



**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**DENSIDAD Y DISTRIBUCION DE SIEMBRA EN CULTIVARES SEMIENANOS DE
ARROZ (INIA CARAGUATA Y L 1844)**

por

**Martín Alejandro ALIAGA ODDONE
Dario Ezequiel BOTTARO PEREZ**

**TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de Ingeniero
Agrónomo (Orientación Agrícola – Ganadera)**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
1998**

Tesis aprobada por:

Director: Pedro Blanco
Nombre completo y firma

Oswaldo Ernst
Nombre completo y firma

Esteban Hoffman
Nombre completo y firma

Fecha: _____

Autores: Martin Aliaga
Nombre completo y firma

Dario Bottaro
Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento para nuestro director de tesis Ing. Agr. Pedro Blanco, para Ing. Agr. Fernando Pérez de Vida, a todos los técnicos y funcionarios de la Estación Experimental del Este, INIA Treinta y Tres y a todas las personas que de alguna manera u otra colaboraron con la realización de éste trabajo.

Gracias totales.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS	X
LISTA DE ILUSTRACIONES	XIII
1. <u>INTRODUCCION</u>	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	3
2.1. TIPOS DE PLANTAS	3
2.1.1. <u>Introducción</u>	3
2.1.2. <u>Tipos de planta tradicional</u>	4
2.1.3. <u>Tipo de planta moderno</u>	4
2.1.4. <u>Concepto de tipo de planta moderno</u>	5
2.1.4.1. Tipo de tallo	7
2.1.4.2. Hábito de las hojas	8
2.1.4.3. Capacidad de macollaje	8
2.1.4.4. Area foliar	9
2.1.4.5. Duración del ciclo del cultivo	10
2.1.4.6. Resumen de las características de los diferentes tipos de planta	11
2.1.5. <u>Consideraciones sobre tipo de planta en Uruguay</u>	12
2.1.6. <u>Características de INIA Caraguatá</u>	13
2.1.6.1. Antecedentes de INIA Caraguatá	13
2.1.6.2. Origen	14
2.1.6.3. Características Agronómicas	14
2.1.6.4. Calidad Industrial y Culinaria	14
2.1.6.5. Rendimiento	15
2.1.6.6. Respuestas a fecha de siembra	16
2.1.6.7. Sanidad	17
2.1.6.8. Aspectos de manejo	18
2.1.7. <u>Características de L 1844</u>	18
2.1.6.1. Origen	18
2.1.6.2. Características Agronómicas	18
2.1.6.3. Calidad Industrial y Culinaria	18
2.1.6.4. Rendimiento	19
2.1.6.5. Sanidad	19
2.2. FISILOGIA DEL RENDIMIENTO	19
2.2.1. <u>Area foliar</u>	19
2.2.1.1. Area foliar y producción de materia seca	19

2.2.2. <u>Partición de materia seca, Índice de Cosecha</u>	21
2.2.2.1. <u>Producción de materia seca y rendimiento en grano</u>	21
2.2.3. <u>Capacidad de rendimiento</u>	22
2.2.3.1. <u>Desarrollo de la capacidad de rendimiento</u>	22
2.2.4. <u>Componentes del rendimiento</u>	22
2.2.4.1. <u>Panojas / m²</u>	23
2.2.4.2. <u>Granos / panoja</u>	24
2.2.4.3. <u>% Esterilidad</u>	25
2.2.4.4. <u>Peso de 1000 granos</u>	27
2.2.5. <u>Importancia relativa de los componentes del rendimiento</u>	28
2.2.6. <u>Compensación de los componentes de rendimiento</u>	29
2.3. EFECTO DE FACTORES CLIMATICOS SOBRE LA PRODUCCION DE MATERIA SECA Y RENDIMIENTO	30
2.3.1. <u>Introducción</u>	30
2.3.2. <u>Temperatura</u>	30
2.3.3. <u>Radiación Solar</u>	32
2.3.4. <u>Precipitaciones</u>	33
2.4. EFECTO DE LAS ENFERMEDADES DEL TALLO SOBRE LA PRODUCCION DE MATERIA SECA Y EL RENDIMIENTO	35
2.4.1. <u>Introducción</u>	35
2.4.2. <u>Podredumbre del Tallo (<i>Sclerotium Oryzae</i>)</u>	36
2.4.2.1. <u>Introducción</u>	36
2.4.2.2. <u>Condiciones predisponentes</u>	36
2.4.2.3. <u>Sintomas</u>	37
2.4.2.4. <u>Daño</u>	38
2.4.2.5. <u>Resistencia varietal</u>	38
2.4.3. <u>Mancha de Vainas y Mancha Agregada de las Vainas, provocado por <i>Rhizotocnia Oryzae</i> y <i>Rhizotocnia Oryzae Sativae</i></u>	38
2.4.3.1. <u>Introducción</u>	38
2.4.3.2. <u>Condiciones predisponentes</u>	39
2.4.3.3. <u>Sintomas</u>	39
2.4.3.4. <u>Daño</u>	40
2.4.3.5. <u>Resistencia varietal</u>	40
2.4.4. <u>Resultados nacionales</u>	40
2.5. METODOS DE SIEMBRA	42
2.5.1. <u>Introducción</u>	42
2.5.2. <u>Siembra al voleo</u>	43
2.5.3. <u>Siembra en línea</u>	44
2.6. RESPUESTA A DENSIDAD DE SIEMBRA Y DISTRIBUCION	44
2.6.1. <u>Introducción</u>	44
2.6.2. <u>Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y sus</u>	46

<u>componentes</u>	
2.6.2.1. Generalidades	46
2.6.2.2. Efecto de la densidad de siembra sobre diferentes tipos varietales	47
2.6.2.3. Efecto de la fertilización nitrogenada a diferentes densidades de siembra	47
2.6.2.4. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre diferentes tipos varietales	49
2.6.3. <u>Efecto de la distribución sobre el rendimiento y sus componentes</u>	50
2.6.3.1. Generalidades	50
2.6.3.2. Efecto de la distribución sobre diferentes tipos varietales.	51
2.6.4. <u>Efecto conjunto de la densidad y distribución sobre el rendimiento y sus componentes</u>	53
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	55
3.1. LOCALIZACION	55
3.2. CONDICIONES AMBIENTALES	55
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	55
3.4. SUELO	56
3.5. CULTIVARES	56
3.5.1. <u>INIA Caraguatá</u>	56
3.5.2. <u>L1844</u>	57
3.6. SIEMBRA	58
3.7. FERTILIZACION	58
3.8. CONTROL DE MALEZAS	58
3.9. CONTROL DE PLAGAS	58
3.10. MANEJO DEL AGUA	58
3.11. MEDICIONES EFECTUADAS	59
3.11.1. <u>Rendimiento en grano</u>	59
3.11.2. <u>Componentes del rendimiento</u>	59
3.11.2.1. Panojas/m ²	59
3.11.2.2. Granos chuzos, llenos y semillenos/panoja	60
3.11.2.3. Granos/m ²	60
3.11.2.4. Porcentaje de esterilidad	60

3.11.2.5. <u>Peso de 1000 granos</u>	60
3.11.3. <u>Plantas/m²</u>	60
3.11.4. <u>Tallos/m²</u>	60
3.11.5. <u>Materia seca total</u>	61
3.11.6. <u>Índice de área foliar</u>	61
3.11.7. <u>Lectura de enfermedades</u>	61
3.12. <u>METODO ESTADISTICO</u>	62
3.12.1. <u>Análisis de varianza</u>	62
3.12.2. <u>Diferencias mínimas significativas</u>	62
3.12.3. <u>Análisis de regresión</u>	62
3.12.4. <u>Correlaciones</u>	63
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	64
4.1. <u>ASPECTOS GENERALES EXTERNOS AL ENSAYO</u>	64
4.1.1. <u>Factores climáticos</u>	64
4.1.2. <u>Enfermedades</u>	65
4.1.3. <u>Factores de manejo</u>	65
4.2. <u>INIA CARAGUATA</u>	65
4.2.1. <u>Número de planas/m²</u>	65
4.2.2. <u>Número de tallos/m²</u>	68
4.2.2.1. <u>Número de tallos/m² en primordio</u>	68
4.2.2.2. <u>Número de tallos/m² en floración</u>	69
4.2.2.3. <u>Número de tallos/m² en madurez</u>	69
4.2.2.4. <u>Evolución del número de tallos/m²</u>	69
4.2.3. <u>Incidencia de enfermedades</u>	71
4.2.3.1. <u>Incidencia de Podredumbre de tallo</u>	71
4.2.3.2. <u>Incidencia de Manchado Confluente de las Vainas</u>	72
4.2.3.3. <u>Estudio comparativo de las enfermedades</u>	73
4.2.4. <u>Índice de área foliar</u>	74
4.2.4.1. <u>Índice de área foliar en floración</u>	74
4.2.4.2. <u>Índice de área foliar en madurez</u>	75
4.2.4.3. <u>Evolución del índice de área foliar</u>	76
4.2.5. <u>Materia Seca</u>	78
4.2.5.1. <u>Materia Seca en primordio</u>	78
4.2.5.2. <u>Materia Seca en floración</u>	78
4.2.5.3. <u>Materia Seca en madurez</u>	79
4.2.5.4. <u>Evolución de la Materia Seca</u>	80
4.2.6. <u>Rendimiento en grano</u>	81
4.2.7. <u>Componentes del rendimiento</u>	83
4.2.7.1. <u>Número de panojas/m²</u>	83
4.2.7.2. <u>Número de granos/panoja</u>	85

4.2.7.3. Porcentaje de esterilidad	87
4.2.7.4. Peso de 1000 granos	88
4.2.8. <u>Estudio conjunto de los componentes del rendimiento</u>	89
4.2.8.1. Número de granos/m ²	89
4.2.8.2. Compensación de los componentes	90
4.3. LINEA L1844	92
4.3.1. <u>Número de plantas/m²</u>	92
4.3.2. <u>Número de tallos/m²</u>	93
4.3.2.1. Número de tallos en primordio	93
4.3.2.2. Número de tallos en floración	94
4.3.2.3. Número de tallos en madurez	94
4.3.2.4. Evolución del número de tallos	95
4.3.3. <u>Incidencia de enfermedades</u>	97
4.3.3.1. Incidencia de Podredumbre de Tallo	97
4.3.3.2. Incidencia de Manchado Confluente de las Vainas	98
4.3.3.3. Estudio comparativo de las enfermedades	100
4.3.4. <u>Índice de área foliar</u>	101
4.3.4.1. Índice de área foliar en floración	102
4.3.5. <u>Materia Seca</u>	102
4.3.5.1. Materia Seca en primordio	102
4.3.5.2. Materia Seca en floración	103
4.3.5.3. Materia Seca en madurez	104
4.3.5.4. Evolución de la Materia Seca	105
4.3.6. <u>Rendimiento en grano</u>	106
4.3.7. <u>Componentes del rendimiento</u>	109
4.3.7.1. Número de panojas/m ²	109
4.3.7.2. Número de granos/panoja	111
4.3.7.3. Porcentaje de esterilidad	112
4.3.7.4. Peso de 1000 granos	113
4.3.8. <u>Estudio conjunto de los componentes del rendimiento</u>	114
4.3.8.1. Número de granos/m ²	114
4.3.8.2. Relación entre los componentes	116
5. <u>CONCLUSIONES</u>	118
5.1. GENERALES	118
5.2. INIA CARAGUATA	118
5.3. LINEA L1844	119
6. <u>RESUMEN</u>	121

7. <u>SUMMARY</u>	122
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	123
9. <u>APENDICES</u>	128
9.1. INIA CARAGUATA	129
9.2. L 1844	136

LISTA DE CUADROS

	Página
1. Beneficios y desventajas de las características contrastantes de las plantas	11
2. Número de días y acumulación térmica de las diferentes faces fenológicas	30
3. Temperaturas medias decádicas registradas en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna	32
4. Temperaturas mínimas decádicas registradas en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna	32
5. Precipitaciones (mm) y días de lluvia registrados en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna	34
6. Rendimiento en grano (Kg/ha)	41
7. Índice de Severidad de Daño (ISD) por <i>Sclerotium Oryzae</i>	41
8. Porcentaje de esterilidad	42
9. Recopilación de varias fuentes a cerca de la recomendación del objetivo de plantas/m ² a implantación para un óptimo rendimiento	45
10. Heliofanía efectiva y temperaturas medias diurnas y nocturnas cada diez días y media mensual, en la zafra 1996-97 y Serie Histórica	55
11. Análisis de suelo para Solod de la Unidad Paso de la Laguna (Unidad La Charqueada). Zafra 1996-97	56
12. Temperaturas medias, mínimas y Heliofanía en las etapas del cultivo para la zafra y la Serie Histórica	64
13. Número de plantas/m ² (INIA Caraguatá)	66
14. Número de tallos/m ² en primordio y macollos por planta (INIA Caraguatá)	68
15. Número de tallos/m ² en floración (INIA Caraguatá)	69
16. Evolución del número de plantas y tallos/m ² según Distribución (INIA Caraguatá)	69
17. Evolución del número de tallos/m ² según Densidad, Máximo Macollaje y Macollaje Efectivo (INIA Caraguatá)	70

18. Incidencia de Podredumbre de Tallo (INIA Caraguatá)	71
19. Incidencia del Manchado Confluyente de las Vainas (INIA Caraguatá)	72
20. Índice de área foliar en floración (INIA Caraguatá)	74
21. Índice de área foliar en madurez (INIA Caraguatá)	75
22. Evolución del índice de área foliar según Distribución (INIA Caraguatá)	77
23. Evolución del índice de área foliar según Densidad (INIA Caraguatá)	77
24. Materia Seca en primordio (INIA Caraguatá)	78
25. Materia Seca en floración (INIA Caraguatá)	79
26. Materia Seca en madurez en función de la Densidad (INIA Caraguatá)	80
27. Evolución de la Materia Seca según Distribución (INIA Caraguatá)	80
28. Evolución de la Materia Seca según Densidad (INIA Caraguatá)	81
29. Rendimiento en grano (INIA Caraguatá)	82
30. Número de panojas/m ² (INIA Caraguatá)	83
31. Número de granos/panoja (INIA Caraguatá)	86
32. Porcentaje de esterilidad (INIA Caraguatá)	87
33. Peso de 1000 granos (INIA Caraguatá)	88
34. Número de granos/m ² (INIA Caraguatá)	89
35. Correlaciones significativas entre granos/m ² y otras variables (INIA Caraguatá)	90
36. Número de plantas/m ² (L1844)	92
37. Número de tallos/m ² en primordio (L1844)	93
38. Número de tallos/m ² en floración (L1844)	94
39. Evolución del número de tallos/m ² según Distribución (L1844)	95

40. Evolución del número de tallos/m ² según Densidad y Macollaje Efectivo (L1844)	96
41. ISD Sclerotium (L1844)	97
42. Manchado Confluente de las Vainas (L1844)	98
43. Índice de área foliar en floración (L1844)	102
44. Materia Seca en primordio (L1844)	103
45. Materia Seca en floración (L1844)	103
46. Materia Seca en madurez (L1844)	104
47. Evolución de la Materia Seca según Distribución (L1844)	105
48. Evolución de la Materia Seca según Densidad (L1844)	106
49. Rendimiento en grano (L1844)	106
50. Número de panojas/m ² (L1844)	110
51. Número de granos/panoja (L1844)	111
52. Porcentaje de esterilidad (L1844)	112
53. Peso de 1000 granos (L1844)	114
54. Número de granos/m ² (L1844)	115

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Página
1. Rendimiento promedio de INIA Caraguatá y Bluebelle en 62 ensayos a nivel nacional y 4 ensayos en la zona Centro-Norte	15
2. Rendimiento de INIA Caraguatá y variedades certificadas en la zona Centro-Norte para las zafras 1990-91 a 1994-95.	16
3. Respuesta a fechas de siembra en la zona Este	17
4. Respuesta a fechas de siembra de la Línea L1844	19
5. Probabilidad de temperaturas mínimas decádicas menores a 15°C en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna	31
6. Evolución de los rendimientos nacionales y las horas de sol acumuladas en enero + febrero + marzo	33
7. Diferencias entre las precipitaciones ocurridas en 1996 y los promedios de la Serie Histórica (SH) 1972-96	34
8. Diferencias entre los días de lluvia ocurridos en 1996 y los promedios de la Serie Histórica (SH) 1972-96	35
9. Número de plantas/m ² en función de la Densidad (INIA Caraguatá)	66
10. Número de plantas/m ² según Distribución (INIA Caraguatá)	67
11. Número de plantas/m ² en función de la interacción (INIA Caraguatá)	68
12. Evolución del número de tallos/m ² según la Distribución (INIA Caraguatá)	70
13. Evolución del número de tallos/m ² en función de la Densidad (INIA Caraguatá)	71
14. ISD Sclerotium según Distribución (INIA Caraguatá)	72
15. Estudio comparativo de las enfermedades (INIA Caraguatá)	73
16. Efecto del ISD Sclerotium sobre el ISD Rhizoctonia (INIA Caraguatá)	74
17. Índice de área foliar en floración según Distribución (INIA Caraguatá)	75
18. Índice de área foliar en madurez según Distribución (INIA Caraguatá)	76

19. Índice de área foliar en madurez en función de la Densidad (INIA Caraguatá)	76
20. Evolución del índice de área foliar según Distribución (INIA Caraguatá)	77
21. Evolución del índice de área foliar en función de la Densidad (INIA Caraguatá)	78
22. Materia Seca en floración según distribución (INIA Caraguatá)	79
23. Efecto del número de tallos/m ² en madurez sobre la Materia Seca total en madurez (INIA Caraguatá)	80
24. Evolución de la Materia Seca según la Distribución (INIA Caraguatá)	81
25. Rendimiento en grano en función de la Densidad (INIA Caraguatá)	82
26. Número de panojas/m ² según Distribución (INIA Caraguatá)	83
27. Número de panojas/m ² en función de la Densidad (INIA Caraguatá)	84
28. Asociación entre la Materia Seca en madurez y el número de panojas/m ² (INIA Caraguatá)	85
29. Asociación entre el número de plantas/m ² y el número de panojas/m ² (INIA Caraguatá)	85
30. Número de granos/panoja en función de la Densidad (INIA Caraguatá)	86
31. Efecto del número de panojas/m ² sobre el número de granos/panoja (INIA Caraguatá)	86
32. Efecto del número de granos/panoja sobre el porcentaje de esterilidad (INIA Caraguatá)	87
33. Peso de 1000 granos en función de la Densidad (INIA Caraguatá)	88
34. Número de granos/m ² según Distribución (INIA Caraguatá)	89
35. Peso de 1000 granos y número de granos/panoja en función de la Densidad (INIA Caraguatá)	91
36. Número de panojas/m ² y porcentaje de esterilidad en función de la Densidad (INIA Caraguatá)	91

37. Número de plantas/m ² en la interacción (L1844)	93
38. Número de tallos/m ² en primordio en función de la Densidad (L1844)	94
39. Evolución del número de tallos/m ² según Distribución (L1844)	95
40. Evolución del número de tallo/m ² en función de la Densidad (L1844)	96
41. Efecto del número de tallos/m ² en floración sobre el ISD Sclerotium (L1844)	98
42. Manchado Confluyente de las Vainas en función de la Densidad (L1844)	99
43. Efecto del número de tallos/m ² en floración sobre el ISD Rhizoctonia (L1844)	99
44. Efecto del número de tallos/m ² en madurez sobre el ISD Rhizoctonia (L1844)	100
45. ISD Sclerotium y Rhizoctonia para Líneas a 20 y 15 cm en función de la Densidad (L1844)	101
46. Efecto del ISD Sclerotium sobre el ISD Rhizoctonia (L1844)	101
47. Materia Seca en primordio en función de la Densidad (L1844)	103
48. Efecto del número de tallos/m ² en madurez sobre la Materia Seca total en madurez (L1844)	104
49. Evolución de la Materia Seca según Distribución (L1844)	105
50. Evolución de la Materia Seca en función de la Densidad (L1844)	106
51. Rendimiento en grano en función de la Densidad (L1844)	107
52. Rendimiento en grano en función de la interacción (L1844)	108
53. Correlación entre la Materia Seca total en primordio y el rendimiento (L1844)	108
54. Correlación entre el ISD Sclerotium y el rendimiento en grano (L1844)	109
55. Correlación entre el ISD Rhizoctonia y el rendimiento en grano (L1844)	109
56. Número de panoja/m ² en función de la Densidad (L1844)	110
57. Correlación entre Materia Seca total en madurez y el número de panojas/m ² (L1844)	111

58. Número de granos/panoja en función de la Densidad (L1844)	111
59. Correlación entre el número de tallos/m ² en floración y el porcentaje de esterilidad (L1844)	112
60. Correlación entre el ISD Sclerotium y el porcentaje de esterilidad (L1844)	113
61. Correlación entre la esterilidad y el rendimiento en grano (L1844)	113
62. Correlación entre el peso de los granos y el rendimiento (L1844)	114
63. Correlación entre el número de panojas/m ² y el número de granos/m ² (L1844)	115
64. Efecto de la esterilidad sobre el número de granos/m ² (L1844)	116
65. Correlación entre el número de granos/panoja y esterilidad (L1844)	116
66. Correlación entre la esterilidad y el peso de los 1000 granos (L1844)	117
67. Correlación entre el número de granos/panoja y el peso de 1000 granos (L1844)	117

1. INTRODUCCION

En el Uruguay se siembran alrededor de 165.000 hás. de arroz, con un rendimiento promedio de 6.170 Kg/há, para las tres últimas zafras.

Esta siembra se realiza tradicionalmente en suelo seco, al voleo o en línea. Aproximadamente el 66% del área se siembra en líneas y el resto al voleo.

La siembra al voleo proporciona mayor velocidad de siembra y es más adecuada cuando la humedad del suelo no es homogénea, cuando la preparación del suelo no es óptima, cuando las taipas están construidas y además presenta la posibilidad de hacerlo por avión cuando la situación lo requiera o cuando el productor lo decida. No obstante, consideraciones agronómicas como el uso de una menor cantidad de semilla, mayor precisión en la profundidad de siembra, la concentración del fertilizante en la línea poniéndolo a disposición del arroz y no de las malezas y algunas consideraciones económicas como la reducción del costo del insumo semilla, como la simplificación de las operaciones de siembra al efectuar en forma conjunta, fertilización, siembra y tapada, vienen incidiendo en un constante incremento del área de siembra en hileras.

En los últimos años, el Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de INIA ha desarrollado cultivares semienanos de grano largo de base genética japónica, cuyo tipo de planta es similar al de las variedades cultivadas en el sur de EEUU. Estos cultivares difieren de los semienanos de tipo tropical (de base genética indica) por su menor capacidad de macollaje, tallos más gruesos y hojas de menor tamaño y mayor peso específico.

Los estudios previos sobre distribución de siembra fueron realizados con cultivares de tipo de planta completamente diferente, tal como Bluebelle. Un ajuste en algunas prácticas culturales, como distribución y densidad de siembra, puede maximizar el potencial de rendimiento de las nuevas variedades y líneas experimentales.

La variedad INIA Caraguatá, liberada recientemente, presenta escaso desarrollo foliar y en estudios previos realizados con siembra a voleo, esta variedad ha mostrado altos rendimientos con las mayores dosis de nitrógeno y densidades de siembra utilizadas, al contrario de las variedades que son sembradas actualmente, de mayor área foliar, las que ven afectados algunos de los componentes del rendimiento y su sanidad en esas condiciones (Deambrosi y Méndez, 1995).

Algunas nuevas líneas experimentales semienanas, tales como L 1844, alcanzan un mayor desarrollo foliar, macollaje y tamaño de panoja que INIA Caraguatá, pero no se dispone de información sobre la respuesta de estos materiales a algunos factores de manejo, tales como la distribución y densidad de siembra.

Paralelamente, la evaluación de cultivares dentro del Programa se realiza en parcelas sembradas en líneas a 0,20 m de separación y 150 kg/ha de semilla, existiendo la posibilidad de que éstas medidas de manejo limiten la expresión del potencial de rendimiento de estos materiales.

El manejo de la distribución y densidad de siembra puede contribuir a maximizar el potencial de rendimiento de los cultivares semienanos y el estudio de su efecto sobre los componentes del rendimiento y principales enfermedades aportará información para la orientación del programa de mejoramiento y los criterios de selección y evaluación. En este ensayo se estudia el efecto de la distribución y densidad de siembra en dos cultivares semienanos.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. TIPOS DE PLANTAS

2.1.1. Introducción

Los más altos rendimientos de arroz han sido alcanzados gracias a la aplicación de fertilizante nitrogenado. Por esto es que la mayor parte de las variedades han sido seleccionadas basándose en su respuesta a nitrógeno (Yoshida, 1981).

El mejoramiento para obtener variedades de alta respuesta a la fertilización nitrogenada no puede ser tratado independientemente de otros objetivos comunes. La respuesta a nitrógeno, está íntimamente asociada con tallo fuerte corto, hojas verdes oscuras, pequeñas, gruesas, erectas, resistencia a *Pyricularia*, maduración temprana e insensibilidad al fotoperíodo.

Estas características son típicas de las variedades Japónicas, desarrolladas en la zona templada del Japón en condiciones ambientales y agronómicas favorables. Este germoplasma básico ha sido introducido en otros países de clima templado para ser usado como material madre en programas de mejoramiento.

Las variedades tipo Japónica presentan mayor respuesta a nitrógeno que las tipo Indica. Pero variedades Indica seleccionadas, insensibles al fotoperíodo, se han cultivado mucho en zonas templadas obteniéndose también, alta respuesta a nitrógeno. Estas variedades son provenientes de Filipinas o Taiwan. Han sido acortadas en estatura por selección y tienen relativamente temprana maduración.

En EUA y Australia, han sido obtenidas variedades de alto rendimiento y buena respuesta a nitrógeno por hibridación entre los tipos Japónica e Indica (Jennings y Beachel, 1964).

El concepto de hibridación Indica por Japónica, con objetivos definidos y planificación sistemática, representa la transición hacia el mejoramiento moderno del arroz. Este programa fue iniciado en 1951 con los auspicios de la FAO, de las Naciones Unidas (De Datta, 1981).

En el trópico se cultivan las variedades tipo Indica (estacionales o no estacionales). Los resultados experimentales del IRRI comparando este tipo con otros arroces tipo Japónica de Taiwan, especialmente las Ponlais, muestran que estas últimas son promisorias por su alta y estable capacidad de rendimiento (Tanaka, 1964).

En 1949, Dee-geo-woo-gen, variedad Indica semienana de profuso macollaje, fue cruzada por otra Indica alta, resistente a enfermedades. De este cruzamiento fue

seleccionada Taichung Native 1 (TN1) y liberada en 1956. Responde a altos niveles de nitrógeno. El potencial de rendimiento de TN1 es similar a las Ponlais.

En 1962, en el IRRI, fue cruzada la misma Dee-geo-woo-gen con la variedad Peta, tipo Indica, alta y muy macolladora. De este cruzamiento se seleccionó y se liberó en 1966 la variedad IR8; insensible al fotoperíodo, hojas erectas buen macollaje, y tallo fuerte de aproximadamente 100 cm. IR8 es considerada la primer variedad de alto rendimiento y respuesta a nitrógeno adaptada a clima tropical.

La variedad Dee-geo-woo-gen es usada como una fuente genética de estatura semienana en TN 1 e IR 8 (Yoshida, 1981).

2.1.2. Tipo de planta tradicional

El tipo de planta tradicional de arroz se caracteriza por:

- Alta estatura (ocasiona problemas de vuelco)
- Vuelco (la altura de planta aumenta con la aplicación de nitrógeno y el vuelco se convierte en un problema, muchas de las hojas de la planta caída se pudren, pues están en el agua y no reciben suficiente luz)
- Mala distribución de la luz (plantas altas y con hojas decumbentes resultan en poca penetración de luz a las hojas inferiores)
- Hojas decumbentes (las hojas inferiores reciben muy poca luz)
- Hoja bandera más baja que la panícula (hay mayor sombra a las hojas superiores cuando la panícula está por encima de la hoja bandera)
- Hojas largas (las hojas largas son menos erectas porque tienen mayor peso)
- Pobre habilidad de macollaje
- Macollos abiertos (proporcionan una peor distribución de la luz)

(Vergara, 1984)

Tsunoda (1964), citado por Yoshida (1981), resume las características de las variedades según sea el potencial de rendimiento bajo o alto:

- Baja respuesta al nitrógeno, hojas de color verde claro, largas, anchas y delgadas, y tallos débiles.
- Alta respuesta al nitrógeno, hojas verde oscuro, cortas, angostas y gruesas, y tallos fuertes.

2.1.3. Tipo de planta moderno

Vergara (1984), describe las características más relevantes del tipo de planta moderno.

Baja estatura: la disminución de la estatura es el factor más importante para aumentar el potencial de rendimiento y aumenta la resistencia al vuelco.

Resistencia al vuelco: con la aplicación de nitrógeno se obtienen plantas más altas, panículas más pesadas y parte superior más pesada con lo que el vuelco se convierte en un problema, muchas de las hojas de la planta caída se pudren, pues están en el agua y no reciben suficiente luz. Los tallos cortos y fuertes de las variedades enanas previenen el vuelco.

Buena distribución de la luz: plantas altas y con hojas decumbentes resultan en poca penetración de luz a las hojas inferiores, por el contrario macollos erectos y hojas que sobrepasan las panículas contribuyen a una mejor distribución de luz, mejor producción de alimentos y rendimiento.

Hojas erectas: si la planta posee hojas decumbentes las hojas inferiores reciben muy poca luz. En el caso de que las hojas sean erectas se produce poca sombra a las hojas inferiores, a igual espaciamento y largo de hoja.

Hoja bandera más alta que la panícula: hay poca sombra de las hojas superiores cuando la panícula está por debajo de la hoja bandera.

Hojas cortas: las hojas más cortas son más erectas porque tienen menor peso, estas dejan pasar más luz a las partes inferiores de la planta.

Buen macollaje: una buena habilidad de macollaje asegura una cantidad adecuada de macollos por unidad de área, aunque algunos pueden morir en las primeras etapas de crecimiento. Esta característica es importante en condiciones de transplante, práctica usual en los trópicos.

Macollos erectos: los macollos erectos proporcionan una mejor distribución de la luz.

Las características de un macollo ideal serían:

- alto macollaje (más hojas y panículas),
- tallos cortos (previene el vuelco),
- macollos erectos y hojas erectas y gruesas (mejor distribución de la luz con mayor y más rápida producción de alimentos) y
- pocas espiguillas estériles a alta fertilización nitrogenada (permite la aplicación de mucho nitrógeno).

2.1.4. Concepto de tipo de planta moderno

El término Planta – Tipo o tipo de planta mejorada se refiere a los caracteres morfológicos asociados con la capacidad de rendimiento de las variedades de arroz. Este concepto en arroz es similar al Ideotipo para trigo (Donald, 1968), y ha salido

gradualmente de muchas observaciones y comparaciones entre variedades de alto y bajo rendimiento en Japón (Tsunoda 1964; citados por Yoshida, 1981).

Tsunoda (1959 a y b, 1964), citado por Murata y Matsushima (1975), puntualizó que la densidad y distribución espacial de las hojas es importante y postuló que un tipo de planta ideal es aquella que reúne hojas pequeñas, gruesas y erectas.

El concepto de tipo de planta moderno (alto potencial de rendimiento) se puede resumir en los siguientes caracteres morfológicos: tallos cortos y firmes, hojas erectas y alta capacidad de macollaje (Ishizuka, 1971; Jennings, 1964; Yoshida, 1972).

El concepto del tipo de planta mejorada es: relativamente baja en estatura, hojas con dimensiones pequeñas, hábito erecto y tallos fuertes, resistentes al vuelco. Las plantas semienanas poseen generalmente la combinación de los caracteres deseados (Bollich, Webb y Scott, 1979). En este caso, la capacidad de macollaje pierde importancia por tratarse de sistemas que no utilizan transplante, logrando altas poblaciones con siembra directa de semilla en el suelo.

En las variedades que tienen hojas cortas, angostas, gruesas, erectas y de color verde oscuro con tallos cortos y fuertes, la menor superficie foliar y el hábito erecto permite la distribución uniforme de la luz entre todas las hojas y se reduce la respiración. Consecuentemente la materia seca y el rendimiento se incrementan aún en condiciones de baja radiación. La penetración uniforme de la luz y los tallos fuertes y cortos minimizan el vuelco; por lo tanto no existe pérdida de rendimiento aún con un buen desarrollo de la panoja (Tsunoda, 1964 y Jennings, 1964; citados por Yoshida, 1981).

En ningún otro lugar del mundo, la calidad del grano de arroz es tan prioritaria en los programas de mejoramiento como en los EUA particularmente las variedades de grano largo. Junto con la calidad del grano, se hace mucho énfasis en el concepto tipo de planta mejorada en los programas de mejoramiento de Texas.

A partir del año 1989 el IRRI viene desarrollando un nuevo tipo de planta con respecto al semienano. Este presenta similitud en varias características con el anterior (Vergara, 1988; Janoria, 1989; Dingkuhn et al, 1991). Sin embargo difiere en que no produce macollos improductivos los cuales compiten por luz, nutrientes y que crean un microclima apropiado para el desarrollo de enfermedades; a diferencia del semienano que produce 10 macollos de los cuales 5 son improductivos (Mew, 1991). Por su parte Janoria (1989), agrega que la reducción del macollaje facilitaría una sincronización en la floración y madurez, obteniendo panojas más uniformes. Con respecto a la densidad de grano se cree que debe existir una selección por un mayor número de granos de alta densidad que contribuyan al alto rendimiento potencial (Vergara, 1988).

Las características más relevantes del nuevo tipo de planta son:

- baja capacidad de macollaje con 3 a 4 panojas por planta
- ausencia de macollos improductivos

- 200 a 250 granos por panoja
- 90 a 100 centímetros de altura
- tallo fuerte
- sistema radicular vigoroso
- múltiple resistencia a enfermedades e insectos
- 110 a 130 días de duración del ciclo
- Índice de cosecha de 0,8
- 13 a 15 t/ha de rendimiento potencial

2.1.4.1. Tipo de tallo

El incremento de la resistencia al vuelco es uno de los caracteres de mayor importancia para obtener altos rendimientos. Un tallo corto y fuerte hace a la planta resistente al vuelco (Yoshida, 1981).

Estaturas altas están asociadas, al vuelco y a una baja relación grano/paja (Kawano y Velázquez, 1972). Sin embargo Donald y Hamblin (1976); citado por Paranhos, Marchezan y Costa Dutra (1991), el éxito en el aumento en el rendimiento del arroz está relacionado con mayores índices de cosecha de los cultivares modernos, con pequeñas variaciones en la acumulación de materia seca, en comparación con los cultivares tradicionales (Porto y Castro, 1994).

Según Yoshida (1972), la principal característica de la planta asociada con el vuelco es la altura.

A pesar de que la altura es el carácter más importante asociado al vuelco no todas las variedades cortas son resistentes. Existen diferencias en cuanto a la fortaleza de sus tallos (Chander, 1969; citado por Yoshida, 1981).

Vergara (1984), describe los factores que afectan el vuelco, siendo estos:

- Altura de planta: mientras más alta sea la planta, mayor será su tendencia al vuelco.
- Método de siembra: el arroz transplantado es más resistente al vuelco, pues la base de la planta está mejor anclada.
- Tipo de vaina foliar: las láminas foliares superpuestas presentan mayor resistencia al vuelco, comportándose como más susceptible cuando presentan entrenudos expuestos.
- Grosor del tallo: mientras más grueso sea el tallo, más grueso será el entrenudo y mayor la resistencia al vuelco.
- Lluvia y viento: la lluvia y el viento causan vuelco. Vientos fuertes aumentan el vuelco.
- Intensidad luminosa: con tiempo nublado se logran plantas más altas, por tanto, mayor tendencia al vuelco.
- Espaciamiento: las siembras muy cerca dan plantas más altas y tallos más débiles.

- Cantidad de fertilizante: el fertilizante aumenta la altura de las plantas. Las variedades altas no resisten mucho fertilizante.

El semienanismo es la reducción de la altura de la planta controlada primariamente por un único gen recesivo (De Datta, 1981).

La importancia de la resistencia al vuelco ha sido reconocida pero hace pocos años que el gen de semienanismo ha sido introducido en las variedades tropicales. En Japón, variedades de alto rendimiento han sido caracterizadas por su resistencia al vuelco (Shigemura, 1966; citado por Yoshida, 1981).

Por otra parte Bollich, Webb y Scott (1979), sostienen que la fortaleza del tallo es esencial para la resistencia al vuelco y que esta resistencia es independiente del tipo de planta normal semienano.

2.1.4.2. Hábito de las hojas

En el arroz el largo de la hoja es mucho más variable que el ancho, y el largo de la hoja está estrechamente asociado con el ángulo de la hoja. Las hojas más largas son las más inclinadas, en cambio hojas cortas y pequeñas están asociadas con hojas erectas (Tanaka, Kawano, 1965; Tanaka, Kawano y Yamaguchi, 1966; citados por Yoshida, 1972).

La inclinación de las hojas es debida a dos factores: el ángulo de inserción de las hojas en el tallo y el grado de inclinación de las mismas. Las variedades de alta respuesta a nitrógeno tienen alto contenido de sílice. Esto está relacionado con la característica de hojas más erectas. Un aumento en el nivel de nitrógeno causa disminución en el contenido de sílice de las plantas (Ishizuka y Tanaka, 1950; citado por Tanaka, 1964).

Las hojas erectas permiten la penetración profunda de la luz y su mejor distribución. Esto redundará en un incremento de la fotosíntesis neta. Cuando consideramos el ángulo de la hoja y el de la luz ambiental intuitivamente visualizamos que la mayor fotosíntesis neta correspondería a una planta con hojas superiores erectas y cortas y hojas inferiores largas e inclinadas. En efecto la teoría y la evidencia experimental muestra que esta arquitectura maximiza la incidencia solar (Matsushima, 1964 y Duncan, 1971; citado por Yoshida, 1981).

Tanaka (1964), realizó un experimento indicando que una capa de hojas inclinadas realiza menor fotosíntesis que uno de hojas erectas. La primera produce 34% menos de materia seca pos - floración y un rendimiento en grano 33% menor.

2.1.4.3. Capacidad de macollaje

En lugares donde se realiza el trasplante de arroz es importante una alta capacidad de macollaje temprana. Pero donde se siembra directamente, con las

densidades de siembra convencionales, la capacidad de macollaje raramente afecta el rendimiento en grano debido a que el número total de panojas por metro cuadrado depende más de los tallos principales que de las macollas (Yoshida, 1981).

En las variedades de alto rendimiento se considera deseable una capacidad media de macollaje (Beachell y Jennings, 1965; citados por Yoshida, 1981).

Bollich, Webb y Scott (1979), dicen que la evidencia de sus estudios sugiere que una buena capacidad de macollaje, en siembra directa (sin transplante), en la mayor parte de las variedades comunes de EUA puede ser necesaria para lograr futuros incrementos en rendimiento.

Según Yoshida (1972), las variedades no macolladoras no pueden compensar las pérdidas de plantas causadas por enfermedades, pestes, mala germinación y otros stress. Debido a esto la capacidad de macollamiento es una característica deseable en la planta de arroz.

Se han obtenido bajos rendimientos a causa de un gran desarrollo vegetativo y un IAF por encima del óptimo, los cuales están estrechamente relacionados con una gran capacidad de macollaje. Esto se refiere principalmente a las variedades tipo Indica no mejoradas. Las variedades Indica mejoradas, resistentes al vuelco no tienen IAF, óptimo de producción de Materia Seca aunque si puede existir un IAF crítico para rendimiento en grano (Yoshida, 1981).

En líneas generales, un activo macollaje en estados precoces de crecimiento es seguido por un remarcable decrecimiento en el número de macollos después de pasar el estado de máximo macollaje debido al sombreado mutuo. Esta es la causa del bajo porcentaje de macollas efectivas o fértiles (Tanaka, 1964).

2.1.4.4. Area foliar

De acuerdo con Bollich, Webb y Scott (1979), el área foliar y el hábito de las hojas son los atributos más importantes de la planta mejorada.

Aquí el término área foliar se refiere a la medida del largo por el ancho de las 3 hojas superiores multiplicado por el factor 0,802. Esta medida es considerada un buen índice del "Área Foliar" de cada variedad.

En ensayos de invernáculo hay una consistente tendencia a correlacionarse negativamente al área foliar con el rendimiento en grano. También se vio una invariable correlación negativa entre el Área Foliar y el número de panoja por metro cuadrado.

Las variedades con hojas grandes tienen un efecto depresivo en el número de macollas efectivas o fértiles. El área foliar excesiva reduce la luz que llega a las hojas inferiores, se reduce su fotosíntesis e implícitamente también se reduce la fotosíntesis

de toda la planta. Esto posiblemente causa la disminución del número de panojas y el número de granos llenos, (Sink).

Por otra parte Bollich, Webb y Scott (1979), afirma que, la excesiva área foliar deteriora el balance entre fotosíntesis y respiración, determinando la reducción de la fotosíntesis neta, (Source).

En un experimento realizado por estos autores las dos variedades de mayor rendimiento fueron Taichung Native 1 y PI 325893. La primera es semienana, de gran macollaje y panojas de peso relativamente bajo. La otra es un tipo de planta normal, moderadamente alta de moderada capacidad de macollaje y panojas pesadas.

Son similares en el área de las 3 hojas superiores (área foliar considerada) las hojas son de hábito erecto y tienen también similares cocientes peso panoja/peso paja e Índice de cosecha. En 1978 ambas presentaron esencialmente el mismo IAF. PI 325893 tenía un IAF de 8,5 y la TN 1 de 9,0.

Ambas han dado los mayores rendimientos en las parcelas del programa de mejoramiento vegetal de Beaumont; cerca de 9.000 Kg./ha. Este era considerado el rendimiento tope en Beaumont con las prácticas culturales utilizadas.

2.1.4.5. Duración del ciclo del cultivo

La duración del ciclo de una variedad es específica del lugar y de las condiciones climáticas debido a la interacción entre la sensibilidad varietal al fotoperíodo y temperatura con las condiciones ambientales locales.

Entonces, los términos temprana, media o tardía maduración tienen un significado particular en cada lugar y en cada época de siembra.

Variedades de ciclo muy corto no producen alto rendimiento debido a un crecimiento vegetativo limitado; por otra parte las variedades de ciclo muy largo presentan un excesivo crecimiento vegetativo que no permite obtener altos rendimientos a causa del vuelco (Yoshida, 1981).

Las condiciones climáticas del sudeste asiático durante la estación lluviosa se caracterizan por alta precipitación, baja radiación solar y alta temperatura. En estas condiciones las variedades tardías de alto vigor de crecimiento inicial, sufren de sombreado mutuo mucho antes de floración, dando como resultado un mal balance entre respiración y fotosíntesis (Kaewano y Velázquez, 1972).

Las razones para la mayor capacidad de rendimiento por parte de las variedades de ciclo corto son: a) Un mejor balance entre los estados vegetativo y reproductivo (Tanaka, 1964) y b) generalmente mejores condiciones climáticas entre la iniciación floral y maduración (Beachell y Jennings, 1964; citados por Batista, Nieto y Saldain, 1985).

2.1.4.6. Resumen de las características de los diferentes tipos de plantas

En el siguiente cuadro se detallan las características (ventajas y desventajas) de los diferentes tipos de plantas. Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1. Beneficios y desventajas de las características contrastantes de las plantas.

Parte de la planta	Característica	Beneficios y desventajas
Hoja	<i>Gruesa</i>	Alta tasa fotosintética por unidad de área foliar.
	<i>Fina</i>	Asociado al mayor desarrollo de IAF.
	<i>Corta y Pequeña</i>	Asociada a un hábito más erecto. Incluso las hojas en el canopy.
	<i>Erecta</i>	Usa la energía solar eficientemente cuando el IAF es mayor.
	<i>Decumbente</i>	Usa la energía solar eficientemente cuando el IAF es pequeño. Evita malezas.
Tallo	<i>Corto y firme</i>	Previene vuelco.
	<i>Alto</i>	Evita malezas.
Macollos	<i>Derechos y Compactos</i>	Permite buena penetración de luz incidente en el canopy.
	<i>Alto macollaje</i>	Adaptable a un amplio rango de distribuciones; capaz de compensar los tallos perdidos y permite un mayor desarrollo de área foliar.
	<i>Bajo macollaje</i>	Puede ser usado para siembra directa (Sin transplante)
Raíz	<i>Superficial y baja Relación raíz/tallo</i>	Usa alta proporción de asimilados para el tallo.
	<i>Profunda y alta Relación raíz/tallo</i>	Aumenta la resistencia a sequía. Usa y absorbe el nitrógeno aplicado y del suelo eficientemente.
Panoja	<i>Baja esterilidad a altas tasas de nitrógeno</i>	Permite el uso de mayor cantidad de nitrógeno.
	<i>Alto Índice de cosecha</i>	Asociado a altos rendimientos.
	<i>Grano pequeño</i>	Relacionado al llenado rápido de grano.
	<i>Grano largo</i>	Tiene potencial para altos rendimientos?
Duración del crecimiento	<i>Madurez Temprana</i>	Aumenta la tasa de producción por día. Aumenta la eficiencia del uso del agua. Requiere menos espacio para alcanzar altos rendimientos.
	<i>Madurez Tardía</i>	Adaptada a baja fertilidad?
Sensibilidad al Fotoperíodo	<i>Sensible</i>	Adaptada a áreas que la estación monzónica es larga.
	<i>Insensible</i>	Puede crecer en cualquier momento del año. Adaptable a múltiples sistemas de cultivo.
Crecimiento Temprano	<i>Rápido</i>	Evita malezas. Esencial para variedades de madurez temprana.
	<i>Lento</i>	Previene el excesivo crecimiento en etapas tardías frente a un buen manejo.

Fuente: Yoshida, 1981.

2.1.5. Consideraciones sobre tipo de planta en Uruguay

Con posterioridad a la creación de la Estación Experimental del Este en 1970, se comenzaron los primeros trabajos en cruzamientos, involucrando variedades como Bluebelle, EEA 404, Japonés 32, Balila 10 A, Vista, CI 9902, Labelle, Starbonnet, YR 6 y Dawn. Estos cruzamientos dieron origen a una primera generación de líneas locales.

A partir de 1982 se realizaron cruzamientos que involucraban a las líneas locales, seleccionadas a partir de las primeras hibridaciones, con Bluebelle, Newrex, líneas enanas tropicales introducidas en ensayos internacionales y Lebonnet.

En 1984/85 fueron introducidas nuevas variedades americanas de baja altura y hojas erectas, las que se emplearon en cruzamientos con las líneas de origen local (Blanco, P.)

Es posible lograr un aumento importante en la producción nacional con la incorporación de nuevas variedades al cultivo. De hecho es lo que ha ocurrido en los últimos años. Este es un proceso lento y difícil, pero siempre dinámico, ya que es necesario adaptarse a la realidad tan cambiante del cultivo y del ambiente.

En Uruguay se cultivan variedades intermedias entre los tipos japónicas e indica, debido a que las temperaturas relativamente bajas restringen el uso de variedades de origen tropical.

Históricamente, las variedades de grano medio y corto han demostrado buen potencial de rendimiento en el ámbito experimental o comercial. Variedades japónicas como S201, Kaohsiung 68, o Sasanishiki alcanzan 8 a 9 t/ha en ensayos y podrían cultivarse comercialmente de existir mercado comprador para este tipo de grano (Deambrosi, E. y Blanco, P.). Sin embargo debido a que el 90% de la producción de arroz del Uruguay se destina a la exportación, las variedades de arroz sembradas han dependido fuertemente de los mercados compradores. Esto ha determinado que se dejaran de plantar granos cortos en la década del 70. Actualmente, con los cambios producidos en el mercado internacional, se puede reabrir dicha posibilidad para ambos tipos de granos (Gamarra, 1996).

En los últimos 20 años, los mercados y los precios determinaron que se debía producir arroz de grano largo y calidad americana y ésta ha sido la pauta para la expansión de variedades de esa característica, junto con cultivares que han permitido buenos rendimientos, al irse mejorando el manejo del cultivo.

En ese período, Bluebelle fue la variedad predominante en el área arrocería. Esta variedad americana se comportó durante mucho tiempo como muy estable a estas condiciones ambientales, con buenos rendimientos y una calidad de grano

excelente. En los últimos 15 años y hasta hace 4 o 5 años ocupó entre el 80 y el 90% del área, siendo el resto compartido entre la variedad EEA 404 (tradicional) y otras.

A partir de mediados de la década del 80, y a raíz de algunos problemas climáticos que provocaron una disminución importante en los rendimientos de Bluebelle -al traer problemas de sanidad y daños por frío en la floración se comenzó a sentir la necesidad de tener alguna variedad alternativa.

La variedad que poco a poco ha ido desplazando a Bluebelle en el área de siembra y en la preferencia de los productores ha sido El Paso 144, que luego de ocupar un 5% del área en la zafra 1989/90, llegó a cerca del 80% del área en la zafra 1995/96. Las razones que llevaron a esto han sido, por un lado, el gran potencial de rendimiento de la variedad, que supera en por lo menos un 20% a Bluebelle, su poca susceptibilidad a enfermedades y su gran capacidad de macollaje, que compensa siembras problemáticas y poblaciones ralas. Acompañado de cambios en los destinos de exportación y del producto demandado (Gamarra, 1996).

Esta variedad representó la incorporación del germoplasma semienano tropical, con un gran impacto en el potencial de rendimiento (Blanco, Pérez de Vida y Avila, 1997).

Durante 1992 y 1993, el Programa de Mejoramiento de la EEE incluyó para certificación dos nuevas variedades, INIA Tacuarí e INIA Yerbal, que son más precoces que Bluebelle, tienen calidad de grano americana y un alto potencial de rendimiento.

En 1995 entró en Certificación la variedad INIA Caraguatá, semitardía de grano largo. Sus plantas son semienanas, de tallos fuertes y hojas erectas sin pilosidad. Presenta un tipo de planta similar a Lemont. Su expansión a comenzado lentamente, estimulada por su excelente calidad de grano, con dimensiones superiores a INIA Tacuarí, y por su resistencia a *Brusone* (Blanco, Pérez de Vida y Avila, 1997).

Existen actualmente pruebas comerciales con otras variedades de calidad americana y de calidad orientada al mercado japonés, que demuestran el dinamismo permanente del sector (Gamarra, 1996).

2.1.6. Características de INIA Caraguatá

2.1.6.1. Antecedentes de INIA Caraguatá

En 1995 se realizaron los trámites correspondientes para el registro de la línea identificada como L 813. El nombre comercial de este cultivar es INIA Caraguatá.

Este nuevo cultivar semitardío de grano largo ha mostrado buen comportamiento en suelos livianos del norte de la Cuenca de la Laguna Merín, especialmente en siembras tempranas, y en la zona Centro – Norte del país.

La calidad industrial y culinaria de INIA Caraguatá es superior a la de las demás variedades de grano largo en certificación, paralelamente, su muy buena sanidad, así como su adecuado tamaño de grano contribuyen a solucionar las principales carencias observadas en INIA Tacuarí.

INIA Caraguatá requiere un buen manejo del cultivo, especialmente preparación de suelo, siembra y control de malezas para asegurar una adecuada instalación.

2.1.6.2. Origen

Esta línea proviene del cruzamiento triple L 38/L75 Beaumont/Texas 23.

La línea L 75 Beaumont fue introducida de Texas, mientras que Texas 23 proviene de selección local en una línea F4 del mismo origen. La línea L 38 fue seleccionada a partir del cruzamiento local Bluebelle/Lebonnet del cual se obtuviera El Paso 94.

L 813 ingresó en evaluación preliminar en 1989/90 y en la zafra siguiente fue incluida en ensayos regionales y de época de siembra. Su purificación y multiplicación fue iniciada en 1992/93.

2.1.6.3. Características agronómicas

INIA Caraguatá es un cultivar semienano con tallos fuertes, resistentes a vuelco, y hojas erectas.

Su altura de planta es de 0,81 m y su ciclo de siembra a floración es de 97 días (dos días más largo que el de Bluebelle).

Presenta mayor facilidad de desgrane que Bluebelle, pero en condiciones de cosecha demorada, debido a sus tallos cortos y fuertes, la incidencia de desgrane natural fue menor que en el testigo.

2.1.6.4. Calidad industrial y culinaria

La calidad molinera de INIA Caraguatá es superior a la de Bluebelle, con un mayor % de entero (65,2 y 62,7% respectivamente) y menor incidencia de yesado (3,0 y 4,4% respectivamente).

El tamaño de grano de INIA Caraguatá es similar al de Bluebelle y mayor al de INIA Tacuarí, con un largo de 6,47 mm y una relación largo/ancho de 3,02 (molinado).

Su calidad culinaria es típica de los granos largos americanos en cuanto a contenido de amilosa (25,5%) y temperatura de gelatinización, con la ventaja de que su perfil de viscosidad amilográfica permite clasificarla como próxima al tipo superior de

los granos largos americanos (Newrex, Rexmont), lo cual la hace apta para su uso en procesos industriales como elaboración de alimentos enlatados.

2.1.6.5. Rendimiento

El rendimiento de INIA Caraguatá en 62 ensayos localizados en la zona Este y Centro – Norte del país entre 1990 y 1995, en un amplio rango de fechas de siembra, promedió 7.606 kg./ha, 9% superior al de Bluebelle. (Figura N° 1).

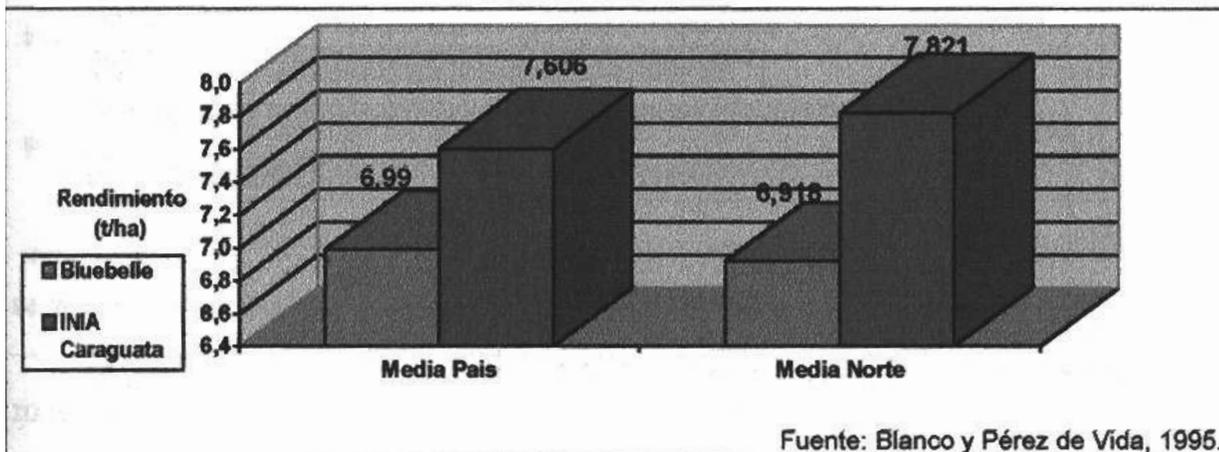
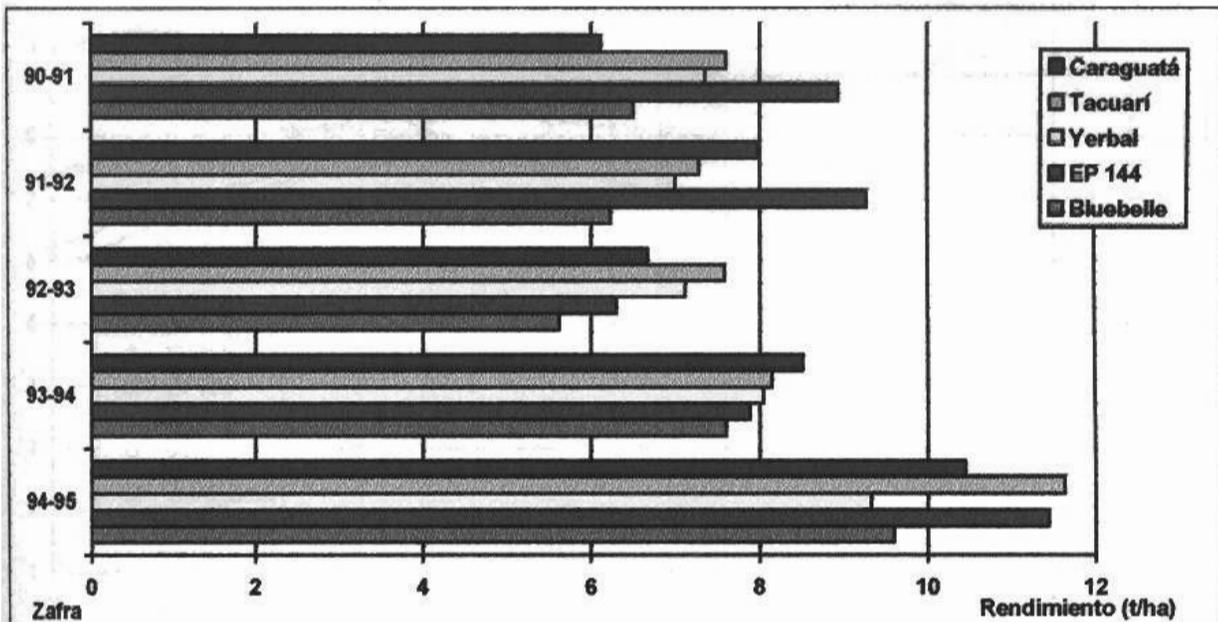


Figura N° 1. Rendimiento promedio de INIA Caraguatá y Bluebelle en 62 ensayos a nivel nacional y 4 ensayos en la zona Centro – Norte.

Esta diferencia se amplía en ensayos ubicados al norte de la Cuenca de la Laguna Merín y Centro - Norte del país. Para los años 1991 a 1995, el rendimiento promedio de INIA Caraguatá en 24 ensayos de la zona Centro – Norte fue de 7.821 kg./ha, 13% superior al de Bluebelle.

Se realizó una comparación del rendimiento de INIA Caraguatá en la zona Centro – Norte, desde su ingreso a ensayos regionales, con los de las variedades comerciales. A tales efectos sólo se consideraron aquellos ensayos en los cuales las variedades precoces no hubieran sufrido ataques graves de pájaros. De los 24 ensayos mencionados en el párrafo anterior se consideraron 18. El promedio de INIA Caraguatá en 1990/91 (2 ensayos) es el más bajo de la serie analizada. Este se vio afectado por el mal comportamiento observado en la localización de Rincón de la Urbana. En las zafra 1991/92 (5 ensayos) y 1994/95 (1 ensayo), el rendimiento de INIA Caraguatá fue intermedio entre los de Bluebelle y El Paso 144 (Figura N° 2), superando en el primer caso a las variedades precoces.



Se consideraron 18 ensayos sin daño de pájaros en cultivares precoces.

Fuente: Blanco y Pérez de Vida, 1995

Figura N° 2. Rendimiento de INIA Caraguatá y variedades certificadas en la zona Centro – Norte para las zafras 1990/91 a 1994/95.

En 1992/93 (6 ensayos) y 1993/94 (4 ensayos), el rendimiento de la nueva variedad en la zona Centro – Norte tendió a ser superior al de El Paso 144.

2.1.6.6. Respuesta a fechas de siembra

Se ajustaron ecuaciones de respuesta a fechas de siembra en la zona Este, las cuales permiten apreciar un buen comportamiento de INIA Caraguatá en siembras tempranas, hasta el 10/11 (Figura N° 3).

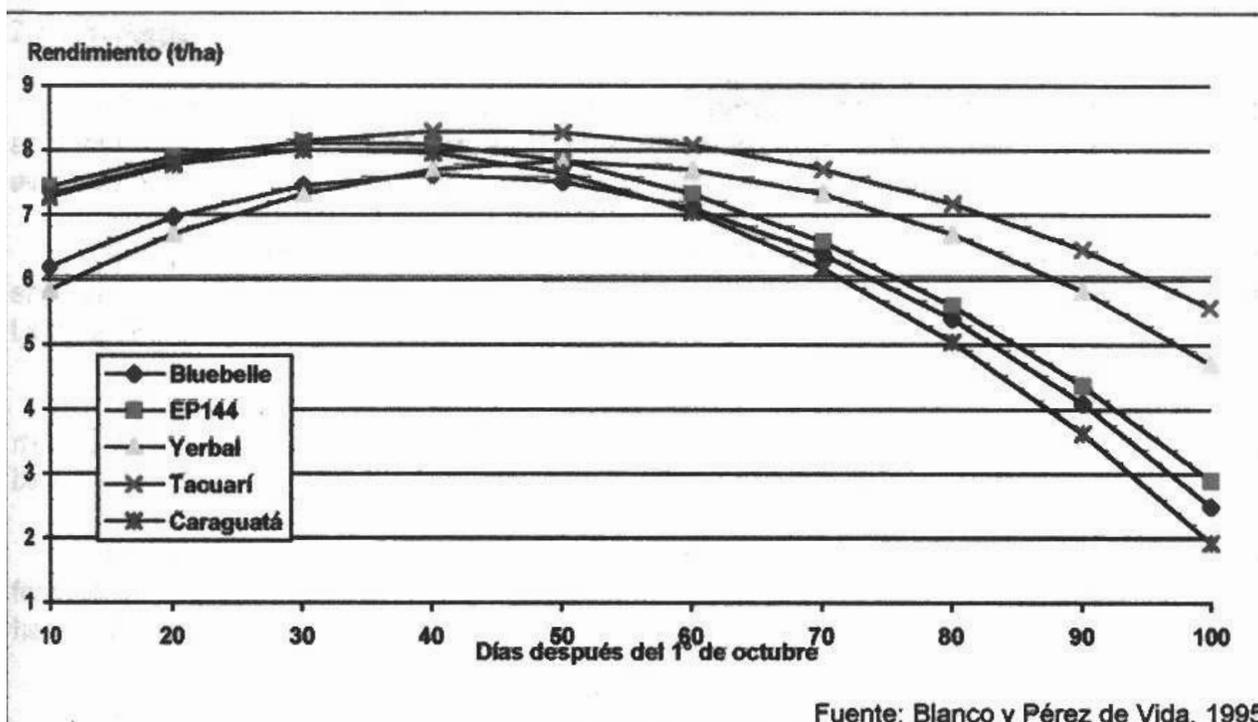


Figura Nº 3. Respuesta a fechas de siembra en la zona Este. Rendimiento y esterilidad de INIA Caraguatá y variedades en certificación en ensayos de 1990/1991 a 1994/95.

Los rendimientos esperados de la nueva variedad en siembras de octubre son similares a los de El Paso 144 e INIA Tacuarí. La esterilidad de INIA Caraguatá en siembras tempranas fue baja, incrementándose con el atraso en la fecha de siembra hasta valores tan altos como los observados en El Paso 144 y Bluebelle.

2.1.6.7. Sanidad

INIA Caraguatá presenta buena sanidad general, con moderada resistencia a las enfermedades de los tallos *Rhizoctonia oryzae sativae* y *Sclerotium oryzae*.

En ensayos ubicados en la zona Norte en los que se han registrado ataques de *Pyricularia oryzae*, la nueva variedad ha mostrado adecuada resistencia, similar a la observada en la variedad El Paso 94.

En camas de infección en 1989/90, INIA Caraguatá fue catalogada como resistente a *Pyricularia*, mientras que Bluebelle e INIA Tacuarí resultaron susceptibles y moderadamente susceptibles, respectivamente (Avila, 1990).

En la zafra siguiente, INIA Caraguatá fue nuevamente calificada como resistente en cuello y hoja y Bluebelle como moderadamente susceptible (Avila, 1991).

2.1.6.8. Aspectos de manejo

Debido a su tipo de planta, al igual que Lemont y otras variedades semienanas americanas, INIA Caraguatá necesita una adecuada preparación de suelo y siembra, evitando una profundidad excesiva, así como un buen control de malezas.

No se ha observado un buen comportamiento en suelos mal preparados o encostrados, o en competencia con malezas perennes al sur de la Cuenca de la Laguna Merín.

En un ensayo de manejo realizado en la zafra anterior, la nueva variedad mostró su máximo potencial con la mayor densidad de siembra utilizada (225 kg./ha base 100% de germinación) (Deambrosi, 1991).

En el mismo experimento, INIA Caraguatá presentó alta respuesta a la fertilización nitrogenada, no encontrándose un máximo físico dentro del rango utilizado, hasta 120 kg. N/ha.

Debido a su tipo de planta, diferente a los de las demás variedades disponibles comercialmente, será necesario continuar y profundizar estos trabajos en las próximas zafras (Blanco y Pérez de Vida, 1995)

2.1.7. Características de L 1844

2.1.7.1. Origen

Esta línea proviene del cruzamiento de L43/C190.

La línea L 1844 ingreso en evaluación preliminar en 1994/95.

2.1.7.2. Características agronómicas.

La línea L 1844 es un cultivar semienano de hojas erectas. Su altura de planta es 0.78 m y su ciclo de siembra a floración es de 94 días, 3 días más corto que INIA Caraguatá.

2.1.7.4. Calidad industrial y culinaria.

La calidad molinera de la línea L 1844 tiene menor porcentaje de grano entero que Bluebelle (60% frente a 62,7% respectivamente) y menor incidencia de yesado (2,4% y 4% respectivamente).

La calidad culinaria es típica de los granos extra largos Americanos.

2.1.7.5. Rendimiento.

El rendimiento de la línea L 1844 en el resumen de tres zafras, 1994/95 a 1996/97, promedió 8.695 Kg./ha, 18% superior a Bluebelle.

Por otra parte, resultados presentados en tres épocas de siembra, muestra a la línea L 1844 para las tres situaciones con registros superiores a Bluebelle e INIA Caraguatá, Figura N° 4.

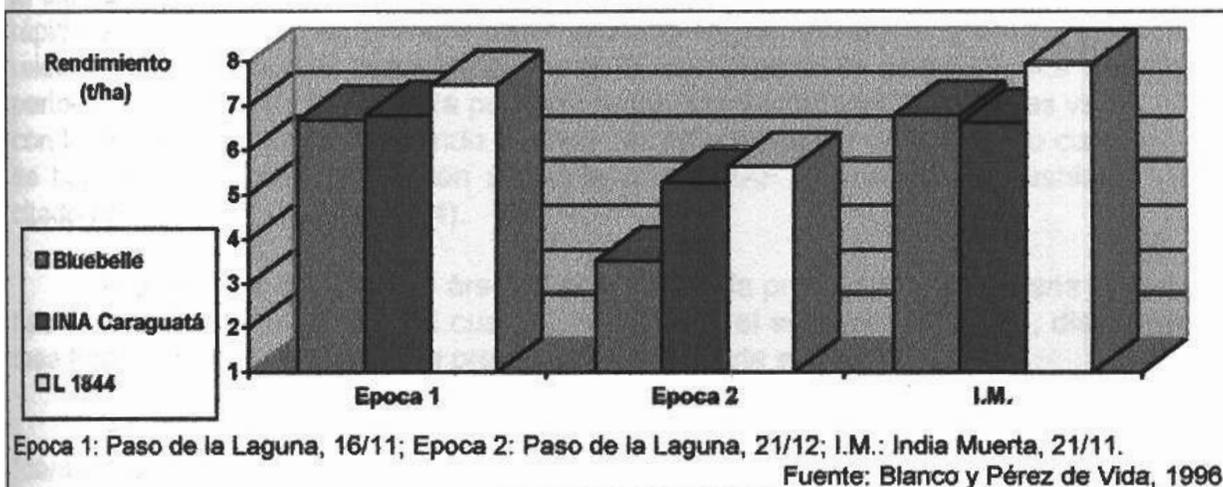


Figura N° 4. Rendimiento de L1844, INIA Caraguatá y Bluebelle para tres épocas de siembra.

2.1.7.6. Sanidad.

La línea L 1844 presenta buena sanidad para *Rhizoctonia oryzae sativae*, similar a INIA Caraguatá.

Sin embargo, presenta mayor porcentaje de infección a *Sclerotium oryzae* (28,92% y 22,64% de ISD respectivamente) (Avila y Casales, 1996).

2.2. FISILOGIA DEL RENDIMIENTO

2.2.1. Área foliar

2.2.1.1. Área foliar y producción de materia seca

Los parámetros, índice de área foliar, tasa fotosintética y ángulo foliar aparecen como los más importantes determinantes de la tasa de crecimiento del cultivo. De los anteriores, el primero, es el más variable y es el que puede ser enteramente cambiado por el manejo de la densidad de siembra y la aplicación de fertilizante (Yoshida, 1972).

El total de área foliar o IAF aumenta rápidamente por un tiempo después del estadio de máximo número de tallos, pero el aumento se vuelve pequeño hasta que la planta alcanza el máximo de área foliar, alrededor del tiempo de floración. El área foliar decrece después que la planta madura debido a la muerte de las hojas más bajas (Tanaka, 1976; citado por Blanco, 1991).

El IAF influye marcadamente sobre la producción de compuestos orgánicos en la última etapa del período de llenado de grano, momento en que el IAF disminuye rápidamente; pero en la primera parte cuando el IAF es alto a menudo existe una relación negativa con el llenado de grano. El incremento de materia seca durante el período de llenado de grano está positivamente correlacionado, en muchas variedades, con la tasa de fotosíntesis cuando el nivel de radiación solar es alto; pero cuando este es bajo aparece una correlación negativa con el IAF (Murata y Matsushima, 1975; citados por Porto y Castro, 1994).

Al aumentar el índice de área foliar aumenta la producción de materia seca pero hasta cierto límite, más allá del cual se incrementa el sombreado mutuo, disminuye la tasa fotosintética y desciende la producción de materia seca.

En el óptimo valor de IAF ocurre la máxima producción de materia seca y el "canopy" alcanza la máxima tasa de asimilación neta. A valores menores que el óptimo la luz no es totalmente utilizada y a valores mayores el área foliar no es utilizada a la mejor eficiencia debido al sombreado mutuo de las hojas (Watson, 1967; citado por Gopalswamy y Rajagopalan, 1978; citados por Batista, Nieto y Saldain, 1985).

Algunos modelos para producción del canopy asumían que la respiración aumentaba linealmente con el incremento del IAF, De ahí que se esperaba la existencia de un óptimo de área foliar.

Un reanálisis de la relación entre IAF, respiración y tasa de crecimiento, indica que:

- La respiración no aumenta linealmente con el IAF; aumenta curvilineamente.
- Como resultado no hay un óptimo de IAF para tasa de crecimiento del cultivo. La tasa de crecimiento alcanza el máximo a un IAF de 6 para IR 8 y 4 para Peta. El IAF al cual la tasa de crecimiento del cultivo alcanza el máximo puede ser llamado IAF crítico.
- La máxima tasa de crecimiento de un cultivo con hojas erectas respecto a uno de hojas decumbentes (Peta) difiere en más de 20 gr./m²/semana .

Un IAF alto es necesario para interceptar la radiación solar incidente, pero el tamaño de IAF necesario para dar una máxima fotosíntesis depende de la orientación de la hoja en la canopy. Canopia de hoja erecta requiere un mayor IAF que lo que necesita la canopy de hoja curvada y recibe menos luz solar por unidad de hoja, resultando en una fotosíntesis mayor de la canopy. Hojas erectas reciben menor intensidad de luz por superficie foliar pero para una área foliar más grande. En general,

un IAF de 4 a 8 es necesario para una buena fotosíntesis en arroz (Yoshida, 1981). Un IAF óptimo ha sido repetidamente observado en poblaciones de cultivares de arroz hojoso, mientras que no fue reportado un IAF óptimo en poblaciones con buen tipo de planta. Sin duda hay techo de IAF y no ocurre ningún cambio en la producción de materia seca cuando el IAF aumenta por encima de ese techo (Tanaka, 1972; citado por Blanco, 1991).

Las tasas fotosintéticas promediadas para todo el ciclo, no tienen buena correlación con la acumulación total de peso seco. Las tasas medidas a la iniciación de la panoja y/o durante la madurez están correlacionadas con el rendimiento (Lafitte y Travis, 1984; citado por Blanco, 1990).

2.2.2. Partición de materia seca, índice de cosecha

2.2.2.1. Producción de materia seca y rendimiento en grano

De acuerdo con Yoshida (1972), a mayor valor de índice de área foliar, mayor será la producción de materia seca total, pero la eficiencia por unidad de área disminuye. La producción de materia seca total no está directamente relacionada al rendimiento en grano ya que éste depende de la relación grano/paja o el índice de cosecha.

Nichiporovich (1954), citado por Yoshida (1972), define los conceptos de rendimiento biológico y rendimiento económico. El primero se refiere a la producción de materia seca total del cultivo y el segundo al rendimiento en grano que es la parte económicamente útil del rendimiento biológico. Ambos se pueden relacionar a través de un parámetro conocido por índice de cosecha que es el cociente entre el rendimiento económico y el rendimiento biológico.

$$\text{Índice de cosecha} = \frac{\text{Rendimiento económico}}{\text{Rendimiento biológico}} \times 100$$

Si despejamos rendimiento económico nos queda:

$$\text{Rendimiento económico} = \text{I.C.} \times \text{Rendimiento biológico}$$

Según Yoshida (1972), observando la ecuación anterior podemos incrementar el rendimiento económico con un aumento del rendimiento biológico o logrando una relación mas adecuada del de cosecha.

Existen varios factores que influyen sobre el índice de cosecha, uno de ellos es el suministro de nitrógeno el cual lo hace descender debido a un incremento diferente en la paja y el grano, siendo el de la paja mayor. Comparando las variedades de baja o alta respuesta al nitrógeno; las de alta respuesta tienen índice mayor (Yoshida, 1972).

Con una menor densidad de siembra se logran mas macollos y el rendimiento esta explicado en mayor parte por los macollos. Sin embargo el total de materia seca producida por área a cosecha fue similar para diferentes densidades utilizadas. Esto indica que la compensación o competición entre los grupos de macollos provee considerable estabilidad en los rendimientos (Wu, et all, 1996).

2.2.3. Capacidad de rendimiento

2.2.3.1. Desarrollo de la capacidad de rendimiento

Los requerimientos fisiológicos para altos rendimientos son:

- Variedad: enana y de tallo fuerte.
- Hojas de arriba erectas y las de abajo planiformes.
- IAF 5 - 6, es necesario para alcanzar la máxima fotosíntesis del cultivo durante la etapa reproductiva.
- Durante el llenado el IAF comienza a disminuir a medida que se van llenando los granos y ocurre la muerte de hojas. Este evento es normal por lo tanto, es importante mantener de forma activa la mayor cantidad de hojas verdes posibles hasta que la fase lineal del crecimiento del grano se complete.
- Se debe elegir la época de siembra de modo que una alta radiación ocurra en la etapa reproductiva.
- Los componentes de rendimiento deben alcanzar los requerimientos para lograr un rendimiento objetivo.
- Los nutrientes esenciales deben ser brindados al cultivo para que cubran sus requerimientos. El nitrógeno es el más importante. La cantidad de nitrógeno requerida para producir una tonelada seca de arroz es 20 Kg. (no implica que sea exclusivamente del fertilizante) y es independiente del nivel de rendimiento.
- La absorción de nitrógeno después del panojado asume importancia cuando se quieren lograr altos rendimientos a través de un aumento del índice de cosecha. Durante el llenado alrededor del 70% del nitrógeno absorbido por el tallo es trasladado al grano (Yoshida, 1981).

Vankateswarlu y Visperas (1987), creen que la posibilidad de manipulación de potenciales de rendimiento se puede hacer a través del concepto fosa fuente y que el sistema fosa fuente merece prioridad en la continuación de las investigaciones sobre cultivos (Porto y Castro, 1994).

2.2.4. Componentes del rendimiento

El rendimiento de grano en arroz (Ton/ha) puede ser expresado por la siguiente formula: panojas/m² x granos/panoja x peso de grano x porcentaje de grano lleno x 10⁻⁵ (IRRI, 1977).

Según Tanaka (1976); citado por Blanco (1991), la producción de materia seca durante el período de llenado de grano es determinada por la habilidad potencial de la población fotosintetizante (fuente) y por la capacidad de los granos de aceptar los fotosintatos (fosa). La fosa es compuesta por: a) número de panojas por unidad de área de suelo, b) número de granos por panoja, c) porcentaje de granos llenos y d) tamaño individual de los granos o peso de grano.

El número de panojas es determinado predominantemente durante el período vegetativo, los granos por panoja y tamaño de grano durante la fase reproductiva o de desarrollo de la panoja y el porcentaje de granos llenos durante el desarrollo de la panoja y anthesis (Tanaka, 1976; citado por Blanco, 1991). El tamaño de fosa es determinado antes de la floración y tiene relativa importancia la influencia climática antes y después de la floración, dependiendo del clima el tamaño de fosa es o no limitante para el rendimiento de grano (Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco, 1991).

En lo que respecta a la respuesta a la fertilización nitrogenada de los diferentes componentes, el más sensible es el número de panojas por metro cuadrado. El número de granos por panoja tiene poca variación que puede ser mayor si la densidad de plantas es muy diferente. El peso individual de grano es más o menos constante y característico de cada cultivar, excepto en condiciones en que haya una disminución importante en la duración de la canopia durante el llenado de grano. Las variaciones de rendimiento dentro de un cultivar están dadas principalmente por el producto de los dos primeros componentes, o sea el número de granos totales (Hay y Walker, 1989). Deambrosi y Méndez (1992), trabajando con los cultivares Bluebelle, El Paso 48 y El Paso 144 con dosis de 0, 40, 80 y 120 Kg. de nitrógeno por hectárea, al analizar los componentes de rendimiento encontraron respuestas diferentes a los niveles de nitrógeno según la variedad. El Paso 144 tuvo una respuesta a dosis creciente de nitrógeno hasta 80 Kg./ha para los componentes panojas/m², granos totales/m² y granos llenos/m², mientras que en Bluebelle y El Paso 48 estos componentes tuvieron una respuesta positiva hasta los 120 Kg./ha. Con respecto a peso de 1.000 granos Bluebelle y El Paso 144 no respondieron a incrementos en la dosis de nitrógeno, mientras que El Paso 48 tuvo una respuesta positiva. En otros ensayos realizados el mismo año se encontraron respuesta al nitrógeno en rendimiento, que estuvo asociado a un incremento en el número de panojas y granos llenos/m².

2.2.4.1. Panojas por metro cuadrado

Según Murata y Matsushima (1975), la cantidad de panojas por metro cuadrado se establece durante el período que comprende hasta unos 10 días después que se alcanza el máximo número de macollos y está muy influenciado por el suministro de nitrógeno y el nivel de radiación solar en el momento del macollaje.

Un alto número de panojas puede estar garantizado por una planta que posea habilidad de macollamiento, por otra parte compensar el número de panojas en detrimento del tamaño puede resultar ventajoso si la variedad no posee buenos tallos,

ya que con estas características, panojas muy grandes favorecen el vuelco. Pero esta capacidad de macollaje también tiene su inconveniente, plantas que presentan un período de macollaje muy prolongado favorecen la formación de macollos infértiles. Estos macollos infértiles (menos de tres hojas al momento de diferenciación del primordio floral del tallo principal), producen un deterioro de la producción del tallo principal, ya que dependen del mismo, y un importante flujo de fotosintatos pasan a los tallos infértiles. En un ensayo realizado en la Estación Experimental de Concepción del Uruguay, Argentina, se observó que la aplicación de fertilizante durante el macollaje tardío indujo a la planta a producir un alto número de macollos infértiles, generando además una disminución en el rendimiento (Arguissain, 1992). Una asociación negativa también fue hallada en el IRRI entre el número de panojas/número máximo de macollos y el número de macollos al momento de diferenciación de la panoja. La selección de líneas con un bajo número de macollos improductivos permite que la materia seca producida sea dirigida con mayor eficiencia a la generación de rendimiento (Arguissain, 1992).

Fue reportado que el macollaje se incrementa con una temperatura mayor a 31 °C. En un clima templado la radiación solar durante la fase vegetativa tiene un efecto favorable sobre el número de granos por metro cuadrado, a través de un aumento en el número de panojas por metro cuadrado (Murata, 1976; Stansel, 1975; citados por Blanco, 1991). Sin embargo, ni la temperatura ni la radiación solar durante el crecimiento vegetativo afectaron el número de granos por metro cuadrado en IRRI (Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco, 1991).

Según Hay y Walker (1989), la fertilización nitrogenada en los cereales causa un incremento en la densidad de población de tallos y/o tallos fértiles, con una dependencia de la dosis y el tiempo de aplicación. Consecuentemente con algunas excepciones, un incremento en la aplicación de nitrógeno entre 0 y 100 Kg./ha incrementan la densidad de población de panojas en la cosecha en los ensayos realizados. En ensayos realizados por Deambrosi y Méndez (1992), se comprobó que el número de panojas por unidad de superficie se vio afectado positivamente por aplicaciones crecientes de nitrógeno entre 0 y 120 Kg./ha.

2.2.4.2. Granos por panoja

La cantidad de granos por panoja se determina en el período que va desde 32 a 5 días antes del panojamiento (en los arrozales de clima templado), siendo el resultado de la diferencia entre el número de primordios diferenciados y la cantidad que degenera. El primero se ve sumamente afectado por el suministro de nitrógeno durante la diferenciación de la panoja (32-20 días antes del panojamiento en arrozales de clima templado), mientras que el nivel de radiación solar y otros factores ambientales afectan a la última en el momento del estado de división reduccional (15-5 días antes de la espigazón) (Murata y Matsushima, 1975). La temperatura media y radiación solar durante el desarrollo de la panoja afecta el número de granos por panoja (Murata, 1976; Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco, 1991). Entre un rango moderado de 24 a 29°C la baja temperatura durante el estado reproductivo aparece como favorable

para aumentar el número de granos. Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco (1991), reportaron una correlación lineal negativa entre el número de granos por planta y la temperatura media diaria. La radiación solar durante la fase reproductiva está correlacionada positivamente con el número de granos por metro cuadrado y por panoja.

El número de granos está también lineal y positivamente correlacionado con la producción de materia seca durante la fase reproductiva, y parece estar unida con la producción fotosintética durante esta fase. La competencia por asimilados durante los estadios tardíos de crecimiento de la panoja puede provocar la degeneración de granos anteriormente diferenciados y el tamaño final de la cáscara. Dicha competencia puede ser crítica en determinar el número final de granos cuando el nivel de radiación solar es bajo (IRRI, 1977).

La influencia de la fertilización nitrogenada en el número de granos por panoja es normalmente positiva, pero dicho efecto tiende a ser más pequeño que sobre la densidad de panojas y puede no ser estadísticamente diferente o aún negativa en algunos casos (Evans, 1977; citado por Hay y Walker, 1989). Estas diferencias son probablemente el resultado de interacciones entre cultivar y nitrógeno.

Cuando las prácticas culturales no son las deseadas, el número de espiguillas por unidad de área puede incrementarse a través del incremento de la densidad de plantas y la aplicación de nitrógeno. El óptimo espaciamiento varía con la capacidad de macollaje y la duración del crecimiento de la variedad.

Frente a óptimas condiciones de espaciamiento y nivel de nitrógeno, el número de espiguillas por unidad de área es fuertemente influenciado por los niveles de radiación solar y temperatura durante la etapa reproductiva (Yoshida, 1981).

2.2.4.3. Porcentaje de esterilidad

El término porcentaje de esterilidad generalmente no es usado estrictamente y se refiere al porcentaje de granos infértiles más los granos parcialmente llenos. Panojas sombreadas durante el período de madurez tienen bajo porcentaje de granos llenos, no debido a un incremento de esterilidad sino al incremento de granos parcialmente llenos. Sin embargo temperaturas extremadamente bajas durante el desarrollo de la panoja, en el estado meiótico de la célula madre de polen, causa un abrupto incremento en la esterilidad. La radiación solar, parece afectar el llenado de grano y el porcentaje de granos llenos mayormente por el control de la actividad de la fuente, mientras que la temperatura entre un rango moderado parece afectar este componente controlando la capacidad de los granos de aceptar carbohidratos o la longitud del período de madurez. La tendencia del porcentaje de granos llenos de descender con el incremento del número de granos parece ser un carácter interno de la variedad (Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco, 1991).

Según De Souza (1990), las flores incompletas por esterilidad masculina ocurren por la dificultad de alimentación de las células durante la microsporogénesis. La baja fecundación por la inviabilidad del polen es la consecuencia del crecimiento retardado del tubo polínico. En el período de floración, la fecundación ocurre durante el día (más intensamente entre las 10 y 14 horas), debiendo el polen llegar al óvulo en un período máximo de tres horas. Así que la ocurrencia de temperaturas bajas en este período podrá ocasionar un retardamiento en el crecimiento del tubo polínico y por lo tanto, su inviabilidad para fecundar el óvulo. Cuando esto sucede la panoja presenta una faja de granos estériles, ya que la fecundación dura aproximadamente una semana y se da desde el ápice hacia la base de la panoja. Por lo tanto, en el período de floración las temperaturas bajas durante la noche no son tan perjudiciales como las diurnas.

En un trabajo conducido en el Instituto central de Investigación de Arroz en India, se trataron 15 cultivares con estrés lumínico (50%), durante el periodo de llenado de grano, en ellos se pudo observar que el porcentaje de esterilidad y el peso de grano resultan afectados, pero existen cultivares en donde los porcentajes de esterilidad aumentan muy poco por efecto del sombreado, esto se debe probablemente a que su capacidad de removilización permitió asegurar los destinos reproductivos, otras en cambio, si bien removilizaron, también el peso de mil granos se vio afectado, probablemente debido a una menor eficiencia fotosintética (Arguissain, 1992; citado por Porto y Castro, 1994).

Algunos factores que afectan el porcentaje de espiguillas llenas:

- aplicaciones altas de nitrógeno: algunas variedades presentan un porcentaje bajo de llenado frente a otras variedades al aplicarse altas tasas de nitrógeno
- vuelco: con variedades susceptibles y altos niveles de nitrógeno el vuelco o el quebrado de los tallos disminuye el porcentaje de llenado de espiguillas. El vuelco interrumpe la sección por la cual se traslocan los asimilados.
- baja radiación solar: el porcentaje de espiguillas llenas por encima de un determinado valor disminuye a medida que aumenta el número de espiguillas por metro cuadrado (Wadar, 1969). El porcentaje de espiguillas llenas se determina por la actividad de la fuente, la habilidad de las espiguillas de aceptar carbohidratos y la traslocación de asimilados desde las vainas, tallos y hojas hasta las espiguillas. Cuando la radiación solar es baja la actividad de la fuente puede ser insuficiente para producir suficientes carbohidratos para soportar el crecimiento de todas las espiguillas.
- baja temperatura: temperaturas del aire menores a 20 grados C si persisten por varios días en embuche y panojamiento.
- altas temperatura: acortan el periodo de llenado del grano. La permanencia de tiempo nublado deprime mas el llenado del grano bajo altas temperaturas debido a un menor periodo de llenado. Temperaturas mayores a 35 grados C en antesis pueden causar altos porcentajes de esterilidad.
- fuertes vientos: pueden causar esterilidad en floración a través del desecamiento de la planta.

- salinidad del suelo: alta salinidad en el suelo causa un alto porcentaje de esterilidad.
- seca: si ocurre en floración causa un alto porcentaje de esterilidad. (Yoshida, 1981).

El resumen de la evaluación de 8 años realizado por Ferreira y Montauban (1998) mostró que el porcentaje de esterilidad resulta el más variable (mayor C.V.), frente a los restantes componentes del rendimiento, donde INIA Cuaró presenta una esterilidad un 67% superior a la de INIA Tacuarí, la variedad menos afectada por este problema.

Es de destacar el descenso en la esterilidad cuando se toman solamente épocas óptimas de siembra (Octubre - Noviembre), llegando a disminuir un 32% en la que presenta menor variación (INIA Tacuarí), y un 89% en la de mayor variación (L 1119). Cabe mencionar que el factor causante de ésta esterilidad es de diferente índole, en el caso de El Paso 144 e INIA Caraguatá se benefician por la no ocurrencia de bajas temperaturas durante la etapa reproductiva, mientras que en otros materiales como INIA Tacuarí, la disminución en la esterilidad es atribuible principalmente a condiciones climáticas más favorables para el llenado de grano.

Igualmente en siembras en época el porcentaje de esterilidad es el componente de mayor amplitud (52%), entre el mayor y menor registro, y de mayor variabilidad, mayor C.V. entre variedades.

2.2.4.4. Peso de 1000 granos

El peso individual de grano en la cosecha es determinado por el suministro de asimilados por la fotosíntesis o de almacenados durante el período de llenado de grano, desde la antesis hasta la madurez (Hay y Walker, 1989).

La variabilidad en peso de grano entre los mismos cultivares fue descrita como muy restringida. El peso constante para un determinado cultivar se puede deber al tamaño de la cáscara rígida, determinado durante el crecimiento reproductivo. Por eso, de acuerdo con Yoshida y Parao (1976), citado por Blanco (1991), cuando el suministro de asimilados es adecuado (desde fotosíntesis o asimilados almacenados) muchos granos maduran y hay un excedente remanente en la paja. Cuando hay carencia de carbohidratos, algunos granos maduran a expensas de otros granos, alcanzando de ese modo un peso casi constante. Sin embargo que el peso de 1000 granos sea una constante varietal no quiere decir que no existan granos que pesen mas (Yoshida, 1981).

Murata (1976), citado por Blanco (1991), registró que cuanto mayor es la temperatura durante el período más activo del llenado de grano el peso de grano es menor.

Según Hay y Walker (1989), el peso de grano puede ser afectado más por la duración que por la tasa de llenado de grano.

Como el grano está rígidamente encerrado en la lemma y palea cuyos tamaños quedan determinados unos cinco días antes de la antesis, no puede adquirir más tamaño que el permitido por la cáscara. El nivel de radiación durante las dos semanas previas a la antesis influye en el tamaño de las cáscaras (Murata y Matsushima, 1975).

Las variaciones que ocurren en componentes de rendimiento son complejas y frecuentemente correlacionadas, pero los cultivares de arroz se diferencian marcadamente en el peso de mil granos, dicho componente tiene más alta heredabilidad que los otros. Cang y Vergara (1972), citado por Blanco (1991), reportaron que el peso de grano puede ser compensado prontamente por más granos por panoja o por más panojas, pero los cultivares que tienen bajo peso de grano usualmente tienen un techo de rendimiento más bajo que los de grano más pesado, bajo los sistemas de cultivo más favorables. Venkateswarlu y col. (1981), citado por Blanco (1991), encontró una asociación negativa del tamaño de grano (entre 15 y 30 gramos cada mil granos) con el número de granos y con el rendimiento en cultivares de ciclo largo. Esta asociación negativa entre tamaño de grano y número de granos aparece alrededor de 20-22 gramos por mil granos.

Hay una variabilidad en el peso de grano dentro de la misma panoja. Granos de alta densidad (gravedad específica mayor a 1,2) se encuentran mayormente en las ramificaciones primarias del arroz. La heredabilidad de los granos de alta densidad fue estimada en un 80%. Aumentando el porcentaje de granos de alta densidad por el decrecimiento de ramificaciones secundarias en la panoja se puede incrementar el rendimiento en grano. El número de granos de alta densidad puede inclusive mejorar con un mejor sistema de entrega de los asimilados, tal como haces vasculares y tallos gruesos. Panojas con más ramificaciones primarias y menos secundarias se pueden obtener sin reducir el total de granos por panoja (Mallik y col., 1988; citado por Blanco, 1991).

Deambrosi y Méndez (1992), encontraron una respuesta positiva en peso de 1000 granos para el cultivar El Paso 48 trabajando con dosis creciente de nitrógeno desde 0 hasta 120 kg./ha, mientras que Bluebellé y El Paso 144 no tuvieron respuesta.

2.2.5. Importancia relativa de los componentes del rendimiento

$$Y = N \times W \times F \times 10^5$$

Y = rendimiento en grano (t/ha)

N = número de espiguillas por metro cuadrado

W = peso de 1000 granos en gramos

F = porcentaje de espiguillas llenas

Combinados estos componentes del rendimiento explican un 81% de la variación en el rendimiento, N explica el 60%, F y W juntas explican un 21%.

Si la contribución al rendimiento fuese tomada como un 100% por los componentes del rendimiento N explicaría el 74% y W y F juntas el 28%.

En otras localidades el porcentaje de espiguillas llenas ha sido más limitante que el número de espiguillas por metro cuadrado. (Yoshida y Parao, 1976). El peso de 1000 granos raramente es limitante en la mayoría de las condiciones (Yoshida, 1981).

2.2.6. Compensación de los componentes del rendimiento

El tamaño de fosa o capacidad de rendimiento en plantas de arroz depende del número total de granos por metro cuadrado y del tamaño promedio de los granos individuales, pero algunos científicos creen que esto es altamente determinado por el número de granos por metro cuadrado (Murata, 1976; Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco, 1991). Hay frecuentemente correlaciones negativas entre número de panojas y número de granos por panoja o entre número de granos por área de suelo y porcentaje de granos llenos o peso de grano debido a los efectos compensatorios. Por eso es necesario alcanzar el balance óptimo entre esos componentes de rendimiento dentro del potencial de la fuente (Tanaka, 1976; citado por Blanco, 1991).

Jones, Peterson y Geng (1979), trabajando con 15 genotipos de arroz de diversas características agronómicas, buscaron correlaciones entre parámetros de llenado de grano con componentes de rendimiento, indicando que la tasa de llenado de grano fue más importante que la duración del llenado de grano en dicho estudio. La tasa de llenado de grano fue alta, positiva y significativamente correlacionada con el peso de la panoja y el peso de mil granos, y negativamente correlacionada con el número de panojas por metro cuadrado.

Un macollaje pobre o un número bajo de macollos por unidad de área no pueden compensarse con un aumento en el peso del grano o un aumento en la fertilidad de las espiguillas, pues ambos componentes varían muy poco.

Las variedades modernas son del tipo número de panículas mientras que las tradicionales son del tipo peso de panículas.

Hay dos formas de aumentar el rendimiento: a) se aumenta el rendimiento en los tipos peso de panículas, aumentando el número de panículas y b) se aumenta el rendimiento en los tipos número de panículas aumentando el peso de las panículas (Vergara, 1984)

2.3. EFECTO DE FACTORES CLIMATICOS SOBRE LA PRODUCCION DE MATERIA SECA Y RENDIMIENTO

2.3.1. Introducción

La ocurrencia de fríos y falta de radiación solar son dos importantes limitantes de la producción de arroz en nuestro país, y a su vez una de las principales causas de la inestabilidad del rendimiento (Blanco y Pérez de Vida, 1993).

2.3.2. Temperatura

El concepto de sumatoria de temperatura implica la suma de temperaturas medias diarias a través de un periodo de crecimiento o desarrollo. Cuando la temperatura cae a determinado nivel el crecimiento o desarrollo se puede detener (Yoshida, 1981).

En el Cuadro N° 2 se observan los grados días necesarios para alcanzar los distintos eventos fenológicos según la metodología establecida para el DD50 (Degree Day 50 °F), la cual Roel y Blanco (1993), encontraron que mejor se ajustaban a nuestras condiciones.

Cuadro N° 2. Número de días y acumulación térmica de las diferentes fases fenológicas.

Periodo	El Paso 144		INIA Tacuarí		INIA Caraguatá	
	Ac. Térm	N° días	Ac. térm	N° días	Ac. térm	N° días
E - IMAC	191.4	18	213.6	20	191.4	18
IMAC - P	609.2	50	460.3	39	531.8	45
P - 50% F	398.3	28	292.1	20	375.8	25
50% F-Mad	451.7	38	554.6	43	516.5	41
E - 50% F	1198.9	96	966.0	79	1099.0	88

E - IMAC: emergencia - iniciación del macollaje; IMAC - P: iniciación del macollaje - primordio; P - 50% F: primordio - 50% floración; 50% F - Mad: 50 % floración - madurez fisiológica.

Acumulación térmica, base 10 °C.

El periodo reproductivo del arroz comprendido entre el desarrollo de la panoja y la floración, es sumamente sensible a las bajas temperaturas. Estos periodos fríos son comunes en la zona Este del país y han sido identificados como una de las principales causas de inestabilidad de los rendimientos en estas zonas. (Blanco, Pérez de Vida y Roel, 1993).

A pesar de la importancia de la temperatura, esta puede perder significancia debido a la aparición de nuevas variedades resistentes.

Tanaka (1963), cita estudios realizados en Japón que demostraron que plantas en estado de formación del primordio floral sometidas a temperaturas de 17 °C durante 5 días resultaron completamente estériles, y que, la formación de polen se interrumpe causando esterilidad cuando ocurren temperaturas de 15 °C durante solo una hora.

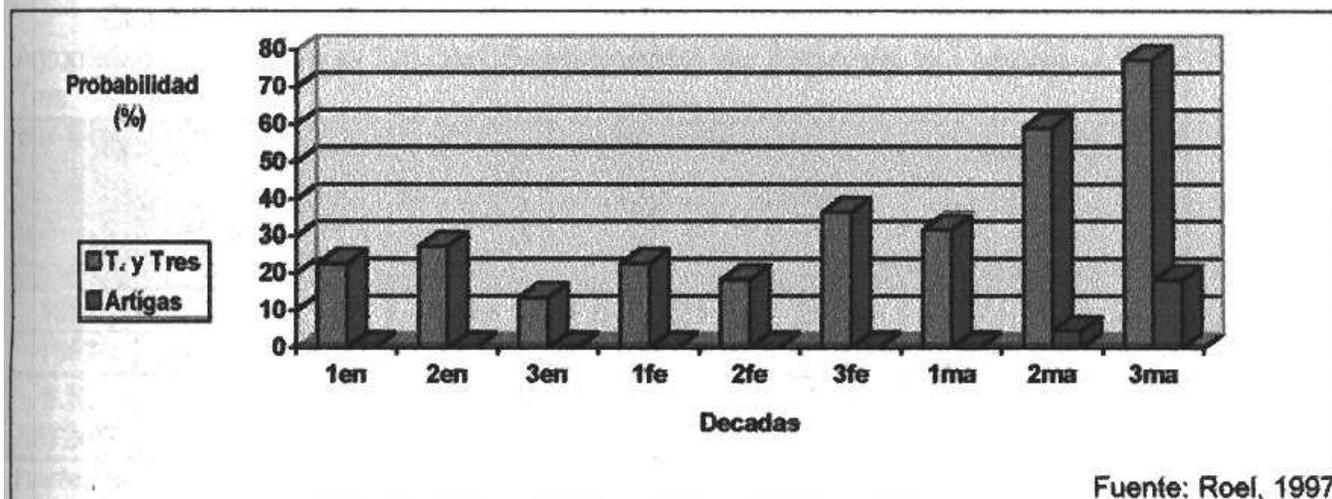


Figura N° 5. Probabilidad de temperaturas mínimas decádicas menores a 15°C, en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna - INIA Treinta y Tres y en la Estación Agrometeorológica de CALNU-Artigas (S.H.: 1972 - 1993).

De este análisis (Figura N° 5) se destaca que en la región Este del país aún durante el mes de enero existe la probabilidad real de sufrir los problemas de frío, no siendo así en el Norte del país.

En ensayos de fechas de siembra realizados durante 3 años por la EEE, se relacionó el porcentaje de esterilidad con las temperaturas mínimas y medias en los períodos de 10 días antes de floración y en floración. INIA Yermal e INIA Tacuarí mantuvieron moderada esterilidad frente a temperaturas más bajas, las que a su vez determinaron alta esterilidad para Bluebelle y El Paso 144. Estas incrementaron en forma considerable su esterilidad de grano con temperaturas mínimas, 10 días antes de floración inferiores a 17 y 16 °C respectivamente.

Por lo tanto el buen comportamiento de INIA Yermal e INIA Tacuarí en siembras tardías es, en buena medida, debido a una mayor tolerancia a bajas temperaturas en el período reproductivo, y no solo al escape determinado por su ciclo corto (Blanco y Pérez de Vida; citados por Gamarra, 1995).

Las bajas temperaturas influyen en la maduración del polen y por lo tanto en la esterilidad de las flores. Tomando en cuenta el cultivo, la floración tiene una distribución normal con el pico en el octavo o noveno día cuando el 25% de las flores están en antésis. La polinización ocurre 3 a 8 horas después del amanecer.

Altas temperaturas y viento durante la antésis causan desecación del polen y por lo tanto esterilidad. La temperatura ideal en la etapa reproductiva es entre 22 y 31 °C; y si la temperatura de la noche es mayor que 22 °C se incrementa la respiración y el balance de fotosintatos que van hacia la panícula disminuye (Stansel, 1975).

Cuadro N° 3. Temperaturas medias decádicas registradas en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental de Paso de la Laguna – INIA Treinta y Tres.

T media °C	ENE			FEB			MAR		
	1 ^{er} DEC	2 ^{da} DEC	3 ^{er} DEC	1 ^{er} DEC	2 ^{da} DEC	3 ^{er} DEC	1 ^{er} DEC	2 ^{da} DEC	3 ^{er} DEC
1996	23.3+	21.9-	23.3+	22.5+	21.5-	22.9+	21.7+	23.1+	20.2+
1997	24.2+	25.3+	25.1+	22.4+	21.6-	22.0+	21.6	19.6-	19.7-
S.H. 1972-97	22.5	22.8	23.1	22.3	22.0	21.8	21.6	20.8	20.0

Fuente: Roel, 1997.

Como puede observarse (Cuadro N° 3) en la zafra 1996, en 7 de las 9 décadas analizadas las temperaturas fueron superiores a los promedios históricos, incluso en algunas de estas décadas con diferencias superiores a 1 °C. Para la zafra 1997, en 5 de las 9 décadas analizadas las temperaturas fueron superiores a los promedios históricos

En el Cuadro N° 4 se observa que en esta zafra no existieron temperaturas mínimas decádicas por debajo de 15 °C, aún hacia fines de Febrero donde existe una probabilidad real relativamente alta de contar con problemas de frío en esta zona.

Cuadro N° 4. Temperaturas mínimas decádicas registradas en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna – INIA Treinta y Tres.

T. Min °C	ENERO			FEBRERO		
	1 ^{er} DECADA	2 ^{da} DECADA	3 ^{er} DECADA	1 ^{er} DECADA	2 ^{da} DECADA	3 ^{er} DECADA
1996	15.6	15.9	18.7	15.5	15.3	16.9
1997	16.7	19.7	18.7	16.3	16.5	16.2

Fuente: Roel, 1997.

2.3.3. Radiación solar

Stansel (1966), citado por Yoshida (1981), dice que la luz no es necesariamente un factor limitante del rendimiento en los estados tempranos del cultivo de arroz, pero a

medida que las plantas crecen y producen hojas el nivel de luz empieza a ser mas critico.

Munakata (1976), encontró una fuerte correlación entre el número de granos llenos por metro cuadrado y los valores de radiación en un periodo que abarcaba desde 40 días previos a la floración hasta 10 días posteriores a la misma. A su vez Stansel (1975), determinó que el periodo de máximo requerimiento de luminosidad se extiende desde la diferenciación de la panoja hasta 10 días antes de alcanzar la madurez.

Munakata (1976), reportó una correlación entre horas de sol y producción más alta que entre radiación y producción.

En la Figura N° 6, se presenta la evolución de los rendimientos nacionales y las horas de sol acumuladas durante los meses de Enero, Febrero y Marzo, registradas en la Estación Agrometeorológica de la Unidad experimental Paso de la Laguna-INIA Treinta y Tres, desde la zafra 1981/82, hasta la zafra 1996/97. Como puede observarse, existe una muy alta relación entre los totales de horas de sol en estos meses y los rendimientos nacionales. El análisis estadístico de esta asociación determinó que existe una correlación significativa entre ambas variables.

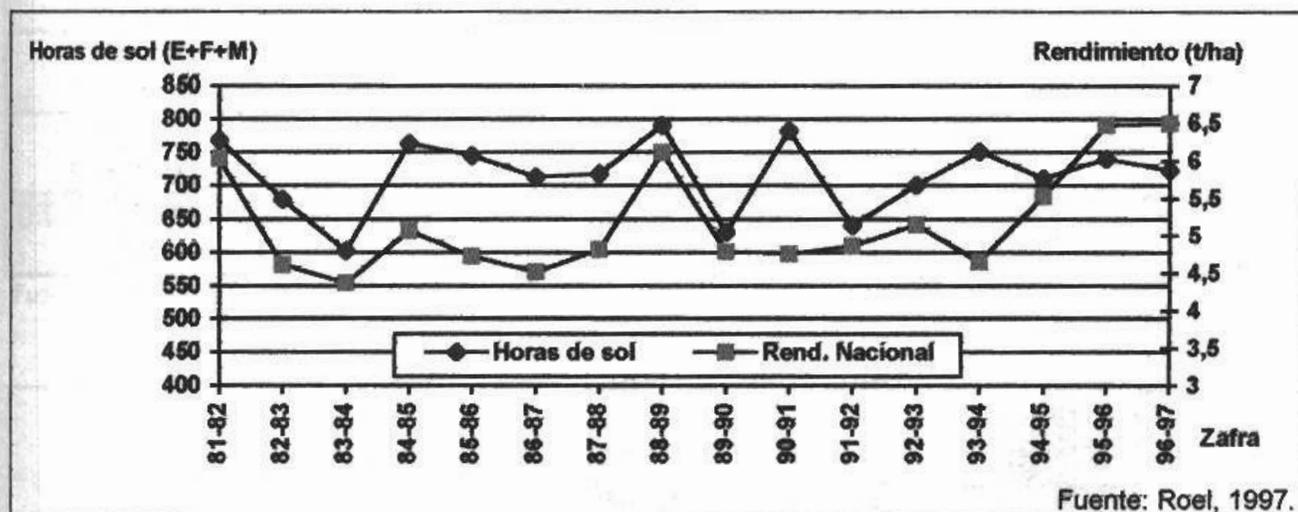


Figura N° 6. Evolución de los Rendimientos Nacionales y las Horas de Sol Acumuladas en Enero+Febrero+Marzo.

2.3.4. Precipitaciones

Las lluvias en el país son muy irregulares por lo que los valores mensuales o anuales son muy variables. Hay una tendencia a que en la zona Norte las lluvias sean algo mayores que en el Este, pero no se le asigna mayor importancia en su incidencia en el cultivo (Gamarra, 1996).

La época de siembra está regulada en gran medida por las condiciones de humedad del suelo que permitan la preparación y sistematización de tierras durante el periodo invierno-primavera precedente a la zafra

En la zafra 1996/97 las posibilidades de preparación y sistematización de tierras previa a la misma fueron muy buenas, en el Cuadro N° 5 y en las Figuras N° 7 y 8 se presentan los milímetros de lluvia ocurridos durante los meses de Mayo - Agosto de 1996 y sus correspondientes días de lluvia medidos en la Estación Experimental Paso de la Laguna, en comparación con los valores promedios de una serie histórica (S.H) que abarca 25 años. Las lluvias en Setiembre - Octubre también tienen un gran efecto sobre la siembra en fecha.

Cuadro N° 5. Precipitaciones (mm) y días de lluvia registrados en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna – INIA Treinta y Tres.

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total
Precip. (mm) 1996	14.9	37.9	26.5	110.3	189.6
Precip. (mm) S.H. 1972-96	103.2	106.7	144.8	91.4	446.1
Diferencia 1996-S.H. 1972-96	-88.3	-68.8	-118.3	18.9	-256.5
Días lluvia 1996	2	6	4	6	18
Días lluvia S.H. 1972-96	9	11	10	9	39
Diferencia 1996-S.H. 1972-96	-7	-5	-6	-3	-21

Fuente: Roel, 1997.

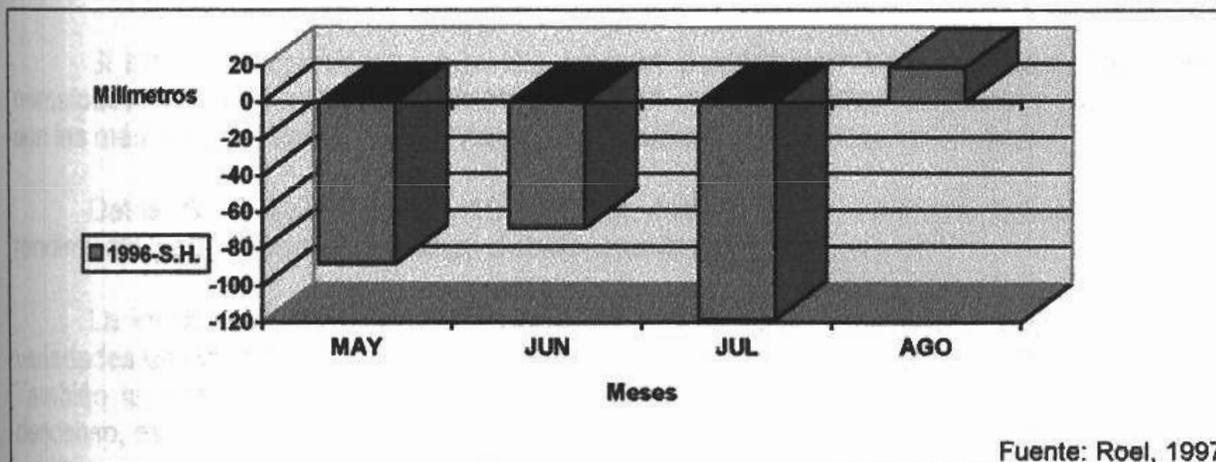
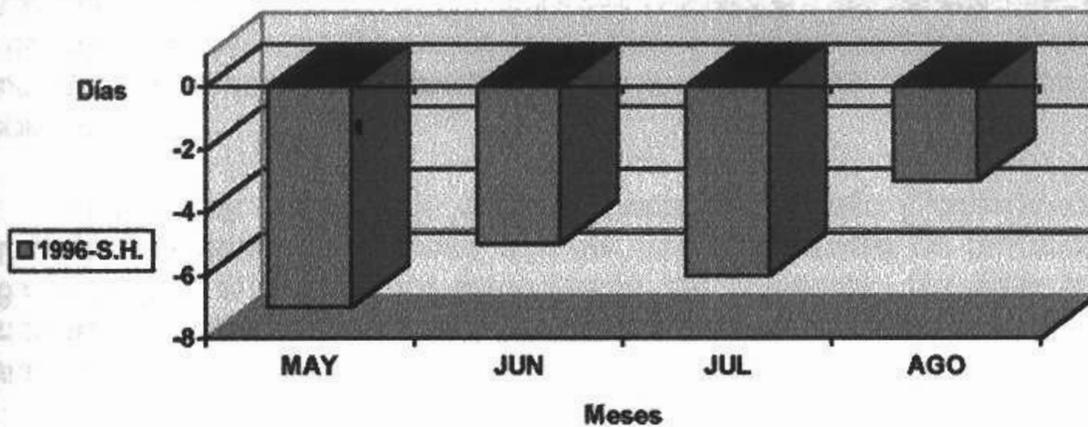


Figura N° 7. Diferencia entre las Precipitaciones ocurridas en 1996 y los Promedios de la Serie Histórica (S.H.) 1972-96.



Fuente: Roel, 1997

Figura N° 8. Diferencia entre los Días de Lluvia ocurridos en 1996 y los Promedios de la Serie Histórica (S.H.) 1972-96.

Como puede apreciarse tanto los milímetros como los días de lluvias ocurridos durante estos meses fueron significativamente inferiores a los ocurridos en un año promedio (Roel, 1997).

2.4. EFECTO DE LAS ENFERMEDADES DEL TALLO SOBRE LA PRODUCCION DE MATERIA SECA Y EL RENDIMIENTO

2.4.1. Introducción

El cultivo de arroz puede ser afectado por diversas enfermedades que causan daño, provocando disminución de rendimiento y de la calidad del grano, e inestabilidad en la producción a través de los años.

Si bien los organismos que las causan pueden ser hongos, virus, bacterias, nematodos o bien condiciones fisiológicas, las enfermedades causadas por hongos son las más importantes y las de mayor repercusión económica en Uruguay.

Datos de Brasil (Ribeiro, 1985), han estimado un 10% de reducción en el rendimiento para el arroz bajo riego debido a enfermedades.

La incidencia de enfermedades depende de una serie de factores, como las variedades utilizadas, las prácticas de manejo que se aplican y las variables climáticas. También la intensificación de la producción, con más años de arroz y menos de descanso, es un importante factor que aumenta el problema.

Las principales enfermedades que se han detectado en el cultivo de arroz en Uruguay, son las siguientes: *brusone* o quemado (*Pyricularia oryzae*), podredumbre del

tallo (*Sclerotium oryzae*), cercosporiosis o mancha lineal café de la hoja (*Cercospora oryzae*), manchado de la vaina (*Rhizoctonia oryzae*) y mancha agregada de las vainas (*R. oryzae sativae*), mancha parda de la hoja (*Helminthosporium oryzae*), carbón del grano (*Neovossia horrida*) y mancha de glumas (*Phoma* sp. y varios hongos y bacterias asociados).

En Uruguay el complejo de enfermedades del tallo (Podredumbre del Tallo y Manchado Confluyente de Vainas), son las más importantes en términos económicos, luego le siguen y con menor importancia las restantes. En éste trabajo solo se estudiarán *Sclerotium O.* y *Rhizoctonia oryzae sativae*, que fueron los causantes de las enfermedades que atacaron al ensayo.

2.4.2. Podredumbre del Tallo (*Sclerotium oryzae*)

2.4.2.1. Introducción

Ou (1987), menciona que las mayores pérdidas en rendimiento en los cultivares más sensibles a *Sclerotium oryzae* fueron de 22%. La información que existe de otros países indica que las pérdidas de rendimiento debido a *Sclerotium O.* varían entre un 10 y un 75% (Webster; 1992).

La podredumbre del tallo (*Sclerotium oryzae*) es la enfermedad más importante dentro de las que atacan al tallo, por el nivel de daño que provoca y por su rápida propagación.

Se presenta sobre todo en chacras viejas, y su incidencia ha sido mayor en variedades como Bluebelle y el Paso 94 que son más susceptibles.

En las condiciones de Uruguay, en general los ataques son tardíos, y ocurren en manchones, en donde los tallos se pudren y se produce el vuelco del cultivo.

2.4.2.2. Condiciones predisponentes

Las enfermedades por *Sclerotium* son principalmente enfermedades de climas cálidos y que afectan a las plantas de países que se localizan en la latitud de 38° a cualquier lado del Ecuador. Según Anon (1930); Ono y Suzuki (1960), para que se desarrolle la enfermedad, la temperatura mínima es de 11 – 15°C, la óptima de 27,5 – 30°C y la máxima 35°C con un pH óptimo de 4,05 – 6,1.

La ocurrencia de humedad elevada, temperaturas entre 25 y 30 °C, y todas las situaciones que llevan a un crecimiento vegetativo desmedido, son favorables a la enfermedad (Gamarra, 1996).

Según Ou (1987), el exceso de nitrógeno en un cultivo de arroz frente a uno que se desarrollo con menos nitrógeno, lleva a una mayor susceptibilidad. Webster

(1992), postula que el agregado de nitrógeno afecta la severidad de la enfermedad. El potasio contrarresta el efecto del nitrógeno. El fósforo tiene un efecto similar al potasio pero menos marcado. El agregado de silicato de sodio al suelo disminuye el efecto de la enfermedad por neutralizar al nitrógeno.

Suelos de mal drenaje, especialmente los suelos pesados, de topografía muy plana en donde el agua permanece estancada durante largos períodos, también favorecen a la enfermedad. La edad de la planta también influye, ya que en el momento de floración a maduración el tallo se torna más débil, y se produce más fácilmente la entrada del hongo (Gamarrá, 1998).

El rastrojo infectado predispone a la enfermedad, ya que el hongo sobrevive como esclerocio en el rastrojo y el suelo.

Las especies más importantes que se encontraron como huéspedes alternativos, mencionadas por Tullis y Cralley (1933), teniendo en cuenta las que se asocian al cultivo de arroz en nuestro país son: Capín (*Echinochloa Colonum*); según Hsieh (1966), *Eleusine indican*, *leptochloa chinensis*, *Setaria palida – fusca* -, también puede invadir otras gramíneas, ciperáceas, liláceas y juncos.

Desde el punto de vista del estado fenológico de la planta el momento más sensible es en elongación de entrenudos (Webster, 1992).

2.4.2.3. Síntomas

Los síntomas registrados en el arroz se dan en la vaina a la altura del agua, luego penetra al tallo e infecta hacia arriba. Pudre la hoja cuando se forman los esclerocios. Con los apresorios infecta el tallo hacia arriba, nunca hacia abajo (Ono y Suzuki, 1960 y Webster, 1992).

Después que se inunda el cultivo los esclerocios flotan, entran en contacto con la planta, germinan e infectan los tejidos a través de heridas al nivel de la línea del agua. El hongo penetra en el interior del tallo y mata los tejidos. Se ha observado que el patógeno sigue desarrollándose después que se cosecha (Webster, 1992).

Los primeros síntomas que se observan en la planta de arroz son lesiones irregulares negras, pardo oscuras, en la parte exterior de la vaina de la hoja, en o cerca de la línea del agua. Aparecen en macollaje o más tarde. Estas lesiones se van agrandando, y se alargan tanto hacia arriba como hacia abajo y hacia el centro del tallo. En las etapas más tardías de desarrollo las vainas exteriores se pudren, las hojas se mueren y el hongo penetra dentro del tallo, éste queda descoloreado y con lesiones negras oscuras. El micelio se encuentra dentro y fuera del tallo. En madurez el tallo se quiebra y las plantas infectadas se vuelcan y se pueden encontrar en su interior, en los tejidos, numerosos y pequeños cuerpos esféricos de aproximadamente 0,5 mm de diámetro de color negro, que son los esclerocios del hongo o formas de resistencia de éste. También se pueden hallar esclerocios en la superficie de las vainas foliares,

como hileras de puntos negros. Su aparición es un aspecto importante para el diagnóstico de la enfermedad (Gamarra, 1996).

2.4.2.4. Daño

Las pérdidas son tan severas como el vuelco, lo que hace difícil la cosecha y produce esterilidad en la semilla (Groth, Rush y Hollier, 1991). Ou (1987), agrega que el vuelco se debe al debilitamiento de las vainas y los tallos. Según Webster (1992), la infección produce vuelco, panojas sin llenar, granos chuzos y muerte de macollos.

Cuando la podredumbre del tallo es parcial, puede aumentar el número de granos chuzos y, si se extiende al interior del tallo, puede bloquear la circulación de la savia y afectar toda la panoja (Gamarra, 1996).

En ensayos realizados en INIA Treinta y Tres, al comparar rendimientos de cultivares en evaluación final en parcelas protegidas con fungicida y con infección natural del patógeno, se verificó una disminución promedio de la enfermedad de 23,7% (Avila, 1997).

2.4.2.5. Resistencia varietal

En cuanto a la resistencia varietal no se sabe mucho, sin embargo se ha observado una disminución de carbohidratos y el aumento del nitrógeno en los tallos infectados. Watenabe (1952), detectó una alta correlación entre la enfermedad y el descenso de la actividad fisiológica en la base del tallo. Según Groth, Rush y Hollier (1991), no hay ninguna variedad comercial altamente resistente a *Sclerotium O.*, pero las variedades que maduran temprano son menos afectadas por el hongo.

La resistencia a *Sclerotium O.* se hereda de los ancestros. Se ha identificado fuentes de tolerancia a *Sclerotium O.* en especies salvajes de arroz (*Oryza rufipogon* Griff y *Oryza nivara*) citado por Sharma y Shastry citados por Webster, 1992).

En ensayos realizados localmente, se han encontrado diferencias altamente significativas entre variedades, para el índice de severidad de daño (Avila, 1997).

2.4.3. Mancha de Vainas y Mancha Agregada de las Vainas, provocada por *Rhizoctonia oryzae* y *Rhizoctonia oryzae sativae*

2.4.3.1. Introducción

Rhizoctonia solani ha sido la enfermedad más importante para el arroz en Texas, la que ha ocasionado mayores pérdidas económicas en Louisiana desde el 70' y la segunda más importante en el mundo. También ha afectado otros cultivos como la soja causando pérdidas importantes. Esto se debe en gran parte a un cambio en las prácticas culturales en los años 80', al uso de variedades semienanas de grano largo,

susceptibles a *Rhizoctonia S.* y que necesitan alta fertilización nitrogenada y siembras en línea para lograr altos rendimientos y al uso de rotaciones cortas y/o con soja que aumentaban la cantidad de hongo en la arrocería (Groth, Rush y Hollier, 1991) (Texas Agricultural Extension, 1993).

2.4.3.2. Condiciones predisponentes

Con respecto a la mayoría de las razas del hongo, la temperatura óptima para que se produzca la infección se encuentra cerca de 15 a 18°C, pero algunas razas muestran una mayor actividad a temperaturas mucho más altas, a más de 35°C. La enfermedad es más severa en suelos que son moderadamente húmedos que en suelos que son secos o se encuentran inundados (Agris, 1995).

Un crecimiento vegetativo exagerado, ya sea por la fertilidad natural del suelo o por exceso de fertilización nitrogenada, favorece la aparición de estas enfermedades. Lo mismo ocurre con densidades de plantas excesivas. La humedad relativa alta, los días nublados y las altas temperaturas, también son condiciones muy favorables para ambas enfermedades (Gamarra, 1996).

Es muy importante el monitoreo de *Rhizoctonia* ya que si el clima es favorable se desarrolla muy rápido, en la diferenciación de la panoja ya se observan problemas (las típicas lesiones en el tallo por encima de la línea del agua), hay que tener cuidado de no confundirla con *Sclerotium*. Si se encuentra *Rhizoctonia* hay que esperar una semana y volver a observar (Texas Agricultural Extension, 1993).

2.4.3.3. Síntomas

En nuestro país se encuentran dos especies del hongo causando el Manchado de las vainas (*Rhizoctonia oryzae*) y Manchado confluyente de las vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*). Ambas enfermedades presentan síntomas muy parecidos. Inicialmente se observan manchas largas ovales a rectangulares, que se alargan rápidamente. Las lesiones son de 0,5 – 1 cm de ancho y 1 – 3 cm de largo (en algunos casos puede llegar hasta 10 cm), se forman a nivel del agua y su color es grisáceo blanco y en el centro quedan verdes con un margen de marrón a rojizo. En condiciones favorables el hongo puede ir avanzando, las vainas desarrollan un color amarillo – naranja y después las hojas mueren, también se puede producir muerte de plantas, o el vuelco de éstas, de una manera similar a lo que ocurre con *Sclerotium oryzae* (Groth, Rush y Hollier, 1991) (Gamarra, 1996).

Normalmente ataca la vaina y la hoja pero se han encontrado síntomas característicos de la enfermedad al momento de la emergencia de la panoja. Las panojas atacadas son grises – marrones, quedan cilíndricas y rodeadas por el micelio del hongo. Afecta la panoja pero no el cuello de la panoja. (IRRI, 1988).

Sin embargo ocasionalmente el hongo infecta el raquis de la panoja, causando esterilidad del grano o llenado parcial de estos (Gunnell, 1992).

2.4.3.4. Daño

Los esclerocios e hifas son inoculo cuando se empieza a regar, forman el micelio e infectan a las plantas a la altura del agua. Las infecciones generalmente empiezan al finalizar el macollaje y en comienzo de la elongación. La hoja de más abajo es la que primero se afecta. Después que florece, la enfermedad rápidamente va a la hoja bandera en las variedades susceptibles. La infección debilita los tallos y puede causar vuelco o colapso. El hongo puede pasar de macollo a macollo en la planta infectada o por el agua entre plantas, también por partes de plantas que se estén tocando. El daño es mayor cuando sopla mucho viento y cuando hay rastrojo de años anteriores (Groth, Rush y Hollier; 1991).

Los daños que producen son muy similares y se caracterizan por la muerte de las hojas inferiores, cuyas vainas son intensamente atacadas, y se puede producir esterilidad de granos en ataques más intensos y vuelco de plantas.

2.4.3.5. Resistencia varietal

Según Groth, Rush y Hollier (1991), las variedades de grano medio son significativamente más resistentes a *Rhizoctonia* sp. que las de grano largo. Algunas variedades de grano largo nuevas tienden a ser más resistentes.

Las variedades de grano largo tienen diferencia en susceptibilidad, Lemont, Gulfont y Skybonet son las más susceptibles, la menos susceptible es Newbonet que es de ciclo medio (Texas Agricultural Extension, 1993).

En ensayos realizados localmente, en parcelas con y sin inoculación artificial con el patógeno, INIA Tacuarí mostró un Índice de Severidad de Daño (ISD) de 87,5 y 44,1%, respectivamente, con una reducción de rendimiento de 17,3%. Por el contrario, la línea experimental L 1130 mostró buena resistencia a la enfermedad, sin reducción de rendimiento y con un ISD de 29,1% en las parcelas inoculadas (Avila, et all, 1996).

2.4.4. Resultados nacionales

Resultados presentados en 1991 – 92 indican la disminución de Rhizoctoniosis con el uso de fungicidas. Los índices de la enfermedad se incrementaron a los máximos valores cuando se utilizó la mayor densidad de siembra sin aplicar fungicida, siendo mayor la diferencia con los tratamientos que tuvieron protección (Deambrosi, 1992).

La zafra 1996-97 se caracterizó por el ataque generalizado en todo el campo experimental de arroz, de podredumbre de tallo (*Sclerotium oryzae*), con niveles de infección altos, por lo cual las evaluaciones se realizaron solo referidas a esta enfermedad. El manchado confluyente o mancha agregada de las vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*) se presentó en general con niveles muy bajos.

Debido a la importancia de la enfermedad en la interpretación de los resultados de la tesis, se presenta información de tres ensayos instalados en la Unidad Experimental Paso de la Laguna – Treinta y Tres, para evaluar la incidencia de *Sclerotium oryzae*, con infección natural, infección con inoculación artificial, la cual no presentó diferencias significativas con la primera (por lo tanto no se presenta en esta cita), e infección natural con protección mediante aplicación de fungicida.

En el Cuadro N° 6 se presenta el rendimiento en grano comparando los tres ensayos.

Cuadro N° 6. Rendimiento en grano Kg./ha.

N°	Cultivar	Infección Natural	Inf. Nat. con Protección	Promedio (*)
1	Bluebelle	4375	5434	4589 ef
2	EP 144	5413	7000	6089 ab
3	INIA Tacuarí	5523	7282	6227 a
4	INIA Caraguatá	5013	6463	5072 cdef
5	INIA Cuaró	5524	6864	5987 abc
6	L 1844	4681	6147	5166 bcde
7	PI 574487	4833	5932	5322 abcde
	Promedio (*)	4850 b	6360 a	5304

(*) Estos promedios están tomados sobre los resultados del total de las variedades publicadas en el trabajo.

Fuente: Blanco, Pérez de Vida, Avila, Méndez; 1997.

Del cuadro se desprende que el promedio general de incremento de rendimientos en el ensayo protegido fue de 25%, con una disminución del ISD también del 25%, aunque con diferencias muy significativas entre los cultivares. En el Cuadro N° 7 se observa el ISD para los 3 ensayos.

Cuadro N° 7. Índice de severidad de daño (ISD), por *Sclerotium oryzae*

N°	Cultivar	Infección Natural	Inf. Nat. con Protección	Promedio (*)
1	Bluebelle	93.2	89.7	92.2 f
2	EP 144	67.0	47.7	55.9 ab
3	INIA Tacuarí	88.5	63.5	76.0 cdef
4	INIA Caraguatá	79.1	60.4	69.6 bcde
5	INIA Cuaró	63.5	37.9	53.4 ab
6	L 1844	81.9	68.5	77.8 cdef
7	PI 574487	43.8	34.1	42.5 a
	Promedio (*)	77.9 b	55.2 a	68.0

(*) Estos promedios están tomados sobre los resultados del total de las variedades publicadas en el trabajo.

Fuente: Blanco, Pérez de Vida, Avila, Méndez; 1997.

Bluebelle presentó los máximos valores de ISD en los 3 ensayos y rindió 1328 Kg. más en el testigo protegido.

El cultivar PI 574487 considerado como resistente a *Rhizoctonia solani* y en este caso también aparece como resistente a *Sclerotium oryzae*, fue el que presentó mayor sanidad.

Por encima del 25% de incremento del rendimiento, estuvieron: INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.

En el Cuadro N° 8 se presentan los datos de porcentaje de esterilidad en el cual también existieron diferencias muy significativas entre el ensayo protegido y los dos sin protección que no fueron diferentes entre sí.

Cuadro N° 8. Porcentaje de esterilidad

N°	Cultivar	Infección Natural	Inf. Nat. con Protección	Promedio (*)
1	Bluebelle	37.8	29.7	33.3 d
2	EP 144	33.9	14.4	25.4 bcd
3	INIA Tacuarí	38.4	15.4	28.2 cd
4	INIA Caraguatá	24.5	9.7	18.2 ab
5	INIA Cuaró	35.1	14.9	29.4 cd
6	L 1844	31.3	11.9	24.7 bcd
7	PI 574487	10.8	6.5	9.2 a
	Promedio (*)	30.4 b	14.6 a	24.0

(*) Estos promedios están tomados sobre los resultados del total de las variedades publicadas en el trabajo.

Fuente: Blanco, Pérez de Vida, Avila, Méndez; 1997.

También fueron afectados los promedios de peso de 1000 granos y porcentaje de blanco entero, con valores menores en los ensayos con mayor nivel de ataque, pero las diferencias entre cultivares están determinadas por características varietales y no se deben necesariamente al problema sanitario. Existió interacción ensayo – cultivar muy significativa en el porcentaje de enteros.

2.5. METODOS DE SIEMBRA

2.5.1. Introducción

El método de siembra que tradicionalmente se usa en casi toda el área arrocera del Uruguay es el de siembra convencional. En una situación ideal se caracteriza por

colocar la semilla en una tierra con laboreo previo, en la que no existen malezas, bien desagregada y con buena humedad y temperatura como para permitir una rápida germinación e implantación del cultivo.

Por supuesto que este objetivo no es fácil, ya que hay muchos factores que condicionan el llegar a la siembra con una tierra bien preparada. Pero en lograr este objetivo está gran parte del éxito, ya que una buena población de plantas inicial es el primer escalón para lograr un buen rendimiento.

Existen dos métodos posibles de siembra convencional: siembra en línea y siembra al voleo.

2.5.2. Siembra al voleo

Es el método más utilizado aún, en la mayor parte del área arroceras. Su uso implica dejar la semilla destapada y tener que usar luego una rastra de espuelas para taparla.

Las ventajas más relevantes de éste método de siembra son que las sembradoras son más baratas, se siembra con mayor rapidez, tiene menor exigencia en la preparación de la tierra y se puede sembrar en terreno más húmedo. Estas dos últimas ventajas son muy relativas, ya que la exigencia de preparación debería ser la misma, independientemente del método de siembra, pero en la práctica se da este tipo de razonamiento.

Las desventajas que presenta son que es difícil regular la densidad, la distribución no es uniforme en superficie, al usar una rastra tapadora, la profundidad de siembra también es muy desuniforme, se debe fertilizar en otra operación y se utiliza mayor cantidad de semilla.

Ya se comentó que una densidad mayor a la necesaria es más cara porque se gasta más semilla y puede ocasionar problemas de enfermedades, plantas más débiles por competencia entre ellas y vuelco. Este tema es importante cuando se trata de variedades como EP 144, que es muy macolladora y se ve perjudicada por poblaciones muy altas.

Una distribución desuniforme, tanto en superficie como en profundidad en el suelo, genera poblaciones desparejas, lo que dificultará la competencia con las malezas, el control de éstas y el inicio del riego. Provocará además una maduración despareja y probablemente un grano de menor calidad.

La semilla sembrada muy profunda, puede ser perjudicial para variedades que tengan poco vigor en la semilla o como plántulas, en especial las de porte semienano como INIA Caraguatá que tienen el coleoptilo muy corto. Sus plántulas tienen poco vigor inicial, por lo que no conviene sembrarla a más de 2 cm de profundidad.

2.5.3. Siembra en línea

Aunque no hay datos concretos, se supone que ha habido un aumento importante de productores que han empezado a usar este método en los últimos años.

No existen dudas de que se trata de un sistema con grandes ventajas sobre la siembra al voleo. Si bien las sembradoras son relativamente caras, dichas ventajas permiten obtener mejoras en los rendimientos.

En cuanto a las ventajas de la siembra en línea se destacan la mejor distribución de la semilla, mejor control de la densidad de siembra, la aplicación en una sola operación del fertilizante y la semilla, profundidad de siembra uniforme, mejor ubicación del fertilizante en el suelo y no se fertiliza la entrelínea, lo que dificulta el desarrollo de malezas y se utiliza menor cantidad de semilla.

Estas ventajas se traducen en un menor costo de siembra y mejor calidad de la misma. En el caso de variedades semienanas como INIA Caraguatá, éstas son de por sí lentas en la implantación y en el crecimiento como plántulas, por lo que serán más beneficiadas por este tipo de siembra.

Las desventajas más relevantes que presenta la siembra en línea son la menor velocidad de siembra, mayor competencia entre plantas en la línea, mayor costo de mantenimiento de la sembradora y mayor limitación de siembra en suelos húmedos. (Gamarra, 1996).

2.6. RESPUESTA A DENSIDAD DE SIEMBRA Y DISTRIBUCION

2.6.1. Introducción

La densidad de siembra tiene mayor efecto en los componentes del rendimiento que el espaciamiento (Jones y Snyder, 1986).

Según Yamada (1961), citado por Yoshida (1972), el arroz se manifiesta como muy tolerante a altas densidades de plantas. El rendimiento en grano en arroz aumenta con incrementos en la densidad de plantas hasta aproximadamente 182 a 242 plantas por metro cuadrado, luego el rendimiento se mantiene constante hasta 909 plantas por metro cuadrado. El arroz se manifiesta como capaz de producir al menos una panoja por planta aún a altas densidades de plantas (Yoshida, 1972).

Matsuo (1964), afirma que con aumentos en la densidad, el crecimiento de las plantas es contrarrestado, y el número de macollos, altura de planta, número de

hojas/planta y número total de espiguillas/panoja disminuye. Por otro lado el número de panojas y el número total de espiguillas por unidad de área aumenta. Como resultado, el rendimiento por unidad de área aumenta, a menos que haya una disminución en la fertilidad.

Cuando aumenta la densidad de plantas dentro de ciertos límites la competencia en los estadios tardíos de crecimiento se torna severa, la absorción de nutrientes por las raíces se restringe y el IAF es muy alto. De esta manera, hay sombreado entre las hojas y las hojas superiores inhiben la entrada de luz a las inferiores. A valores altos de IAF disminuye la cantidad de asimilación en las hojas comparado con el incremento total de área de las hojas. (Matsuo, 1964).

Murata et al. (1957), citados por Matsuo (1964), encontraron que el estrecho espaciamiento provoca una mayor habilidad de fotosíntesis en los estadios tempranos y medios de crecimiento, la relación se invierte en los estadios tardíos. Por otro lado la respiración aumenta proporcionalmente con el área de las hojas. De este modo el material asimilado, acumulado en el cuerpo de las plantas se vuelve menor, disminuye la fertilidad y el vuelco y las enfermedades aumentan su probabilidad de ocurrencia. Yamada (1961), citado por Matsuo (1964), reconoció que el área que no fotosintetiza aumenta con el aumento en la densidad y se inhibe la producción de carbohidratos, como consecuencia de ello, la cantidad de almidón en la planta es menor.

El Cuadro N° 9 detalla los datos citados por la bibliografía sobre el objetivo de plantas/m² a implantación para un óptimo rendimiento.

Cuadro N° 9. Recopilación de varias fuentes acerca de la recomendación del objetivo de plantas/m² a implantación para un óptimo rendimiento.

Plantas / m ²			Fuente
Mínimo	Óptimo	Máximo	
	230 – 300		Ten Have, 1967
	222		Texas Agricultural Extension, 1993
	166 – 222		Louisiana Agricultural Center
88			
		333	
	166 – 222		Ronnie, Kank; 1988 University of Arkansas
66 – 88			
		333	
	200 – 300		Gamarra Gonzalo Arroz, manual de producción

2.6.2. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y sus componentes

2.6.2.1. Generalidades

La densidad de siembra tiene relativamente poca importancia en determinar el rendimiento en arroz. (Counce y Moldenhauer, 1986)

Sin embargo Matsuo (1964), expresa que el rendimiento en grano aumenta con el número de plantas por unidad de área hasta tanto haya espacio en el cultivo. Cuando la densidad de plantas excede el nivel óptimo, la competencia por luz entre plantas y por nutrientes en el suelo se torna severa. Consecuentemente el crecimiento de las plantas se ententece y el rendimiento en grano disminuye.

El efecto de la densidad de siembra puede ser descrito exactamente por una ecuación cuadrática, donde el componente lineal es positivo y el cuadrático negativo. (Counce y Moldenhauer, 1986)

Pereira y Rivas (1982), realizaron un ensayo utilizando la variedad Bluebelle en tres densidades de siembra (100, 200 y 300 Kg./ha) no encontrando diferencias significativas en el rendimiento en grano. El aumento de la densidad de siembra afectó positivamente el número de panojas/m² y afectó en forma adversa el número de granos llenos/panoja. En este trabajo no encontraron diferencias significativas en el peso de 1000 granos. Incrementos en la densidad de siembra produjeron menor altura de planta y menor macollaje efectivo.

Lena y Magallanes (1984), trabajando con Bluebelle en cuatro densidades de siembra (75, 150, 225 y 300 Kg./ha) y tres dosis de nitrógeno (0 U, 60 U y 120 U) no encontraron efecto de la densidad en la producción de granos. El número de panojas/m² aumentó, el número de espiguillas llenas/panoja disminuyó y el peso de los 1000 granos no fue afectado. El aumento en la densidad de siembra aumentó el número de plántulas/m², el número de plantas/m² y disminuyó el macollaje efectivo.

Faw y Porter (1981), realizaron un experimento para determinar el efecto de la densidad de siembra en la densidad de plántulas, componentes del rendimiento y rendimiento en grano de algunas variedades comerciales y experimentales de arroz. El experimento se realizó desde el año 1971 al 73 y las densidades de siembra utilizadas fueron: 67, 100, 133, 167, 200, y 300 Kg./ha de semilla.

La densidad de siembra tuvo un efecto marcado en la población de plántulas al inicio y en la población de panojas a la maduración. Al aumentar la población de panojas, el número de granos/panoja se redujo drásticamente. Solo un efecto apenas significativo estadísticamente a la densidad de siembra fue observado en el porcentaje de granos chuzos, en tanto que no se observó ningún efecto en el peso de granos. Esos hechos indican que el efecto competitivo de la densidad fue perjudicial durante o anteriormente al desarrollo de la panoja.

En muchas parcelas el número de panojas/m² fue similar al número de plántulas/m². No obstante esto, a bajas densidades de siembra el número de panojas generalmente fue mayor al número de plántulas. Aparentemente el macollaje contribuye bastante en el número de panojas cuando la densidad de siembra es baja, pero contribuye poco a altas densidades de siembra.

Ten Have (1967), observó que el macollaje efectivo fue ampliamente determinado por la densidad de plantas. Aumentando la densidad de semilla obtuvo una disminución curvilínea de panojas productivas por planta. En promedio para sus ensayos el macollaje efectivo fue 4,05 con una densidad de 74 plantas/m².

Aumentando la población de 111 a 667 plantas/m² el número de panojas/plantas se reducía de 4 a 1,2. El peso individual de los granos no fue afectado por la densidad de plantas (Morse, 1968).

2.6.2.2. Efecto de la densidad de siembra sobre diferentes tipos varietales

De acuerdo con los ensayos de Faw y Porter (1981), el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento depende de la variedad y del año. En general no existen ventajas significativas en siembras con más de 100 Kg./ha de semilla con variedades de origen japónicas de tipo de planta intermedio.

Los autores afirman que los rendimientos de este tipo de plantas fueron significativamente menor solo a muy altas o a las menores densidades de siembra. Los menores rendimientos significativos se dieron con 300 Kg./ha de semilla.

Dichas variedades, produjeron un alto número de granos/m², tuvieron mayor porcentaje de granos chuzos que las otras variedades para el promedio de las densidades de siembra. La interacción entre las variedades y densidad de siembra no era significativa indicando que las variedades generalmente responden de manera similar a la densidad de siembra con respecto al número de granos chuzos. (Faw y Porter, 1981).

A altas densidades de siembra, las variedades de arroz macolladoras no producen macollas o producen un número limitado tendiendo a la población de las variedades no macolladoras.

2.6.2.3. Efecto de la fertilización nitrogenada a diferentes densidades de siembra.

Como ocurre en otros cereales, el rendimiento en arroz aumenta al adicionar altas dosis de nitrógeno (Choudhury et al. ; 1979) y en siembras densas (Padhi y Misra, 1968). Sin embargo, este incremento en rendimiento ocurre hasta un óptimo nivel de densidad de plantas, más allá del cual la luz y los nutrientes en la zona de raíces se tornan limitantes (Shukla, 1974).

Existe mayor respuesta al agregado de nitrógeno a bajas densidades de

siembra, medidas a través de la fotosíntesis aparente del canopy (la baja población es 100 semillas/m² y la alta 300 semillas/m²) (Counce, 1988).

De acuerdo a los trabajos de revisión llevados a cabo por Yamada (1961), citado por Matsuo (1964), altas densidades de plantas, entre ciertos límites, producían más materia seca total y granos por unidad de área cuando el arroz creció en tierras de baja fertilidad. Bajo condiciones de alta fertilidad el crecimiento fue acelerado, el espacio fue cubierto por hojas y el total de materia seca por unidad de área al momento de la cosecha se volvió constante e indiferente de la densidad. A esos niveles de espaciamiento, el número de macollos y panojas por unidad de área aumentaban proporcionalmente con el incremento en la densidad, sin embargo el peso de la panoja mostraba una relación inversa. De esta manera el peso total de panoja o rendimiento en grano por unidad de área se volvía constante a pesar del incremento en densidad. Si la densidad de plantas supera cierto nivel ocurre vuelco y el rendimiento disminuye.

Un incremento en la densidad de siembra o dosis de nitrógeno tiene el mismo efecto en la fisiología de la planta, así como ambos aumentan el IAF. Sin embargo, el incremento en rendimiento ocurre hasta un nivel óptimo de IAF, luego del cual no hay beneficio en incrementar el IAF debido al sombreado mutuo de las hojas y al empobrecimiento de nutrientes en la planta (Shukla, 1974).

La tendencia general fue encontrar correlación positiva entre rendimiento, densidad de siembra y dosis de nitrógeno (Scott y Bollich, 1976).

De acuerdo con los autores, aumentos en la dosis de fertilizante estimularon el crecimiento temprano y resultaron en un incremento en la materia seca a la espigazón. Al menor nivel de nitrógeno la materia seca a la espigazón aumentaba al aumentar la densidad de siembra, por el contrario a altas dosis de fertilizante en 1973, la densidad de siembra tuvo poca influencia en la producción de materia seca antes de la espigazón (Wells y Faw, 1978).

Las ganancias en materia seca durante la formación del grano tendió a disminuir a medida que la densidad de siembra aumentaba.

El IAF aumentaba al aumentar la dosis de nitrógeno y la densidad de siembra. Altos valores de IAF tienden a estar asociados con rendimientos bajos, especialmente si esos altos valores de IAF resultan de altas densidades de siembra. Aumentos en las dosis de nitrógeno incrementan el número de granos/panoja, mientras que aumentos en la densidad de siembra disminuyen el número de granos/panoja. De este trabajo se puede concluir que un excesivo crecimiento vegetativo antes de la antésis limita el rendimiento en altas poblaciones de plantas, lo cual está evidenciado por un alto IAF y acumulación de materia seca antes de la antésis pero no después.

2.6.2.4. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre diferentes tipos varietales.

La optima cantidad de nitrógeno y densidad de plantas difiere con las variedades o genotipos. Muchos mejoradores de plantas manifiestan que el nivel de nitrógeno y el grado de espaciamento determinan el crecimiento del cereal y modifica sus caracteres como: altura de planta, momento de espigazón, numero de macollos, numero de panojas, tamaño de panojas, peso de panojas y rendimiento (Matsuo, 1964).

Adaptabilidad a altas fertilizaciones o altas densidades de plantas o ambos están relacionadas a caracteres fisiológicos que controlan la habilidad de absorción y asimilación de nitrógeno, fotosíntesis, traslocación y almacenamiento de productos, crecimiento de hojas, actividad de las raíces y resistencia al vuelco y enfermedades (Matsuo, 1964).

Las variedades semienanas Taichung Native 1 e IR 8 pertenecientes a la clase excelente, respondieron en forma diferente con 90 Kg./ha de nitrógeno. Taichung rindió igual a ambos espaciamentos (0.18 y 0.27 m), mientras que IR 8 rindió 11,66% menos con el mayor espaciamento. Con 180 Kg./ha de nitrógeno, Taichung presentó un incremento de 6,9% al espaciamento mayor mientras que IR 8 disminuyó un 22,7% (Scott y Bollich, 1970).

En nuestro país se ha determinado que hay respuesta diferente al nitrógeno entre variedades y que en esta respuesta inciden características de la planta y factores ambientales tales como radiación solar, temperatura, etc.

La arquitectura de la planta con hojas erectas favorece el incremento de la tasa de fotosíntesis con el aumento del área foliar, lo que conduce a mayores rendimientos. El vuelco se puede evitar con plantas bajas y tallos fuertes. Las ventajas de estos cultivares con hojas erectas se destacan en condiciones tropicales de baja radiación, pero también se evaluaron sus ventajas en nuestras condiciones, caso del El Paso 144 y las selecciones del cruzamiento 724 x Lebonnet (entre ellos EEE L 67) con la diferencia para ellas que tienen espigas pesadas y menor macollaje.

La selección de Br 409, con mayor tolerancia al frío, ha producido en dos años de ensayos de respuesta a nitrógeno, mas que Bluebelle que tiene tipo de planta semierecto y espigas más pesadas, y es capaz de producir altos rendimiento en nuestras condiciones (Chebataroff, et al; 1993).

Según los ensayos realizados en la zafra 94 - 95 por INIA Treinta y Tres sobre cultivares por nitrógeno por densidad de siembra, no se encontró respuesta de INIA Caraguatá a nitrógeno, pero resultó estadísticamente significativa la interacción de los efectos de la aplicación con las densidades de siembra (Deambrosi y Méndez, 1995). Sin embargo en Tacuarembó, el análisis conjunto de un ensayo de fertilización para INIA Tacuarí, El Paso 144 y Bluebelle, indica que con un promedio de 9.535 Kg. de

arroz por hectárea, y un C.V. de 6,6%, existieron diferencias estadísticamente muy significativas entre las variedades y que las respuestas a la fertilización fueron distintas según el cultivar considerado (Méndez, 1995).

Para los ensayos antedichos en Treinta y Tres (zafra 94 - 95), con respecto a la densidad de siembra INIA Tacuarí no respondió en rendimiento al incremento de semilla, ni la respuesta final obtenida al nutriente estuvo condicionada por la densidad (el rango de densidades de siembra fue de 75 Kg./ha a 225 Kg./ha base Bluebelle, corregidos por germinación). En los dos años anteriores, INIA Tacuarí deprimió sus rendimientos con la densidad mayor. Por su parte INIA Caraguatá obtuvo el mayor rendimiento con una densidad intermedia y la aplicación de 80 Kg./ha de nitrógeno (Deambrosi y Méndez, 1995).

2.6.3. Efecto de la distribución sobre el rendimiento y sus componentes

2.6.3.1. Generalidades

La reducción del espaciamiento entre hileras manteniendo constante una densidad hace que la distribución entre plantas sea mas uniforme. (Holliday, 1963). El incremento en la uniformidad debería llevar a un incremento en los rendimientos y a un descenso en la competencia a igual densidad de población.

En Paso de la Laguna en 1972 y Pedroso (1978), se encontraron diferencias significativas a favor de las siembras en hileras en 15 cm y 20 cm respectivamente.

A pesar de no probarse estadísticamente el efecto época de siembra se pudo observar que el atraso en la época de siembra afecta en mayor grado a las siembras en hileras (Lena y Magallanes, 1984).

Pedroso (1981), no logro encontrar una tendencia para panojas por unidad de área debido a los métodos de siembra. Este mismo investigador en 1978 observó diferencias significativas en el rendimiento para la variedad Bluebelle. Lena y Magallanes 1984, observaron una tendencia clara de un mayor número de panojas en hileras a 20 cm que explicó el mayor rendimiento.

El menor espaciamiento entre hileras (con una densidad constante) es esperable que produzca mayor área foliar por planta y mayor tamaño de la planta (Duncan, 1986) y alcanzar el índice de área foliar antes (Shibles y Weber, 1966).

Jones y Snyder (1987), encontraron mayores rendimientos al disminuir la distancia entre hileras en épocas tempranas de siembra cuando la radiación solar era adecuada en el periodo de crecimiento, pero no ocurrió lo mismo en siembras tardías, cuando ocurría menor radiación solar.

La disminución del espaciamiento entre hileras en el arroz lleva a un canopy mas cerrado lo cual indica que absorbe mayor radiación (Shibles y Weber, 1966; Counce no publicado). Consecuentemente la severidad de *Rhizoctonia* aumenta con la disminución del espaciamiento entre hileras. Counce (1987), concluye de la existencia de una respuesta parabólica del rendimiento a la población, esta puede estar influenciada por la incidencia de *Rhizoctonia*.

Los rendimientos medios disminuyen a medida que la distribución aumenta, los semienanos tienden a producir menos a medida que se aumenta la distancia entre hileras a partir de 0,18 m.

La distribución tiene un efecto pronunciado en el numero y el peso de la panoja. A medida que aumenta el espaciamiento disminuye el numero de panojas y disminuye el peso de la panoja (Scott y Bollich, 1988).

La influencia de la distribución en los componentes del rendimiento fue que al acortar la distancia entre hileras el peso de las panojas fue menor, y no existieron diferencias significativas en el peso de los granos. Altos rendimientos en los semienanos pueden ser obtenidos con una distancia entre hileras de 0,15 m sin efectos negativos en altura de planta, madurez y quebrado (McClung, Scott, Bollich y Vawter, 1994).

2.6.3.2. Efecto de la distribución sobre diferentes tipos varietales.

Para Fagade y De Datta (1971), los cultivares con tipo de planta mejorada y alta capacidad de macollaje pueden ser plantados en un alto rango de espaciamientos y siempre producen un adecuado numero de macollas por unidad de área. El numero de macollas por unidad de área en una población de arroz esta en función de la densidad de siembra. El numero de macollas se correlaciona positiva o negativamente con el rendimiento en grano dependiendo de la variedad y de las condiciones ambientales del cultivo.

Bollich, Webb y Scott (1979), plantando con un amplio espaciamiento eliminaron la competencia entre plantas. Las plantas fueron cosechadas separadamente y se determino el promedio de numero de panojas/planta y el peso de panojas. En general las semienanas produjeron mas panojas por planta que las variedades de tipo normal en ausencia de competencia. No obstante hubo excepciones como por ejemplo las variedades Nortay y PI 331581, semienanas que produjeron bajo numero de panojas. La producción de panojas de las distintas variedades es diferente si están en competencia o no. Esto es mas pronunciado en el grupo de maduración muy temprana relacionadas con el grupo de las semienanas. En ausencia de competencia las semienanas, tienen el doble de números de panojas por planta que el promedio de las otras variedades pero en competencia la diferencia se reduce a 25%.

De acuerdo a este trabajo los autores afirman que excluidas las semienanas, las de maduración temprana del grupo de grano largo producen el menor promedio de

numero de panojas por planta sin competencia, pero el mayor numero por unidad de área en condiciones de competencia. El desarrollo de Bluebelle fue notable. Dio el menor numero de panojas por planta cuando no estaba en competencia, pero en competencia ocupó el segundo lugar entre las variedades normales (no enanas) en cuanto a numero de panojas por unidad de área. En ausencia de competencia entre plantas, había una fuerte relación negativa entre numero de panojas y peso de la panoja.

El promedio de tres años de peso de panoja de muchas variedades normales de E. U. A. fue esencialmente el mismo excepto las selecciones experimentales. Se observó que este peso estaba un 40 o 50% por encima del grupo semienano.

Sin embargo en condiciones de competencia estas variedades responden de manera diferente. Sembradas en línea, el peso de panoja de las de maduración temprana (de grano largo) fue menor que el peso de las semienanas.

Las otras variedades también bajan de peso con la siembra en línea pero de una manera menos severa.

El resultado es consistente en la correlación negativa entre el numero de panojas y peso de la misma.

En condiciones de competencia no se produjeron panojas pesadas y se produjo un incremento en el numero de panojas livianas (Bollich, Webb y Scott, 1979).

Según Yoshida (1981), en un rango de espaciamiento de 50 por 50 cm a 10 por 10 cm, la capacidad de macollaje afecta el rendimiento en grano de una variedad. El rendimiento de IR 154-45-1, una selección de baja capacidad de macollaje, se incrementó cuando disminuía el espaciamiento hasta 10 por 10. Otra variedad, la IR 8, de alta capacidad de macollaje alcanzaba el máximo rendimiento en un espaciamiento de 20 por 20 cm.

De acuerdo con Yoshida y Cock (1971), la capacidad de macollaje de IR 8 y Peta son considerablemente altas. Cuando la planta es alta en estatura (Peta), es difícil de determinar las ventajas o desventajas de la capacidad de macollamiento, debido al vuelco que se produce con los menores espaciamientos.

Las variedades IR 8 tienen baja estatura y no produce vuelco a los menores espaciamientos.

Según los autores las variedades con alta capacidad de macollamiento tienen una ventaja obvia en los espaciamientos grandes y se comportan tan bien como los de escasa capacidad de macollamiento en los menores espaciamientos.

Owen (1968), por su parte, midió la respuesta al espaciamiento de dos variedades tropicales. Una de ellas fue: alta, hojosa, con hojas largas e inclinadas. La

otra era semienana con hojas erectas.

La semienana, exhibió un alto rango de adaptabilidad al espaciamiento. El número de macollas por planta y el área foliar por planta eran inferiores en la mayor densidad, manteniendo la población de macollas por unidad de área y el IAF no difería significativamente con la población de plantas.

Por el contrario, la alta hojosa, mantenía similar número de macollas y área foliar por planta así como al menor espaciamiento (mayor densidad) la población de macollas por área se duplicaba y el IAF alcanzaba muy altos valores.

2.6.4. Efecto conjunto de densidad y distribución sobre el rendimiento y sus componentes

Bluebelle en los 3 años de experimentación mostró un aumento en la población de plántulas al aumentar la densidad de siembra. Sin embargo la producción de grano fue máxima alrededor de 135 Kg./ha, antes y después fue menor. Fow y Peacock (1971), sembraron Starbonnet y Nato en hileras y al voleo en varias densidades. Para ambas variedades y ambos métodos la población de plántulas aumentó con la densidad. En cuanto a la producción de grano, Nato sembrada en hileras a 302 Kg./ha rindió significativamente menos que a 101 Kg./ha. En la siembra al voleo a 67, 252 y 302 Kg./ha, rindió menos que a 135 y 168 Kg./ha. La variedad Starbonnet, en tanto, no tuvo diferencias en el rendimiento cambiando la densidad. Sembrando al voleo rindió el máximo con 302 Kg./ha y el mínimo con 252 Kg./ha.

La interacción densidad de siembra por método de siembra tuvo un efecto altamente significativo sobre el peso de los 1000 granos (Lena y Magallanes; 1984).

En las últimas décadas, varios trabajos fueron realizados con el objetivo de evaluar los efectos de la densidad de siembra y del espaciamiento entre filas, sobre el rendimiento en grano del arroz irrigado. Algunos de estos trabajos mostraron que variaciones entre 100 y 200 Kg. de semilla/ha, no tuvieron influencia sobre el rendimiento en grano de cultivares de arroz de tipo moderno (Carmona, 1978; Pedroso, 1985; Infeld y Zonta, 1985). Otros concluyeron que a medida que aumentó la densidad de siembra, hubo una tendencia al aumento de la productividad del cultivar y que hubieron respuestas a densidad de siembra sobre el rendimiento en granos en diferentes genotipos (Pedroso, 1989 y Schiochet et al, 1991).

En base a los resultados observados Fagundes, Machado, Magalhaes, Terres, Lannes, Silva, dos S. (1997), concluyeron lo siguiente: independientemente del genotipo, las variaciones en densidad de siembra y en el espaciamiento entre filas no afectaron significativamente el rendimiento en grano; la mejor combinación de densidad de siembra y espaciamiento entre filas, o sea, la más productiva y de mayor viabilidad económica, corresponde a 125 Kg./ha de semilla viable con un espaciamiento de 0,175 m entre filas y para las líneas con baja capacidad de macollaje

los resultados sugieren, en principio, que puede haber efecto negativo en la disminución de la densidad de siembra sobre el rendimiento en grano.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACION

El ensayo se realizó en la Unidad Experimental de la Estación Experimental del Este ubicado en el Paso de la Laguna, Departamento de Treinta y Tres.

3.2. CONDICIONES AMBIENTALES

Los datos de heliofanía efectiva y temperaturas medias diurnas y nocturnas cada 10 días, en la zafra 96/97 se presentan en el Cuadro N° 10.

Cuadro N° 10. Heliofanía efectiva y temperaturas medias diurnas y nocturnas cada 10 días y media mensual, en la zafra 1996/97 y Serie Histórica (Roel, A.; 1997).

	ENERO			FEBRERO			MARZO		
HELIOFANIA	9.0+			6.7-			8.3+		
Media diaria (horas)	9.0+			6.7-			8.3+		
S.H.	8.6			7.5			7.4		
	1° dec.	2° dec.	3° dec.	1° dec.	2° dec.	3° dec.	1° dec.	2° dec.	3° dec.
T. media °C (decádica por mes)	24.2+	25.3+	25.1+	22.4+	21.6-	22.0+	21.6	19.6-	19.7-
S.H.	22.5	22.8	23.1	22.3	22.0	21.8	21.6	20.8	20.0
T. media °C (mensual)	24.9+			22.0			20.3-		
S.H.	22.7			22.0			20.6		

+: Valores superiores a la Serie Histórica S.H. (1972-97)

-: Valores inferiores a la Serie Histórica S. H. (1972-97)

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizan dos ensayos, uno con INIA Caraguatá y otro con la línea experimental L 1844, ambos con diseño de parcela dividida y cuatro repeticiones.

La parcela principal corresponde a tratamientos de distribución (líneas a 0,20 m, líneas a 0,15 m y voleo) y la subparcela a densidad de siembra (120, 180, 240 y 300 Kg./ha. de semilla).

La densidad de siembra se ajusto por % de germinación (96% para INIA Caraguatá y 93% para L 1844) y peso de grano de los cultivares (24,2 g para INIA Caraguatá y 22,7 g para L 1844).

El tamaño de subparcela es de 4 x 4 m (con un área de la subparcela de 16 m²) al voleo y de 12 hileras de 3,5 m de longitud en las siembras en líneas (con un área de la subparcela de líneas a 0,20 m de 8,4 m² y de líneas a 0,15 m de 6,3 m²).

Los ensayos estaban separados mediante taipas al igual que las repeticiones.

3.4. SUELO

Debido a una reorganización de la rotación y asignación de áreas experimentales, el campo experimental fue localizado en uno de los potreros pertenecientes a la Unidad de Producción.

Su clasificación corresponde a un Solod de la Unidad La Charqueada (Dirección de suelos y Fertilizantes)

Los datos de análisis de suelo se presentan en el Cuadro N° 11.

Cuadro N° 11. Análisis de suelo para solod de la Unidad Paso de la Laguna (Unidad La Charqueada). Zafra 1996/97.

pH	P Bray	P citr.	% MO	K meq
5,8	5,0	8,0	2,2	0,16

El ensayo se sembró con un laboreo de verano realizado sobre un retorno de pradera de 3 años. La realización del laboreo dio lugar a la regeneración del tapiz, siendo dominante el raigrás dentro de las gramíneas y con presencia más importante de trébol blanco y en forma secundaria Lotus, entre las leguminosas.

Se utilizó glifosato como herbicida para eliminar el tapiz regenerado y se realizó la aplicación de una rastra de disco liviana pre - siembra.

3.5. CULTIVARES

Los cultivares utilizados en el ensayo fueron los siguientes:

3.5.1. INIA Caraguatá

La variedad Caraguatá se originó del cruzamiento de BB/Lebonnet X BL 75/Texas 23. Ingresó en evaluación en 1989/90 como L 813 y pasó a Certificación como INIA Caraguatá en 1995.

En cuanto a las características agronómicas es una planta de tipo semienano erecto, con tallos fuertes, resistentes a vuelco. Altura de 80 cm, presenta mayor facilidad de desgrane que Bluebelle, pero debido a sus tallos cortos y fuertes, el desgrane natural en la chacra es menor. Susceptible a bajas temperaturas, no se puede sembrar tarde. Requiere buena preparación de la tierra y control de malezas. Rendimiento medio, 9% superior a Bluebelle. Esta diferencia se amplía en la zona Norte en donde ha tenido, en promedio, un rendimiento 13% mayor a Bluebelle. En siembras de octubre ha tenido rendimiento similar a INIA Tacuarí y EP 144.

Su ciclo de siembra a floración es de 97 días, 2 días más que Bluebelle.

El tamaño del grano es similar a Bluebelle y mayor que INIA Tacuarí, con un largo de 6,47 mm y relación largo/ancho de 3,02.

En cuanto a la calidad industrial es superior a Bluebelle con 65,2% de entero y menor incidencia de yesado (3%). Su calidad culinaria es típica de los granos de tipo americano, con la ventaja de que su viscosidad amilográfica corresponde al tipo superior de granos largos americanos.

Esta variedad se comporta moderadamente resistente a *Sclerotium* y *Rhizoctonia* y resistente a *brusone* (Gamarra; 1996).

3.5.2. Línea L 1844

La línea L 1844 se originó del cruzamiento de L43/C190. Se encuentra en evaluación preliminar desde 1994/95.

En cuanto a las características agronómicas es una planta de tipo semienano erecto, con hojas de mayor tamaño que las de INIA Caraguatá. La altura de planta es de 0.78 m. Presenta un rendimiento en grano 18% mayor que el de Bluebelle, siendo esta junto con el largo de grano (tipo extra largo Americano), las características que la han llevado a ser evaluada oficialmente.

Su ciclo de siembra a floración es de 94 días, 3 días menos que INIA Caraguatá.

En cuanto a la calidad industrial, presenta menor porcentaje de entero que Bluebelle y menor porcentaje de yesado.

Se comporta moderadamente resistente a *Rhizoctonia* y susceptible a *Sclerotium*.

3.6. SIEMBRA

En ambos ensayos se realizó la siembra el 16 de noviembre de 1996, dicha fecha fue tardía, reduciendo la capacidad de los materiales para expresar su potencial de rendimiento.

Las siembras en hilera se realizaron con la sembradora de parcelas programable Hege 90 y las de voleo manualmente incorporando con disquera. Se pasó cilindro compactador sobre todo el ensayo.

Luego de la siembra se registró una lluvia intensa, que provocó encostramiento, el cual resultó en una emergencia pobre del cultivo.

3.7. FERTILIZACION

La fertilización basal fue de 23,4 Kg. N/ha y 60 Kg. P₂O₅ /ha, realizándose posteriormente aplicaciones de urea en cobertura, en macollaje y primordio, de 30 y 35 Kg. N/ha, respectivamente.

3.8. CONTROL DE MALEZAS

El control de malezas se realizó a los 28 días pos emergencia (13 de Diciembre). Se utilizó una mezcla de Quincloran (Facet) (1,65 y 1,5 lts./ha), Propanil (48%) (4,95 y 6 lts/ha, y Plurafac (1,1 lts/ha).

3.9. CONTROL DE PLAGAS

Durante el desarrollo del cultivo se registró un fuerte ataque de Podredumbre del tallo (*Sclerotium oryzae*), así como de Mancha agregada de las vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*) los cuales limitaron el potencial de los experimentos.

3.10. MANEJO DEL AGUA

El manejo del riego consistió en la realización de dos baños (en el período emergencia - inundación) que fueron realizados el 22 de Noviembre y el 2 de Enero. Todas las parcelas fueron inundadas el 5 de Enero (30 días después de la emergencia).

El agua se retiró a los 30 - 40 días luego del 50% de floración (20 - 30 de Marzo).

3.11. MEDICIONES EFECTUADAS

En términos generales para las mediciones efectuadas en las parcelas en líneas, los muestreos se realizaron en la segunda línea de cada lado, dejando la primera como borde. Para el caso de las mediciones efectuadas en las parcelas al voleo, los muestreos se realizaron en toda la parcela al azar, también descontando el borde (0,50 m). Para éste caso se tomo en cuenta toda el área muestreada para el cálculo del rendimiento.

3.11.1. Rendimiento en grano

La cosecha fue hecha manualmente con hoz, dejando los bordes. Las mediciones efectuadas sobre las subparcelas al voleo se realizaron descontando a cada una 0,5 m por lado. En el caso de las siembras en hileras, de largo se descontó 0,25 m por lado y de ancho 2 hileras de cada lado.

El material recolectado se trilló con una trilladora experimental estática Almaco, inmediatamente se pesó el grano en el campo. Para determinar humedad y rendimiento se tomaron muestras de aproximadamente 1 Kg. de peso por tratamiento, en bolsas de plástico.

En el laboratorio se midió la humedad de cosecha y se corrigió el rendimiento a 13% de humedad. Para ello se utilizó la siguiente ecuación.

$$\text{Rendimiento a 13\%} = (100 - \text{humedad del grano}) \times \frac{\text{rendimiento}}{(100 - 13)}$$

En el caso de las subparcelas al voleo que el muestreo se realizaba sobre el área a cosechar, la suma de áreas muestreadas se descontó del total del área cosechada.

En un caso fue necesario corregir el área por daño por ratas.

3.11.2. Componentes del rendimiento

Previo al momento de la cosecha se realizaron dos muestreos con los cuales se promedió la información. Para las subparcelas a 0,20 m fueron de 0,5 x 0,2 m, para las de 0,15 de 0,5 x 0,15 m y al voleo de 0,3 x 0,3 m.

La fecha en que se realizaron los muestreos fue el 15 de Abril.

3.11.2.1. Panojas por metro cuadrado

Se contaron las panojas de cada muestra, se hizo el promedio y se llevó a panojas por metro cuadrado.

3.11.2.2. Granos chuzos, llenos y semillenos por panoja

Se entiende por granos semillenos, aquellos que no se llenaron completamente. Se tomaron quince panojas por subparcela al azar y se trillaron a mano. Posteriormente se separaron granos llenos, chuzos y granos semillenos con un Seed Sarter. Posteriormente se contaron las diferentes categorías con un contador de granos. Para obtener el número de granos por panoja se dividen entre las quince y para llevarlo a granos por metro cuadrado se multiplicaron por panoja por metro cuadrado.

3.11.2.3. Granos por metro cuadrado

Para obtener el número de granos llenos por metro cuadrado, previamente se determinaron los granos totales por panoja (llenos, chuzos y semillenos), luego se multiplicaron por el número de panojas por metro cuadrado y posteriormente por 100 menos el porcentaje de esterilidad.

3.11.2.4. Porcentaje de esterilidad

Se efectuó el cociente entre el número de espiguillas vacías por panoja y el número total de espiguillas por panoja para estimar el porcentaje de esterilidad.

3.11.2.5. Peso de 1000 granos

En la muestra de rendimiento por parcela se pesaron 5 gramos y se contaron los granos. Ese valor se transformó en peso de 1000 granos.

3.11.3. Plantas por metro cuadrado

Se determinó a campo, a los 33 días de la siembra (19-20 de Diciembre), en base a dos muestras por parcela al azar, utilizándose para ello en el caso de las siembras en línea dos de 0,5 m lineales y para las de voleo cuadrados de 0,3 x 0,3 m. Se promediaron las mediciones y se llevaron a plantas por metro cuadrado.

3.11.4. Tallos por metro cuadrado

Esta medición se realizó en primordio (15 de Enero), floración (20 de Febrero) y en madurez (15 de Abril). Se tomaron dos muestras al azar por parcela, utilizándose para ello las mismas dimensiones que en plantas por metro cuadrado. Se promediaron las mediciones y se llevaron a tallos por metro cuadrado.

3.11.5. Materia seca total

Se efectuó esta medición en las mismas etapas fisiológicas y con el mismo tipo de muestreo que en tallos por metro cuadrado. Se tomaron quince tallos por subparcela y cada muestra se secó en estufa durante 24 horas a 102 °C, posteriormente se pesó. Dicho peso llevó al equivalente en el área del muestreo, teniendo en cuenta el número total de tallos y luego se transformó en Kg. de materia seca total por ha.

3.11.6. Índice de área foliar

En este caso los muestreos fueron diferentes según las variedades. Para INIA Caraguatá se realizaron muestreos en floración y madurez, en el caso de la línea L 1844 solamente en floración (en madurez no se pudo realizar ya que el área foliar en ésta etapa era muy escasa debido al fuerte ataque de Podredumbre del tallo y Manchado confluyente de vainas). En todos los casos se realizaron dos muestreos por subparcela y del total se tomaron quince tallos al azar. Se procedió a la medición de largo y ancho de todas las hojas con regla, con lo cual se obtuvo un valor total. Dicho valor se dividió entre quince y se le aplicó un factor de Área Foliar para mediciones con regla que es de (0,802), esto dio un valor de índice de área foliar promedio de la subparcela.

3.11.7. Lectura de enfermedades (ISD)

Previo a la cosecha, 10 de Abril para el caso de la línea L 1844 y 14 de Abril para la variedad INIA Caraguatá, se realizó lectura de incidencia de enfermedades de los tallos (*Sclerotium oryzae* y *Rhizoctonia oryzae sativae*), determinándose el Índice de Severidad de Daño, que pondera con mayor precisión la presencia de las enfermedades en cada subparcela.

Se registraron los porcentajes de tallos atacados, por grados. **Para Mancha agregada (o confluyente) de las vainas:** Grado 1: lesiones observadas por debajo del cuarto inferior de la altura de la planta; grado 3: lesiones observadas hasta el cuarto inferior de la altura de la planta; grado 5: lesiones hasta la mitad de la planta; grado 7: lesiones hasta tres cuartos de la altura de la planta; grado 9: síntomas por encima de tres cuartos de altura de la planta.

Para Podredumbre del tallo: Grado 1: manchas pequeñas, superficiales, de color negro, que afectan las vainas inferiores; grado 3: infección leve; manchas más extendidas, con amarillamiento de vainas y láminas de hojas inferiores; tallos afectados superficialmente; grado 5: infección moderada; vainas y tallos afectados, con amarillamiento de las vainas y láminas de todas las hojas; grado 7: infección severa; el hongo penetra y coloniza los tallos interiormente, con formación de micelio y esclerocios; grado 9: infección muy severa con podredumbre y deterioro de los tallos,

láminas y vainas de las hojas totalmente secas y panojas total o parcialmente vacías con quebrado y vuelco de plantas. Para ambas enfermedades se utilizó el mismo índice.

Índice de severidad de daño (%):

$$(0A + 1B + 2C + 3D + 4E) \times 100 / 4n$$

A = porcentaje de tallos sin síntomas

B = porcentaje de tallos con grados 1 y 3

C = porcentaje de tallos con grado 5

D = porcentaje de tallos con grado 7

E = porcentaje de tallos con grado 9

n = N°. total de tallos observados = 100

A + B + C + D + E = 100

3.12. METODO ESTADISTICO

En el análisis estadístico se utilizaron dos programas estadísticos: Microcomputer Statistical Program, MSTAT 4.0 C y Statistical Analysis System, SAS Institute Inc. SAS/STAT® User's Guide, release 6.03 Edition y release 6.12 Edition.

3.12.1. Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza para las variables estudiadas en las dos variedades empleadas. Se utilizó el programa MSTAT 4.0 C para dicho cálculo en función del diseño experimental planteado, tomando un $p = 0.05$ como nivel de significancia.

3.12.2 Diferencias mínimas significativas

Se realizó la prueba de comparación múltiple mediante el método de Tukey's Honestly Significant Differences Test, con un alfa de 0.05. Se utilizaron los programas MSTAT 4.0 C y SAS Institute Inc. SAS/STAT® User's Guide, release 6.12 Edition. Se realizó sobre las variables que mostraron diferencias significativas en el análisis de varianza.

3.12.3. Análisis de regresión

Se obtuvieron regresiones lineales y cuadráticas mediante el SAS Institute Inc. SAS/STAT® User's Guide, release 6.03 Edition. Se realizó sobre las variables que mostraron diferencias significativas a la densidad en el análisis de varianza. Se tomó un nivel de significancia de $p = 0.10$.

Método de regresión utilizado:

$$y = a + b_1x_1 + Eij.$$

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + Eij.$$

Donde: y = variable dependiente
 a = término independiente
 b₁ y b₂ = coeficientes
 x₁ = densidad
 Eij = error experimental

3.13.4. Correlaciones

Se obtuvieron correlaciones y regresiones lineales entre variables de interés, tomándose como nivel de significancia p = 0.10. Se realizó mediante el programa MSTAT 4.0 C.

Modelo de regresión utilizado:

$$y = a + b_1x_1 + Eij.$$

Donde: y = variable
 a = término independiente
 b₁ = coeficiente
 x₁ = variable
 Eij = error experimental

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. ASPECTOS GENERALES EXTERNOS AL ENSAYO

4.1.1. Factores climáticos

La zafra 1996/97 fue récord desde el punto de vista productivo. Esto fue debido a los efectos combinados de una serie de factores, dentro de los cuales se encuentran las variables climáticas, las que fueron en general favorables para el desarrollo del cultivo.

Las temperaturas medias y mínimas de la zafra, fueron superiores a las de la Serie Histórica; al igual que la Heliofanía que también presentó un valor mayor.

Debido a las temperaturas en la etapa reproductiva se puede decir que se logró un alto potencial, el cual, probablemente fue afectado en la etapa de llenado por la ocurrencia de bajas temperaturas, pudiendo afectar la actividad fotosintética y el flujo de carbohidratos hacia la panoja. Sin embargo, en general, para la zafra se considera que las condiciones climáticas fueron favorables para el desarrollo del cultivo.

En el Cuadro N° 12 se presenta la información de las temperaturas medias, mínimas y de la Heliofanía de los meses donde ocurre la etapa reproductiva hasta el llenado del grano del cultivo, registrados en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna - INIA Treinta y Tres, de la zafra 1996/97 y la comparación con los datos promedio de la Serie Histórica (S.H.), que comprende 26 años, de 1972 a 1997.

Cuadro N° 12. Temperaturas medias, mínimas y Heliofanía en las etapas del cultivo para la zafra y la Serie Histórica. (Fuente: Roel, 1997)

Etapa	Fecha	Temp. med.		Temp. mín.		Heliofanía	
		Zafra	S.H.	Zafra	S.H.	Zafra	S.H.
Primordio	15/1	24.9	22.7	18.4	16.5	9	8.6
Floración	20/2	22	22	16.3	16.5	6.7	7.5
Llenado	1/3-15/4	20.3	20.6	14.2	15.1	8.3	7.4
Promedio		22.4+	21.8	16.3+	16	8+	7.8

Temp. med.: temperatura media; temp. mín.: temperatura mínima; Zafra: zafra 1996/97; S.H.: Serie Histórica.

Según estudios de 8 años realizados por Ferreira y Montauban (1998), en distintas variedades, se observa que para INIA Caraguatá existe una temperatura crítica de 23 °C en floración, por debajo de la cual aumenta el porcentaje de esterilidad.

Con valores de 22 °C como en esta zafra, el valor de esterilidad se situó en un 20% para el caso de INIA Caraguatá.

En dicho trabajo, en cuanto a la Heliofanía solamente, se observa respuesta positiva con un valor de una tonelada más por hectárea por hora de sol extra. Observando los datos vemos que en la zafra se obtuvieron valores superiores a la Serie Histórica, pero que en floración fue inferior.

Con respecto a las precipitaciones ocurridas en los meses de Agosto y Setiembre, las cuales fueron menores a la Serie Histórica, permitieron una preparación y sistematización de tierras adecuada. Sin embargo precipitaciones ocurridas en el período post - siembra (Noviembre 92,8 mm), causaron encostramiento y la implantación fue menor a la esperada para las densidades de siembra utilizadas (Ver capítulo 2.3.4. Precipitaciones). Esto se afectó en mayor magnitud por el menor vigor inicial que presentan las variedades utilizadas, especialmente INIA Caraguatá.

4.1.2. Enfermedades

Durante el ciclo se detectó una alta incidencia de enfermedades de tallo (*Sclerotium oryzae* y *Rhizoctonia oryzae sativae*), que afectaron al cultivo. Este fuerte ataque se debió a que el ensayo se realizó sobre un chacra con alta frecuencia de arroz.

4.1.3. Factores de manejo

Los máximos rendimientos son generalmente obtenidos con siembras de octubre y primera quincena de noviembre, observándose una disminución del rendimiento hacia siembras más tardías (Ver capítulo 2.1.6.6. Respuesta a fechas de siembra). Esto se explica por las menores temperaturas en las que ocurre el desarrollo de la panoja y la floración, que causan un aumento en la esterilidad, y a condiciones mas desfavorables durante el llenado de grano con una tasa menor que en una época recomendada, causando un menor peso de grano. Como la siembra del ensayo se realizó el 16 de noviembre, dicha situación se observó para los períodos de floración y llenado, limitando el potencial de rendimiento de los cultivares utilizados.

4.2. INIA CARAGUATA

4.2.1. Número de plantas por metro cuadrado

Del análisis de varianza surge que existieron diferencias altamente significativas para Densidad y Distribución ($P = 0.000$, para ambas), Cuadro N° 13 (Apéndice N° 1). Para la interacción el nivel de significación fue de 7,8%.

Cuadro N° 13. Número de plantas por metro cuadrado.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS (1)
	120	180	240	300	
Líneas 20	183	253	311	373	280 b
Líneas 15	218	293	463	382	339 a
Voleo	89	182	189	347	202 c
MEDIAS (1)	163c	243b	321a	367a	

P distribución = 0.000; P densidad = 0.000; P interacción = 0.078

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente (P = 0,05) por el Test de Tukey.

En cuanto a la densidad se observa una respuesta lineal. Fue significativo el aumento en número de plantas al aumentar la densidad, a pesar de que la diferencia entre las densidades mayores no alcanzó a ser estadísticamente significativa. La densidad de 120 Kg./ha, no logra un stand de plantas mínimo según la bibliografía, y las dos densidades superiores exceden éste número de plantas por metro cuadrado. (Figura N° 9)

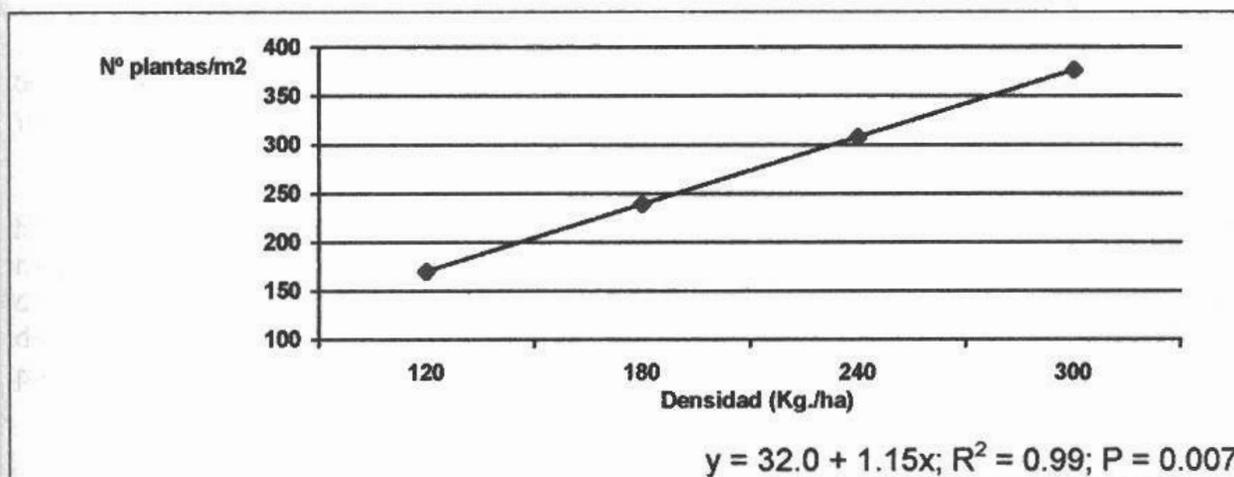


Figura N° 9. Número de plantas por metro cuadrado en función de la densidad.

Se obtuvieron mayores densidades de plantas con las siembras en líneas, especialmente a 15 cm, mientras que a voleo apenas se alcanzó un mínimo aceptable. Se observa que la distribución al voleo requirió densidades del mayores de 240 Kg./ha para lograr un nivel óptimo de plantas, considerando las condiciones del ensayo. Figura N° 10.

Los mayores niveles de plantas obtenidos con la siembra en líneas, se debieron a una mayor presión de las semillas juntas en la línea para superar el encostramiento y a la profundidad uniforme.

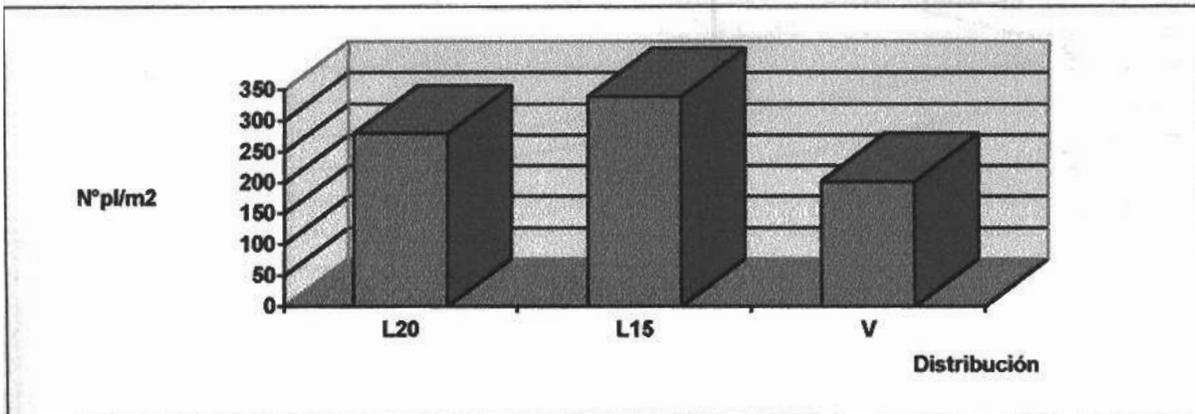


Figura N° 10. Número de plantas por metro cuadrado según distribución.

Cabe mencionar que la interacción débil observada entre Densidad y Distribución, estuvo determinada en gran parte, por la baja densidad de plantas alcanzadas al voleo con 120 Kg./ha de semilla, ya que con la máxima densidad de siembra utilizada, la población obtenida fue similar.

Dicha situación se agrava por el severo encostramiento post-siembra. Se destaca que dicho encostramiento afectó a todo el ensayo, pero el daño fue mayor en voleo por las razones antedichas.

En la Figura N° 11 se observan las regresiones ajustadas a densidad para líneas a 20 cm y voleo, sin embargo para el caso de líneas a 15 cm no se ajustó ninguna de las regresiones probadas, por lo tanto se grafican los valores reales. Se destaca que Voleo, a pesar de presentar un número inferior de plantas para el rango de densidades experimentado, presenta una tasa mayor de aumento del número de plantas al aumentar la densidad.

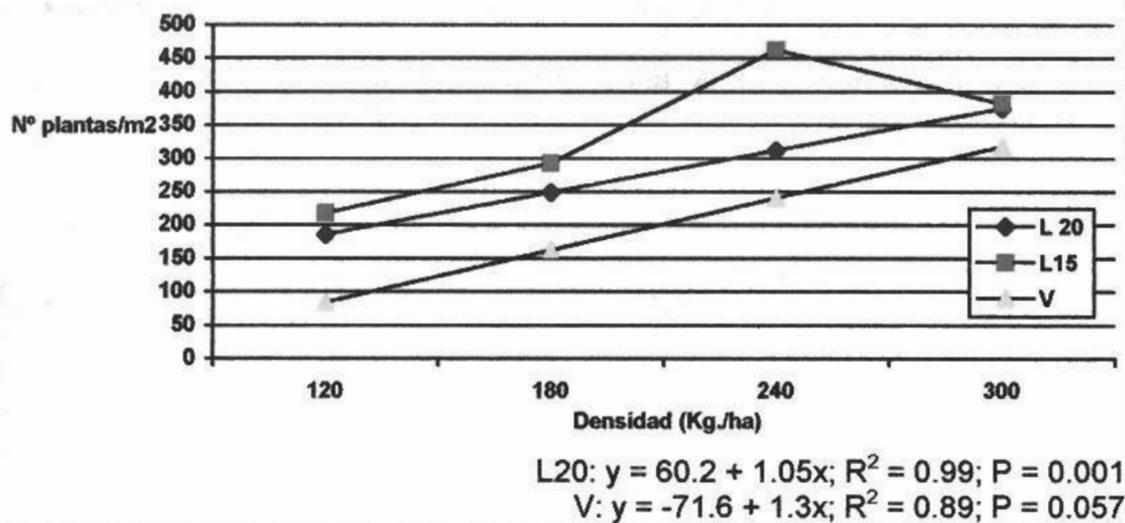


Figura N° 11. Número de plantas por metro cuadrado en función de la interacción.

4.2.2. Número de tallos por metro cuadrado

Esta variable se estudio en tres etapas del crecimiento del cultivo, primordio, floración y madurez.

4.2.2.1. Número de tallos por metro cuadrado en primordio

Para esta variable no se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza. Cuadro N° 14 (Apéndice N° 2).

Cuadro N° 14. Número de tallos por metro cuadrado en primordio y macollos por planta.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	793	683	710	895	770
Líneas 15	720	800	857	747	781
Voleo	700	783	614	741	709
MEDIAS	737	755	727	794	
Macollos/planta	4.5	3.1	2.3	2.2	

Se observó un importante aumento del macollaje con las menores densidades utilizadas, comportamiento lógico y esperable ya que al haber menor número de plantas por unidad de superficie, el cultivo intenta compensar estos espacios libres mediante el macollaje.

4.2.2.2. Número de tallos por metro cuadrado en floración

No se encontraron diferencias significativas a los tratamientos para esta variable. Cuadro N° 15 (Apéndice 3).

Cuadro N° 15. Número de tallos por metro cuadrado en floración.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	579	573	680	618	612
Líneas 15	556	653	590	573	593
Voleo	626	602	611	755	649
MEDIAS	587	609	627	649	

4.2.2.3. Número de tallos por metro cuadrado en madurez

El análisis de esta variable se describe en el punto 4.2.7.1. Número de panojas por metro cuadrado, ya que en ésta etapa se observó que cada tallo presente poseía una panoja.

4.2.2.4. Evolución del número de tallos por metro cuadrado

Se encontraron diferencias significativas para la interacción entre la distribución y la etapa fenológica (momento) en que se estimó el número de tallos ($P = 0.003$). Cuadro N° 16 (Apéndice N° 4).

Cuadro N° 16. Evolución del número de plantas y tallos por metro cuadrado según Distribución.

DISTRIBUCION (1)	Plantas	Primordio	Floración	Madurez
L20	280c	770a	612b	674b
L15	339c	781a	593b	738a
Voleo	202c	709a	649ab	584b

P interacción distribución x momento = 0.003.

(1) Los valores seguidos por una misma letra dentro de cada distribución, no difieren entre si significativamente ($P = 0,05$) por el Test de Tukey.

Como es de esperar el número de tallos en primordio es superior al del resto de las etapas debido al macollaje y la posterior muerte de tallos infértiles. El comportamiento que presentan las líneas a 20 y 15 cm en Madurez con respecto a Floración, no se explica por ninguna razón biológica, sino que puede estar dado por un

error de muestreo. En cambio el voleo presentó un comportamiento normal, disminuyendo el número de tallos desde primordio hasta madurez.

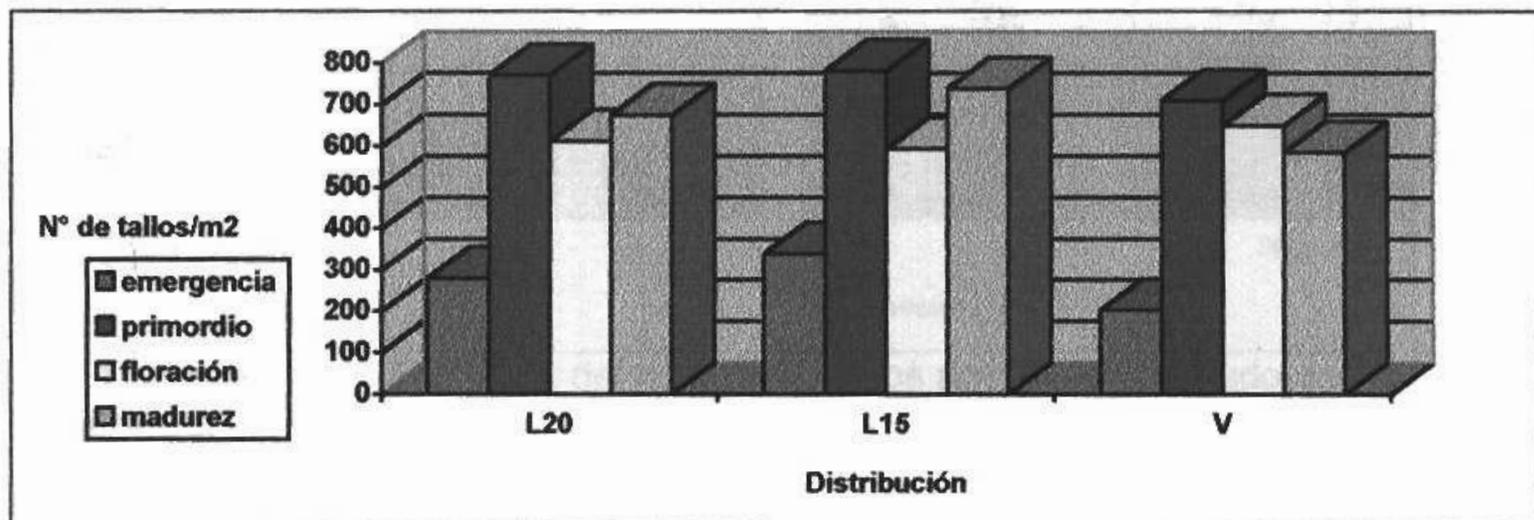


Figura N° 12. Evolución del número de tallos por metro cuadrado según la Distribución.

Cuadro N° 17. Evolución del número de tallos por metro cuadrado según Densidad, Máximo Macollaje y Macollaje Efectivo.

DENSIDAD (Kg./ha)	Plantas	Primordio	Floración	Madurez	Máximo Macollaje	Macollaje Efectivo
120	163	737	587	635	4.5	3.9
180	243	755	609	663	3.1	2.7
240	321	727	627	629	2.3	2.0
300	367	794	649	734	2.2	2.0

Se observa un mayor macollaje cuando se utilizaron las menores densidades. Para dichos casos, también es donde se observa una mayor diferencia entre el valor de Máximo Macollaje y Macollaje Efectivo, indicando un mayor porcentaje de involución de tallos en estos casos.

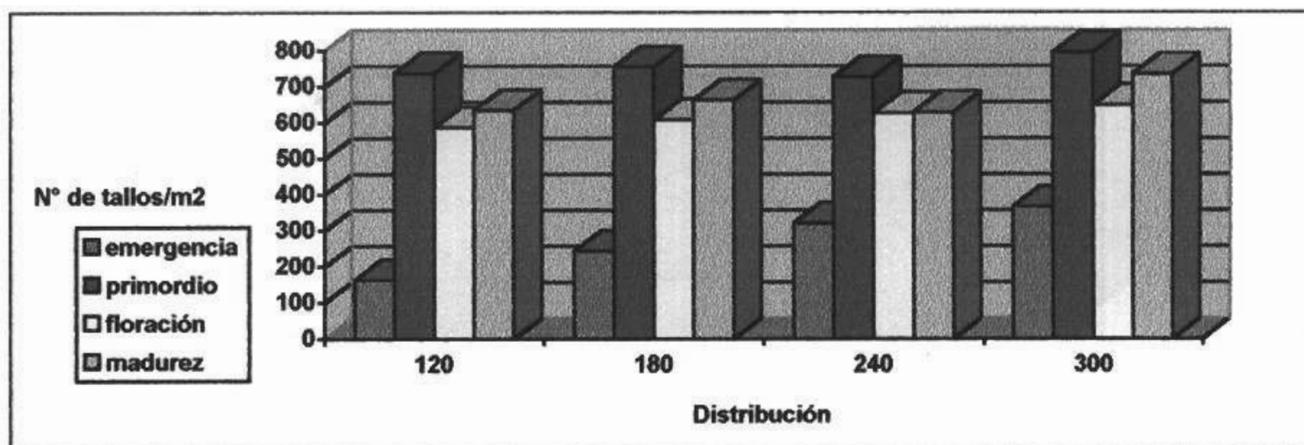


Figura N° 13. Evolución del número de tallos por metro cuadrado en función de la Densidad.

4.2.3. Incidencia de enfermedades

4.2.3.1. Incidencia de Podredumbre del tallo

No se encontraron efectos estadísticamente significativos de los factores del ensayo sobre esta variable (Apéndice N° 5). Sin embargo, para Distribución, se registró una tendencia ($P = 0.075$) en la cual las líneas a 15 cm y el Voleo presentaron mayor incidencia de la enfermedad que las líneas a 20 cm. La tendencia a incrementar el ISD con el incremento de la densidad de siembra fue aún menor para ésta variedad ($P = 0.135$).

Cuadro N° 18. Incidencia de Podredumbre del tallo

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	28.8	33.8	31.3	31.3	31.3
Líneas 15	41.0	35.7	41.6	46.0	41.0
Voleo	46.3	42.6	47.8	54.7	47.9
MEDIAS	38.7	37.3	40.2	44.0	

P distribución = 0.075; P densidad = 0.135

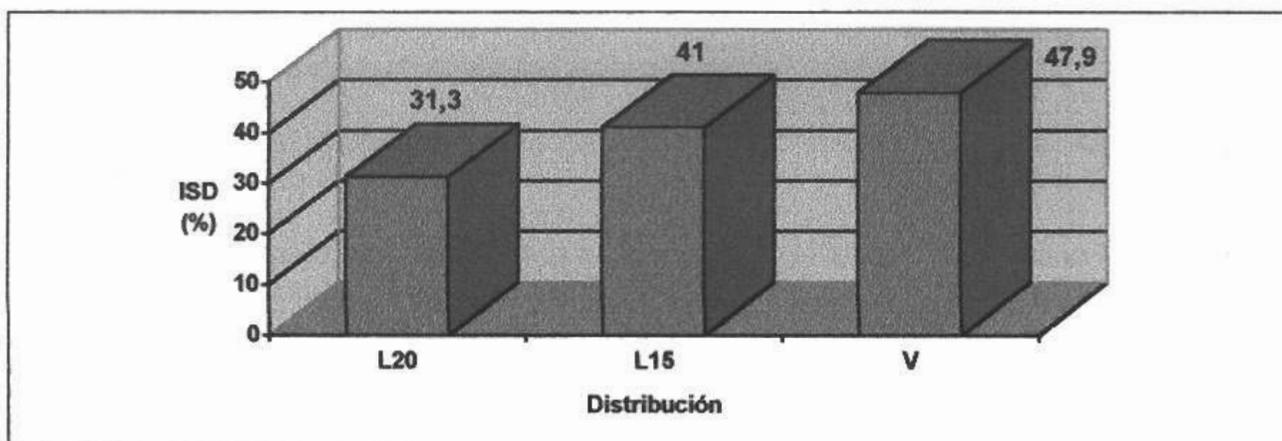


Figura N° 14. ISD *Sclerotium* según distribución.

Al igual que Murata (1957), citado por Matsuo (1964), se observa que al aumentar el espaciamiento entre las hileras disminuye la incidencia de la enfermedad, ya que permite una mayor circulación de aire y un menor contacto entre plantas. El caso del voleo es el más propenso a crear un microclima para que se desarrolle la enfermedad ya que no tiene entrefila para que circule el aire. Por lo tanto fue la distribución que presentó mayor grado de infección.

Las plantas están más próximas en las líneas a 20 cm, considerando una misma densidad, pero la mayor separación entre hileras evitó la formación de un tapiz más cerrado y favorable al desarrollo de la enfermedad.

4.2.3.2. Incidencia del Manchado confluyente de las Vainas

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. (Apéndice N° 6) Cuadro N° 19.

A pesar que la bibliografía cita que al aumentar el número de tallos aumenta la incidencia de la enfermedad, para este caso ocurrió lo contrario. Esto se debe a que predominó *Sclerotium* sobre *Rhizoctonia* (debido al predominio de la enfermedad, al antagonismo que se observó entre las enfermedades y a que en éste caso apareció antes en el ciclo del cultivo debido a la fuerte presión de inoculo existente), por lo tanto al aumentar el número de tallos, aumentó ISD *Sclerotium* y disminuyó ISD *Rhizoctonia*.

Cuadro N° 19. Incidencia del Manchado confluyente de las vainas

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	26.0	25.3	27.2	28.5	26.7
Líneas 15	22.5	18.2	19.7	21.3	20.4
Voleo	25.0	21.6	23.5	21.9	23.0
MEDIAS	24.5	21.7	23.5	23.9	

4.2.3.3. Estudio comparativo de las enfermedades

En las distribuciones en que *Sclerotium* tuvo menor incidencia, se observó un mayor desarrollo de *Rhizoctonia*.

Como *Sclerotium* se dio antes en el ciclo del cultivo, para el caso del voleo, se observa que presentó una incidencia mayor, no permitiendo el desarrollo de *Rhizoctonia*.

Para el caso de las líneas a 20, debido a la menor incidencia de *Sclerotium* y a que las plantas están en mayor contacto en la hilera, la incidencia de *Rhizoctonia* fue mayor.

Se realizó la correlación entre los índices de enfermedad para comprobar el antagonismo mencionado, obteniéndose una correlación negativa, significativa como era de esperar.

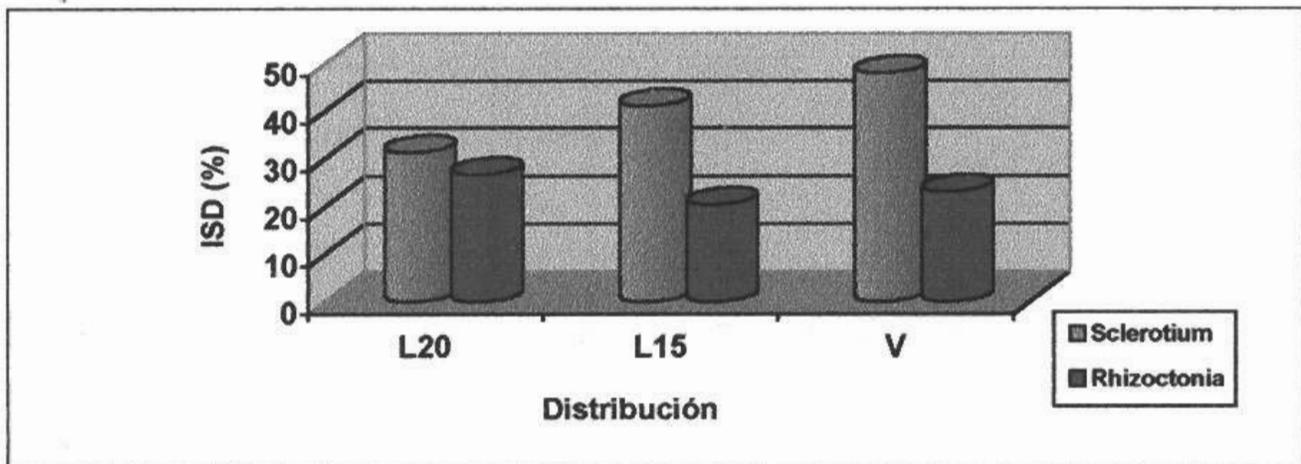


Figura N° 15. Estudio comparativo de las enfermedades para INIA Caraguatá.

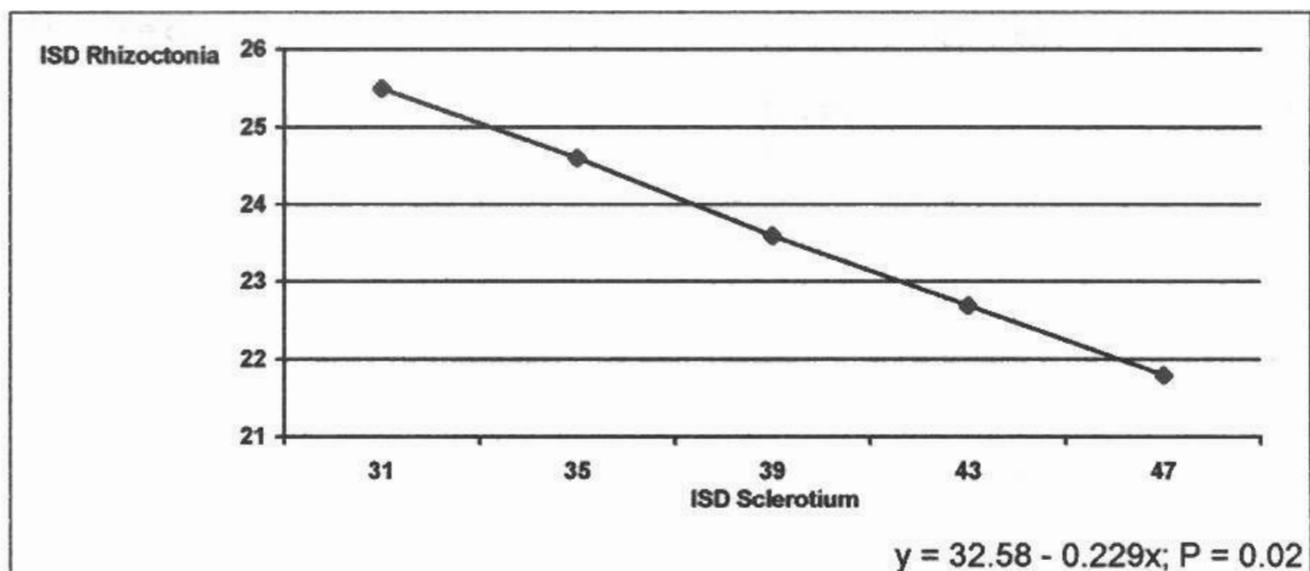


Figura N°16. Efecto del ISD *Sclerotium* sobre el ISD *Rhizoctonia*.

4.2.4. Índice de área foliar

Esta variable se evaluó en floración y madurez.

4.2.4.1. Índice de área foliar en floración

Cuadro N° 20. Índice de área foliar en floración.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS (1)
	120	180	240	300	
Líneas 20	6.219	5.987	6.032	5.996	6.058a
Líneas 15	4.269	4.281	4.077	3.993	4.155 b
Voleo	5.405	5.322	5.226	5.686	5.410a
MEDIAS	5.298	5.197	5.112	5.225	

P distribución = 0.007.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente (P = 0,05) por el Test de Tukey.

En el análisis de varianza (Apéndice N° 7) se observan diferencias altamente significativas (P = 0.007) para esta variable en función de la distribución.

A diferencia de lo postulado por Yoshida (1972), no se observaron variaciones significativas en el IAF en floración al aumentar la densidad, lo que puede deberse a la compensación por un mayor macollaje a las densidades menores.

Teniendo en cuenta que los valores de IAF no presentaron diferencias entre densidades pero que el número de tallos tendió a aumentar, al igual que Owen (1968),

se puede concluir que a mayores densidades el área foliar por planta es menor.

Los valores de IAF coinciden con los citados por Yoshida (1981), como necesarios para una adecuada fotosíntesis en arroz.

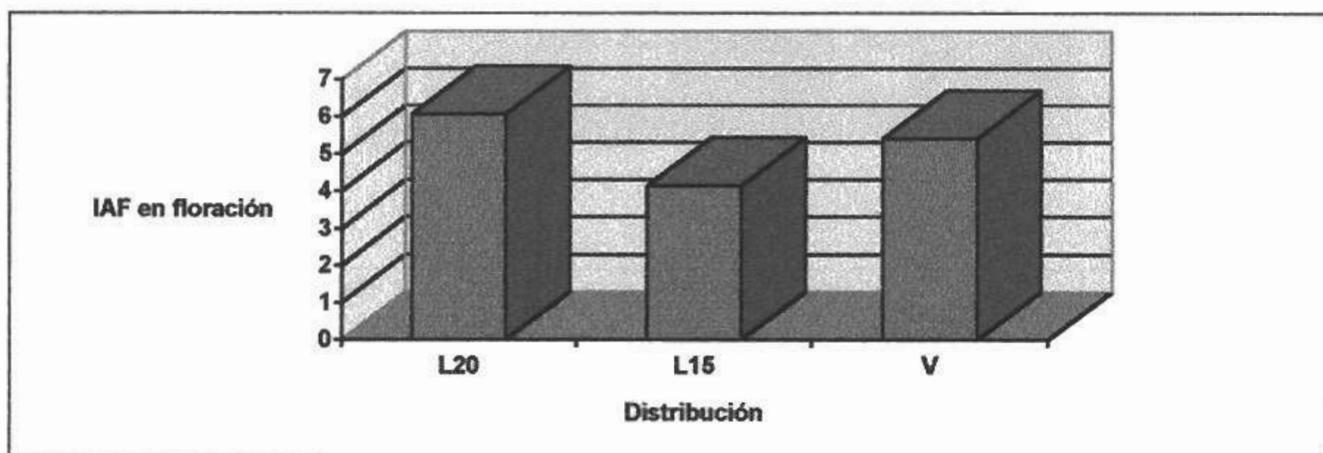


Figura N° 17. IAF en floración según distribución.

Cabe destacar que la mayor diferencia entre tratamientos de Distribución, se da entre las líneas (a pesar de que estadísticamente las líneas a 15 cm difieren de las líneas a 20 cm y de voleo de la misma manera). Con lo cual se podría pensar que un mayor espaciamiento permite un mayor desarrollo foliar por área en etapas tempranas del cultivo.

4.2.4.2. Índice de área foliar en madurez

Cuadro N° 21. Índice de área foliar en madurez.

DISTRIBUCIÓN	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS (1)
	120	180	240	300	
Líneas 20	1.659	2.083	2.289	2.950	2.245a
Líneas 15	1.550	1.537	1.122	1.915	1.531a
Voleo	2.680	2.293	1.905	2.566	2.361a
MEDIAS (1)	1.963ab	1.971ab	1.772b	2.477a	

P distribución = 0.042; P densidad = 0.018; P interacción = 0.153.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente (P = 0,05) por el Test de Tukey.

Para esta variable se observaron efectos significativos de Densidad y Distribución, con una P = 0.018 y P = 0.042 respectivamente, no encontrándose significación en la interacción. Cuadro N° 21. (Apéndice N° 8)

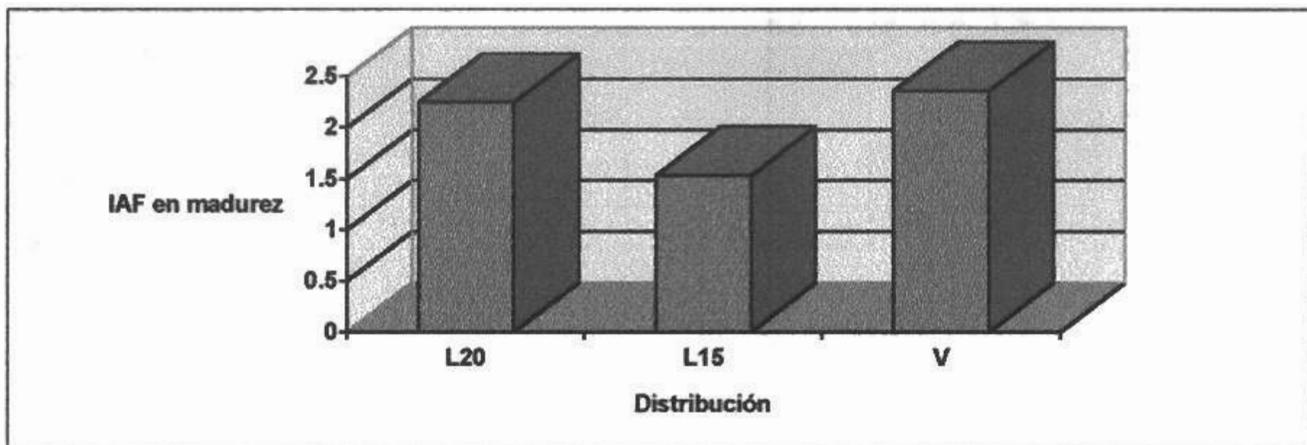


Figura N° 18. IAF en madurez según distribución.

El índice de área foliar en Madurez conserva la respuesta a Distribución similar a la que presentaba en Floración, a pesar de que no difieren significativamente y que voleo presenta el mayor valor.

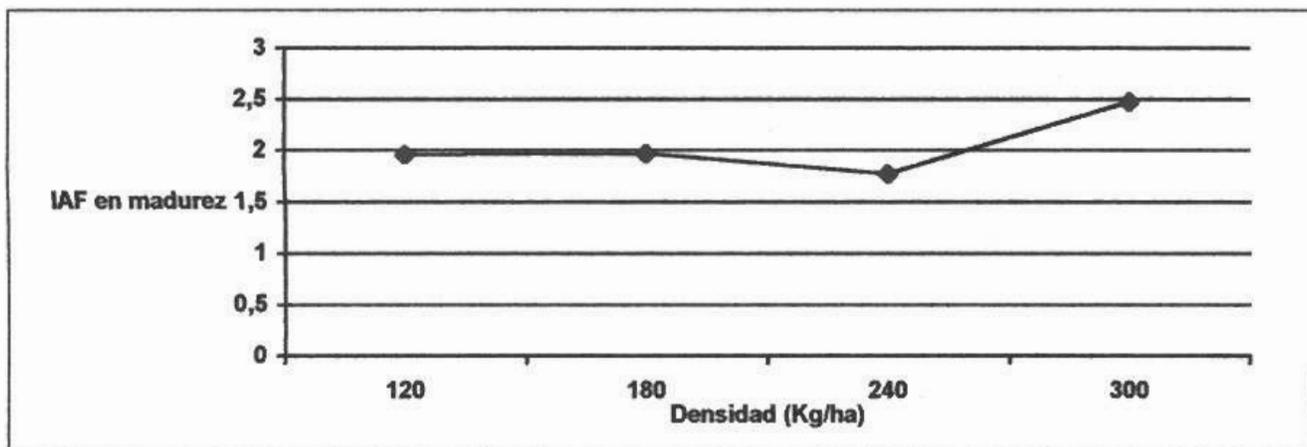


Figura N° 19. IAF en madurez en función de la densidad.

Se observa que no hay una respuesta importante a bajas densidades, no siendo así cuando se utilizan densidades mayores a 240 Kg./ha. Sin embargo la única comparación que resultó significativamente diferente fue la de 240 Kg./ha y 300 Kg./ha, siendo el resto de las comparaciones similares entre sí.

4.2.4.3. Evolución del Índice de área foliar

Del análisis de varianza surge que existieron diferencias muy significativas para la interacción de la Distribución y entre Etapas fenológica en que se cuantifica el índice de área foliar, $P = 0.002$. Cuadro N° 22 (Apéndice N° 9).

Cuadro N° 22. Evolución del Índice de área foliar según distribución.

DISTRIBUCIÓN	Floración	Madurez	Disminución (%)
L20	6.058	2.245	62.9
L15	4.155	1.531	63.1
Voleo	5.410	2.361	56.3

P interacción Distribución x Momento = 0.002.

Se observa que el desarrollo del área foliar se ve más afectado por la competencia entre filas que en la fila, ya que la distribución que presentó menor IAF en floración y madurez fue las Líneas a 15 cm. Con distribuciones de Líneas a 20 cm, se logró mayor IAF en floración y similar en madurez, con respecto al Voleo. Por otro lado la distribución Voleo es la que presenta menor porcentaje de disminución del IAF debido a una menor competencia ya que posee mas espacio por planta.

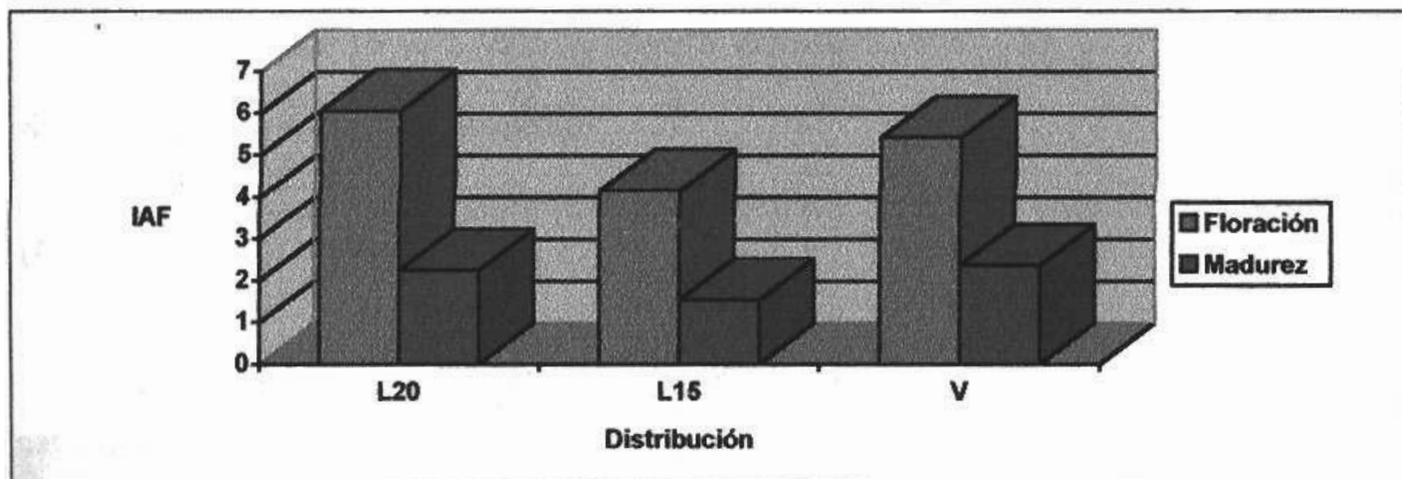


Figura N° 20. Evolución del IAF según Distribución.

La mayor densidad presentó el menor porcentaje de disminución, Cuadro N° 23. Esto se explica por el menor IAF que presenta cada planta ya que el IAF en floración es similar y el número de plantas aumentó al aumentar la densidad. Por lo tanto el área foliar de cada planta se ve menos afectado.

Cuadro N° 23. Evolución del Índice de área foliar según densidad.

DENSIDAD (Kg./ha)	Floración	Madurez	Disminución (%)
120	5.298	1.963	62.9
180	5.197	1.971	62.0
240	5.112	1.772	65.3
300	5.225	2.477	52.6

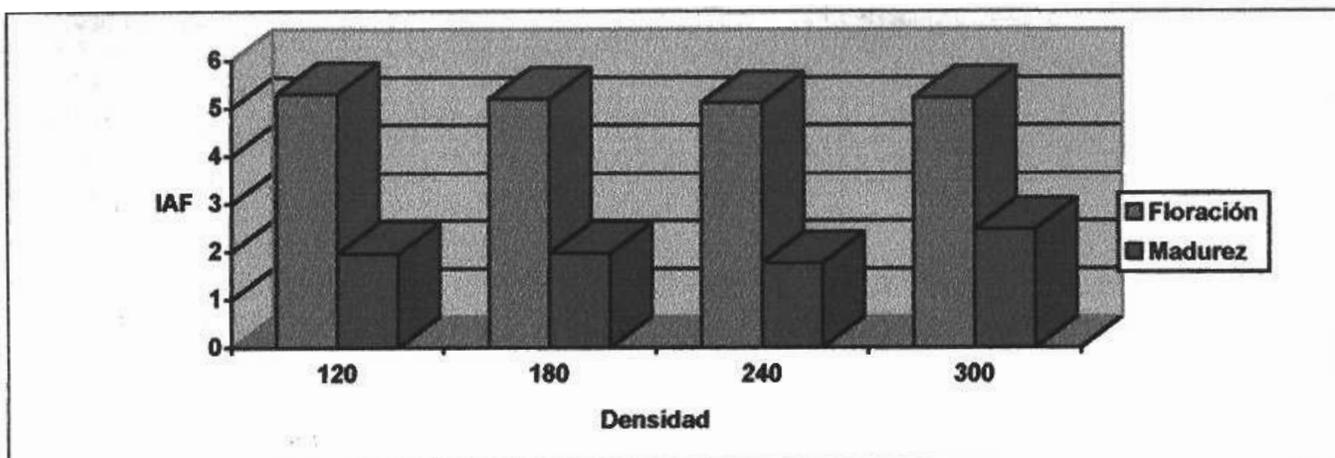


Figura N° 21. Evolución del IAF en función de la densidad.

4.2.5. Materia seca

Esta variable se estudio en primordio, floración y madurez.

4.2.5.1. Materia seca en primordio

No se encontraron diferencias significativas para esta variable Cuadro N° 24 (Apéndice N° 10)

Cuadro N° 24. Materia seca en primordio (t/ha).

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	2.400	2.160	2.713	2.993	2.566
Líneas 15	2.574	2.487	2.617	2.450	2.532
Voleo	2.386	2.814	2.586	2.836	2.656
MEDIAS	2.453	2.487	2.639	2.760	

De acuerdo con Wu (1996), con el aumento de la densidad disminuye el número de macollos pero la materia seca se mantiene constante.

4.2.5.2. Materia seca en floración

En el análisis de varianza (Apéndice N° 11) se encontraron diferencias significativas con una $P = 0.002$ para Distribución, no encontrándose a la Densidad ni a la interacción de Densidad por Distribución. Cuadro N° 24.

Cuadro N° 25. Materia seca en floración (t/ha).

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS (1)
	120	180	240	300	
Líneas 20	8.885	8.566	8.995	8.900	8.837 b
Líneas 15	9.482	9.480	8.533	7.737	8.808 b
Voleo	10.246	9.508	10.222	10.920	10.224 a
MEDIAS	9.537	9.185	9.250	9.186	

P distribución = 0.002; P interacción = 0.309.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente (P = 0,05) por el Test de Tukey.

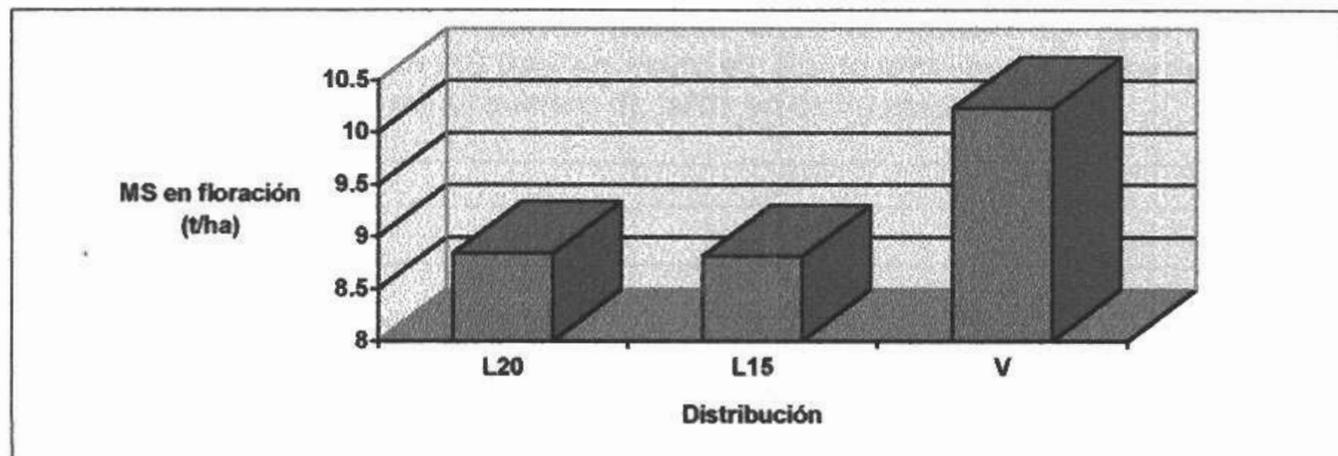


Figura N°22. MS en floración según Distribución.

En floración, los tratamientos al voleo presentan significativamente más materia seca que las Líneas a 20 cm y 15 cm que no difieren entre sí. Sin embargo esta respuesta no se aprecia en IAF, por lo que el peso (MS) no estaría asociado al área foliar (IAF) en la floración y para éste caso. Aparentemente si bien las parcelas sembradas al Voleo no tuvieron mayor IAF en floración, sus tallos fueron más pesados que los de las parcelas a 20 cm. El número de tallos por metro cuadrado en floración presenta una respuesta similar a la de la materia seca (aunque no significativa), de modo que podría estar explicando esta respuesta.

4.2.5.3. Materia seca en madurez

No se encontraron diferencias significativas al 5% en esta variable con respecto a la Densidad, Distribución ni interacción de ambas (Apéndice N° 12). Sin embargo se observó una tendencia, con un nivel de significación de P = 0.098, a disminuir la materia seca al incrementar la densidad de siembra. Cuadro N° 26.

Cuadro N° 26. Materia seca en madurez (t/ha) en función de la densidad.

DENSIDAD (Kg./ha)	MEDIAS (t/ha)
120	18.988
180	17.971
240	16.984
300	17.902

P densidad = 0.098.

La materia seca en madurez tiende a descender al aumentar la densidad, del mismo modo que lo postularon Wells y Faw (1978). En éste caso el descenso no es muy consistente.

Se observó una correlación positiva entre el número de tallos por metro cuadrado en madurez y la MS total en madurez. Por lo tanto la respuesta de la MS en madurez está asociada por el número de tallos en dicha etapa.

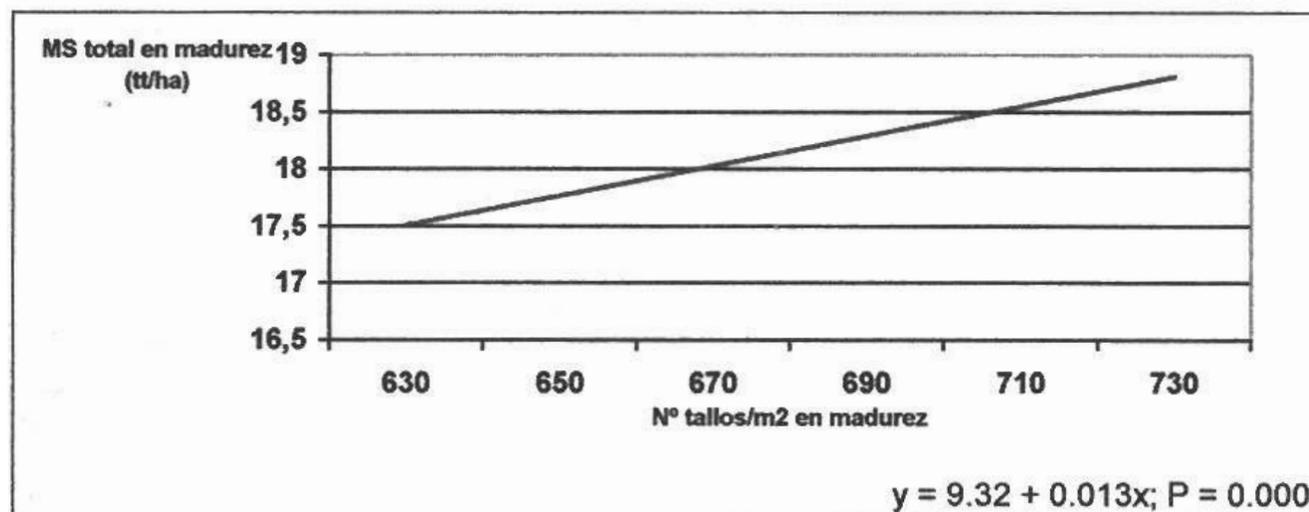


Figura N° 23. Efecto del número de tallos/m2 en madurez sobre la MS total en madurez.

4.2.5.4. Evolución de la Materia seca

Se observaron diferencias altamente significativas en la interacción Distribución – Etapa Fenológica para la evolución de la materia seca, P = 0.000. Apéndice N° 13.

Cuadro N° 27. Evolución de la materia seca según Distribución.

DISTRIBUCION (1)	Primordio	Floración	Madurez
L20	2.566c	8.837b	18.243a
L15	2.532c	8.808b	19.063a
Voleo	2.656c	10.224b	16.578a

P interacción distribución x momento = 0.000.

(1) Los valores seguidos por una misma letra dentro de cada distribución, no difieren entre si significativamente (P = 0,05) por el Test de Tukey.

Se observa que el voleo a pesar de que en floración presenta mayor valor, no logra mantener el aumento en madurez. Esto se debe a que como existe correlación entre la MS y el número de tallos, al disminuir el número de tallos en madurez baja la materia seca. Esto puede estar relacionado a la mayor incidencia de Podredumbre del Tallo observada en Voleo.

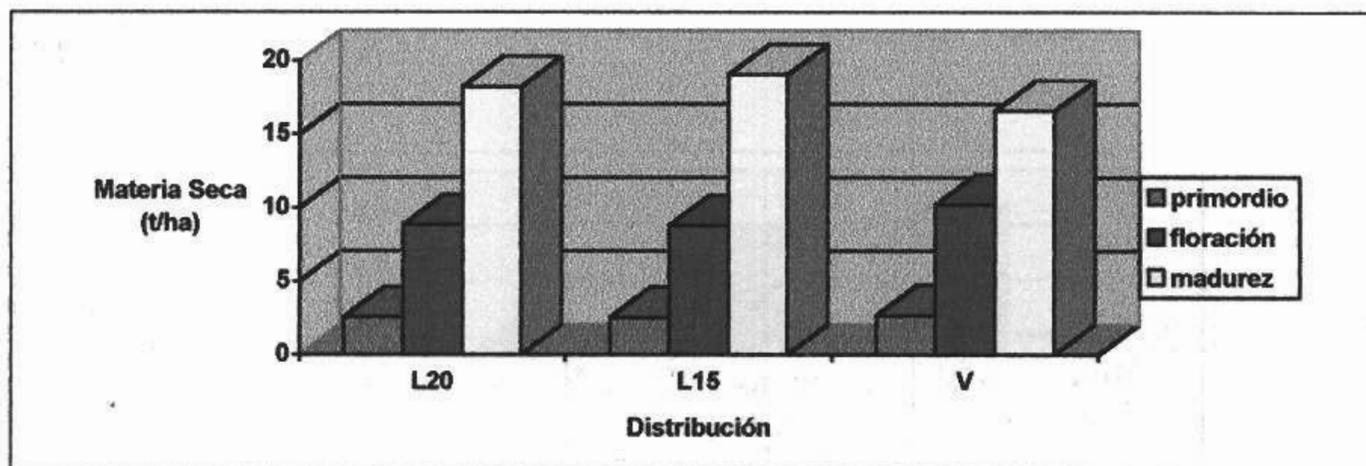


Figura N° 24. Evolución de la materia seca según Distribución.

Cuadro N° 28. Evolución de la materia seca según Densidad.

DENSIDAD (Kg./ha)	Primordio	Floración	Madurez
120	2.463	9.537	18.988
180	2.487	9.185	17.971
240	2.639	9.250	16.994
300	2.760	9.186	17.902
Medias	2.587	9.289	17.963

Se observa que para las distintas densidades la materia seca evoluciona de la misma manera.

4.2.6. Rendimiento en grano

Se encontraron diferencias significativas ($P = 0.007$) entre tratamientos de Densidad (Apéndice N° 14). Para la Distribución no se observaron diferencias significativas ($P = 0.113$), así como en la interacción de Densidad y Distribución. Cuadro N° 29.

Cuadro N° 29. Rendimiento en grano (Kg./ha).

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	6955	7495	7578	7669	7424
Líneas 15	7100	7143	7457	7351	7263
Voleo	6526	6966	6764	7150	6851
MEDIAS (1)	6860b	7201ab	7266a	7390a	

P distribución = 0.113; P densidad = 0.007.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente (P = 0,05) por el Test de Tukey.

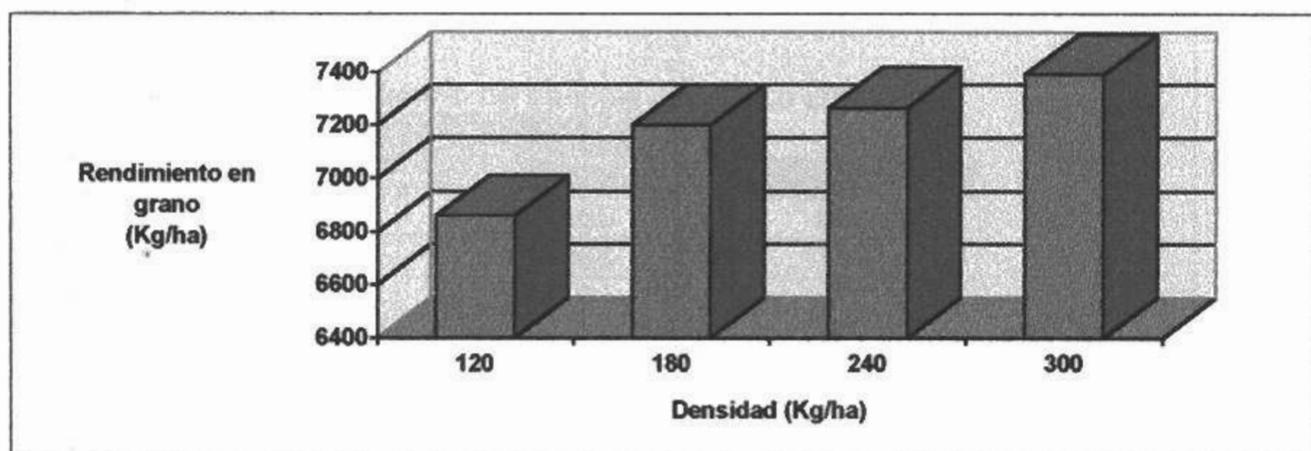


Figura N° 25. Rendimiento en grano (Kg./ha) en función de la densidad

Para el rendimiento se ajustó la siguiente regresión en función a la densidad, y $= 6600 + 2.758x$ ($R^2 = 0.89$, $P = 0.058$). En el rango de densidades utilizadas no se encontró un máximo. Se observan diferencias significativas solamente entre la menor densidad (120 Kg./ha) y las dos superiores. Por lo tanto sería recomendable sembrar INIA Caraguatá al menos a una densidad de 240 Kg./ha, para lograr una mayor expresión de su potencial de rendimiento.

Cabe destacar que aún a densidades elevadas (240 - 300 Kg./ha), la ecuación económica sigue siendo rentable ya que la diferencia de precio de la semilla con respecto al arroz producido es de 1.5 y el coeficiente de aumento en rendimiento al aumentar un kilogramo de semilla es de 2.758.

No se observaron correlaciones entre el rendimiento en grano y variables vinculadas al desarrollo vegetativo o enfermedades.

En cuanto a la Distribución, a pesar que las diferencias no son estadísticamente significativas al 5%, en términos biológicos se observó una tendencia a la disminución del rendimiento con el acercamiento de las filas o la no presencia de las mismas como es el caso del Voleo. Esta respuesta podría estar asociada a las tendencias

observadas respecto a una menor acumulación de materia seca en madurez, un mayor ISD de *Sclerotium*, o un menor peso de los granos; o con un menor número de panojas por metro cuadrado (significativo al 5%).

4.2.7. Componentes del rendimiento

4.2.7.1. Número de panojas por metro cuadrado

Del análisis de varianza (Apéndice N° 15) se destaca que se observan diferencias significativas a Distribución y Densidad ($P = 0.044$ y $P = 0.040$ respectivamente) no siendo así para la interacción de ambas. Cuadro N° 30.

Cuadro N° 30. Número de panojas por metro cuadrado.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS (1)
	120	180	240	300	
Líneas 20	614	685	669	727	674 ab
Líneas 15	708	764	666	814	738 a
Voleo	584	540	551	662	584 b
MEDIAS (1)	635a	663a	629a	734a	

P distribución = 0.044; P densidad = 0.040.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente ($P = 0,05$) por el Test de Tukey.

En cuanto a la distribución se aprecia que las líneas a 15 cm difieren significativamente del voleo, siendo el resto de las comparaciones similares entre sí. Este mayor número de panojas por metro cuadrado coincide con un menor ISD de *Rhizoctonia*, aunque las diferencias en ISD no alcanzaron a ser significativas. Figura N° 26.

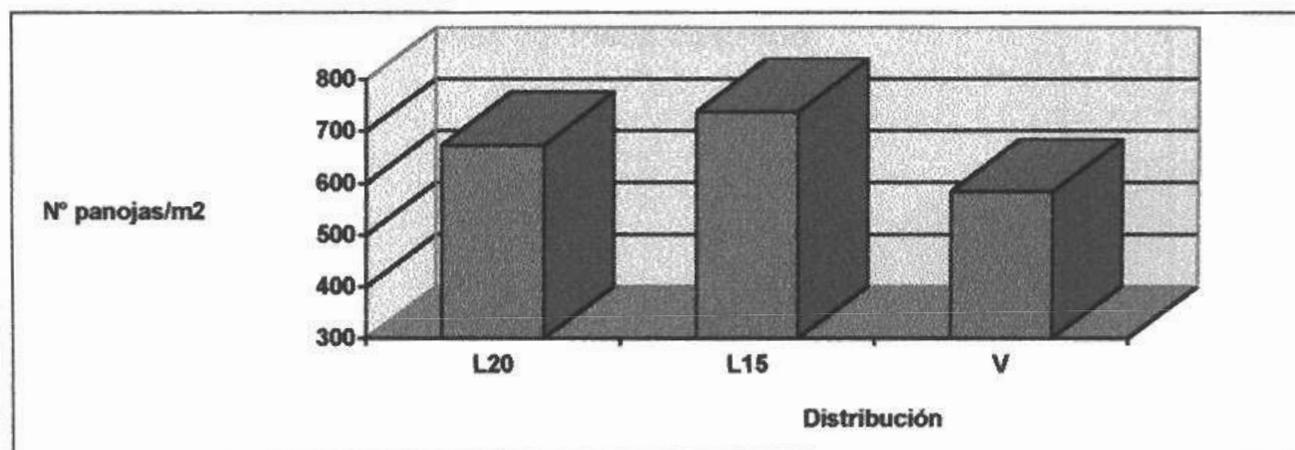


Figura N° 26. Número de panojas por metro cuadrado según Distribución.

A diferencia de lo citado por varios autores en la bibliografía, no se observan aumentos significativos en el número de panojas por metro cuadrado al aumentar la densidad.

A pesar del comportamiento errático del número de panojas por metro cuadrado, se podría decir que éstas tienden a aumentar al incrementar la densidad de siembra. Este aumento en el número de panojas podría ser el responsable del mayor rendimiento en grano obtenido por la densidad de 300 Kg./ha.

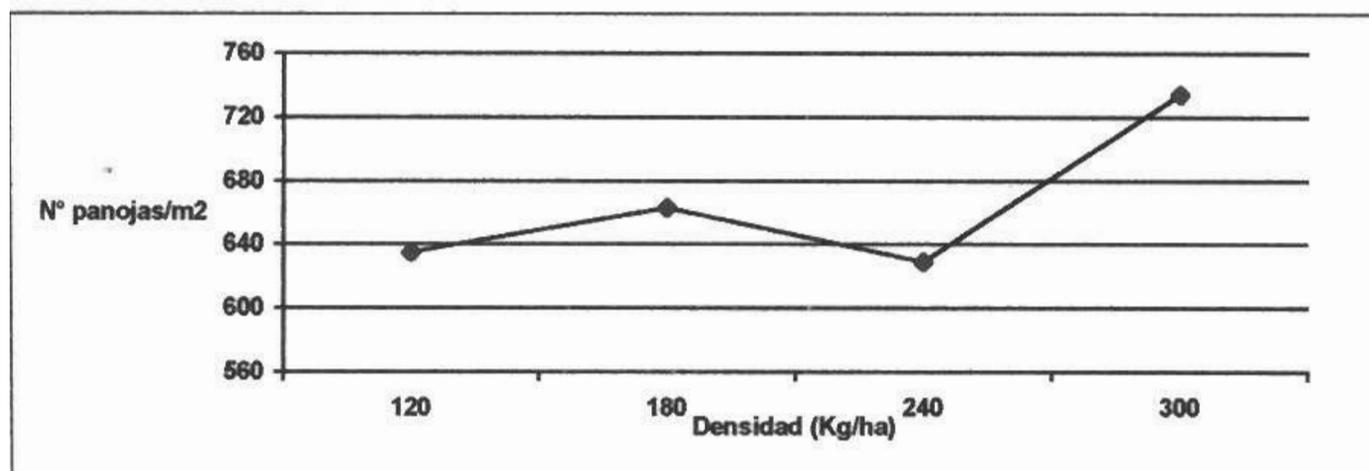


Figura N° 27. Número de panojas por metro cuadrado en función de la Densidad.

Se observaron correlaciones positivas entre la materia seca en madurez y el número de panojas por metro cuadrado y entre el número de plantas por metro cuadrado y el número de panojas por metro cuadrado.

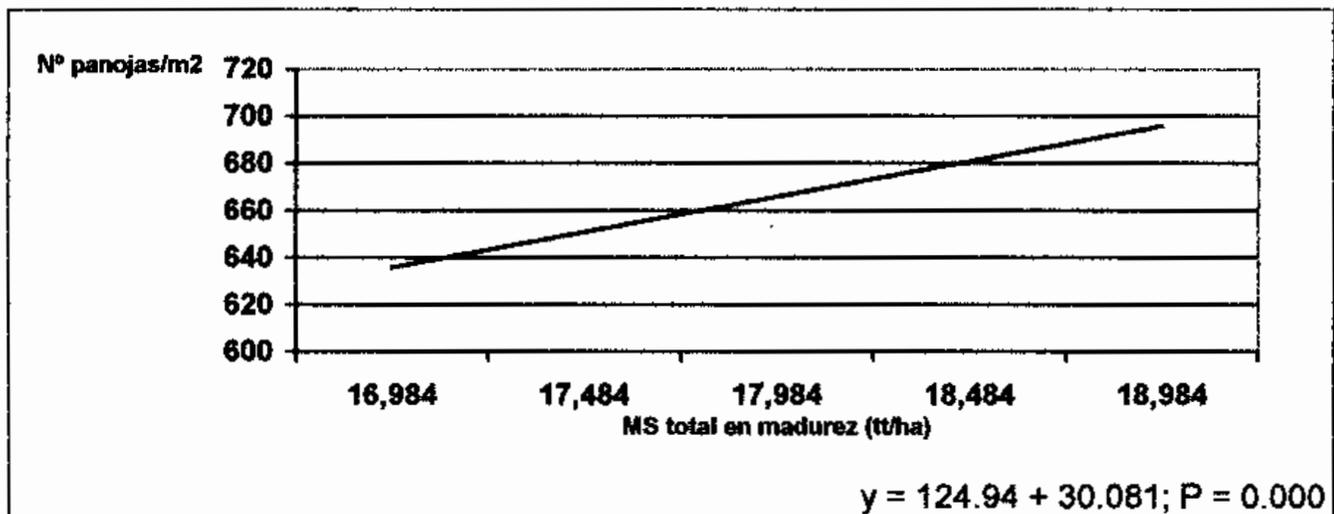


Figura N° 28. Asociación entre la MS total en Madurez y el número de panojas por metro cuadrado.

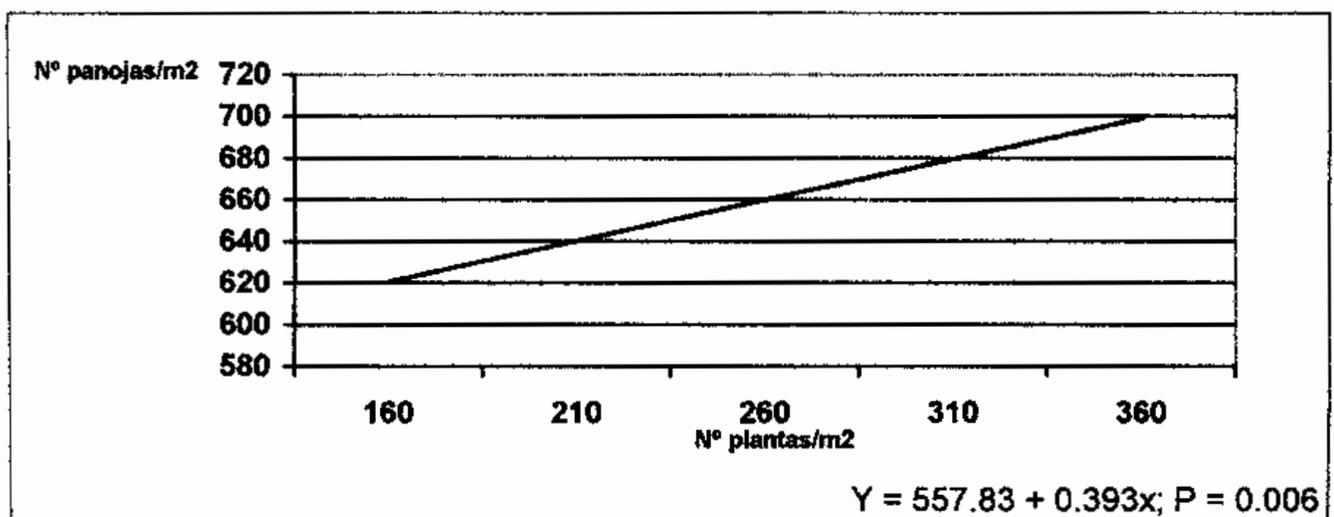


Figura N° 29. Asociación entre el número de plantas/m² y el número de panojas/m².

Independientemente de lo observado en etapas intermedias (primordio y floración), un mayor número de plantas estuvo asociado a un mayor número de panojas por metro cuadrado.

4.2.7.2. Número de granos por panoja

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos de Densidad. Cuadro N° 31 (Apéndice N° 16).

Concordando con varios autores, se observa una marcada disminución del número de granos por panoja al aumentar la densidad, siendo significativo, la ecuación de regresión lineal ajustada (Cuadro N° 31 y Figura N° 30)

Cuadro N° 31. Número de granos por panoja.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	102	89	83	84	90
Líneas 15	100	93	89	91	93
Voleo	95	94	101	77	92
MEDIAS (1)	99a	92ab	91ab	84b	

P densidad = 0.012.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente (P = 0,05) por el Test de Tukey.

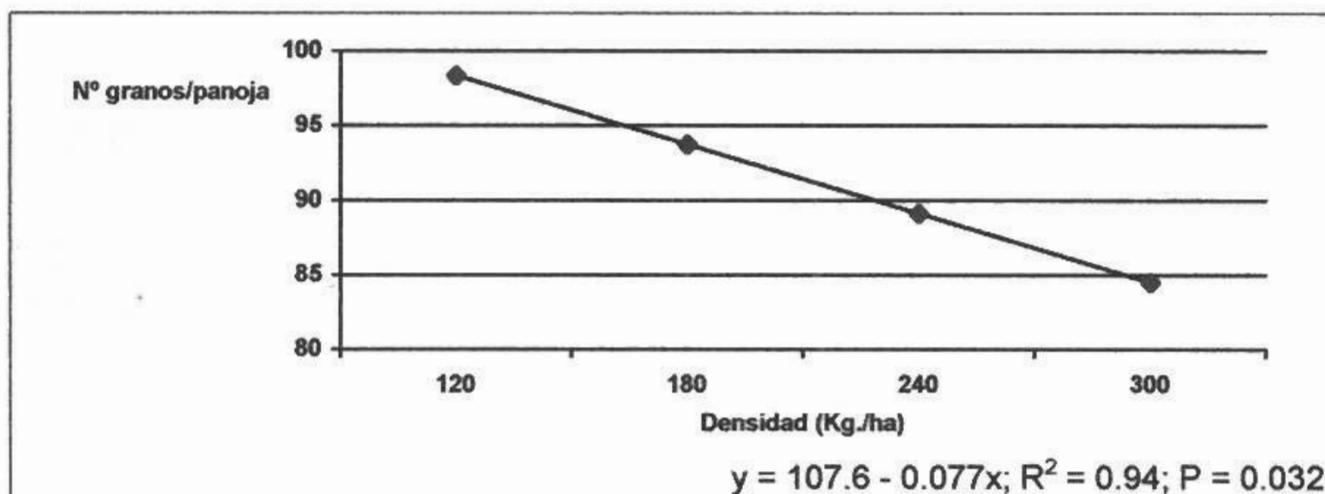


Figura N° 30. Número de granos por panoja en función de la densidad.

La compensación entre los componentes de rendimiento número de panojas por metro y número de granos por panoja, quedó claramente evidenciada en la correlación negativa significativa entre ambos (Figura N° 31)

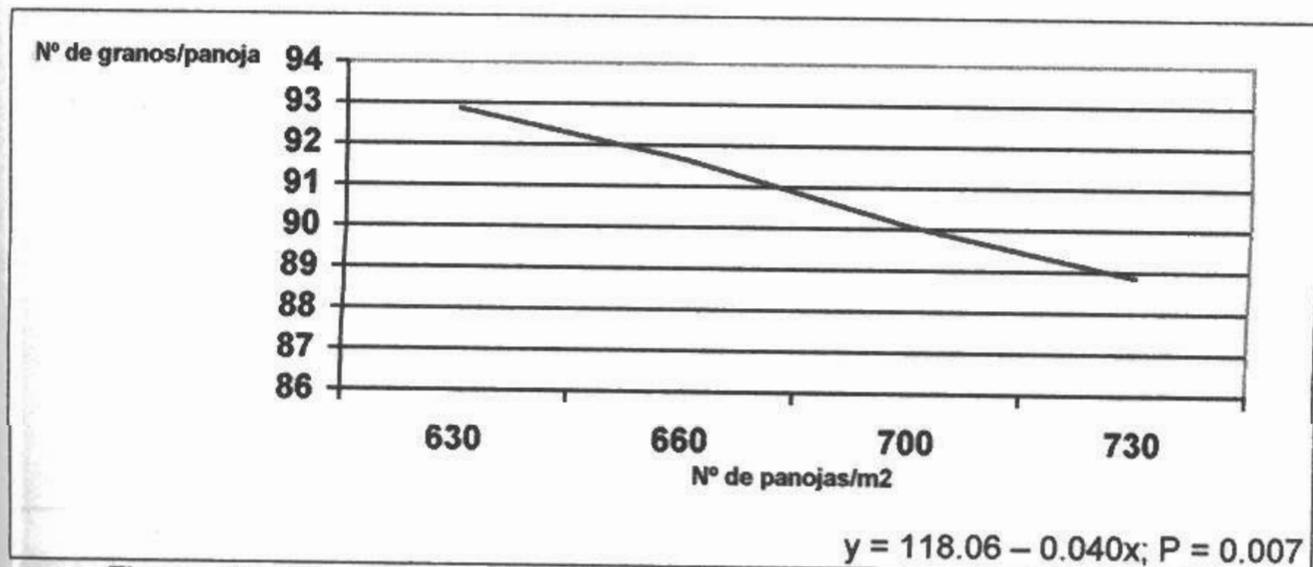


Figura N° 31. Efecto del número de panojas/m2 sobre el número de granos/panojas.

4.2.7.3. Porcentaje de esterilidad

No se observaron diferencias significativas para los factores principales del ensayo y existió una interacción débil ($P = 0.070$) entre Densidad y Distribución, en la cual el voleo tiene una tendencia más clara al aumento de la esterilidad con el incremento de la densidad. (Apéndice N° 17)

Las Líneas a 15 cm y el Voleo responden de forma similar, difiriendo ambas de la respuesta de las Líneas a 20 cm. Cuadro N° 32.

Cuadro N° 32. Porcentaje de esterilidad.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	16.4	25.5	18.7	17.5	19.5
Líneas 15	15.0	15.6	13.4	16.3	15.0
Voleo	12.6	14.0	13.9	19.9	15.1
MEDIAS	14.6	18.4	15.3	17.9	

P distribución = 0.149; P densidad = 0.090; P interacción = 0.070.

En cuanto a la Densidad se observa una tendencia levemente significativa ($P = 0.090$) al aumento de la esterilidad con el aumento de la densidad, coincidiendo con la bibliografía citada. Esto se debe al mayor número de panojas por metro cuadrado que se obtienen al aumentar la misma (asociado a una disminución en el número de granos por panoja). Se observó una correlación negativa entre el número de granos por panoja y el porcentaje de esterilidad.

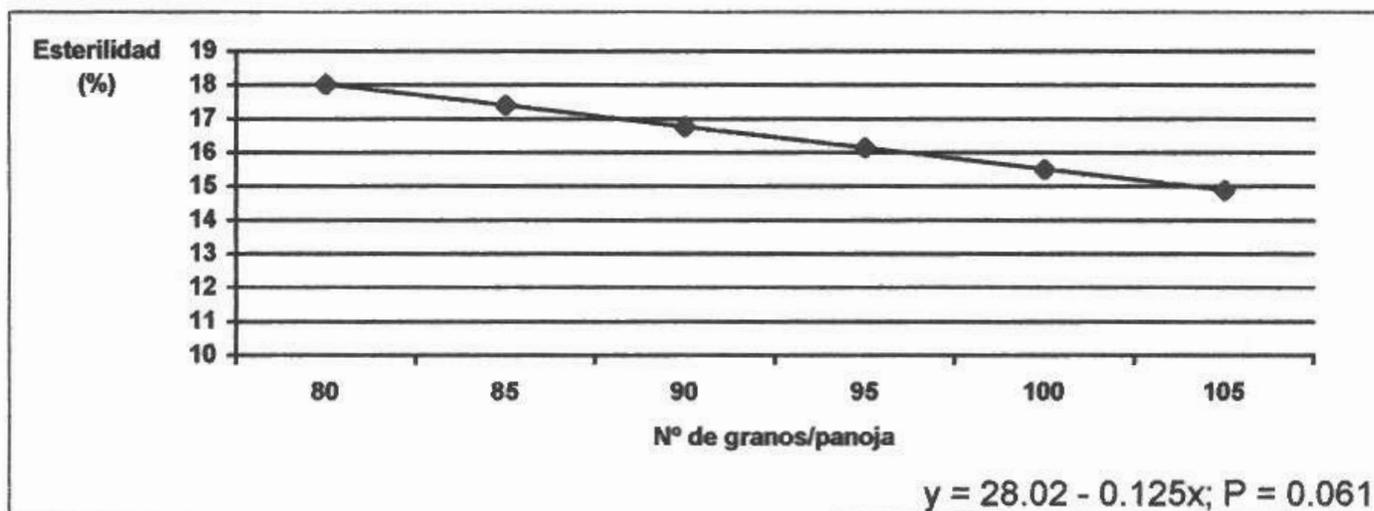


Figura N°32. Efecto del número de granos por panoja sobre el porcentaje de esterilidad.

A diferencia de lo postulado por Yoshida (1981) y Webster (1992), no se observó una respuesta en la esterilidad al analizarla conjuntamente con los índices de incidencia de las enfermedades, ya que se realizaron las correlaciones correspondientes no encontrándose los valores de probabilidad requeridos para comprobar el efecto.

4.2.7.4. Peso de 1000 granos (gramos)

Para ésta variable se encontró un efecto de la Densidad ($P = 0.013$). (Apéndice N° 18), a diferencia de lo reportado por varios autores citados en la revisión bibliográfica.

Cuadro N°33. Peso de 1000 granos (gramos).

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Lineas 20	22.9	23.6	23.2	22.5	23.0
Lineas 15	23.0	23.3	22.9	23.0	23.0
Voleo	22.7	22.8	22.9	22.3	22.7
MEDIAS (1)	22.8ab	23.2a	23.0ab	22.6b	

P distribución = 0.201; P densidad = 0.013.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente ($P = 0,05$) por el Test de Tukey.

Se observa en términos generales que, densidades mayores a 180 Kg./ha disminuyen el peso de los granos. Dicha densidad es la que obtuvo el mayor peso de 1000 granos, a la vez que fue la que mayor porcentaje de esterilidad presentó, pudiéndose deber a ésta causa su mayor valor en peso de granos. Por otro lado ésta densidad también es la que presenta menores ISD ya sea para *Sclerotium* como para *Rhizoctonia*.

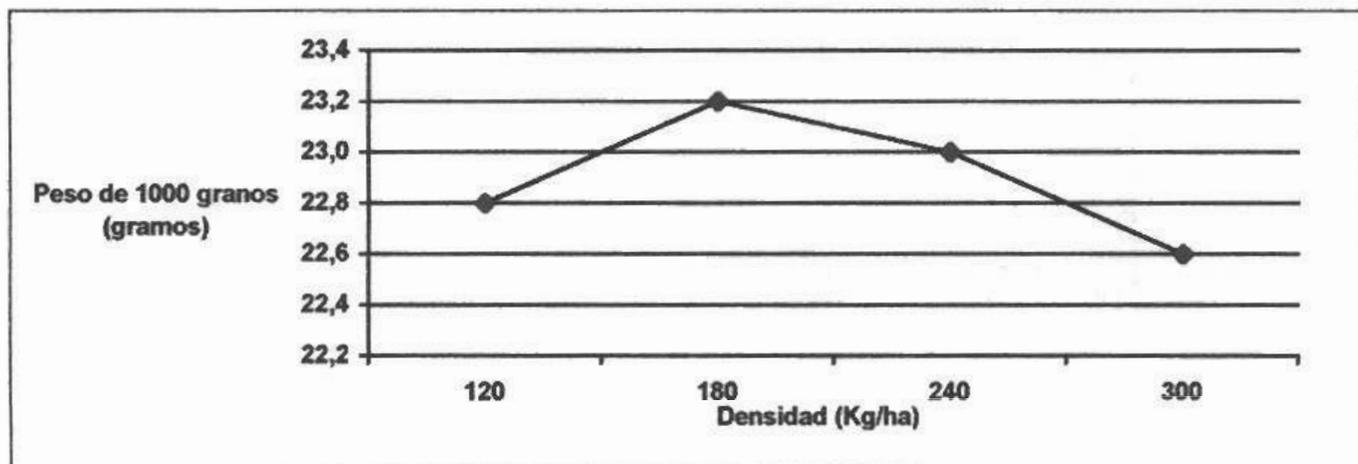


Figura N° 33. Peso de 1000 granos (gramos) en función de la densidad.

A diferencia de lo postulado por varios autores, no se observó ninguna correlación de ésta variable con variables cuantificadas en la etapa vegetativa, componentes del rendimiento, rendimiento o enfermedades.

4.2.8. Estudio conjunto de los componentes del rendimiento

4.2.8.1. Número de granos por metro cuadrado

Esta variable resulta del estudio conjunto del número de panojas por metro cuadrado, el número de granos por panoja y el porcentaje de esterilidad.

Se observan diferencias altamente significativas para la Distribución ($P = 0.026$) (Apéndice N° 19). Figura N° 34. No se observa respuesta a la Densidad, a diferencia de Matsuo (1964), que afirma que con aumentos en la densidad el número total de espiguillas por unidad de área aumenta.

Cuadro N° 34. Número de granos por metro cuadrado.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS (1)
	120	180	240	300	
Líneas 20	52885	45740	44748	50017	48348ab
Líneas 15	60101	59123	50501	61182	57727a
Voleo	48343	42792	42278	40539	44738b
MEDIAS	53776	49218	47509	50579	

P distribución = 0.026; P densidad = 0.179; P interacción = 0.299.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente ($P = 0,05$) por el Test de Tukey.

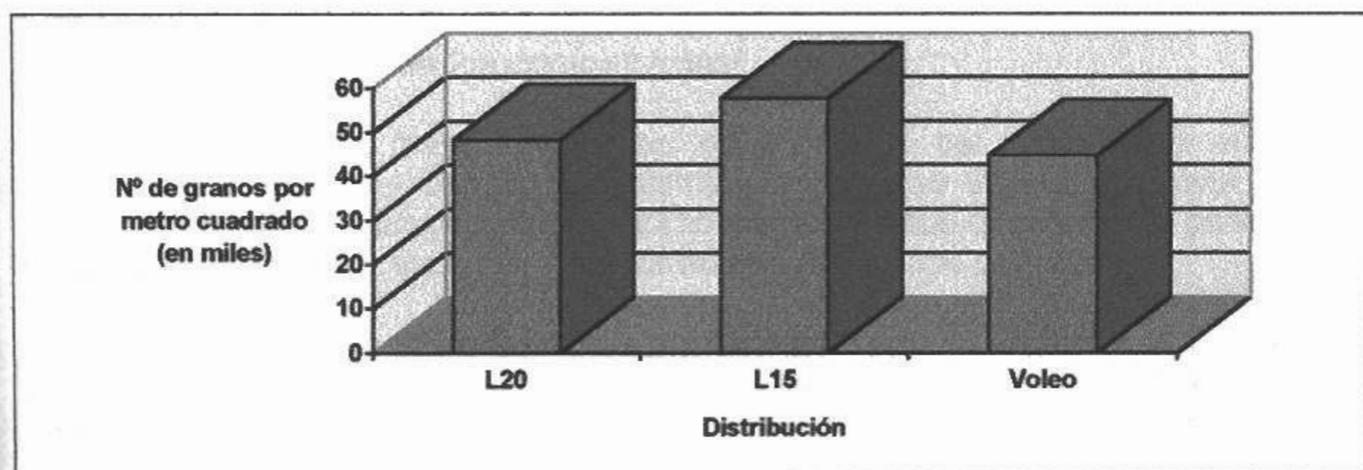


Figura N° 34. Número de granos por metro cuadrado según Distribución.

El número de granos por metro cuadrado de las Líneas a 15 cm, es significativamente superior al de Voleo, siendo el resto de las comparaciones similares entre si.

El menor número de granos que presentó Voleo está explicado por un menor número de tallos en madurez, lo que ocasionó un menor número de panojas. Para las Líneas a 20 cm cabe destacar que presentó el mayor porcentaje de esterilidad comparada con los otros tratamientos, lo que probablemente afectó el número de granos por metro cuadrado.

Se realizaron varias correlaciones con ésta variable, presentándose en el Cuadro N° 35 las que presentaron correlación significativa.

Cuadro N° 35. Correlaciones significativas entre granos/m² y otras variables.

CORRELACION	tallos/m ²	n°granos/panoja	esterilidad (%)	peso de mil granos
Granos/m ²	0.599	0.43	-0.326	0.279

Como era de esperar se obtuvieron correlaciones significativas entre el número de granos por metro cuadrado y las variables con las cuales se calcula. Cabe destacar la correlación significativa y positiva que presenta con el peso de mil granos. Esto pudo estar explicado porque en los casos que hubo menor número de granos por metro cuadrado, se observó una mayor incidencia de Podredumbre del Tallo (aunque la correlación no fue significativa), la que también afectó el peso de los granos.

Según Matsuo (1964), al aumentar el número de granos por metro cuadrado el rendimiento por unidad de área también aumenta, a menos que haya una disminución en la fertilidad, para éste caso no se encontró correlación significativa entre dichas variables.

4.2.8.2. Compensación de los componentes

Observando la respuesta de los componentes del rendimiento en forma conjunta, al aumentar la densidad de siembra vemos que estas se asocian con un mayor número de panojas por metro cuadrado. En la medida que hay mas panojas por metro cuadrado estas presentan un menor número de granos por panoja.

Se observa que el peso de los granos disminuye al aumentar la densidad a pesar de que el número de granos por panoja también es menor, probablemente la explicación de esta respuesta sea el mayor numero de panojas por metro cuadrado.

En términos generales se observa que el peso de 1000 granos y los granos por panoja disminuyen al aumentar la densidad (para mayores a 180 Kg./ha) en tanto el porcentaje de esterilidad y el número de panojas por metro cuadrado aumentan en

general para el rango de densidades estudiado, por lo tanto se podría decir que la compensación se da mediante los grupos de componentes y no individualmente, aunque sin descartar que algunos componentes pesen más que otros en la compensación. Figura N° 35 y N°36.

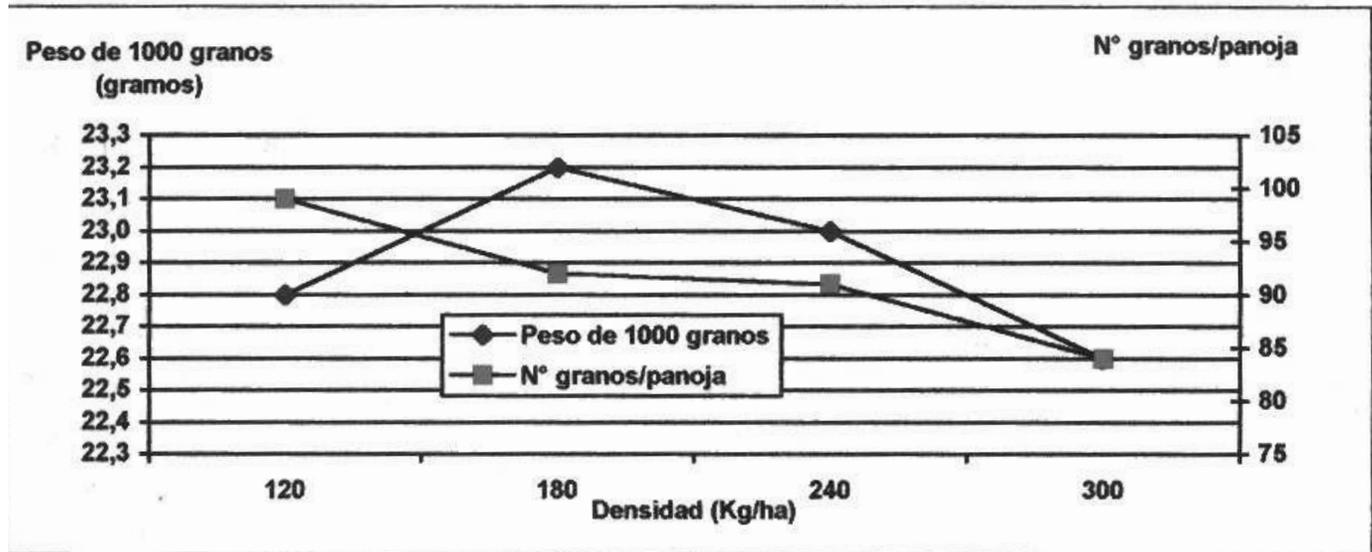


Figura N° 35. Peso de 1000 granos y número de granos por panoja en función de la densidad.

Se podría pensar que el rendimiento en grano, al aumentar con densidades mayores, está mas fuertemente relacionado al aumento del número de panojas por metro cuadrado, que con el número de granos por panoja y peso de los granos, que disminuyen al aumentar la densidad.

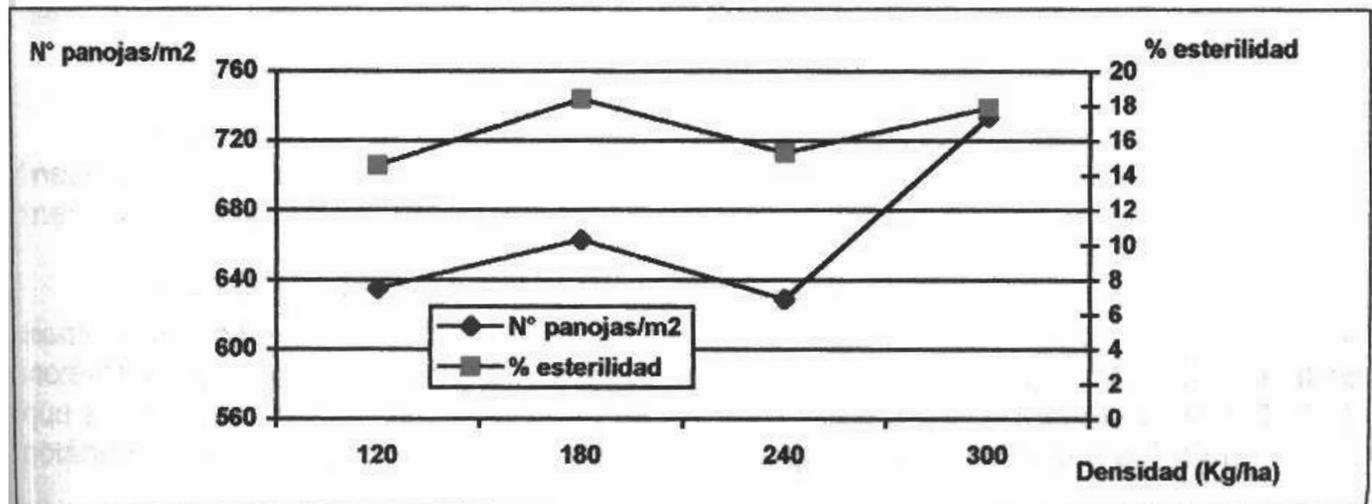


Figura N° 36. Número de panojas por metro cuadrado y porcentaje de esterilidad en función de la densidad.

La disminución en el número de granos por panoja no afectaría tanto el rendimiento en grano debido a que al pasar de 120 Kg./ha a 300 Kg./ha dicho componente disminuye en 14 granos menos por panoja. Por otro lado para la misma variación en densidad produce un número mayor de panojas por metro cuadrado y cada panoja significan de 84 a 99 granos más, por lo cual el efecto es de una magnitud mayor.

4.3. LINEA L 1844

4.3.1. Número de plantas por metro cuadrado

Para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas en Densidad ($P = 0.000$), significativas al 5% para la interacción y levemente significativas para la Distribución ($P = 0.059$). (Apéndice N° 20). Cuadro N° 36.

Cuadro N° 36. Número de plantas por metro cuadrado.

(1)	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
DISTRIBUCION					
Líneas 20	143cd	174bcd	250bc	226bc	198
Líneas 15	183bcd	205bcd	305ab	415a	277
Voleo	67d	132cd	238bc	178bcd	153
MEDIAS (1)	131b	170b	264a	273a	

P Distribución = 0.059; P Densidad = 0.000; P interacción = 0.047.

Densidad y = $27.5 + 0.867x$; $R^2 = 0.92$; $p = 0.042$.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente para la interacción y para la Densidad respectivamente ($P = 0,05$) por el Test de Tukey.

En promedio, el número de plantas por metro cuadrado se incrementó linealmente con el aumento en la densidad de siembra, ajustándose una regresión lineal significativa ($P = 0.042$).

Sin embargo, la respuesta en número de plantas al incrementar la densidad de siembra fue diferencial en los tratamientos de distribución. El número de plantas se incremento linealmente ($P = 0.03$) solo en las Líneas a 15 cm (Figura N° 37), mientras que en las Líneas a 20 cm, esta tendencia no alcanzó a ser significativa ($P = 0.137$), notándose un estancamiento en las densidades superiores al igual que al Voleo.

Solamente las Líneas a 15 cm lograron un stand de plantas próximo al recomendado (200-300 pl./m²) en las densidades de 120 Kg./ha y 180 Kg./ha, observándose que la distribución más perjudicada fue el Voleo, debido a problemas del método de siembra en sí, ya que las plantas no ejercen una fuerza conjunta para

emerger como lo hacen en siembras en líneas; y a un severo encostramiento que perjudicó aún más la emergencia.

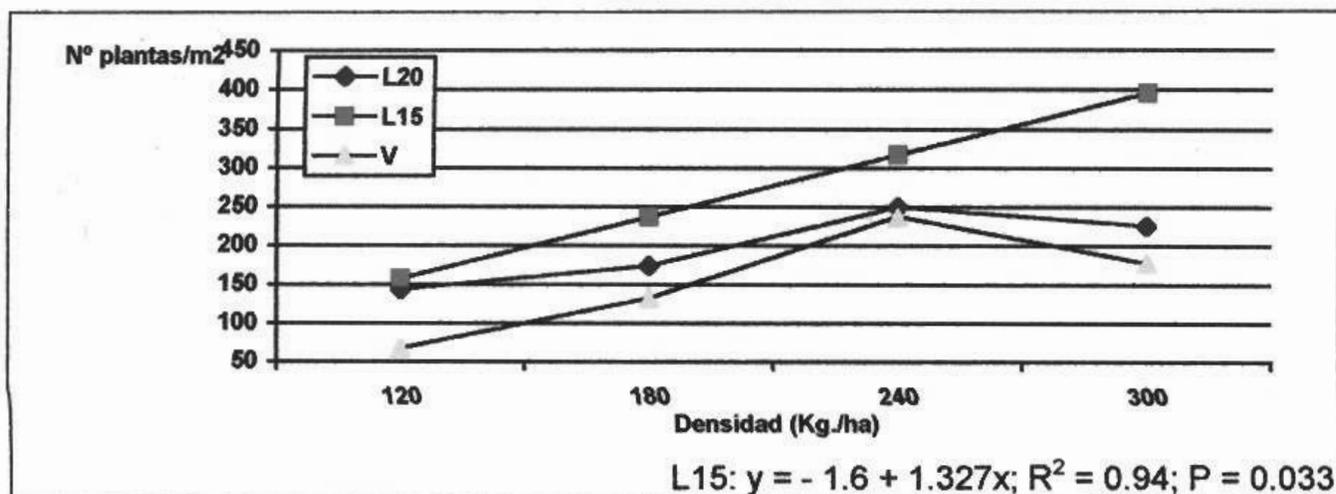


Figura N° 37. Número de plantas por metro cuadrado en la interacción.

En cuanto a la distribución en general se observa que el Voleo no logró el stand de plantas antes mencionado, aunque las diferencias fueron significativas solo al 6%.

4.3.2. Número de tallos por metro cuadrado

Esta variable se cuantificó en tres etapas del crecimiento del cultivo, primordio, floración y madurez.

4.3.2.1. Número de tallos en primordio

Del análisis de varianza surge que existieron diferencias altamente significativas ($P = 0.000$) para Densidad, no siendo así para el resto de las variables (Cuadro N° 37) (Apéndice N° 21).

Cuadro N° 37. Número de tallos por metro cuadrado en primordio.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	400	580	773	783	634
Líneas 15	567	603	640	787	649
Voleo	611	623	708	784	681
MEDIAS (1)	526c	602bc	707ab	784a	
Macollos/planta	4.0	3.5	2.7	2.9	

P densidad = 0.000.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente ($P = 0,05$) por el Test de Tukey.

En términos generales se observa una disminución en el número de macollos por plantas al aumentar la densidad.

Se observó un aumento lineal en el número de tallos en función de la densidad de siembra ($P = 0.02$).

La capacidad de macollaje fue similar a INIA Caraguatá pero partiendo de poblaciones de plantas inferiores. No obstante, a altas densidades de siembra el número de macollos por planta se mantuvo relativamente alto (2.9).

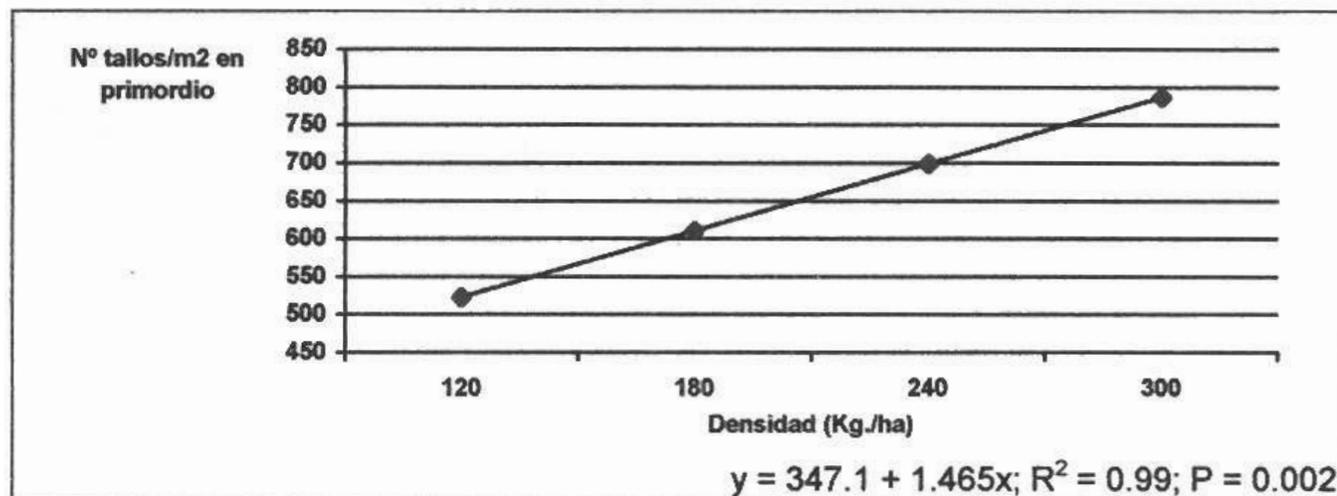


Figura N° 38. Número de tallos por metro cuadrado en primordio en función de la densidad.

4.3.2.2. Número de tallos en floración

Para esta variable no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Cuadro N° 38. (Apéndice N° 22).

Cuadro N° 38. Número de tallos por metro cuadrado en floración.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	519	546	595	551	553
Líneas 15	558	540	533	620	563
Voleo	560	603	638	749	637
MEDIAS	546	563	589	640	

4.3.2.3. Número de tallos en madurez

El análisis de esta variable se describe en el punto 4.3.7.1 Número de panojas por metro cuadrado, ya que en ésta etapa cada tallo formado tenía una panoja.

4.3.2.4. Evolución del número de tallos

Del análisis de varianza surge que la interacción Distribución x Etapa Fenológica fue altamente significativas, $P = 0.007$ Cuadro N° 39. Apéndice N° 23.

Cuadro N° 39. Evolución del número de tallos por metro cuadrado según distribución.

DISTRIBUCION (1)	Plantas	Tallos en Primordio	Tallos en Floración	Tallos en Madurez
L20	198b	634a	553a	580a
L15	277c	649ab	563b	706a
Voleo	153b	681a	637a	605a

P interacción Distribución x Etapa Fenológica = 0.007.

(1) Los valores seguidos por una misma letra dentro de cada distribución, no difieren entre si significativamente ($P = 0,05$) por el Test de Tukey.

El número de tallos tendió a ser mayor en primordio luego de completado el macollaje, tendiendo a declinar o estabilizarse posteriormente, aunque esta tendencia solo fue consistente en Voleo.

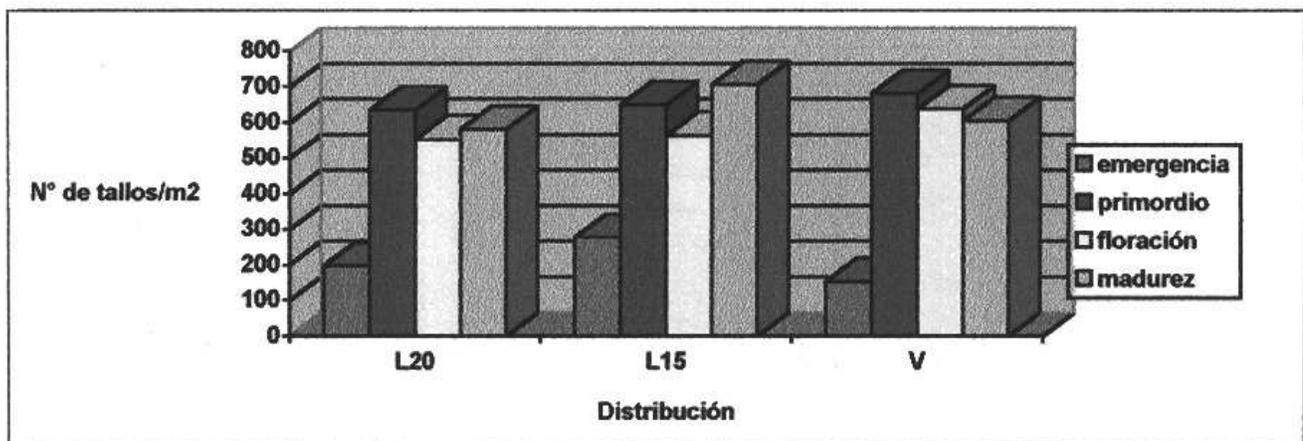


Figura N° 39. Evolución del número de tallos por metro cuadrado según distribución.

Al analizar la interacción Densidad por Etapa Fenológica ($P = 0.025$) puede observarse que en las mayores densidades de siembra (240 y 300 Kg/ha), luego de alcanzarse un alto número de macollos en primordio, este declinó por la mayor competencia, alcanzandose en madurez una poblacion de tallos similar en las diversas densidades (Figura N° 40).

Esto se reflejó en un mayor macollaje efectivo en las bajas densidades de siembra más que en las altas (Cuadro N° 40).

Cuadro N° 40. Evolución del número de tallos por metro cuadrado según Densidad y Macollaje Efectivo.

DENSIDAD (Kg./ha)	Plantas	Primordio	Floración	Madurez	Macollaje Efectivo
120	131	526	546	636	4.9
180	170	602	563	630	3.7
240	264	707	589	621	2.4
300	273	784	640	636	2.3

Las mayores densidades tenían más tallos en primordio y floración, la cual pudo influir en que la infección empezara antes, durante la elongación, resultando en la mayor declinación en tallos observada en las densidades altas que llegaron a madurez con un número de tallos similar a las densidades bajas.

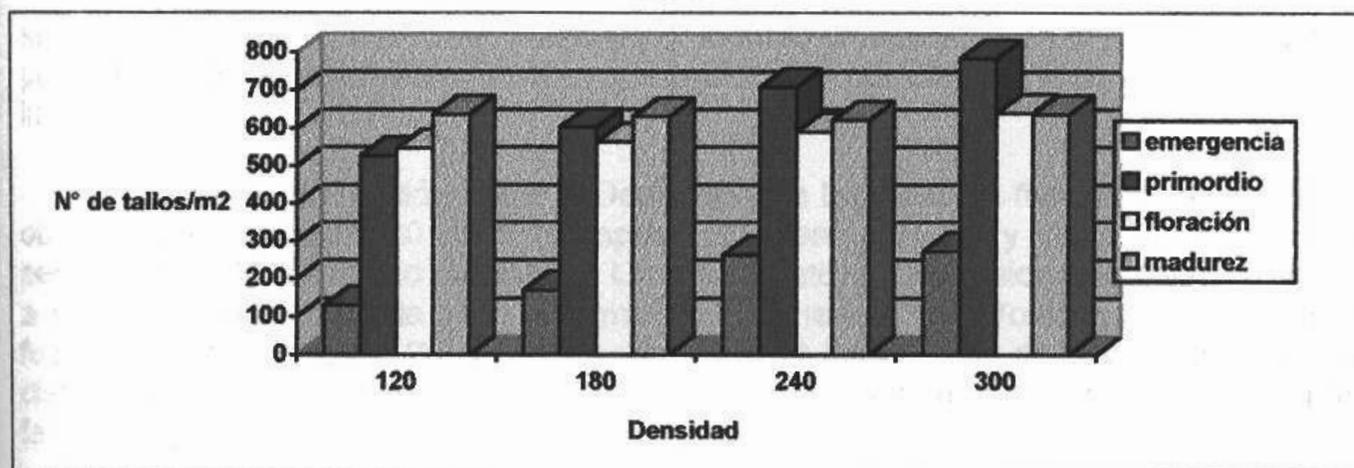


Figura N° 40. Evolución del número de tallos por metro cuadrado en función de la densidad.

4.3.3. Incidencia de enfermedades

4.3.3.1. Incidencia de Podredumbre de Tallo

Del análisis de varianza realizado surge que no existieron diferencias significativas para esta variable. Cuadro N° 41. (Apéndice N° 24)

A diferencia de lo encontrado por varios autores citados en la revisión bibliográfica y a los resultados presentados para INIA Caraguatá, no se observaron efectos en el ISD al variar la densidad y el espaciamiento.

Sin embargo se observó una correlación positiva entre el ISD *Sclerotium* y el número de tallos por metro cuadrado en floración (Figura N° 41). Según Webster (1992), desde el punto de vista del estado fenológico de la planta, el momento más sensible es en elongación de entrenudos, con lo cual según los resultados obtenidos, un mayor número de tallos en ésta etapa provoca un mayor nivel de infección de la enfermedad.

Cuadro N° 41. ISD *Sclerotium*.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	49.1	46.0	42.2	36.3	43.4
Líneas 15	40.3	36.9	45.7	50.1	43.2
Voleo	36.6	39.7	47.2	51.6	43.8
MEDIAS	42.0	40.9	45.0	46.0	

Según la bibliografía esta enfermedad se transmite de planta en planta cuando se tocan sus partes y mediante el agua, por lo tanto un aumento en el número de tallos por unidad de área provoca un mayor contacto de las plantas y un mayor nivel de infección.

Si bien la interacción entre la Densidad y la Distribución fue débil, la tendencia observada en Líneas a 20 cm con respecto a Líneas a 15 cm y Voleo fue opuesta, a pesar que el ISD promedio fue similar. Un incremento en la densidad de siembra tendió a incrementar la incidencia de la enfermedad en Líneas a 15 y Voleo, pero la tendencia fue inversa en Líneas a 20 cm. Aparentemente el incremento de la densidad en las distribuciones más uniformes (Líneas a 15 cm y Voleo), resultó en un microclima más favorable al desarrollo de la enfermedad.

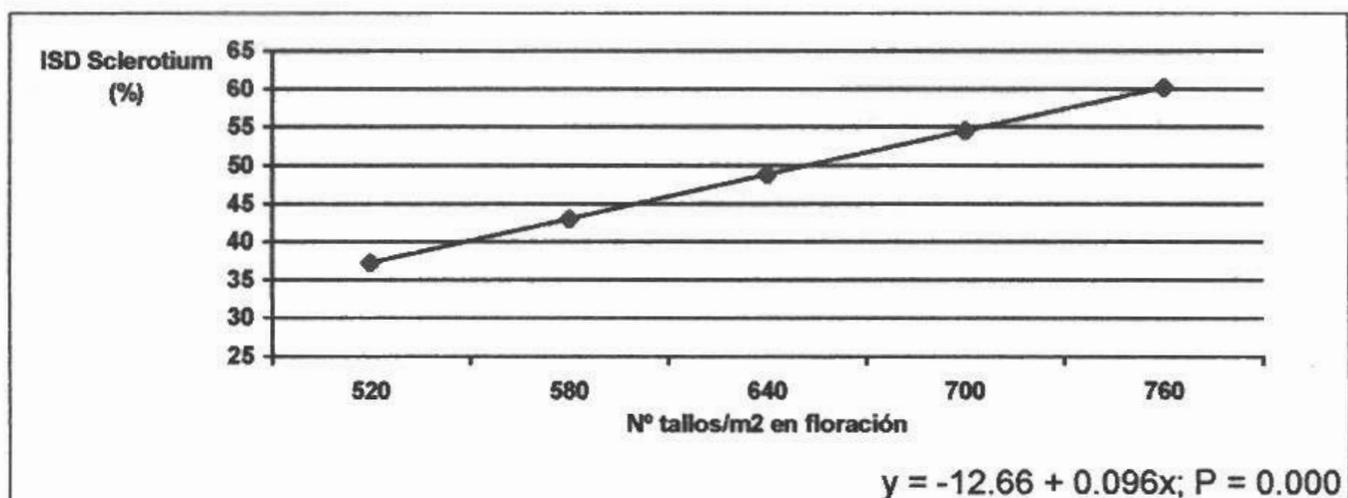


Figura N° 41. Efecto del número de tallos por metro cuadrado en floración sobre el ISD *Sclerotium*.

4.3.3.2. Incidencia de Manchado Confluente de las Vainas

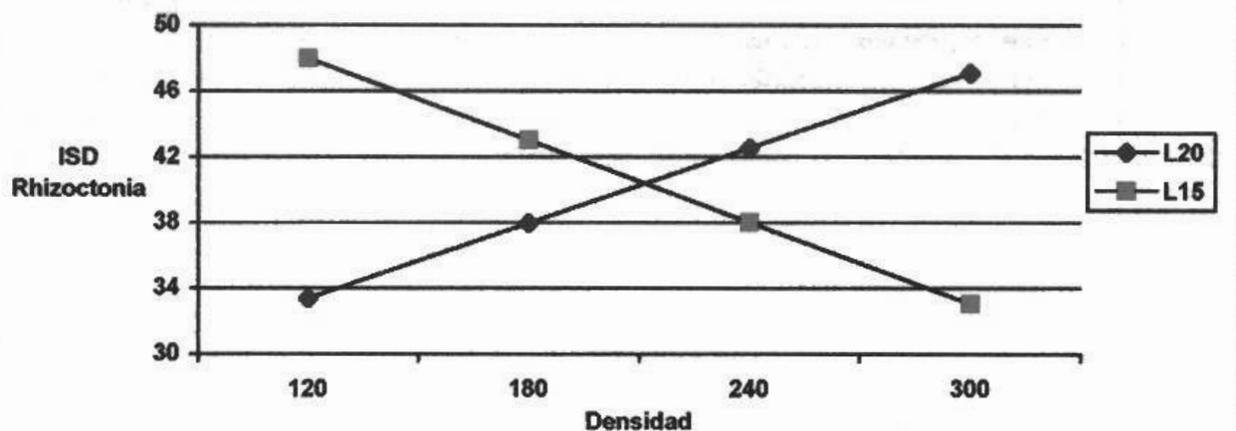
Se encontró una interacción leve para Densidad por Distribución ($P = 0.082$) Cuadro N° 42. (Apéndice N° 25)

Se observó una respuesta lineal e inversa del ISD para las Líneas a 15 cm y 20 cm (Figura N° 42), al incrementar la densidad de siembra, manteniéndose relativamente estable el Voleo. Las Líneas a 15 cm disminuyeron el ISD a medida que aumenta la densidad, al tiempo que las Líneas a 20 cm aumentaron su incidencia. Esto se puede deber a que al aumentar la densidad en las líneas a 20 cm se acercan mucho las plantas en la fila aumentando el contacto entre ellas, lo cual podría aumentar la severidad. Este efecto se daría en menor magnitud en las líneas a 15 cm. Cabe destacar que la tendencia de la incidencia de *Rhizoctonia* en estas Distribuciones fue la opuesta a observada para *Sclerotium*, por lo que puede estar relacionada al antagonismo entre ambos patógenos.

Cuadro N° 42. Manchado Confluente de las Vainas.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)			
	120	180	240	300
Líneas 20	33.5	38.5	41.0	47.8
Líneas 15	48.1	42.2	39.1	32.5
Voleo	43.2	44.4	37.0	43.5

P interacción = 0.082.



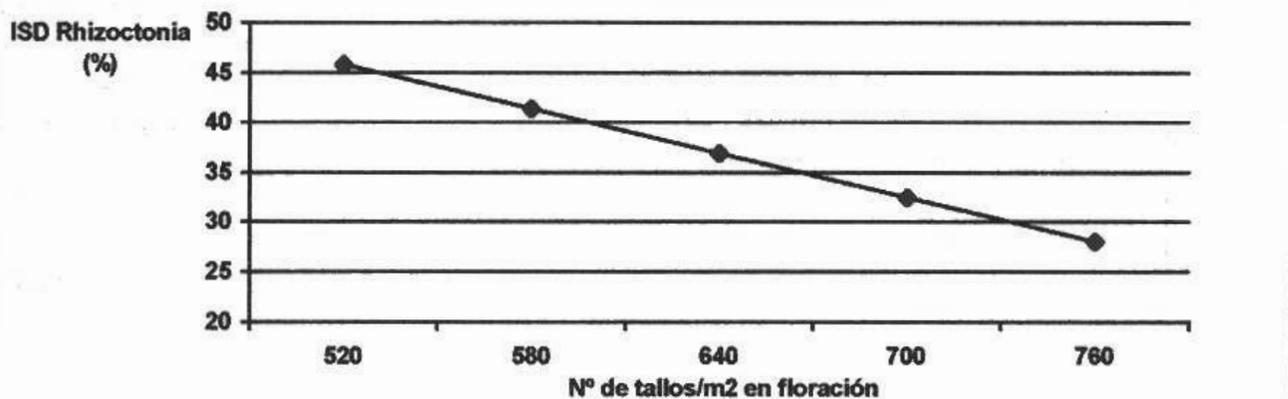
$$L\ 20\ y = 24.31 + 0.076x; R^2 = 0.97; P = 0.015.$$

$$L\ 15\ y = 57.94 - 0.083x; R^2 = 0.98.; P = 0.008.$$

Figura N° 42. Manchado Confulente de las Vainas en función de la Densidad

Se realizaron correlaciones entre el ISD *Rhizoctonia* y el número de tallos por metro cuadrado en las diferentes etapas fenológicas, encontrándose solamente significación en floración y madurez. Para el caso de floración se observó una correlación negativa, y para madurez la correlación entre las variables fue positiva.

Al aumentar el número de tallos por metro cuadrado en floración, se observó una respuesta claramente inversa en los ISD *Rhizoctonia*, con respecto a los ISD *Sclerotium*. Esto probablemente se deba a que con mayor número de tallos en esta etapa, se favoreció un ataque temprano de *Sclerotium* que debido al antagonismo entre ambos patógenos, limitó la incidencia de *Rhizoctonia*.



$$y = 84.28 - 0.074x; P = 0.010$$

Figura N° 43. Efecto del número de tallos por metro cuadrado en floración sobre el ISD *Rhizoctonia*

En floración es el momento en que las enfermedades comienzan a desarrollarse, por lo tanto el número de tallos que existe en ésta etapa es determinante del nivel de infección de las enfermedades (aunque *Sclerotium* comienza la infección algo antes que *Rhizoctonia* por el nivel de inoculo existente en éste caso). Debido a ello se podría pensar que en los casos en que *Sclerotium* no causó gran infección, se desarrolló un ataque tardío de *Rhizoctonia*.

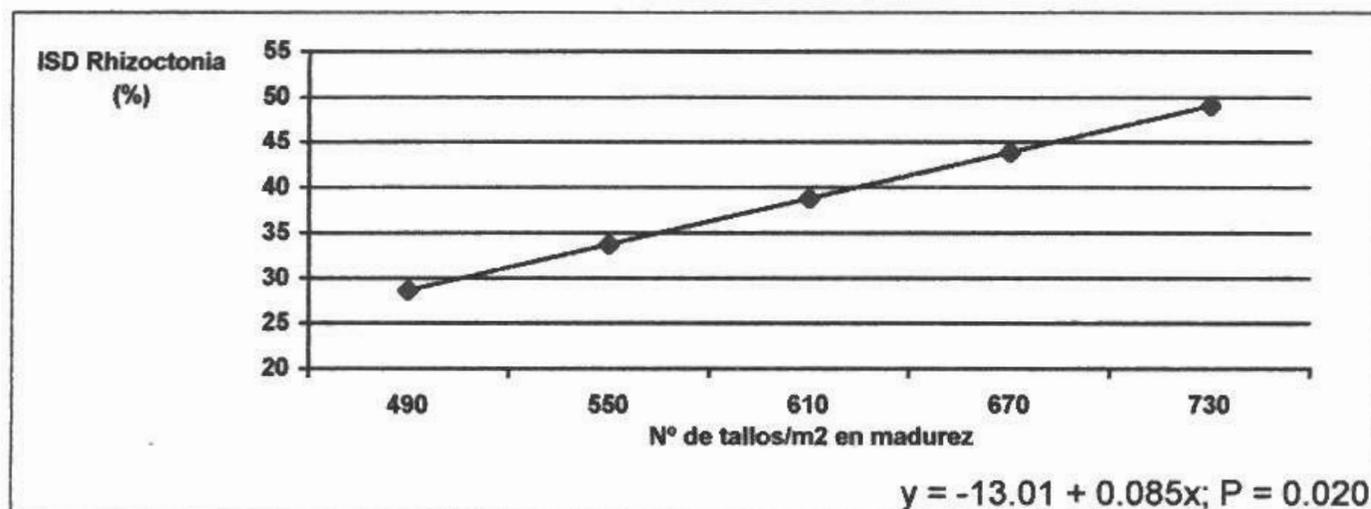


Figura Nº 44. Efecto del número de tallos por metro cuadrado en madurez sobre el ISD *Rhizoctonia*.

Sin embargo con respecto a los tallos en madurez se observa una correlación positiva. Esto podría deberse a que luego que las plantas se infectaron, la enfermedad se desarrolló más en la medida que la densidad de tallos fue mayor.

4.3.3.3. Estudio comparativo de las enfermedades

Para el caso de las líneas se observó el comportamiento contrastante de ambas enfermedades al aumentar la densidad de siembra, en las dos distribuciones consideradas (L20 y L15). En L20 al incrementar la densidad de siembra, se registró una disminución en la incidencia de *Sclerotium* y un aumento en la de *Rhizoctonia*, mientras que al acercar las filas se incrementa la de *Sclerotium* y disminuye la de *Rhizoctonia*.

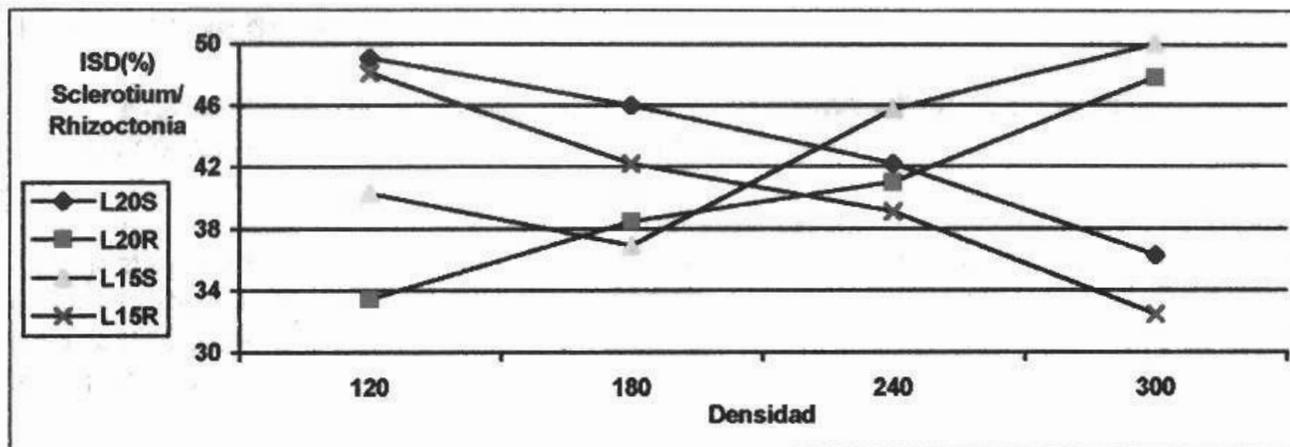


Figura N° 45. ISD *Sclerotium* y *Rhizoctonia* para Líneas a 20 y 15 cm en función de la Densidad

En el caso del Voleo, al no tener entrefila para que circule el aire, se creó un microclima cuyas condiciones predispusieron para que la incidencia de ambas enfermedades fuera superior a la de las líneas.

Para corroborar el antagonismo entre los ISD de ambas enfermedades, se calculó la correlación, la cual fue negativa y altamente significativa (Figura N° 46). Al igual de lo ocurrido en el caso de INIA Caraguatá.

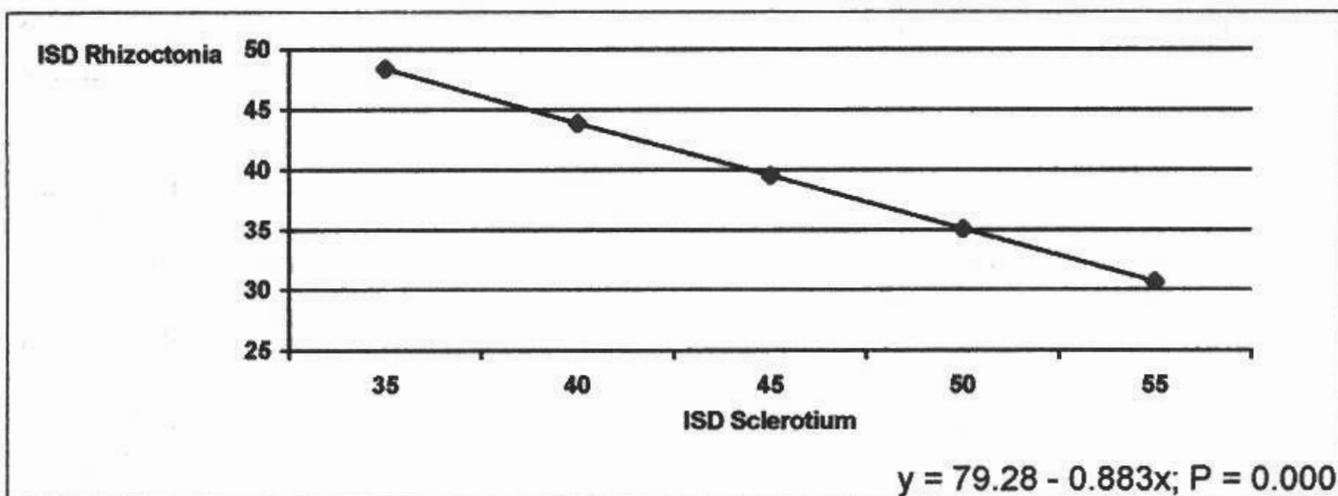


Figura N° 46. Efecto del ISD *Sclerotium* sobre el ISD *Rhizoctonia*.

4.3.4. Índice de área foliar

Esta variable se pretendía estudiar en floración y madurez, pero debido al fuerte ataque de enfermedades del tallo registrados fue imposible determinarla en madurez. Por lo tanto solo se presentan datos de ésta variable en floración.

4.3.4.1. IAF en floración

En cuanto al IAF en floración, no se observaron diferencias significativas en el análisis de varianza, Cuadro N° 43. (Apéndice N° 26)

A diferencia de lo postulado por Yoshida (1972), no se observaron variaciones significativas en el IAF al aumentar la densidad, ni al cambiar el espaciamiento. Sin embargo los valores de IAF coinciden con los citados por dicho autor en 1981, como necesarios para una adecuada fotosíntesis en arroz. Presentando en general valores superiores a los de INIA Caraguatá.

Cuadro N° 43. Índice de área foliar en floración.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	5.726	5.702	5.609	7.247	6.071
Líneas 15	5.734	5.923	4.893	5.859	5.602
Voleo	5.233	6.076	6.584	6.930	6.206
MEDIAS	5.564	5.900	5.695	6.678	

Según Owen (1968), al aumentar la densidad aumenta el número de tallos por unidad de área no presentando diferencias el índice de área foliar, por lo tanto el área foliar por planta es menor. Observando los resultados obtenidos, se podría concluir de la misma manera, aunque el aumento en número de tallos no sea significativo.

4.3.5. Materia seca

Esta variable se estudio en primordio, floración y madurez.

4.3.5.1. Materia seca en primordio

Del análisis de varianza surge que existieron diferencias significativas a $P = 0.020$, en función de la densidad. (Apéndice N° 27) Cuadro N° 44.

Se observa un aumento lineal en la materia seca en primordio en función de la densidad, siendo significativamente diferente solo las densidades extremas, no siendo así en el resto de las comparaciones. Se observa una respuesta similar a la del número de tallos por metro cuadrado en el mismo momento, la cual podría estar explicando este mayor peso. Contrariamente a lo encontrado por Wu (1996), que sostiene que al aumentar la densidad, disminuye el número de macollos por planta pero la materia seca se mantiene constante.

Cuadro N° 44. Materia seca en primordio (t/ha).

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	2.210	2.500	2.890	3.578	2.794
Líneas 15	2.264	2.993	2.474	3.033	2.691
Voleo	2.642	2.647	3.448	3.428	3.041
MEDIAS (1)	2.372b	2.714ab	2.937ab	3.346a	

P densidad = 0.020.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente (P = 0,05) por el Test de Tukey.

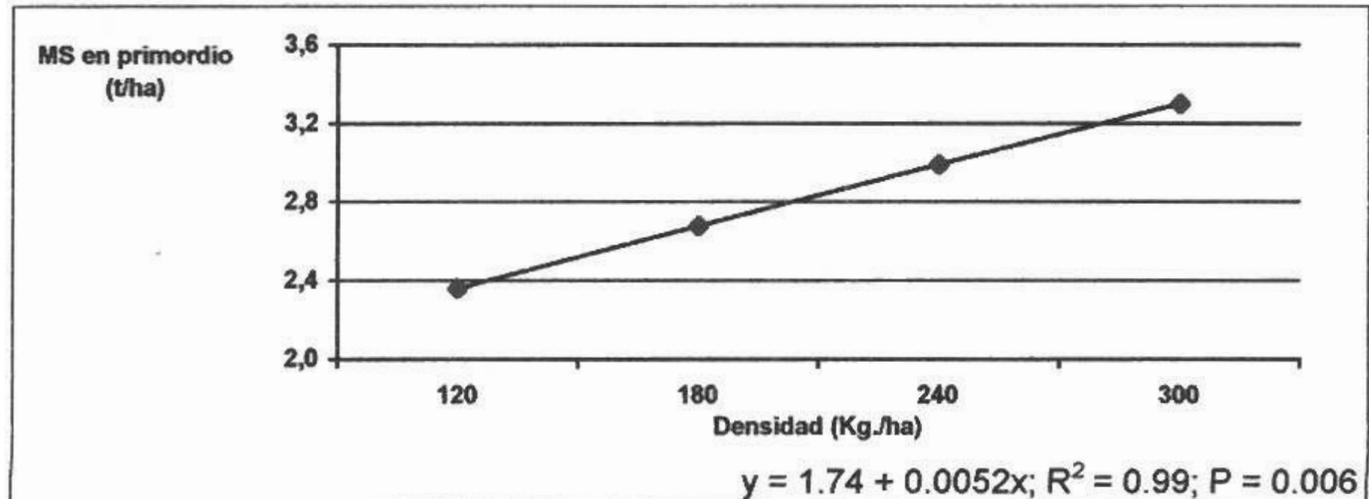


Figura N° 47. Materia seca en primordio en función de la densidad.

4.3.5.2. Materia seca en floración

No se encontraron diferencias significativas para esta variable, Cuadro N° 45 (Apéndice N° 28), alcanzando los tratamientos de Densidad una producción de materia seca similar. El coeficiente de variación fue alto (31,5%) y la menor producción de materia seca de Líneas a 15 cm no alcanzó a ser estadísticamente significativo.

Cuadro N° 45. Materia seca en floración (t/ha).

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	13.619	15.520	13.345	15.783	14.567
Líneas 15	12.730	13.050	9.305	12.062	11.787
Voleo	15.368	15.028	16.025	18.950	16.343
MEDIAS	13.906	14.533	12.892	15.598	

4.3.5.3. Materia seca en madurez

No se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza, Cuadro N° 46. (Apéndice N° 29).

Cuadro N° 46. Materia seca en madurez (t/ha).

DISTRIBUCION	DENSIDAD (t/ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	15.656	19.492	17.529	17.469	17.537
Líneas 15	24.225	20.281	18.894	18.606	20.501
Voleo	20.982	17.053	17.673	18.090	18.450
MEDIAS	20.288	18.942	18.032	18.055	

Según Wells y Faw (1987), al aumentar la densidad, la materia seca en madurez tiende a descender. Los resultados obtenidos son similares, aunque la disminución en materia seca no es significativa.

Se observó una correlación positiva entre el número de tallos por metro cuadrado en madurez y la materia seca total en madurez, lo que probablemente esté explicando este mayor peso.

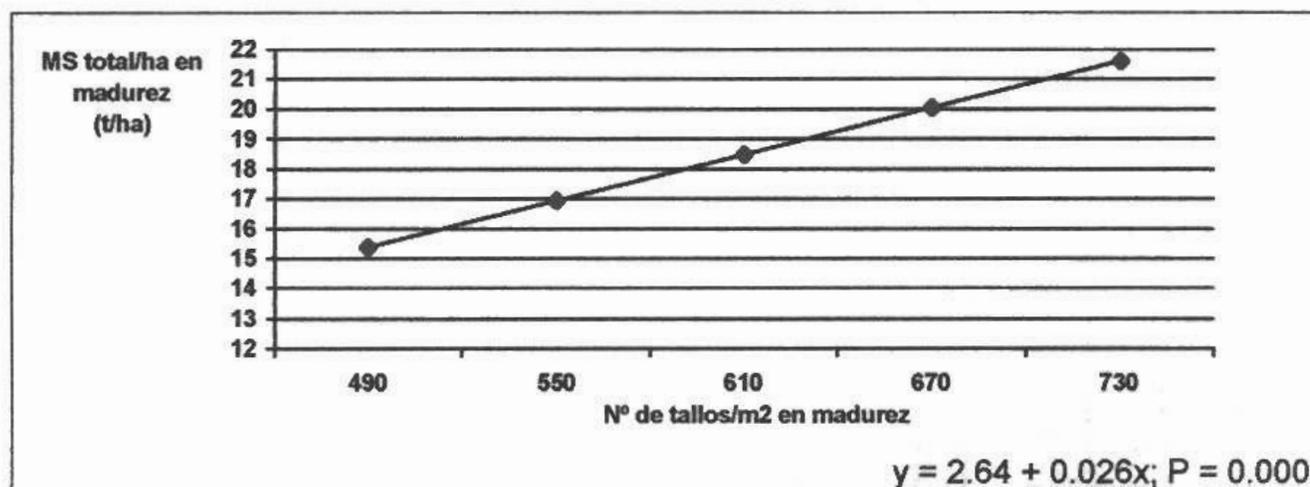


Figura N° 48. Efecto del número de tallos por metro cuadrado en madurez sobre la MS total en madurez.

4.3.5.4. Evolución de la materia seca

Del análisis de varianza surge que existió una interacción significativa ($P = 0.051$) entre la Distribución y la Etapa Fenológica de estimación de la materia seca, Cuadro N° 47. Apéndice N° 30.

Se observaron respuestas diferentes en la evolución de la materia seca. Las Líneas a 20 cm y el Voleo, aunque mostraron una tendencia a aumentar el peso por hectárea, la producción de materia seca en madurez no alcanzó a ser significativamente diferente a la que presentaron en floración. No es el caso de las Líneas a 15 cm, en la cual los aumentos en materia seca, son significativamente diferentes en las distintas etapas.

Cuadro N° 47. Evolución de la materia seca según distribución.

DISTRIBUCION (1)	Primordio	Floración	Madurez
L20	2.794b	14.567a	17.537a
L15	2.691c	11.787b	20.501a
Voleo	3.041b	16.343a	18.450a

P interacción distribución – momento = 0.051.

(1) Los valores seguidos por una misma letra dentro de cada distribución, no difieren entre si significativamente ($P = 0,05$) por el Test de Tukey.

El Voleo a pesar de que en primordio y floración presentó el mayor valor, no logró mantener la diferencia en madurez. Por el contrario las Líneas a 15 cm que en primordio y floración presentaron el menor valor, en madurez alcanzaron el mayor peso por hectárea. Esto se explica mediante la correlación que existe entre la materia seca y el número de tallos por metro cuadrado, observándose una respuesta similar en esta última variable para las mismas distribuciones.

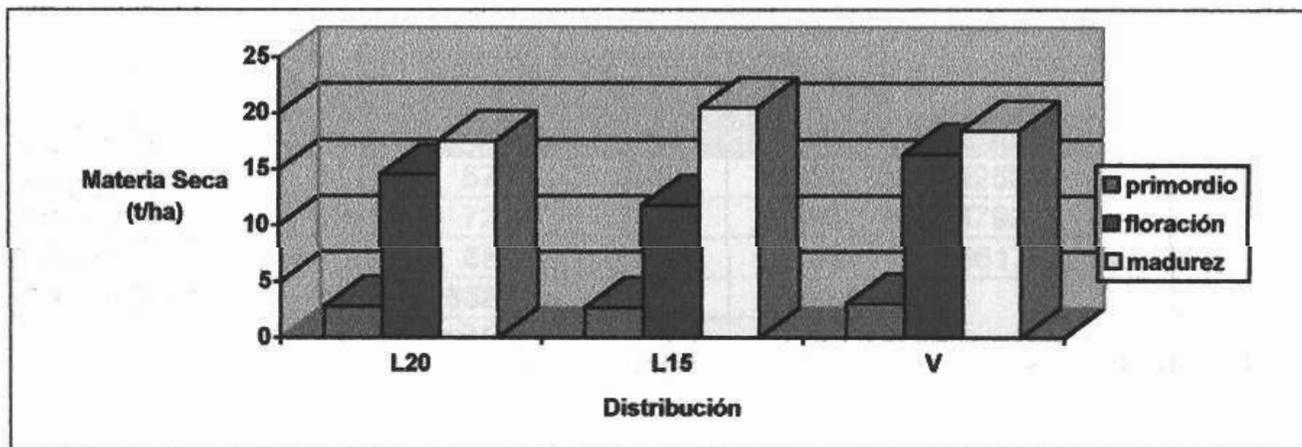


Figura N° 49. Evolución de la materia seca según Distribución.

Cuadro N° 48. Evolución de la materia seca según densidad.

DENSIDAD (Kg./ha)	Primordio	Floración	Madurez
120	2.372	13.906	20.288
180	2.714	14.533	18.942
240	2.937	12.892	18.032
300	3.346	15.598	18.055

Se observa que para las distintas densidades la materia seca evoluciona de la misma manera. Al igual que para la distribución, las densidades que logran mayores valores en las etapas más tempranas luego son las que presentan menores pesos en madurez y viceversa.

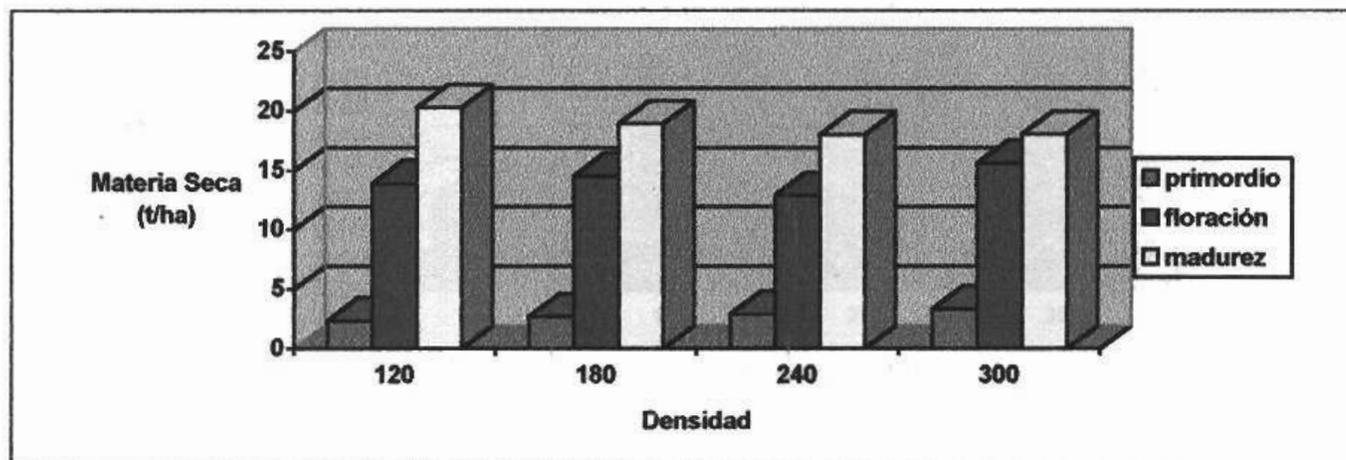


Figura N° 50. Evolución de la materia seca en función de la densidad.

4.3.6. Rendimiento en grano

Para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas para la Densidad ($P = 0.002$), siendo débil la interacción con Distribución ($P = 0.098$). Cuadro N° 49. (Apéndice N° 31)

Cuadro N° 49. Rendimiento en grano (Kg./ha).

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	5118	5744	6821	7350	6258
Líneas 15	6285	7220	7101	6561	6792
Voleo	6004	6803	6876	6786	6617
MEDIAS (1)	5802b	6589ab	6933a	6899a	

P densidad = 0.002; P interacción = 0.098.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente ($P = 0,05$) por el Test de Tukey.

Se observan diferencias significativas entre las dos densidades superiores, cuyos rendimientos fueron muy similares, y la menor (120 Kg./ha). La respuesta en rendimiento al incremento en la densidad de siembra fue cuadrática ($y = 3025.75 + 30.0x - 0.057x^2$, $R^2 = 0.99$ y $P = 0.016$), con una tendencia a deprimir el rendimiento en la mayor densidad utilizada. Esta respuesta difiere de INIA Caraguatá la cual presenta una respuesta lineal en rendimiento al incrementar la densidad de siembra.

El rendimiento presenta una respuesta significativa al aumento de la densidad siendo inversa a la que presenta la materia seca en madurez (aunque sin ser significativa).

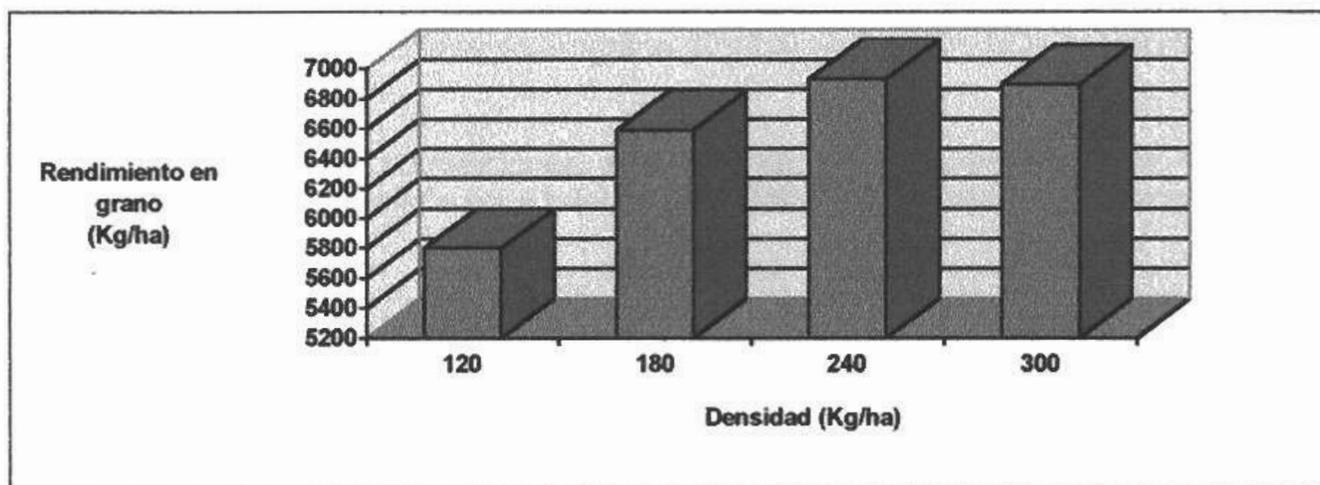


Figura N° 51. Rendimiento en grano en función de la densidad.

El rendimiento de las Líneas a 20 cm fue 7,1% menor que el de las Líneas a 15 cm y Voleo, pero ésta diferencia no alcanzó a ser estadísticamente significativa.

En cuanto a la interacción, se observó que las Líneas a 20 cm no mostraron un máximo en el rango de densidades en estudio, respondiendo en forma lineal al aumento de la densidad, presentando mayores rendimientos que las otras distribuciones solamente en densidades de siembra de 300 kg./ha de semilla. Las otras Distribuciones, por el contrario, mostraron una tendencia a deprimir los rendimientos a altas densidades de siembras. (Figura N° 52.)

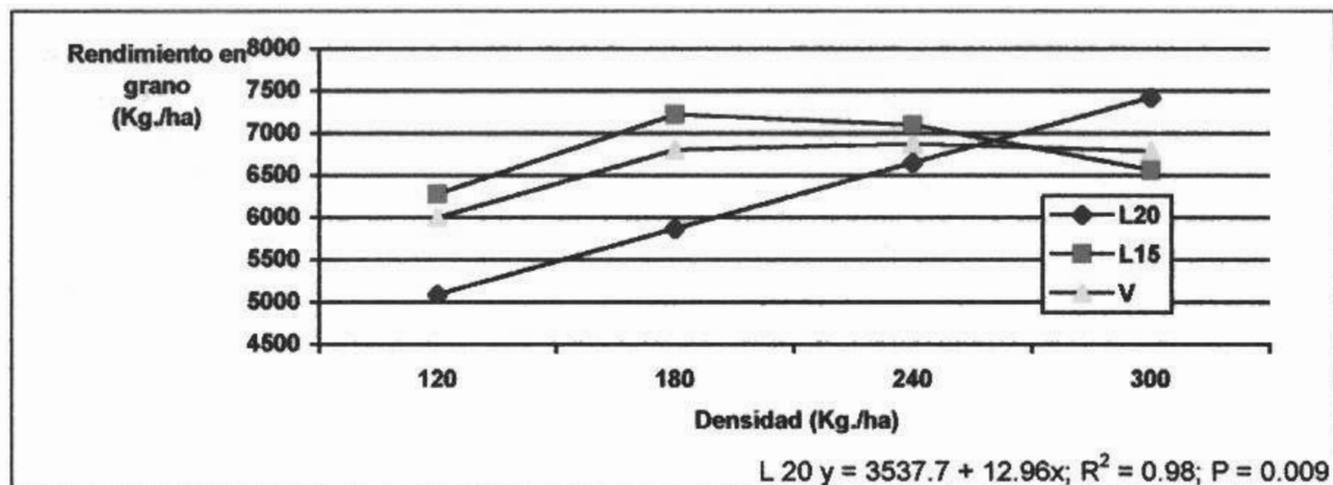


Figura N° 52. Rendimiento en grano (Kg./ha) en función de la interacción.

Se observaron correlaciones significativas entre los rendimientos y algunas variables tales como materia seca total en primordio, ISD *Sclerotium* y *Rhizoctonia*.

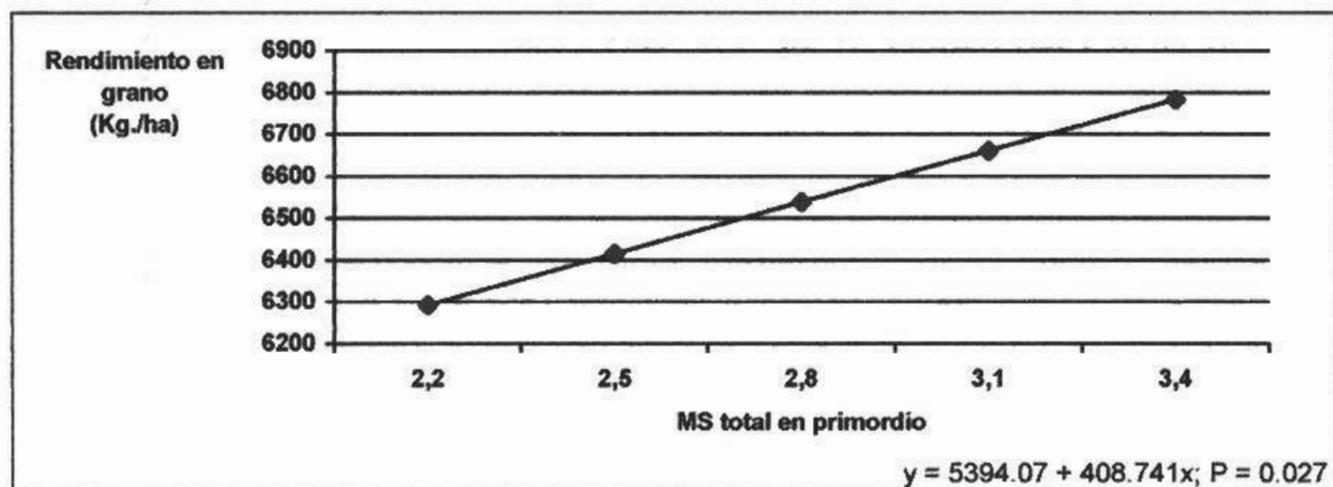


Figura N° 53. Correlación entre la materia seca total en primordio y el rendimiento.

Por su parte la correlación entre el rendimiento e IAF en floración fue débil y positiva ($y = 5461.43 + 183.615x; P = 0.11$), indicando que los mayores rendimientos estuvieron asociados a los tratamientos con mayor área foliar en floración.

La correlación entre ISD *Sclerotium* fue negativa y muy significativa. (Figura N° 54). Esto comprueba en general, que los resultados en rendimiento que se obtuvieron en el ensayo se encuentran deprimidos por la infección de ésta enfermedad.

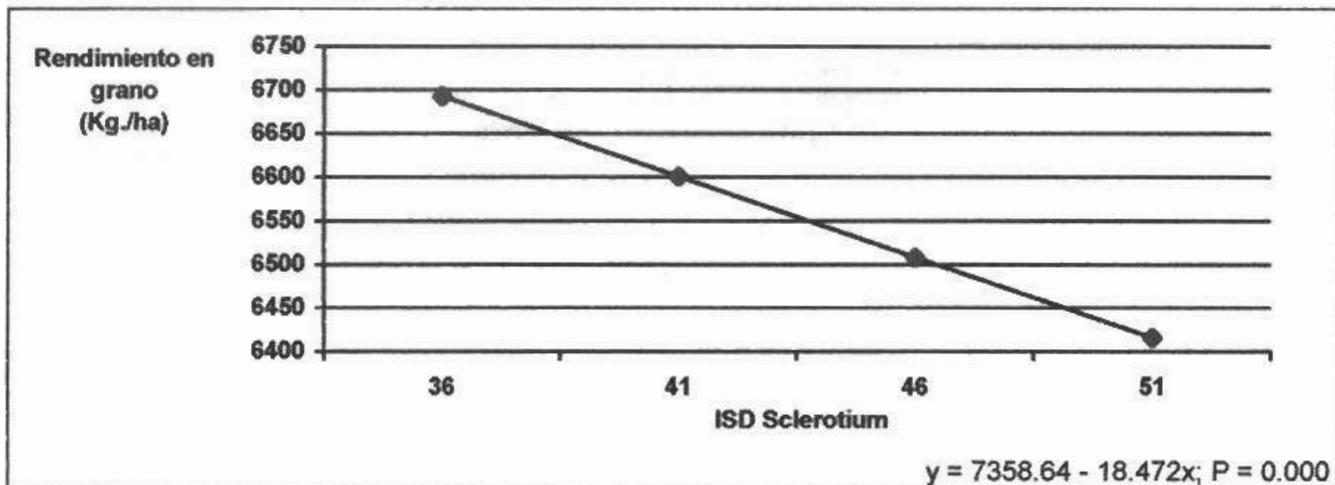


Figura N° 54. Correlación entre el ISD *Sclerotium* y el rendimiento en grano.

Para el caso del ISD *Rhizoctonia* se observó una correlación positiva, la cual se debe a la correlación negativa que existió entre las enfermedades. El mayor rendimiento que se obtuvo con mayores ISD *Rhizoctonia* se debió al menor ataque de *Sclerotium* en esos casos. Cabe destacar la mayor importancia que presenta *Sclerotium* frente a *Rhizoctonia* en cuanto a determinar el rendimiento, para éste caso en particular.

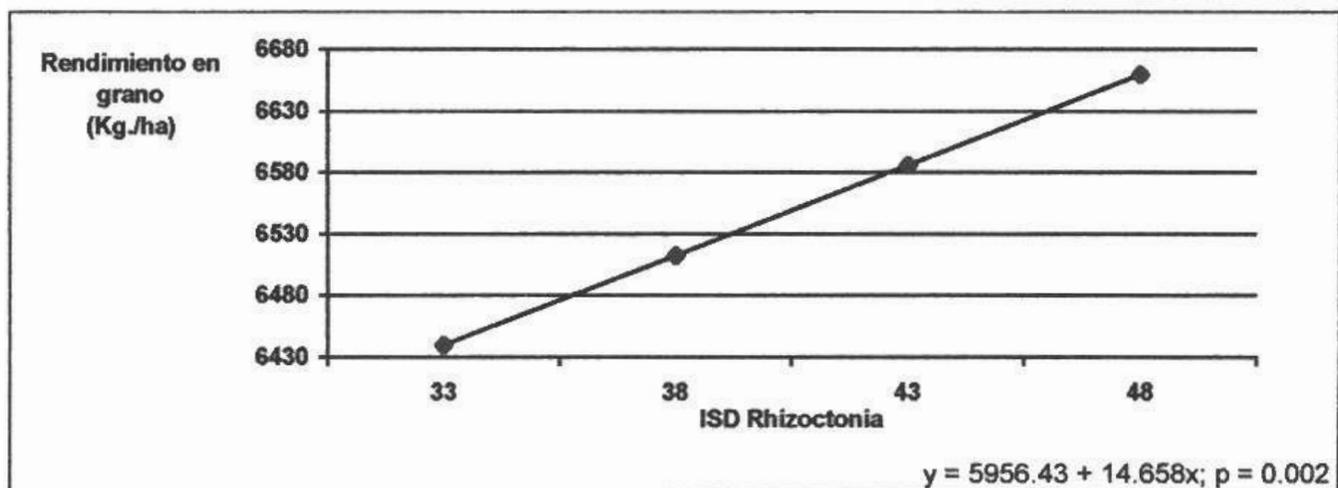


Figura N° 55. Correlación entre el ISD *Rhizoctonia* y el rendimiento en grano.

4.3.7. Componentes del rendimiento

4.3.7.1. Número de panojas por metro cuadrado

Se observaron diferencias significativas en la interacción ($P = 0.038$), no siendo así para cada variable por separado. (Apéndice N° 32) Cuadro N° 50.

Cuadro N 50. Número de panojas por metro cuadrado.

(1)	DENSIDAD (Kg./ha)			
DISTRIBUCION	120	180	240	300
Líneas 20	488c	633abc	615abc	586abc
Líneas 15	783a	717ab	653abc	672abc
Voleo	636abc	539bc	595abc	650abc

P interacción = 0.038.

(1) Los valores seguidos por una misma letra no difieren entre si significativamente (P = 0,05) por el Test de Tukey.

Se observa como a densidades menores cada distribución responde de manera diferente y que en la medida que aumenta la densidad el número de panojas por metro cuadrado tiende a igualarse en las distintas distribuciones. (Figura N° 56)

A pesar de que las diferencias no alcanzaron a ser estadísticamente significativas, las Líneas a 15 cm tendieron a mantener un mayor número de panojas por metro cuadrado en madurez. (Figura N° 56.)

Se observó una correlación positiva y muy significativa (P = 0.000) entre panojas por metro cuadrado en madurez y la producción de materia seca en ésta etapa.

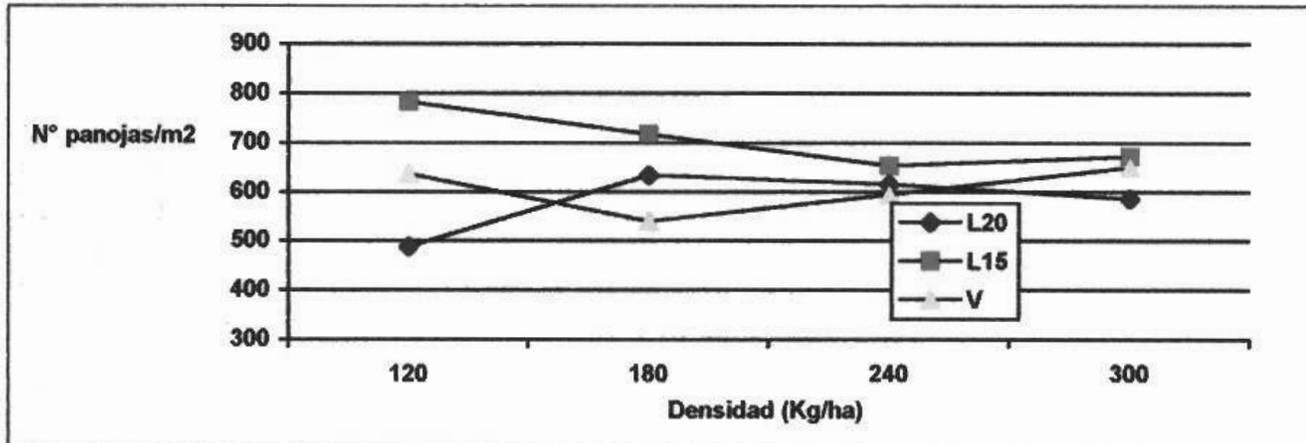


Figura N° 56. Número de panojas por metro cuadrado en función densidad.

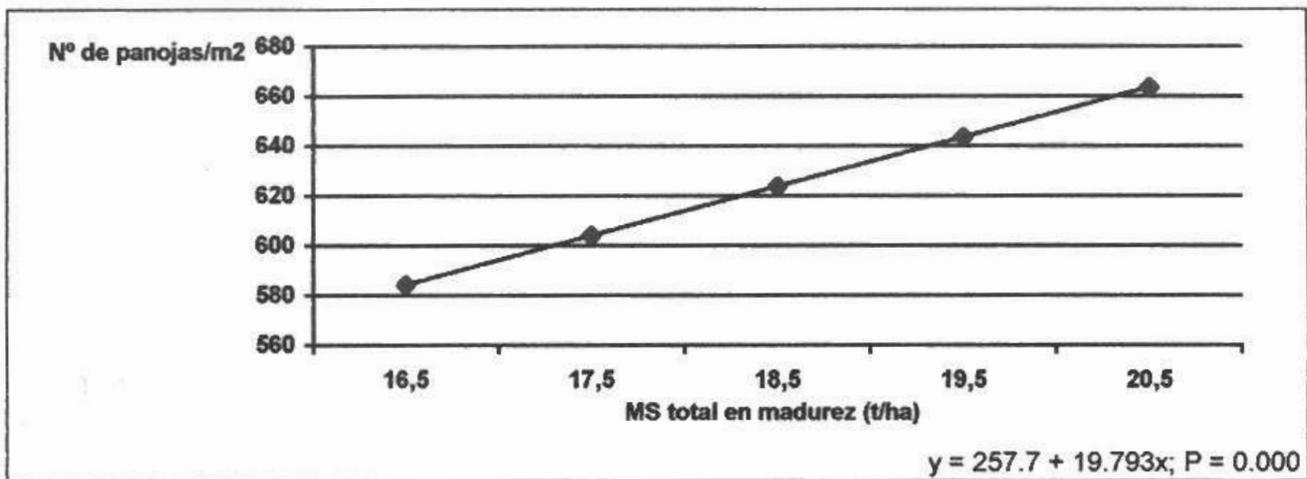


Figura N° 57. Correlación entre MS total en madurez y el número de panojas por metro cuadrado.

4.3.7.2. Número de granos por panoja

Para esta variable no se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza, Cuadro N° 51. (Apéndice N° 33). Sin embargo se observó una tendencia ($P = 0.105$) a la disminución del número de granos por panoja con el aumento de la densidad.

Cuadro N° 51. Número de granos por panoja.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	121	113	101	112	112
Líneas 15	118	110	102	103	108
Voleo	124	111	110	103	112
MEDIAS	121	111	104	106	

P densidad = 0.105.

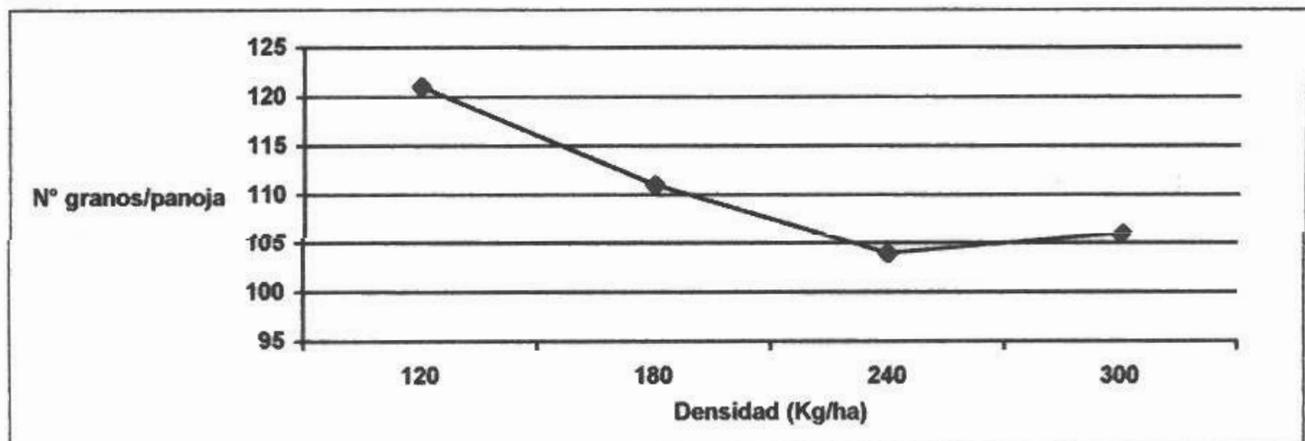


Figura N° 58. Número de granos por panoja en función de la densidad.

4.3.7.3. Porcentaje de esterilidad

No se encontraron diferencias significativas para esta variable Cuadro N° 52. (Apéndice N° 34).

Cuadro N° 52. Porcentaje de esterilidad.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	18.2	17.8	19.7	18.1	18.4
Líneas 15	18.3	14.1	15.0	18.4	16.4
Voleo	15.5	23.3	18.5	28.9	21.5
MEDIAS	17.3	18.4	17.7	21.8	

Se observó una correlación positiva entre el número de tallos por metro cuadrado en floración y el porcentaje de esterilidad ($P = 0.047$). Esto se explica por la correlación encontrada entre el número de tallos en floración y los índices de enfermedades del tallo, lo que estaría determinando el mayor porcentaje de esterilidad. Para corroborar esto y de acuerdo con lo postulado por Yoshida (1981) y Webster (1992), se realizó la correlación entre ISD *Sclerotium* y la esterilidad observándose un resultado positivo. (Figura N° 59 y 60)

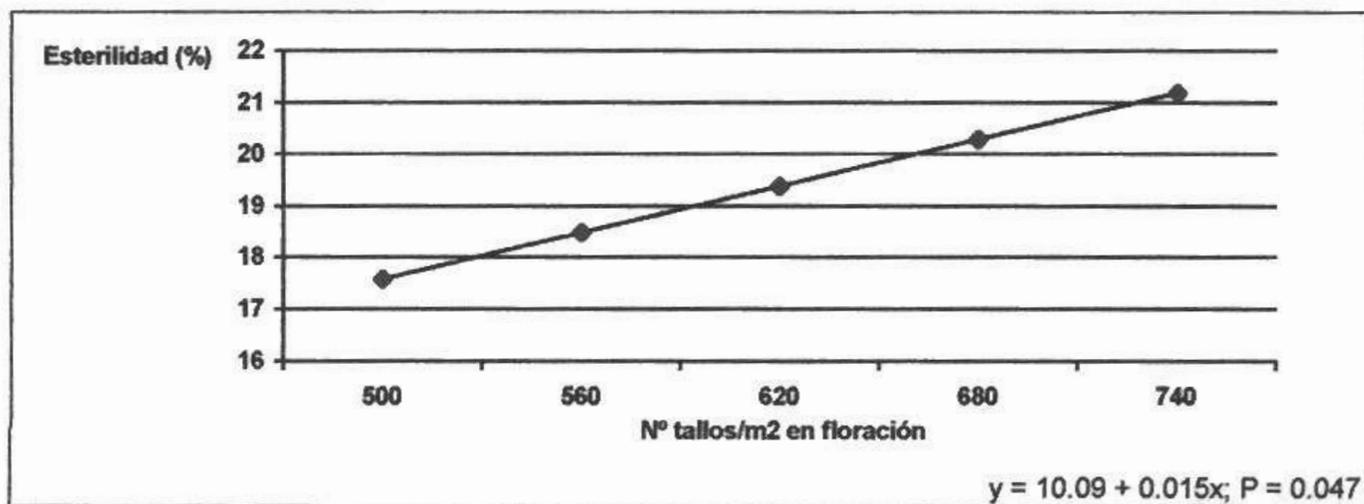


Figura N° 59. Correlación entre el número de tallos por metro cuadrado en floración y el porcentaje de esterilidad.

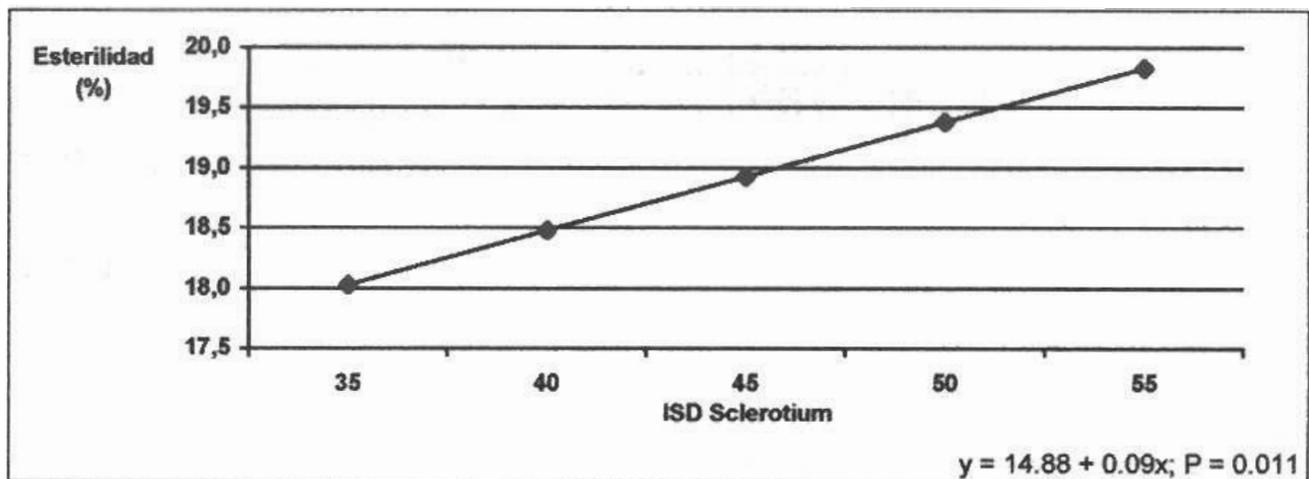


Figura N° 60. Correlación entre el ISD *Sclerotium* y el porcentaje de esterilidad.

Por otro lado se observó una cierta correlación negativa, entre el porcentaje de esterilidad y el rendimiento en grano ($P = 0.07$).

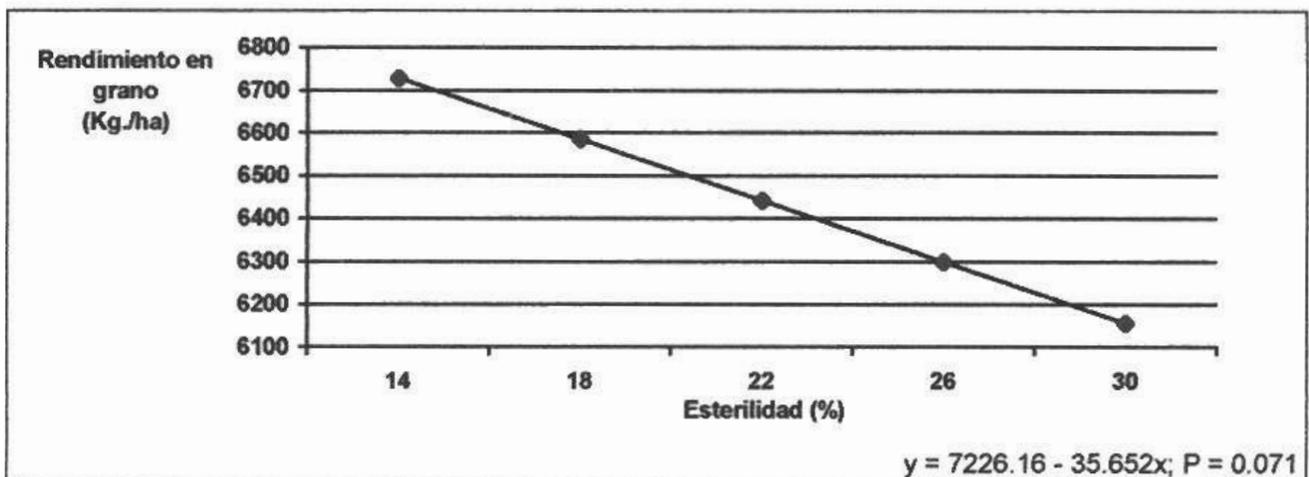


Figura N° 61. Correlación entre la esterilidad y el rendimiento en grano.

4.3.7.4. Peso de 1000 granos

Para el peso de 1000 granos tampoco se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza, Cuadro N° 53. (Apéndice N° 35).

Sin embargo, se observó una correlación negativa entre la esterilidad y el peso de 1000 granos y una correlación positiva entre el número de granos por panoja y el peso de 1000 granos. Todas estas asociaciones parecen deberse a la incidencia de enfermedades. (Figuras N° 66 y N° 67)

Cuadro N° 53. Peso de 1000 granos (g).

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	23.0	23.1	23.0	23.5	23.2
Líneas 15	23.0	23.5	22.8	22.4	22.9
Voleo	23.6	23.9	23.4	22.7	23.4
MEDIAS	23.2	23.5	23.1	22.9	

Se observa que al aumentar la esterilidad también se produce una disminución del peso de los granos y disminución del número de los granos por panoja, lo que estaría determinando una disminución en el rendimiento como se observa en la correlación positiva entre peso de los granos y rendimiento. (Figura N° 62)

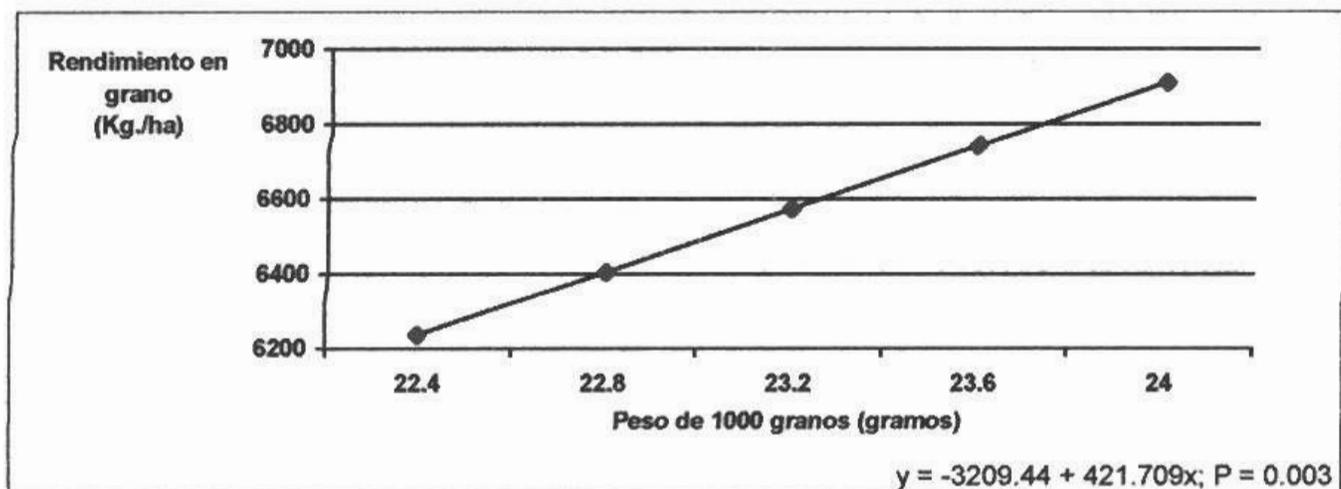


Figura N° 62. Correlación entre el peso de los granos y el rendimiento.

4.3.8. Estudio conjunto de los componentes del rendimiento

4.3.8.1. Número de granos por metro cuadrado

No se encontraron diferencias significativas para esta variable, Cuadro N° 54 (Apéndice N° 36). Pero se observa que su respuesta en cuanto a la Distribución se asemeja más a la respuesta del número de panojas por metro cuadrado que a el número de granos por panoja.

Cuadro N° 54. Número de granos por metro cuadrado.

DISTRIBUCION	DENSIDAD (Kg./ha)				MEDIAS
	120	180	240	300	
Líneas 20	48096	60533	49532	54557	53179
Líneas 15	76041	67943	56415	56326	64181
Voleo	67078	45079	53135	47809	53275
MEDIAS	63738	57851	53027	52897	

Se realizó la correlación entre el número de panojas por metro cuadrado y el número de granos por metro cuadrado, observándose una respuesta positiva por lo que el número de granos por metro cuadrado está fuertemente determinado por el número de panojas.

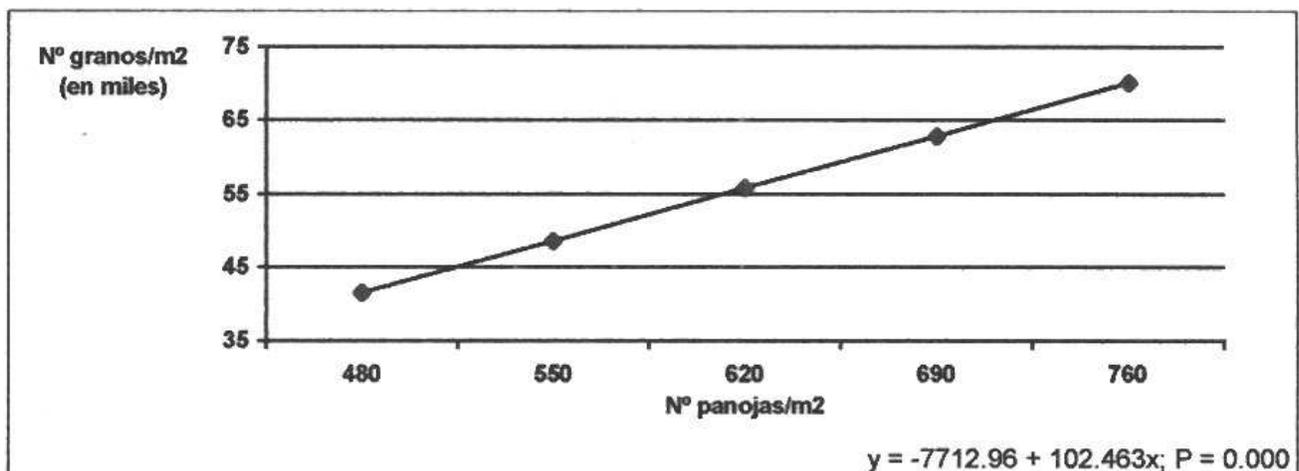


Figura N° 63. Correlación entre el número de panojas por metro cuadrado y el número de granos por metro cuadrado.

Se realizó la correlación entre la esterilidad y el número de granos por metro cuadrado obteniéndose una respuesta negativa como era de esperar ya que se utiliza la esterilidad para el cálculo del número de granos llenos por metro cuadrado.

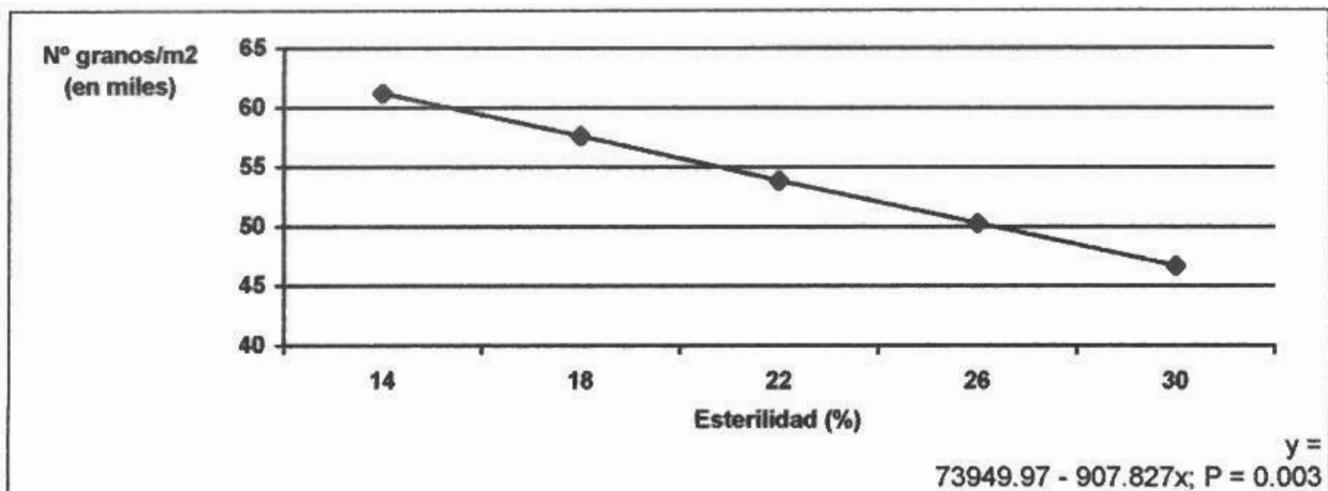


Figura N° 64. Efecto de la esterilidad sobre el número de granos por metro cuadrado.

4.3.8.2. Relación entre los componentes

A diferencia de lo observado en INIA Caraguatá, en L1844 no se observó una respuesta de los componentes del rendimiento a la densidad de siembra, con excepción de los granos por panoja, que tendieron a disminuir al incrementar la densidad, aunque ésta tendencia no alcanzó a ser estadísticamente significativa. En general los componentes y sus asociaciones parecen haber sido afectados por la incidencia de *Sclerotium*. Como se mencionó previamente, a mayor ataque de la enfermedad se observó mayor esterilidad. Paralelamente, los tratamientos con mayor esterilidad también mostraron menor tamaño de panoja y menor peso del grano, siendo éstas correlaciones negativas estadísticamente significativas ($P = 0.039$ y $P = 0.026$ respectivamente) (Figura N° 65 y N° 66)

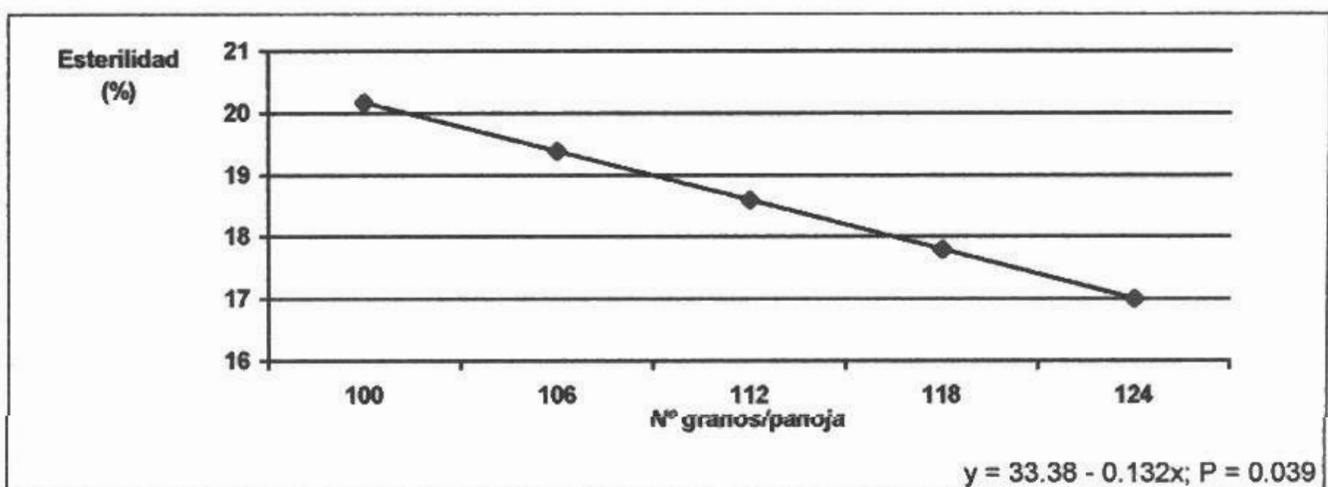


Figura N° 65. Correlación entre el número de granos por panoja y la esterilidad.

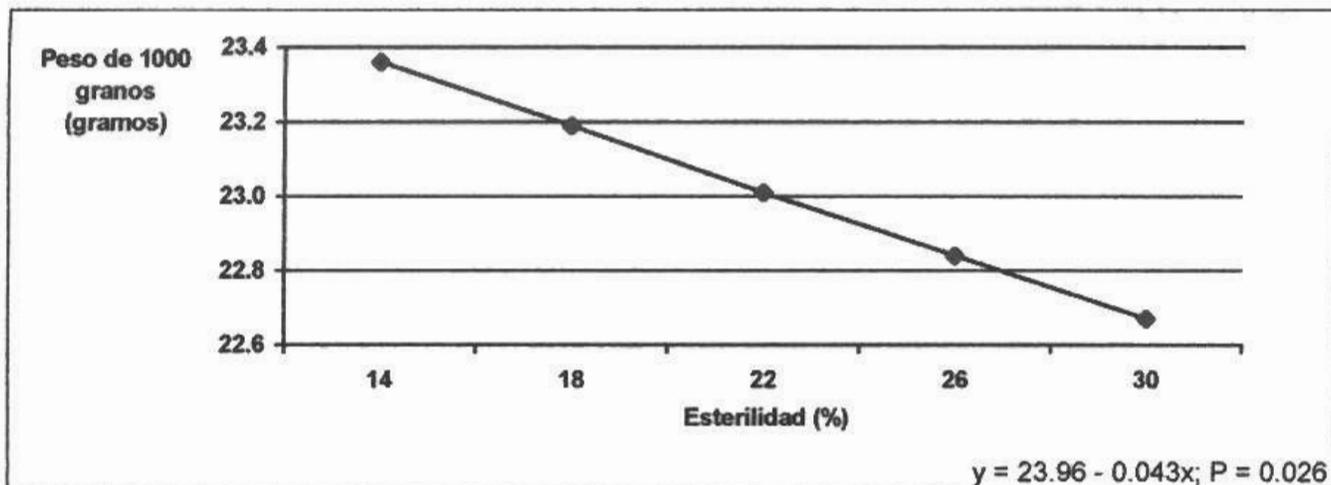


Figura N° 66. Correlación entre la esterilidad y el peso de 1000 granos.

La correlación entre el tamaño de panoja y peso de grano, por su parte, fue positiva ($P = 0.041$) (Figura N° 67)

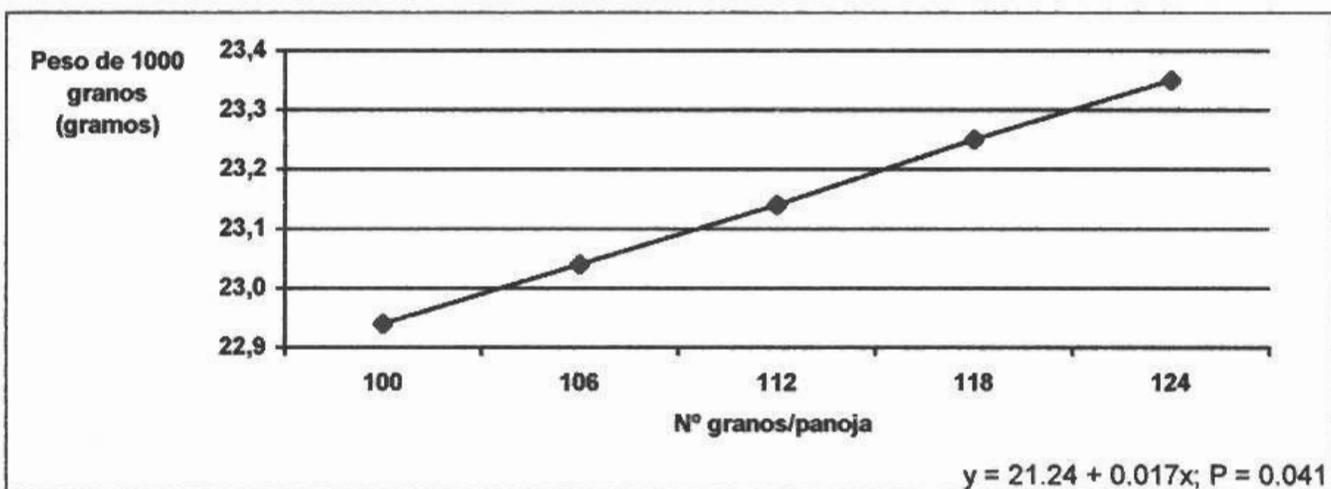


Figura N° 67. Correlación entre el número de granos por panoja y el peso de mil granos.

5. CONCLUSIONES

5.1 GENERALES

Al analizar los resultados del experimento, debe considerarse que la fecha de siembra no fue la óptima para la expresión del potencial de rendimiento de los materiales y que la alta incidencia de enfermedades del tallo interaccionó en algunos casos con las respuestas de las variables a los tratamientos planteados.

En las variables estudiadas, se obtuvieron respuestas a Densidad y Distribución, lo que indica que son medidas de manejo a tener en cuenta tanto en el ámbito de investigación como comercial, al utilizar éste tipo de materiales.

En términos generales INIA Caraguatá respondió en mayor medida a los tratamientos que la línea L 1844, probablemente por presentar menor incidencia de enfermedades y un menor desarrollo foliar a floración.

En cuanto al método de siembra, las Líneas mostraron mayor stand de plantas, menor incidencia de las enfermedades y mayor rendimiento que Voleo.

Con respecto a la comparación de la distancia entre líneas, si bien no hubo diferencias significativas, existió una tendencia en INIA Caraguatá, a lograr mayor rendimiento con siembras a 20 cm entre líneas y L 1844 con distancias de 15 cm.

Los niveles de infección de Podredumbre del Tallo (*Sclerotium oryzae*) y Manchado Confluyente de las Vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*) en L 1844 fueron mayores a los de INIA Caraguatá, observándose en ambos cultivares un fuerte antagonismo entre las enfermedades. La incidencia de Podredumbre del Tallo, aumentó en INIA Caraguatá con las distribuciones más homogéneas (L15 y Voleo). En L 1844 se observó que, con el aumento de la densidad de siembra, la incidencia de Podredumbre del Tallo se incrementó en las líneas a 15 cm y Voleo y el Manchado Confluyente de las Vainas en las líneas a 20 cm.

En cuanto a los componentes del rendimiento, con el aumento de la Densidad ambas variedades disminuyen el número de granos por panoja, y con respecto a la Distribución, las líneas a 15 cm presentaron mayor número de panojas por metro cuadrado.

5.2. INIA CARAGUATA

El stand de plantas por metro cuadrado obtenido, estuvo en función de la Densidad y la Distribución. Con el aumento en la Densidad, se incrementó el stand de plantas en forma lineal y la implantación fue superior en las siembras en líneas.

El macollaje compensó los diferentes stand iniciales de plantas logrados en cada Densidad, alcanzándose, en primordio un número de tallos similar, sin embargo en madurez, el mayor número de panojas fue obtenido con la mayor densidad, registrándose una mayor involución de macollos en las menores densidades.

Con respecto a las enfermedades, el ataque de Podredumbre del Tallo fue elevado, se observó que al acortar el espaciamiento entre las hileras y a voleo, aumentó la incidencia de la enfermedad. El Manchado Confluyente de las Vainas tuvo menor incidencia y tampoco registró respuesta a los tratamientos.

Se observó un fuerte antagonismo de los patógenos con un claro predominio de *Sclerotium* sobre *Rhizoctonia*. En términos generales, siembras al Voleo fueron más susceptibles a las enfermedades, seguidas por siembras a 15 cm y por último a 20 cm.

El rendimiento se incrementó linealmente con la densidad de siembra, sin encontrar un máximo en el rango estudiado (de 163 a 367 plantas/m²). Por otra parte no se encontró respuesta significativa a la distribución, pero existió una tendencia a que sin filas y al acercar las mismas se produjo un descenso del rendimiento, lo cual indica que la distribución utilizada en los ensayos de evaluación del Programa de Mejoramiento (L20), no limita el potencial de rendimiento de éste tipo de planta, en la medida que se utilicen altas densidades de siembra.

En cuanto a los componentes del rendimiento, se concluyó que al aumentar la densidad de siembra, aumentó el número de panojas por metro cuadrado, disminuyó el número de granos por panoja y el peso de los granos aumentó hasta 180 Kg./ha y luego disminuyó. Con respecto a los tratamientos de Distribución, las siembras en línea presentaron un mayor número de panojas por metro cuadrado, siendo éste componente de mayor peso en la determinación del rendimiento.

5.3. Línea L 1844

En cuanto al número de plantas por metro cuadrado se observó un menor stand comparado con INIA Caraguatá, presentando una respuesta variable al aumento de la Densidad en las distintas Distribuciones, siendo el Voleo el método más frágil, no obteniendo el stand de plantas recomendado.

Teniendo en cuenta que la implantación no fue buena, se observó una capacidad de macollaje elevada aún en casos de alta densidad de plantas.

En cuanto a la evolución de los tallos, a pesar de las variaciones en etapas tempranas, no se observaron diferencias en madurez. Esto se explicó por la alta incidencia de enfermedades en primordio y floración afectando más en los tratamientos con mayor número de tallos en dichas etapas.

Se observó una alta incidencia de Podredumbre de Tallo y Manchado Confluyente de las Vainas en todos los tratamientos, constatándose un fuerte antagonismo entre los patógenos ya que frente a altos niveles de una enfermedad la otra presentó menor incidencia, lo cual se avaló con la correlación significativa y negativa entre los ISD de las enfermedades.

En cuanto al IAF en floración se observaron valores superiores a los registrados por INIA Caraguatá.

El rendimiento se incrementó con la densidad de siembra y se mantuvo constante en las dos densidades superiores.

No se observó una respuesta de los componentes del rendimiento a la densidad de siembra, con excepción de los granos por panoja, que tendieron a disminuir al incrementar la densidad. En general los componentes y sus asociaciones parecen haber sido afectados por la incidencia de *Sclerotium O.*, observándose, a mayor incidencia de la enfermedad, mayor esterilidad, menor tamaño de la panoja y menor peso del grano.

6. RESUMEN

El objetivo de éste trabajo fue evaluar el efecto de la distribución y densidad de siembra sobre el rendimiento, desarrollo e incidencia de enfermedades en cultivares semienanos, generando información que permita realizar recomendaciones sobre el manejo de INIA Caraguatá y que oriente la selección y evaluación de líneas experimentales en el Programa de Mejoramiento.

El ensayo se llevó a cabo en la zafra 1996-97, en el campo experimental del Paso de la Laguna, sobre un suelo clasificado como Solod, perteneciente a la Unidad La Charqueada.

Se instalaron dos ensayos independientes, con dos cultivares (INIA Caraguatá y L 1844), utilizándose un diseño estadístico de bloques completos al azar, con parcelas divididas y cuatro repeticiones.

Se evaluaron tres distribuciones como parcela principal (Líneas a 20 cm, Líneas a 15 cm y Voleo) y cuatro densidades de siembra (120, 180, 240 y 300 Kg/Ha de semilla) como subparcelas.

Las variables estudiadas fueron: plantas por metro cuadrado, número de tallos por metro cuadrado, materia seca total por hectárea, índice de área foliar, índice de enfermedades (*Sclerotium oryzae* y *Rhizoctonia oryzae sativae*), rendimiento, componentes del rendimiento.

Para INIA Caraguatá, al incrementar la densidad de siembra aumentó el número de plantas por metro cuadrado, el número de panojas por metro cuadrado, y el rendimiento, disminuyendo el tamaño de panoja, índice de área foliar en madurez, y afectando el peso de granos. La distribución L 15 logró un mayor número de plantas en el establecimiento del cultivo y de tallos en madurez, pero esto se vio reflejado en un menor IAF en floración y madurez. Existió una tendencia a que las parcelas en líneas a 20 mostraran una menor incidencia de *Sclerotium oryzae*.

En el caso de L 1844, al incrementar la densidad de siembra aumentó el número de plantas por metro cuadrado, los tallos por metro cuadrado en primordio y el rendimiento, observándose una tendencia a disminuir el peso de los granos. La distribución L 15 mostró un mayor número de plantas por metro cuadrado en la emergencia.

En este cultivar se registró un ataque de Podredumbre del Tallo similar al observado en INIA Caraguatá, pero la incidencia de Manchado Confluyente de las Vainas fue muy superior. No obstante, el ataque no respondió a los factores del ensayo.

7. SUMMARY

The thesis objective was to evaluate the effect of the distribution and seed rate on grain yield, plant development and disease incidence on semi-dwarf cultivars. The information will be used to make management considerations about INIA Caraguatá and to direct the efforts towards the selection and evaluation of experimental lines in the Breeding program.

The trial was conducted in the experimental unit of Paso de la Laguna in 1996-97. The soil was a Solod that belong to Charqueada unit.

Two cultivars, INIA Caraguatá and L1844, were used in two independent experiments, and the treatments were arranged as CRBD with split-plot with 4 repetitions.

The evaluated treatments were 3 plant distribution as main effect (Broadcast, 20 cm lines and 15 cm lines) and 4 seeding rates as secondary effect (120, 180, 240, 300 kg/ha).

Measured variables were: plants/m², tills number/m², total dry matter/ha, area foliar index, disease index (*Sclerotium Oryzae* and *Rhizoctonia Oryzae Sativae*), grain yield and grain yields components.

Plants/m², panicles/m² and grain yield in INIA Caraguatá increased with seed rate increments, meanwhile panicle size and maturity foliar index decreased. This factor also affect the grain weight. L15 distribution showed a greater number of plants than the other distribution in crop emergence and tills in maturity, but it has been reflected in a less flowering and foliar index area at maturity. L20 plots showed less *Sclerotium Oryzae* incidence.

In L1844, seed rate increment , increased plants/m², tills/m² in reproductive stage and grain yield. On the other hand, tend to decrease grain weight. L15 distribution showed a greater plant number in emergence.

L1844 cultivar registered similar incidence of *Sclerotium* to INIA Caraguatá, but a greater incidence of *Rhizoctonia*. The plant disease did not respond to plant distribution and seed rate.

8. BIBLIOGRAFIA.

1. ABSHAHI, A. 1990. Effect of rate and time of nitrogen application on grain yield, quality and varietal area index (VAI) of rice cultivars. *In* Rice Technical Working Group. 1990. pp 112.
2. ALIAGA, M.; BOTTARO, D. 1997. Densidad y distribución de siembra en cultivares semienanos. *In* Arroz, Resultados Experimentales 1996 - 1997. Treinta y Tres, Uruguay, INIA, Estación Experimental del Este, Capítulo 9 pp 62 - 66.
3. ARGUISSAIN, G. 1992. Componentes del rendimiento del cultivo de arroz. Utilidad de su determinación para el mejoramiento varietal. E.E.A.C. del Uruguay, INTA, Entre Ríos, Argentina. 12 p.
4. AVILA, S. 1990. Fitopatología. Evaluación de Resistencia a enfermedades. *In* Arroz, Resultados de la Experimentación regional en cultivos Arroz-Soja. CIAAB, Estación Experimental del Este, Treinta y Tres, 1990. pp 4-1, 4-17.
5. AVILA, S. 1991. Fitopatología. Evaluación de Resistencia a enfermedades. *In* Resultados Experimentales 1990 - 1991. Treinta y Tres, Uruguay, INIA, Estación Experimental del Este, pp 4-1, 4-15.
6. AVILA, M.; CASALES, L.; BLANCO, P.; PEREZ, F. 1996. Cultivar resistance to aggregate sheath spot, *Rhizoctonia oryzae sativae*, in Uruguay. *In* Rice Technical Working Group. 1996. pp 140 - 141.
7. BATISTA RUIZ, M.; NIETO PINTOS, C. H.; SALDAIN CROCCE, N. E. 1985. Evaluación de la respuesta de cultivares de arroz de diferentes tipos de plantas a niveles crecientes de nitrógeno en distintas densidades de siembra. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía. 306 p.
8. BLANCO, P. H. 1991. Grow and assimilate partitioning in rice cultivars of different maturity groups. Tesis M. Sc. Arkansas, USA, University of Arkansas. 141 p.
9. BLANCO, P.H.; PEREZ DE VIDA, F. B.; ROEL, A. 1993d. Tolerancia a fríos de los nuevos cultivares precoces INIA Yerbál e INIA Tacuarí. *In* Reuniao da cultura do arroz irrigado, (20a., 1993, Pelotas) Anais. Pelotas, UEPAE. pp 77-80.
10. BLANCO, P. 1989. El programa de mejoramiento de la estación experimental del este y las nuevas variedades en certificación. Revista Arroz Año 8, Nº 16. pp 27 - 33.
11. BLANCO, P.; PEREZ DE VIDA, F.; AVILA, S. 1996. Enfoque del programa de mejoramiento genético de arroz de INIA-Uruguay y características de las nuevas variedades. INIA Treinta y Tres, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. 1996. 2 p.

12. BLANCO, P.; PEREZ DE VIDA, F.; AVILA, S.; MENDEZ, J. 1997. Evaluación de resistencia a enfermedades. In Arroz, Resultados Experimentales 1996 - 1997. Treinta y Tres, Uruguay, INIA, Estación Experimental del Este, Capítulo 9 pp 38 - 50.
13. BLANCO, P.; PEREZ DE VIDA, F.; AVILA, S. 1997. El programa de mejoramiento genético de arroz de INIA-Uruguay: avances y nuevas líneas de trabajo. Congreso internacional de arroz, AACREA. Paso de los Libres. 5 y 6 de Diciembre de 1997. 5 p.
14. CAREY, V.; SMITH, R. Jr.; TALBERT, R. 1990. Density and duration effects of barnyardgrass in rice. In Rice Technical Working Group. 1990. pp 129 - 130.
15. CARWRIGHT, R. D., LEE, F.N., TEMPLETON, G.E. 1994. Biocontrol of Sheath Blight of Rice. In Rice Technical Working Group. New Orleans, Louisiana 5 - 9, 1994. pp 91 - 92.
16. CASTRO MARTINEZ, L. A.; PORTO DOS SANTOS, A. 1994. Análisis de crecimiento y componentes de rendimiento en cultivares de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 159 p.
17. CHEBATAROFF, N. 1983. Ensayo preliminar de cultivares de grano largo. In Resultados de la Experimentación regional en cultivos Arroz-Soja. CIAAB, Estación Experimental del Este , Treinta y Tres. pp 11-21.
18. COUNCE, P.; MOLDENHAUER, K. 1986. The effect of plant population on yield and yield components in rice. In Rice Technical Working Group. 1986. pp 37.
19. COUNCE, P.; MOLDENHAUER, K.; MARX, D. 1988. Rice yield and plant yield variability responses to equidistant spacing. In Rice Technical Working Group. 1988. pp 26.
20. COUNCE, P. 1988. Rice canopy structure, apparent photosynthesis, and leaf area index responses to cultivar, seeding rate and nitrogen fertilization rates. In Rice Technical Working Group. 1988. pp 25 - 26.
21. COUNCE, P. 1990. Canopy and leaf changes during rice crop growth and development for two rice cultivars. In Rice Technical Working Group. 1990. pp 37.
22. COUNCE, P. s.f. Row spacing effects on rice yield. Arkansas Agricultural Experiment Station Fayetteville, Arkansas 72701. 11 pp.
23. DEAMBROSI, E.; BLANCO, P. s.f. Producción de arroz en Uruguay. Informe a J.I.C.A. pp 12.
24. DEAMBROSI, E.; MENDEZ, R. 1995. Fertilización. In Arroz, Resultados Experimentales 1994-1995. Treinta y Tres , Uruguay, INIA, Estación Experimental del Este. pp 2-1, 2-21.y 8-1, 8-5.

25. DE DATTA, S.K. 1986. Producción de Arroz. Fundamentos y prácticas; Morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. México. Limusa. pp 175-203.
26. FAGUNDEZ, P. R. R.; et al. 1997. Efeito da densidade de sementeira e do espaçamento entre fileiras, sobre o rendimento de grãos de cinco genótipos de arroz irrigado (*Oryza Sativa*). In Reuniao da cultura do arroz irrigado, (22a., 1997 Pelotas) Anais. Pelotas, UEPAE.
27. FERREIRA, E.; MONTAUBAN, E. 1998. Incidencia de factores climáticos sobre rendimento y componentes y vías de construcción del rendimiento en cultivares de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía. 186 p.
28. GAMARRA, G. 1996. Arroz: Manual de producción. Montevideo-Uruguay, Hemisferio Sur. 440 p.
29. GROTH, D. E.; RUSH, M. C.; HOLLIER C. A. 1991. Rice diseases and disorders in Louisiana. In Louisiana agricultural experiment station. Louisiana state university agricultural center. July 1991. Bulletin N° 828. pp 24 - 26 y 27 - 28.
30. LENA LACUESTA, R. E.; MAGALLANES SANAONE, A.J. 1984. Efecto de los métodos de siembra, nitrógeno y densidades sobre el rendimiento y la calidad industrial de la variedad Bluebelle en dos épocas de siembra. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía. 252 p.
31. LOUISIANA AGRICULTURAL CENTER. Growth and development of the rice plant. In Rice Production Handbook. Louisiana State University. Agricultural Center. H. Rouse Caffey, Cancellor. Pub 2321 (5M) 3/87. 63 p.
32. MCDANIEL, M. C.; FLEET LEE. 1988. Minimizing yield and quality losses by disease. In Rice Production Handbook. Cooperative extension service, University of Arkansas, United States Department of Agriculture, and Centry Governments Cooperating. MP 192. pp 41 - 44.
33. MCCLUNG, A.; SCOTT, J.; BOLLIICH, C.; VAWTER, J. 1994. Influence of row spacing on yield components of three rice varieties. In Rice Tecnical Working Group. 1994. pp 152.
34. MURATA, Y.; MATSUSHIMA, S. 1991. Arroz. In Fisiología de los cultivos. L. T. EVANS. pp 83-111.
35. OU, S.H, 1987. Fungus deseas-diseases of stem, leaf sheath and root. In Rice Deseas. C.A.B International Mycological Institute. Great Britain. pp 247-299.
36. PEDROSO, B. A.; MARIOT, C. 1986. Densidade de sementeira e espaçamento entre linhas. In Reuniao da cultura do arroz irrigado, (15a., 1986, Porto Alegre) Anais. Porto Alegre, UEPAE.

37. PEDROSO, B. A. 1987. Densidade e espacamento entre linhas para arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. In LAV. ARROZEIRA, Porto Alegre, 40(370) jan./fev. 1987. pp 6 - 9 y 55 - 59.
38. PENG,S.; KHUSH, G. S.; CASSMAN, K.G. 1996. Evolution of the new plant ideotype for increased yield potential. pp 4-16
39. PEREZ DE VIDA, F.; BLANCO, P. 1996. El cultivo de arroz en Uruguay. Recursos Genéticos disponibles. 1996. 10 p.
40. ROEL, A. 1997. Agroclimatología. In Arroz, Resultados Experimentales 1996 - 1997. Treinta y Tres, Uruguay, INIA, Estación Experimental del Este, Capítulo 1 pp 1 - 2.
41. ROEL, A. 1997. Ecofisiología del cultivo. In Arroz, Resultados Experimentales 1996 - 1997. Treinta y Tres, Uruguay, INIA, Estación Experimental del Este , Capítulo 2 pp 1 - 7.
42. RONNIE HALMS; KANK CHANEY. 1988. Establishing a uniform stand. In Rice Production Handbook. Cooperative extension service, University of Arkansas, United States Departament of Agriculture, and Centry Governments Cooperating. MP 192. pp 14-17.
43. RUSH, M. C.; LEE, F. N. 1992. Sheath blight. In Leaf sheath and culm disease. Compendium of rice diseases. 1992. pp 22-23.
44. TEXAS AGRICULTURAL EXTENSION 1993. In Rice production guidelines. Texas Agricultural Estension Sience. The Texas A&M University System. College Station. Texas. D 1253. pp 7 - 36.
45. TOPOLANSKI, E. 1975. El arroz, su cultivo y producción. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 1975. 288 p.
46. VEGARA, B. S. 1984. Guía para el nuevo Arrocero. IRRI. Secretaria de Estado de Agricultura. Instituto Superior de Agricultura. Corripio, D. por A. Santo Domingo, República Dominicana, 1984. 221 p.
47. VENKATESWARLU, B; VISPERAS, R. M. 1987. Source sink relationships in crop plants. IRRI, Los Baños, Philippines. Research Paper, Serie N° 125. 19 p.
48. WEBSTER, R. K. 1992a. Stem rot. WEBSTER, R. K. 1992b. Leaf sheath and culm disease. In Compendium of rice diseases. 1992. pp 21 - 22.
49. YOSHIDA, S. 1981. Physiological aspects of grain yield. Los Baños, Philippines. IRRI. 269 p.

50. YOSHIDA, S. 1981. Fundamentals of rice crop Science. Los Baños, Philippines. IRR1. 268 p.
51. ZORRILLA, G; et al. 1995. Fertilización. In Resultados Experimentales 1994-1995. Tacuarembó, Uruguay, INIA, Estación Experimental del Este. pp 3-1, 3-12.

9. APENDICE

9.1. INIA CARAGUATA

Apéndice 1. Análisis de varianza del número de plantas por metro cuadrado.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	3945.73	1315.243	0.61	
2	A	2	151887.79	75943.896	35.49	.000
-3	Error	6	12840.71	2140.118		
4	B	3	289849.06	96616.354	19.95	.000
6	AB	6	62724.88	10454.146	2.16	.078
-7	Error	27	130751.81	4842.660		

Coeficiente de Variación = 25.44%

Apéndice 2. Análisis de varianza del número de tallos por metro cuadrado en primordio.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	52996.73	17665.576	1.01	.450
2	A	2	47400.54	23700.271	1.36	.326
-3	Error	6	104728.96	17454.826		
4	B	3	31757.40	10585.799	0.51	
6	AB	6	184484.29	30747.382	1.47	.224
-7	Error	27	563723.56	20878.650		

Coeficiente de Variación = 19.18%

Apéndice 3. Análisis de varianza del número de tallos por metro cuadrado en floración.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	47346.73	15782.243	2.76	.133
2	A	2	25424.04	12712.021	2.22	.189
-3	Error	6	34290.46	5715.076		
4	B	3	24558.23	8186.076	1.04	.391
6	AB	6	88232.46	14705.410	1.86	.124
-7	Error	27	213000.56	7888.910		

Coeficiente de Variación = 14.37%

Apéndice 4. Análisis de varianza de la evolución del número de tallos por metro cuadrado.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	28865.79	9621.931	3.75	.079
2 A	2	191869.01	95934.505	37.35	.000
-3 Error	6	15410.74	2568.457		
4 B	3	274365.71	91455.236	6.83	.001
6 AB	6	122258.70	20376.450	1.52	.208
-7 Error	27	361313.97	13381.999		
8 C	3	6366093.50	2122031.167	202.41	.000
10 AC	6	222701.16	37116.859	3.54	.003
12 BC	9	155539.04	17282.116	1.65	.110
14 ABC	18	241593.80	13421.878	1.28	.215
-15 Error	108	1132244.50	10483.745		

Coefficiente de Variación = 17.73%

Apéndice 5. Análisis de varianza del ISD *Sclerotium*.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	811.35	270.450	1.00	.454
2 A	2	2220.86	1110.428	4.11	.075
-3 Error	6	1619.96	269.993		
4 B	3	297.55	99.182	2.01	.135
6 AB	6	276.56	46.093	0.94	
-7 Error	27	1330.55	49.280		

Coefficiente de Variación = 17.53%

Apéndice 6. Análisis de varianza del ISD *Rhizoctonia*.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	1385.20	461.734	8.63	.013
2 A	2	324.76	162.381	3.03	1.22
-3 Error	6	321.16	53.527		
4 B	3	52.60	17.532	0.47	
6 AB	6	42.82	7.137	0.19	
-7 Error	27	998.87	36.995		

Coefficiente de Variación = 26.01%

Apéndice 7. Análisis de varianza del IAF en floración.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	1.33	0.444	0.37	
2 A	2	29.97	14.983	12.31	.007
-3 Error	6	7.30	1.217		
4 B	3	0.21	0.071	0.11	
6 AB	6	0.64	0.107	0.17	
-7 Error	27	16.97	0.628		

Coefficiente de Variación = 15.22%

Apéndice 8. Análisis de varianza del IAF en madurez.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	2.70	0.900	1.55	.295
2 A	2	6.46	3.231	5.58	.042
-3 Error	6	3.47	0.579		
4 B	3	3.28	1.094	3.94	.018
6 AB	6	2.88	0.480	1.73	.153
-7 Error	27	7.50	0.278		

Coefficiente de Variación = 25.76%

Apéndice 9. Análisis de varianza de la evolución del IAF.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	0.66	0.221	0.19	
2 A	2	30.61	15.307	12.95	.006
-3 Error	6	7.09	1.182		
4 B	3	2.07	0.691	1.07	.376
6 AB	6	1.40	0.233	0.36	
-7 Error	27	17.36	0.643		
8 C	3	239.96	239.958	610.28	.000
10 AC	6	5.81	2.907	7.39	.002
12 BC	9	1.42	0.474	1.21	.321
14 ABC	18	2.13	0.355	0.90	
-15 Error	108	14.15	0.393		

Coefficiente de Variación = 17.29%

Apéndice 10. Análisis de varianza de materia seca en primordio (t/ha).

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	1.62	0.540	1.80	.247
2	A	2	0.13	0.065	0.22	
-3	Error	6	1.80	0.300		
4	B	3	0.72	0.241	0.61	
6	AB	6	1.47	0.245	0.62	
-7	Error	27	10.66	0.395		

Coefficiente de Variación = 24.31%

Apéndice 11. Análisis de varianza de materia seca en floración (t/ha).

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	2.81	0.938	1.86	.237
2	A	2	20.97	10.483	20.78	.002
-3	Error	6	3.03	0.504		
4	B	3	1.02	0.339	0.22	
6	AB	6	11.90	1.984	1.26	.309
-7	Error	27	42.59	1.577		

Coefficiente de Variación = 13.52%

Apéndice 12. Análisis de varianza de materia seca en madurez (t/ha).

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	38.39	12.798	1.35	.345
2	A	2	51.32	25.660	2.70	.145
-3	Error	6	57.05	9.509		
4	B	3	24.17	8.057	2.31	.098
6	AB	6	26.92	4.487	1.29	.296
-7	Error	27	94.08	3.484		

Coefficiente de Variación = 10.39%

Apéndice 13. Análisis de varianza de la evolución de la MS total por hectárea.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	22.07	7.357	2.94	.120
2 A	2	2.67	1.336	0.53	
-3 Error	6	15.01	2.501		
4 B	3	9.09	3.030	1.78	.174
6 AB	6	12.95	2.159	1.27	.304
-7 Error	27	45.93	1.701		
8 C	3	5705.49	2852.745	1215.19	.000
10 AC	6	69.75	17.436	7.43	.000
12 BC	9	16.82	2.804	1.19	.319
14 ABC	18	27.34	2.278	0.97	
-15 Error	108	169.02	2.348		

Coefficiente de Variación = 15.41%

Apéndice 14. Análisis de varianza del rendimiento en grano (Kg/ha).

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	217289.75	72429.917	0.17	
2 A	2	2791496.63	1395748.313	3.19	.113
-3 Error	6	2624631.38	437438.563		
4 B	3	1852600.92	617533.639	4.97	.007
6 AB	6	593541.21	98923.535	0.80	
-7 Error	26	3231651.38	124294.284		

Coefficiente de Variación = 4.91%

Apéndice 15. Análisis de varianza del número de panojas por metro cuadrado.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	31597.40	10532.465	0.61	
2 A	2	189857.79	94928.896	5.47	.044
-3 Error	6	104116.54	17352.757		
4 B	3	83740.06	27913.354	3.16	.040
6 AB	6	28410.88	4735.146	0.54	
-7 Error	27	238495.81	8833.178		

Coefficiente de Variación = 14.13%

Apéndice 16. Análisis de varianza del número de granos por panoja.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	368.56	122.854	0.45	
2 A	2	112.67	56.333	0.21	
-3 Error	6	1648.50	274.750		
4 B	3	1375.73	458.576	4.37	.012
6 AB	6	1117.33	186.222	1.77	.142
-7 Error	27	2835.19	105.007		

Coefficiente de Variación = 11.20%

Apéndice 17. Análisis de varianza del porcentaje de esterilidad.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	327.02	109.006	2.74	.136
2 A	2	210.96	105.478	2.65	.149
-3 Error	6	239.13	39.855		
4 B	3	121.51	40.503	2.39	.090
6 AB	6	226.45	37.742	2.23	.071
-7 Error	27	457.83	16.957		

Coefficiente de Variación = 24.89%

Apéndice 18. Análisis de varianza del peso de 1000 granos (gramos).

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	0.67	0.224	0.66	
2 A	2	1.43	0.713	2.11	.201
-3 Error	6	2.02	0.337		
4 B	3	2.75	0.915	4.28	0.13
6 AB	6	1.27	0.212	0.99	
-7 Error	27	5.77	0.214		

Coefficiente de Variación = 2.02%

Apéndice 19. Análisis de varianza del número de granos por metro cuadrado.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob
1	Rep	3	334648000.23	111549333.410	1.09	.423
2	A	2	1438467582.88	719233791.438	7.00	.026
-3	Error	6	616466898.46	102744483.076		
4	B	3	253440362.23	84480120.743	1.76	.179
6	AB	6	369491610.46	61581935.076	1.28	.299
-7	Error	27	1298448959.06	48090702.188		

Coefficiente de Variación = 13.79%

9.2. L 1844

Apéndice 20. Análisis de varianza del número de plantas por metro cuadrado.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	20852.23	6950.743	0.52	
2	A	2	125528.38	62764.188	4.67	.059
-3	Error	6	80645.46	13440.910		
4	B	3	177486.56	59162.188	17.85	.000
6	AB	6	49468.13	8244.688	2.49	.047
-7	Error	27	89469.06	3313.669		

Coefficiente de Variación = 27.47%

Apéndice 21. Análisis de varianza del número de tallos por metro cuadrado en primordio.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	103421.56	34473.854	0.95	
2	A	2	18851.29	9425.646	0.26	
-3	Error	6	217689.38	36281.563		
4	B	3	466467.73	155489.243	8.27	.000
6	AB	6	119067.21	19844.535	1.06	.412
-7	Error	27	507788.31	18806.975		

Coefficiente de Variación = 20.95%

Apéndice 22. Análisis de varianza del número de tallos por metro cuadrado en floración.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	235345.50	78448.500	4.01	.069
2	A	2	67898.38	33949.188	1.73	.254
-3	Error	6	117444.63	19574.104		
4	B	3	60848.17	20282.722	1.21	.324
6	AB	6	48343.96	8057.326	0.48	
-7	Error	27	451546.38	16723.940		

Coefficiente de Variación = 22.13%

Apéndice 23. Análisis de varianza de la evolución del número de tallos por metro cuadrado.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	130696.89	43565.630	1.41	.329
2 A	2	106004.66	53002.328	1.71	.257
-3 Error	6	185581.97	30930.328		
4 B	3	438079.47	146026.491	9.62	.000
6 AB	6	125675.76	20945.960	1.38	.258
-7 Error	27	409954.45	15183.498		
8 C	3	6280243.68	2093414.561	155.85	.000
10 AC	6	248688.68	41448.113	3.09	.007
12 BC	9	268563.71	29840.413	2.22	.025
14 ABC	18	209950.74	11663.930	0.87	
-15 Error	108	1450713.44	13432.532		

Coeficiente de Variación = 22.30%

Apéndice 24. Análisis de varianza del ISD *Sclerotium*.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	37682.80	12560.935	111.87	.000
2 A	2	2.40	1.200	0.01	
-3 Error	6	673.68	112.280		
4 B	3	211.91	70.636	0.62	
6 AB	6	1119.64	186.607	1.64	.174
-7 Error	27	3071.60	113.763		

Coeficiente de Variación = 24.54%

Apéndice 25. Análisis de varianza del ISD *Rhizoctonia*.

Codigo Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1 Rep	3	35280.25	11760.084	37.80	.000
2 A	2	29.76	14.880	0.05	
-3 Error	6	1866.63	311.105		
4 B	3	57.76	19.252	0.24	
6 AB	6	1017.06	169.510	2.13	.082
-7 Error	27	2152.41	79.719		

Coeficiente de Variación = 21.84%

Apéndice 26. Análisis de varianza del IAF en floración.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	6.34	2.115	1.06	.431
2	A	2	3.21	1.606	0.81	
-3	Error	6	11.94	1.990		
4	B	3	8.96	2.987	2.01	.136
6	AB	6	7.72	1.287	0.87	
-7	Error	27	40.15	1.487		

Coefficiente de Variación = 20.46%

Apéndice 27. Análisis de varianza de materia seca en primordio (t/ha).

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	1.24	0.413	0.51	
2	A	2	1.04	0.518	0.64	
-3	Error	6	4.88	0.814		
4	B	3	6.01	2.003	3.87	.020
6	AB	6	2.46	0.411	0.79	
-7	Error	27	13.99	0.518		

Coefficiente de Variación = 25.33%

Apéndice 28. Análisis de varianza de materia seca en floración (t/ha).

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	1006.19	335.396	9.40	.010
2	A	2	168.75	84.374	2.37	.174
-3	Error	6	214.04	35.673		
4	B	3	46.32	15.438	0.77	
6	AB	6	45.99	7.665	0.38	
-7	Error	27	543.69	20.137		

Coefficiente de Variación = 31.53%

Apéndice 29. Análisis de varianza de materia seca en madurez (t/ha).

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	226.58	75.526	4.81	.048
2	A	2	73.78	36.889	2.35	.176
-3	Error	6	94.21	15.702		
4	B	3	40.49	13.496	1.41	.261
6	AB	6	105.70	17.617	1.84	.128
-7	Error	27	258.26	9.565		

Coefficiente de Variación = 16.43%

Apéndice 30. Análisis de varianza de la evolución de la MS total por hectárea.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	355.83	118.609	4.34	.060
2	A	2	29.80	14.898	0.54	
-3	Error	6	164.16	27.360		
4	B	3	23.57	7.856	0.73	
6	AB	6	85.53	14.254	1.32	.281
-7	Error	27	291.26	10.787		
8	C	3	6503.00	3251.502	150.87	.000
10	AC	6	213.74	53.435	2.48	.051
12	BC	9	69.21	11.536	0.54	
14	ABC	18	68.59	5.716	0.27	
-15	Error	108	1551.68	21.551		

Coefficiente de Variación = 38.79%

Apéndice 31. Análisis de varianza del rendimiento en grano (Kg/ha).

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	10659613.50	3553204.500	5.47	.037
2	A	2	2370585.50	1185292.750	1.82	.240
-3	Error	6	3897387.00	649564.500		
4	B	3	9945256.50	3315085.500	5.96	.002
6	AB	6	6727569.00	1121261.500	2.02	.098
-7	Error	27	15009761.50	555917.093		

Coefficiente de Variación = 11.3%

Apéndice 32. Análisis de varianza del número de panojas por metro cuadrado.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	25646.56	8548.854	0.41	
2	A	2	142415.29	71207.646	3.44	.101
-3	Error	6	124324.38	20720.729		
4	B	3	1840.73	613.576	0.08	
6	AB	6	118747.21	19791.201	2.64	.038
-7	Error	27	202773.31	7510.123		

Coeficiente de Variación = 13.75%

Apéndice 33. Análisis de varianza del número de granos por panoja.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	852.23	284.076	0.96	
2	A	2	152.79	76.396	0.26	
-3	Error	6	1776.21	296.035		
4	B	3	2067.90	689.299	2.25	.105
6	AB	6	374.04	62.340	0.20	
-7	Error	27	8278.81	306.623		

Coeficiente de Variación = 15.84%

Apéndice 34. Análisis de varianza del porcentaje de esterilidad.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	254.87	84.958	0.80	
2	A	2	209.67	104.835	0.99	
-3	Error	6	633.58	105.597		
4	B	3	147.43	49.143	1.24	.313
6	AB	6	330.97	55.162	1.40	.252
-7	Error	27	1066.73	39.508		

Coeficiente de Variación = 33.43%

Apéndice 35. Análisis de varianza del peso de 1000 granos (gramos).

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	11.46	3.821	8.19	.015
2	A	2	1.85	0.927	1.99	.217
-3	Error	6	2.80	0.467		
4	B	3	2.27	0.757	0.84	
6	AB	6	3.63	0.604	0.67	
-7	Error	27	24.41	0.904		

Coefficiente de Variación = 4.11%

Apéndice 36. Análisis de varianza del número de granos por metro cuadrado.

Codigo	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob
1	Rep	3	1357600444.92	452533481.639	1.91	.229
2	A	2	1279916701.29	639958350.646	2.70	.145
-3	Error	6	1422016507.71	237002751.285		
4	B	3	944179736.92	314726578.972	1.38	.270
6	AB	6	1693832975.21	282305495.868	1.24	.318
-7	Error	27	6162933321.88	228256789.699		

Coefficiente de Variación = 26.56%