 4. Porcentaje de infección foliar del hongo Pyricularia oryzae Cav. en cuatro variedades de arroz a los 35 días de edad. La Libertad. 1974.

Variedad		Línea 14		CICA 4		CICA 6		Colombia 1	
Experimento		% <u>1/</u>	M <u>2/</u>	%	M	%	M	%	M
1	Protegida	t <u>3/</u>	(2), (3), 4 <u>4/</u>	t	2, (3), (4), 5	1,2	2, (3), (4), (5)	t	2,3
	No Protegida	22.5	3, (3), (4), 5	55.0	(3), (4), (5)	13,5	2, (3), (4), 5	t	2,3
2	Protegida	2,5	3, (4), (5)	17.0	3, (4), (5)	t	(3), (4), 5	t	2,3
	No Protegida	24.0	(4), (5)	57.0	3, (4), (5), 6	15.5	3, (4), (5)	t	2,3
Diferencia entre Protegidas y no Protegidas.		21.7		47.5		13.4		0.0	

1/ = Porcentaje de plantas afectadas

2/ = Tipo de mancha en la escala 1-7, entre paréntesis manchas menos predominantes

3/ = Trazas de infección

TABLA 5. Comparación del rendimiento y porcentaje de incidencia de la piricularia en el cuello de la panícula, entre parcelas protegidas y no protegidas, de cuatro variedades de arroz con distintos grados de resistencia al patógeno. La Libertad, 1974.

Variedad	Parcelas Protegidas (P)				Parcelas No Protegidas (N)				Diferencia entre parcelas (P - N)					
	Incidencia (%)		Rendimiento (kg/Ha)		Incidencia (%)		Rendimiento (kg/Ha)		Incidencia (%)		Rendimiento			% de pérdida
	2	3	4 a/		2	3	4 a/		2	3	4 a/			
Línea 14	27.0	13.3	3.2	3630.2	16.7	38.2	41.1	1781.2	10.3	-24.9	37.9	1848.9**	50.9	
CICA 4	31.6	17.1	4.7	5647.2	29.2	39.5	25.0	3171.5	2.4	-22.4	20.3	2475.7**	43.8	
CICA 6	12.8	6.5	1.2	4240.6	27.3	33.5	28.6	2530.9	-14.5	-27.0	27.4	1709.7**	40.3	
Colombia 1	4.5	-	-	4273.6	17.1	-	-	3966.5	-12.6	-	-	307.1NS	7.2	
Promedios	19.0	10.5	2.7	4447.9	22.6	31.7	27.0	2862.5	-3.6*	-21.2**	-24.3**	1585.4**	35.6	

a/ Grados de infección de la piricularia en el cuello de la panícula, según la escala usada.

* y ** Diferencias significativas al 5 y 1%, respectivamente.

mayor pérdida en el rendimiento, se analizaron los grados de severidad 2, 3 y 4 entre parcelas protegidas y no protegidas. Los resultados que se indican en la Tabla 5 muestran que en las parcelas protegidas el porcentaje de incidencia en los distintos grados de severidad fue inferior, en todas las variedades, a lo observado en las parcelas no protegidas, lo cual indica que las pérdidas en el rendimiento en las variedades en estudio en las parcelas no protegidas se deben probablemente a la incidencia de la enfermedad. La Línea 14 tuvo un mayor porcentaje de incidencia en los grados 3 y 4 y a la vez una mayor pérdida en el rendimiento. En CICA 6 las diferencias en el porcentaje de infección para los grados 2, 3 y 4 entre parcelas protegidas y no protegidas fueron superiores a las diferencias observadas en CICA 4, pero el porcentaje de pérdida en rendimiento fue inferior. Esto se explica por la mayor infección foliar en CICA 4 con respecto a CICA 6, que contribuyó a aumentar las pérdidas en CICA 4 y también porque CICA 6 tolera más la enfermedad. La variedad Colombia 1 presentó una severidad de grado 2 y el porcentaje de incidencia fue muy bajo en comparación a las demás variedades y la pérdida ocasionada en el rendimiento no fue significativa. Esto indica que Colombia 1 es altamente resistente a la enfermedad y que el grado 2 de severidad en este tipo de variedades tiene poca incidencia en el rendimiento.

Si se analizan los porcentajes de incidencia en los distintos grados de severidad en las variedades susceptibles CICA 4 y Línea 14

(Tabla 5), se observa que el porcentaje de incidencia en el grado 2 en las parcelas protegidas fue mayor al observado en las parcelas no protegidas, en cambio los porcentajes de incidencia en los grados 3 y 4 fueron mayores en las parcelas no protegidas. Esto indica que los grados 3 y 4 son los mayormente responsables de las pérdidas en el rendimiento en estas variedades. Esta aseveración la confirma también el comportamiento de CICA 6 y Colombia 1. CICA 6 tuvo en las parcelas no protegidas una mayor incidencia de los grados 3 y 4, en cambio Colombia 1 mostró mayor porcentaje de incidencia en grado 2 en las parcelas no protegidas, pero las pérdidas en rendimiento fueron insignificantes. Estas observaciones concuerdan con las anotaciones de Goto (6), Ou (20) y Padmanabhan et al (21), quienes indicaron que la magnitud de la pérdida debida a la infección de la piricularia en la panícula varía según la parte de la panícula afectada, siendo mayor su acción si el ataque es en el cuello y en las ramificaciones primarias y secundarias.

4.2. ESTIMACION DE LAS PERDIDAS SEGUN LOS GRADOS DE RESISTENCIA DE LAS VARIEDADES.

Para estimar las pérdidas en el rendimiento según el grado de resistencia de las variedades CICA 4, CICA 6, Colombia 1 y Línea 14, se utilizaron las diferencias en el rendimiento para cada variedad entre parcelas protegidas y parcelas no protegidas

siguiendo la metodología descrita por Ullstrup y Miles (32). Los resultados se presentan en la Tabla 6. Colombia 1 y CICA 6 fueron las menos afectadas por la enfermedad y las diferencias en las pérdidas indican que Colombia 1 es altamente resistente y CICA 6 puede considerarse como moderadamente resistente. Por el contrario, CICA 4 y Línea 14 sufrieron las mayores pérdidas lo que indica que estas variedades son susceptibles.

En general los valores porcentuales indican que hay una relación directa entre el grado de susceptibilidad de la variedad y las pérdidas en el rendimiento. Entre mayor sea el grado de susceptibilidad, mayor será la pérdida en rendimiento.

Las diferencias en las pérdidas en el rendimiento entre estas variedades indican que Colombia 1 es altamente resistente y CICA 6 moderadamente resistente. Por el contrario, CICA 4 es susceptible y la Línea 14 altamente susceptible.

4.3. ESTIMACION DE LAS PERDIDAS EN EL RENDIMIENTO EN BASE AL PORCENTAJE DE INCIDENCIA (I) Y GRADO DE SEVERIDAD (G) DE LA ENFERMEDAD.

Para estimar las pérdidas en el rendimiento ocasionadas por la incidencia de la enfermedad en el cullo de la panícula fue necesario determinar una ecuación que combine la regresión del rendimiento y los valores de IG, los cuales combinan la severidad de

TABLA 6. Rendimiento (kg/Ha) de cuatro variedades de arroz en parcelas protegidas y no protegidas contra la piricularia y diferencias de las pérdidas en el rendimiento entre variedades. La Libertad, 1974.

Variedad	Tratamientos		Diferencias entre parcelas	Comparaciones entre las variedades en kg/Ha y en porcentaje <u>1/</u>		
	Protegidas	No Protegidas		Colombia 1	CICA 6	CICA 4
Colombia 1	4273.6	3966.5	307.1 (7.2)			
CICA 6	4240.6	2530.9	1709.7 (40.3)	1402.6 (33.1)		
CICA 4	5747.2	3171.5	2475.7 (43.8)	2168.6 (33.6)	765.9 (3.5)	
Línea 14	3630.2	1781.2	1849.9 (50.9)	1541.9 (43.7)	139.2 (10.6)	-626.7 (7.1)

1/ Los números entre paréntesis se refieren a las pérdidas en porcentaje.

ataque con el porcentaje de incidencia en cada grado de severidad.

4.3.1. Determinación de los valores de IG.

Para establecer los valores de IG fue necesario determinar primero las pérdidas que ocasionan los grados de severidad 2, 3 y 4. Esta determinación se hizo en base a la incidencia de los grados de severidad 1, 2, 3 y 4 sobre los componentes de rendimiento peso de grano por panícula, número de granos por panícula, porcentaje de granos llenos y peso de 1.000 granos. En la Tabla 7 se indican para cada grado de infección, los valores de los componentes de rendimiento. Los resultados indican que los valores en todos los componentes de rendimiento presentan una disminución altamente significativa a medida que aumenta el grado de severidad del ataque del patógeno.

El peso de grano por panícula (X) disminuyó de 2.21 gramos en las plantas sanas a 0.68 gramos en las plantas más severamente afectadas (grado 4). Comportamientos análogos se observaron en el número de granos por panícula (Y), porcentaje de granos llenos (Z) y peso de 1000 granos (P).

Para determinar los valores porcentuales de las pérdidas ocasionadas por los grados de severidad 2, 3 y 4, se tomó como base de comparación la incidencia de severidad del grado 1, el cual corresponde a plantas sanas, dando el valor del 100%, para los diferentes componentes de rendimiento (Tabla 7).

TABLA 7. Valores de los componentes de rendimiento en los distintos grados de severidad y valores promedios porcentuales en los grados 2, 3 y 4. La Libertad, 1974 .

Grado de infección (G)	Peso de grano/paníc. (X)			No.granos/paníc. (Y)			Porcentaje granos llenos (Z)			Peso de 100 granos (P)			Valores de los grados (4)	Coeficiente de infección (Ci)
	Valor ^{1/}	% ^{2/}	x_1-x_2 ^{3/}	Valor ^{1/}	% ^{2/}	x_1-x_2 ^{3/}	Valor ^{1/}	% ^{2/}	x_1-x_2 ^{3/}	Valor ^{1/}	% ^{2/}	x_1-x_2 ^{3/}		
1	2.21	100.0	-	91.2	100.0	-	86.0	100.0	-	25.4	100.0	-	100	-
2	1.76	79.7	20.3	72.6	79.7	20.3	80.3	93.4	6.6	24.3	97.8	2.2	78	22
3	1.32	59.8	40.2	53.2	58.4	41.6	67.8	79.9	21.1	24.5	96.6	3.4	56	44
4	0.68	30.7	69.3	31.0	34.0	66.0	48.2	56.0	44.0	21.5	84.7	15.3	26	74
<u>B^{5/}</u>	614.2702			5.4837			13.2833			-58.3971				

1/ Valores de los componentes según datos de 4 variedades y 2 experimentos. Todos fueron significativos al 1%.

2/ Porcentajes relativos tomado como base al grado 1 (plantas sanas).

3/ Diferencia entre los porcentajes con el grado 1

4/ Pérdidas debidas al grado de severidad.

5/ Coeficiente de regresión del rendimiento y los componentes estudiados (ver Tabla 43 del Apéndice).

Los componentes peso de grano por panícula y número de granos por panícula fueron los más afectados con un porcentaje del 20% por el grado 2, 40% por el grado 3 y aproximadamente un 70% por el grado 4. El porcentaje de granos llenos fue afectado en un 21 y 44% por los grados 3 y 4, respectivamente, mientras que el grado 2 sólo afectó este componente con 6%. El peso de 1.000 granos fue el menos afectado por los grados de severidad 2 y 3, pero el grado 4 alcanzó a afectarlo en un 15%.

Los valores decrecientes observados en los distintos componentes a medida que aumenta la severidad del ataque, confirman el acierto de la escala utilizada y las anotaciones de varios investigadores (6, 9, 20, 29) en el sentido de que el ataque de la piricularia en el cuello de la panícula disminuye los valores de los componentes de rendimiento por vaneamiento total o parcial de los granos.

Por otra parte, los componentes considerados en este estudio están significativamente correlacionados con el rendimiento ($r^2 = 0.299$) y los coeficientes de correlación parcial (Tabla 3) muestran que el rendimiento está positivamente correlacionado con el peso de granos por panícula, número de granos por panícula y porcentaje de granos llenos. El componente peso de 1000 granos, que fue el menos afectado por la enfermedad, mostró una asociación negativa con el rendimiento pero esta asociación fue muy baja e insignificante.

TABLA 8. Correlaciones simples entre el rendimiento y cuatro de sus componentes. La Libertad, 1974.

Características	Peso de 1000 granos	Peso de granos por panícula	Número de granos por panícula	Porcentaje de granos llenos
Rendimiento	-0.055213 NS	0.478291 **	0.530976 **	0.445941 **
Peso promedio de 1000 granos		0.358503 **	-0.224895 **	0.379645 **
Peso de granos por panícula			0.790048 **	0.862013 **
Número de granos por panícula				0.702044 **

$$r^2 = 0.299$$

** = Valores estadísticamente significativos al 1%.

NS = No significativo.

Estas asociaciones concuerdan con las encontradas en otros estudios por varios investigadores (4, 17, 27, 34) y a la vez permiten afirmar que el efecto de la enfermedad en el rendimiento se puede cuantificar a través de la incidencia de los grados de severidad sobre los componentes de rendimiento. Por lo tanto, se procedió a la determinación de los valores de los grados de severidad 2, 3 y 4, en base al grado 1 (plantas sanas), tomando en cuenta los coeficientes de regresión de cada componente y los valores porcentuales de cada grado de severidad. Dichos valores se estimaron con las ecuaciones descritas en la metodología, así:

$$G_2 = \frac{B_x \cdot X_2 + B_y \cdot Y_2 + B_z \cdot Z_2 + B_p \cdot P_2}{B_x + B_y + B_z + B_p} = 0.73$$

$$G_3 = \frac{B_x \cdot X_3 + B_y \cdot Y_3 + B_z \cdot Z_3 + B_p \cdot P_3}{B_x + B_y + B_z + B_p} = 0.56$$

$$G_4 = \frac{B_x \cdot X_4 + B_y \cdot Y_4 + B_z \cdot Z_4 + B_p \cdot P_4}{B_x + B_y + B_z + B_p} = 0.26$$

Los valores obtenidos en los grados 2, 3 y 4 (Tabla 7) indican la contribución relativa de cada uno sobre el rendimiento. Mientras el grado 1 contribuye en un 100%, los grados 2, 3 y 4 contribuyen con 73, 56 y 26%, respectivamente. Si los valores de los grados de severidad se restan del valor de contribución del grado 1, resultan los coeficientes de infección (C_i) que directamente cuantifican las pérdidas ocasionadas en el rendimiento por cada

grado de severidad. Así, tenemos que los grados 2, 3 y 4 ocasionan pérdidas en el rendimiento de 22, 44 y 74%, respectivamente. En estas pérdidas se tiene en consideración, únicamente, el grado de severidad, es decir, que en esta cuantificación no interviene la intensidad o porcentaje de incidencia de la enfermedad que se observó en cada grado de infección (Tabla 7).

Para estimar las pérdidas ocasionadas por la enfermedad, considerando el grado de severidad y la intensidad o porcentaje de incidencia en cada grado, fue necesario determinar los valores de IG. Dichos valores fueron calculados dividiendo la suma de los productos de los coeficientes de infección por el porcentaje de incidencia observado en cada grado de severidad, sobre la suma de los coeficientes de infección de los grados de severidad, así:

$$IG = \frac{C_2 \cdot I_2 + C_3 \cdot I_3 + C_4 \cdot I_4}{C_2 + C_3 + C_4}$$

Estos valores se determinaron para todas las variedades tanto en las parcelas protegidas como en las no protegidas (Tabla 9).

4.3.2. Determinación de la ecuación que relaciona la regresión del rendimiento con los valores de IG.

La ecuación de regresión se determinó correlacionando los rendimientos de todas las variedades con sus respectivos valores de IG.

TABLA 9. Computo de los valores de IG, que combina el porcentaje de incidencia (I) con el grado de infección (G) en base a los valores de los coeficientes de infección (C) y la incidencia observada 1/.

Variedad <u>2/</u>	Parcelas Protegidas				Parcelas No Protegidas				\bar{X}	
	Porcentaje de incidencia			Valores	Porcentaje de incidencia			Valores		
	2	3	4	IG	2	3	4	IG		
Línea 14	25.0	10.5	3.0	8.81	27.5	42.5	33.0	32.33	10.42	36.8
	31.0	16.0	3.0	11.47	17.5	40.5	40.4	36.60		
	25.0	13.5	4.0	10.27	13.5	33.5	50.5	39.34		
	27.0	8.5	2.8	11.13	18.5	36.5	41.0	36.05		
Promedios	27.0	13.3	3.2		16.7	38.2	41.1			
CICA 4	25.0	13.5	5.0	9.74	24.5	40.0	25.0	29.63	11.80	30.22
	32.5	17.5	5.5	12.45	31.5	37.5	25.5	30.21		
	33.0	17.5	4.5	12.79	29.0	44.0	24.0	31.07		
	36.0	15.0	3.8	12.22	32.0	36.5	25.5	29.97		
Promedios	31.6	17.1	4.7		29.2	39.5	25.0			
CICA 6	9.5	4.5	1.5	3.69	29.0	33.0	25.5	27.46	4.67	30.18
	12.5	7.5	0.5	4.57	23.5	33.0	37.0	33.62		
	15.0	8.5	2.5	5.82	30.5	34.0	20.5	28.16		
	15.0	5.5	2.0	4.61	26.5	34.0	31.5	31.50		
Promedios	12.8	6.5	1.2		27.3	35.5	28.6			
	5.0	0.0	0.0	0.78	16.5	0.0	0.0	2.57	0.70	2.68
	4.5	0.0	0.0	0.70	18.0	0.0	0.0	2.82		
	4.5	0.0	0.0	0.70	18.0	0.0	0.0	2.82		
	4.0	0.0	0.0	0.62	26.0	0.0	0.0	2.51		

1/ = C = 0.22, 0.44 y 0.74 para los grados 2, 3 y 4, respectivamente. 2/ = Valores de las cuatro repeticiones en cada una de las variedades.

La regresión entre las dos variables fue altamente significativa y la asociación entre ellas fue negativa y significativa al 1% (Tabla 10).

El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.5678$) indica que el 56.7% de la variación en el rendimiento se debe al efecto de IG.

Se obtuvo la ecuación $Y = 4663.279 - 636649 X$, en donde Y representa las pérdidas del rendimiento en kg/Ha, por el efecto de la enfermedad, X representa el valor de IG y 63.6649 es el coeficiente de regresión que indica que por cada incremento unitario en el valor de IG hay una pérdida en rendimiento de 63.6 kg/Ha, equivalente a 1.36% de pérdida. El valor 4663.279 representa el rendimiento promedio (kg/Ha) de las variedades en estudio en ausencia de la enfermedad.

Las pérdidas estimadas mediante la ecuación obtenida se presentan en la Tabla 11 y Figura 6a. Los resultados indican que cuando el valor de IG es 1 se presenta una pérdida de 1.36% y cuando IG tiene un valor de 50 la magnitud de la pérdida es del 68.2%.

Para conocer la validez de la ecuación se compararon las pérdidas observadas entre parcelas protegidas y no protegidas con las pérdidas observadas entre parcelas protegidas y no protegidas con las pérdidas estimadas con la ecuación (Tabla 12). Se observó una mayor desviación entre lo observado y calculado en la variedad CICA 4,

TABLA 10. Análisis de varianza y coeficiente de regresión del rendimiento y los valores de IG, en cuatro variedades de arroz. Efecto lineal y cuadrático.

K = 1 (Regresión Lineal)

Fuente	GL	S C	C M	r	r ²
Regresión	1	22875324.59	22875324.59**		
Error	30	17412460.19	580415.34	-0.754**	0.5678**
Total	31	40287784.79			

Coeficiente	b (i)	Error estandar	Valor "t"	"t" Tablas
B (0) =	4663.27986	209.65927	22.24218	
B (1) =	- 63.66496	10.14113	-6.27790	

K = 2 (Regresión cuadrática)

Fuente	GL	S C	C M	r	r ²
Regresión	2	28824808.24	14412404.1**	-0.754	0.715
Error	29	11462976.54	395275.0		
Total	31	40287784.79			

Coeficiente

B (0) =	4013.9833	240.7181	16.675
B (1) =	88.0638	39.9945	2.201
B (2) =	- 4.1055	1.0582	-3.879**

TABLA 11. Pérdidas en rendimiento debido a los efectos combinados de la incidencia y grado de severidad (IG) de la piricularia en el cuello de la panícula de cuatro variedades de arroz en base a la ecuación $y = 4663.3 - 63.6 x \cdot \frac{1}{x}$.

Valores de I	Pérdidas en kg	%	Valores de IG	Pérdidas en kg	%
1	63.7	1.4	26	1655.3	35.4
2	127.3	2.7	27	1719.0	36.8
3	191.0	4.1	28	1782.2	38.2
4	254.7	5.5	29	1846.3	39.5
5	318.3	6.8	30	1910.0	41.0
6	382.0	8.2	31	1973.6	42.3
7	445.6	9.5	32	2037.2	43.6
8	509.3	11.0	33	2101.0	45.0
9	573.0	12.2	34	2164.6	46.4
10	636.6	13.6	35	2228.3	47.7
11	700.3	15.0	36	2292.0	49.1
12	764.0	16.3	37	2355.6	50.5
13	827.6	17.7	38	2419.2	51.8
14	891.3	19.1	39	2483.0	53.2
15	955.0	20.4	40	2546.6	54.6
16	1018.6	21.8	41	2610.2	56.0
17	1082.3	23.2	42	2674.0	57.3
18	1146.0	24.5	43	2737.5	58.7
19	1209.6	25.9	44	2801.2	60.0
20	1273.3	27.3	45	2865.0	61.4
21	1337.0	28.6	46	2928.5	62.8
22	1400.6	30.0	47	2992.2	64.1
23	1464.3	31.4	48	3056.0	65.5
24	1528.0	32.7	49	3119.5	66.8
25	1591.6	34.1	50	3183.2	68.2

1/ x = Valores de IG

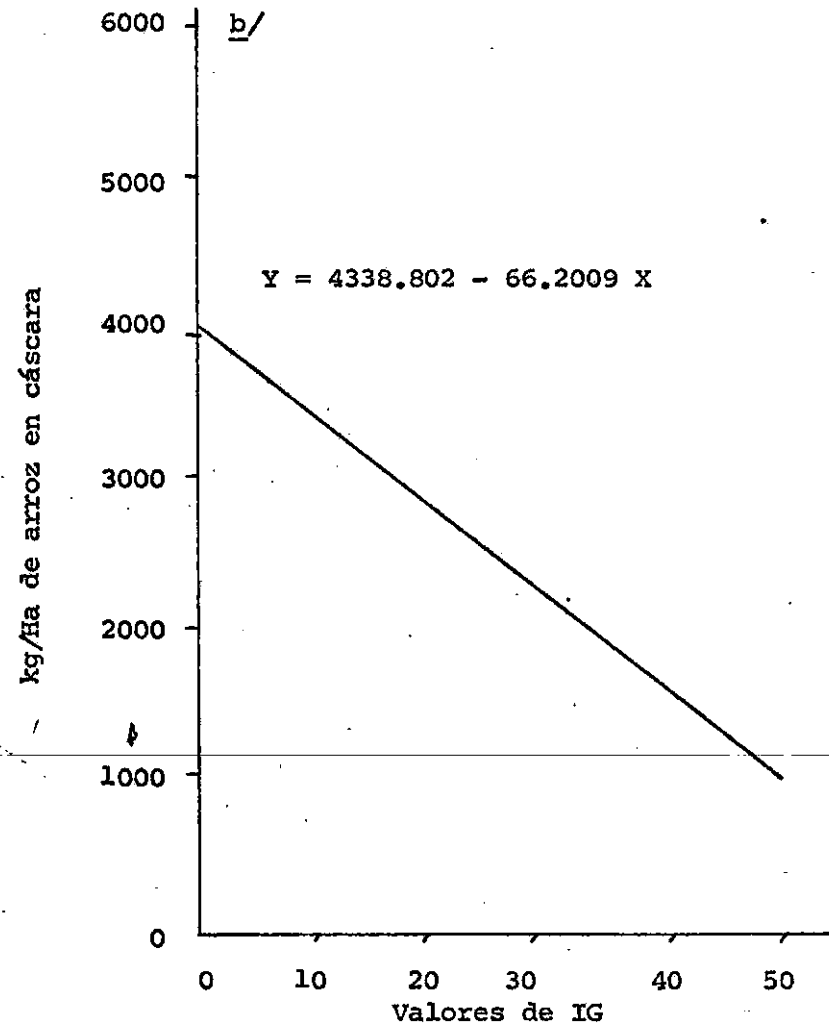
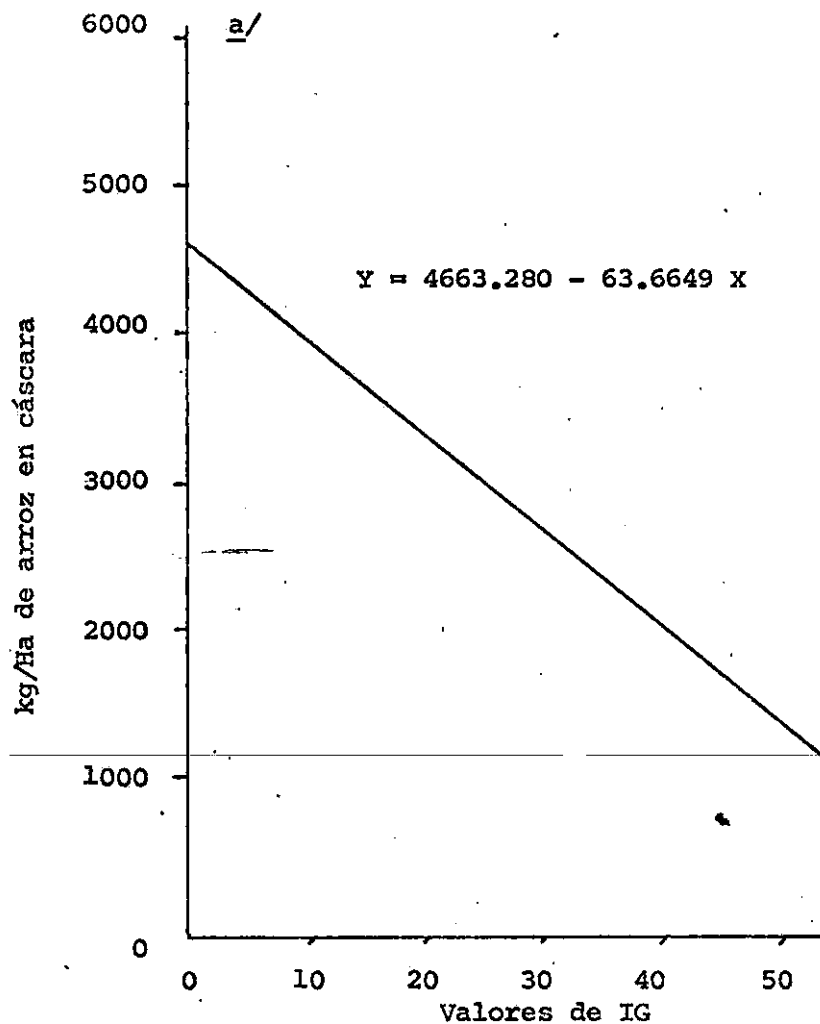


FIGURA 6. Disminución del rendimiento (kg/Ha) de arroz en cáscara debido al ataque de la piricularia en el cuello de la panícula, según el porcentaje de incidencia y el grado de severidad, tomando 4 y 3 variedades.

a/ Ecuación obtenida sobre el comportamiento de cuatro variedades.

b/ Ecuación obtenida sobre el comportamiento de Línea 14, CICA 6 y Colombia 1.

X = Valores de IG.

TABLA 12. Comparación en rendimiento y en valores de IG entre parcelas protegidas y no protegidas con las pérdidas estimadas por las ecuaciones de regresión.

Variedad	Línea 14		CICA 4		CICA 6		Colombia 1	
	Rendimiento (kg/Ha)	IG	Rendimiento (Kg/Ha)	IG	Rendimiento (kg/Ha)	IG	Rendimiento (kg/Ha)	IG
Protegida (P)	3630.24	10.42	5647.21	11.80	4240.61	4.61	4273.48	0.70
No Protegida (N)	1781.24	36.8	3471.52	30.22	2350.89	30.18	3966.52	2.68
P - N (0)	1849.00	-25.66	2475.69	-18.42	1709.72	-25.51	306.96	-1.98
Pérdida estimada								
E ₄	1633.64		1172.70		1624.09		126.05	
E ₃	1700.69		1219.40		1688.76		131.07	
E _{d 1/}	2173.45		1561.21		2160.74		167.70	
0 - E ₄	215.36		1302.99		85.63		180.91	292.56*
0 - E ₃	148.31		1256.48		20.96		175.89	249.24 *
0 - E _d	-324.45		914.48		-451.02		139.26	2/

1/ Valores estimados de pérdida usando los siguientes coeficientes de regresión: $b = 63.66496$ para E₄ (con cuatro variedades). $b = 66.20092$ para E₃ (con tres variedades) y $b = 84.702$ para E_d (variable "dummy"); donde b indica la pérdida en rendimiento por cada variación unitaria de IG.

2/ Valores de χ^2 (Ji - cuadrado) obtenidos, significativos al 5%.

lo cual hace pensar que esta variedad tuvo un comportamiento diferente a las otras variedades. Para determinar la causa de esta desviación se realizó el análisis de regresión cuadrático (Tabla 10) y se observó un aumento en el rendimiento cuando los valores de IG llegaron hasta 10.7, indicando una desviación significativa del efecto lineal esperado de los valores de IG sobre el rendimiento. La causa de esta desviación se explica por el comportamiento diferente que tuvo CICA 4 en su infección foliar en comparación a las otras variedades. CICA 4 fue la más seriamente afectada por la infección foliar (Tabla 4), sugiriendo que esta infección contribuyó a aumentar las pérdidas observadas y por ende a una mayor desviación entre lo observado y lo estimado con la ecuación de regresión.

Para eliminar el efecto de la infección foliar sobre la pérdida en rendimiento de CICA 4, se hizo otro análisis de regresión simple y cuadrática, excluyendo a CICA 4. Los resultados (Tabla 13) demuestran una mayor asociación entre las variables rendimiento y los valores de IG. Así mismo, el coeficiente de determinación se incrementó en un 38% más que el anterior. Este incremento explicaría en parte el efecto que la infección foliar estaba ocasionando en el efecto lineal de los valores de IG sobre el rendimiento. Por otra parte la regresión cuadrática no mostró desviaciones significativas, confirmando así que los valores de IG tienen un efecto lineal sobre el rendimiento.

La ecuación obtenida fue: $Y = 4438.872 - 66.2 X$

TABLA 13. Análisis de varianza y coeficiente de regresión del rendimiento de tres variedades de arroz y los valores de IG. Efecto líneal y cuadrático.

K = 1 (Regresión líneal)

Fuente	G L	S C	C M	r	r ²
Regresión	1	20482299.76	20482299.76 **	-0.974	0.948
Error	22	1107041.03	50320.04		
Total	23	21589340.80			

Coefficiente	b (i)	Error estándar	Valor "t"	"t"	Tablas
B (0)	= 4338.80255	65.14751	66.5996	2.07	2.82
B (1)	= -66.20092	3.28129	-20.1752		

K = 2 (Regresión cuadrática)

Fuente	G L	S C	C M	r	r ²
Regresión	2	20594994.66	10297497.33 **	-0.974	0.953
Error	21	9943461.40	47349.81		
Total	23	21589340.80			

Coefficiente	b (i)	Error estándar	Valor "t"	"t"	Tablas
B (0)	= 4248.6553	86.07037	49.3625		
B (1)	= -40.8795	16.7190	-2.4450	2.08	2.83
B (2)	= -0.6785	0.4398	-1.5427	NS	

Las pérdidas estimadas con esta ecuación se presentan en la Tabla 14 y Figura 6b. Con esta ecuación se logró un mejor ajuste entre las pérdidas observadas con las estimadas para las variedades Línea 14, CICA 6 y Colombia 1, pero con CICA 4 las desviaciones fueron aún mayores.

A fin de determinar la razón por la cual ocurren mayores desviaciones en CICA 4 se hizo el análisis de regresión múltiple en donde se tomó a la variedad como variable de clasificación (Tabla 15). Los resultados de este análisis no mejoraron la asociación entre las variables rendimiento y los valores de IG. Sin embargo, las ecuaciones obtenidas se indican en la Figura 7 y las pérdidas estimadas en la Tabla 12.

La posible explicación para que las pérdidas observadas en CICA 4 difieran grandemente de las estimadas con las ecuaciones obtenidas, sea por la mayor capacidad de producción que esta variedad mostró con respecto a las otras variedades, especialmente en las parcelas protegidas. CICA 4 rindió aproximadamente 2000 kg/Ha más que la Línea 14 y 1500 kg/Ha más que CICA 6 y Colombia 1.

Los resultados anteriores permiten indicar que la ecuación más adecuada para determinar las pérdidas ocasionadas en el rendimiento por la infección de piricularia en el cuello de la panícula del arroz es la obtenida mediante el análisis de regresión entre los rendimientos y valores de IG de las variedades CICA 6, Colombia 1 y Línea 14.

TABLA 14. Pérdida en rendimiento debido a los efectos combinados del porcentaje de la incidencia y grado de severidad (IG) de la piricularia en el cuello de la panícula de cuatro variedades de arroz en base a la ecuación: $y = 4338.8 - 66.2 x \cdot \frac{1}{x}$.

Valores de IG	Pérdidas en kg	%	Valores de IG	Pérdidas en kg	%
1	66.2	1.5	26	1721.2	39.67
2	132.4	3.0	27	1787.4	41.20
3	198.6	4.5	28	1853.6	42.73
4	264.8	6.1	29	1919.8	44.25
5	331.0	7.6	30	1986.0	45.78
6	397.2	9.1	31	2052.2	47.30
7	463.4	10.6	32	2118.4	48.83
8	529.6	12.2	33	2184.6	50.35
9	595.8	13.7	34	2250.8	51.88
10	662.0	15.2	35	2317.0	53.41
11	728.2	16.7	36	2383.2	54.93
12	794.4	18.3	37	2449.4	56.46
13	860.6	19.8	38	2515.6	57.98
14	926.8	21.4	39	2581.8	59.51
15	993.0	22.8	40	2648.0	61.03
16	1059.2	24.4	41	2714.2	62.56
17	1125.4	25.9	42	2780.4	64.09
18	1191.6	27.4	43	2846.6	65.61
19	1257.8	28.9	44	2912.8	67.14
20	1324.0	30.5	45	2979.0	68.66
21	1390.2	32.0	46	3045.2	70.19
22	1456.4	33.5	47	3111.4	71.72
23	1522.6	35.1	48	3177.6	73.24
24	1588.8	36.6	49	3243.8	74.77
25	1655.0	38.1	50	3310.0	76.29

1/ X = Valores de IG.

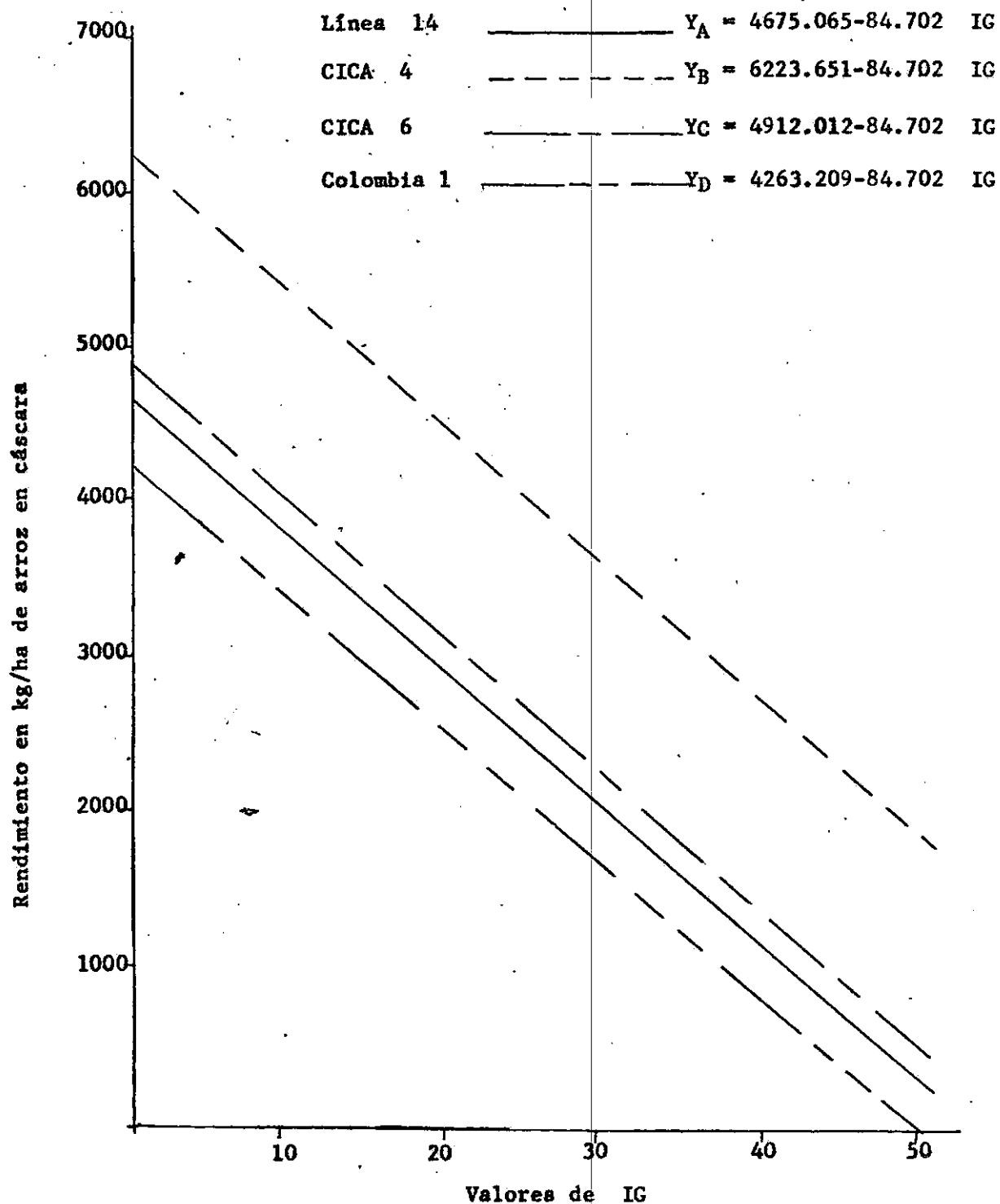


FIGURA 7. Disminución del rendimiento (kg/Ha) de arroz en cáscara debido al ataque de la piricularia en el cuello de la panícula, según el porcentaje de incidencia y grado de severidad tomando a cada variedad como variable de clasificación.

TABLA 15. Análisis de varianza y coeficientes de regresión para el modelo de regresión al considerar cada variedad (variable "Dummy") como variable de clasificación.

Fuente	G L	S C	C M	r	r ²
Regresión	4	38458209.19	9614552.29**	-0.956	0.915
Error	27	3579857.28	132587.30		
Total	31	42038066.48			

Coefficiente	b (i)	Var b (i)	Valor "t"	"t"	Tablas
b (0)	4264.209	16685.827	33.004	2.05	2.76
b (1)	411.856	51442.228	1.816		
b (2)	1960.442	47838.074	8.963		
b (3)	648.803	42896.384	3.133		
b (4)	-84.702	39.359	-13.501		

$$Y_A = 4675.065 - 84.702 \text{ IG (Para la Línea 14)}$$

$$Y_B = 6223.651 - 84.702 \text{ IG (Para la CICA 4)}$$

$$Y_C = 4912.012 - 84.702 \text{ IG (Para la CICA 6)}$$

$$Y_D = 6263.209 - 84.702 \text{ IG (Para la Colombia 1)}$$

La estimación de las pérdidas mediante esta ecuación se indican en la Figura 8. Además, en base a este estimativo se desarrolló una tabla para estimar las pérdidas en rendimiento causada por la piri-
cularia en el cuello de la panícula según el porcentaje de incidencia de los distintos grados de severidad (Tabla 16). Para la estimación se sigue el siguiente procedimiento.

1. Determinar el porcentaje de incidencia (apreciación visual) de los grados 2, 3 y 4 en muestras representativas de un campo afectado por piri-
cularia en el cuello de la panícula.
2. Determinar en la tabla, con los porcentajes observados en cada grado de severidad, las pérdidas correspondientes a cada grado.
3. Sumar las pérdidas ocasionales en cada grado de severidad para determinar la pérdida total.

TABLA 16. Pérdida en kg/Ha de arroz en cáscara causada por el ataque de la piricularia en el cuello de la panícula del arroz según el porcentaje de incidencia de los distintos grados de severidad.

Porcentaje de incidencia y pérdida en kg/Ha					
Grado 2	Pérdida	Grado 3	Pérdida	Grado 4	Pérdida
(%)	(Kg/Ha)	(%)	(kg/Ha)	(%)	(kg/Ha)
1	10.4	1	20.3	1	34.9
2	20.8	2	41.5	2	69.9
4	41.6	4	83.1	5	139.8
5	52.0	5	103.9	6	174.7
6	62.4	6	124.7	6	209.7
8	83.2	8	166.2	8	279.6
10	104.0	10	207.8	10	349.5
12	124.8	12	249.4	12	419.4
14	145.6	14	290.9	14	489.3
15	156.0	15	311.7	15	524.2
16	166.4	16	332.5	16	559.2
18	187.2	18	374.0	18	629.1
20	208.0	20	415.6	20	699.0
22	228.8	22	457.2	22	768.9
24	249.6	24	498.7	24	838.3
25	260.0	25	519.5	25	873.7
26	270.4	26	540.3	26	908.7

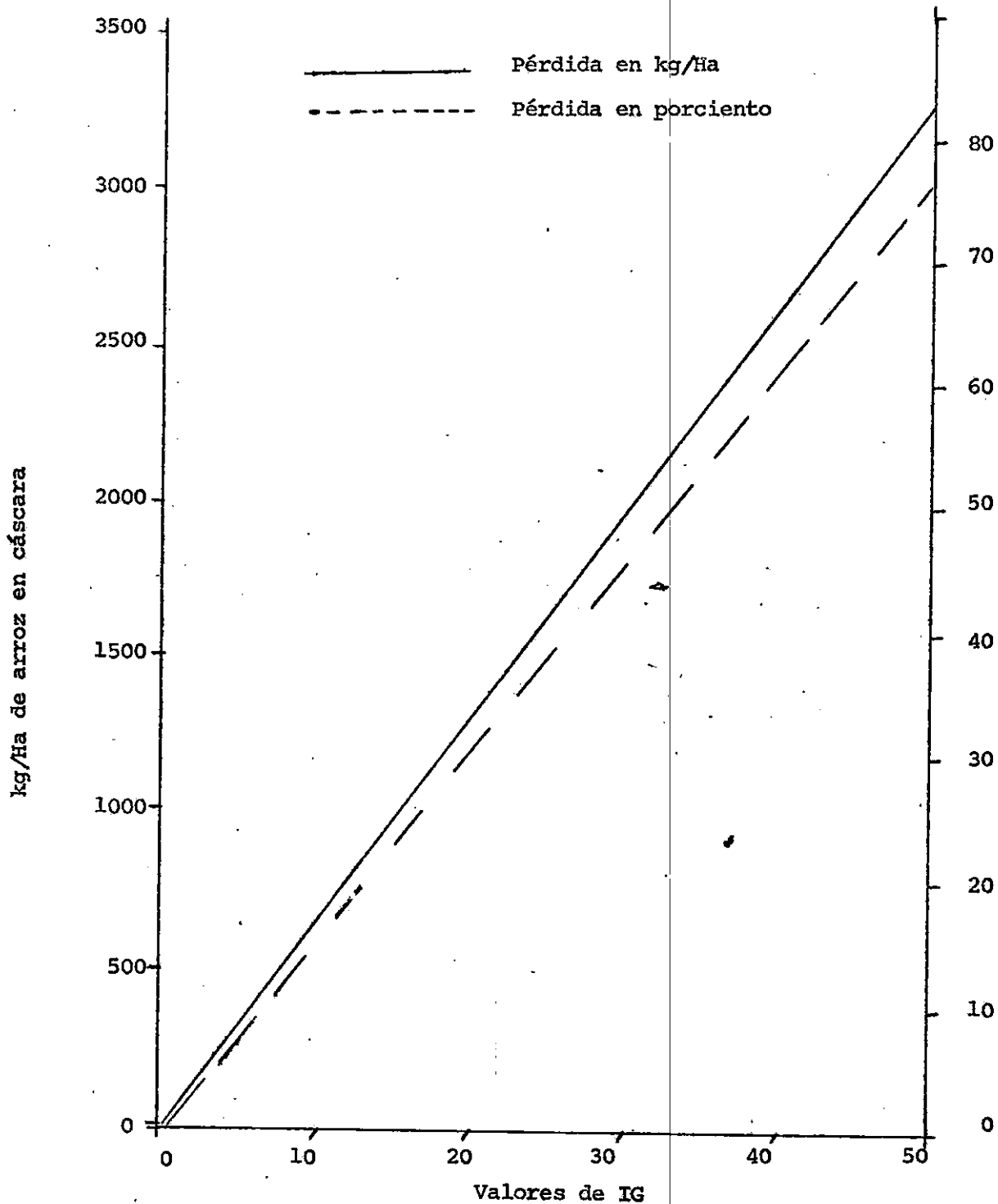


FIGURA 8. Pérdida en rendimiento (kg/Ha y %) de arroz en cáscara según el porcentaje de incidencia y grado de severidad de la piricularia en el cuello de la panícula en las variedades CICA 6, Colombia 1 y Línea 14.

TABLA 16. (continuación)

Porcentaje de incidencia y pérdida en kg/Ha					
Grado 2	Pérdida	Grado 3	Pérdida	Grado 4	Pérdida
(%)	(kg/Ha)	(%)	(kg/Ha)	(%)	(kg/Ha)
28	291.2	28	581.8	28	978.6
30	312.0	30	623.4	30	1048.5
32	332.8	32	664.9	32	1118.4
34	353.6	34	706.5	34	1188.3
35	364.0	35	727.3	35	1223.2
36	374.4	36	748.0	36	1258.2
38	395.2	38	789.6	38	1328.1
40	416.0	40	831.2	40	1398.0
42	436.8	42	872.7	42	1467.9
44	457.6	44	914.3	44	1537.8
45	468.0	45	935.1	45	1572.7
46	478.4	46	955.9	46	1607.7
48	499.2	48	997.4	48	1677.6
50	520.0	50	1039.0	50	1747.5

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir lo siguiente:

1. La medida de control de la piricularia (P. oryzae Cav.) realizada en variedades susceptibles con aplicaciones de fungicidas cada 5 a 7 días fue efectiva, pero no se recomienda su aplicación práctica porque es antieconómica para los agricultores; por lo tanto el uso de variedades resistentes es el medio más eficaz y económico para contrarrestar la enfermedad.
2. La magnitud de las pérdidas por efecto de la piricularia en el cuello de la panícula en las variedades en estudio y las comparaciones de pérdidas entre ellas, permite establecer que la variedad Colombia 1 es altamente resistente y la CICA 6 moderadamente resistente, mientras que CICA 4 es susceptible y la Línea 14 altamente susceptible.
3. Las pérdidas que ocasiona la infección de la piricularia en el cuello de la panícula dependen del porcentaje de incidencia y del grado de severidad de la infección. Por lo tanto, en la evaluación de las pérdidas se deben considerar ambos factores, estableciendo una escala que permita diferenciar los distintos grados de severidad. Se sugiere utilizar una escala con grados de severidad de 1 a 4. 1 para panículas sanas y 4 para panículas severamente afectadas en el cuello y ramificaciones.

4. Para cuantificar las pérdidas que ocasionan los distintos grados de severidad de la escala, es necesario determinar en cada grado la contribución relativa sobre el rendimiento del peso y número de granos por panícula, el porcentaje de granos llenos y el peso de 1.000 granos.
5. Mediante la determinación, en cada grado de severidad, de la contribución relativa sobre el rendimiento de los componentes considerados se logró establecer, en base al grado 1 (Panículas sanas) que el grado de severidad 2 ocasiona una pérdida del 22% en el rendimiento y los grados 3 y 4 unas pérdidas de 44 y 74%, respectivamente.
6. Para estimar las pérdidas en el rendimiento en variedades susceptibles a la piricularia teniendo en cuenta el porcentaje de incidencia en el cuello de la panícula y el grado de severidad en la misma, es necesario valorar éstos dos factores y luego correlacionarlos con el rendimiento. En éste estudio se encontró la ecuación de regresión $Y = 4438.872 - 66.2 X$, como la más apropiada para determinar las pérdidas y en la cual 4438.872 es el rendimiento promedio de la variedad o variedades en ausencia de la enfermedad, X representa los valores del porcentaje de incidencia y el grado de severidad (IG) y 66.2 las pérdidas (kg/Ha) por cada incremento unitario en los valores de IG.

6. RESUMEN

En la Estación Experimental La Libertad, localizada en el Municipio de Villavicencio, Meta (Colombia) fue conducido un estudio con el objeto de estimar las pérdidas en el rendimiento del arroz ocasionadas por la infección del hongo Pyricularia oryzae Cav. en el cuello de la panícula.

Cuatro variedades de arroz (CICA 4, CICA 6, Colombia 1 y Línea 14) con diferentes grados de reacción al patógeno fueron establecidos en parcelas protegidas y no protegidas. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con 4 replicaciones, donde los tratamientos constituyeron las parcelas principales y las variedades las subparcelas.

Las parcelas protegidas fueron tratadas con los fungicidas Bla-S, Hinosan y Kasumin aplicados a intervalos de 5 a 7 días desde los 20 días de edad hasta 10 a 15 días antes de la cosecha.

La infección del cuello de la panícula fue evaluada mediante una escala de 0 a 100 para el porcentaje de incidencia y para los grados de severidad se utilizó una escala de 1 a 4 donde 1 corresponde a plantas con panículas sanas y 4 a plantas con panículas severamente afectadas.

Para estimar los efectos de la infección en el cuello de la panícula sobre el rendimiento del arroz, se desarrolló un índice (IG) para combinar el porcentaje de incidencia (I) con el grado de

severidad de ataque (G),

El índice IG fue obtenido, determinando primero los valores de los grados de severidad 1, 2, 3 y 4 y el efecto que ellos tuvieron sobre los componentes de rendimiento: peso de granos por panícula (X), número de granos por panícula (Y), porcentaje de granos llenos (Z) y peso de 1000 granos (P).

Estos valores fueron combinados con los porcentajes de incidencia (I) observadas en el campo.

Los valores de los grados de infección fueron calculados mediante la ecuación:

$$G_i = \frac{B_x \cdot X_i + B_y \cdot Y_i + B_z \cdot Z_i + B_p \cdot P_i}{B_x + B_y + B_z + B_p}$$

en donde: B_x , B_y , B_z y B_p son los coeficientes de regresión de los componentes de rendimiento X, Y, Z y P. X_i , Y_i , Z_i y P_i son los valores porcentuales de los componentes de rendimiento X, Y, Z y P en los grados considerados.

Las pérdidas en los grados de severidad 2, 3 y 4 fueron obtenidas restando del valor del grado 1 (expresado como 100%) los valores de los grados 2, 3 y 4 separadamente, valor que se denominó coeficiente de infección (C). Con los datos obtenidos se determinaron

los valores de IG mediante la ecuación:

$$IG = \frac{C_2 \cdot I_2 + C_3 \cdot I_3 + C_4 \cdot I_4}{C_2 + C_3 + C_4}$$

en donde: C_2, C_3, C_4 son los coeficientes de infección en los grados 2, 3 y 4; I_2, I_3, I_4 representan los porcentajes de incidencia observados en campo en los grados 2, 3 y 4.

Las pérdidas en rendimiento del arroz causadas por la infección de la piricularia en el cuello de la panícula fueron estimadas mediante la ecuación $y = a x + b$ obtenida de la regresión del rendimiento y los valores de IG, donde: a representa el rendimiento de las variedades de arroz en ausencia de la infección en el cuello de la panícula, b representa la pérdida de rendimiento (kg/Ha) por cada valor unitario de IG, x representa los valores de IG.

La correlación altamente significativa establecida en la regresión del rendimiento y los valores de IG en las cuatro variedades, indica que la pérdida en el rendimiento debido a la infección en el cuello de la panícula puede ser estimada con la ecuación de regresión entre éstas dos variables.

La magnitud de las pérdidas varió de 7.2% en Colombia 1 a 50.9% en la Línea 14. Las pérdidas en CICA 4 y CICA 6 fueron de

43.8% y 40.3%, respectivamente.

Los resultados indican que los grados de severidad 3 y 4 de infección en el cuello de la panícula fueron los principales responsables de la pérdida en rendimiento en las variedades susceptibles y que el grado 2 de severidad tuvo un menor efecto. Las pérdidas estimadas por la infección de los grados 2, 3 y 4 fueron de 22, 44 y 74%, respectivamente.

Los componentes de rendimiento peso de granos por panícula y número de granos fueron más afectados por la infección en el cuello de la panícula que el componente peso de 1000 granos.

Los resultados de este estudio indican que la ecuación de regresión $y = 4438.87 - 66.2 X$ es la que mejor expresa las pérdidas en el rendimiento ocasionada por la piricularia en el cuello de la panícula del arroz.

En esta ecuación 4438.87 es el rendimiento promedio (kg/Ha) de la variedad o variedades libres de infección, mientras que ocurre una pérdida de 66.2 kg/Ha por cada incremento unitario en el valor de IG. X representa el valor de IG, que combina la severidad de infección y el porcentaje de incidencia de la enfermedad. En base a la ecuación obtenida se determinaron las pérdidas ocasionadas por la enfermedad teniendo en cuenta el grado de severidad y el porcentaje de incidencia.

S U M M A R Y

A study was conducted at the experimental station La Libertad , located in Villavicencio, Meta (Colombia) to estimate the yield losses in rice due to neck rot infection caused by Pyricularia oryzae Cav.

Four rice varieties (CICA 4, CICA 6, Colombia 1 and Line 14) having different reaction to the pathogen were established in protected and unprotected plots. A randomized block design with a split plot arrangement and four replications having treatments as main plots and varieties as subplots was used.

The protected plots were treated with the fungicides Bla-S, Hinosan, and Kasumin applied at intervals of 5 to 7 days starting from 20 days after germination until 10 to 15 days before harvest.

The neck rot infection was evaluated using a percentage of incidence from 0 to 100% and a degree of severity with a scale of 1 to 4, where 1 correspond to plants with healthy panicles and 4 to plants with panicles affected severely.

To estimate the effects of the neck rot infection on rice yield an index (IG) was developed to combine the effects of both percentage of incidenciea (I) and severity of the scale units of infection (G).

The IG index was obtained by determining first the values of the scale units of infection 1, 2, 3 and 4, and the effect they had

on the components of yield: grain weight per panicle (X), number of grains per panicle (Y), percentage of full grains (Z) and weight of 1000 grains (P). These effects were then combined with the percentage of incidence (I) of the scale units observed in the field conditions.

The values of the scale units of infection were calculated using the equation:

$$G_i = \frac{B_x \cdot X_i + B_y \cdot Y_i + B_z \cdot Z_i + B_p \cdot P_i}{B_x + B_y + B_z + B_p}$$

where: B_x, B_y, B_z, B_p are the regression coefficients of the yield components X, Y, Z and P.

X_i, Y_i, Z_i, P_i are the values of the yield components X, Y, Z and P in the scale units.

The losses of the scale units 2, 3 and 4 were obtained by subtracting from the value of the scale unit 1 (expressed as 100%) the values of scale units 2, 3 and 4 separately. These losses are referred as coefficient of infection (C). With these data the IG index values were determined by the equation:

$$IG = \frac{C_2 \cdot I_2 + C_3 \cdot I_3 + C_4 \cdot I_4}{C_2 + C_3 + C_4}$$

where: C_2, C_3, C_4 are the coefficients of infection in scale units 2, 3 and 4 and I_2, I_3, I_4 represent the percentage of incidence of the scale units observed under field conditions.

The yield losses in rice caused by the neck rot infection of blast were estimated with the equation, $Y = a + b\bar{x}$ obtained from the regression of yield and values of IG.

where: a. represents the yield of rice varieties in absence of neck rot infection.

b. represents the amount of yield that is lost per each unit of IG value.

X represents the IG values.

The highly significant correlation found between the regression of yield and the IG values in the four rice varieties indicates that the losses in yield due to the neck rot infection of blast can be predicted with the equation of regression between these two variables.

The magnitude of losses estimated in this study varied from 7.2% in Colombia 1 up to 50.9% in Line 14. The losses in CICA 4 and CICA 6 were of 43.8% and 40.3%, respectively.

The results indicated that the scale units 3 and 4 of neck

rot infection were the mainly responsible for the yield losses in susceptible varieties and the scale unit 2 had a minor effect. The estimated losses in the scale units 2, 3 and 4 were 22, 44 and 74%, respectively.

The yield components, weight of grain per panicle and number of grains per panicle were affected more by the neck rot infection than the weight of 1000 grains.

The results of this study indicated that the equation of regression, $Y = 4438.87 - 66.2 X$ most accurately expressed the losses in yield caused by neck rot infection of blast. In this equation 4438.87 is the average yield (kg/Ha) of the variety or varieties free of infection while a loss of 66.2 (kg/Ha) occurred for each unit of increment in the IG value X represents the IG value that combines the severity of the scale units of infection and their percentage of disease incidence.

B I B L I O G R A F I A

1. ABRAHAM, T. P. 1966. Investigations on field experimental techniques with rice crop. II. Sampling in field experiments for estimation of plant characters and incidence of pest and diseases. *Indian J. Agric. Sci.* 37(4): 180-192.
2. CHAUHAM, L. S.; M. A. JONES and F. G. RORIE. 1968. Assessment of losses due to stem rot of rice caused by *Sclerotium oryzae*. *Plant Dis. Reporter.* 52(12):963-965.
3. CHENNEY, V. V.; R. L. MUNJAL; T. S. HORA and A. SINGH. 1966. Estimation of losses due to ground-nut-mosaic. *Indian Phytopath.* 19(2):194-197.
4. EVANS, L. T. 1972. Storage capacity as a limitation on grain yield. In: Rice breeding. IRRI, Los Baños, Philippines, pp. 499-511.
5. FEAKIN, S. D. 1970. Pest control in rice. Centre for Overseas pest Research, London. pp. 42-50. (PANS Manual, No. 3).

6. GOTO, K. 1963. Estimating losses from rice blast in Japan.
In: Proceeding of a Symposium on the rice blast disease.
IRRI, Los Baños, Philippines (July 1963). Baltimore, Johns
Hopkins Press, pp. 195-202.
7. HASHIOKA, Y. 1963. Effects of environmental factors on deve-
lopment of causal fungus, infection disease development,
and epidemiology in rice blast disease. In: Proceeding
of a Symposium on the rice blast disease. IRRI. Los Ba-
ños, Philippines, (July 1963). Baltimore, Johns Hopkins
Press. pp. 153-161.
8. HOPF, H. S. 1968. A short review of disease control in rice.
PANS, Sect. B. 14(2):117-119.
9. HUERTA, H. R. 1969. Enfermedad de arroz en el Perú. In:
Curso de capacitación sobre el cultivo del arroz. Pro-
grama Nacional de Arroz. Lambayeque, Perú. pp. 388-447.
10. ISHIZUKA, Y. 1971. Physiology of the rice plant. Adv. in
Agron. 23:241-310.
11. JENNINGS, P. R. 1963. Estimating yield loss in rice caused
by hoja blanca. Phytopathology 53:492.

12. JENNINGS, P. R. y G. E. GALVES. 1969. Desarrollo de variedades de arroz con resistencia parcial al hongo *Piricularia oryzae* Cav. Arroz 18(189):23-24.
13. JOHNSTON, A. 1968. Tropical crop losses with special reference to rice. Commonwealth Phytopathological News. Part 5. 4 p.
14. KIYOSAWA, S. 1972. Genetics of blast resistance. IRRI. Los Baños, Philippines. pp. 203-225.
15. LeCLERG, E. L. 1964. Crop losses due to plant diseases in the United States. Phytopathology 54:1309-1313.
16. MATHUR, R. S.; G. K. BAJPAI; L. S. CHAUHAM and S. C. VERMA. 1964. Assessment of losses caused by paddy blast. Plant Dis. Rep. 48(9):711-713.
17. MATSUSHIMA, S. 1964. Nitrogen requirements at different stages of growth. In: Proceeding of a Symposium on the mineral nutrition of the rice plant, Feb. 1964, Los Baños, Philippines. Baltimore, JohnsHopkins Press. pp. 219-242.

18. NAGAI, K.; H. FUJIMAKI and M. YOKKO. 1973. Breeding and some genetical findings for multiracial resistance to blast by using japonica x indica hybrids of rice. Japan Agric. Res. Quart. 7(2):63-70.
19. CU, S. Y. and P. R. JENNINGS. 1969. Progress in the development of disease resistance rice. Ann. Rev. Phytop. 7: 383-410.
20. _____. 1972. Rice diseases. Surrey, New Commonwealth Mycological Institute. pp. 97-184.
21. PADMANABHAN, S. Y.; D. GANGULY and M. P. JHA. 1958. A method of estimating the loss caused by blast disease of rice. Indian J. Agric. Sci. 28(1):87-96.
22. _____. 1963. Estimating losses from rice blast in India. In: Proceeding of a Symposium on the rice blast disease. IRRI, Los Baños, Philippines (July 1963). Baltimore, Johns Hopkins Press. pp. 203-221.
23. PUERTA, O. D.; E. J. OWEN y R. BARRIGA. 1974. El nitrógeno y la incidencia de Pyricularia en panículas de arroz. Nueva Agr. Trop. 27(2):13-16.

24. ROSERO, M. J. 1972. Investigaciones del cultivo de arroz en Colombia. Arroz 21(220):10-16.
25. _____. 1974. Combinación múltiple de líneas en la selección de variedades resistentes al bruzone. Id: Reunión Anual Programa Nacional de Arroz, 6a. Villavicencio, May. 17-19. Palmira. ICA. pp. 1-5.
26. SARATHE, M. L.; K. K. SHARMA and M. N. SHRIVASTAVA. 1969. Study of yield attributes and heredability in some varieties of rice (Oryza sativa L.). Indian J. Agric. Sci. 39(9):925-929.
27. SHRIVASTAVA, M. N. and K. K. SHARMA. 1971. Association among yield components in F₂ population of a cross in rice (Oryza sativa L.). Indian J. Agric. Sci. 4(12):
28. SINGH, D.; B. N. TYAGI; R. K. KHOSLA and K. P. AVASTHY. 1971. Estimate of the incidence of pest and diseases, and consequent field losses in the yield of maize. (Zea mays L.). Indian J. Agric. Sci. 41(12):1094-1097.
29. SINGH, R. 1968. The rice blast in India. PANS Sect. B. 14(4):361-369.

30. SUSUKI, H. 1970. Interrelationship between the occurrence of rice blast disease and meteorological conditions. Rev. Plant. Protect. Res. 3:1-11.
31. TEMPLETON, G. E.; B. R. WELLS and T. H. JOHNSTON, 1979. N. Fertilizer applications closely related to blast at nodes and resultant lodging of rice. The Rice Journal 73(7): 71.
32. ULLSTRUP, A. J. and S. R. MILES. 1957. The effects of some leaf blights of corn on grain yield. Phytopathology 47: 331-336.
33. VAN DER PLANK, J. E. 1968. Disease resistance in plants. New York, Academic Press. 201 p.
34. YOSHIDA, S.; J. H. COCK and F. T. PARAO. 1972. Physiological aspects of high yields. In: Rice Breeding. IRRI. Los Baños, Philippines. pp. 455-459.

A P E N D I C E

TABLA 17. Condiciones meteorológicas prevaletientes durante el período experimental en el C.N.
I.A. "La Libertad", según datos promedio de 5 años.

Mes	Temperatura media (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)	Brillo solar (hs)	Precipitación (días)
Abril	26.3	80	349.8	4.1	19
Mayo	26.0	80	373.7	4.7	16
Junio	25.4	83	376.5	4.4	19
Julio	24.9	81	327.6	4.2	17
Agosto	25.7	79	232.1	5.0	18
Septiembre	25.9	79	243.5	5.1	19

TABLA 18. Análisis de varianza para las variables rendimiento (R), porcentaje de incidencia (I) de la piricularia en el cuello de la panícula y los componentes peso de grano por panícula (X), número de granos por panícula (Y), porcentaje de granos llenos (Z) y peso promedio de 1000 granos (P) en cuatro variedades de arroz, conforme al diseño establecido. Combinación de los dos experimentos.

Fuente	G L			Cuadrados medios							
	R	I	C I/	R	I	X	Y	Z	P		
Replicación	24	24	24	99699 NS	32.4877 NS	0.0421 NS	89.799 NS	41.85 NS	1.78-*		
Experimento (E)	1	1	1	14516633 **	836.2971 **	0.3494 *	2481.124 **	884.64 **	94.43**		
Grado (G)	-	3	3	-	13293.6148 **	14.3463 **	22932.810 **	8899.27	85.71**		
Tratamiento (T)	1	1	1	160858109 **	5.6726 NS	7.5642 **	7096.771 **	3710.86 **	171.29**		
E x G	-	3	-	-	283.4696 **	-	-	-	-		
E x T	-	3	-	2747091**	2.5967 NS	2.0303 **	2589.901 **	267.83 *	20.45**		
G x T	-	3	-	-	15170.4065 **	-	-	-	-		
E x G x T	-	3	-	-	237.6537 **	-	-	-	-		
Error (a)	24	24	18	179699	21.5615	0.0784	149.451	34.69	0.76		
Variedad (V)	3	3	3	37524104 **	853.1100 **	4.2452 **	25967.233 **	2746.89 **	710.50**		
E x V	3	3	3	1765238 **	1947.3909 **	0.3796 **	787.563 **	232.65 *	43.97**		
G x V	-	9	-	-	5261.9145 **	-	-	-	-		
T x V	3	3	3	13395513 **	4.1269 NS	1.3515 **	984.985 **	1098.20 **	50.03**		
G x T x V	-	9	-	-	1272.5036 **	-	-	-	-		
E x T x V	3	3	3	628786 **	-	0.2568 *	201.060 NS	214.03 *	18.99**		
E x G x T x V	-	7	-	-	11.4637 NS	-	-	-	-		
Error (b)	117	111	85	124865	16.1692	0.0670	97.340	44.37	1.36		

TABLA 19. Prueba de Duncan para las variables rendimiento y porcentaje de incidencia entre grados, variedades y tratamientos.

RENDIMIENTO

Variedad	Línea 14	CICA 6	Colombia 1	CICA 4
Promedios	2705.7	3385.7	4120.1	4409.3

Trat. x Var.	L.14 (N)	C-6 (N)	C-4 (N)	L.14 (P)	Col.1 (N)	C-6 (N)	Col.1 (P)	C-4 (P)
Prom.	1781.2	2530.8	3171.5	3630.2	3966.5	4240.6	4273.6	5647.2

PORCENTAJE DE INCIDENCIA

Grado de Infección	4	3	3	1
Promedios	15.10	20.81	21.17	47.82

Gr.xTr.	4P	3P	2P	2N	1N	4N	3N	1P
Promedios	2.7	10.7	19.0	22.6	25.8	27.0	31.7	69.7

GRADO X VARIEDAD

2D	4B	4C	3C	2C	2A	4A	3A	1B	3B	1A	2B	1C	1D
10.8	14.8	15.8	20.0	20.1	21.8	22.1	25.8	17.6	28.3	29.5	30.4	45.0	89.1

TABLA 20. Análisis de varianza, coeficiente de regresión y coeficientes estadísticos para la variable rendimiento y sus componentes, según datos combinados de dos experimentos.

Fuente	G L.	S C	C M	r^2	C V
Regresión	4	78554720.3782	19638680.09**	0.2995	30.19
Error	164	183725360.8891	1120276.59		
Total correg.168		262280081.2674			

Fuente	Valor B	Prob. % T	Error est. B	Valores B est.
Intercepto	2524.5634	2.5567	987.400578	0.0
Peso de granos/panícula	614 .2702	1.2377	496.284586	0.29950274
Número de granos panícula	5.4837	0.4867	11.266894	0.12558258
Porcentaje de granos llenos	13.9833	1.2119	11.538254	0.17596529
Peso promedio 1000 granos	- 58.3971	-1.1765	49.635604	-0.20114653