



**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**INCIDENCIA DE FACTORES CLIMATICOS  
SOBRE RENDIMIENTO Y COMPONENTES  
Y  
VIAS DE CONSTRUCCION DEL RENDIMIENTO  
EN CULTIVARES DE ARROZ**

por

**Emiliano FERREIRA PACHECO  
Eduardo Federico MONTAUBAN ZARDO**  
FACULTAD DE AGRONOMIA

Emiliano Ferreira Pacheco  
Eduardo Federico Montaúban Zardo  
FACULTAD DE AGRONOMIA

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
1998**

Tesis aprobada por:

Director: Fernando Blas Pérez de Vida  
Nombre completo y firma

Oswaldo Ernst  
Nombre completo y firma

Esteban Hoffman  
Nombre completo y firma.

Fecha: \_\_\_\_\_

Autor: Emiliano Ferreira Pacheco  
Nombre completo y firma.

Eduardo Federico Montauban Zardo.  
Nombre completo y firma.

## TABLA DE CONTENIDO.

	<u>Página.</u>
PAGINA DE APROBACION.....	II
<u>AGRADECIMIENTOS</u> .....	III
<u>LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES</u> .....	IV
I. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
II. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u> .....	3
A. <u>DESARROLLO DE LA PLANTA DE ARROZ</u> .....	3
1. <u>Aspectos generales</u> .....	3
2. <u>Etapa vegetativa</u> .....	3
3. <u>Etapa reproductiva</u> .....	3
4. <u>Etapa de llenado de grano y maduración</u> .....	4
B. <u>INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA</u> .....	4
1. <u>Aspectos generales</u> .....	4
2. <u>Incidencia en etapa vegetativa</u> .....	7
3. <u>Incidencia en etapa reproductiva</u> .....	8
a. <u>Diferenciación de primordio</u> .....	9
b. <u>Embarrigado</u> .....	10
c. <u>Antesis</u> .....	14
4. <u>Incidencia en etapa de maduración (llenado de grano)</u> .....	16
5. <u>Practicas culturales para aliviar daños por frío</u> .....	18
a. <u>Manejo del agua</u> .....	18
b. <u>Manejo del nitrógeno</u> .....	18
6. <u>Mejoramiento genético en tolerancia al frío</u> .....	19
C. <u>INCIDENCIA DE LA RADIACION SOLAR</u> .....	20
1. <u>Aspectos generales</u> .....	20
2. <u>Incidencia en etapa vegetativa</u> .....	21
3. <u>Incidencia en etapa reproductiva</u> .....	23
4. <u>Incidencia en etapa de maduración (llenado de grano)</u> .....	24
5. <u>Interacción de la radiación con el nitrógeno</u> .....	24
D. <u>RENDIMIENTO Y COMPONENTES</u> .....	25
1. <u>Aspectos generales</u> .....	25
2. <u>Número de panículas por metro cuadrado</u> .....	26
3. <u>Granos por panícula (espiguillas por panícula)</u> .....	27
4. <u>Granos chuzos y semillenos (%de esterilidad)</u> .....	28
5. <u>Peso de grano</u> .....	30
6. <u>Importancia relativa de los componentes del rendimiento</u> .....	33
7. <u>Compensación de los componentes del rendimiento</u> .....	34
8. <u>Prácticas de manejo que determinan interacción entre componentes</u> ...	35
9. <u>Estabilidad productiva</u> .....	37
10. <u>Mejoramiento genético en producción</u> .....	37

	<u>Página.</u>
E. CALIDAD INDUSTRIAL.....	41
1. <u>Aspectos generales</u> .....	41
2. <u>Blanco total</u> .....	41
3. <u>Granos enteros</u> .....	42
4. <u>Granos quebrados</u> .....	42
5. <u>Granos yesosos</u> .....	43
F. CARACTERIZACION DE GENOTIPOS INDICAS Y JAPONICAS.....	43
1. <u>Diferencia en respuesta a la temperatura</u> .....	43
2. <u>Diferencia en respuesta a la radiación solar</u> .....	45
G. CARACTERIZACION DE CULTIVARES.....	45
1. <u>Bluebelle</u> .....	45
2. <u>El Paso 144</u> .....	46
3. <u>INIA Tacuari</u> .....	46
4. <u>INIA Caraguatá</u> .....	48
5. <u>Línea experimental L 1130</u> .....	48
6. <u>Línea experimental L 1119</u> .....	50
7. <u>INIA Cuaró</u> .....	50
H. ANTECEDENTES LOCALES.....	51
1. <u>Incidencia de la temperatura en la determinación de la esterilidad</u> .....	51
2. <u>Relaciones entre componentes del rendimiento</u> .....	53
3. <u>Análisis de estabilidad productiva</u> .....	54
I. CARACTERIZACION CLIMATICA DE LA ZONA ESTE.....	54
1. <u>Aspectos generales</u> .....	54
2. <u>Precipitaciones</u> .....	55
3. <u>Temperatura</u> .....	55
4. <u>Radiación solar</u> .....	56
J. CARACTERIZACION CLIMATICA DE LAS ZAFRAS ESTUDIADAS.....	57
III. <u>MATERIALES Y METODOS</u> .....	60
A. <u>INTRODUCCION</u> .....	60
B. <u>UBICACION</u> .....	60
C. <u>FUENTES DE DATOS</u> .....	60
1. <u>Fuente de datos de características agronómicas y parámetros de calidad</u> .....	60
2. <u>Diseño experimental de los ensayos</u> .....	61
3. <u>Determinaciones y registros</u> .....	61
4. <u>Fuente de datos climáticos</u> .....	62
D. <u>CULTIVARES INCLUIDOS EN EL ESTUDIO</u> .....	63
E. <u>METODOLOGIA EMPLEADA</u> .....	64
F. <u>ANALISIS ESTADISTICO</u> .....	66
1. <u>Incidencia climática en distintos períodos, para cada variedad</u> .....	66
2. <u>Correlaciones entre rendimiento y componentes, de cada variedad</u> .....	66

	<u>Página</u>
3. <u>Influencia de la esterilidad en el rendimiento de genotipos indicas y japónicas</u> .....	67
4. <u>Incidencia climática en la totalidad de los períodos</u> .....	67
5. <u>Identificación de las vías de construcción del rendimiento en cada variedad</u> .....	68
6. <u>Estabilidad productiva</u> .....	68
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	<b>69</b>
<b>A. INCIDENCIA DE FACTORES CLIMATICOS EN EL ARROZ</b> .....	<b>69</b>
1. <u>Incidencia en el rendimiento por período</u> .....	69
2. <u>Incidencia en el rendimiento considerando el total de períodos</u> .....	69
3. <u>Correlaciones entre rendimiento y componentes</u> .....	70
4. <u>Incidencia de los factores climáticos en los componentes del rendimiento por período</u> .....	71
5. <u>Incidencia en la totalidad de los períodos</u> .....	71
<b>B. INFLUENCIA DEL CLIMA EN GENOTIPOS INDICAS Y JAPONICAS</b> .....	<b>72</b>
<b>C. INCIDENCIA DE FACTORES CLIMATICOS SOBRE RENDIMIENTO Y COMPONENTES DE CADA CULTIVAR</b> .....	<b>74</b>
1. <u>Incidencia por período, correlaciones entre rendimiento y componentes</u> ...	74
a. Bluebelle.....	74
b. El Paso 144.....	80
c. INIA Tacuarí.....	87
d. INIA Caraguatá.....	91
e. Línea experimental L 1130.....	97
f. Línea experimental L 1119.....	101
g. INIA Cuaró.....	107
2. <u>Incidencia de los factores climáticos considerando la totalidad de los períodos</u> .....	112
a. Bluebelle.....	112
b. El Paso 144.....	114
c. INIA Tacuarí.....	115
d. INIA Caraguatá.....	117
e. Línea experimental L 1130.....	118
f. Línea experimental L 1119.....	120
g. INIA Cuaró.....	121
<b>D. VIAS DE CONSTRUCCION DEL RENDIMIENTO</b> .....	<b>123</b>
1. <u>Bluebelle</u> .....	123
2. <u>El Paso 144</u> .....	124
3. <u>INIA Tacuarí</u> .....	125
4. <u>INIA Caraguatá</u> .....	125
5. <u>Línea experimental L 1130</u> .....	127
6. <u>Línea experimental L 1119</u> .....	128
7. <u>INIA Cuaró</u> .....	129

	<u>Página</u>
E. ANALISIS DE ESTABILIDAD PRODUCTIVA.....	129
1. <u>Análisis de estabilidad productiva para siembra de octubre y noviembre.</u>	130
2. <u>Análisis de estabilidad productiva para el total de épocas de siembra.</u> ....	131
F. RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS.....	133
V. <u>CONCLUSIONES</u> .....	138
VI. <u>RESUMEN</u> .....	141
VII. <u>BIBLIOGRAFIA</u> .....	143
VIII. <u>APENDICE</u> .....	150

### **AGRADECIMIENTOS.**

Un agradecimiento especial a nuestro director de tesis Fernando B. Pérez de Vida por su invaluable colaboración durante la elaboración del presente trabajo.

A Alvaro Roel, personal de INIA Treinta y Tres, Facultad de Agronomía, y a nuestros familiares y amigos, que han contribuido de una u otra manera para la realización de este trabajo.

**Muchas gracias**

**LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.**

Cuadro N°		<u>Página</u>
1	Temperaturas críticas máximas, mínimas y óptimas (°C) en diferentes etapas de desarrollo de la planta de arroz.....	5
2	Temperaturas críticas altas, bajas y óptimas en diferentes etapas fenológicas.....	5
3	Mecanismos de hipertrofia del tapete.....	13
4	Secuencia desde ocurrencia de bajas temperaturas a esterilidad	14
5	Horas de sol reales para la serie de años 1981-1990.....	56
6	Promedio de temperaturas medias de los meses de enero, febrero y marzo, para las zafras bajo estudio y serie histórica.....	58
7	Promedio de temperaturas mínimas de los meses de enero, febrero y marzo, para las zafras bajo estudio y serie histórica.....	58
8	Promedio de las horas de sol de los meses de enero, febrero y marzo, para las zafras bajo estudio y serie histórica.....	59
9	Fechas de siembra de los ensayos.....	61
10	Rendimiento y características agronómicas en ensayos de 1992/93 a 1996/97.....	63
11	Calidad de grano en ensayos de 1992/93 a 1996/97.....	63
12	Años de evaluación por variedad.....	64
13	Resumen de los períodos en los que se estudio la incidencia de las variables climáticas sobre rendimiento, componentes de éste y parámetros de calidad industrial.....	65
14	Tendencias de correlaciones entre rendimiento y componentes para el total de épocas de siembra.....	70
15	Regresiones de rendimiento con esterilidad en siembras de octubre-noviembre.....	73
16	Regresiones de rendimiento con esterilidad en siembras de octubre-noviembre-diciembre.....	73

Cuadro N°		<u>Página</u>
17	Correlaciones entre rendimiento y esterilidad de genotipos índicas y japónicas.....	73
18	Coefficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes períodos fenológicos, en Bluebelle.....	74
19	Coefficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de panículas/m <sup>2</sup> en diferentes períodos fenológicos, en Bluebelle.....	75
20	Coefficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de granos totales/panícula en diferentes períodos fenológicos, en Bluebelle.....	75
21	Coefficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes períodos fenológicos, en Bluebelle.....	76
22	Coefficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el período de 10-30 dDF, en Bluebelle.....	77
23	Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en Bluebelle.....	79
24	Coefficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes períodos fenológicos, en El Paso 144.....	80
25	Coefficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de panículas/m <sup>2</sup> en diferentes períodos fenológicos, en El Paso 144.....	81
26	Coefficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de granos totales/panícula en diferentes períodos fenológicos, en El Paso 144.....	82
27	Coefficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes períodos fenológicos, en El Paso 144.....	83

Cuadro N°		<u>Página</u>
28	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el período de 10-30 dDF, en El Paso 144....	84
29	Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en El Paso 144.....	85
30	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes períodos fenológicos, en Tacuarí.....	87
31	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de panículas/m <sup>2</sup> en diferentes períodos fenológicos, en Tacuarí.....	87
32	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de granos totales/panícula en diferentes períodos fenológicos, en Tacuarí.....	87
33	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes períodos fenológicos, en Tacuarí.....	88
34	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el período de 10-30 dDF, en Tacuarí.....	89
35	Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en Tacuarí.....	89
36	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes períodos fenológicos, en Caraguatá.....	91
37	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de panículas/m <sup>2</sup> en diferentes períodos fenológicos, en Caraguatá.....	92
38	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de granos totales/panícula en diferentes períodos fenológicos, en Caraguatá.....	93

Cuadro N°		<u>Página</u>
39	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes periodos fenológicos, en Caraguatá.....	93
40	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el periodo de 10-30 dDF, en Caraguatá.....	94
41	Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en Caraguatá.....	95
42	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes periodos fenológicos, en L 1130.....	97
43	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de granos totales/panícula en diferentes periodos fenológicos, en L 1130.....	98
44	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes periodos fenológicos, en L 1130.....	98
45	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el periodo de 10-30 dDF, en L 1130.....	99
46	Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en L 1130.....	100
47	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes periodos fenológicos, en L 1119.....	101
48	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de panículas/m <sup>2</sup> en diferentes periodos fenológicos, en L 1119.....	102
49	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de granos totales/panícula en diferentes periodos fenológicos, en L 1119.....	103

Cuadro N°		<u>Página</u>
50	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes periodos fenológicos, en L 1119.....	103
51	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el periodo de 10-30 dDF, en L 1119.....	104
52	Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en L 1119.....	105
53	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes periodos fenológicos, en Cuaró.....	107
54	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de paniculas/m2 en diferentes periodos fenológicos, en Cuaró.....	108
55	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de granos totales/panícula en diferentes periodos fenológicos, en Cuaró.....	108
56	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes periodos fenológicos, en Cuaró.....	109
57	Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el periodo de 10-30 dDF, en Cuaró.....	110
58	Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en Cuaró.....	111
59	Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en Bluebelle.....	113
60	Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en Bluebelle.....	113
61	Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en El Paso 144.....	114

Cuadro N°		<u>Página</u>
62	Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en El Paso 144.....	114
63	Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en Tacuarí.....	116
64	Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en Tacuarí.....	116
65	Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en Caraguatá.....	117
66	Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en Caraguatá.....	117
67	Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en L 1130.....	118
68	Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en L 1130.....	119
69	Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en L 1119.....	120
70	Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en L 1119.....	120
71	Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en Cuaró.....	121
72	Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en Cuaró.....	122
73	Coeficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en Bluebelle.....	123
74	Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en Bluebelle.....	123
75	Coeficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en El Paso 144.....	124

Cuadro N°		<u>Página</u>
76	Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en El Paso 144.....	124
77	Coefficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en Tacuarí.....	125
78	Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en Tacuarí.....	125
79	Coefficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en Caraguatá.....	126
80	Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en Caraguatá.....	126
81	Coefficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en L 1130.....	127
82	Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en L 1130.....	127
83	Coefficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en L 1119.....	128
84	Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en L 1119.....	128
85	Coefficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en Cuaró.....	129
86	Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en Cuaró.....	129
87	Análisis de estabilidad para siembras de octubre-noviembre.....	130
88	Regresiones de rendimiento con el índice ambiental para siembras de octubre-noviembre.....	130
89	Análisis de estabilidad para siembras de oct-nov-dic.....	132
90	Regresiones de rendimiento con el índice ambiental para el total de épocas de siembra.....	132

Cuadro N°	<u>Página</u>
91 Caracterización productiva de variedades para épocas de siembra de oct-nov-dic.....	134
92 Caracterización productiva de variedades para épocas de siembra de octubre y noviembre.....	135
93 Parámetros de calidad industrial.....	136
Figura N°	<u>Página</u>
1 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 (serie histórica 1972-1993).....	55
2 Evolución de los rendimientos nacionales y las horas de sol acumuladas en enero+febrero+marzo.....	57
3 Rendimiento de genotipos índicas y japónicas, en diferentes fechas de siembra.....	72
4 Efecto de la temperatura sobre el rendimiento en Bluebelle, en el período de 10-30 dDF.....	75
5 Efecto de la temperatura sobre la esterilidad en Bluebelle en 10-30 dDF.....	76
6 Efecto de la temperatura sobre el peso de grano en Bluebelle..	77
7 Efecto de la temperatura y heliofanía sobre el yesado en Bluebelle.....	78
8 Efecto de la temperatura media sobre el entero de los granos en Bluebelle.....	78
9 Regresiones entre panículas/m <sup>2</sup> y rendimiento en Bluebelle.....	79
10 Efecto de la temperatura sobre el rendimiento en el período de 12+10 dDF, en El Paso 144 y Bluebelle.....	81
11 Efecto de la temperatura sobre el número de panículas/m <sup>2</sup> en el período de 20 dPF en El Paso 144.....	82

Figura N°		<u>Página</u>
12	Efecto de la temperatura sobre la esterilidad, en El Paso 144 en el periodo de 12+10 dDF.....	83
13	Efecto de la temperatura media sobre el peso de grano en el periodo de 10-30 dDF, en Bluebelle y El Paso 144.....	84
14	Regresiones entre rendimiento y peso de grano, en El Paso 144	85
15	Regresiones entre rendimiento y esterilidad para El Paso 144.....	86
16	Efecto de la temperatura sobre la esterilidad en el periodo de 12+10 dDF, en Tacuarí, El Paso 144 y Bluebelle.....	88
17	Efecto de la temperatura sobre el quebrado de grano en Tacuarí	89
18	Regresiones entre panículas/m <sup>2</sup> y rendimiento en Tacuarí.....	90
19	Regresiones entre rendimiento y esterilidad con siembras tardías en Tacuarí y Bluebelle.....	91
20	Efecto de las horas de sol sobre el rendimiento de Caraguatá, en el periodo de 10-30 dDF.....	92
21	Efecto de la temperatura sobre la esterilidad en el periodo de 12+10 dDF en Caraguatá, El Paso 144 y Tacuarí.....	93
22	Efecto de la temperatura media sobre el blanco total y entero de Caraguatá.....	94
23	Regresiones entre rendimiento y panículas/m <sup>2</sup> en Caraguatá.....	96
24	Regresión entre rendimiento y esterilidad en Caraguatá con siembras tardías incluidas.....	97
25	Efecto de la temperatura sobre el peso de grano de I 1130 en el periodo de 10-30 dDF.....	99
26	Regresión entre rendimiento y granos totales/panícula en L 1130, para siembras normales.....	100
27	Efecto de la temperatura media sobre el rendimiento de L 1119 y L 1130, en el periodo de 10-30 dDF.....	101

Figura N°		<u>Página</u>
28	Efecto de la temperatura media sobre el número de panículas/m <sup>2</sup> de L 1119 y Cuaró, en el período de 30-15 dPF....	102
29	Efecto de la temperatura sobre la esterilidad de L 1119 y L 1130 en el período de 10-30 dDF.....	104
30	Efecto de la temperatura media sobre el entero de los granos de L 1119 y L 1130.....	105
31	Regresión entre rendimiento y panículas/m <sup>2</sup> de L 1119 para siembras normales.....	106
32	Regresiones entre rendimiento y esterilidad de L 1119 y L 1130, con siembras tardías incluidas.....	106
33	Efecto de la temperatura sobre el rendimiento de Cuaró y El Paso 144, en el período de 10-30 dDF.....	107
34	Efecto de las horas de sol sobre el número de granos por panícula de Cuaró, en el período de 20 dDF.....	108
35	Efecto de la temperatura sobre la esterilidad de Cuaró y El Paso 144, en el período de 12+10 dDF.....	109
36	Efecto de la temperatura máxima promedio en el período de 10-30 dDF sobre el peso de 1000 granos en Cuaró.....	110
37	Efecto de la temperatura (10-30 dDF) sobre el blanco total y entero de Cuaró.....	110
38	Regresión entre rendimiento y granos totales/panícula de Cuaró, en siembras de octubre-noviembre.....	111
39	Regresiones entre rendimiento y esterilidad de Cuaró y El Paso 144, para el total de épocas de siembra.....	112
40	Análisis de estabilidad productiva para ensayos de época de siembra (oct-nov).....	131
41	Análisis de estabilidad productiva en ensayos de época de siembra (oct-nov-dic).....	133
42	Rendimiento de los cultivares en el total de épocas de siembra...	134

<b>Figura N°</b>		<b><u>Página</u></b>
<b>43</b>	<b>Rendimiento de los cultivares para las siembras de octubre y noviembre.....</b>	<b>135</b>
<b>44</b>	<b>Porcentaje de blanco total y entero de las variedades para todas las épocas de siembra.....</b>	<b>137</b>

## I. INTRODUCCION.

La producción arroceras a partir de la década de los 70, se ha incrementado con una tasa de 70 Kg./ha/año, debido a la introducción de nuevas variedades (Bluebelle en esos años), el desarrollo de información y adopción de nuevas tecnologías (Pérez de Vida, 1996). Nuestro volumen de producción se incrementó por la evolución conjunta de rendimiento y superficie sembrada. Actualmente se siembran más de 150.000 has. obteniéndose aproximadamente un millón de toneladas de arroz cáscara.

De éstos, el 90% tiene destino de exportación, principalmente (62%) al mercado brasileño, lo cual determinó en gran medida la evolución del panorama varietal, a través del desarrollo de El Paso 144 de origen tropical, con calidad diferente a la "típica americana", pero aceptada en Brasil.

El arroz, en el año 1995 representó el 7.7% del valor de las exportaciones nacionales, llegando en 1996 al 9.5%; ocupando el tercer lugar detrás de la lana y la carne. En 1996 el valor total de las exportaciones de arroz se incrementó un 45% con respecto a 1995, llegando a 228 millones de dólares, dicha cifra récord se debió tanto al incremento en el precio de las exportaciones como al incremento (37%) del volumen exportado (Salgado, 1997).

La zona Este tradicionalmente arroceras representa el 75% del área sembrada y de la producción (OPYPA, 1997). En la actualidad el cultivo se ha expandido más allá de esta zona del país, hacia las zonas Norte y Centro-Norte, donde a pesar de su topografía más ondulada, se dan condiciones climáticas más favorables para el crecimiento del cultivo, ya que se carece en gran medida del factor depresivo de las bajas temperaturas; por otra parte se siembra en suelos más fértiles y con menor historia agrícola.

Este crecimiento importante en zonas más aptas por temperatura y fertilidad de suelos, más el importante recambio varietal, donde el INIA y la Estación Experimental del Este tuvieron un rol fundamental en el desarrollo de cultivares con alto potencial de rendimiento, llevaron a una importante reducción de la brecha tecnológica (Pérez de Vida, 1996).

Las zafras 1995/96 y 1996/97, fueron récord desde el punto de vista productivo lográndose los mayores volúmenes de producción y rendimientos promedios por hectárea de arroz (6.500 Kg/ha.). Esto se debió a lo mencionado anteriormente y en gran medida al favorable comportamiento de las variables climáticas.

Las condiciones de humedad del suelo permitieron la preparación y sistematización de tierras durante el período de invierno-primavera precedente a la zafra, lo que permitió sembrar en la época más adecuada (octubre-noviembre). No se registraron problemas por bajas temperaturas, en el período reproductivo, las cuales han sido identificadas como una de las principales causas de inestabilidad de los rendimientos, sobre todo para la zona Este (Blanco, Pérez de Vida y Roel; 1993d).

Desde el punto de vista de la radiación solar, se presentaron valores levemente superiores a los normales.

El panorama para la presente zafra 1997/98, varió sustancialmente debido principalmente a la incidencia climática. Las precipitaciones abundantes afectaron la siembra, el desarrollo del cultivo y la cosecha del mismo; y a su vez debido a la nubosidad las horas de sol resultaron limitantes para la concreción de altos rendimientos. Como queda demostrado, en arroz bajo riego las variables climáticas temperatura y disponibilidad de energía lumínica son características de primer orden en la determinación de los rendimientos.

El presente trabajo tiene como objetivo identificar los factores climáticos que inciden en la estabilidad productiva y calidad industrial de cultivares de arroz, a través de las relaciones de rendimiento y componentes con parámetros climáticos (temperatura, heliofanía) en diferentes períodos del ciclo del cultivo. A su vez identificar las vías o estrategias para la construcción del rendimiento de los distintos cultivares y obtener una hipótesis de trabajo en cuanto a manejo para disminuir la variabilidad en los rendimientos.

## II REVISION BIBLIOGRAFICA.

### **A. DESARROLLO DE LA PLANTA DE ARROZ.**

#### **1. Aspectos generales.**

Las variedades de arroz cultivadas pertenecen al género *Oryza sativa* L. Se trata de una planta anual, de origen subtropical, y bien adaptada a un hábitat acuático y a temperaturas y humedad relativamente elevadas.

El crecimiento de una planta de arroz depende de muchos factores y puede variar con las condiciones climáticas, la variedad, la fecha de siembra, el inicio del riego, las malezas, la fertilización, las plagas y enfermedades, entre otros (Gamarra, 1996).

Según Yoshida (1981), el ciclo de un cultivar de arroz puede ser influenciado por el fotoperíodo y la temperatura. Los cultivares insensibles al fotoperíodo son característicos de la agricultura moderna, por lo tanto la temperatura es el factor climático con mayor influencia en el ciclo.

Para cada etapa del ciclo de crecimiento se requieren una determinada cantidad de unidades de calor acumuladas y las distintas variedades difieren en los valores de calor que necesitan.

El crecimiento de la planta de arroz se puede dividir en tres etapas:

1) la etapa vegetativa, 2) la etapa reproductiva, y 3) la etapa de llenado de grano y maduración.

#### **2. Etapa vegetativa.**

Este período abarca desde la germinación de la semilla hasta el comienzo de la diferenciación del primordio floral.

En esta fase se determina el número de macollos que equivale al número potencial de panículas; también se determina el estado de las hojas que funcionan durante la etapa reproductiva (De Datta, 1986).

#### **3. Etapa reproductiva.**

Comprende desde la diferenciación del primordio hasta que el 50% de las flores han sido polinizadas.

Este período se menciona como bastante constante, pero varía con el cultivar y el clima en un rango entre 27 y 46 días (Yoshida, 1981).

Esta etapa se puede dividir en: a) diferenciación del primordio floral, b) embarrigado y c) comienzo de la floración.

El período que va desde la diferenciación del primordio hasta comienzo de la floración es la etapa en que la planta de arroz es más vulnerable a condiciones climáticas adversas.

Durante la fase reproductiva se determina el número y tamaño de los granos, así como el estado de las hojas que contribuyen a la maduración (Tanaka, 1976; citado por Castro y Porto, 1994).

#### **4. Etapa de llenado de grano y maduración.**

Esta etapa comienza con el 50% de la floración y termina cuando la humedad promedio del grano es de alrededor del 20%, significando que no hay más deposición de carbohidratos en el grano y comienza un período de pérdida de humedad.

Las condiciones en esta etapa determinan el último componente del rendimiento, el peso de los granos. El grado de llenado y las condiciones climáticas durante este período determinan la calidad industrial y culinaria del grano.

Según Blanco (1991), como el período de llenado de grano es generalmente considerado como una constante para cada área de cultivo de arroz y las diferencias entre variedades son bajas, la clasificación de la duración del crecimiento puede ser basada en la duración desde la siembra a la floración.

### **B. INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA.**

#### **1. Aspectos generales.**

El arroz es una planta de origen tropical que sobrevive en un amplio rango de temperaturas (de 10 a 50°C), siendo más afectado por las mínimas extremas de temperatura que por las máximas extremas (Chang, et. al., 1976).

Según Godwin, et. al. (1994), la temperatura ambiente es la mayor limitante para la producción de arroz, al menos en condiciones de riego.

El factor climático con mayor influencia en el ciclo del cultivo es la temperatura, donde para alcanzar los distintos eventos fenológicos se requieren una determinada cantidad de unidades de calor acumuladas; y las distintas variedades difieren en los valores de calor que necesitan. Según Roel (1997), la metodología de cálculo que mejor se ajusta para nuestras condiciones es DD50 (Degree Day 50 °F).

Yoshida (1981), reportó las temperaturas críticas mínimas, máximas y óptimas (en °C) para el crecimiento y desarrollo del arroz.

Cuadro N°1. Temperaturas críticas máximas, mínimas y óptimas (°C) en diferentes etapas de desarrollo de la planta de arroz.

Etapa de desarrollo	Mínima	Máxima	Óptima*
Germinación	10	45	20-35
Emergencia y establecimiento	12-13	35	25-30
Desarrollo de raíz	16	35	25-28
Elongación de hoja	7-12	45	31
Macollaje	9-16	33	25-31
Diferenciación de primordio	15	35	25-30
Panojamiento	15-20	38	25-28
Antesis	22	35	30-33
Maduración	12-18	30	20-25

\* se refiere a la temperatura media diaria, con excepción para germinación.

A su vez De Datta (1986), identificó temperaturas críticas para germinación, macollaje, iniciación de la inflorescencia y desarrollo, dehiscencia y llenado.

Cuadro N°2. Temperaturas críticas altas, bajas y óptimas en diferentes etapas fenológicas.

	Baja	Alta	Óptima
Germinación	16-19	45	18-40
Emergencia y establecimiento	12-35	35	25-30
Enraizado	16	35	25-28
Elongación de hojas	7-12	45	31
Macollaje	9-16	33	25-31
Iniciación de primordio	15	-	-
Diferenciación de panícula	15-20	30	-
Antesis	22	35-36	30-33
Llenado de grano	12-18	>30	20-29

El régimen de temperatura tiene mayores influencias sobre el patrón de crecimiento de las plantas de arroz que sobre la duración del crecimiento. Durante la estación de crecimiento, la temperatura media, la suma térmica, rango y distribución de temperaturas, o combinación de éstas puede ser altamente correlacionada con el rendimiento de granos (Moomaw y Vergara, 1965; citados por De Datta, 1986).

En 1985, en la Estación Experimental de Chuncheon (Korea) se reportaron los diferentes tipos de daños por frío según el estadio de crecimiento.

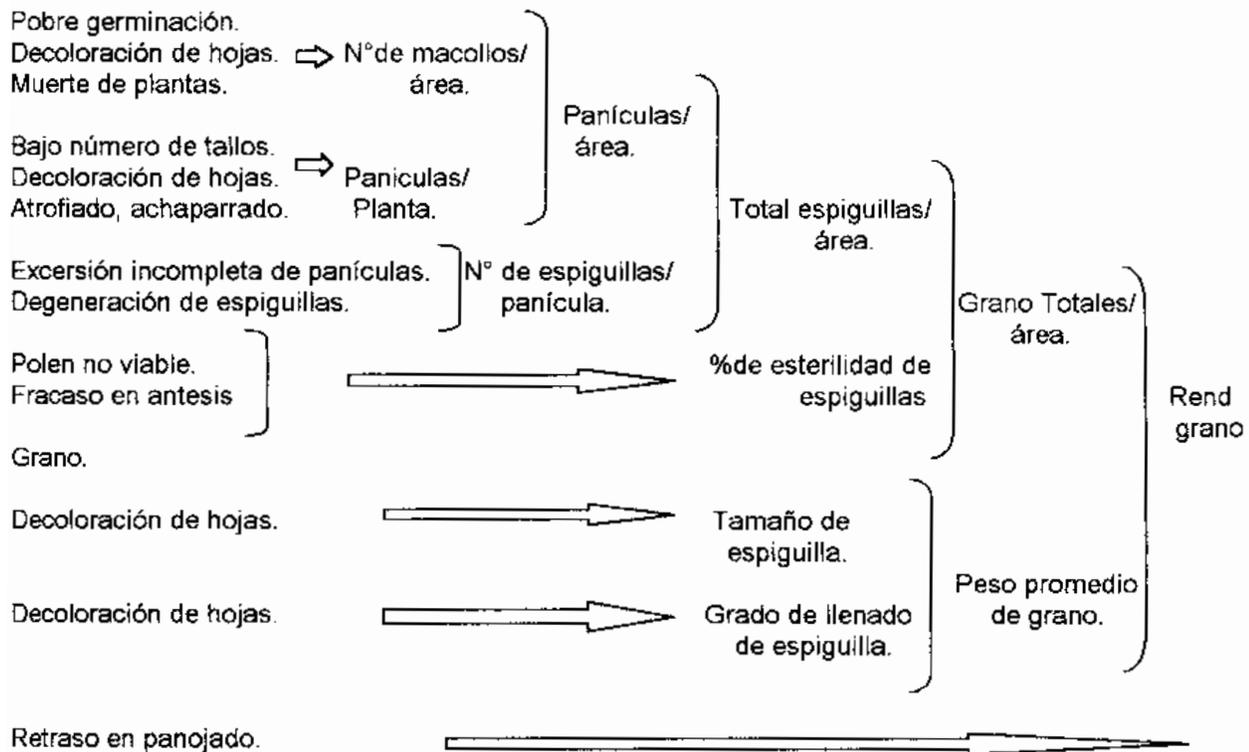
<b>Estadio de crecimiento:</b>	<b>Tipo de daño:</b>
-germinación	-bajo % de germinación y alargamiento del período para la germinación
-plántula	-inhibición del crecimiento vegetativo -decoloración de hojas
-después de trasplante	-inhibición del crecimiento de raíces, crecimiento y macollaje
-meiosis y embarrigado	-inhibición del polen y formación de espiguillas
-panojamiento	-pobre excursión de la panícula -inhibición de dehiscencia de polen y polinización
-maduración	-inhibición del llenado de grano -decoloración de hojas y temprana senescencia

Por su parte Kaneda y Beachell (1974), citados por Toriyama (1975), también identificaron los síntomas debidos a daños por frío. Siendo las bajas temperaturas ambiente y el agua de irrigación fría, las que ocasionan los daños.

#### **Los síntomas más comunes del daño son:**

- Pobre germinación.
- Crecimiento lento y decoloración de plántulas.
- Crecimiento vegetativo caracterizado por un peso reducido y bajo macollaje.
- Retraso en el panojado.
- Excursión incompleta de la panícula.
- Prolongado período de floración.
- Degeneración de espiguillas.
- Madurez irregular.
- Esterilidad.
- Formación de granos anormales.

Los daños por frío en última instancia se reflejan en bajos rendimientos, como se refleja en el siguiente esquema, adaptado de Kaneda (1972), citado por De Datta (1986).



## 2. Incidencia en etapa vegetativa.

Según Chang, et. al. (1976) el límite para la germinación y crecimiento post emergencia es de 15°C.

Para nuestras condiciones, en la zona Este del país hay mayor probabilidad de ocurrencia de períodos muy fríos en las primeras etapas del cultivo, retrasando la emergencia de plantas y su crecimiento (Gamarra, 1996).

Sasaki (1974), citado por Toriyama (1975), reporta positiva correlación entre:

- germinación a bajas temperaturas y crecimiento inicial de plántulas.
- crecimiento radicular y establecimiento de plántula.

Por otra parte, Shibata (1979), también reportó correlación positiva entre: tolerancia al frío de la plántula y tasa de macollaje.

Las bajas temperaturas críticas para el macollaje son de 9 °C (Chamura y Honma, 1973; citados por Toriyama, 1975).

Hay un rango de temperaturas mínimas entre cultivares por debajo de las cuales estos no tienen crecimiento, este varía entre 9 y 18 °C. Cuando la temperatura es alta, el macollaje aumenta, el intervalo foliar es corto y cada hoja es más larga.

Un aumento de la temperatura incrementa la tasa de emergencia de hojas, siendo que el número de hojas desarrolladas en el tallo medio antes de la floración es bastante constante, por lo tanto el efecto de la temperatura influye en el período que va desde la siembra hasta la iniciación de la panícula, que cuenta en mucho para la variabilidad en la duración del crecimiento de los cultivares de arroz (Yoshida, 1981).

Según Munakata (1976), al comienzo del período de macollaje se observa un solo óptimo de temperatura para obtener mayor número de macollos (alrededor de 35°C). A su vez el macollaje es inversamente proporcional a la elongación de tallos (altura de planta), siendo el óptimo para éste proceso 25-30°C. Este rango de temperatura es intermedio a los dos óptimos de temperatura para obtener un mayor número de panículas. El primer óptimo se da con temperaturas de 27-28 a 35°C cuarenta días previo a panojamiento y el segundo a 20-23 °C veinte días previo a panojamiento.

Esto sugiere que la inhibición de la elongación de tallos a altas y bajas temperatura se da cuando se incrementa el macollaje.

La curva de temperatura con dos óptimos se atribuiría al incremento en la amonificación del nitrógeno del suelo por alta temperatura o bien por la inhibición de la elongación de tallos a altas y bajas temperaturas.

Al fin de macollaje se observa que el mayor número se obtiene a bajas temperaturas (20°C).

El macollaje termina cuando la temperatura está en un rango entre 20-25°C por 15-20 días previos a panojado (cambio a estado reproductivo por acumulación de unidades térmicas).

A su vez Chang, et. al. (1976), reporta que días con temperaturas mayores a 25°C reducen el período de macollaje en variedades que provienen de altas latitudes y acelera la iniciación de la panícula y su emergencia.

Según Nishiyama (1976), durante el macollaje ocurre una severa inhibición de la absorción de fósforo, potasio y cloro con temperaturas de 17°C. Por su parte las bajas temperaturas (13°C) inhiben la traslocación de: nitrógeno, fósforo, cobre, sales y carbohidratos, lo que se traduce en menor número de panículas.

Las bajas temperaturas durante elongación de hojas ocasionan daños irreversibles como esterilidad de las espiguillas, mientras que la muerte de plantas es el resultado indirecto del amarillamiento de las hojas y de la imposibilidad de las raíces de absorber nutrientes (Vergara, 1976).

### **3. Incidencia en etapa reproductiva.**

Stansel (1975), define el rango de temperatura ideal en la etapa reproductiva entre 22-31 °C.

El período reproductivo del arroz, comprendido entre el desarrollo de la panícula y la anthesis, es sumamente sensible a las bajas temperaturas. Estos períodos fríos son comunes en la zona Este del Uruguay, donde se concentra la mayor parte del cultivo, y han sido identificados como una de las principales causas de inestabilidad de los

rendimientos del país, limitando el uso de cultivares de origen tropical (Blanco, Pérez de Vida, Roel; 1993). A su vez Gamarra (1996), lo identifica como el período más crítico por las consecuencias que puede tener en la esterilidad de los granos y por lo tanto en el rendimiento.

Estas apreciaciones son concordantes con las de Boerema (1974), citado Godwin, et. al. (1994), que identifica a el alto nivel de esterilidad de flores, atribuible a los daños por frío, como el factor más significativo que contribuye a la variabilidad en la producción.

Además del efecto de las bajas temperaturas, diversos autores han reportado la incidencia de altas temperaturas en inducir la esterilidad durante la antesis. Los daños por altas temperaturas en ésta etapa se darían a muy altas temperaturas, según Munakata (1976), a temperaturas del día y la noche de 35 y 30 °C respectivamente. Estas son difíciles de alcanzar en la zona Este del país, siendo por lo tanto las bajas temperaturas, las más problemáticas.

Según Chang, et. al. (1976), los daños por bajas temperaturas son:

- retraso del panojado.
- incompleta excursión de la panícula.
- no dehiscencia de anteras y fertilización.
- esterilidad de espiguillas y
- pobre llenado de grano.

Por su parte Satake (1976), identificó dos tipos de daños en el arroz por frío; la esterilidad y el retardo del crecimiento.

En los estadios de primordio y antesis la esterilidad lleva a un descenso en la producción por ocurrencia de bajas temperaturas.

Por otra parte el retardo en el crecimiento, causado por bajas temperaturas durante el proceso de maduración, disminuye la producción por consecuencia de la inmadurez de los granos,

Según Stansel (1975), hay tres fases en la etapa reproductiva donde las bajas temperatura pueden afectar la producción:

1ª etapa: durante iniciación de la panícula, que ocurre aproximadamente 4 semanas previas a la floración.

2ª etapa: durante la meiosis, de 10 a 12 días previos a la primer panícula visible.

3ª etapa: durante la antesis, ocurre 1 a 3 días después de que las flores emergieron por sobre la vaina de la hoja bandera y se continua por alrededor de 14 días.

#### **a. Diferenciación de Primordio.**

Según lo reportan Stansel (1975), y Chang, et. al. (1976), con temperaturas menores a 15 °C, no se da la iniciación floral, ni diferenciación de las flores. A su vez éste último identifica el óptimo de temperaturas de la noche para iniciación floral y desarrollo, entre 18 y 25°C. La óptima temperatura para la diferenciación de las flores

depende del largo del día. Cuando los días son largos el óptimo de temperatura es alto, y cuando los días son cortos el óptimo de temperatura es menor.

Best (1959), citado por Matsuo, et. al. (1995), indica que temperaturas del aire superior a 20 °C e inferior a 29 °C aceleran la diferenciación de las flores.

Tanaka (1963), citado por Lavecchia (1991), presenta estudios realizados en Japón que demostraron que plantas en estado de formación de primordio floral sometidas a temperaturas de 17°C durante cinco días, resultaron completamente estériles.

A su vez Stansel (1975), encontró que durante la iniciación de la panícula, temperaturas inferiores a 15 °C determinan que el número de espiguillas por panícula disminuya.

Matsuo, et. al. (1995), reportaron que el desarrollo de las panículas fue retardado a bajas temperaturas, mientras que las altas temperaturas (35-37 °C) aceleran este proceso. Si se acelera la excursión de la panícula la planta queda más baja, las panículas quedan altas y pequeñas y el llenado de grano disminuye.

#### **b. Embarrigado.**

Es el período que va desde la diferenciación del primordio hasta el comienzo de la floración, y es la etapa en que la planta de arroz es más vulnerable a condiciones climáticas adversas.

Poco después del primordio, aproximadamente ocho días, las células que producen el polen comienzan a dividirse. Las bajas temperaturas en esta etapa pueden causar alta esterilidad de grano (Stansel, 1975).

La mayor causa de la reducción en la producción se cree que se debe a la esterilidad del polen, causada por daños por bajas temperaturas en el estado de desarrollo de joven microspora (Satake, 1976).

Sin embargo es probable que halla otros caminos de reducción en la producción por bajas temperaturas, esto se demuestra por otros períodos con bajas temperaturas donde se afectaría la producción (Uchijima.1976, Angus and Lewin. 1991, citado por Williams, et. al., 1994a).

Según Stansel (1975), durante la meiosis, de 10 a 12 días previos a la primer panícula visible (cuando las aurículas de la hoja bandera pasan por las aurículas de la última hoja) los daños producidos están en función de las bajas temperaturas, de la duración de éstas y de las fluctuaciones diurnas, así como de las diferencias varietales.

Se puede definir la esterilidad por la ecuación:

$$\% \text{ est.} = \frac{(\text{media } T^{\circ} \text{ diaria} - 20^{\circ} \text{C})(\text{n}^{\circ} \text{ días con } T^{\circ} < 20^{\circ} \text{C})}{(\text{rango } T^{\circ} \text{ diurna} - 1)(-10)} \times 100$$

Este autor define que temperaturas debajo de 20 °C son suficientes para causar esterilidad de espiguillas.

Sin embargo otros autores definen otras temperaturas como críticas para causar esterilidad. En California (USA) temperaturas de la noche por debajo de 17 °C desde embarrigado a floración afectan la meiosis, y dependiendo de su extensión y duración, también ocasionan esterilidad de flores (Ratgen y Peterson.1969, citados por Toriyama, 1975).

Las temperaturas críticas para esterilidad causada por tiempo frío, se reportaron entre 17 y 21 °C dependiendo de la variedad (Nishiyama et al., 1969; citado por De Datta, 1986).

A su vez Satake (1976) demostró que en las variedades tolerantes se indujo la esterilidad a 15-17°C y en las variedades sensibles a 17-19 °C. Estas temperatura son para condiciones constantes, lo que no ocurre en la naturaleza, donde el problema se da cuando ocurren bajas temperatura durante el día y altas en la noche.

Poca esterilidad se da cuando ocurre al inverso.

Trabajos en ambientes controlados de Satake (1976), Uchijima (1976) y Heenan (1984); citados por Williams, et. al. (1994a), mostraron que el más sensible de los estados a daños por frío es durante el estado de microspora en el desarrollo del polen, que ocurre alrededor de 10 días previos a floración. Temperaturas menores a 20 °C durante éste período mostraron una marcada reducción de las flores y por lo tanto fertilidad de espiguillas.

El período crítico para daños por frío en el campo es probable que sea más largo que el indicado bajo condiciones de trabajo en ambientes controlados. Esto es debido a una extensión en la edad fisiológica del desarrollo de las panículas en el tallo principal y en los macollos que podrían tener diferente tiempo de exposición.

Nishiyama (1976), encontró que los daños por bajas temperaturas en la meiosis causan esterilidad (más precisamente en el estado de joven microspora) y en la anthesis causan infertilización.

Esto es corroborado por Satake (1976), que identificó que el estado más sensible es el de joven microspora, comprendido desde la tetrada a la primer fase de contracción después de la división meiotica. Secundariamente sería el estado previo a leptotenia.

En la meiosis son marcadamente visibles las alteraciones como: movimiento de cromosomas, formación de la membrana celular.

Por su parte Kakizaki y Kido, citados por Satake, et. al.(1969), mostraron que el estado más sensible al enfriamiento es el de división meiotica de las células madres del polen.

En cambio el trabajo presentado por Satake y Hayase (1969), mostró que el estado más sensible al enfriamiento no es el de división meiotica, si no el de joven microspora, desde la tetrada hasta la primer fase de contracción.

Otros resultados sugieren la existencia de un secundario estado sensible al enfriamiento, que se da previo a la división meiótica de las células madres del polen. En este antecedente se basaron Satake y Hayase (1974), para identificar el segundo estadio más sensible al enfriamiento, que se daría justo antes de la temprana etapa de leptoteno. Esta etapa susceptible a disturbios fisiológicos es crítica en determinar la división meiótica y el normal apareamiento de los cromosomas.

Bajas temperaturas durante ésta etapa quizás provoquen subsecuentes aberraciones, tales como alta frecuencia de univalentes, cese del desarrollo y degeneración de microsporas.

Por lo tanto los dos momentos de mayor infertilidad, serían por importancia:

- 1- joven microspora, desde la tetrada a la primer fase de contracción.
- 2- estado de leptoteno.

El intervalo de tiempo entre los dos estados más sensibles es estimado en alrededor de dos días y medio.

La susceptibilidad al frío durante meiosis se manifiesta en la sinapsis de los cromosomas y la anormal hipertrofia del tapete celular que ocurre desde la primera a la segunda fase de contracción de las microsporas (Chang, et. al.; 1976).

Por su parte Satake (1976), reportó éstas y otras anomalías citológicas:

- 1-daños en la diferenciación del grano de polen y surco embrionario de la célula madre.
- 2-no acoplamiento de los cromosomas durante la meiosis
- 3-interrupción de la formación de la pared celular después de la meiosis, ésta produce en el polen células con 2 o 4 núcleos que no son funcionales y degeneran.
- 4-hipertrofia del tejido del tapete en las anteras dañadas. El porcentaje de hipertrofia del tapete celular se incrementa con las bajas temperaturas, a su vez la tasa de hipertrofia del tapete por tratamientos con frío se correlaciona con la resistencia varietal a la esterilidad, producida por el frío.

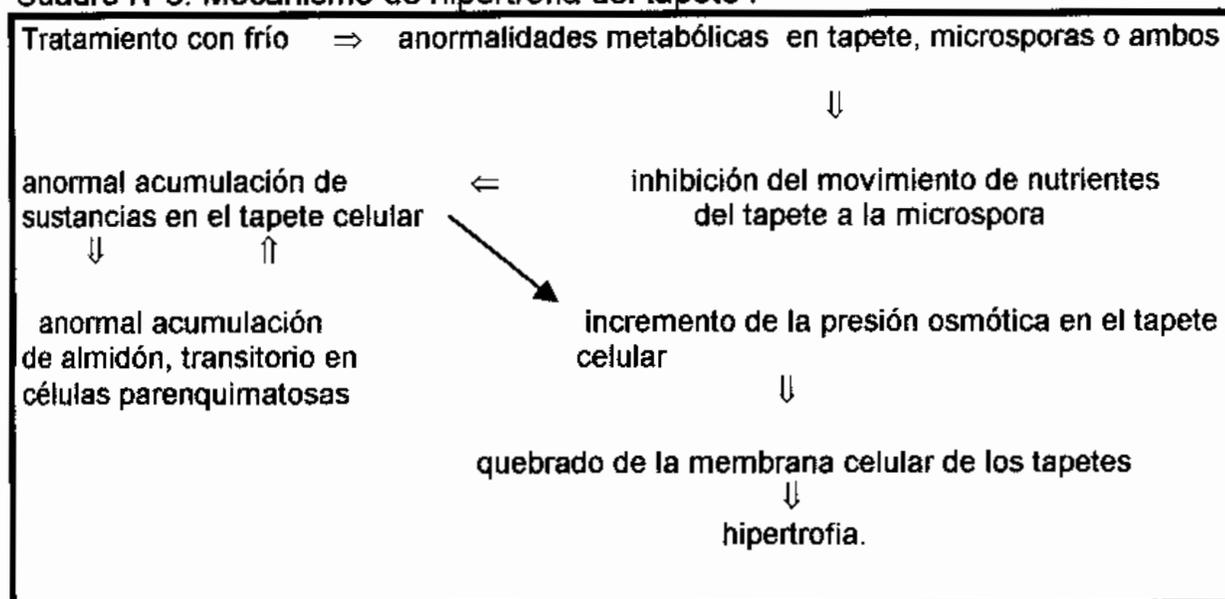
La función del tapete celular es regular el movimiento de nutrientes desde los tejidos circundantes hacia la microspora. Si ocurren daños en el sistema metabólico (hipertrofia del tapete) el suministro de nutrientes (azúcares) a la microspora puede ser afectado, y esto sería la mayor causa de los daños que ocasionan inviabilidad de polen y esterilidad.

Cuando se da acumulación anormal de azúcar se produce el quebrado de las paredes intertapete y esto conduce a la fusión de algunos de ellos.

Se observó que las anteras tratadas con frío tuvieron un incremento en el contenido de sacarosa; se asume que el anormal incremento de ésta en el tapete celular aumenta la presión osmótica y resulta en hipertrofia del tapete.

### Diagrama del mecanismo de hipertrofia del tapete.

Cuadro N°3. Mecanismo de hipertrofia del tapete .



Ito (1969), observó que con tratamientos de frío decrece el porcentaje de polen maduro y la fertilidad de espiguillas.

El peso seco y el total de aminoácidos de las anteras decreció en un 40-50 % en el tratamiento con frío (4 días a 12 °C desde célula madre del polen a división meiótica) con respecto al testigo, este decrecimiento fue paralelo a la esterilidad.

Para una normal madurez de las anteras la fracción prolina debe ser un 40-50 % del total de aminoácidos, esto indicaría que actúa como sustancia de reserva que contribuye a la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico.

El contenido total de aminoácidos disminuye con tratamientos de frío, pero es la fracción prolina la que más decrece.

La supresión del incremento en peso total de aminoácidos y contenido de prolina de las anteras se da 4 días post tratamiento (7 días antes de floración). Este tiempo coincide justo cuando se da una aparente supresión del largo de la antera, actividad respiratoria, proteína y cantidad de ácido fosfórico soluble, por lo tanto el frío afectaría un proceso bioquímico común que conduciría a esta supresión

Por su parte Satake (1976), realizó tratamientos con frío durante meiosis, y observó retardo en el crecimiento en largo de la palea, pero no en el largo final. Por otra parte reportó que se acorta el largo de la antera entre un 10-20 % en panojado. También disminuye el peso seco por antera y el contenido de N, P, K y de proteínas.

Esta disminución en panojado coincide con el descenso de la fertilidad debido al tratamiento con frío.

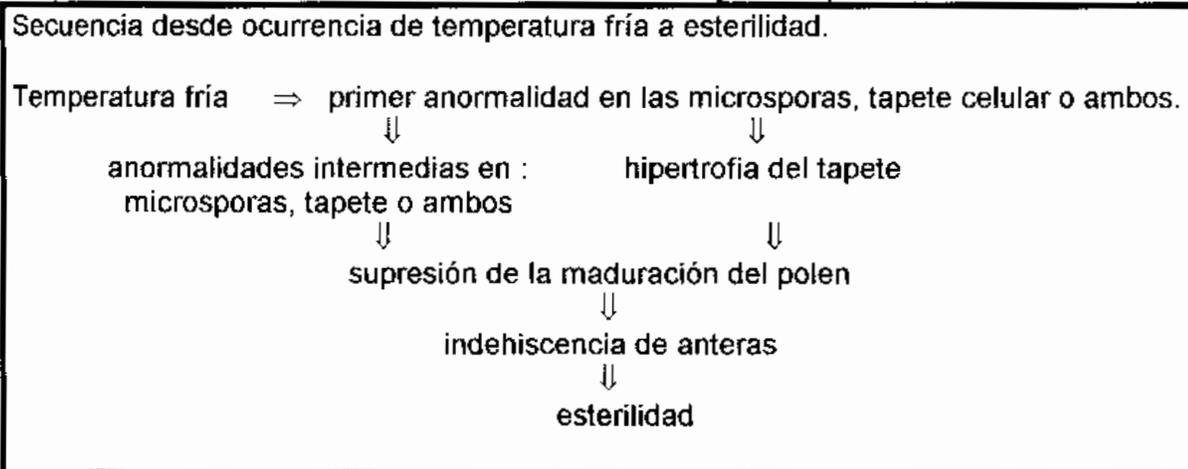
Las anomalías pueden ser detectadas 4-5 días post tratamiento.

Al igual que Ito (1969), identificó que la fracción prolina es la mayor de todos los aminoácidos en la antera y que su contenido decrece considerablemente en caso esterilidad fisiológica y genética.

Todos los aminoácidos disminuyen ante el enfriamiento, por lo tanto la diferencia entre anteras sanas y tratadas con frío se hace perceptible por el contenido de prolina y del total de aminoácidos cuatro días después del tratamiento.

Como ya se menciona, el estado de joven microspora es el más sensible y el más directamente afectado. La temperatura ambiental antes y después de éste estado crítico, influencia el grado de esterilidad que es inducido por las bajas temperaturas.

Cuadro N°4. Secuencia desde ocurrencia de bajas temperaturas a esterilidad.



### c. Antesis.

Nishiyama (1976), reconoce los pasos en el desarrollo del polen y anteras:

- 1-Crecimiento de microspora
- 2-Degradación del tapete celular
- 3-Mitosis del polen
- 4-Crecimiento del polen
- 5-Dehiscencia de anteras
- 6-Recubrimiento del estigma con polen
- 7-Elongación de los tubos polínicos
- 8-Fertilización

Concluyendo que los daños por frío en la antesis causan infertilización, atribuible a una alteración en la actividad fisiológica del polen.

Satake (1976), identifica los daños desde la diferenciación de la antera a la germinación del polen:

- 1-cese del desarrollo de la antera
- 2-polen inmaduro
- 3-parcial o total indehiscencia
- 4-poca o nula cobertura del polen sobre el estigma
- 5-falta de germinación en el estigma

Diversos estudios de la incidencia de la temperatura en éste período concluyen que los daños pueden deberse tanto al efecto de bajas y altas temperaturas.

Stansel (1975), identifica que el período más importante en determinar la esterilidad es durante la antesis. Esta ocurre 1 a 3 días después de que las flores emergieron por sobre la vaina de la hoja bandera y se continúa por alrededor de 14 días.

Las bajas temperaturas influyen en la maduración del polen y por lo tanto en la esterilidad de las flores. La floración tiene una distribución normal con el máximo en el 8º-9º día (cuando el 25% de las flores están en antesis).

La polinización ocurre 3 a 8 horas después del amanecer (entre las 10 y 15 horas).

Por otra parte la mínima temperatura para la apertura de flores es reportada desde 15 a 18 °C en variedades japónicas (Terao et al.1937) a 21-22 °C para variedades indicas (Vergara et al.1975); citados por Toriyama (1975). A su vez Stansel (1975), encontró estos mismos niveles críticos de temperatura para que ocurra la antesis.

Chebataroff y Píriz (1990), citados por Gamarra (1996), encontraron que temperaturas medias de 19 °C o inferiores, alrededor de ocho días después del comienzo de floración, provocan de un 40 a 50% de esterilidad en Bluebelle. Sostienen en dicho trabajo que temperaturas medias de 16 °C o inferiores, actuando durante un tiempo prolongado en ese período, pueden causar esterilidad casi total.

Dichos autores observaron que estos resultados no concuerdan con el momento de mayor susceptibilidad ya mencionado y del que habla la mayor parte de la bibliografía, o sea la formación de los granos de polen, que tiene lugar 10-12 días antes del comienzo de floración.

De Souza (1991) y Da Mota (1994), citados por Gamarra (1996), sostienen que entre las 10 y 14 horas se produce la fecundación de las flores, y las temperaturas por debajo de 15 °C en ese momento pueden causar esterilidad y reducción del rendimiento ya que el número de granos por panícula depende del número de flores producidas y del número de esas flores que son polinizadas.

El efecto del frío puede ser menos severo en el del período previo a floración en comparación con la esterilidad que puede ocurrir como resultado del frío durante antesis (Yoshida.1981).

J.H.Lee (1979), citado por Toriyama (1975), encontró una significativa correlación entre la esterilidad de plantas tratadas a bajas temperaturas en la etapa meiotica y la esterilidad de las plantas tratadas en floración.

Altas temperaturas y viento durante la antesis causan desecación del polen y por lo tanto esterilidad.

En el IRRI (1977, 1978, 1979) se identificaron cultivares con tolerancia al calor. Estos mostraron mejor recubrimiento del polen en el pistilo y alto porcentaje de germinación cuando fueron sujetos a altas temperaturas en floración.

Por otra parte, hay algunos cultivares (*Oryza glaberrima*) que florecen temprano en la mañana, escapando a los daños por altas temperaturas.

Sato, citado por Lavecchia (1991), reportó esterilidad del 100 %, atribuible a fallas en la fertilización causada por imperfecta apertura de anteras o desecamiento del estigma inducido por alta temperatura y baja humedad durante la floración

Debido a que la antesis en arroz ocurre desde temprano en la mañana hasta temprano en la tarde, es importante conocer en que hora del día la temperatura puede llegar a niveles críticos de altas temperaturas (35 °C) que inducen esterilidad.

Según Chang (1976), temperaturas mayores a 37°C durante la antesis afectan la producción de grano a través de la desecación del grano de polen, siendo las variedades índicas más tolerantes que las japónicas.

Dos características son importantes en la tolerancia al calor en las variedades de arroz, en floración un buen vertimiento de polen y antesis temprana en la mañana.

En experimentos de Satake y Yoshida (1977,1978), citados por De Datta (1986), se encontró que el panojamiento es el estadio más sensible del arroz a altas temperaturas. Según estos autores la esterilidad de espiguillas es inducida en primer lugar por altas temperaturas el día de floración.

#### **4. Incidencia en etapa de maduración (llenado de grano).**

Según Munakata (1976), el óptimo de temperatura para la maduración es entre 20 y 23°C. Alrededor del día 20 del período de llenado, hay una lenta declinación en madurez por bajas temperatura y una alta declinación por altas temperaturas

Nishiyama (1976), reportó que la maduración del grano es adversamente afectada por temperaturas menores a 17°C. A su vez Tanaka (1962), citado por Toriyama (1975) indica que las temperaturas mínimas para la maduración de grano son entre 12 y 18 °C .

Stansel (1976), encontró que altas temperaturas durante el llenado aceleran la maduración, reducen el contenido de humedad del grano y cortan el suministro de carbohidratos, resultando en granos más chicos y de menor calidad.

Por el contrario baja respiración combinada con disminución en la humedad y progresivo descenso de la temperatura (de 21 a 14 °C) incrementa la producción.

Alta respiración producida por excesivo crecimiento vegetativo reduce la producción de grano por excesivo sombreado, incrementando la incidencia de enfermedades y plagas. Con temperaturas de la noche mayores a 22 °C se incrementa la respiración y disminuye el balance de fotosintatos que van hacia la panícula.

Por otra parte baja iluminación y temperatura, reducen la tasa fotosintética, limitando la cantidad de fotosintatos para la producción de grano. Con temperaturas por debajo de 22 °C durante el día, la fotosíntesis es menor pero se compensa con la menor respiración.

Según Yoshida y Parao (1976), citado por Blanco (1991), cuando hay carencia de carbohidratos, algunos granos maduran a expensas de otros granos, alcanzando de ese modo un peso casi constante. Sin embargo Murata (1976), citado por Blanco

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

La temperatura durante el llenado de grano influye en la tasa y duración de este período, diversos autores han reportado resultados contradictorios, ya que algunos asignan mayor importancia a la tasa de llenado y otros a la duración del período, en la determinación del peso de grano.

Esto se analiza con mayor profundidad en el estudio de componentes del rendimiento.

Las bajas temperaturas en el estado de maduración tienen significativo impacto en la deposición de sustancias y en particular causan retardo en su deposición.

La reducción en la producción se debe a un progresivo descenso de la temperatura durante el estado de maduración; también cuando en éste estado la temperatura es alta la producción decrece debido a un excesivo consumo de energía acompañado de respiración durante la maduración.

Esto implica que para la fijación de dióxido de carbono a través de la fotosíntesis, son preferibles temperaturas de 25-30 °C ya que a altas temperaturas la respiración se hace vigorosa y la sacarosa que tendría que convertirse en sustancia de reserva es consumida como fuente de energía.

Durante la noche cuando la fotosíntesis no se produce es deseable para el incremento de la producción del cultivo que las temperaturas sean bajas, pero no tan bajas como para inhibir la traslocación (Matsuo, et. al.; 1995).

Sasaki (1935), citado por Toriyama (1995), señala que las temperaturas no solamente afectan la fotosíntesis y la respiración, sino también la velocidad de traslocación de varios minerales a las espiguillas durante la maduración.

Fukushige (1968), citado por Toriyama (1975), confirma que el efecto de la temperatura sobre la madurez de grano es a través del impacto en la tasa fotosintética y velocidad de traslocación.

En panículas expuestas a bajas temperaturas (11-15 °C), la traslocación de ácido fosfórico fue fuertemente inhibida (Aimi y Sawamura, 1959, citados por Matsuo, 1995). Estos resultados indican que la temperatura afecta la traslocación de sustancias a las espiguillas durante este período.

Excepto durante macollaje y tarde en el llenado, bajas temperaturas nocturnas (16-21 °C) favorecen la producción de grano (Matsushima y Tsunoda, 1958, citados por De Datta, 1986).

Los mayores rendimientos en áreas templadas que en zonas tropicales han sido generalmente atribuidos a menores temperaturas durante maduración. Esto se debe a que la maduración se alarga dando más tiempo para el llenado de los granos. Días largos y altos niveles de radiación solar durante la maduración también contribuyen a obtener altos rendimientos de granos en zonas templadas (EUA, Australia y parte de Europa).

## **5. Prácticas culturales para aliviar los daños por frío.**

### **a. Manejo del agua.**

La ocurrencia de bajas temperaturas desde embarrigado a floración son causa de esterilidad. Según Lee (1974), citado por Toriyama (1975), el manejo del agua es extremadamente importante en éste período para aliviar el daño por frío, ya que la capacidad de calor del agua es mayor que la del aire, por lo tanto el agua de inundación en el cultivo de arroz provoca que en la noche la temperatura del agua este 2 a 3 °C por encima de la temperatura ambiente. La diferencia de temperatura del agua de inundación y del ambiente podría deberse a la profundidad (Uchijima, 1976) y turbidez del agua (Chapman, 1969), citados por Godwin, et. al. (1994). Por lo tanto la profundidad de irrigación de 17 a 20 cm durante ésta etapa se cree que es lo mejor para proteger a la joven panícula y reducir la esterilidad de espiguillas, ya que los ápices estarían dentro del agua de inundación protegidos del frío.

Satake (1976), reportó que la esterilidad de las plantas de arroz fue significativamente menor a 15 cm de altura del agua de irrigación que a los usuales 5 cm. Esto es así por la ubicación de las panículas que a 15 cm quedan sumergidas en el agua, que las protege del frío .

Nishiyama (1976), encontró que temperaturas del agua mayores a 37°C inhiben el desarrollo de la panícula, siendo las variedades indicas más tolerantes a este efecto.

### **b. Manejo del nitrógeno.**

Toriyama et. al. (1975), reportaron que cantidades de nitrógeno aplicadas más allá del óptimo, causan excesivo desarrollo de hojas, retardo en la floración e incrementa la susceptibilidad a daños por frío.

Si el contenido de nitrógeno en las hojas, en la etapa de emergencia de la hoja bandera es mayor al 3.5 %, el porcentaje de esterilidad se incrementa.

Incrementos de nitrógeno en la hoja bandera (ya con alto contenido de nitrógeno) por fuentes orgánicas (compost) disminuyeron significativamente la esterilidad, aumentaron el contenido de almidón crudo y la actividad radicular. Estos resultados sugieren el estudio, de que el crecimiento de la planta con químicos incluye fitohormonas.

Para Williams et. al., (1994a), la producción de grano puede reducirse a muy bajos niveles, con alto nitrógeno en exposición a bajas temperaturas.

Hay evidencias de que el nitrógeno suplementado afecta la esterilidad causada por bajas temperaturas (Godwin et. al., 1994).

Yoshida (1981), consideró que cuando la temperatura era moderadamente baja (alrededor de 16 °C) el porcentaje de esterilidad se incrementó con el aumento del nitrógeno suplementado.

El estatus de nitrógeno puede afectar el número de macollos, tamaño de panículas y altura de planta. El incremento en el crecimiento y densidad de macollos bajo alta

suplementación de nitrógeno podría causar plantas con ápices posicionados muy por encima del agua de inundación.

Por su parte se ha comprobado que la ausencia de fertilización con fósforo en suelos con deficiencias en este nutriente, atrasa el desarrollo de la planta de arroz en 15-20 días. Esto produce un atraso en la floración, que puede provocar un aumento de esterilidad si se producen fríos en esa etapa.

Este efecto se puede ver acrecentado por riegos tardíos o temperaturas bajas en la etapa vegetativa. (Chebataroff y otros, 1985; citado por Gamarra, 1996).

#### **6. Mejoramiento genético en tolerancia al frío.**

En el IRRI (1990), se encontró que las variedades japónicas son más resistentes al frío, ya que las índicas necesitan mayor temperatura para desarrollar grano.

El criterio de selección utilizado es la tolerancia al frío desde emergencia a floración, donde la heredabilidad de ésta característica es de 0.7 a 0.8.

A su vez se demostró que la resistencia al frío tiene correlación negativa con: resistencia a enfermedades, calidad de grano y producción.

Chang, et. al. (1976) reportaron que la tolerancia a bajas temperaturas aparenta ser controlada por dos o más genes en la meiosis. A su vez la tolerancia a la temperatura del agua fría durante la iniciación de la panícula en variedades japónicas involucra por lo menos 7 genes con dominancia y efecto aditivo (heredabilidad = 64%); ésta resistencia está ligada con cáscara púrpura y presencia de arista.

En Chuncheon Substation, Korea (1985), determinaron que decoloración de hojas y altura de planta en estado de plántula son parámetros de selección por tolerancia al frío, pero estas características agronómicas retardan la floración, inhiben la excursión de la panícula y disminuyen la fertilidad de grano.

Toriyama et. al. (1975), reportaron que en Japón la relación entre patrones de clima y patrones de crecimiento de arroz, determinan que las investigaciones en selección sean dirigidas hacia el mejoramiento en una eficiente selección de líneas que muestren menor retardo del crecimiento a bajas temperaturas a través de todas las etapas de crecimiento y menor esterilidad a bajas temperaturas desde embarrigado a floración (el cual es un periodo crítico a bajas temperaturas).

Por otra parte en Korea el mejoramiento apunta a mejorar la eficiencia de selección en: germinación, temprano crecimiento de la planta (post transplante), división meiótica y crecimiento del polen.

La tolerancia al frío varía de una variedad a otra y de una etapa de crecimiento a otra. En la cría de líneas híbridas de japónicas con índicas, el parental japónica es usado como donante de la tolerancia al frío. Parientes índicos semienanos de alta productividad, mostraron que un simple gen recesivo es el que determina el tipo de planta, lo que podría ser eficientemente usado si se logra aumentar el grado de homocigosis en el cruzamiento de índicas por japónicas.

## C. INCIDENCIA DE LA RADIACION SOLAR.

### 1. Aspectos generales.

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

Stansel (1975), citado por De Datta (1986), determinó que el período de máximo requerimiento de luminosidad se extiende desde la diferenciación de la panícula hasta 10 días antes de alcanzar la madurez.

La radiación solar suele no ser limitante en la producción. Los cultivares de ciclo largo no dependen tanto de la misma por tener mayor período vegetativo y mayor almacenaje de carbohidratos, antes afectan otros factores como temperatura, humedad del suelo, etc.

Stansel (1975), citado por Gamarra (1996), concluye que hay cuatro factores que determinan la radiación solar que el cultivo recibe:

- 1- El largo del día.
- 2- La máxima intensidad de radiación solar que se puede esperar en un día claro.
- 3- Nubosidad.
- 4- Sombreado entre plantas.

Los dos primeros factores están dados por la ubicación geográfica y el momento del año, por lo que es importante la fecha en la cual el cultivo entra en el período crítico.

Para años normales cuanto más temprano llegue al primordio, más posibilidades de mejores condiciones de luz y temperatura.

La ocurrencia de frios y la falta de radiación solar en la etapa reproductiva y de llenado de grano del cultivo son dos importantes limitantes en la producción de arroz en el país. Para incrementar el nivel de rendimiento del país y disminuir la variabilidad a través de los años, se propone hacer coincidir el período donde ocurre la fase reproductiva del arroz con el más favorable desde el punto de vista climático. Desde el punto de vista agronómico sería deseable ubicar la floración de los cultivos en el período de mayor disponibilidad de luz, que para la zona Este puede ubicarse en la primera década de enero. En la práctica ello dependerá de la fecha de siembra y del cultivar utilizado, siendo las dificultades mayores en la medida que se utilicen variedades de mayor largo de ciclo (Deambrosi, et. al.; 1997).

Arguissain (1992), cita que para nuestra zona obtener la concordancia del momento de diferenciación del primordio en diciembre resultaría importante en la medida que disponemos allí de la máxima oferta de radiación, y por otra parte de una menor temperatura que en el mes de enero.

Roel (1997), trabajando con 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, concluye que existe una muy buena relación entre el total de horas de sol en estos meses y los

rendimientos nacionales. El análisis estadístico de ésta asociación determina que existe una correlación significativa entre ambas variables.

Horie, et. al. (1994); estudiando la relación entre producción de materia seca y eficiencia en el uso de la radiación solar, en diferentes localidades, concluye que las diferencias en producción de biomasa son atribuibles a la diferencia en la radiación solar incidente durante el periodo de crecimiento.

El uso eficiente de la radiación para producción de biomasa fue idéntico en todas las localidades (0.78 g/MJ) sin embargo la eficiencia de la conversión de la radiación fue menor en la localidad de mayor radiación solar incidente.

El factor que más explica la eficiencia de conversión, es el estrés hídrico, ya que la inundación continua conduce a un pobre desarrollo del sistema radicular.

Estudios previos mostraron que la prolongación de la inundación, el alto estatus de nitrógeno, y el estrés hídrico conducirían al cierre de estomas bajo condiciones de alta demanda evaporativa (Ishihara et al, 1971-1981; citado por Horie, 1994).

Otra posible razón para la baja eficiencia de conversión es un mayor número de macollos infértiles.

## **2. Incidencia en la etapa vegetativa.**

El macollaje esta correlacionado con temperatura y horas de sol, mientras que el número de espiguillas / panícula y finalización del macollaje están influenciados más por temperatura que por horas de sol.

Es de notar que se obtienen más panículas con 8 horas que con 4 o 6.

El punto de saturación de la luz corresponde a 8 horas de sol 40 días previos a panojado y a 6 horas en los 20 días previos (Munakata, 1976).

La radiación solar diaria promedio existente durante las seis semanas posteriores al transplante (momento en que la cantidad de macollos alcanza un valor máximo) no mostró ninguna correlación significativa con el número máximo de macollos por metro cuadrado, pero en cambio presentó una correlación muy alta con la cantidad de macollos que producían inflorescencia. (Murata y Togari, 1972; citado por Murata, et. al., 1991).

## **3. Incidencia en la etapa reproductiva.**

La iniciación del primordio del macollo no está sujeto a la influencia del ambiente (Yamazaki, 1960), pero su emergencia y desarrollo se ven muy influidos por el suministro de nitrógeno, la radiación solar y la temperatura. De estos el más importante es el contenido de nitrógeno de la planta (Kamura, 1956). Ambos citados por Murata et. al.;1991.

Según Chang (1976), la producción de grano está positivamente asociada con el total de la radiación solar disponible durante: embarrigado, floración y maduración del grano. Las variedades índicas mostraron buenas producciones sobre un amplio rango de índice de área foliar (IAF), por su parte variedades japónicas requieren un específico IAF para una máxima producción.

Algunas evidencias muestran diferentes capacidades fotosintéticas bajo variables intensidades de radiación. El espesor de las hojas y el contenido de clorofila son características varietales de probable asociación con la eficiencia fotosintética. Los modernos cultivares no muestran significativas mejoras en la eficiencia fotosintética que los progenitores salvajes.

Stansel et al. (1960), citado por Lavecchia (1991), describieron disminuciones del 30 % del rendimiento cuando se producen descensos del 30 % en las horas luz, para niveles medios de aplicación de fertilizantes nitrogenados.

A su vez en trabajos conducidos en 1965-67, determinaron la importancia de la radiación solar en el ciclo del cultivo e identificaron un período crítico de 42 días, que se distribuyen 21 días antes del 50 % de floración y 21 días después.

La diferenciación del primordio es el comienzo del período en que la luz se torna un factor crítico en el ciclo de la planta.

Según datos de Stansel (1975), citado por Gamarra (1996), para las condiciones de Texas, se puede esperar una reducción del 2% en el rendimiento del cultivo por cada 1% de reducción de la radiación en el período crítico (desde primordio hasta grano pastoso).

Chebataroff y Píriz (1990) citados por Gamarra (1996), analizaron datos de ensayos de la variedad Bluebelle de cuatro zafra que tuvieron un orden decreciente de radiación en el período crítico, tomando como base 100% los rendimientos y la radiación de la zafra 1981/82 que fue excepcionalmente buena. A partir de estos datos concluyeron que para las condiciones de esos años, por cada 1% de reducción en la radiación solar por debajo de la base de 1981/82, existía una pérdida de rendimiento de un 0.78%.

Tokimasa y Suatomi (1971), citados por Matsuo, et. al. (1995), mostraron que el período durante el cual la intensidad de luz tuvo un efecto más fuerte en el retardo de la floración, fue durante la diferenciación de la hoja bandera, que va desde el día 40 al 20 previos a floración.

Existe una variación entre cultivares en el retraso de la floración debido a la iluminación, este efecto es menor en los cultivares de ciclo corto.

Según Matsushima (1957), citado por Murata (1991), la cantidad de panículas por metro cuadrado se establece durante el período que comprende hasta unos 10 días después que se alcanza el número máximo de macollos, y está muy influida por el suministro de nitrógeno y por el nivel de radiación solar en el momento de macollaje. Mientras que por otra parte el nivel de radiación solar y otros factores ambientales afectan a la degeneración de espiguillas en el momento de división reduccional (15 a 5 días antes del panojamiento). A su vez el nivel de radiación durante las dos semanas previas a la antesis influye de sobremanera en el tamaño de las cáscaras.

Matsushima (1970), citado por Fujita (1983), observó un incremento en la degeneración de espiguillas en arroz cuando los niveles de radiación solar decrecían durante las dos semanas previas a panojado.

Según Fujita, et. al. (1983) el incremento de la actividad fotosintética por incremento del contenido de CO<sub>2</sub> atmosférico o por el incremento de los niveles de radiación solar, resulta en un mayor número de espiguillas por panícula o por unidad de área, presumiblemente a través del incremento en el suministro de fotosintatos a la panícula.

Munakata (1976), encontró una fuerte correlación entre el número de granos llenos por metro cuadrado y los valores de radiación en un período que abarcaba desde 40 días previos a la floración hasta 10 días posteriores a la misma.

En los trópicos, la correlación entre radiación solar en el período de 45 días pre-cosecha (entre inicio de panícula y madurez del cultivo) y rendimiento de grano a través de varios meses de cosecha fue altamente significativo (De Datta y Zakate, 1970, citados por De Datta, 1986).

Según Williams (1994), el uso más eficiente de la radiación solar ocurre previo a floración, por mayor acumulación de materia seca en los tallos, para traslocarla posteriormente en el llenado de grano.

#### **4. Incidencia en etapa de maduración (llenado de grano).**

Vergara (1976), reportó que el principal efecto de la radiación solar se da sobre el llenado de los granos desde floración a madurez, afectando el número y peso de los granos. En el llenado no se notan diferencias varietales sino que son atribuibles a la radiación solar.

El contenido celular y de clorofila, la mayor organización de células y el mayor número de estomas por unidad de área foliar, se encuentran en las hojas desarrolladas con mayor intensidad lumínica; ésta es una adaptación para la total utilización de la energía solar disponible.

Sato (1955/56), citado por Lavecchia (1991), estudio el efecto de la temperatura sobre el rendimiento durante el verano (julio-agosto en Japón) y la intensidad de luz durante la maduración. A través de una serie de correlaciones, concluyó que los altos rendimientos estaban asociados a la temperatura media del aire, 27°C julio-agosto y 400 horas de luz acumuladas durante setiembre-octubre.

Según estudios de Aspiras (1964), citado por Lavecchia (1991), la acumulación de más de 14000 cal-cm<sup>2</sup> o de 200 horas de luz durante 30 días antes de la cosecha parecen ser muy importantes.

El efecto de la luz en la maduración depende de la temperatura, siendo positivo a altas temperaturas y despreciable incluso negativo a bajas temperatura (Munakata, 1976).

El llenado es fuertemente controlado por la disponibilidad de carbohidratos durante la fase inicial de llenado de grano (Matsushima, 1957; citado por Horie, et. al., 1994). Si hay más flores de las que pueden ser llenadas con carbohidratos, los granos de la base serán más chicos y habrá muchos que no se llenan. Esto puede ocurrir, por ejemplo, si se dan condiciones de baja luminosidad durante el llenado de grano, lo que reduce la fotosíntesis y, por lo tanto la producción de carbohidratos. En ésta situación la planta tiene el potencial, pero éste no se alcanza por condiciones climáticas adversas, principalmente la falta de sol (Gamarra, 1996).

En un trabajo conducido en el Instituto Central de Investigación en India, citado por Arguissain (1992), se trataron quince cultivares con estrés lumínico (50%) durante el periodo de llenado de grano, y se evaluó el rendimiento, el % de esterilidad, la pérdida de materia seca del tallo desde floración a cosecha y el peso de 1000 granos. Se obtuvo interacción genotipo por disponibilidad de luz en las variables analizadas. Se pudo observar que el porcentaje de esterilidad y el peso de los granos fueron afectados, pero existen cultivares en donde los porcentajes de esterilidad aumentan muy poco por efecto del sombreado, esto se debe probablemente a su capacidad de remoción de asimilados que permitieron asegurar los destinos reproductivos, otros en cambio si bien también removilizaron el peso de los 1000 granos se vio afectado, probablemente debido a una menor eficiencia fotosintética

Días largos y altos niveles de radiación solar durante la maduración contribuyen a obtener altos rendimientos de granos en zonas templadas (EUA, Australia y parte de Europa) (Matsushima y Tsunoda, 1958; citados por De Datta, 1986).

Moomaw et. al. (1967), indican una fuerte correlación entre rendimiento de grano y radiación solar en los últimos 30 días de crecimiento del cultivo. Subsecuentes investigaciones en IRRI indican que el incremento en materia seca entre iniciación de panícula y cosecha fue altamente correlacionado con el rendimiento (De Datta et. al., 1968). Estos resultados indican que el grado (o cantidad) de energía solar recibida desde inicio de la panícula hasta madurez de cultivo es importante para la acumulación de materia seca en el período; esto puede ser explicado por los resultados obtenidos por Murata (1966), quien mostró que la acumulación de reservas en hojas y tallos comienza próximo a los 10 días antes de panojado. El almidón se acumula marcadamente en el grano durante un período de 30 días posteriores al panojado (Murata, 1966; Yoshida y Ahn, 1968) y el total del período de 40 días antes de madurez puede ser considerado como el período de producción de grano. Citados por De Datta, 1986.

##### **5. Interacción de la radiación con el nitrógeno.**

El exceso de nitrógeno incrementa el desarrollo vegetativo, esto acompañado por baja radiación solar en el período reproductivo ocasiona una fotosíntesis neta negativa por mayor respiración a costa de las reservas, lo que provoca menor llenado de grano y por lo tanto menor rendimiento.

La respuesta al nitrógeno está fuertemente determinada por los factores climáticos (temperatura y radiación solar) y por el tipo de planta (ya sea planta de tipo tradicional o de tipo moderna). En años de temperatura y radiación elevadas durante la fase reproductiva es probable que se obtengan altos rendimientos con dosis de nitrógeno elevadas. Cuando ocurren temperaturas elevadas en la fase vegetativa y baja luminosidad en la fase reproductiva, se puede esperar una baja respuesta a la fertilización nitrogenada y hasta una disminución del rendimiento con el aumento de la dosis de nitrógeno (Gamarra, 1996).

Fertilización excesiva con nitrógeno, causa un excesivo crecimiento vegetativo, un aumento de IAF y un alargamiento del tallo, lo cual conduce a que el balance fotosíntesis- respiración sea menos favorable y exista una apreciable disminución de las reservas de carbohidratos en el momento de la antesis (Kumara, 1960; citado por Murata, 1991). Si a ésta situación se le agrega una baja radiación solar y altas temperaturas, prevalecerá entonces un marcado déficit de hidratos de carbono.

#### D. RENDIMIENTO Y COMPONENTES.

##### 1. Aspectos generales.

Cada etapa de crecimiento contribuye al rendimiento en grano, y sobre cada una de éstas afectan los factores ambientales.

El rendimiento de grano en arroz (TT/ ha) puede ser expresado por la siguiente fórmula:

$$\text{Panículas/ m}^2 * \text{granos/ panícula} * \text{peso de grano} * \% \text{ de granos llenos} * 10^{-5}$$

$$\text{Ton/ha} = \text{n}^\circ \text{ de espiguillas/m}^2 * \% \text{ espiguillas llenas} * \text{peso de 1000 granos (grs)} * 10^{-5}$$

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 está compuesta por: número de panículas por unidad de área de suelo, número de granos por panícula, porcentaje granos llenos y peso de grano.

El número de panículas es determinado predominantemente durante el período vegetativo, los granos por panícula y tamaño de grano durante la fase reproductiva o de desarrollo de la panícula y el porcentaje de granos llenos durante el desarrollo de la panícula y antesis (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).

Munakata (1976), establece que la producción de grano está determinada por:

1-formación de espiguillas (previo a panojado)

2-Llenado de grano (posterior a panojado)

También reportó alta correlación entre: -producción y grado de maduración

-producción y número de panículas / m<sup>2</sup>.

A su vez el número de espiguillas /panícula con número de panículas /m<sup>2</sup> tiene correlación baja y negativa.

Horie, et. al.(1994), establecen que la producción varía entre localidades debido a diferencias ambientales y prácticas culturales. La mayor producción se asocia a alta densidad de panículas y espiguillas, y la menor fue asociada con baja densidad de espiguillas y baja tasa de llenado de grano.

Baja energía solar y alta temperatura van en detrimento de obtener un alto índice de cosecha. Por ésta razón, la producción de granos en áreas templadas puede ser más eficiente para una variedad dada, ya que el índice de cosecha es mayor. Las causas fisiológicas para esa variación en el índice de cosecha entre e intra variedades de arroz no ha sido bien entendida. (Yoshida, 1972; citado por De Datta, 1986).

## **2. Número de panículas por metro cuadrado.**

Según Murata y Matsushima (1975), la cantidad de panículas por metro cuadrado se establece durante el periodo que comprende hasta unos diez 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.

En un clima templado la radiación solar tiene un efecto favorable sobre el número de granos por metro cuadrado, a través de un aumento en el número de panículas por metro cuadrado (Murata, 1976; Stansel, 1975; citado 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).

El número de panículas es determinado por el número de macollos y es el factor más importante para obtener altos rendimientos. A su vez el número de panículas por metro cuadrado es dependiente de la densidad de siembra y del porcentaje de emergencia. El óptimo número de panículas para obtener una alta producción es más atribuible a la variedad que al manejo de la influencia ambiental (Yoshida, 1981). Por el contrario Padmaja, et. al. (1983), encontraron que el objetivo de obtener alto número de panículas es probable que no determine incremento en la producción debido a una relación cuadrática entre número de panículas/ m<sup>2</sup> y producción de granos. A su vez un profuso macollaje no se asocia con alta producción debido a la aparente compensación con el número de granos/ panícula.

### **3. Granos por panícula (espiguillas/ panícula).**

El número de granos por panícula depende del número de flores producidas y del número de esas flores que son polinizadas; y son determinados inmediatamente después de la diferenciación del punto de crecimiento de vegetativo a reproductivo, mientras que el máximo peso de grano es determinado durante el período reproductivo (máximo tamaño de gluma) y durante el período de llenado de grano (peso final de grano)(Jones, et. al. 1979).

Existen factores ambientales que determinan el número de flores producidas, así plantas energéticamente ricas al momento de formación de primordio floral favorecen la formación de flores. Es por ello que la capacidad de almacenamiento de reservas en tallo y la capacidad fotosintética resultan importantes para la definición de destinos productivos.

La temperatura es otro factor que condiciona la formación de fomas, encontrándose la óptima alrededor de los 22 °C, es allí donde el número de espiguillas obtenidas es mayor (Arguissain, 1992).

La formación de un alto número de espiguillas es un pre requisito para la formación de un alto número de granos y por lo tanto alta producción (Padmaja, et. al., 1983).

Pero aunque la producción de espiguillas sea grande, el número de granos realizados puede ser bajo (Venkateswarlu et. al., 1984).

La competición por asimilados durante los estadios tardíos de crecimiento de la panícula puede provocar la degeneración de granos anteriormente diferenciados y el tamaño final de la cáscara. Dicha competición puede ser crítica en determinar el número final de granos cuando el nivel de radiación solar es bajo (IRRI, 1977).

La cantidad de granos por panícula se determina en el período que va desde 32 a 5 días antes de panojamiento, (en los arrozales de clima templado) siendo el resultado de la diferencia entre el número de primordios diferenciados y la cantidad que degeneran.

El número de primordios se ve sumamente afectado por el suministro de nitrógeno durante la diferenciación de la panícula (32-20 días antes del panojamiento), mientras que el nivel de radiación solar y otros factores ambientales afectan la cantidad que degeneran en el estado de división reduccional (15-5 días antes del panojado) (Murata y Matsushima, 1975).

La temperatura media y la radiación solar durante el desarrollo de la panícula afectan el número de granos por panícula (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 número de granos por planta y la temperatura media diaria. A su vez la radiación solar durante ésta fase está correlacionada positivamente con el número de granos por metro cuadrado y por panícula.

Wada (1969) encontró que la densidad de espiguillas estuvo relacionada linealmente con la cantidad de nitrógeno en planta en el estado de diferenciación de espiguillas. A su vez Shiga y Sekiya (1976), y Kamiji y Horie (1989), también obtuvieron una relación lineal entre densidad de espiguillas y cantidad de nitrógeno en planta en el estado de formación de panículas.

Por su parte Hasegawa et al (1989), propusieron que la densidad de espiguillas de arroz es producto de una función lineal de la concentración de nitrógeno y función curvilínea del peso seco del cultivo. Basado en esta hipótesis ellos atribuyeron la menor producción de espiguillas por unidad de nitrógeno en planta, en regiones calurosas, por dilución de la concentración de nitrógeno debido a un crecimiento más vigoroso. Todos citados por Horie et. al. (1994).

Estos últimos realizaron un estudio para determinar el número de espiguillas por metro cuadrado en función de la cantidad de nitrógeno en planta, llegando a determinar la siguiente fórmula:

$$n = (n \text{ máx} \cdot N) / (K + N)$$

donde: n= densidad de espiguillas / m<sup>2</sup>

n máx= es el valor asintótico

N= cantidad de nitrógeno en planta (Kg/ha) en el estado de diferenciación de espiguillas.

K= constante de Michaelis-Menten (Kg/ha)

Esta ecuación indica que la densidad de espiguillas se incrementa con el aumento de la biomasa del cultivo y concentración de nitrógeno en planta, y que la eficiencia en la producción de espiguillas por unidad de nitrógeno declina con el incremento de nitrógeno en planta.

Según Venkateswarlu, et. al. (1984), el potencial de rendimiento de una variedad, depende del número de espiguillas/ m<sup>2</sup> y del promedio de peso de los granos. A su vez el número de granos realizados depende de algunos factores tales como, clima, manejo, variedad, nivel de nutrientes y régimen de riego; y concluye que el potencial de rendimiento podría incrementarse para un mismo número de granos, por un aumento en el peso de los mismos, particularmente en variedades japónicas .

Sin embargo Yoshida (1981), indica que dada la pequeña variación en el peso de los granos, la densidad de espiguillas fértiles es lo que efectivamente determina la producción.

#### **4. Granos chuzos y semillenos (% de esterilidad).**

El término porcentaje de esterilidad no es usado estrictamente, y se refiere al porcentaje de granos infértiles más los granos parcialmente llenos.

Murata, et. al. (1991), reportó que el incremento del número de espiguillas compite entre sí por los carbohidratos, de modo que las más débiles ubicadas en la parte inferior de la panícula no logran ser fertilizadas o abortaran los granos.

Según Murty et. al. (1983), el sombreado así como otros factores como la defoliación (principalmente de la hoja bandera) y el tamaño de la fosa, son determinantes en el total de esterilidad obtenida.

Panículas sombreadas durante el período de madurez tienen bajo porcentaje de granos llenos, no debido a un incremento en la esterilidad sino al incremento de granos parcialmente llenos. Sin embargo bajas temperaturas durante el desarrollo de la panícula en el estado meiotico de la célula madre del polen, causan 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 éste componente al controlar 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).

Condiciones climáticas desfavorables como bajas o altas temperaturas en la etapa de división meiótica y anthesis pueden inducir esterilidad, y durante madurez pueden interrumpir el llenado de algunas espiguillas.

A su vez bajas temperaturas y poca disponibilidad de luz durante la formación de la panícula aumentan el número de espiguillas estériles. Este está dado por las espiguillas no fertilizadas más las llenadas parcialmente, lo que ocurre cuando hay mucho sombreado.

La fecundación exitosa determinara el desarrollo de la espiguilla en grano (Yoshida, 1981). Por otra parte también identifica algunos factores que afectan el porcentaje de espiguillas llenas:

- 1) Aplicaciones altas de nitrógeno, dependiendo de la variedad.
- 2) El vuelco asociado a altos niveles de nitrógeno, interrumpe la sección por la cual se transportan los asimilados.
- 3) Baja radiación solar determina que el porcentaje de espiguillas llenas disminuya a medida que aumenta el número de espiguillas por metro cuadrado (Wadar, 1969). 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.
- 4) Bajas temperaturas del aire (menores a 20 °C) si persisten por varios días en embuche y panojado.
- 5) Altas temperaturas que acortan el período de llenado de grano.
- 6) Fuertes vientos pueden causar esterilidad en floración a través del desecamiento de la planta.
- 7) Déficit hídrico durante floración.

##### **5. Peso de granos.**

Arguissain (1992), concluye que al integrar el número de flores por panículas con el número de panículas por unidad de área se obtiene el componente base que determina el número potencial de fosas.

Este número de fosas resulta importante en la medida que su tamaño condiciona la actividad de la fuente, es decir un reducido número de flores no permite que la actividad fotosintética se exprese en todo su potencial durante el período de llenado de granos debido a que una baja demanda de fotosintatos limita la fotosíntesis por retrocontrol.

En condiciones templadas, el peso seco del cariopse se incrementa hasta los 26-30 días posteriores a la floración (Tanaka, A.; Vergara, 1967, citado por Murata, 1991).

Mientras que en trigo y cebada hay un considerable margen en el tamaño de grano (Thorane, 1965; Evans, 1973), no ocurre lo mismo en el arroz, ya que el grano está rígidamente encerrado por la lemma y la pálea, cuyos tamaños quedan determinados unos cinco días antes de la antesis por lo que 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 (Matsushima, 1975; citado por Murata, et. al. 1991)

Por este motivo el peso de grano es un componente estable entre las variedades.

Un maçollaje pobre o un número bajo de tallos 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.

Horie, et. al. (1994), realizaron estudios en diferentes localidades sobre la duración del período de llenado, concluyendo que las diferentes localidades determinan diferencias principalmente en la duración del período vegetativo.

En la duración de la fase reproductiva las diferencias fueron pequeñas, mientras que existieron diferencias de casi 13 días en la duración del período de llenado de grano. Esto es comúnmente reconocido, ya que la prolongación del período de llenado de grano es importante en determinar alta producción.

Horie, et. al. (1994), identificaron que uno de los caminos más promisorios para incrementar la producción es identificar genotipos con baja tasa de desarrollo durante llenado de grano. A su vez estudiaron el llenado de grano y lo relacionaron con la disponibilidad de carbohidratos y elaboraron la siguiente fórmula:

$$F_p = \frac{NSCo + \Delta W}{n * Q \text{ máx}}$$

Donde:  $F_p$  = llenado de grano potencial.

$NSCo$  = cantidad de carbohidratos no estructurales a floración (Kg/ha).

$\Delta W$  = producción de materia seca durante el llenado de grano.

$n$  = densidad de espiguillas.

$Q \text{ máx}$  = peso de los granos.

Se sugiere que hay otros factores que gobiernan la tasa de llenado de grano además del total de carbohidratos disponibles.

Tsukaguchi et. al. (1994), mostró que no hubo relación entre la tasa de llenado de grano con la disponibilidad de carbohidratos durante el período de llenado y sí se

relacionó con la disponibilidad de carbohidratos durante los 10 días posteriores a la total floración.

A su vez Matsushima (1957), reportó que el llenado es fuertemente controlado por la disponibilidad de carbohidratos durante la fase inicial de llenado de grano; trabajos previos encontraron que la tasa de llenado es más sensible a la radiación durante este período.

En arroz es claro que el número final de células del endosperma es determinado alrededor de los 10 días posteriores a floración (Hoshikawa, 1967).

Todos citados por Horie, et. al. (1994) quienes sugieren que el suplemento de carbohidratos durante los 10 días iniciales de llenado de grano limita el número de células del endosperma, y que éste determina el tamaño potencial del grano y el incremento de la cantidad de llenado.

Según Yoshida (1981), el llenado de grano se explica desde un 60 a 100% por fotosíntesis (de las tres hojas superiores) durante el período de llenado. La contribución para el llenado, de carbohidratos de reserva acumulados hasta la floración puede ser de hasta un 40 %.

Soga y Nozaki (1957), citados por Murata (1991), sugieren que las reservas acumuladas antes del panojamiento cumplen una acción buffer sobre el llenado de grano en condiciones de clima desfavorable, a su vez Murata (1991), mostró que un importante papel de las reservas pre –panojamiento consiste en prevenir la aparición de granos imperfectamente desarrollados a las dos o tres semanas después de la floración, momento en que el crecimiento del cariopse fue más activo. La traslocación o el almacenamiento pueden ser fenómenos limitantes.

Según Matsushima (1966), citado por Murata (1991), los casos en que el suministro (fuente) de compuestos orgánicos resulta limitante, es cuando la proporción de granos maduros es menor a un 80 %.

En el caso en que la capacidad de rendimiento y el suministro de compuestos orgánicos se encuentran bien balanceados; se supone que no solo la capacidad de rendimiento, sino también el suministro de compuestos orgánicos luego del panojamiento aparecen como limitantes del rendimiento de grano (Murata, 1991).

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 anthesis hasta la madurez (Hay y Walker, 1989; citados por Castro y Porto, 1994).

La variabilidad en el 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. Cuando hay carencia de carbohidratos algunos granos maduran a expensas de otros, alcanzando de éste modo un peso casi constante.

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.

Si la cantidad de carbohidratos traslocados es suficiente, todos los granos se llenarán y serán pesados. Además si por alguna razón el número de flores por panícula es bajo, puede ocurrir que se llenen todos, pero el rendimiento igual será bajo. Si por el contrario, hay más flores de las que pueden ser llenadas con carbohidratos, entonces los granos de la base serán más chicos y habrá muchos que no se llenan. Esto puede ocurrir por ejemplo, si se dan condiciones de baja luminosidad durante el llenado de grano, lo que reduce la fotosíntesis y por lo tanto la producción de carbohidratos. En esta situación la planta tiene el potencial, pero este no se alcanza por condiciones climáticas adversas, principalmente la falta de radiación (Gamarra, 1996).

Estudios de campo, realizados por Counce et. al. (1992), revelaron diferencias entre granos de la parte superior e inferior de la panícula por tamaño de grano y patrón de crecimiento del mismo. Solo cuando los granos superiores de la panícula alcanzaron el peso máximo los granos inferiores se llenaron completamente.

Aunque en otros estudios encontraron pequeñas diferencias entre granos de la parte superior e inferior de la panícula, para tasa de incremento de peso y para peso final; esto se debe probablemente a condiciones constantes de luz que dejan a los granos faltos de llenado, ya que la escasez de carbohidratos es resultado de los bajos niveles de luz durante llenado de grano.

Si las variedades pudieran acumular almidón en los tallos para producir grano, podrían alcanzarse considerables incrementos de rendimiento.

Yoshida y Parao (1976), citado por Blanco (1991), en estudios de sombreado en diferentes etapas de crecimiento, encontraron que el sombreado en la etapa reproductiva y de maduración reduce el peso de los 1000 granos. Baja radiación solar en éstos períodos combinada con alta población conduce a una significativa reducción en el peso.

Según Hay y Walker (1989), citados por Castro y Porto (1994), el peso de grano puede ser afectado más por la duración que por la tasa de llenado de grano.

El peso de las panículas es el producto del peso y el número de granos; y es altamente correlacionado con la tasa de llenado, pero no con la duración del período de llenado de grano. A su vez la tasa de llenado de grano se correlacionó en gran medida con el peso de los granos, pero no con el número. Para el grupo de genotipos estudiados por Jones, et. al. (1979), el tamaño de grano fue más importante que el número de granos en relación a la tasa de llenado, por lo tanto ésta se mostró como la característica más importante en el llenado de grano.

Las características genéticas y fisiológicas asociadas con el peso de las panículas de arroz pueden ser separadas en las que afectan la capacidad de almacenaje (fosa) y las que afectan el suministro de asimilados (fuente). Los componentes identificados

con capacidad de fosa son granos por panícula y peso potencial de grano, mientras que el suministro total de asimilados es función de la duración y tasa de provisión de asimilados.

El actual peso de grano puede contrastar con el potencial, debido a una limitada provisión de asimilados, lo que se refleja en incompleto llenado de grano, a su vez el potencial peso de grano en arroz es restringido por el tamaño de la gluma.

Por lo tanto si la tasa de provisión de asimilados es alta bastantes granos se llenaran completamente, por lo que prolongar la duración del período de suministro determinaría que no se pudieran utilizar posteriormente, y el exceso de asimilados se acumularía en órganos vegetativos. Para estos casos se debería apuntar al incremento de la capacidad de fosa a través del tamaño o del número de los granos, para elevar la producción (Jones, et. al., 1979).

## 6. Importancia relativa de los componentes del rendimiento.

$$R = N * P * F * 10^{-2}$$

R= rendimiento en grano (Kg/ha).

N= número de espiguillas por metro cuadrado.

P= peso de 1000 granos (grs).

F= porcentaje de espiguillas llenas.

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

Si la contribución al rendimiento fuese tomada como un 100% por los componentes del rendimiento, N explicaría el 74% y P y F el 26%.

En otras localidades el porcentaje de espiguillas llenas ha sido más limitante que el número de espiguillas por metro cuadrado (Yoshida y Parao, 1976, citado por Yoshida, 1981).

Según Arguissain (1992), al integrar el número de flores por panícula con el número de panículas por unidad de área se obtiene el componente base que determina el número potencial de fosas.

El peso de los 1000 granos raramente es limitante en la mayoría de las condiciones y dada la pequeña variación en el peso de éstos, la densidad de espiguillas fértiles es lo que efectivamente determina la producción (Yoshida, 1981).

En general, el incremento de las panículas / m<sup>2</sup> es el componente más importante del rendimiento, asociado a la producción de arroz, mientras que el porcentaje de granos llenos por panícula y el total de granos por panícula, tienen secundaria y terciaria importancia respectivamente. El peso de grano fue catalogado como de menor importancia en determinar la producción de arroz (Gravois, et. al., 1993).

## **7. Compensación de los componentes del rendimiento.**

Según Gravois, et. al. (1993), las variedades modernas basan su rendimiento en el número de panículas, mientras que las tradicionales lo basan en el peso de panículas. Hay dos formas de aumentar el rendimiento: a) se aumenta el rendimiento en las tradicionales aumentando el número de panículas, ó b) se aumenta el rendimiento en las modernas aumentando el peso de panículas.

El peso de panícula y el largo de panícula tuvieron correlación genética negativa, esto sugiere que panículas cortas y compactas serían de la forma deseable. Incrementando el número de brácteas primarias podría también incrementarse el peso de la panícula, debido a la moderada correlación con peso de panícula.

Gilmour (1985), encontró alta compensación de componentes del rendimiento, entre número de panículas/ m<sup>2</sup> y granos llenos por panícula, a diferentes densidades de siembra, obtuvo un coeficiente regresión de -0.23 y un coeficiente de determinación de 0.99. A su vez con el aumento de la densidad de siembra el peso de los 1000 granos tendió a descender.

Por otra parte Padmaja, et. al. (1983), encontraron relación lineal entre número de panículas/ m<sup>2</sup> con número de espiguillas/m<sup>2</sup> y cuadrática con número de granos/m<sup>2</sup>. En tal sentido sugieren que el objetivo de obtener un alto número de panículas es probable que no determine incremento en la producción, debido a la relación cuadrática entre número de panículas/ m<sup>2</sup> y producción de granos. Un profuso macollaje no se asocia con alta producción debido a la aparente compensación con el número de granos/ panícula.

Se encontró una correlación significativa y negativa ( $r = -0.78$ ), entre número de panículas/m<sup>2</sup> y peso de panícula. Esto aparentemente se debe a la competencia entre macollos por luz, CO<sub>2</sub> y nutrientes, lo que es sugerido por Donald (1968) citado por Jones, et. al. (1979), y quizás determine la producción de panículas de reducido tamaño.

Es comúnmente observado en arroz y otros cereales que la proporción de espiguillas fértiles y la densidad de espiguillas están negativamente correlacionadas, en tal sentido se propuso que hay una óptima densidad de espiguillas que conduce a una completa fertilidad de las mismas.(Matsushima, 1980; citado por Horie, et. al.1994).

A similares conclusiones llegaron Murty, et. al. (1983), que encontraron que la reducción del número de espiguillas por panícula conduce a la reducción de la esterilidad, debido a una fuerte correlación positiva entre ambos componentes (0.87).

Aunque la producción de espiguillas sea grande, el número de granos realizados puede ser bajo. (Venkateswarlu, 1984).

El potencial de rendimiento podría incrementarse para un mismo número de granos, por un aumento en el peso de los mismos, particularmente en variedades japónicas.

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 panícula y el peso de mil granos, y negativamente correlacionado con el número de panículas por metro cuadrado.

Wells y Faw (1978), reportaron correlación fenotípica negativa ( $r = -0.43$ ) entre rendimiento de grano y número de panículas, a madurez. Sin embargo otros investigadores mostraron relación positiva entre número de panículas y producción de arroz (Jones, et. al., 1987; Miller, et. al., 1991). Por otra parte Gravois, et. al. (1992), mostró que la negativa correlación entre rendimiento y número de panículas, es el resultado de la fuerte correlación negativa entre número de panículas y granos llenos por panícula (indicador del peso de la panícula). Todos citados por Gravois et. al. (1993).

Gravois, et. al. (1993), trabajando con cultivares de arroz encontró que el rendimiento fue positivamente correlacionado con el peso de la panícula y negativamente correlacionado con el número de panículas. Sin embargo el path-analysis reveló que ambos, peso de panícula y número de panícula tuvieron efecto directo y positivo en el rendimiento de arroz, donde peso de panícula es de primaria importancia. La negativa correlación entre número y peso de panícula sugiere que para incrementar la producción se debería seleccionar por ambos componentes. En tal sentido se estimó una eficiencia del 91% cuando éstos fueron el criterio de selección, en comparación con la selección directa por rendimiento, lo cual no permite seleccionar en tempranos estadios. Además se reportó una baja heredabilidad (0.12) para rendimiento.

#### **8. Prácticas de manejo que determinan interacción entre los componentes.**

Pérez Seijas (1990), en su revisión bibliográfica cita diferentes trabajos sobre densidades de siembra, de los cuales se extrajeron los siguientes cinco.

- Matsuo (1964), afirma que con aumento de la densidad, la sobrevivencia de macollos y el número total de espiguillas / panícula, disminuyen. Por otro lado el número de panículas y el número total de espiguillas por unidad de área, aumentan. Como resultado, el rendimiento por unidad de área aumenta, a menos que haya una disminución en la fertilidad.
- Pereira y Rivas (1982), realizaron un ensayo utilizando la variedad Bluebelle con tres densidades de siembra (100, 200 y 300 Kg/ha) no encontrando diferencias significativas en el rendimiento en grano. El aumento de la densidad afectó positivamente el número de panículas por metro cuadrado y en forma adversa al número de granos llenos por panícula. El peso de 1000 granos no varió significativamente.

- Lena y Magallanes (1984), trabajando con Bluebelle con cuatro densidades de siembra y tres dosis de nitrógeno no encontraron efecto de la densidad en la producción de grano. El número de panículas por metro cuadrado aumentó, el número de espiguillas llenas por panícula disminuyó y el peso de los 1000 granos no fue afectado. El aumento de la densidad de siembra aumentó el número de plantas por metro cuadrado y disminuyó el macollaje efectivo.
- Faw y Porter (1981), realizaron un experimento para determinar el efecto de la densidad de siembra sobre componentes del rendimiento y rendimiento de grano de arroz. La densidad tuvo efecto marcado en la población de panículas en la maduración, donde al aumentar la población de panículas el número de granos por panícula se redujo drásticamente. No se observó ningún efecto en el peso de grano.
- Scott, J.E.(1974) realizó un ensayo con tres variedades de arroz a tres densidades de siembra, dos espaciamientos y dos dosis de nitrógeno. Con el mayor espaciamiento descendió el número de macollos por metro cuadrado, pero hubo un aumento en el peso de la panícula que lo compensó. Este aumento se debió a un aumento del peso de los 1000 granos, y éste a su vez ocurrió por el descenso del total de los granos llenos. El análisis de regresión múltiple revela que el 78% del rendimiento fue explicado por la contribución del peso de la panícula más las interacciones entre macollos por metro cuadrado y el total de espiguillas llenas, y entre el total de espiguillas llenas y el peso de los 1000 granos. El autor señala que el nivel de reducción en el peso de la panícula frente al aumento de la densidad de siembra, depende de la variedad.

Horie, et. al. (1994), reportaron que con siembra directa se obtuvieron menos espiguillas / panícula que con transplante, debido a los diferentes métodos de siembra y en compensación con las diferentes densidades de panículas y diferencias en el ambiente.

Según Yoshida (1981), el número de espiguillas por unidad de área se afecta por:

- Prácticas culturales: densidad, distribución y fertilización nitrogenada.
- Características de crecimiento: macollaje y emergencia.
- Condiciones climáticas: radiación solar y temperaturas.

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.

### **9. Estabilidad productiva.**

Chang, et. al. (1976), realizando estudios de adaptación y estabilidad productiva, determina que los rangos de adaptación son evaluados de dos formas:

1- por la media de la producción.

2- por la estabilidad de la producción, cuando se evalúa en un amplio rango de ambientes.

Por su parte la estabilidad de la producción puede medirse por la desviación estandar de la producción debida al ambiente o por la regresión de ésta producción en un ambiente medio.

La insensibilidad al fotoperíodo es la mayor contribución a ésta estabilidad productiva. Otros atributos podrían ser: el moderado largo del período vegetativo, una moderada habilidad de macollaje, baja respuesta a cambios de temperatura y alta fertilidad de panículas. En función de que las variedades japónicas no son, o son muy poco sensibles al fotoperíodo, tienen rendimientos más estables.

La estabilidad del tamaño de la panícula está correlacionada ( $r=0.9$ ) con la estabilidad productiva. Por otra parte la estabilidad del número de panículas / m<sup>2</sup> mostró una débil correlación y negativa con el tamaño de panícula y la producción de granos. Esto sugiere que se requiere un cierto rango de plasticidad en el macollaje y estabilidad durante el desarrollo de panículas que resulta en la estabilidad de la producción, la cual está controlada por el genotipo.

Estudios realizados en la Estación Experimental del Este, citados por Gamarra (1996), son coincidentes en afirmar que la época óptima de siembra es entre el 15 de octubre y 15 de noviembre, para la zona Este.

En general se entiende que la siembra en éste período permite que las variedades interaccionen con el clima, de manera de expresar su máximo potencial genético.

Este potencial genético se ve afectado fundamentalmente por dos factores con relación al clima, que son:

- La dificultad de implantación temprana, debido a una difícil preparación de la tierra y a una baja temperatura del suelo.
- La incidencia de fríos en la floración, problema que es importante para la variedad Bluebelle pero que lo es aún mucho más para la variedad El Paso 144.

Por esta razón no debe perderse de vista que la época de siembra está asociada al objetivo principal, que es el de obtener una buena población de plantas en una fecha que permita llegar a la floración entre la última quincena de enero y la primera de febrero. Ya que el más significativo factor que contribuye a la variabilidad en la producción es el alto nivel de esterilidad de flores, atribuible a los daños por frío, como es concluido por Boerema (1974), citado por Godwin (1994).

#### **10. Mejoramiento genético en producción.**

Yoshida (1981), reportó los factores que limitaban el presente techo de rendimiento. Propuso que la mejora en el rendimiento por fertilidad de espiguillas es difícil, 85% de las espiguillas son fértiles, 10% no se fertilizan y ésto es difícil de mejorar. Se puede mejorar el rendimiento con el llenado de grano, aunque es un proceso lento, también se puede mejorar el número de espiguillas por unidad de área, aunque si se aumenta el número de espiguillas baja la cantidad de espiguillas fértiles.

En cuanto al clima la concentración de CO<sub>2</sub> es limitante.

El número de panículas fue negativamente asociado con la altura de planta, indicando que la selección por genotipos de baja estatura tendería a producir más panículas que seleccionando por genotipos altos (Gravois, et. al., 1993).

La mayoría de los esfuerzos para aumentar el potencial de producción en los tipos de planta tropical (variedad IR8), se enfocaron en el incremento de la tasa fotosintética, producción de biomasa e índice de cosecha (IRRI, 1982). De esto resultó un mínimo aumento en la producción de grano. (Vergara, 1988; citado por Vergara, et al., 1991).

Estos últimos reportan que el incremento en la producción de grano sería posible a través de una alta densidad específica de los granos. El nuevo tipo de planta debería de tener:

- 1) Bajo macollaje: la producción de grandes y vigorosos macollos resulta en panículas más densas.
- 2) Panículas tipo pesado: grandes panículas con brácteas primarias principalmente.
- 3) Panículas con más brácteas primarias: mayormente éstas tienen alta densidad de grano, menos granos vacíos y espiguillas laterales para llenar.
- 4) Espiguillas con largo pedicelo: mejora el transporte de los asimilados.
- 5) Tallos gruesos: tienen más bandas vasculares, menor tendencia al vuelco, mejor soporte de panículas y probablemente mayor área para acumulación de carbohidratos.
- 6) Tamaño medio de grano: grandes granos tienen baja densidad y usualmente no son completamente llenados.
- 7) Hojas erectas y anchas: para mejor distribución de luz y alta tasa fotosintética por unidad de hoja.
- 8) Hoja bandera y vainas verde oscuro: para incrementar producción de asimilados.
- 9) Lenta senescencia: para incrementar producción de asimilados y prolongar período de llenado de grano.
- 10) Alta tasa fotosintética (cuando la actividad fotosintética es baja por escasa radiación): para un buen suministro de carbohidratos durante condiciones de baja luminosidad.
- 11) Ciclo medio: los carbohidratos podrían acumularse previo a panojado.
- 12) Altura de planta intermedia: con índice de cosecha = 0.55, porque las plantas semi-enanas tienden a tener alto macollaje.

A continuación se detallan todas estas características, que contienen diferentes recopilaciones bibliográficas citadas por Vergara, et al. (1991).

### **Bajo macollaje.**

Grandes macollos resultan en: alta relación fosa: fuente, alto número de espiguillas, alto porcentaje de granos llenos, mayor área de hoja por macollo y capacidad de fosa. (Choi y Kwan, 1985).

Un prototipo con bajo número de macollos, aseguraría alto número de bandas vasculares (Hayashi, 1976) y alta densidad de grano (Choi y Kwan, 1985) y quizás facilitaría la producción de macollos pesados.

La alta densidad de grano es usualmente mayor en macollos primarios que en secundarios o terciarios (Ahn, 1986; Kim, 1988).

### **Panícula tipo pesada.**

Para acomodar alto número de brácteas primarias por panícula, serían necesarias panículas grandes.

El incremento en la producción de granos, con el manejo del mejoramiento, resultaría en parte por incremento en el peso de las panículas o en el número de espiguillas.

Según Samantsinhar y Shaw (1986), no hubo decrecimiento significativo en la densidad de grano con el incremento del número de espiguillas por panícula en 886 variedades estudiadas, indicando la posibilidad de apuntar hacia alta densidad de grano con panículas grandes.

### **Paniculas compuestas principalmente de brácteas primarias.**

Los granos más densos se localizan en las brácteas primarias de las panículas (Ahn, 1986). Cuando el suministro de asimilados se ve limitado por la defoliación, el mayor peso de granos se alcanza en las brácteas primarias y un pobre llenado se da en las secundarias (Ahn y Vergara, 1986).

Ahn et. al. (1988), reportaron que los granos en las brácteas secundarias tuvieron menor tasa de llenado, a su vez Matsushima (1976), sugiere que el número de brácteas secundarias tiende a reducir el porcentaje de granos llenos.

El número de grandes bandas vasculares en el pedúnculo está positivamente correlacionado con el número de brácteas primarias (Dana et. al. , 1969; Hayashi, 1976; Matsushima, 1970), y también está relacionado con el orden de macollaje (Hayashi, 1976) por lo tanto se sugiere seleccionar tipos de plantas de arroz con macollos primarios mayormente.

Variedades índicas tienen más bandas vasculares que las japónicas (Hayashi, 1976), ésta característica se mantiene en el cruzamiento de índicas por japónicas, donde la progenie tiene más bandas que el parental japonico (Lee et. al., 1985).

### **Tamaño medio de grano.**

La ocurrencia de alta densidad de grano no esta correlacionada con el peso de 1000 granos, en un rango entre 20 y 28.8 gramos (Venkateswarlu et. al., no publicado)., Esto indicaría que los granos de arroz con relativa variación de tamaño, podrían desarrollarse mientras se mantiene un alto porcentaje de granos densos.

A su vez Takita (1986), indica que granos mayores de 26 mg. tienen baja densidad y usualmente no completan el llenado.

En variedades índicas, la ocurrencia de panza blanca está correlacionada positivamente con el ancho del grano (Takita, 1986). Granos pequeños están mejor adaptados para sobrellevar diferencias en el llenado de grano, que resultan de un estrés ambiental. Con baja radiación, las variedades de granos grandes tuvieron menor peso para todos sus granos.

En variedades de granos pequeños, los granos en brácteas secundarias y de la parte inferior de la panícula decrecieron en peso, pero el resto mantuvo un peso constante (Kato, 1986).

### **Lenta senescencia.**

Diversos estudios no mostraron buena correlación de senescencia de hoja con producción de grano.

En condiciones de baja temperatura, el área de las hojas a treinta días post panojado es correlacionada positivamente con peso de grano (Shin y Kaun, 1985).

Resulta inefectiva la lenta senescencia de hojas en el mejoramiento de la producción de granos, debido a temprana senescencia de espiguillas o al corto período de llenado de granos, inadecuada capacidad de fosa, pobre traslocación de asimilados y otros factores.

### **Factores genéticos.**

La densidad de grano aparenta ser un carácter genético independiente del tamaño de grano. La alta densidad de grano, no depende ni de la tasa ni de la duración del llenado (Venkateswarlu et. al., 1988).

Según Yoshida (1981), para incrementar la producción, los diversos criterios de selección serían:

- tallo corto.
- plantas bajas (resistentes al vuelco)
- mayor capacidad de macollaje
- hojas erectas
- mayor IAF

Variedades enanas y resistentes al vuelco dan mayor rendimiento con menor espaciamento.

Plantas altas son susceptibles al vuelco, tienen menor respuesta al nitrógeno, el cual induce al vuelco, enfermedades y mayor respiración; aunque las plantas altas compiten mejor con las malezas.

Las variedades índicas tienen IAF crítico.

Williams, et. al. (1994b) reportan que la mayor producción se logra en base a:

- mayor índice de cosecha (IC).
- uso más eficiente de la radiación solar previo a floración (mayor acumulación de materia seca en los tallos, para traslocarlo posteriormente en el llenado de grano).
- mayor producción de materia seca por unidad de energía solar interceptada.
- mayor IAF por unidad de nitrógeno captado.
- mayor captación de nitrógeno.

Rendimiento = materia seca total \* I.C.

Materia seca total = radiación interceptada \* radiación usada eficientemente

## **E. CALIDAD INDUSTRIAL.**

### **1. Aspectos generales.**

Por calidad industrial se entiende la proporción de los productos obtenidos de arroz con cáscara durante el proceso de molido, así como también la calidad de los granos pulidos.

El rendimiento de molino es una estimación de la cantidad de granos enteros y del arroz blanco total (granos enteros y quebrados), que una muestra de arroz cáscara rinde cuando es molinado. En la determinación de la calidad también se incluye el % de granos con diferentes grados de zonas tizosas (panza blanca y yesosos).

Actualmente la industria demanda niveles base para los diferentes productos obtenidos durante el molido; estos son: 70 % de blanco total, 58 % de entero, 1 % de yesoso y 5 % de panza blanca. De no respetarse éstos porcentajes, entran en funcionamiento diferentes castigos que repercuten sobre el resultado económico final del productor.

Stansel (1975), informó que el grado de llenado de grano y las condiciones climáticas 20 días después de floración determinan el rendimiento molinero y la calidad culinaria.

Los factores climáticos y de manejo condicionan todas aquellas pérdidas que desvalorizan el grano al disminuir su calidad, tal es el caso de granos quebrados, yesados, manchados, etc.

Previo a cosecha, durante maduración la temperatura influye en la calidad de grano, en particular las altas pueden incrementar el yesado y el nivel de granos quebrados, sobre todo si hay un gran contraste entre el día y la noche.

Cuando la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima supera los 15 °C, puede haber un incremento de granos quebrados (Gamarra, 1996).

### **2. Blanco total.**

Se considera como blanco total a la suma de los granos enteros y quebrados producto del proceso de molienda. El menor rendimiento en % de arroz blanco del arroz inmaduro es atribuido a que tienen un más alto % de cáscara y a que son más susceptibles durante el proceso de molinado (descascarado y blanqueado) a ser pulverizados (Montenegro, et. al.; 1975, citado por Castro y Porto, 1994).

### **3. Granos enteros.**

El menor porcentaje de entero en las primeras épocas de cosecha, es correlacionado con la mayor producción de granos verdes e inmaduros, los que presentan mayor fragilidad en el procesamiento. Después del momento en que se logra el máximo porcentaje de entero, éste disminuye debido al efecto de las variaciones de humedad y de temperatura del día y la noche, lo que determina mayor cantidad de fracturas en el endosperma (Acosta, 1988; citado por Garcia y Pintos, 1997).

#### **4. Granos quebrados.**

En la UEPAE/Pelotas (1979-80), citado por Garcia y Pintos (1997), se encontró que el aumento en el número de granos quebrados se explica por el choque térmico aparentemente causado por la combinación de calor y humedad.

La alternancia entre un humedecimiento del grano por el rocío ó lluvia y secado por el sol, es probablemente el principal factor responsable del mayor quebrado en el molino.

Según D.H.Grist (1953), citado por Garcia y Pintos (1997), éste parámetro depende de la forma y el volumen del grano, lo que depende de la variedad, de las condiciones bajo las que se desarrolla, del grado de madurez y aún de exposición al sol. Sobremaduración y excesiva exposición al sol resulta en el desarrollo de grietas en el grano, causa principal del excesivo quebrado en el molino.

En cosechas tempranas el mayor % de granos quebrados se relaciona con el mayor % de granos verdes, mayor % de granos inmaduros que son más frágiles, y mayor % de granos yesados que son más susceptibles a quebrarse.

El porcentaje de granos quebrados después de la molienda es afectado por una serie de factores varietales y ambientales, como ser: % de granos con diferentes grados de zonas tizosas, tipo de grano, estado y ritmo de maduración, ataque de hongos, condiciones climáticas y temperaturas de secado.

En general puede decirse que cuanto más tarde se siembre, luego de la época recomendada, puede haber un aumento en el porcentaje de quebrado, en el porcentaje de yesado y en el manchado del grano. Estos problemas pueden estar asociados también a cosechas tardías, es decir a demoras en cosechar luego de que el cultivo está maduro (Gamarra, 1996).

En estudios de la Estación Experimental del Este (EEE), dirigidos por Roel (1997), se encontró que atrasos en momentos de cosecha inducen aumento del % de quebrado para las variedades El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá, no afectando yesado ni manchado. Retiros tempranos del agua 35-45 días después de floración, incrementaron el quebrado en INIA Caraguatá.

#### **5. Granos yesosos.**

La expresión de éste carácter se da como un área blanca opaca, que se manifiesta en forma parcial o total en el grano de arroz y que es influenciado por factores genéticos y ambientales (Juliano, 1972 y Klush et al., citados por Garcia y Pintos, 1997). Así cuando la zona tizosa se ubica en la zona central del grano, se define como centro blanco. Si la parte yesosa se presenta sobre el lado ventral del grano son llamados panza blanca (Del Rosario et al., 1968, citado por Garcia y Pintos, 1997).

El carácter yesoso afecta adversamente la apariencia física y contribuye a un mayor quebrado en el molino. Blakeney A.B.(1980), citado por Acosta (1988), sostiene igualmente que los granos fisurados y yesosos son la causa principal del quebrado

cuando la temperatura y el contenido de humedad son fluctuantes, citado por Garcia y Pintos (1997).

Hay variedades con una tendencia genética a poseer una mayor proporción de granos con zonas tizosas, pero ella es fundamentalmente aumentada cuando se incluye en la cosecha, granos inmaduros, así como también si la radiación solar durante la maduración es baja o las temperaturas ambientales muy altas.

Considerando los factores ambientales que influyen sobre el porcentaje de yesoso y panza blanca, diversos autores sugieren que los porcentajes de los mismos pueden aumentar si la radiación solar durante la maduración del grano es baja (Bollich, 1962), las temperaturas ambientales altas (Jodon, 1955) o si se deja secar el suelo prematuramente por hacer un drenaje antes de tiempo (Cheaney y Wyche, 1955) Todos citados por Ten Have, citado por Garcia y Pintos (1997).

En cuanto al manchado, también tiene que ver con el aumento de la humedad en la maduración y la posibilidad de un mayor ataque de hongos (Gamarra, 1996).

## **F. CARACTERIZACION DE GENOTIPOS INDICAS Y JAPONICAS.**

### **1. Diferencias en respuesta a la temperatura.**

Según Stansel (1975), el pasaje a estado reproductivo está en función de cada variedad. Se congregan en tres grandes grupos de maduración:

1- Madurez tardía: son las sensibles al fotoperíodo, requieren un largo de día determinado, son la mayoría de las variedades índicas.

2- Madurez temprana: las variedades japónicas no son (o muy poco) sensibles al fotoperíodo.

El total de días a estado reproductivo se da por acumulación de unidades térmicas (UT). Esta se da por la media de °C /día, con temperaturas mayores a 10 °C acumula (temperatura base) pero no se acumulan más de 15 UT/día.

3- Hay interacción de temperatura y fotoperíodo. Este grupo es de madurez intermedia.

Para Vergara (1976), las variedades resistentes a bajas temperaturas son las que mantienen altas tasas fotosintéticas aún a bajas temperaturas e intensidades de luz. (japónicas).

En condiciones óptimas no hay diferencia entre variedades sobre el total del periodo de crecimiento.

A su vez define el óptimo rango de temperatura para la actividad fotosintética:

-variedades índicas 25-35°C

-variedades japónicas 18-33°C

Las variedades índicas son marcadamente más afectadas por las variaciones climáticas principalmente por temperatura, seguido por horas de sol.

La distribución del parénquima clorofiliano es diferente en índicas y japónicas (clorénquima más compacto). En japónicas al ser más compacto conserva más la temperatura siendo ésto importante en la etapa de plántula.

En japónicas se encontró correlación entre el tamaño de la semilla y germinación lo cual no solamente se atribuye a que tenga más endosperma.

Variedades japónicas tienen mayor % de germinación que variedades índicas a bajas temperaturas, debido a que éstas son más sensibles a las bajas temperaturas en la germinación.

En trabajos en la EEE durante 1996, conducidos por Zorrilla, se encontró que en siembras tempranas de agosto con temperaturas del suelo de 16-17°C, El Paso 144 (índica) mostró más bajos porcentajes de germinación y emergencia que INIA Caraguatá (japónica) y ésta que INIA Tacuarí (japónica), coincidiendo con la conocida debilidad al frío de El Paso 144 en otras etapas del cultivo.

Por otra parte Munakata (1976), reportó que el incremento del número de panículas a altas temperaturas (30°C) es mayor en variedades índicas.

La mínima temperatura para la apertura de flores es reportada desde 15 a 18 °C en variedades japónicas (Terao et al.1937) y 21 a 22 °C para variedades índicas (Vergara et al.1976; citado por Toriyama, 1976).

Según Stansel (1980), en variedades índicas temperaturas menores a 10 °C por tres o más días causan daños durante llenado de grano y maduración. Por su parte variedades japónicas soportan de 2 a 3 °C menos que las índicas.

En el arroz japónica, se afirma que la temperatura media óptima para llenado de grano es de 20 a 22°C (Matsushima, 1957; Aimi et. al., 1959; Murata, 1964; Munakata et. al., 1967). Se considera que la maduración insuficiente producida a temperaturas más bajas que las antes citadas ocurre porque la traslocación se vuelve más lenta (Matsushima et. al., 1957; Aimi et. al., 1959), mientras que por el contrario se considera que la aparición de granos incompletos a mayores temperaturas de las indicadas precedentemente se debe a la pérdida de compuestos orgánicos causada por el aumento del ritmo respiratorio (Yamamoto, 1954; Murata, 1964), una disminución del índice de área foliar (Murata, 1964), o un acortamiento del período de llenado de grano (Tanaka, A. y Vergara, 1967). Citados por Murata, et. al. (1991).

#### **4. Diferencias en respuesta a la radiación solar.**

La producción de grano está positivamente asociada con el total de la radiación solar disponible durante: embarrigado, floración y maduración del grano.

Las variedades índicas mostraron buenas producciones sobre un amplio rango de IAF, por su parte variedades japónicas requieren un específico índice foliar para una máxima producción. Algunas evidencias muestran diferentes capacidades fotosintéticas bajo variables intensidades de radiación, ya que el espesor de las hojas y el contenido de clorofila son características varietales de probable asociación con eficiencia fotosintética (Chang, 1976).

## G. CARACTERIZACION DE CULTIVARES.

La realización de esta caracterización se basó en los resultados experimentales publicados por INIA Treinta y Tres, Estación Experimental del Este.

### 1. Bluebelle.

Origen: Estación Experimental de Beaumont, Texas, EUA.

Del cruzamiento de CI9214//Century Patna 231/CI9222. Fue lanzada en 1965 en EUA y se comenzó a plantar en 1969 en Uruguay.

Características agronómicas: Hojas erectas verde oscuras, poco macolladora, altura promedio de 102 cm y bastante resistente al vuelco.

Es una variedad con tolerancia intermedia a bajas temperaturas en la etapa reproductiva entre las variedades índicas e INIA Tacuarí, lo que le confiere buena estabilidad de rendimiento en un amplio período de siembra.

El ciclo de siembra a floración es de 95 días.

Rendimiento: En datos obtenidos en ensayos de 1992/93 a 1996/97, el rendimiento promedio fue de 6402 Kg/ha. Por su parte el rendimiento de entero es de 3903 Kg/ha.

Calidad industrial y culinaria: Presenta granos con cáscara ocre, largos y finos, cuyo peso es de 22.6 mg.

Tiene en promedio 61% de grano entero y 3% de yesado.

Presenta las características culinarias de grano largo tipo americano, con un porcentaje de amilosa intermedio de 24.2% y temperatura de gelatinización media (dispersión por álcali 5.6%).

Sanidad: En cama de infección de Brusone (*Pyricularia oryzae*) varió de altamente susceptible a moderadamente resistente (Avila, 1989-1990). Por su parte en camas de infección más recientes en 1996/97, la infección fue baja (grado 1-2), lo que se debe a posibles variaciones en las razas prevalentes de *Pyricularia*.

Con respecto al Manchado confluyente de las vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*) en ensayos de las tres últimas zafras, mostró un bajo porcentaje de ataque (5% de ISD= Índice de Severidad de Daño), mientras que la Podredumbre de los tallos (*Sclerotium oryzae*) mostró al igual que para El Paso 144 los mayores ataques, con un 40% de ISD.

## **2. El Paso 144.**

**Origen:** Seleccionado en 1978 en la Estación Experimental del Este a partir de un material segregante del CIAT. Entro en certificación en 1986.

**Características agronómicas:** Es una planta semienana, tropical de gran macollaje, con hojas erectas de color verde claro, pilosas.

Se adapta bien a siembras directas (sin laboreo o mínimo laboreo) y en agua. Debido a su capacidad de macollaje compensa poblaciones ralas y compite bien con las malezas.

El ciclo de siembra a floración es de 102 días, siendo él más largo de todas las variedades sembradas en la actualidad.

**Rendimiento:** En siembras tempranas es la variedad de mayor potencial de rendimiento, ésta ventaja se amplía en las zonas Centro-Norte y Norte donde con mayor temperatura supera a INIA Tacuarí.

Es susceptible a bajas temperaturas en la etapa reproductiva, por lo que no es apta para siembras tardías, recomendándose su utilización en siembras de octubre a principios de noviembre. En siembras posteriores su rendimiento cae y es superado claramente por INIA Tacuarí.

**Calidad industrial y culinaria:** En condiciones experimentales su porcentaje de grano entero es de 61% promedialmente y su yesado es de 3.3%; estos aspectos de calidad de grano tienden a deteriorarse en casos de cosechas tardías.

El grano presenta cáscara blanca, pilosa y áspera y está provisto de una arista pequeña. Tiene el mayor peso de grano de todas las variedades, con 25.1 mg.

La calidad culinaria es de tipo largo tropical, diferente a la denominada "típicamente americana", siendo su contenido de amilosa intermedio a intermedio-alto y su temperatura de gelatinización baja (dispersión por álcali 7).

**Sanidad:** En camas de infección de las dos últimas zafras, con fuerte ataque de Brusone (*Pyricularia oryzae*) se catalogó como muy susceptible.

Con respecto al Manchado confluyente de las vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*) es moderadamente susceptible, para las tres últimas zafras alcanzó un 10% de ISD.

Frente a Podredumbre de los tallos (*Sclerotium oryzae*) se comportó como susceptible, con más de 40% de ISD en ensayos de las tres últimas zafras.

## **3. INIA Tacuarí.**

**Origen:** Proviene del cruzamiento de Newbonnet / Newrex L79 realizado en la Estación Experimental del Este en 1984 y fue incluido en certificación en 1992.

**Características agronómicas:** Es de ciclo corto requiriendo promedialmente 87 días de siembra a comienzo de floración, 8 días menos que Bluebelle. En siembras tardías ha alcanzado la floración en un mínimo de 78 días luego de la siembra (Blanco y Pérez de Vida, 1992).

Su tipo de planta es moderno, con hojas erectas, sin pilosidad y una altura media de 84 cm, no registrando problemas de vuelco y desgrane.

Rendimiento: Es la variedad de mayor potencial de rendimiento entre los granos largos de calidad culinaria americana.

Tiene una excelente productividad superando a Bluebelle en un 19% promedialmente, en ensayos de mejoramiento de 1988/89 a 1991/92 donde su media fue de 8770 Kg/ha.

Mantiene una diferencia de rendimiento con Bluebelle relativamente constante en términos absolutos, en un amplio rango de fechas de siembra.

En términos relativos esta diferencia fue menor en el período óptimo de siembra (16%) y mayor en siembras tempranas y tardías (25%).

La expectativa de rendimiento de la variedad tipo tropical El Paso 144 es superior a la de INIA Tacuarí solo para siembras de los primeros 20 días de octubre, en la zona Este.

INIA Tacuarí reduce considerablemente el período de siembras en el cual se observan ventajas de rendimiento de El Paso 144, sobre las variedades con calidad culinaria americana.

Calidad industrial y culinaria: El grano posee glumas de color pajizo sin pilosidad y su peso y dimensiones son inferiores a las de Bluebelle.

Ha mostrado buen rendimiento industrial, con una media de 64.5% de grano entero y 4.5% de yesado.

La calidad culinaria es típica de los granos largos americanos, con 25.3% de amilosa y 5.5 de dispersión por álcali, indicando temperatura de gelatinización intermedia.

Sanidad: Ha mostrado problemas de sanidad de los tallos, especialmente de la Podredumbre de las vainas causada por *Rhizoctonia oryzae* y *Rhizoctonia oryzae sativae*, siendo clasificada como moderadamente susceptible a susceptible para esta enfermedad.

Evidencia mayor tolerancia que Bluebelle a Brusone (*Pyricularia oryzae*). Sobre la base del porcentaje de ataque su reacción ha variado de moderadamente susceptible a resistente. (Avila, 1989, 1990).

Esta variedad mostró mayor tolerancia que Bluebelle a Podredumbre de los tallos (*Sclerotium oryzae*).

En los ensayos de las tres últimas zafras, mostró un 34% de ISD para esta enfermedad y 15% de ISD para Manchado confluyente de las vainas. En camas de infección de la zafra 96/97 manifestó un grado de infección de 4.

#### **4. INIA Caraguatá.**

**Origen:** Proviene del cruzamiento de Bluebelle / Lebonnet // BL75/Texas 23, ingreso a evaluación en 1989/90 y a certificación en 1995.

**Características agronómicas:** Planta de tipo semi-enano, de hojas erectas, con tallos resistentes a vuelco y 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.

Requiere buena preparación de la tierra y control de malezas.

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

**Rendimiento:** En 62 ensayos a nivel nacional en 1990 a 1995 su rendimiento medio fue de 7606 Kg/ha, 9% superior a Bluebelle. Esta diferencia se amplía en la zona Norte en donde ha tenido en promedio un rendimiento 13% mayor, con una media de 7821 Kg/ha.

En siembras de octubre su rendimiento es similar a Tacuarí y El Paso 144.

Es susceptible a bajas temperaturas en etapas reproductivas, no recomendándose su siembra en épocas tardías. La esterilidad de INIA Caraguatá se incrementa en siembras tardías hasta valores tan altos como los de Bluebelle y El Paso 144.

**Calidad industrial y culinaria:** Presenta un tamaño de grano similar a Bluebelle y superior a Tacuarí.

Su calidad industrial es superior a Bluebelle, con 65% de entero y menor incidencia de yesado. Es la de mayor calidad industrial de las variedades actualmente sembradas, conjuntamente con Tacuarí presentan la mayor estabilidad de rendimiento industrial para un amplio rango de fechas de siembra.

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 de tipo americano.

**Sanidad:** Presenta buena sanidad general.

En camas de infección de Brusone (*Pyricularia oryzae*) 1996/97 se comportó como altamente resistente.

Con respecto a las enfermedades de tallo demuestra moderada resistencia a ambas (*Rhizoctonia oryzae sativae* y *Sclerotium oryzae*).

#### **5. Línea experimental L1130.**

**Origen:** Proviene del cruzamiento de Newbonnet / Newrex L79 // Leah. El progenitor femenino utilizado al igual que para L 1119, fue una planta F2 de la población de la que posteriormente se seleccionó INIA Tacuarí.

Actualmente, ambas líneas experimentales se encuentran en proceso de purificación y multiplicación de semilla.

Características agronómicas: Al igual que L 1119 se destaca frente a Tacuarí por su mayor tamaño de grano y resistencia a enfermedades de tallo, especialmente a Manchado confluyente de vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*).

Ambas líneas poseen plantas de hojas erectas, sin pilosidad, con una altura levemente superior a INIA Tacuarí; y su ciclo a floración es de 99 a 100 días, intermedio entre El Paso 144 y Bluebelle.

Presentan tamaño de panojas inferior a Bluebelle y Tacuarí.

Rendimiento: El rendimiento promedio de L 1130 en 26 ensayos fue de 8129 Kg/ha, 21% superior a Bluebelle y en un plano similar a Tacuarí.

Si se considera el rendimiento de grano entero ambas líneas mostraron comportamiento similar al de El Paso 144 y algo inferior al de Tacuarí.

L 1130 mostró un buen comportamiento en siembras tempranas, confirmándose la superioridad de INIA Tacuarí en siembras posteriores a mediados de noviembre, donde la línea se afecta por bajas temperaturas en la etapa reproductiva.

Calidad industrial y culinaria: En términos generales L 1130 y L 1119 mostraron parámetros de rendimiento industrial equivalentes, con % de blanco total similares a INIA Tacuarí y superiores a El Paso 144. El % de grano entero promedio fue intermedio entre el de éstas dos variedades, y la incidencia de yesado similar a la de Tacuarí.

En siembras de mediados de octubre a mediados de noviembre L 1130 y L1119, alcanzaron valores similares de % de grano entero a las variedades INIA Caraguatá e INIA Tacuarí, disminuyendo éstos parámetros con atrasos en la época de siembra, hasta los niveles mostrados por Bluebelle.

La calidad culinaria es típica de los granos largos del sur de EUA y acorde a la tradicionalmente exportada por nuestro país, con contenido de amilosa y temperatura de gelatinización intermedios.

El tamaño de granos de ambas líneas es significativamente superior al de INIA Tacuarí, el peso de 1000 granos es de 24 gramos, siendo solo superado entre los testigos por EL Paso 144.

Sanidad: Ambas líneas mostraron menor incidencia de enfermedades del tallo que Bluebelle, El Paso 144 e INIA Tacuarí, fundamentalmente de Manchado confluyente de las vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*).

L 1130 en parcelas inoculadas artificialmente con éste patógeno mostró un ISD de 29%, sin mostrar pérdidas de rendimiento, comparativamente Tacuarí tuvo un 88% de ISD y una reducción del rendimiento del 17%.

Con respecto a la Podredumbre de tallo (*Sclerotium oryzae*) no mostró ventajas consistentes con respecto a Bluebelle y Tacuarí.

En camas de infección de Brusone (*Pyricularia oryzae*) zafra 1996/97, L 1130 mostró una baja incidencia (grado 1-2) al igual que Bluebelle, en éstas condiciones El Paso 144 fue catalogada como susceptible (7) e INIA Caraguatá como muy resistente.

## **6. Línea experimental L1119.**

Origen: Proviene del cruzamiento de Newbonnet / Newrex L79 // El Paso 94.

Características agronómicas: Fueron mencionadas en la descripción de L 1130.

Rendimiento: El rendimiento promedio de L 1119 en 26 ensayos fue de 8101 Kg/ha, 21% superior a Bluebelle y en un plano similar a Tacuarí.

Presenta buena respuesta a las siembras tempranas, aunque menor a L 1130. En siembras tardías (posteriores a mediados de noviembre) se confirma la superioridad de INIA Tacuarí por incidencia de bajas temperaturas en el período reproductivo de la línea.

Calidad industrial y culinaria: Estas características son similares a las de L 1130, y se comentaron en la descripción de ésta última.

Sanidad: Al igual que L 1130 mostró menor incidencia de enfermedades del tallo que El Paso 144 e INIA Tacuarí, fundamentalmente de Manchado confluyente de las vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*).

Bajo alta presión de Podredumbre de tallo (*Sclerotium oryzae*) en ensayos de la zafra 1996/97, la ventaja de ésta línea sobre Bluebelle e INIA Tacuarí no fue consistente.

En camas de infección de Brusone (*Pyricularia oryzae*) zafra 1996/97, L 1119 mostró una moderada incidencia (grado 4), al igual que Tacuarí, mientras que para L 1130 la misma fue baja (1-2).

## **7. INIA Cuaró.**

Origen: Este cultivar ingreso a evaluación preliminar en la zafra 1992/93, bajo la denominación de L 1435, siendo registrada como INIA Cuaró en 1997.

Proviene del cruzamiento de Mt BR (IRGA) 409 / El Paso 144, realizado localmente en 1986, siendo su progenitor femenino un mutante inducido en la variedad brasileña.

Características agronómicas: Es un cultivar semi-enano de tipo tropical (indica), con buen desarrollo inicial y abundante macollaje, características que le permiten lograr, al igual que El Paso 144 una buena implantación en condiciones adversas.

Su ciclo a floración es en promedio seis días más corto que el de El Paso 144, y similar al de Bluebelle.

Sus hojas y granos carecen de pilosidad, lo cual constituye una ventaja sobre El Paso 144, contribuyendo a reducir costos de cosecha, transporte y post-cosecha.

Su similitud con El Paso 144 permite aplicar las prácticas de manejo utilizadas para ésta variedad, con referencia a aptitud para siembra directa, densidad de siembra y fertilización.

Rendimiento: El rendimiento promedio es de 7848 Kg/ha, en treinta ensayos localizados en las regiones Este y Centro-Norte.

El rendimiento fue un 22.6% superior a Bluebelle y 4.5% inferior al de EL Paso 144; sin embargo debido al mayor % de grano entero promedio de INIA Cuaró, si se considera el rendimiento de grano entero, la ventaja del El Paso 144 se reduce.

Sin problemas de frío en la etapa reproductiva, muestra rendimiento similar al de EL Paso 144 y tiende a superar a INIA Tacuarí.

En la zona Centro-Norte, con mayor temperatura, las dos variedades índicas superan claramente a INIA Tacuarí.

Al igual que El Paso 144, INIA Cuaró es susceptible a bajas temperaturas en la etapa reproductiva, por lo que no son aptas para siembras tardías.

En respuesta a ensayos de fecha de siembra en Paso de la Laguna, en los últimos tres años ambos cultivares tropicales mostraron una tendencia similar, aunque con una leve superioridad de El Paso 144 en siembras tempranas y de INIA Cuaró en siembras tardías.

Calidad industrial y culinaria: El porcentaje de blanco total es similar al de El Paso 144, mientras que su % de grano entero es superior, promediando ambas variedades 62.4 y 61% respectivamente.

La incidencia de yesado es similar o levemente inferior a la observada en las demás variedades comerciales.

El largo de grano de INIA Cuaró, cargo o pulido es similar al de El Paso 144, pero su relación largo/ancho es más favorable, y su peso de 1000 granos es intermedio entre ésta variedad y Bluebelle.

La calidad culinaria de INIA Cuaró es similar a la de El Paso 144, y a la mayoría del germoplasma tropical, y diferente a la denominada "típicamente americana", siendo su contenido de amilosa intermedio a intermedio-alto y su temperatura de gelatinización baja (dispersión por álcali 7).

Sanidad: En general muestra una incidencia levemente inferior a Manchado confluyente de las vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*) y Podredumbre de tallo (*Sclerotium oryzae*) que EL Paso 144.

La nueva variedad es susceptible a Brusone (*Pyricularia oryzae*) al igual que El Paso 144.

## **H. ANTECEDENTES LOCALES.**

Los antecedentes presentados se basan en trabajos realizados en INIA Treinta y Tres, Estación Experimental del Este (EEE).

### **1. Incidencia de la temperatura en la determinación de la esterilidad.**

De acuerdo con ensayos de época de siembra, llevados a cabo por la EEE, las épocas más afectadas son las de principio de diciembre en adelante, en donde se ha encontrado una alta correlación negativa entre rendimiento y esterilidad.

Existe una tendencia clara a la disminución del rendimiento para siembras de diciembre y principios de enero. Estos rendimientos están muy relacionados con los niveles de esterilidad. En éste caso se observa una diferencia importante entre las variedades, entre las que se destaca INIA-Tacuarí, por el mantenimiento de

rendimiento aceptable aún en siembras de enero (Blanco, Pérez de Vida y Piriz, 1993c)

Las variedades presentan diferente resistencia y/o tolerancia a la ocurrencia de frío durante la etapa reproductiva del cultivo. Ello se refleja en el distinto incremento de la esterilidad en siembras tardías. En nuestras condiciones El Paso 144 es la más susceptible a condiciones de bajas temperaturas, mientras que INIA Yermal e INIA Tacuarí son más tolerantes (Blanco, P.; Pérez de Vida, F.; Roel, A. 1993d).

En el año 1993d, Blanco, P.; Pérez de Vida, F y Roel, A., realizaron un estudio de la tolerancia a bajas temperaturas de los cultivares precoces, INIA Yermal e INIA Tacuarí el cual presentaron en la 21ª Reunión da cultura do arroz irrigado, en Porto Alegre y del cual se extraen los resultados más importantes.

Para ensayos de fechas de siembra, ubicados en La Estación Experimental del Paso de la Laguna, Treinta y Tres, abarcando un rango de fechas de siembra del 11 de octubre al 4 de enero, para los años 1989-90 a 1992-93, se ajustaron ecuaciones de regresión para rendimiento, esterilidad y ciclo a comienzos de floración sobre fechas de siembra expresada en días a partir del 1º de octubre. También se relacionó la temperatura media de 10 días pre-floración y la temperatura media de floración (10 días luego del comienzo de floración) de cada cultivar con la esterilidad resultante, para los cultivares Bluebelle, El Paso 144, INIA-Tacuarí e INIA-Yermal.

INIA Tacuarí mantuvo considerable ventaja en rendimiento sobre Bluebelle en un amplio rango de fechas de siembra analizadas para los cuatro años analizados. Es destacable que en la zona Este, la expectativa de rendimiento de la variedad de tipo tropical El Paso 144 fue superior a la de INIA Tacuarí solo para siembras de los primeros 20 días de octubre.

El Paso 144 y Bluebelle incrementaron rápidamente su porcentaje de esterilidad en siembras posteriores a mediados de noviembre, estimándose un 49 a 61% de El Paso 144 en siembras extremadamente tardías. La esterilidad de INIA Tacuarí no estuvo significativamente asociada a la fecha de siembra, alcanzando una media de 14.9 % en el período estudiado, con un máximo valor observado de 25 %.

Las regresiones entre esterilidad y temperatura media 10 días pre-floración y temperatura media en floración con mayores ajustes se obtuvieron en los cultivares susceptibles, Bluebelle y El Paso 144. Para INIA Tacuarí se ajustó una regresión cuadrática en pre-floración con  $R^2 = 0.18$ , mientras que en floración la ocurrencia de las bajas temperaturas no aumentó significativamente la esterilidad ( $R^2 = 0.08$  ns). El destacado comportamiento del nuevo cultivar (INIA Tacuarí) en siembras tardías con menor incidencia de la esterilidad en los rendimientos, fue debido a una mayor tolerancia a bajas temperaturas en período reproductivo.

El buen comportamiento de INIA Yerbal 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.

## **2. Relaciones entre los componentes de rendimiento.**

En el trabajo final de Castro y Porto (1994), realizado en la EEE, se analizó el crecimiento y los componentes del rendimiento de cultivares de arroz, del cual se extrajeron las siguientes conclusiones.

- Los cultivares El Paso 144 e INIA Tacuarí tuvieron rendimientos similares entre ellos y significativamente superiores a Bluebelle.
- Los componentes que tuvieron mayor influencia en el rendimiento de El Paso 144 e INIA Tacuarí fueron diferentes. En El Paso 144 fue muy importante el número de panículas por metro cuadrado y el peso de mil granos, mientras en INIA Tacuarí se destaca el alto número de granos por panícula, que compensa de esta forma el bajo peso de grano que tiene éste cultivar. Todos los componentes de Bluebelle tuvieron un comportamiento intermedio. El porcentaje de esterilidad fue similar en los tres cultivares, no siendo explicativo de ninguna de las diferencias observadas.
- Todos los cultivares tuvieron aumento en la materia seca total hasta madurez fisiológica, excepto El Paso 144 que llegó al máximo 12 días post 50% floración, disminuyendo a partir de éste momento. Este comportamiento particular de El Paso 144 se debió a la abrupta senescencia de hojas y vainas, y a una disminución importante en el peso de los tallos, debido posiblemente a la removilización de carbohidratos hacia la panícula. Los cultivares que acumularon más materia seca total fueron El Paso 144 e INIA Tacuarí, que a su vez fueron los que llegaron a mayores rendimientos, ya que fueron los que tuvieron un mayor índice de cosecha.
- Entre los cultivares de ciclo intermedio, El Paso 48 tuvo un mayor porcentaje de esterilidad, esto pudo haber sucedido debido a una mayor sensibilidad de éste cultivar a las bajas temperaturas que se dieron en prefloración y floración, pero no se puede afirmar ya que se trabajó con una sola fecha de siembra y no hay rangos de temperatura que permitan realizar ésta afirmación. Lo mismo ocurre entre los cultivares de ciclo largo, entre los cuales El Paso 144 tiene un mayor porcentaje de esterilidad. Con respecto a los cultivares de ciclo corto, INIA Tacuarí tuvo un mayor porcentaje de esterilidad que INIA Yerbal, presentando un número importante de granos vacíos en la base de la panícula.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, el cultivar INIA Tacuarí que obtuvo un alto rendimiento es muy eficiente durante su ciclo, ya que es el que posee una mayor tasa de asimilación neta y la más alta tasa de crecimiento del cultivo promedio. Así mismo, tiene un alto porcentaje de esterilidad con muchos granos vacíos en la base de la panícula, que pudo haber sido consecuencia de una carencia de fuente

de asimilados, ya que es un cultivar de ciclo corto y con una alta relación fosa fuente. Esta hipótesis no se puede afirmar debido a que no se hizo un análisis de contenido de carbohidratos.

### **3. Análisis de estabilidad productiva.**

En función de la importancia que la época de siembra tiene sobre la concreción de los rendimientos, en la Estación Experimental del Este, Blanco, P. y Pérez de Vida, F. para el período desde 1992-93 a 1994-95 realizaron un análisis de estabilidad para siete cultivares de arroz, el cual presentaron en la 21ª Reunión da cultura do arroz irrigado, en Porto Alegre y del cual se extraen los resultados más importantes.

El análisis de estabilidad se realizó para diferentes épocas de siembra, las cuales determinan las diferencias ambientales. En función de éstas las variedades muestran diferente adaptabilidad.

Uno de los objetivos de éste trabajo fue identificar los comportamientos en particular de cada variedad, en los diferentes ambientes (épocas de siembra).

En éste análisis se obtuvo un rango de rendimiento de 9.200 a 4.505 Kg/ha, lo que significó un rango de 2530 a - 2166 para el INDA (índice ambiental). Los mayores rendimientos corresponden a siembras en fechas intermedias (principio a mediados de noviembre), siendo los menores en fechas tardías (diciembre) debido a menores niveles de radiación y la incidencia de fríos en etapas reproductivas principalmente.

En estas condiciones los genotipos evaluados variaron de 5.977 (Bluebelle) a 7.242 Kg/ha (Tacuarí) teniendo un comportamiento destacado EL Paso 144 y L933. Los cultivares presentaron diferentes coeficientes de variación (CV), destacándose Yermal, Tacuarí y L933 con los menores valores. Con relación a los coeficientes angulares (b), se apreció una tendencia no significativa (a P 0.05) en Bluebelle, Caraguatá y Yermal de presentar coeficientes diferentes de 1 (P 0.2 < 0.1). Los dos primeros indicarían una mayor respuesta (incremento de rendimiento) hacia las épocas más productivas, mientras que el menor coeficiente de Yermal supone una menor ganancia hacia dichas épocas. Esto concuerda con la superioridad de Yermal sobre Bluebelle en siembras intermedias.

## **I. CARACTERIZACION CLIMATICA DE LA ZONA ESTE.**

### **1. Aspectos generales.**

Los daños por frío en la etapa reproductiva incrementan la esterilidad de grano, lo que se traduce en bajos rendimientos.

En la zona Este la ocurrencia de bajas temperaturas es factible aún en los meses más cálidos, determinando que con siembras en época óptima (octubre- noviembre) igualmente exista el riesgo de daños por frío.

La inclusión en este trabajo de épocas de siembra tardías (diciembre) intenta reflejar con mayor claridad lo expresado anteriormente y caracterizar los cultivares en condiciones extremas, para que pueda reflejar la situación planteada en el 75% del área de siembra del país, en primavera lluviosas.

## 2. Precipitaciones.

Dentro de una zafra, la época de siembra del cultivo determina en gran medida la posibilidad de hacer coincidir las etapas más sensibles del cultivo con los momentos de menor probabilidad de frío y mayores niveles de radiación propios de cada región (Deambrosi, et. al., 1997).

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 período invierno-primavera precedente a la zafra.

Los registros de precipitaciones y los días de lluvias son importantes factores en la determinación de la posibilidad de entrada a las chacras para realizar los laboreos.

Las lluvias en el país son muy irregulares, por lo que los valores mensuales o anuales son muy variables.

El período más crítico para el arroz se da de julio a noviembre ya que en general debido al tipo de suelos mal drenados, se produce un exceso de humedad que no permite preparar bien la tierra ni sembrar en época.

## 3. Temperatura.

La ocurrencia de fríos y la 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 inestabilidad de los rendimientos (Blanco, et. al., 1993d).

En la figura N° 1, se presenta la probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas promedio por década por debajo de 15 °C, durante los meses de enero, febrero y marzo; en dos diferentes localidades, Treinta y Tres y Artigas. Estos promedios corresponden al análisis de una serie histórica de datos, desde el año 1972 a 1993.

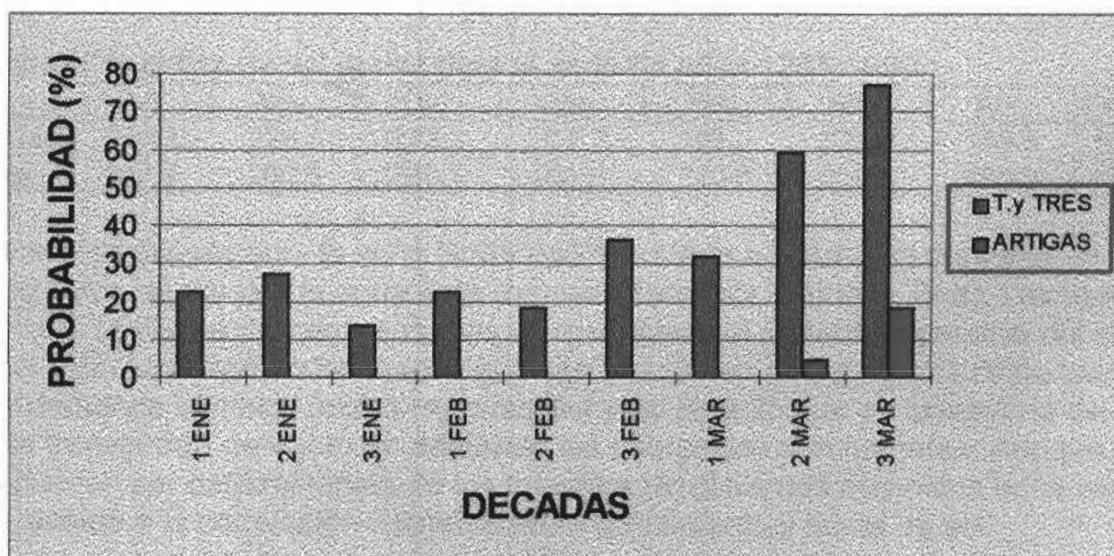


Figura N° 1. Probabilidad de temperaturas mínimas decádicas menores a 15 °C, en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna-INIA Treinta y Tres y en la Estación Agrometeorológica de CALNU-Artigas (serie histórica: 1972-1993), (Roel, A., 1997).

Como puede observarse la problemática de frío es mucho menor o nula en la zona Norte del país y puede ser muy importante en la zona Este.

En ésta región durante el mes de enero y las dos primeras décadas de febrero existe una probabilidad de aproximadamente el 20% (uno de cada cinco años analizados) de obtener promedios decádicos menores a 15 °C, las cuales corresponderían a temperaturas posibles de causar esterilidad. Hacia fines de febrero y primera década de marzo ésta probabilidad es de aproximadamente un 30% (uno de cada tres años) y hacia fines de marzo supera el 50% (uno de cada dos años).

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 extremo Norte del país, donde los posibles perjuicios de bajas temperaturas comenzarían recién a manifestarse a partir de la segunda década de marzo, cuando ya ha ocurrido prácticamente la totalidad de las floraciones.

Existen algunas diferencias de temperatura promedio entre las zonas donde se produce arroz en el país.

Una zona Centro-Norte con una temperatura 2 °C superior a la temperatura media de la zona Este. Y por otra parte el extremo Norte del país, con una temperatura media 4 °C superior a la temperatura media de la zona Este, para el período comprendido entre los meses de setiembre y abril (Lavecchia, 1991).

#### **4. Radiación solar.**

En el Cuadro N°5, se presentan las horas de sol reales de los meses en que se desarrolla el cultivo, registradas en La Estación Meteorológica de Treinta y Tres y en la de Artigas, para la serie de años desde 1981 a 1990.

Cuadro N°5. Horas de sol reales para la serie de años 1981-1990.

	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Período
T. y Tres	220.3	226.7	272.2	257.7	197.0	222.9	185.6	1582.4
Artigas	247.9	260.6	287.1	268.6	220.8	238.4	180.3	1703.7

Para el total del período, la zona Norte (representada por Artigas) presenta un 7.7% más de horas de sol que la zona Este (representada por Treinta y Tres). Las mayores diferencias (14%) se dan en los meses en que ocurre el período vegetativo del cultivo (oct-nov), sin embargo en las etapas que son citadas en la bibliografía como las de mayor demanda lumínica (etapa reproductiva y de llenado que en la mayoría de los cultivos transcurren de enero en adelante) las diferencias son menores. Aunque en parte pueden ser determinantes de los mayores rendimientos obtenidos en la zona Norte, debido a la correlación existente entre rendimiento y horas de sol.

En la Figura N° 2, se presenta la evolución de los rendimientos nacionales y las horas de sol acumuladas durante los meses de enero, febrero, 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.

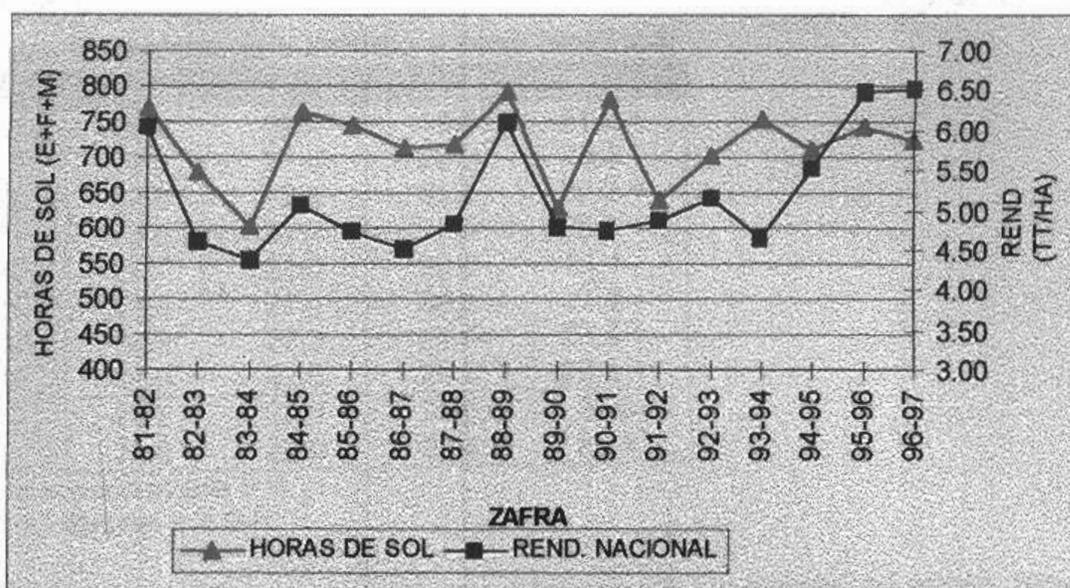


Figura N° 2. Evolución de los rendimientos nacionales y las horas de sol acumuladas en enero+febrero+marzo, (Roel, A., 1997).

Como puede observarse existe una muy buena relación entre los totales de horas de sol en estos meses y los rendimientos nacionales, determinando el análisis estadístico de ésta asociación que existe una correlación significativa entre ambas variables (Roel, A., 1997), el promedio de la serie histórica es de 716 horas de sol acumuladas en los meses de enero, febrero y marzo.

En la zafra 1990/91 a pesar de que las horas de sol acumuladas en el período fueron altas, los rendimientos fueron bajos debido a la incidencia de bajas temperaturas durante el mismo.

#### J. CARACTERIZACION CLIMATICA DE LAS ZAFRAS ESTUDIADAS.

Se presenta la información de las temperaturas medias y mínimas, y de la heliofanía de los meses donde ocurre la floración y el llenado de grano de la mayoría cultivos, registrados en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna-INIA Treinta y Tres, en cada una de las zafras desde 1989 hasta 1997 y la comparación con los datos promedios de la serie histórica (S.H.), que comprende veintiséis años, de 1972 a 1997 y de la serie de años (s.h.) que se incluyen en este trabajo, que comprende ocho años desde 1989 a 1997.

Cuadro N°6. Promedio de temperaturas medias de los meses de enero, febrero y marzo, para las zafras bajo estudio y serie histórica.

Zafra	Enero	Febrero	Marzo	Período
1989-90	24.0	22.2	19.5	21.9 +
1990-91	20.0	21.4	20.9	20.8 -
1991-92	22.0	22.8	21.8	22.2 +
1992-93	23.8	21.7	21.3	22.3 +
1993-94	21.7	22.0	20.6	21.4 -
1994-95	23.2	21.4	20.1	21.6 -
1995-96	22.9	22.3	21.6	22.3 +
1996-97	24.9	22.0	20.3	22.4 +
S.H.	22.7	22.0	20.6	21.8
s.h.	22.8	22.0	20.8	21.9

+ = valores superiores a la S.H.

- = valores inferiores a la S.H.

Cuadro N°7. Promedio de temperaturas mínimas de los meses de enero, febrero y marzo, para las zafras bajo estudio y serie histórica.

Zafra	Enero	Febrero	Marzo	Período
1989-90	16.8	18.5	15.2	16.8 +
1990-91	13.2	13.7	14.1	13.7 -
1991-92	16.7	18.2	17.5	17.5 +
1992-93	18.0	16.5	15.5	16.7 +
1993-94	15.4	17.1	15.3	15.9 -
1994-95	16.6	16.0	13.7	15.4 -
1995-96	17.0	16.0	15.3	16.1 +
1996-97	18.4	16.3	14.2	16.3 +
S.H.	16.5	16.5	15.1	16.0
s.h.	16.0	16.0	14.8	16.0

En cuanto a la temperatura media en cinco de las ocho zafras fue superior a los promedios históricos. Las diferencias tanto por encima como por debajo del promedio no fueron superiores a 1 °C, excepto para la zafra 1990-91 donde se ubicaron 1°C por debajo.

Por su parte con la temperatura mínima también cinco de las ocho zafras fueron superiores a los promedios históricos, aunque las diferencias con respecto al promedio se acentúan, principalmente en la zafra 1990-91 donde se ubica en 2.3 °C por debajo, y en la zafra 1991-92 que se coloca en 1.5 °C por encima.

Todos los meses evaluados en la zafra 1990-91 y el mes de marzo en la zafra 1994-95 y 1996-97, tuvieron promedios de mínima inferiores a 15 °C, temperaturas posibles de causar esterilidad de flores.

Para L 1119 e INIA Cuaró, en dos de los tres años de evaluación la temperatura media fue superior al promedio. Por otra parte, L 1130 en la mitad de los años de evaluación tuvo temperaturas medias inferiores al promedio.

Como ya se mencionara en tres de los cultivares evaluados se cuenta con ocho años de registros, por lo tanto si consideramos que la serie de datos utilizada (s.h.) resulta en valores promedios muy similares a los de la serie histórica (S.H.), se puede

inferir que se tiene una buena representación de las variaciones climáticas esperables en la zona Este del país para éstos cultivares (Bluebelle, El Paso 144 y Tacuarí; y Caragatá con siete años de registros).

Cuadro N°8. Promedio de las horas de sol de los meses de enero, febrero y marzo, para las zafas bajo estudio y serie histórica.

Zafa	Enero	Febrero	Marzo	Periodo
1989-90	9.7	4.8	6.2	6.9 -
1990-91	9.1	9.2	7.8	8.7 +
1991-92	8.3	6.7	6.1	7.0 -
1992-93	7.8	7.8	7.8	7.8
1993-94	10.1	7.3	7.5	8.3 +
1994-95	9.1	6.7	7.8	7.9 +
1995-96	7.8	8.8	7.8	8.1 +
1996-97	9.0	6.7	8.3	8.0 +
S.H.	8.6	7.5	7.4	7.8
s.h.	8.9	7.3	7.4	7.9

En lo que respecta a heliofanía media solamente en dos años el promedio de horas de sol fue inferior al promedio histórico. En un solo año (1990-91) la diferencia por sobre el promedio fue importante, en el resto de las zafas lo superaron levemente.

### **III. MATERIALES Y METODOS.**

#### **A. INTRODUCCION.**

El objetivo de este estudio es la evaluación de la incidencia de la temperatura y la heliofanía, en diferentes etapas del ciclo del cultivo, sobre el rendimiento, componentes de éste y parámetros de calidad industrial.

También pretende identificar las vías o estrategias para la construcción del rendimiento de los diferentes cultivares.

#### **B. UBICACION.**

Los ensayos de los que se extrajeron los datos, se realizaron en la Unidad Experimental Paso de la Laguna, a 28 Km. al Este de la ciudad de Treinta y Tres, 33° 14' latitud sur, 54° 22' longitud oeste, a una altitud de 25 mts. sobre el nivel del mar. Se ubicaron en suelos Solods, de la Unidad La Charqueada, los mismos son adecuados para el cultivo de arroz por presentar un horizonte B-textural (que minimiza las pérdidas por percolación) y una topografía plana (1-2% de pendiente) que facilita la inundación con el agua de riego.

#### **C. FUENTES DE DATOS.**

##### **1. Fuente de datos de características agronómicas y parámetros de calidad.**

Los datos de comportamiento agronómico e industrial de los distintos cultivares se obtuvieron de los ensayos de la Evaluación Final de Cultivares del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz (PMGA) del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).

A partir de la zafra 1995-96 con el comienzo de la evaluación nacional de cultivares de arroz se incluye la información generada en los ensayos de la Red Nacional de Evaluación de Cultivares (RNEC), ubicados también en Paso de la Laguna.

Los ensayos se instalan en diferentes épocas de siembra, en la unidad experimental mencionada y abarcan preferentemente todo el período potencial de siembra en nuestras condiciones (octubre a diciembre), con la finalidad de comparar el comportamiento de las variedades y líneas experimentales en dichos ambientes contrastantes.

Las fechas extremas permiten evaluar la respuesta de los cultivares a condiciones de baja temperatura en la etapa reproductiva y de llenado de grano.

La información generada en RNEC, se complementa para el análisis y toma decisiones en el PMGA.

En el siguiente cuadro se detallan las fechas de siembra para cada zafra y época.

Cuadro N° 9. Fechas de siembra de los ensayos.

Épocas	Zafra							
	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97
1	11/10	9/11	13/11	12/10	5/10	4/10	23/10	27/10
2	30/10	23/11	11/12	5/11	27/10	28/10	16/11	16/11
3	20/11	17/12	20/12	18/11	12/11	16/11	1/12	2/12
4	13/12	9/1	4/1	7/12	3/12	9/12	21/12	23/12
5	4/1			28/12	23/12	27/12		

Las épocas tres y cuatro de la zafra 1990-91 no se cosecharon por ser un año muy frío que afectó los ensayos.

Como se mencionara, hasta la zafra 1994-95 inclusive, todos los ensayos de épocas de siembra corresponden al PMGA, siendo a partir de la zafra siguiente, dos épocas correspondientes al PMGA y dos a RNEC.

## 2. Diseño experimental de los ensayos.

Los experimentos del PMGA, se realizaron con diseño de bloques al azar, con tres repeticiones, con parcelas de 6 surcos de 3.5 mts. de largo distanciados a 0.20 mts. Utilizando una sembradora Hege 90.

En la RNEC, se planteó un diseño alpha-látice (bloques incompletos) con dos repeticiones y parcelas de iguales dimensiones.

En el manejo de las parcelas se fertiliza en función del análisis de suelo y se controlan malezas para la protección del cultivo.

## 3. Determinaciones y registros.

Para este grupo de cultivares de arroz, se determinaron las características productivas, rendimiento y componentes, y los parámetros de calidad industrial.

Los componentes evaluados por variedad son:

- Rendimiento de grano a cosecha.
- Número de panículas por metro cuadrado.
- Granos totales por panícula.
- Porcentaje de esterilidad.
- Peso de 1000 granos.

Los parámetros de calidad industrial evaluados son:

- Porcentaje de blanco total.
- Porcentaje de entero.
- Porcentaje de quebrado.
- Porcentaje de yesado.
- Porcentaje de manchado.

- En la cosecha se procede al desborde de un surco a cada lado y 0.25 mts. en cada cabecera, cosechando por lo tanto 2.4 m<sup>2</sup>.

La trilla se realiza, con una trilladora experimental eléctrica estacionaria marca Almaco. Previamente se realiza un muestreo con dos tomas (en surcos distanciados a 0.20 mts.) de 0.30 mts. lineales para la estimación de componentes del rendimiento.

- b) Se cuenta la totalidad de paniculas en la muestra y se corrige a m<sup>2</sup>.
- c) De quince paniculas obtenidas en el muestreo, se determina el número de granos llenos y vacíos por paniculas cuya suma da el número total de granos.
- d) Se determina a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{granos totales} - \text{granos llenos} * 100}{\text{granos totales}}$$

- e) Se pesa una sub-muestra de cinco gramos y se cuenta el número de granos que contiene, obteniéndose el peso de 1000 granos a través de la fórmula:

$$\frac{1000 \text{ granos} * 5 \text{ gramos}}{\text{n}^\circ \text{ de granos de la sub-muestra}}$$

Las determinaciones referidas a la calidad para el proceso industrial, se realizan sobre una sub-muestra de 100 gramos. A los granos de la sub-muestra se los procesa con un molino de esmeril Satake (de origen Japonés) que separa el grano de la cáscara, para posteriormente ser pulidos en una pulidora de igual marca.

De la diferencia en peso luego de procesado se obtiene el blanco total, el que posteriormente se pasa por un apartador de quebrado, marca Satake, obteniéndose el grano entero por un lado y el quebrado por otro.

Al grano entero, manualmente se le realizan las siguientes determinaciones:

- porcentaje de granos yesosos, correspondiendo a los granos de color blanco totalmente opaco.
- porcentaje de manchado, son los granos que presentan diferentes tonalidades en el pericarpio.

#### **4. Fuente de datos climáticos.**

La información climática fue recabada en la Unidad Experimental Paso de la Laguna, donde funciona una Estación Agrometeorológica Convencional desde el año 1972. El objetivo de esta estación es el de obtener información detallada de clima y hacerla disponible para los diferentes proyectos de investigación.

La información se procesa diariamente, se realizan los cómputos de las bandas y los datos se resumen cada diez días y mensualmente, quedando así elaborados para el uso en los diferentes proyectos.

Para este trabajo se recopilaron datos diarios de:

- temperatura (máxima, media y mínima).
- heliofanía media (horas de sol reales).

De los meses de octubre a abril inclusive, desde la zafra 1989-90 hasta 1996-97.

#### D. CULTIVARES INCLUIDOS EN EL ESTUDIO.

Se utilizaron siete materiales que fueron seleccionados por diferentes causas.

**Bluebelle:** utilizada como variedad testigo por tener muchos años de evaluación y calidad de grano superior.

**El Paso 144:** variedad tipo índica, de alto potencial de rendimiento.

**INIA Tacuarí:** variedad de alto potencial de rendimiento y tolerante a bajas temperaturas.

**INIA Caraguatá:** variedad de potencial intermedio, cuya calidad industrial y culinaria corresponde al tipo superior de granos largos americanos.

**INIA Cuaró:** variedad tipo índica, con algunas características agronómicas superiores a las de El Paso 144 y potencial de rendimiento similar.

**Línea experimental L 1130.**

**Línea experimental L 1119.**

Ambas son líneas promisorias de alto potencial de rendimiento, que se encuentran en evaluación para su posible liberación como variedades comerciales.

Cuadro N° 10. Rendimiento y características agronómicas en ensayos de 1992/93 a 1996/97.

Variedad	Rend (Kg/ha).	Rend entero (Kg/ha).	Com. Floración (días).	Altura (cm).	N° panojas/ m2.	N° granos/ panoja.
Bluebelle	6402	3903	95	102	438	122
El Paso 144	8201	4999	102	85	577	89
Tacuarí	8225	5299	90	85	481	127
Caraguatá	7606	4921	97	81	507	102
L 1130	8129	5064	100	87	459	104
L 1119	8101	5077	99	87	481	99
Cuaró	7848	4896	96	84	563	96

Cuadro N° 11. Calidad de grano en ensayos de 1992/93 a 1996/97.

Variedades	Entero (%)	Yesado (%)	Largo cargo (mm)	L/A cargo	Largo pulido (mm)	L/A pulido (mm)	Peso grano (mg)	Amilosa (%)	Disp álcali
Bluebelle	61.0	2.9	6.87	3.00	6.37	2.98	22.6	24.2	5.6
El Paso 144	61.0	3.3	7.11	3.13	6.33	2.95	25.1	24.9	6.8
Tacuarí	64.4	3.4	6.75	3.13	6.17	2.97	21.6	24.7	5.4
Caraguatá	64.7	2.2	6.88	3.01	6.36	2.95	23.6	25.2	5.7
L 1130	62.3	3.8	7.17	3.11	6.44	2.94	24.1	24.0	5.5
L 1119	62.7	3.8	7.04	3.08	6.42	2.97	24.0	24.3	5.7
Cuaró	62.4	2.7	6.97	3.32	6.29	3.14	23.3	24.8	6.8

En el siguiente cuadro se presenta los años de evaluación de cada variedad en éste trabajo.

Cuadro N° 12. Años de evaluación por variedad.

Variedad	Inicio de la evaluación	Años de evaluación
<b>Bluebelle</b>	1989-90	8
<b>El Paso 144</b>	1989-90	8
<b>INIA Tacuarí</b>	1989-90	8
<b>INIA Caraguatá</b>	1990-91	7
<b>L 1130</b>	1993-94	4
<b>L 1119</b>	1994-95	3
<b>INIA Cuaró</b>	1994-95	3

## E. METODOLOGIA EMPLEADA.

Tomando de referencia fecha de inicio de floración como día cero, se determinaron ocho períodos de diferente duración para relacionar la incidencia climática sobre el rendimiento y los diferentes componentes a medida que estos se van determinando durante el ciclo del cultivo en cada una de las variedades.

Se registró la fecha de inicio de floración, cuando un 10% de las panículas en las parcelas estaban florecidas.

La elección de los períodos se basó en los antecedentes bibliográficos que los citan como críticos para la determinación de los distintos componentes del rendimiento, y ser particularmente afectados por los diversos factores climáticos.

Los períodos de 35-25 y 30-15 días previos a floración (dPF), marcan el fin de la etapa vegetativa y comienzo de la reproductiva, donde se define el número de tallos fértiles y el número potencial de espiguillas.

Los amplios períodos de 30 y 20 dPF, son representativos de toda la etapa reproductiva que en la bibliografía se cita como el estadio más susceptible a la incidencia del clima, principalmente temperatura.

El período de 12+10 días durante floración, marca el final de la etapa reproductiva y el inicio de la etapa de llenado de grano y maduración, donde los antecedentes bibliográficos son coincidentes en afirmar que las bajas temperaturas inducen esterilidad. A su vez éste período se subdivide en dos para identificar el momento más crítico en torno a la floración. En el período de 12 dPF, ocurre la división reduccional que se cita como muy susceptible a las bajas temperaturas. Por su parte en los diez días posteriores a la floración (dDF) ocurre la polinización y fertilización de las flores, los cuales también son sensibles a la incidencia climática.

El último período de 10-30 dDF, es representativo de la etapa de llenado de grano.



## F. ANALISIS ESTADISTICO.

Para el análisis estadístico, se utilizó el programa estadístico de SAS Institute Inc. SAS/STAT® User's Guide, release 6.03 Edition.

### 1. Incidencia climática en distintos períodos, para cada variedad.

Se obtuvieron los coeficientes de determinación y regresiones cuadráticas de las variables climáticas bajo estudio con el rendimiento y componentes, y con parámetros de calidad industrial, en cada uno de los períodos analizados. Se tomó un  $P= 0.10$  como nivel de significancia para éste y los demás análisis.

El modelo de regresión utilizado es:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_1^2 + E_{ij}$$

Donde: Y= rendimiento, componentes del rendimiento o parámetros de calidad industrial.

a= término independiente.

$b_1$  y  $b_2$ = coeficientes.

$X_1$ = promedio de temperaturas (mínimas, medias o máximas) o heliofanía, en el período considerado.

$E_{ij}$ = error experimental.

### 2. Correlaciones entre rendimiento y componentes, de cada variedad.

Se obtuvieron correlaciones, regresiones cuadráticas y lineales entre rendimiento y componentes, y componentes entre sí, para cada variedad.

Se utilizaron los siguientes modelos de regresión:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_1^2 + E_{ij}$$

$$Y = a + b_1X_1 + E_{ij}$$

Donde: Y= rendimiento o componente del rendimiento.

a= término independiente.

$b_1$  y  $b_2$ = coeficientes.

$X_1$ = componente del rendimiento (panículas/m<sup>2</sup>, granos totales/panícula, %esterilidad o peso de grano).

$E_{ij}$ = error experimental.

Para destacar la relevancia que adquieren ciertos componentes en la determinación del rendimiento en siembras tardías se realizó un estudio agrupando, por un lado todas las épocas de siembra, y solo las de octubre y noviembre por otro.

Para los posteriores análisis se mantuvo este criterio.

### **3. Influencia de la esterilidad en el rendimiento de genotipos índicas y japónicas.**

La bibliografía reporta diferente tolerancia a bajas temperaturas causantes de esterilidad, entre genotipos índicas y japónicas.

De acuerdo a estos antecedentes se agruparon los materiales en función de su origen y se obtuvieron las correlaciones y regresiones lineales entre rendimiento y porcentaje de esterilidad.

El modelo de regresión utilizado es:

$$Y = a + b_1X_1 + E_{ij}$$

Donde: Y= rendimiento.

a= término independiente.

b<sub>1</sub> = coeficiente.

X<sub>1</sub>= %esterilidad.

E<sub>ij</sub>= error experimental.

### **4. Incidencia climática en la totalidad de los períodos.**

Se evaluó la incidencia de la heliofanía y temperatura media, en todos los períodos, sobre el rendimiento y sus componentes.

Para éste análisis se planteo el modelo de regresión múltiple utilizando el método STEPWISE, del programa estadístico SAS.

El modelo de regresión múltiple es el siguiente:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + b_7X_7 + b_8X_8 + b_9X_9 + b_{10}X_{10} + b_{11}X_{11} + b_{12}X_{12} + b_{13}X_{13} + E_{ij}$$

Donde: Y= rendimiento o componentes de este.

a= término independiente.

b<sub>1</sub>,...,b<sub>13</sub>= coeficientes.

X<sub>1</sub>= temperatura media (Tm) 30-15 dPF.

X<sub>2</sub>= heliofanía media (Hm) 30-15 dPF.

X<sub>3</sub>= Tm 30 dPF.

X<sub>4</sub>= Hm 30 dPF.

X<sub>5</sub>= Tm 20 dPF.

X<sub>6</sub>= Hm 20 dPF.

X<sub>7</sub>= Tm 12 dPF.

X<sub>8</sub>= Tm 12+10 dDF.

X<sub>9</sub>= Hm 12+10 dDF.

X<sub>10</sub>= Tm 10 dDF.

X<sub>11</sub>= Hm 10 dDF.

X<sub>12</sub>= Tm 10-30 dDF.

X<sub>13</sub>= Hm 10-30 dDF.

De éste análisis se obtuvieron las regresiones múltiples y las coeficientes de determinación, de rendimiento y componentes, con temperatura y heliofanía.

### **5. Identificación de las vías de construcción del rendimiento en cada variedad.**

Para identificar los componentes de mayor importancia en la construcción del rendimiento, se planteó un modelo de regresión múltiple, utilizando el método STEPWISE.

El modelo propuesto es el siguiente:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + E_{ij}$$

Donde: Y= rendimiento.

a= término independiente.

$b_1, \dots, b_4$ = coeficientes.

$X_1$ = panículas/ m<sup>2</sup>.

$X_2$ = granos totales/ panícula.

$X_3$ = % de esterilidad.

$X_4$ = peso de grano.

### **6. Estabilidad productiva.**

Utilizando el modelo de Eberhart y Russell, se realizó un análisis de estabilidad fenotípica para épocas de siembra.

Se obtuvieron las correlaciones y regresiones lineales del rendimiento de cada variedad con un Índice Ambiental (IA).

El IA es una estimación del potencial de rendimiento para cada época de siembra y es la diferencia entre el promedio de las v variedades en la época j y el promedio de todas las l épocas en que se realizó la evaluación.

$$IA_j = \sum_i (Y_{ij} / v) - \sum_i \sum_j (Y_{ij} / vl).$$

Donde:  $Y_{ij}$ = rendimiento de la variedad i en la época j.

$IA_j$ = es el índice ambiental de la época j.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSION.**

### **A. INCIDENCIA DE FACTORES CLIMATICOS EN EL ARROZ.**

El presente análisis trata acerca de la influencia que los factores climáticos tienen sobre el rendimiento y sus componentes, en el conjunto de los cultivares evaluados, pertenecientes a la especie *Oryza sativa* L.

#### **1. Incidencia en el rendimiento por período.**

De los factores climáticos estudiados, la temperatura media es el de mayor incidencia en el rendimiento. En los períodos que incluyen la diferenciación del primordio tiene poca importancia, se incrementa hacia la floración y se maximiza en el período de llenado de grano.

Por otra parte, la heliofanía presenta en todos los casos menor importancia que la temperatura. La mayor incidencia de las horas de sol sobre el rendimiento, se da durante la diferenciación del primordio, secundariamente durante floración y llenado de grano.

#### **2. Incidencia en el rendimiento considerando el total de períodos.**

Este análisis se realizó utilizando el modelo de regresión múltiple por el método Stepwise.

La temperatura media es más importante en la determinación del rendimiento que la heliofanía, principalmente cuando en el análisis se incluyen las siembras tardías. Con éstas, el período de 10-30 dDF es el más influenciado por la temperatura para la mayoría de los cultivares.

El Paso 144, es una excepción ya que la mayor incidencia es en el período de 12+10 dDF, posiblemente debido una mayor tasa de acumulación de carbohidratos en el grano en un período temprano de llenado (10 dDF) (García y Pintos, 1997) y a la rápida senescencia, características típicas de éste cultivar (Castro y Porto, 1994; Báez y Toledo, s/p).

Para siembras en época normal no se identifica un período crítico, aunque los períodos de 20 dPF y 10 dDF, aumentan su importancia en la determinación del rendimiento, en particular con respecto a la que se manifiesta en estos períodos cuando se incluyen siembras tardías.

Cuando se incluyen las siembras tardías, en las variedades índicas los factores climáticos explican en mayor medida el rendimiento, a través de su efecto en la esterilidad.

En siembras tempranas los factores climáticos son más importantes sobre el rendimiento para Tacuarí y L 1130, posiblemente porque generan un alto potencial de rendimiento que depende en mayor medida del clima para concretarse.

Por último para Bluebelle y Caraguatá la inclusión o no de épocas extremas, no determina variación de la incidencia del clima sobre el rendimiento. En ambas variedades con épocas extremas los factores climáticos son importantes en la determinación de la esterilidad y por ende también afectan el rendimiento. Para siembras en época normal el clima afecta el peso de grano de Bluebelle y de Caraguatá, manteniendo así la incidencia sobre el rendimiento.

### 3. Correlaciones entre rendimiento y componentes.

Los componentes explican en mayor medida el rendimiento, cuando se incluyen las siembras tardías, fundamentalmente por la influencia de la esterilidad.

La excepción es Tacuarí, donde el aumento de la incidencia de la esterilidad sobre el rendimiento con siembras tardías es muy leve, debido a una mayor tolerancia a bajas temperaturas en el período reproductivo y no solo al escape determinado por su ciclo corto (Blanco, Pérez de Vida y Roel, 1993d).

Para siembras en época normal, el número de panículas/m<sup>2</sup> en variedades japónicas, es el componente que explica la variación del rendimiento. Su incidencia con siembras tardías disminuye, debido a la importancia que adquiere la esterilidad, que pasa a ser el componente de mayor relevancia en la determinación del rendimiento. En cambio en siembras en época normal la esterilidad explica parte del rendimiento solo en El Paso 144 y L 1130.

El peso de grano es el componente que menos afecta el rendimiento (excepto para siembras en época normal en El Paso 144 y tardías en Tacuarí), seguido del número de granos/panícula.

El siguiente cuadro se confeccionó en base a las correlaciones obtenidas en cada cultivar y muestra las tendencias generales.

Cuadro N°14. Tendencias de correlaciones entre rendimiento y componentes, para el total de épocas de siembra.

	<b>Panículas/m2</b>	<b>Granos/pan</b>	<b>%esterilidad</b>	<b>peso de grano</b>
<b>Granos/pan</b>	negativa			
<b>% esterilidad</b>	n.s	variable		
<b>peso de grano</b>	positiva	negativa	negativa	
<b>Rendimiento</b>	positiva	positiva	negativa	positiva

n.s= no significativo p> 0.10

Con más panículas/ m<sup>2</sup>, se obtienen panículas más chicas, con menos granos totales y con mayor peso individual; y se relacionan positivamente con el rendimiento.

El tamaño de panícula (número de granos) no se relaciona claramente con el número de granos llenos (% de esterilidad), en cambio sí incide en determinar el peso de los granos, en un tipo de relación que indicaría competencia por carbohidratos en el momento de llenado. Por otra parte se aprecia una asociación positiva de granos por panículas con el rendimiento, en cambio el porcentaje de esterilidad como es lógico se asocia negativamente con el mismo.

#### **4. Incidencia de los factores climáticos en los componentes del rendimiento por período.**

Para el conjunto de los cultivares, la temperatura media es el factor climático de mayor incidencia sobre el número de panículas por m<sup>2</sup>, principalmente en el período de 30 dPF. En cambio las horas de sol, en Tacuarí son más importantes que la temperatura, particularmente en los 20 dPF.

Los granos por panícula son principalmente afectados por la temperatura media, aunque su efecto es menor que sobre las panículas y no se identificó un período crítico definido. La heliofanía resultó mucho menos determinante de éste componente, con la excepción de Cuaró, variedad para la cual fue importante durante el período reproductivo (30 y 20 dPF).

Las temperaturas, medias, mínimas y máximas, son importantes en determinar la esterilidad, en todos los períodos estudiados de la etapa reproductiva y de llenado. Las horas de sol tienen mucha menor importancia en éste componente afectando particularmente a las líneas experimentales (L 1119 y L 1130).

El peso de grano es más afectado por la temperatura máxima que por la media, en el período de 10-30 dDF, para el conjunto de cultivares. Así mismo la heliofanía no es importante, debido a que la acumulación de reservas en tallos y vainas en períodos previos contribuyen al llenado de grano, principalmente en las variedades tipo índica, de ciclo medio a largo. En Tacuarí, en cambio adquiere importancia la heliofanía sobre el peso de grano, lo que es concordante con su ciclo precoz y su alta actividad fotosintética en el período.

Los parámetros de calidad sobre todo el porcentaje de entero, son más influidos por las temperaturas (máxima y media) que por la heliofanía, la cual sin embargo es importante sobre el yesado de los granos.

#### **5. Incidencia en la totalidad de los períodos.**

El siguiente análisis se realizó por regresiones múltiples utilizando el método Stepwise.

Con siembras en los meses de octubre y noviembre, tanto sobre el número de panículas por metro cuadrado, como sobre los granos totales por panícula hay una tendencia al aumento (con respecto al total de épocas de siembra) de la incidencia de los factores climáticos, temperatura y heliofanía por igual.

Aunque la incidencia es levemente superior sobre el número de granos por panícula, sobre ninguno de los dos componentes el efecto del clima es notorio y en un período crítico definido.

Por su parte la esterilidad es más afectada, principalmente por la temperatura, cuando se incluyen siembras tardías, donde el período de 10-30 dDF es el más crítico, excepto en El Paso 144, que lo es en 12+10 dDF.

La esterilidad de Tacuarí, en todas las épocas de siembra se ve igualmente afectada por la temperatura y heliofanía. En cambio en siembras en época normal ésta última es más importante que la temperatura, en la determinación de la esterilidad de L 1130 y Cuaró.

En siembras en época normal los factores climáticos principalmente las horas de sol, son más importantes en la determinación del peso de grano.

Sin embargo cuando se incluyen las siembras tardías, la temperatura es más relevante que la heliofanía y su influencia es notoria en el período de 10-30 dDF.

## B. INFLUENCIA DEL CLIMA EN GENOTIPOS INDICAS Y JAPONICAS.

El rendimiento promedio cuando se incluyen las siembras de diciembre disminuye un 15% en variedades japónicas y un 18% en el conjunto de índicas.

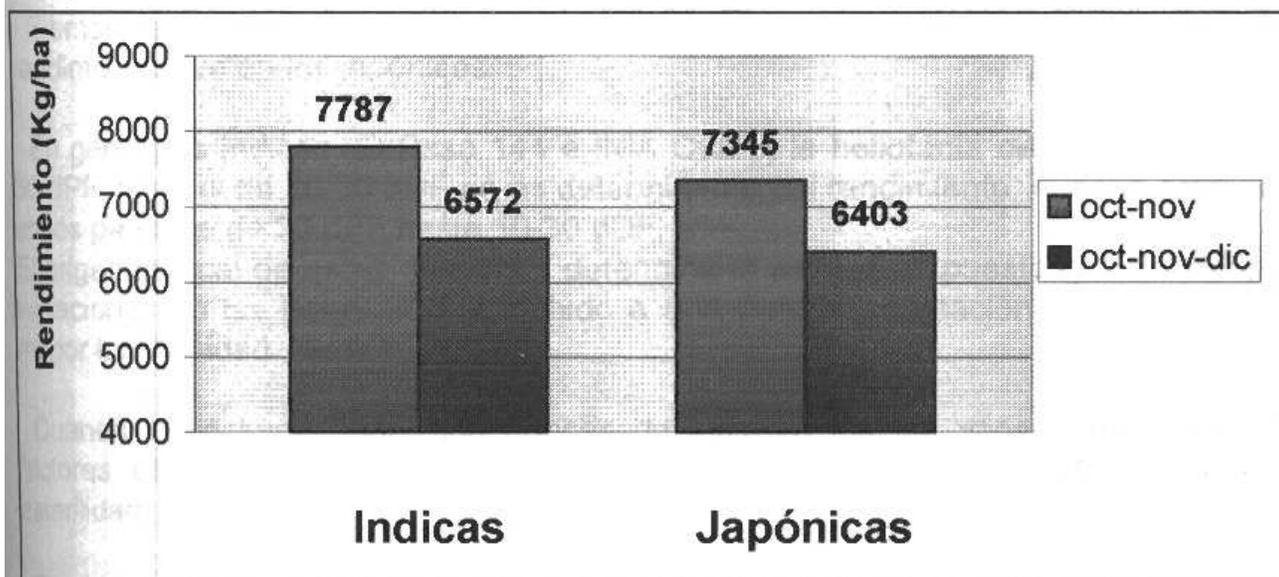


Figura N° 3. Rendimiento de genotipos índicas y japónicas en diferentes fechas de siembra.

En siembras en época normal por cada unidad de aumento de la esterilidad, el rendimiento disminuye 34 Kg./ha en japónicas y 53 Kg./ha en índicas.

Incluyendo siembras tardías por cada aumento de 1% en la esterilidad el rendimiento disminuye 83 y 91 Kg./ha, en japónicas e índicas respectivamente.

Cuadro N°15. Regresiones de rendimiento con esterilidad en siembras de octubre-noviembre.

Japónicas	Rendimiento = 7940 – 33.8 (% esterilidad) = Kg./ha
Indicas	Rendimiento= 8903 – 52.8 (% esterilidad) = Kg./ha

Cuadro N°16. Regresiones de rendimiento con esterilidad en siembras de octubre-noviembre-diciembre.

Japónicas	Rendimiento= 8562 – 83.2 (% esterilidad) = Kg./ha
Indicas	Rendimiento= 9397 – 90.8 (% esterilidad) = Kg./ha

Cuando se incluyen las épocas de diciembre la correlación entre rendimiento y esterilidad se incrementa para ambos germoplasmas, aunque igualmente en las indicas siempre la asociación es mayor.

Cuadro N°17. Correlaciones entre rendimiento y esterilidad de genotipos indicas y japónicas.

Genotipos	Oct-nov	oct-nov-dic
Japónicas	-0.17	-0.71
Indicas	-0.42	-0.81

Siempre en los genotipos indicas la esterilidad es más importante en determinar el rendimiento que en los japónicas.

En genotipos indicas (El Paso 144 e INIA Cuaró) la heliofanía desde el período de 30 dPF hasta el de 10-30 dDF no es determinante del rendimiento, ni de la esterilidad en los períodos de 20 dPF hasta 10-30 dDF.

El origen tropical de estos genotipos determina la escasa respuesta que tienen a las variaciones en las horas de sol, debido a una natural adaptación a ambientes con menor luminosidad.

Cuando se incluyen todas las épocas de siembra, en las variedades indicas los factores climáticos influyen en el rendimiento, a través de su efecto sobre la esterilidad.

En variedades japónicas, sembrando en época normal el número de panículas/m<sup>2</sup> es el único componente que explica la variación en el rendimiento.

Por el contrario en variedades indicas no es significativo, posiblemente debido a la característica de alto macollamiento que se expresa en las más diversas condiciones, permitiendo obtener un número de tallos fructíferos no limitante para la expresión del rendimiento. En cambio el número de granos/panícula en Cuaró y el peso de grano en El Paso 144, son los responsables de las variaciones en el rendimiento.

## C. INCIDENCIA DE FACTORES CLIMATICOS SOBRE RENDIMIENTO Y COMPONENTES DE CADA CULTIVAR.

### 1. Incidencia por período, correlaciones entre rendimiento y componentes.

Se analizará la incidencia de los factores climáticos sobre rendimiento, componentes y parámetros de calidad industrial, en diferentes periodos y para cada variedad; tomando el total de épocas de siembra. Se presentan los cuadros de los coeficientes de determinación de las variables climáticas con el rendimiento y los componentes.

A su vez se incluyen los cuadros de correlaciones entre rendimiento y componentes para todo el período de siembras por un lado y solo siembras normales (octubre-noviembre) por otro.

#### a. Bluebelle.

En el período de llenado de grano (10-30 dDF) los factores climáticos tienen mayor influencia en la determinación del rendimiento, siguiendo en importancia el período que incluye la floración (12+10 dDF).

Cuadro N°18. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes períodos fenológicos, en Bluebelle.

	<b>Rendimiento</b>							
	35-25dPF	30-15dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10dDF	10-30 dDF
T° media	ns	ns	15	18	11	25	16	35
T° mínima	13			ns	ns			
T° mín abs.					9			
T° máxima								41
Heliofanía	ns	6	ns	ns		7	8	16

ns: no significativo  $p > 0.10$ .

La temperatura media es la variable climática de mayor efecto sobre el rendimiento, siendo determinante desde los 30 días previos a floración hasta los 30 días posteriores a la misma. En el período de llenado los aumentos en la temperatura determinan incrementos en el rendimiento, como se muestra en la Figura N° 4.

Por su parte a partir de la floración, la heliofanía comienza a tener incidencia sobre el rendimiento para ésta variedad.

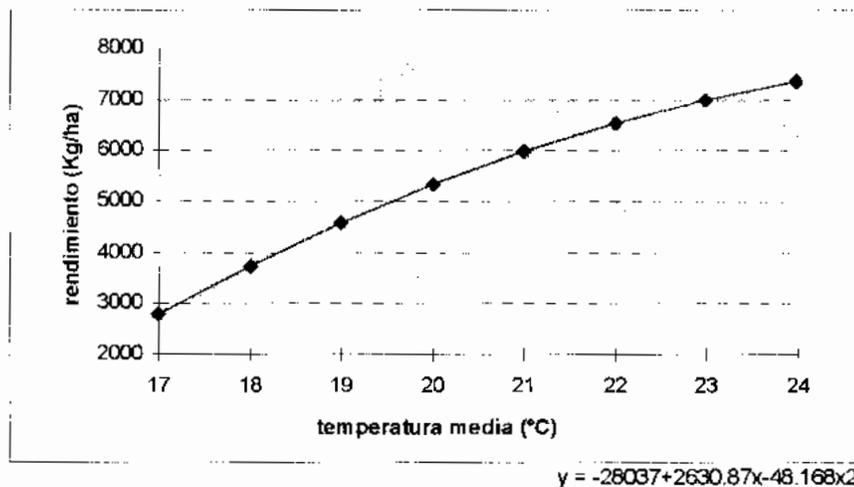


Figura N° 4. Efecto de la temperatura sobre el rendimiento en Bluebelle, en el periodo de 10-30dDF.

Cuadro N°19. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de panículas/m<sup>2</sup> en diferentes periodos fenológicos, en Bluebelle.

	<b>Panículas/m<sup>2</sup></b>				
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	ns	11	10	ns	7
T° mínima	ns			22	15
T° min abs					ns
Heliofanía	ns	ns	ns	5	

En cuanto al número de panículas / m<sup>2</sup>, no se encontró un periodo donde el conjunto de los factores climáticos sean determinantes de las mismas.

Se identifica cierta incidencia de la temperatura mínima cercano a la floración y de la temperatura media en periodos previos.

Por otra parte las horas de sol no tienen efecto sobre este componente.

Cuadro N° 20. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y número de granos totales/panícula en diferentes periodos fenológicos, en Bluebelle.

	<b>Granos Totales / Panícula</b>				
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	ns	ns	10	ns	5
T° mínima	ns			ns	7
T° min abs					ns
Heliofanía	5	9	9	ns	

Tampoco para este componente se identificó un periodo crítico en su determinación, siendo la heliofanía la variable más importante que afecta en la etapa reproductiva, aunque su incidencia no explica más de la décima parte de la variación en el total de granos por panícula.

Cuadro N° 21. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes períodos fenológicos, en Bluebelle.

	<b>Esterilidad</b>				
	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30dDF
T° media	32	18	43	42	43
T° mínima	20	12			
T° min abs		17			
T° max					28
Heliofanía	ns		5	7	ns

La temperatura media es la variable climática que mayor ajuste tiene en la determinación de la esterilidad en Bluebelle.

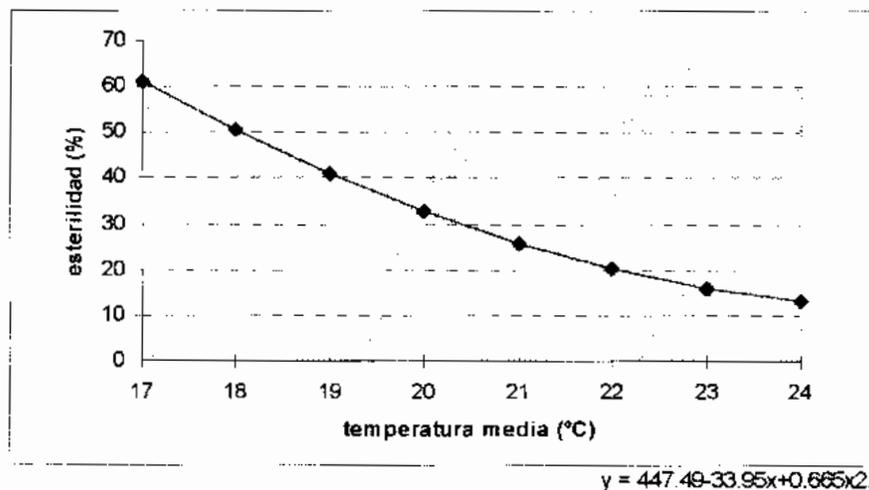


Figura N° 5. Efecto de la temperatura sobre la esterilidad en Bluebelle en 10-30 dDF.

A medida que disminuye la temperatura media se incrementa la tasa de incidencia de la esterilidad. Si el período de llenado de grano ocurre durante marzo o meses posteriores, hay alta probabilidad de obtener elevados valores de esterilidad, ya que el promedio de temperatura media para el mes de marzo es de 20.6 °C (Cuadro N° 6).

Por otra parte el efecto de la temperatura es importante previo a floración, pero se incrementa significativamente después de la misma, llegando a determinar el 43% de la esterilidad total.

En cuanto a las horas de sol solo mostraron leve incidencia durante la floración.

Cuadro N° 22. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el período de 10-30 dDF, en Bluebelle.

10-30 dDF						
	Peso Grano	Blanco Tot	Entero	Quebrado	Yesado	Manchado
T° media	19	9	22	19	21	16
T° máx	10	8	16	14	22	11
Heliofanía	ns	ns	ns	ns	37	10

En este cuadro se incluye el componente peso de grano y los parámetros de calidad industrial, porque solamente se estudiaron los efectos climáticos sobre ellos en el período de llenado de grano. Este análisis se repite en el resto de las variedades.

Las horas de sol no inciden sobre el peso de grano, en cambio la temperatura, principalmente la media explica parte del mismo, concretamente la quinta parte. Se observa que con temperaturas medias superiores a 19 °C el peso de los granos se incrementa a mayor tasa.

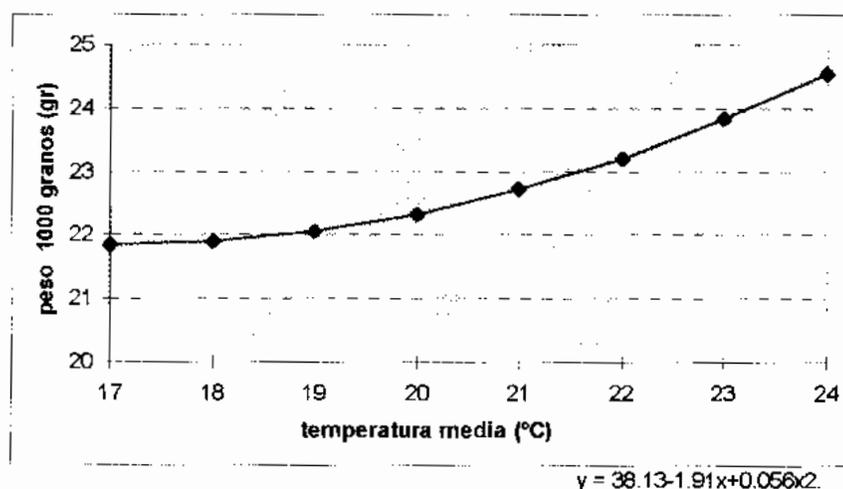


Figura N° 6. Efecto de la temperatura sobre el peso de grano, en Bluebelle.

En cuanto a los parámetros de calidad industrial, el yesado es el más afectado por los factores climáticos, principalmente por la heliofanía, existiendo óptimos de temperatura media y horas de sol que minimizan la incidencia del yesado. Como puede observarse en la Figura N° 7, las disminuciones de las horas de sol son más drásticas que las de temperatura, en el incremento del % de yesado, aunque es altamente improbable que se alcancen promedios de horas de sol menores a seis, si este período ocurre en los meses de febrero y marzo (Cuadro N°8).

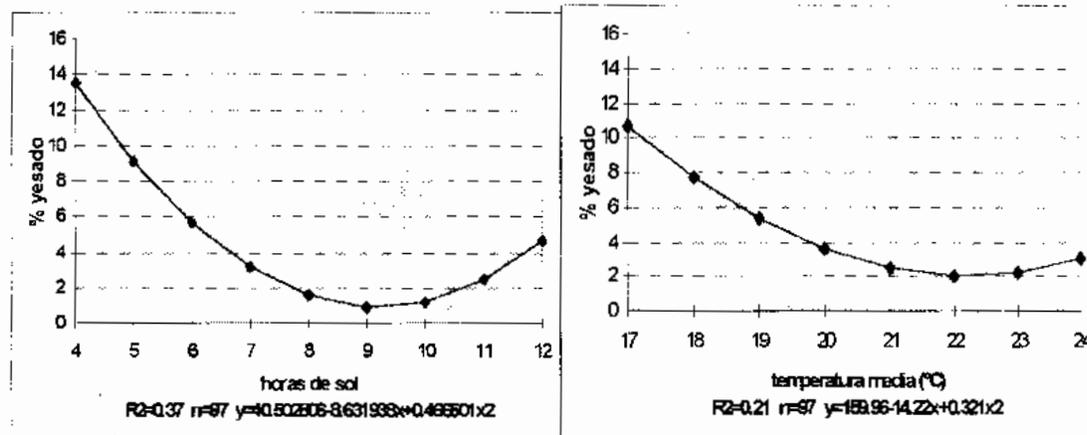


Figura N°7. Efecto de la temperatura y heliofania sobre el yesado, en Bluebelle.

La temperatura afecta el entero de los granos y en menor medida el blanco total. También el manchado, a diferencia de algunos materiales, está influido por el clima.

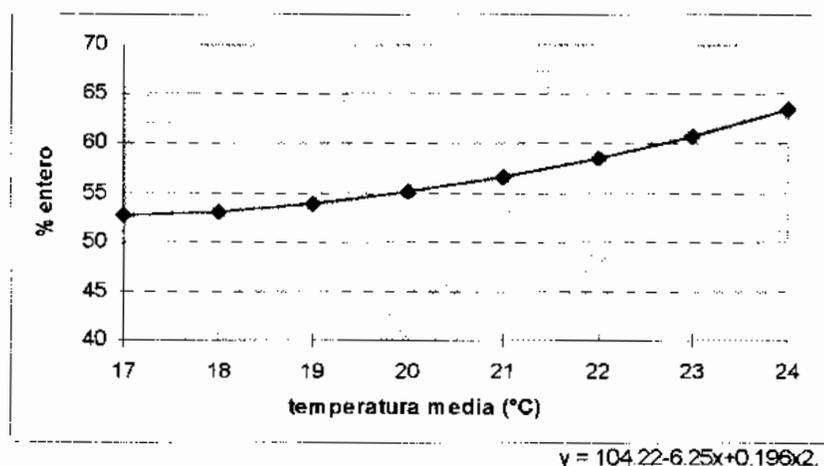


Figura N°8. Efecto de la temperatura media sobre el entero de los granos, en Bluebelle.

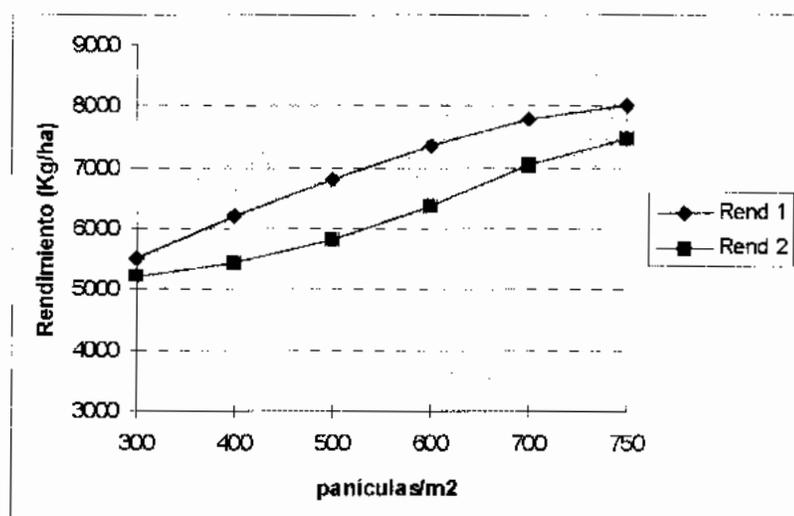
En esta figura se observa que a mayores temperaturas se incrementa el porcentaje de entero, confirmando la importancia de que en Bluebelle el período de 10-30 dDF se de previo a marzo.

Como ya se mencionara a bajas temperaturas aumenta el yesado de los granos, que favorece el quebrado como consecuencia de una defectuosa acumulación de almidón en los granos.

Cuadro N° 23. Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en Bluebelle.

	Rendimiento	Panículas	Granos tot.	Esterilidad	Peso grano	
Rendimiento		0.27	n.s	-0.67	0.17	siembra oct- nov- dic
Panículas	0.44		-0.29	n.s	n.s	
Granos tot.	n.s	-0.36		n.s	-0.19	
Esterilidad	n.s	n.s	0.24		-0.41	
Peso grano	n.s	n.s	n.s	-0.33		
<b>siembra oct-nov</b>						

Para la variedad Bluebelle, en siembras en época normal (octubre-noviembre) el rendimiento se asocia al número de panículas/ m<sup>2</sup> (0.44), cuando se incluyen las siembras tardías (octubre-noviembre-diciembre) se asocia principalmente a la esterilidad (-0.67).



Rend 1= rendimiento en época de siembra normal.  
 Rend 2= rendimiento con siembras extremas incluidas.  
 Rend 1=  $y = 2971.29 + 9.62x - 0.004x^2$   
 Rend 2=  $y = 5511.34 - 3.39x + 0.008x^2$

Figura N° 9. Regresiones entre panículas/m<sup>2</sup> y rendimiento, en Bluebelle.

El rendimiento se incrementa con el aumento del número de panículas/m<sup>2</sup> en ambos casos, aunque a tasas decrecientes en siembras normales y a tasas crecientes con siembras tardías, sin embargo se aprecia el mantenimiento de un escalón de productividad, dentro del rango biológicamente esperable de panículas por metro cuadrado. Esto es el resultado de la incidencia diferencial de la esterilidad entre ambos casos. Como se aprecia en el cuadro N°23, la correlación con rendimiento es significativa (-0.67) solo incluyendo las siembras tardías.

Como se discutiera anteriormente (Cuadro N° 21) la esterilidad fue el componente más afectado por la temperatura media. Así mismo para el total de épocas de siembra se encontró alta correlación entre esterilidad y rendimiento, lo que explicaría que la temperatura media es la variable climática que más efecto tiene sobre el rendimiento,

a través de su incidencia en la esterilidad.

De acuerdo al cuadro N°23, solamente en siembras normales, el aumento del número de granos totales/panícula determina aumento de la esterilidad, posiblemente debido a la incapacidad de la fuente de satisfacer las demandas de la fosa. Por otra parte el número de granos totales/panícula no afecta el peso de los mismos, en cambio con siembras tardías, cuanto mayor es el número de granos totales/panícula menor peso tendrán por condiciones más desfavorables durante el período de llenado de grano. Estas se manifiestan en menor temperatura, que afecta la actividad fotosintética de la planta y el flujo de carbohidratos a la panícula.

#### b. El Paso 144.

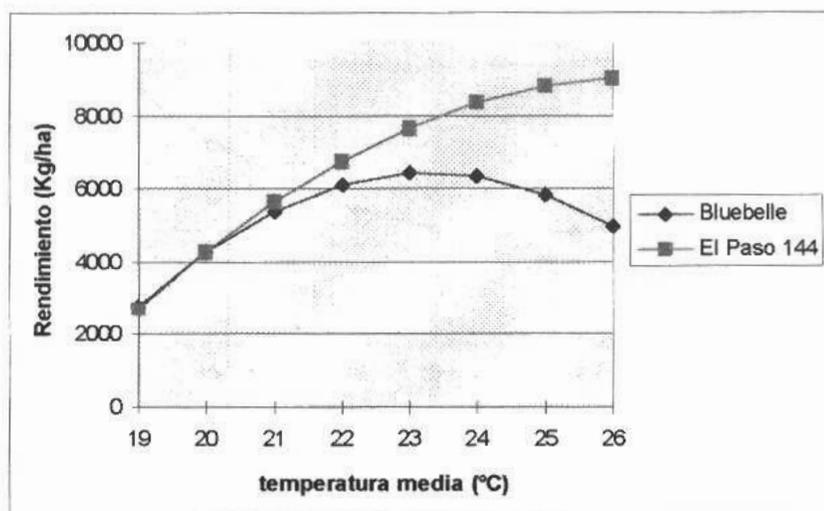
Al igual que para Bluebelle, el período de llenado de grano resulta el más afectado por el clima, principalmente por la temperatura media, que manifiesta su gran influencia en todos los períodos, con mejores ajustes que Bluebelle, llegando en floración a explicar la mitad del rendimiento.

Cuadro N°24. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes períodos fenológicos, en El Paso 144.

#### *Rendimiento*

	35-25dPF	30-15dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10dDF	10-30 dDF
T° media	ns	16	23	26	18	47	49	45
T° mínima	ns			9	6			
T° mín abs.					8			
T° máxima								40
Heliofanía	13	21	ns	ns		ns	ns	15

El Paso 144 por su origen tropical tiene respuesta en rendimiento hasta temperaturas más altas que Bluebelle (Figura N°10). Este diferente comportamiento puede explicarse por lo reportado por Vergara (1976), quien define el rango óptimo de temperatura para la actividad fotosintética en función del origen de las variedades, siendo de 25-35 °C para las índicas y de 18-33 °C para japónicas.



$$\text{Bluebelle: } y = -102195 + 9325.70x - 200.174x^2.$$

$$\text{El Paso 144: } y = -71404 + 6802.43x - 114.977x^2.$$

Figura N°10. Efecto de la temperatura sobre el rendimiento en el período de 12+10 dDF, en El Paso 144 y Bluebelle.

Por otra parte, las temperaturas óptimas para maximizar el rendimiento de El Paso 144 son más altas en este período que en el de llenado de grano, donde temperaturas medias superiores a 23 °C lo reducen, lo cual se debería a una acelerada tasa de llenado que reduce el período, involucrando una más rápida senescencia foliar.

La luminosidad resulta importante en la determinación del rendimiento en dos momentos: durante diferenciación del primordio y en llenado de grano.

Cuadro N°25. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y panículas/m<sup>2</sup> en diferentes períodos fenológicos, en El Paso 144.

	<i>Panículas/m<sup>2</sup></i>				
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	ns	ns	10	7	7
T° mínima	16			22	17
T° min abs					ns
Heliofania	ns	ns	ns	ns	

En los períodos próximos y previos a la floración las temperaturas, principalmente las mínimas afectan el número de panículas obtenidas.

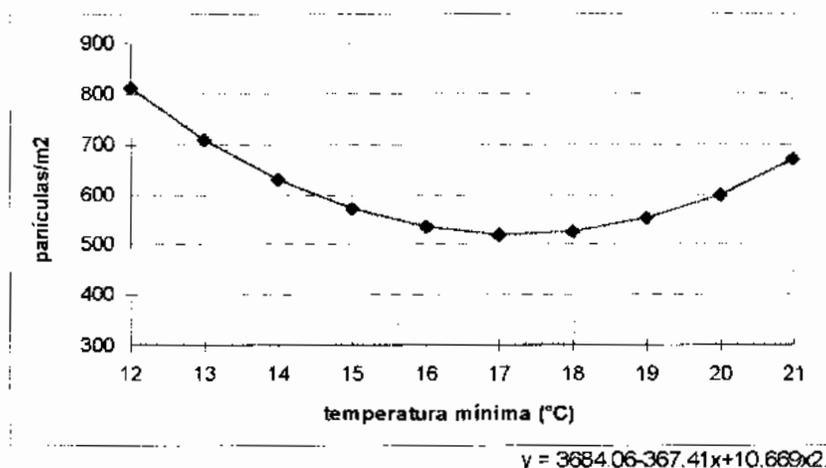


Figura N°11. Efecto de la temperatura sobre el número de panículas/m<sup>2</sup> en el período de 20 dPF, en El Paso 144.

Este componente presenta la misma tendencia en el resto de los materiales, como se mencionará posteriormente. A su vez, el mismo es concordante con lo reportado por Munakata (1976), que cita que la curva de temperatura con número de panículas/m<sup>2</sup> tiene dos óptimos, lo cual se atribuiría al incremento en la amonificación del nitrógeno del suelo a altas temperaturas, o bien por la inhibición de la elongación de los tallos a altas y bajas temperaturas, ya que éste es un proceso inversamente proporcional al macollaje.

Por su parte las horas de sol no manifestaron ninguna incidencia en la determinación del número de panículas.

Cuadro N°26. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y granos totales/panícula en diferentes períodos fenológicos, en El Paso 144.

	<b>Granos Totales / Panícula.</b>				
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	5	6	15	13	7
T° mínima	ns			16	9
T° min abs					ns
Heliofanía	8	6	ns	ns	

La temperatura media influye sobre el total de granos obtenidos, en todos los períodos analizados.

A su vez la heliofanía aunque en escasa magnitud es determinante en los períodos más tempranos (diferenciación de primordio).

Cuadro N°27. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes períodos fenológicos, en El Paso 144.

		<b>Esterilidad</b>				
		20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30dDF
T° media		38	32	50	42	36
T° mínima		31	22			
T° min abs			24			
T° max						26
Heliofanía		ns		ns	ns	ns

En ésta variedad tipo índica, la esterilidad está afectada por la temperatura durante todos los períodos analizados, siendo el período de 12+10 dDF el más sensible, donde la temperatura media es responsable de la mitad de la esterilidad. Esto es diferente a lo que sucede con Bluebelle donde los períodos de mayor ajuste son después de floración. Previo a ésta, la temperatura mínima afecta en gran medida, por su parte la heliofanía no influye sobre la esterilidad en ningún período analizado.

En esta variedad ya se había obtenido un resultado similar, que permitía caracterizarla como de alta susceptibilidad frente a variaciones en la temperatura, en términos de porcentaje de granos estériles (Blanco, Pérez de Vida y Roel, 1993d). Se destacaba en ese caso una importante incidencia de las bajas temperaturas en etapas previas a floración y durante la misma.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo que comprende un período de ocho años de evaluación para El Paso 144, confirman estos antecedentes destacando la susceptibilidad de éste cultivar a las bajas temperaturas en la etapa reproductiva.

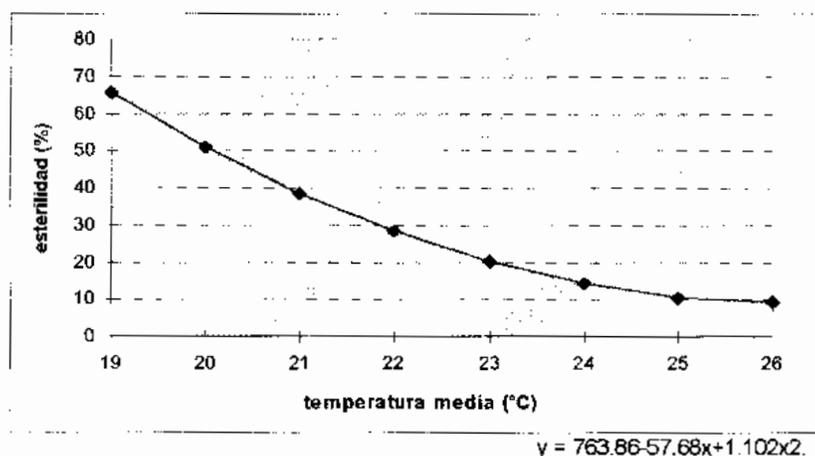


Figura N°12. Efecto de la temperatura sobre la esterilidad en El Paso 144, en el período de 12+10 dDF.

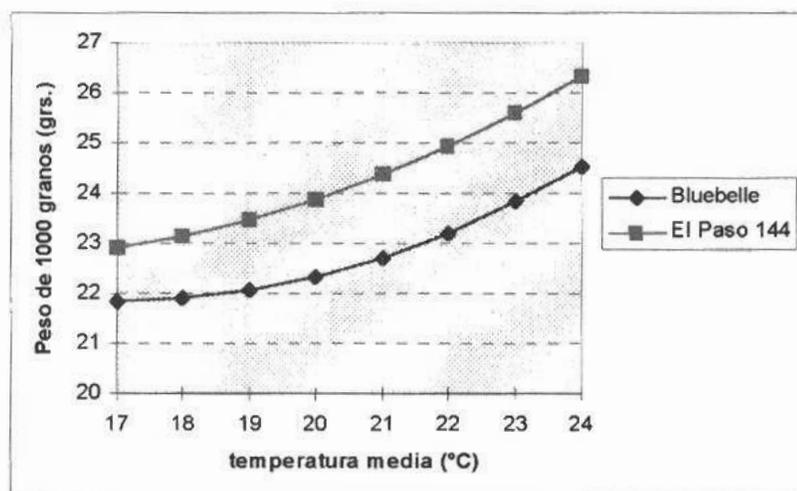
A medida que disminuyen las temperaturas medias se incrementa la tasa de incidencia de la esterilidad, donde con 20 °C se alcanza un 50% de la misma. Si este período ocurre durante el mes de marzo, es altamente probable que se alcancen

dichos valores (Cuadro N°6), justificándose por tal motivo la importancia para esta variedad de no atrasarse en la fecha de siembra.

Cuadro N°28. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el período de 10-30 dDF, en El Paso 144.

10-30 dDF						
	Peso Grano	Blanco Tot	Entero	Quebrado	Yesado	Manchado
T° media	27	15	15	12	17	ns
T° máx	32	15	14	11	22	ns
Heliofanía	ns	ns	ns	ns	6	ns

El peso de grano al igual que en Bluebelle es solamente afectado por la temperatura, aunque su efecto es mayor, ya que la tercera parte del peso se debe a la temperatura en este período.



$$\text{El Paso 144: } y = 30.88 - 1.15x + 0.04x^2.$$

Figura N°13. Efecto de la temperatura media sobre el peso de grano en el período de 10-30 dDF, en Bluebelle y El Paso 144.

Ambas variedades presentan un comportamiento similar ante aumentos en la temperatura, aunque en El Paso 144 el peso de grano se incrementa a mayor tasa.

Con respecto a los parámetros de calidad industrial, existen ciertas diferencias comparado con Bluebelle, concretamente el yesado es afectado en menor medida por la heliofanía; y el manchado no se afecta por ninguna.

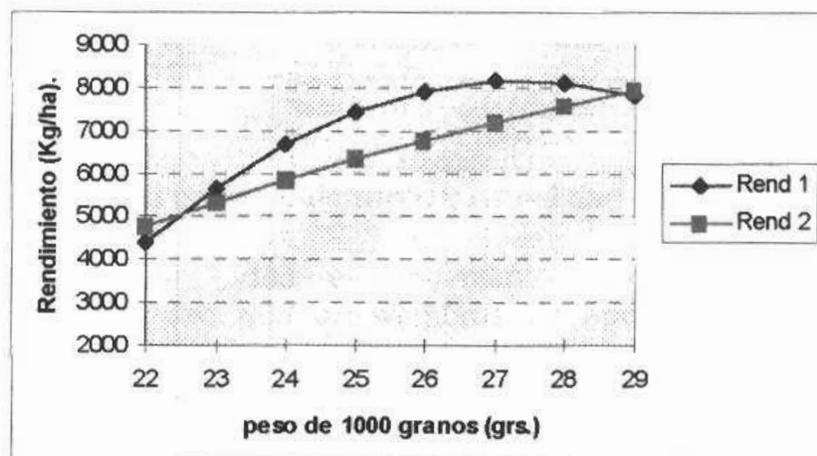
Sobre los demás parámetros la temperatura tiene relativa incidencia.

Cuadro: N°29. Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en El Paso 144.

	Rendimiento	Panículas	Granos tot.	Esterilidad	Peso grano	
Rendimiento		n.s	0.25	-0.78	0.41	<b>siembra oct- nov- dic</b>
Panículas	n.s		-0.36	n.s	n.s	
Granos tot.	n.s	-0.46		-0.33	n.s	
Esterilidad	-0.43	n.s	n.s		-0.44	
Peso grano	0.34	0.13	0.29	n.s		
<b>siembras oct-nov</b>						

En siembras normales el rendimiento se asocia negativa y significativamente a la esterilidad (-0.43), a diferencia de los genotipos japónicas donde ésta no se correlaciona con el rendimiento, en cambio se correlaciona positivamente con el peso de grano (0.34), como ya reportaron Castro y Porto (1994).

Con siembras tardías la asociación del rendimiento con la esterilidad se incrementa notoriamente, no siendo tan así con el peso de los granos, cuya correlación con el rendimiento se mantiene relativamente constante (0.41).



Rend 1= rendimiento en época de siembra normal.  
 Rend 2= rendimiento con siembras extremas incluidas.  
 $Rend\ 1 = y = -904620 + 7208.71x - 131.707x^2$   
 $Rend\ 2 = y = -16995 + 1395.11x - 18.461x^2$

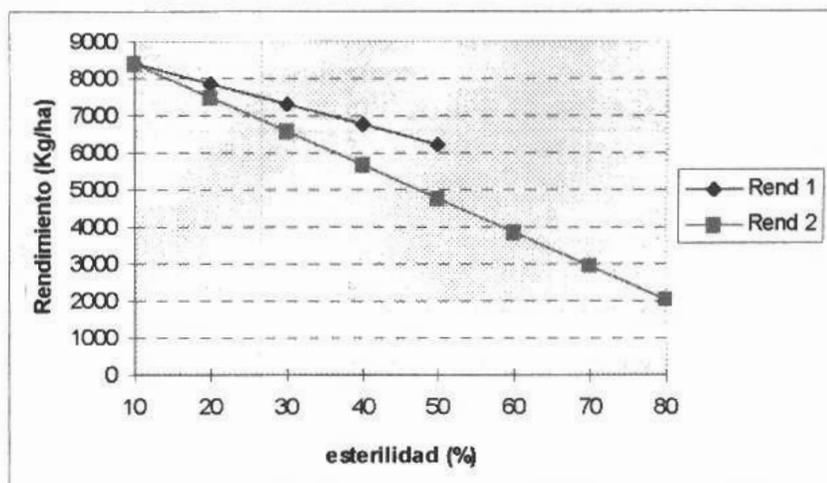
Figura N°14. Regresiones entre rendimiento y peso de grano en El Paso 144.

En siembras de octubre-noviembre el rendimiento se maximiza en el rango de 26-28 mg. por grano, pesos superiores a éste rango determinan rendimientos similares para todas las épocas de siembra.

De modo concluyente en El Paso 144, el rendimiento se relaciona al comportamiento de dos componentes principales, el porcentaje de granos estériles y el peso de grano, para todas las épocas de siembra.

Esto se debe a la incidencia de la temperatura media sobre el rendimiento en períodos previos y durante floración, y durante llenado de grano (Cuadro N°24), ya que su efecto se expresa a través de los componentes mencionados.

Este cultivar tipo indica parece tener sus puntos de mayor debilidad en la alta susceptibilidad a las bajas temperaturas que inducen esterilidad; y en la variación del peso de grano producto de la incidencia de la temperatura en el período de llenado, concretamente bajas temperaturas pueden resentir la actividad fotosintética y sobre todo la traslocación de carbohidratos hacia la panícula.



Rend 1= rendimiento en época de siembra normal.  
 Rend 2= rendimiento con siembras extremas incluidas.  
 Rend 1=  $y = 8952.79 - 54.51x$   
 Rend 2=  $y = 9323.59 - 90.89x$

Figura N°15. Regresiones entre rendimiento y esterilidad para El Paso 144.

Con siembras tardías incluidas, el rendimiento disminuye más por unidad de incremento en la esterilidad que en siembras en época normal, 91 y 55 Kg/ha respectivamente.

Los atrasos en la época de siembra determinan que se alcancen valores de esterilidad extremos, que conspiran contra la concreción de un alto rendimiento. Con siembras en época normal no se sobrepasa del 50% de esterilidad, debido a las menores probabilidades de ocurrencia de fríos en la etapa reproductiva (Cuadro N°7). Blanco, Pérez de Vida y Roel (1993d), obtuvieron una relación similar de tipo lineal para El Paso 144 entre rendimiento y esterilidad, lo que indica que por cada unidad de aumento en la esterilidad corresponde una directa reducción en el rendimiento. Bluebelle y Tacuarí en cambio presentaban un rango de valores de esterilidad entre 0 y 20% para el cual el rendimiento no variaba, producto de un ajuste cuadrático. Estos resultados son corroborados en éste trabajo y se presentan en el análisis de Tacuarí.

Con siembras tardías se observa una correlación alta y negativa (-0.44), entre esterilidad y peso de grano, a diferencia de lo que ocurre en siembras normales. Esto evidenciaría la existencia de problemas climáticos en el llenado de granos que afectarían en primera instancia el peso máximo de granos y en modo extremo la completa esterilidad de algunos de ellos.

### c. INIA Tacuarí.

Comparado con las variedades vistas anteriormente, Tacuarí es afectado por la temperatura en los mismos períodos, pero manifiesta menor dependencia de la misma en la determinación del rendimiento.

Cuadro N°30. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes períodos fenológicos, en Tacuarí.

	<b>Rendimiento</b>							
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10dDF	10-30 dDF
T° media	ns	ns	7	10	21	18	ns	18
T° mínima	ns			ns	10			
T° mín abs.					6			
T° máxima								22
Heliofanía	8	ns	5	6		5	ns	7

Debido a la escasa incidencia que la temperatura media tiene sobre el rendimiento en Tacuarí a diferencia de Bluebelle y El Paso 144, ante condiciones climáticas desfavorables no resiente mayormente su producción.

La heliofanía a diferencia de las anteriores variedades, presenta cierta incidencia sobre el rendimiento, en varios períodos.

Cuadro N°31. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y panículas/m<sup>2</sup> en diferentes períodos fenológicos, en Tacuarí.

	<b>Paniculas/m<sup>2</sup></b>				
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	ns	8	8	ns	ns
T° mínima	ns			7	ns
T° min abs					ns
Heliofanía	12	ns	5	14	

Se encontró que el número de panículas/m<sup>2</sup> es afectado principalmente por las horas de sol, a diferencia de lo que sucede con las dos variedades ya vistas.

Por otra parte las temperaturas manifiestan una menor incidencia sobre el total de panículas obtenidas.

Cuadro N°32. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y granos totales/panícula en diferentes períodos fenológicos, en Tacuarí.

	<b>Granos Totales / Panícula.</b>				
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	ns	5	9	9	11
T° mínima	ns			10	11
T° min abs					ns
Heliofanía	6	ns	ns	7	

La temperatura, al igual que en El Paso 144, manifiesta incidencia sobre el total de

granos obtenidos, en los períodos comprendidos entre 30 dPF y 12 dPF.

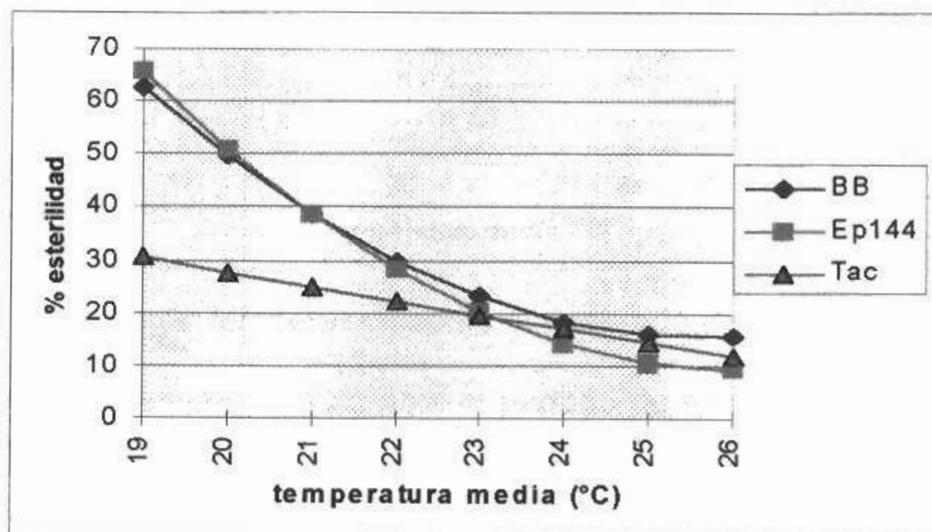
Las horas de sol, al igual que para el resto de los componentes del rendimiento, son poco importantes.

Cuadro N°33. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes períodos fenológicos, en Tacuarí.

	<b>Esterilidad</b>				
	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30dDF
T° media	17	11	11	6	17
T° mínima	11	11			
T° min abs		7			
T° max					6
Heliofanía	ns		6	7	ns

La incidencia de la temperatura en la determinación de la esterilidad es menor que para el resto de los materiales. En particular, el coeficiente de determinación en el período de llenado de grano es inferior al de Bluebelle y El Paso 144.

En los períodos que incluyen la floración la incidencia de las horas de sol es equitativa a la temperatura.



$$\text{Bluebelle: } y = 708.95 - 53.94x + 1.049x^2$$

$$\text{El Paso 144: } y = 763.87 - 57.68x + 1.102x^2$$

$$\text{Tacuarí: } y = 89.02 - 3.41x + 0.018x^2$$

Figura N°16. Efecto de la temperatura sobre la esterilidad en el período de 12+10 dDF, en Tacuarí, El Paso 144 y Bluebelle.

Con temperaturas superiores a 23 °C el comportamiento de todas las variedades es similar. Ante descensos en la temperatura Bluebelle y El Paso 144 incrementan sustancialmente la esterilidad, mientras que Tacuarí por su reconocida tolerancia a bajas temperaturas, no la incrementa significativamente.

Cuadro N°34. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el período de 10-30 dDF, en Tacuarí.

**10-30 dDF**

	Peso Grano	Blanco Tot	Entero	Quebrado	Yesado	Manchado
T° media	ns	ns	15	21	ns	26
T° máx	6	ns	9	11	ns	6
Heliofanía	8	7	8	5	12	9

La heliofanía, aunque con escasa incidencia fue el factor climático más importante en la determinación del peso de grano.

Por otra parte las horas de sol afectan todos los parámetros de calidad industrial, en cambio la temperatura solo afecta el entero y manchado de los granos, lo cual difiere marcadamente con El Paso 144.

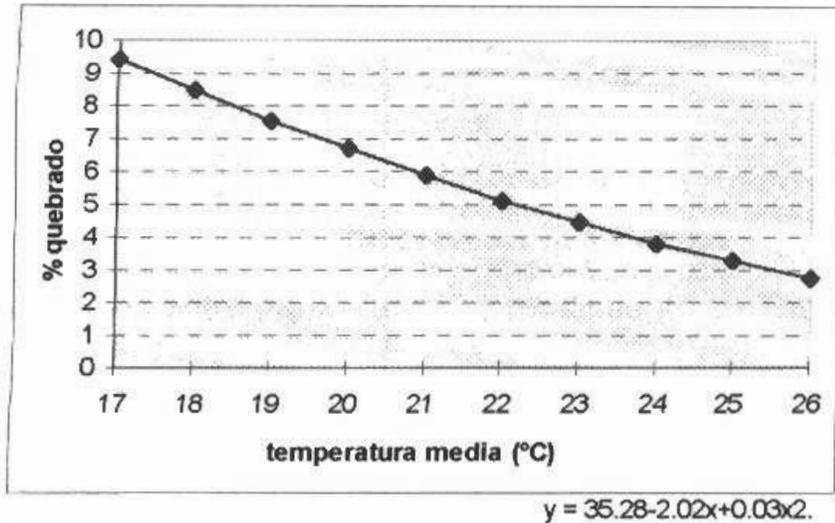


Figura N°17. Efecto de la temperatura sobre el quebrado de grano en Tacuarí.

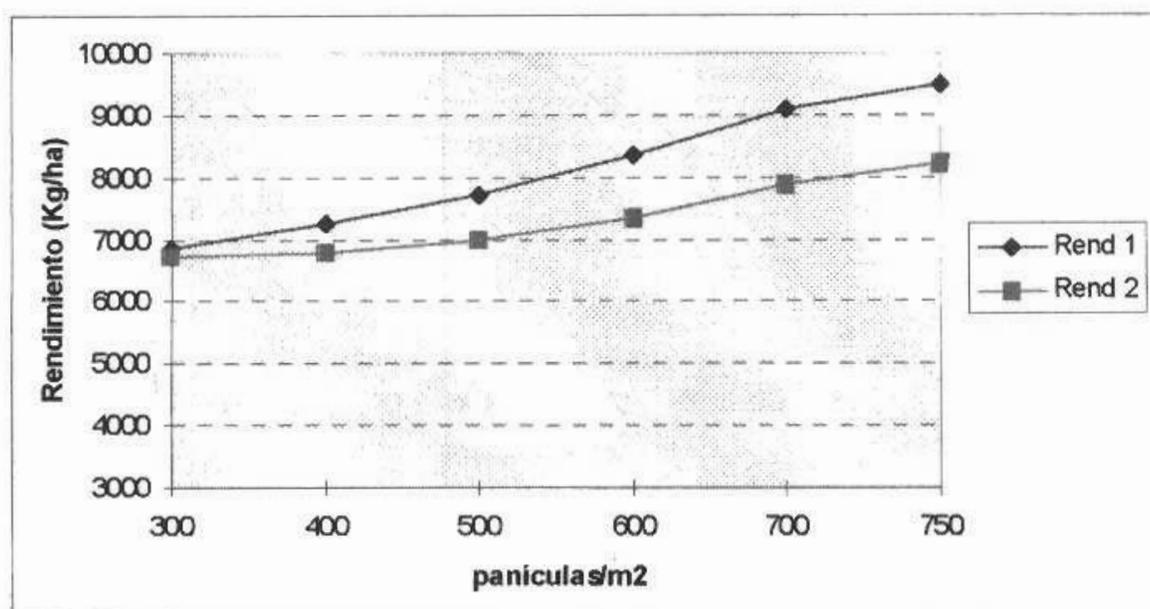
Incrementos en la temperatura durante el período de llenado provocan disminución en el % de quebrado y por ende aumentos en el rendimiento de entero.

Cuadro N°35. Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en Tacuarí.

	Rendimiento	Panículas	Granos tot.	Esterilidad	Peso grano	
Rendimiento		0.23	0.21	-0.43	-0.25	<b>siembra oct-nov-dic</b>
Panículas	0.48		-0.42	n.s	n.s	
Granos tot.	n.s	-0.39		-0.21	-0.25	
Esterilidad	n.s	n.s	-0.25		n.s	
Peso grano	n.s	-0.29	n.s	-0.24		
<b>siembra oct-nov</b>						

En época de siembra normal, al igual que para el resto de los materiales "tipo japónica", como se mostrara posteriormente, el rendimiento de Tacuarí se asocia al número de panículas/m<sup>2</sup> (0.48).

Esto indica que el período vegetativo puede ser una limitante para ésta variedad, ya sea por baja implantación y/o macollamiento, por lo tanto para asegurar un alto rendimiento en una siembra normal habrá que alcanzar el número óptimo de panículas/m<sup>2</sup>, ya sea por implantación o manejo de la fertilización nitrogenada.



Rend 1 = rendimiento en época de siembra normal.

Rend 2 = rendimiento con siembras extremas incluidas.

$$\text{Rend 1} = y = 6452.52 - 0.43x + 0.006x^2$$

$$\text{Rend 2} = y = 7522.18 - 5.07x + 0.008x^2$$

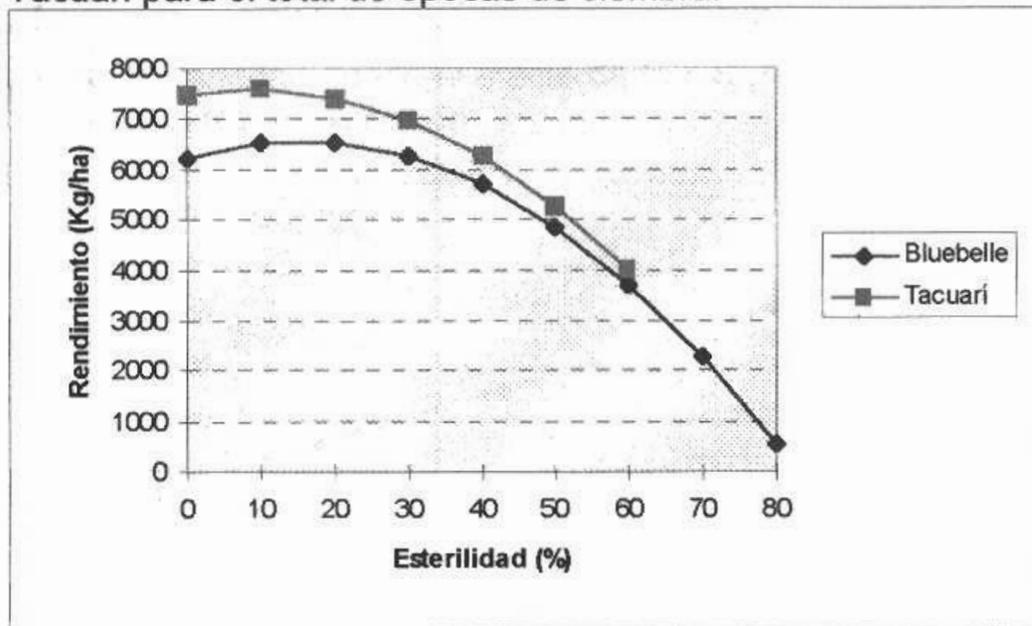
Figura N°18. Regresiones entre panículas/m<sup>2</sup> y rendimiento en Tacuarí.

Para todas las épocas de siembra el aumento en el número de panículas/m<sup>2</sup> determina incrementos en la producción, y a medida que se incrementa el número de panículas/m<sup>2</sup> las diferencias de rendimiento entre épocas son más notorias, esto es debido a que en siembras normales se levanta la limitante, mientras que con siembras tardías se expresan otras limitantes (esterilidad y peso de grano).

Con siembras tardías a diferencia de los demás materiales, donde la esterilidad se correlaciona más con el rendimiento, en Tacuarí éste se debe a todos los componentes en forma balanceada. En este caso, el rendimiento se relaciona más con los componentes que contribuyen a un alto número de granos/m<sup>2</sup>, entonces cuanto más granos hay se afecta el peso de ellos, y por lo tanto se da que rendimiento y peso de grano se relacionen negativamente.

En condiciones desfavorables (bajas temperaturas) para maximizar la actividad fotosintética durante el período de llenado de grano el área foliar podría ser limitante cuando se definen todas las fosas para la cual tiene potencial.

Se presentan las regresiones cuadráticas entre rendimiento y esterilidad, de Bluebelle y Tacuarí para el total de épocas de siembra.



$$\text{Bluebelle: Rend} = 6216.80 + 45.62x - 1.454x^2$$

$$\text{Tacuarí: Rend} = 7501.64 + 22.34x - 1.341x^2$$

Figura N°19. Regresiones entre rendimiento y esterilidad con siembras tardías, en Tacuarí y Bluebelle.

Los resultados obtenidos en este trabajo corroboran los antecedentes del estudio de Blanco, Pérez de Vida y Roel (1993d). En este caso ambas variedades presentan un rango de valores de esterilidad para el cual el rendimiento no varía, concretamente Tacuarí entre 0 y 20%, y Bluebelle entre 0 y 30%, además en ésta última se alcanzan valores más extremos de esterilidad (80%).

Es destacable que para un mismo valor de esterilidad el rendimiento de Tacuarí se sitúa en todos los casos por encima de Bluebelle, por otra parte a medida que se incrementa la incidencia de la esterilidad estas diferencias productivas se reducen, ya que se expresan otras limitantes en el llenado de los granos.

#### d. INIA Caraguatá.

Al igual que para Bluebelle y El Paso 144, la temperatura media es el factor climático de mayor efecto sobre el rendimiento, adquiriendo mayor importancia hacia fin de ciclo.

Cuadro N°36. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes períodos fenológicos, en Caraguatá.

	<b>Rendimiento</b>							
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10dDF	10-30 dDF
T° media	12	ns	15	43	23	34	39	49
T° mínima	18			ns	ns			
T° mín abs.					ns			
T° máxima								56
Heliofanía	16	8	11	ns		14	14	20

Durante la diferenciación del primordio, existe una participación equitativa de la temperatura y la heliofanía en la determinación del rendimiento.

Esta incidencia de las horas de sol, también se manifiesta en el resto de los períodos, siendo Caraguatá la variedad donde el efecto de la heliofanía sobre el rendimiento es mayor y en un período más prolongado.

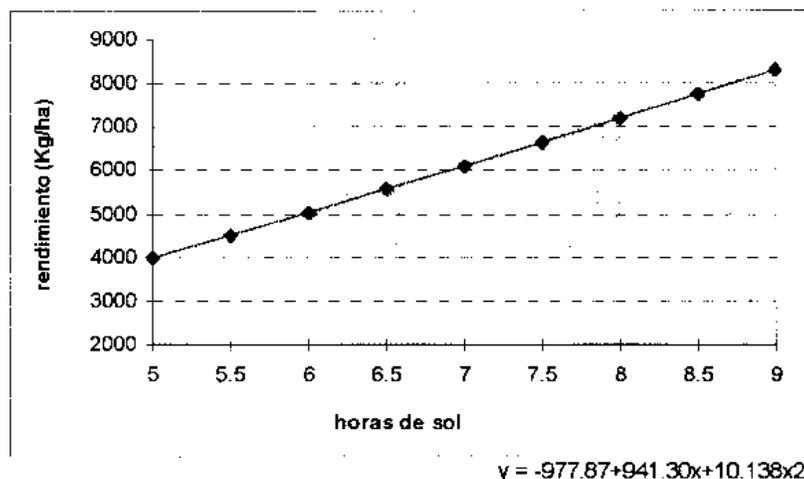


Figura N°20. Efecto de las horas de sol sobre el rendimiento de Caraguatá en el período de 10-30 dDF.

Caraguatá capitaliza los aumentos en las horas de sol con incrementos prácticamente lineales e importantes en el rendimiento, ya que por cada hora de sol de más, éste se incrementa casi en una tonelada por hectárea.

Cuadro N°37. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y panículas/m<sup>2</sup> en diferentes períodos fenológicos, en Caraguatá.

	<b>Panículas/m<sup>2</sup></b>				
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	9	9	ns	ns	ns
T° mínima	17			10	10
T° min abs					6
Heliofanía	ns	7	ns	ns	

Solo en esta variedad, la temperatura mínima presenta mayor efecto que la media, en los períodos en que se evaluó su incidencia.

Por el contrario las horas de sol no son significativas en éste componente.

Cuadro N°38. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y granos totales/panícula en diferentes períodos fenológicos, en Caraguatá.

**Granos Totales / Panícula.**

	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	ns	ns	ns	7	ns
T° mínima	ns			ns	ns
T° min abs					ns
Heliofanía	9	ns	ns	ns	

Como se observa, los granos totales/panícula no son afectados en gran medida por los factores climáticos.

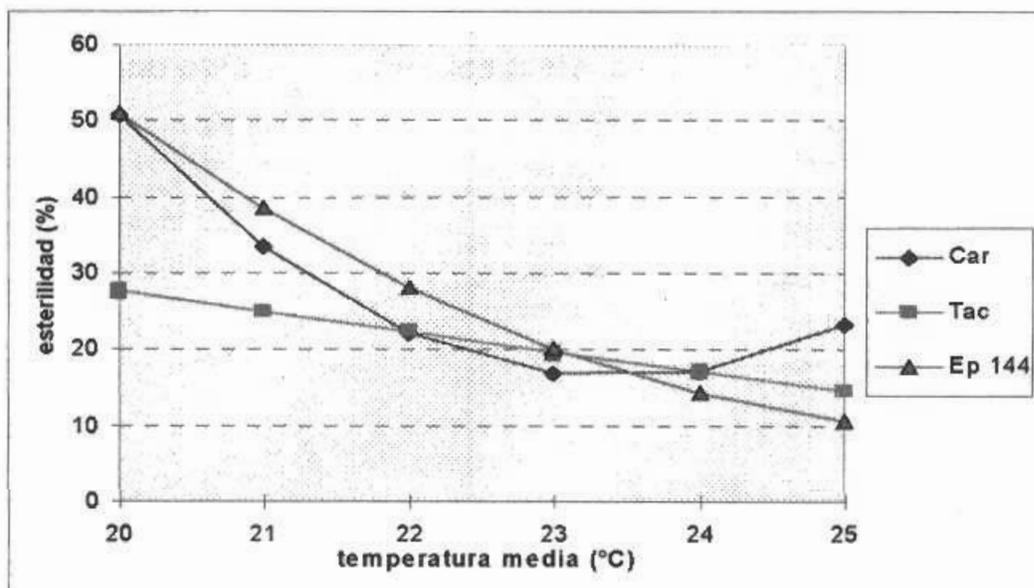
Cuadro N°39. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes períodos fenológicos, en Caraguatá.

**Esterilidad**

	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30dDF
T° media	59	30	66	69	59
T° mínima	30	21			
T° min abs		11			
T° max					50
Heliofanía	ns		8	7	15

La influencia de la temperatura sobre la esterilidad es muy importante, desde previo a floración hasta llenado de grano.

Por otra parte la incidencia de las horas de sol sobre éste componente se manifiesta en la floración y se maximiza durante el llenado de grano.



Caraguatá:  $y = 1621.93 - 137.02x + 2.93x^2$

Figura N°21. Efecto de la temperatura sobre la esterilidad en el período de 12+10dDF, en Caraguatá, El Paso 144 y Tacuarí.

Al igual que en el resto de las variedades tipo japónica, en Caraguatá la temperatura incide sobre la esterilidad durante el llenado de grano, aunque presenta la particularidad de ser sensible al frío en la etapa reproductiva, ya que ante descensos en la temperatura su comportamiento se asemeja más al de El Paso 144, variedad tipo índica susceptible a bajas temperaturas en éste período.

Con 20 °C de temperatura media en la floración, Caraguatá alcanza valores de esterilidad del 50%. La citada temperatura es el promedio de la serie histórica de marzo, por lo tanto es importante que ésta etapa fenológica se de en meses previos.

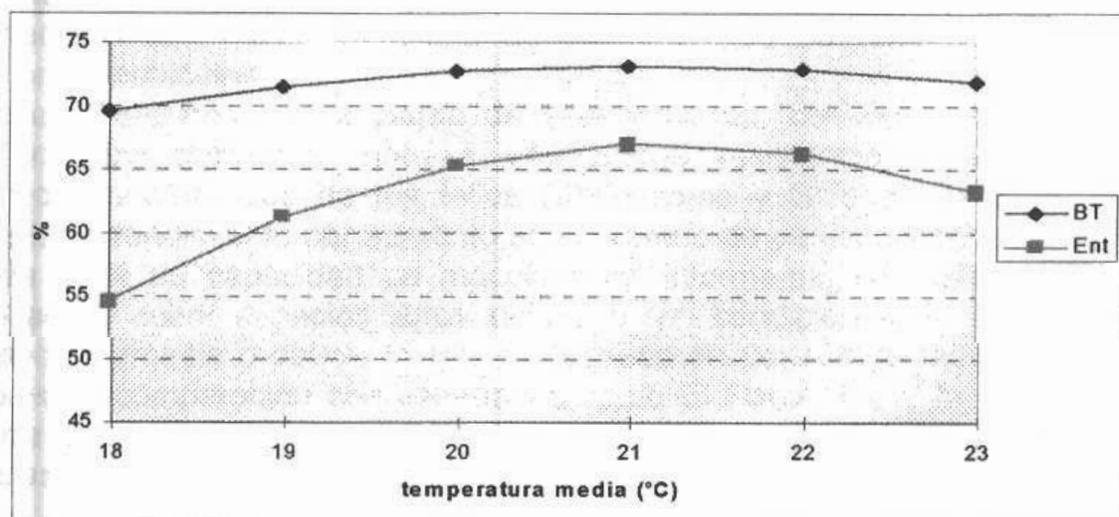
En función de su respuesta en rendimiento, a los incrementos de las horas de sol (Figura N°20), y de temperatura, ésta variedad al igual que El Paso 144 tiene excelente respuesta a mejoras en las condiciones climáticas (años superiores al promedio), característica que la hace adaptable a la región Centro-Norte y Norte del país, donde maximiza su rendimiento.

Cuadro N°40. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el período de 10-30 dDF, en Caraguatá.

**10-30 dDF**

	Peso Grano	Blanco Tot	Entero	Quebrado	Yesado	Manchado
T° media	15	31	56	60	19	ns
T° máx	10	26	51	55	22	ns
Heliofanía	ns	6	14	16	11	ns

La temperatura afecta el peso de grano, en forma similar a Bluebelle. Excepto el manchado, todos los parámetros de calidad son afectados por todas las variables climáticas, siendo la temperatura más importante que la heliofanía en todos los casos. La incidencia climática sobre todos los parámetros, principalmente sobre el % de entero, es mayor que para el resto de los materiales.



$$\text{Entero (Ent): } y = -4753.12 + 50.92x - 1.20x^2$$

$$\text{Blanco Total (BT): } Y = -91.53 + 15.61x - 0.374x^2$$

Figura N°22. Efecto de la temperatura media sobre el blanco total y entero.

Es destacable en esta variedad, la estabilidad que presenta el blanco total ante variaciones en la temperatura media, sitúandose en todos los casos por sobre el 70%. Por otra parte el mayor porcentaje de entero se obtiene a la misma temperatura que se obtiene el máximo blanco total (21 °C). Ante incrementos o descensos en la temperatura con respecto a éste valor, aumenta la incidencia del quebrado de los granos, siendo más drásticas las bajas temperaturas, por lo tanto es importante que el período de llenado no transcurra mas allá de marzo (Cuadro N°6).

En cuanto a la temperatura máxima, Caraguatá presenta respuesta hasta 28 °C en el incremento de entero y blanco total.

Cuadro N°41. Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en Caraguatá.

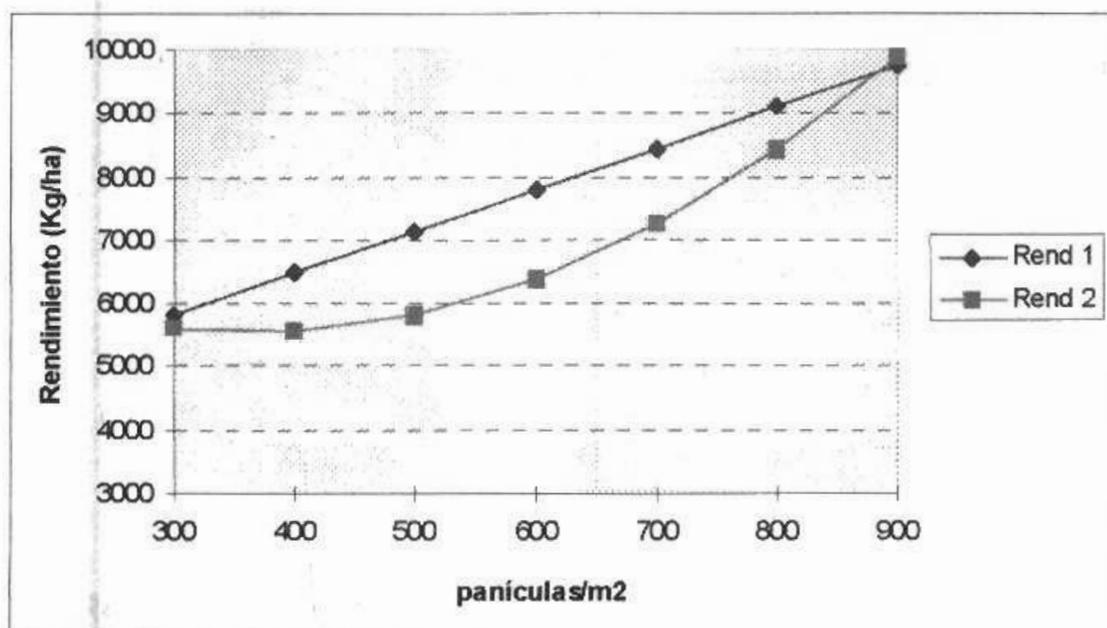
	Rendimiento	Panículas	Granos tot.	Esterilidad	Peso grano	
Rendimiento		0.43	-0.43	-0.76	0.28	siembra oct- nov- dic
Panículas	0.73		-0.58	n.s	0.25	
Granos tot.	-0.46	-0.57		0.3	-0.2	
Esterilidad	n.s	n.s	n.s		-0.25	
Peso grano	0.28	0.26	-0.33	-0.25		
<b>siembras oct-nov</b>						

Con siembras tardías la esterilidad es el componente de mayor asociación con el rendimiento (-0.76). Sin embargo en siembras normales, el rendimiento se asocia a un mayor número de panículas pequeñas con granos pesados, para el rango estudiado. El incremento de panículas/m<sup>2</sup> implica una disminución del número de granos por panículas, lo que posibilita una mayor disponibilidad de carbohidratos por grano y por ende mayor peso de grano.

De acuerdo a otros resultados nacionales (Deambrosi y Méndez, 1995; Aliaga y Bottaro, 1997), aumentos en la densidad de siembra se correspondieron con aumentos en el rendimiento, por lo cual se puede confirmar la respuesta en rendimiento a una mayor densidad de siembra, que se relaciona a una mayor población de panículas.

La moderna arquitectura de planta de esta variedad, con hojas erectas, cortas y macollaje muy compacto, junto a una buena resistencia a la incidencia de enfermedades a hongos de los tallos (*Rhizoctonia* y *Sclerotium*) explican la alta respuesta en rendimiento por aumento en el número de panículas/m<sup>2</sup>.

Por otra parte su capacidad de macollaje es intermedia, con una relativa menor capacidad de cubrir espacios libres de suelo (en condiciones de disponibilidad de nitrógeno intermedia o pobre) lo que se expresa en valores de índice de área foliar inferiores en comparación con variedades como El Paso 144 o Tacuarí, por lo cual presenta gran respuesta a medidas de manejo que impliquen mayor población de panículas.



Rend 1= rendimiento en época de siembra normal.  
 Rend 2= rendimiento con siembras extremas incluidas.  
 $Rend\ 1 = y = 3780.19 + 6.80x + 0.002x^2$   
 $Rend\ 2 = y = 7466.88 - 10.81x + 0.015x^2$

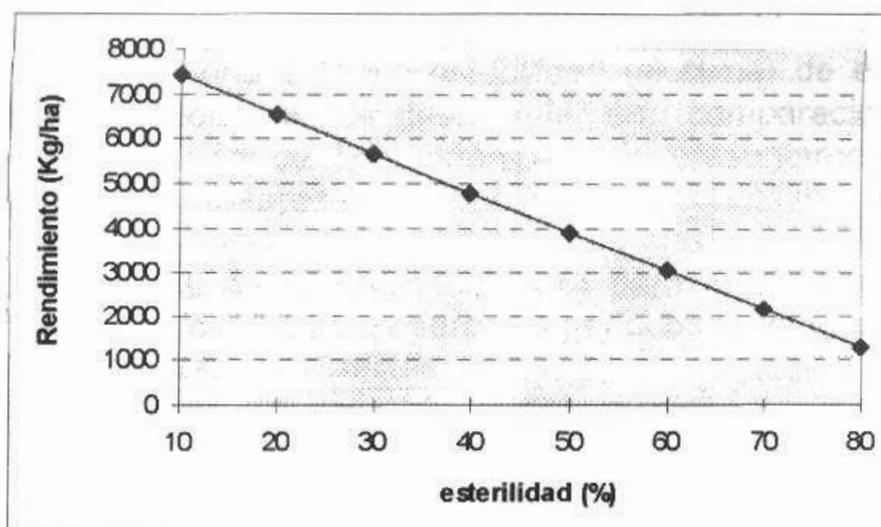
Figura N°23. Regresiones entre rendimiento y panículas/m² en Caraguatá.

En siembras normales la respuesta al incremento del número de panículas es positiva en el rendimiento.

Con siembras tardías por causa de un incremento en la esterilidad hay una disminución en el número de granos llenos y a su vez debido a esta relación se incrementa el peso de grano.

Esta esterilidad no se debería a un efecto indirecto de compensación de componentes (a mayor número de granos totales/panícula mayor esterilidad), sino a incidencia de la temperatura que determina esterilidad de flores. En siembras normales no se correlaciona el número de granos totales/panícula con la esterilidad.

Para siembras normales y tardías, los efectos de la temperatura inciden sobre la esterilidad y el peso de grano. La respuesta a bajas temperaturas durante floración y llenado de grano es concordante en aumentar la esterilidad y disminuir el peso de grano, la correlación entre estos componentes es negativa (-0.25), todo lo cual podría indicar una importante susceptibilidad a bajas temperaturas en todos los procesos que están comprendidos entre floración y llenado de grano (fotosíntesis y/o translocación).



$$y = 8287.07 - 87.60x$$

Figura N°24. Regresión entre rendimiento y esterilidad en Caraguatá con siembras tardías incluidas.

Con siembras tardías la esterilidad determina disminuciones importantes en el rendimiento (88 Kg/ha. por cada unidad de incremento en la esterilidad), siendo este comportamiento semejante al de El Paso 144 y diferente al de Tacuarí y Bluebelle.

#### e. Línea experimental L 1130.

Para el análisis de esta línea se debe tener presente que tiene cuatro años de evaluación, con características climáticas particulares (Cuadros N°6,7,8).

Durante el llenado de grano, los factores climáticos tienen mayor incidencia sobre el rendimiento. La temperatura media incide sobre el rendimiento en todos los períodos analizados, con valores intermedios entre Tacuarí y El Paso 144.

Cuadro N°42. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes períodos fenológicos, en L 1130.

	<b>Rendimiento</b>							
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10dDF	10-30 dDF
T° media	ns	18	35	18	12	20	22	29
T° mínima	ns			26	17			
T° mín abs.					33			
T° máxima								25
Heliofanía	14	ns	ns	ns		17	ns	12

En el período de 12 dPF, donde ocurre la división reduccional, la temperatura mínima absoluta presenta el mayor ajuste con el rendimiento, esta característica es destacable en ambas líneas experimentales, como se demostrara posteriormente. Por otra parte la temperatura media también presenta un alto ajuste en el período de 30 dPF, que comprende toda la etapa reproductiva.

En cuanto al número de panículas/ m<sup>2</sup>, no se obtuvo incidencia de ningún factor climático, lo que indicaría una extrema estabilidad (al clima) de este cultivar en la expresión de dicho componente. Es destacable, en comparación con Tacuarí y Caraguatá cultivares también de tipo japónica, que presentaron algún grado de incidencia de los factores climáticos.

Cuadro N°43. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y granos totales/panícula en diferentes periodos fenológicos, en L 1130.

**Granos Totales / Panícula.**

	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	ns	ns	ns	ns	ns
T° mínima	ns			ns	10
T° min abs					20
Heliofanía	ns	ns	ns	ns	

Los factores climáticos al igual que para las panículas, son poco responsables de las variaciones en el número de granos totales/panícula obtenidos, brindándole estabilidad también a este componente.

En la determinación del número de granos totales/panícula, la incidencia de las bajas temperaturas por un corto lapso de tiempo (12dPF) tan solo resultado destacable.

Cuadro N°44. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % esterilidad en diferentes periodos fenológicos, en L 1130.

**Esterilidad**

	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30dDF
T° media	24	16	29	29	39
T° mínima	30	26			
T° min abs		41			
T° max					35
Heliofanía	15		22	11	15

A diferencia de lo que sucede con los dos componentes vistos anteriormente, todas las variables climáticas tuvieron buenos ajustes y en todos los periodos analizados con la esterilidad.

Durante meiosis (12 dPF), la temperatura mínima absoluta, es la principal responsable de la variación en la esterilidad. Por lo tanto a través de la incidencia sobre este componente y sobre el número de granos totales/panícula, se explica la importante determinación que la temperatura mínima absoluta tiene sobre el rendimiento en este mismo periodo.

Por otra parte las horas de sol y la temperatura media inciden durante todo los periodos, con mayor importancia de la temperatura durante el periodo de llenado de grano (10-30 dDF).

Cuadro N°45. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el período de 10-30 dDF, en L 1130.

10-30 dDF

	Peso Grano	Blanco Tot	Entero	Quebrado	Yesado	Manchado
T° media	27	ns	36	37	ns	ns
T° máx	28	ns	37	36	13	ns
Heliofanía	ns	ns	ns	ns	11	ns

El peso de grano solo es influenciado por la temperatura.

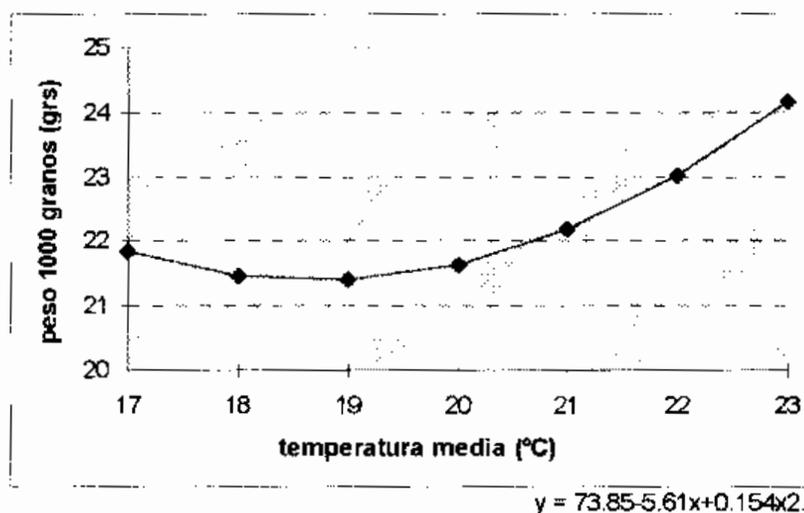


Figura N°25. Efecto de la temperatura sobre el peso de grano de L 1130, en el período de 10-30 dDF.

Por cada grado más de temperatura media por encima de 20 °C, se incrementa prácticamente un gramo el peso de los mil granos, lo cual determina la importancia de que esta etapa fenológica no se de más allá del mes de marzo.

De acuerdo al ajuste obtenido, presentaría una reducción del 10% en el peso de grano ante condiciones de bajas temperaturas durante el período de llenado de grano.

Los parámetros de calidad industrial son afectados en escasa medida por los factores climáticos, solo la temperatura sobre el entero y las horas de sol sobre el yesado, manifiestan cierta incidencia.

Cuadro N°46. Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en L 1130.

	Rendimiento	Panículas	Granos tot.	Esterilidad	Peso grano	
Rendimiento		n.s	n.s	-0.82	0.24	<b>siembra oct- nov- dic</b>
Panículas	n.s		-0.31	0.27	n.s	
Granos tot.	0.46	-0.58		n.s	n.s	
Esterilidad	-0.43	n.s	n.s		-0.29	
Peso grano	n.s	0.37	0.34	n.s		
<b>siembras oct-nov</b>						

En siembras normales, el rendimiento de esta línea no está correlacionado al número de panículas/m<sup>2</sup>, lo cual difiere de lo que sucede con los otros materiales tipo japónica.

En L 1130 se correlaciona al número de granos totales/panícula (0.46) y al porcentaje de esterilidad (-0.43), por lo tanto la expresión de una máxima capacidad de fosa para concretar un alto potencial, depende de la obtención de un alto número de granos llenos por panícula (con baja incidencia de la esterilidad).

Para siembras normales existe compensación entre los componentes que determinan tamaño de panícula, debido a que el número de granos totales/panícula y la esterilidad se asocian al rendimiento, aunque no es el aumento del número de granos totales/panícula el que determina incremento en la esterilidad, ya que estos componentes no se correlacionan, siendo la incidencia de la temperatura la determinante de la esterilidad obtenida.

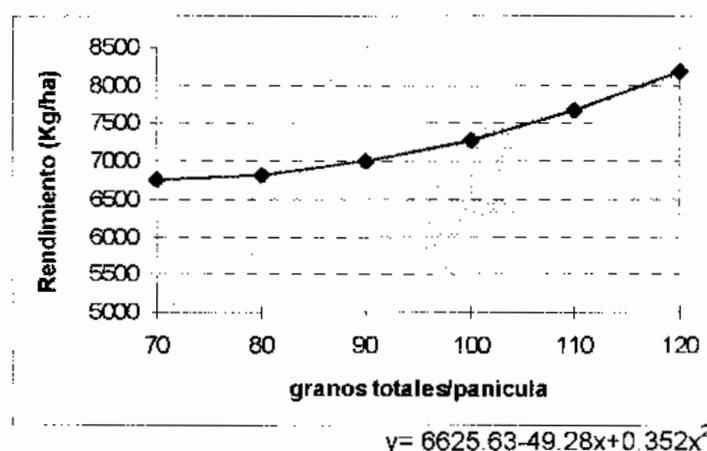


Figura N°26. Regresión entre rendimiento y granos totales por panícula en L 1130, para siembras normales.

En siembras normales a partir de 80 granos totales/panícula, el incremento de estos determina aumentos en el rendimiento a mayores tasas.

Con siembras tardías, el rendimiento se correlaciona principalmente al porcentaje de esterilidad (-0.82), y secundariamente al peso de grano (0.24). En función de la esterilidad alcanzada por efecto de la temperatura, y de la variación que ésta

produzca sobre el peso de los granos es que se determinan las variaciones en el rendimiento.

#### f. Línea experimental L 1119.

En particular en esta línea, dos de los tres años de evaluación fueron climáticamente mejores al promedio (Cuadros N°6,7), elemento que se debe tener en cuenta en el momento del análisis.

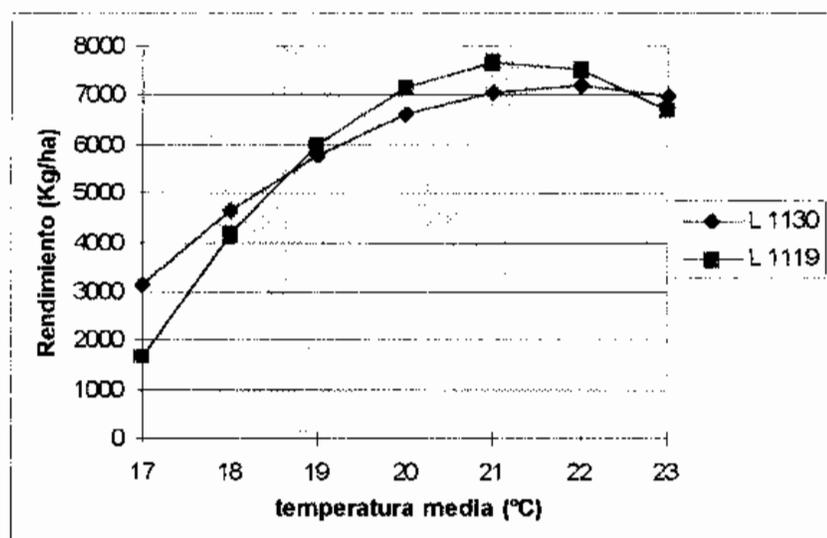
Cuadro N°47. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes períodos fenológicos, en L 1119.

	Rendimiento							
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10dDF	10-30 dDF
T° media	ns	30	47	39	48	39	18	63
T° mínima	ns			50	47			
T° mín abs.					48			
T° máxima								55
Heliofanía	18	15	ns	19		35	ns	ns

En general los factores climáticos influyen más sobre el rendimiento en esta línea que en L 1130, siendo los períodos próximos a floración, y los que la incluyen los más afectados.

Las horas de sol inciden en el rendimiento hasta floración, donde alcanzan el mayor efecto.

Por otra parte, al igual que en L 1130, las temperaturas, mínima y mínima absoluta en los períodos próximos a floración, y la media principalmente durante llenado de grano, son determinantes en gran medida del rendimiento.



$$L\ 1130: y = -74579 + 7479.30x - 171.022x^2$$

$$L\ 1119: y = -142409 + 14118x - 331.964x^2$$

Figura N°27. Efecto de la temperatura media sobre el rendimiento de L 1119 y L 1130, en el período de 10-30 dDF.

Cuando el período de llenado de grano transcurre posterior al mes de marzo, L 1130 podría superar en rendimiento a L 1119 por incidencia de la temperatura media (Cuadro N°6).

L 1119 capitaliza mejor los aumentos de la temperatura incrementando su producción hasta un máximo en torno a los 21-22 °C de temperatura media. Dicho rango corresponde al promedio de los meses de febrero y marzo (Cuadro N°6), los más convenientes para el desarrollo de esta etapa fenológica.

Cuadro N°48. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y panículas/m<sup>2</sup> en diferentes periodos fenológicos, en L 1119.

	<i>Paniculas/m<sup>2</sup></i>				
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	52	38	33	19	ns
T° mínima	26			7	ns
T° min abs					ns
Heliofanía	ns	ns	ns	ns	

A diferencia de L 1130, en esta línea el número de panículas es afectado por los factores climáticos, principalmente por la temperatura media durante la diferenciación del primordio. Por el contrario la heliofanía no afecta en ningún momento.

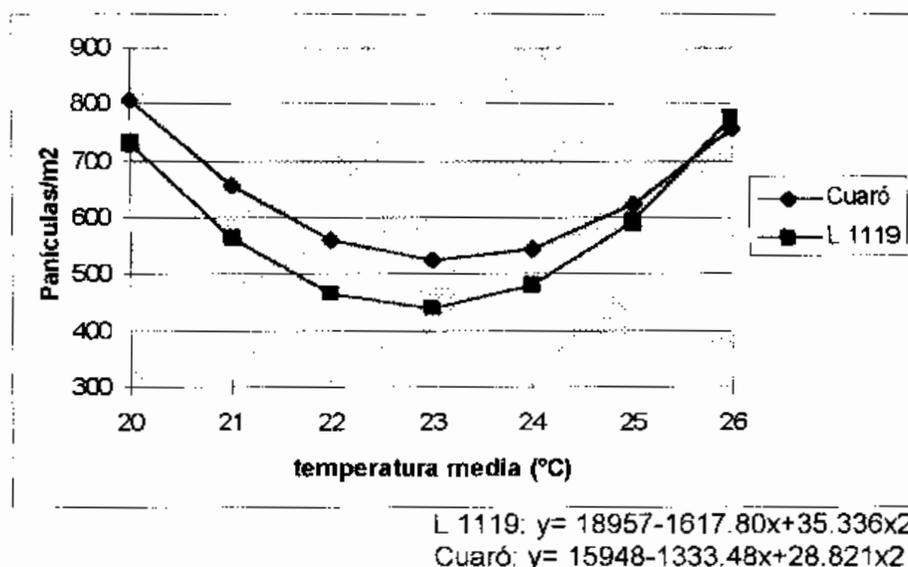


Figura N°28. Efecto de la temperatura media sobre el número de panículas/m<sup>2</sup> de L 1119 y Cuaró, en el período de 30-15 dPF.

El comportamiento del componente panículas/m<sup>2</sup> de L 1119 frente a las variaciones de temperatura es similar a todas las variedades con que ajustó, presentando un mínimo en un mismo rango de temperaturas (23 °C). En la figura se la compara con Cuaró, variedad que se analizara posteriormente.

Cuadro N°49. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y granos totales/panícula en diferentes periodos fenológicos, en L 1119.

**Granos Totales / Panícula.**

	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	ns	ns	ns	ns	ns
T° mínima	ns			ns	ns
T° min abs					ns
Heliofanía	19	ns	ns	ns	

En este componente sucede lo contrario que con el número de panículas/m<sup>2</sup>, ya que la temperatura no afecta en ningún momento, mientras que las horas de sol inciden durante diferenciación de primordio.

Cuadro N°50. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes periodos fenológicos, en L 1119.

**Esterilidad**

	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30dDF
T° media	42	46	52	31	73
T° mínima	54	48			
T° min abs		52			
T° max					66
Heliofanía	15		32	ns	15

Los efectos de los factores climáticos sobre la esterilidad son más importantes que en L 1130, aunque son coincidentes en los periodos de mayor incidencia.

El periodo de llenado de grano resultó particularmente crítico a la incidencia climática, principalmente de la temperatura que explica de forma muy importante la esterilidad obtenida.

Por otra parte las bajas temperaturas (mínima y mínima absoluta) próximo a floración (12 dPF), y la temperatura media y las horas de sol durante la misma (12+10 dDF) presentan alta incidencia.

Por lo tanto a través de la incidencia que los factores climáticos tienen sobre la esterilidad, próximo y en floración y durante llenado de grano, se explica el efecto de estos sobre el rendimiento.

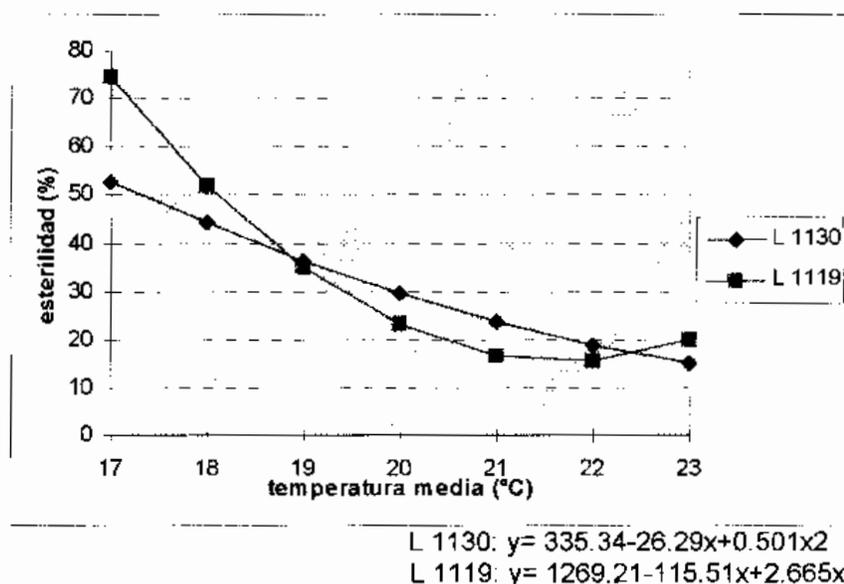


Figura N°29. Efecto de la temperatura sobre la esterilidad de L 1119 y L 1130, en el periodo de 10-30 dDF.

Como ya se mencionó L 1119 requiere mayores temperaturas durante llenado de grano para maximizar el rendimiento. Ante disminuciones en la temperatura durante este período se incrementa sustancialmente el total de granos vacíos (esterilidad). Lo que corrobora que para L 1119 es importante que el llenado de grano se desarrolle con temperaturas medias superiores a 20 °C, logrables en los meses previos a abril (Cuadro N°6).

Cuadro N°51. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el periodo de 10-30 dDF, en L 1119.

10-30 dDF						
	Peso Grano	Blanco Tot	Entero	Quebrado	Yesado	Manchado
T° media	14	ns	38	40	ns	ns
T° máx	32	ns	37	39	19	ns
Heliofanía	ns	ns	ns	ns	ns	ns

El peso de grano, al igual que L 1130, solamente es afectado por las temperaturas, principalmente las máximas.

Por otra parte la heliofanía no incide sobre ninguno de los parámetros de calidad industrial, en cambio la temperatura incide sobre la determinación del entero y en menor medida del yesado, siendo este comportamiento frente a las variables climáticas similar al de L 1130.

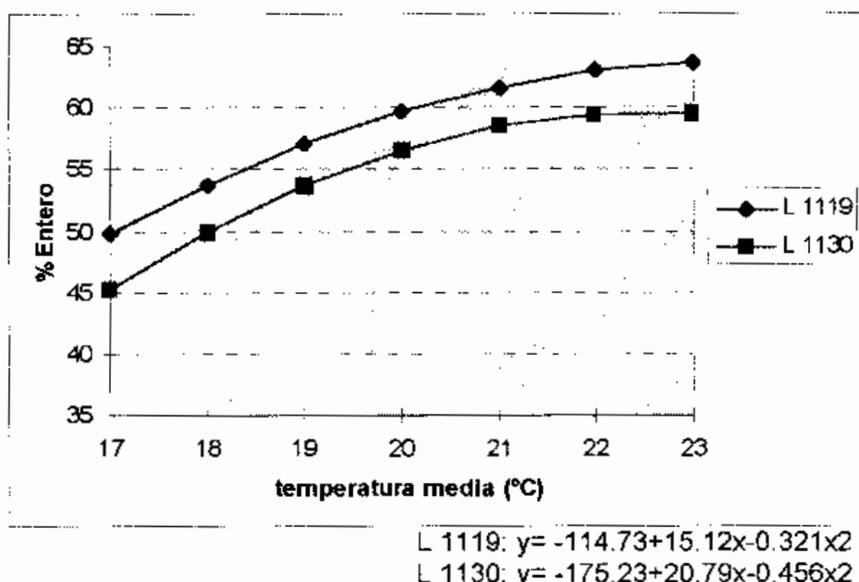


Figura N°30. Efecto de la temperatura media sobre el entero de los granos de L 1119 y L 1130.

Para ambas líneas experimentales, la temperatura media puede ser un factor particularmente crítico en la determinación del entero de los granos, ya que es alta la probabilidad de obtener elevados porcentajes de quebrado, aún cuando el período de 10-30 dDF se desarrolle en los meses febrero y marzo (Cuadro N°6). Esta situación es más crítica en L 1130, donde solo con temperaturas superiores a 21 °C el porcentaje de entero supera el límite de comercialización (58%).

Cuadro N°52. Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en L 1119.

	Rendimiento	Paniculas	Granos tot.	Esterilidad	Peso grano	
Rendimiento		n.s	n.s	-0.89	n.s	<b>siembra oct- nov- dic</b>
Paniculas	-0.57		-0.32	n.s	n.s	
Granos tot.	n.s	-0.43		n.s	n.s	
Esterilidad	n.s	n.s	n.s		-0.3	
Peso peso	n.s	n.s	n.s	n.s		
<b>siembras oct-nov</b>						

En siembras normales como en la mayoría de los genotipos japónicas, con excepción de L 1130, el rendimiento se correlaciona solamente al número de paniculas/m<sup>2</sup> (-0.57).

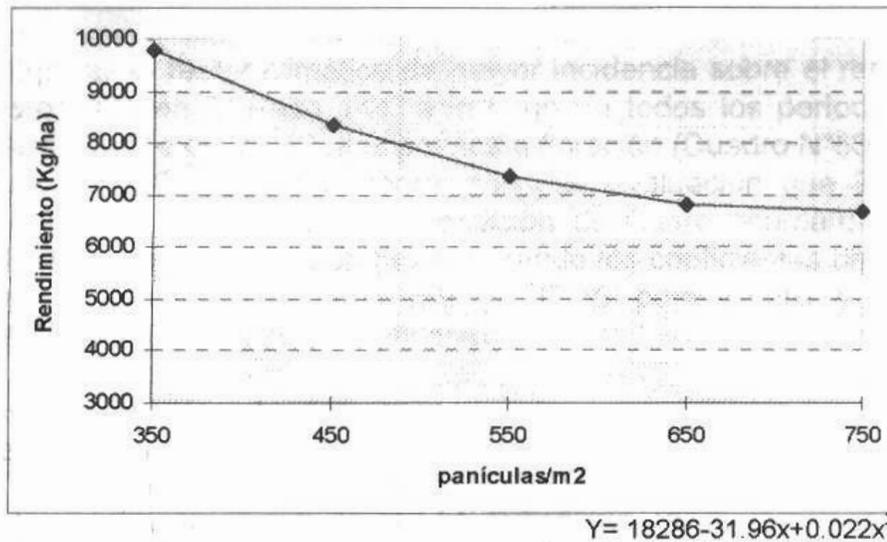


Figura N°31. Regresión entre rendimiento y panículas/m<sup>2</sup> de L 1119 para siembras normales.

En este material a diferencia de los demás, el incremento en el número de panículas determina disminuciones en el rendimiento.

Incluyendo las siembras tardías el rendimiento se asocia exclusivamente y en forma muy alta a la esterilidad (-0.89). Esta esterilidad está prácticamente en su totalidad, determinada por la incidencia de la temperatura (Cuadro N°50).

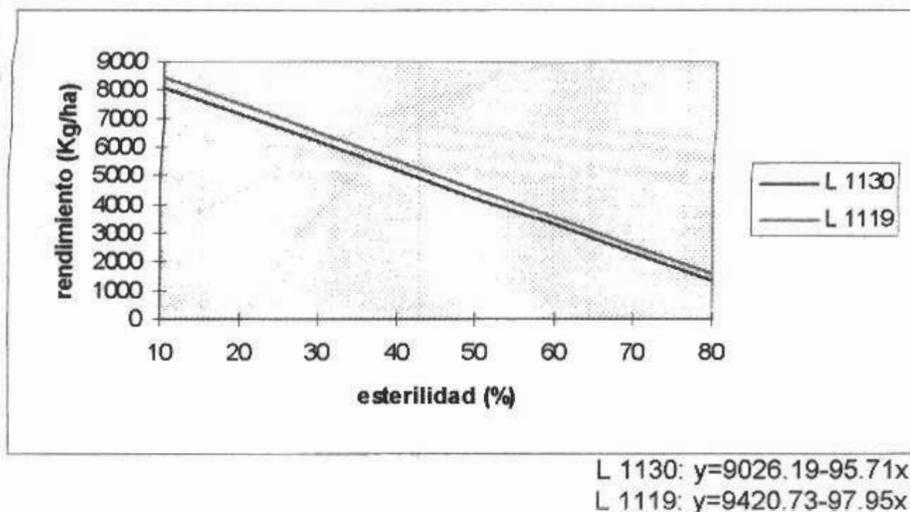


Figura N°32. Regresiones entre rendimiento y esterilidad de L 1119 y L 1130, con siembras tardías incluidas.

En ambas líneas el incremento en la esterilidad determina directas disminuciones en el rendimiento, al igual que en El Paso 144 y Caraguatá. Por cada unidad de incremento de la esterilidad el rendimiento disminuye aproximadamente 100 Kg/ha. en ambas líneas. Se diferencian en que en todos los casos el rendimiento de L 1119 se sitúa en torno a 400 Kg/ha por sobre el de L 1130.

### g. INIA Cuaró.

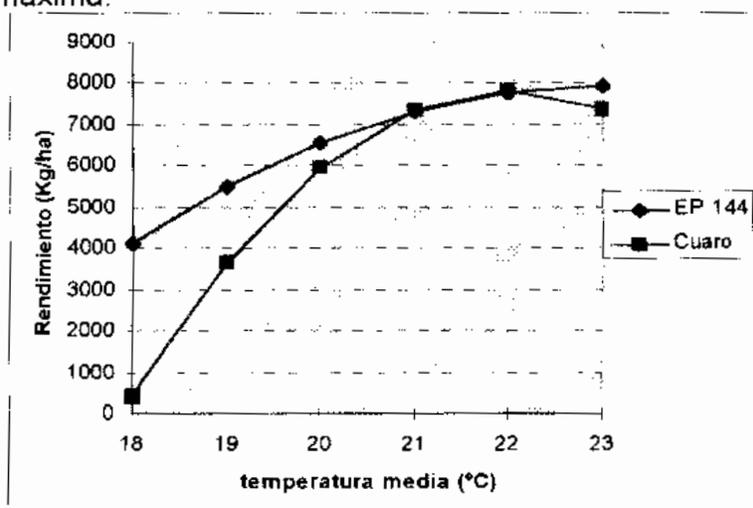
La temperatura es el factor climático de mayor incidencia sobre el rendimiento, con mayores ajustes que en El Paso 144, a lo largo de todos los periodos analizados, pero fundamentalmente en los 12 días previos a floración (Cuadro N°53).

Es de destacar que Cuaró tiene menos años de evaluación que El Paso 144 y además en dos de los tres años de evaluación de Cuaró ocurrieron temperaturas superiores al promedio histórico, aunque analizando los coeficientes de determinación ajustados por el número de datos (59 y 16 % para Cuaró y El Paso 144 respectivamente) las diferencias se mantienen.

Cuadro N°53. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y rendimiento en diferentes periodos fenológicos, en Cuaró.

	<b>Rendimiento</b>							
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10dDF	10-30 dDF
T° media	26	31	46	48	61	46	35	71
T° mínima	ns			38	43			
T° mín abs.					22			
T° máxima								40
Heliofanía	19	16	ns	ns		ns	ns	ns

La incidencia de la heliofanía es relevante durante la diferenciación de primordio. Por otra parte durante llenado de grano la incidencia de la temperatura sobre el rendimiento es máxima.



$$\text{El Paso 144: } y = -71642 + 6905.21x - 149.792x^2$$

$$\text{Cuaró: } y = -221583 + 20004x - 453.88x^2$$

Figura N°33. Efecto de la temperatura sobre el rendimiento de Cuaró y El Paso 144, en el período de 10-30 dDF.

Con temperaturas superiores a 20°C durante el llenado de grano el rendimiento de las variedades tropicales tiende a equipararse. En tal sentido sería de esperar que si el período de llenado de grano ocurre posterior a marzo (Cuadro N°6), Cuaró sea la variedad tropical que resienta de manera más importante su producción.

Cuadro N°54. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y paniculas/m<sup>2</sup> en diferentes períodos fenológicos, en Cuaró.

	<b>Paniculas/m<sup>2</sup></b>				
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	27	21	31	14	33
T° mínima	23			ns	27
T° min abs					26
Heliofanía	22	ns	ns	ns	

Las paniculas/m<sup>2</sup> son muy dependientes de los factores climáticos para su determinación. En el período de diferenciación del primordio las horas de sol y las temperaturas las afectan con igual importancia. Por otra parte en el análisis de L 1119 se incluyó una figura (N°28), que muestra el comportamiento de este componente frente a variaciones de la temperatura media en este período.

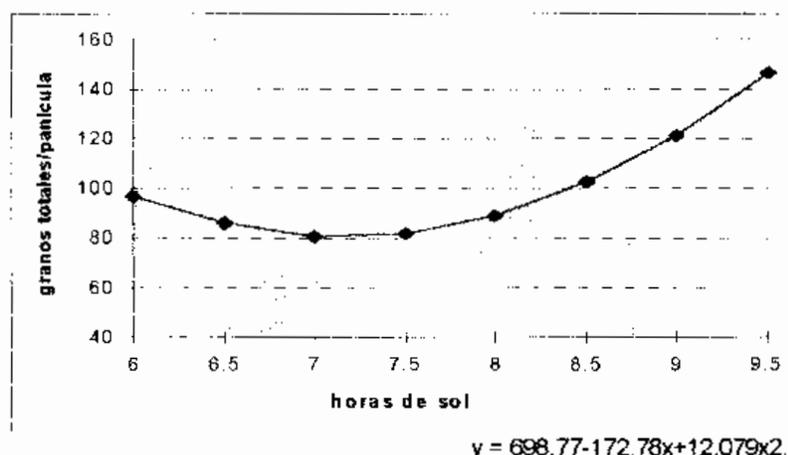
En los períodos siguientes la temperatura mantiene su importancia, sin embargo la heliofanía no afecta las paniculas.

Cuadro N°55. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y granos totales/panicula en diferentes períodos fenológicos, en Cuaró.

	<b>Granos Totales / Panicula</b>				
	35-25 dPF	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF
T° media	ns	14	20	14	23
T° mínima	ns			ns	17
T° min abs					ns
Heliofanía	ns	23	31	35	

Los efectos de los factores climáticos sobre este componente son más importantes que en El Paso 144.

Durante toda la etapa reproductiva las horas de sol en primer orden y la temperatura media en segundo, determinan el número de granos totales/panicula.



$$y = 698.77 - 172.78x + 12.079x^2$$

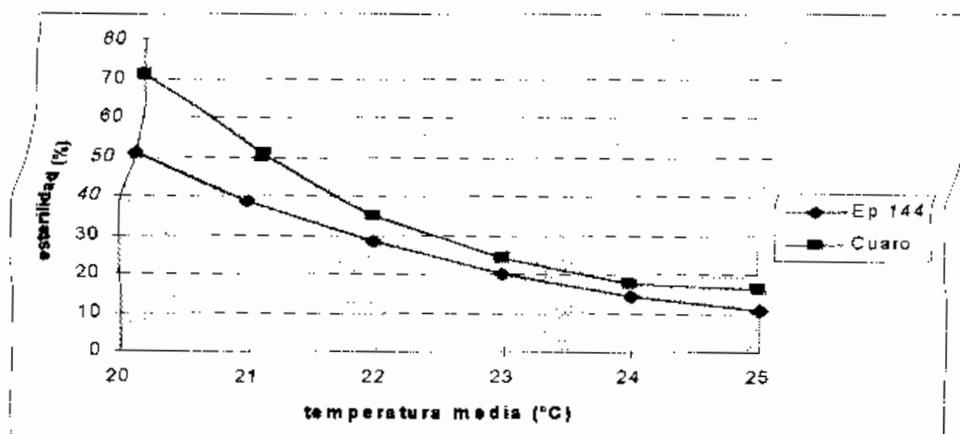
Figura N°34. Efecto de las horas de sol sobre el número de granos por panicula de Cuaró, en el período de 20 dPF.

La heliofanía es importante en la determinación del número de granos durante la etapa reproductiva, manejando la fecha de siembra se debe hacer coincidir esta etapa con los meses de mayor luminosidad (enero) para no limitar la expresión de un mayor tamaño potencial de panícula.

Cuadro N°56. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos y % de esterilidad en diferentes períodos fenológicos, en Cuaró.

		<b>Esterilidad</b>				
		20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30dDF
T° media		54	62	47	38	65
T° mínima		45	51			
T° min abs			19			
T° max						36
Heliofanía		ns		13	ns	ns

El comportamiento de la esterilidad es un fiel reflejo de lo que ocurre con El Paso 144, ya que los períodos más críticos se repiten, aunque el ajuste es siempre mayor.



$$\text{El Paso 144: } y = 763.87 - 57.68x + 1.102x^2$$

$$\text{Cuaró: } y = 1464.26 - 116.64x + 2.348x^2$$

Figura N°35. Efecto de la temperatura sobre la esterilidad de Cuaró y El Paso 144, en el período de 12+10 dDF.

Atrasos en la época de siembra en ambas variedades tropicales, determinan floraciones en meses donde la incidencia de la temperatura es crítica sobre la esterilidad. Concretamente si la floración ocurre en el mes de marzo cuyo promedio de temperatura media es de 20.6 °C se alcanzarían valores altos de esterilidad, tales como 43 y 58% en El Paso 144 y Cuaró respectivamente.

Esta característica corrobora anteriores apreciaciones que sitúan a Cuaró en un plano de mayor susceptibilidad a bajas temperaturas.

Cuadro N°57. Coeficientes de determinación (%) para regresiones de parámetros climáticos con peso de grano y componentes de calidad industrial en el período de 10-30 dDF, en Cuaró.

	10-30 dDF					
	Peso Grano	Blanco Tot	Entero	Quebrado	Yesado	Manchado
T° media	23	57	28	19	ns	24
T° máx	45	36	15	ns	ns	ns
Heliofanía	ns	14	ns	21	ns	ns

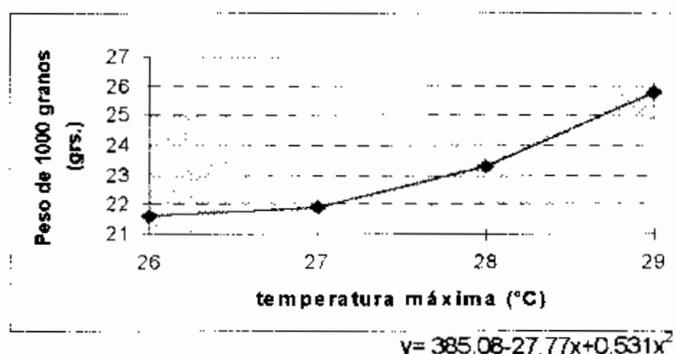
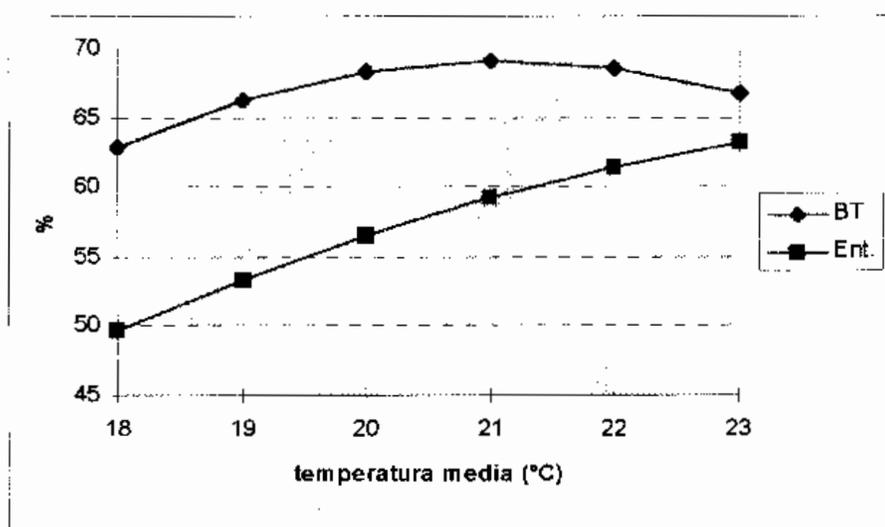


Figura N°36. Efecto de la temperatura máxima promedio en el período de 10-30 dDF sobre el peso de 1000 granos en Cuaró.

El peso de grano solamente es afectado por la temperatura, principalmente la temperatura máxima que presenta mayor ajuste que la temperatura media.

De los parámetros de calidad industrial el blanco total es el más afectado por los factores climáticos, principalmente por la temperatura media, que explica más de la mitad del blanco total obtenido.

Por otra parte el % de entero también es afectado por la temperatura, en tanto que sobre el yesado ningún factor climático manifestó incidencia.



Blanco Total (BT):  $y = -220.28 + 27.43x - 0.652x^2$

Entero (Ent):  $y = -98.9 + 12.57x - 0.242x^2$

Figura N°37. Efecto de la temperatura (10-30 dDF) sobre el Blanco Total y el Entero.

A mayores temperaturas la diferencia entre el porcentaje de blanco total y de entero se reduce, o sea disminuye el porcentaje de quebrado. El blanco total se maximiza a 21 °C de temperatura, en cambio el entero tiene respuesta creciente para este rango de temperaturas.

Para los meses en que ocurre el llenado de grano (marzo-abril) la temperatura media resulta limitante para la obtención del mínimo porcentaje de entero exigido por la industria. Considerando el total de épocas de siembra como se detallará en el cuadro N°93, en este trabajo se obtuvo en Cuaró un promedio de 57.8% de entero.

Cuadro N°58. Correlaciones entre rendimiento y componentes, incluyendo o no siembras extremas, en Cuaró.

	Rendimiento	Panículas	Granos tot.	Esterilidad	Peso grano	
Rendimiento		-0.47	n.s	-0.86	0.31	<b>siembra oct- nov- dic</b>
Panículas	n.s		-0.4	0.39	n.s	
Granos tot.	-0.44	n.s		-0.3	n.s	
Esterilidad	-0.37	-0.39	n.s		-0.39	
Peso grano	0.42	n.s	-0.67	-0.44		
<b>siembras oct-nov</b>						

En siembras en época normal el rendimiento se asocia con aquellos componentes que contribuyen al peso de las panículas. Con el número de granos se correlaciona negativamente (-0.44) y con el peso de los mismos positivamente (0.42). A su vez estos componentes están correlacionados negativamente entre sí (-0.67).

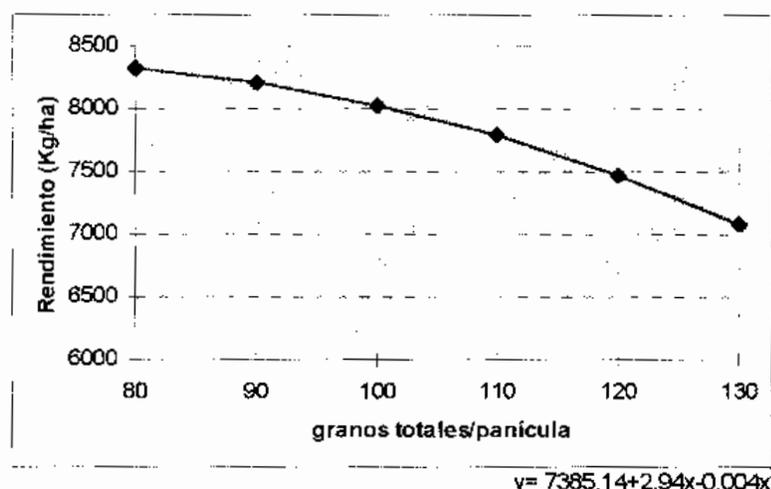


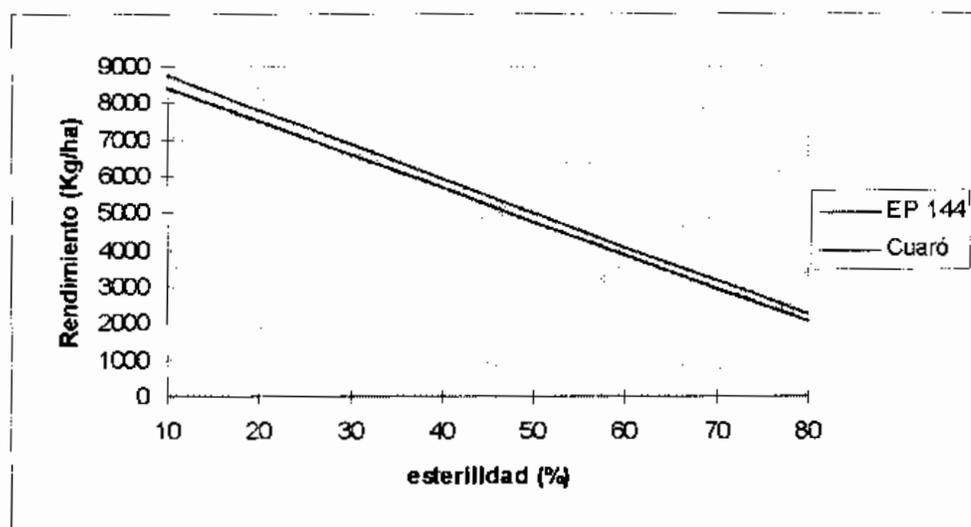
Figura N°38. Regresión entre rendimiento y granos totales por panícula de Cuaró, en siembras de octubre-noviembre.

El aumento en el número de granos totales/panícula determina disminuciones en el rendimiento, por lo tanto un mayor rendimiento se asocia a un menor número de granos por panícula pero más pesados.

Por otra parte el rendimiento se correlaciona negativamente con la esterilidad (-0.37), cuya ocurrencia se debe principalmente a las temperaturas (Cuadro N°56) y no a

causa de compensación entre componentes (correlación no significativa entre granos totales/panícula y esterilidad).

Con siembras tardías, la esterilidad es el componente de mayor asociación con el rendimiento (-0.86), debido a la escasa tolerancia a bajas temperaturas, siendo esto característico de genotipos índicas.



$$\text{EP 144: } y = 9323.59 - 90.89x$$

$$\text{Cuaró: } y = 9671.59 - 92.77x$$

Figura N°39. Regresiones entre rendimiento y esterilidad de Cuaró y El Paso 144, para el total de épocas de siembra.

Tanto en El Paso 144 como en Cuaró incrementos en la esterilidad determinan directas y similares reducciones en el rendimiento (aproximadamente 90 Kg/ha por cada unidad de incremento en la esterilidad).

En siembras de octubre-noviembre y cuando se incluyen las de diciembre el peso de grano se correlaciona positivamente con el rendimiento, sucediendo lo mismo con El Paso 144.

## **2. Incidencia de los factores climáticos considerando la totalidad de los períodos.**

Planteando el modelo de regresión múltiple, utilizando el método Stepwise, se estudia el efecto de la heliofanía y la temperatura media en todos los períodos, sobre el rendimiento y los componentes, para épocas de siembra normales (octubre-noviembre) y para el total de épocas (octubre-noviembre-diciembre).

### **a. Bluebelle.**

Cuando se incluyen las siembras tardías la incidencia climática se incrementa levemente (9%) en la determinación del rendimiento, llegando a explicar un 38% del mismo.

Cuadro N°59. Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en Bluebelle.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Panículas								0
Granos Tot								0
Esterilidad			/ 0,06		0,13 /			0,19
Peso	0,10 /	0,09 /	/ 0,06			0,20/		0,45
Rend	0,29/							0,29

prob F > 10%

R2 acum = coeficiente de determinación acumulado.

Tem = temperatura media.

He = heliofania media.

Cuadro N°60. Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en Bluebelle.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Panículas			/0.03					0,03
Granos Tot						/ 0.05		0,05
Esterilidad	/0.02				0.02 /		0.42 /	0,59
Peso			/0.03			0.18 /	0.04 /	0,25
Rend							0.34 / 0.04	0,38

En siembras normales, la única determinante de las variaciones en el rendimiento es la temperatura en el período de diferenciación de primordio. Sin embargo cuando se incluyen siembras tardías, es en la etapa de llenado de grano donde la incidencia de la temperatura resulta crítica.

En siembras normales el número de panículas y el de granos totales por panícula no son afectados por los factores climáticos. Solo con siembras tardías las horas de sol manifiestan cierta incidencia sobre ambos componentes.

Con respecto a la esterilidad, en siembras en época normal se explica por la temperatura en el estadio de microspora o formación del polen y floración.

En cambio con siembras tardías, la esterilidad se explica en mayor medida por los factores climáticos, principalmente por la temperatura durante el período de llenado de grano. Debido a la esterilidad obtenida en este período se explica que el mismo sea el más crítico en la determinación del rendimiento, ya que con siembras tardías existe una correlación significativa entre ambos componentes (Cuadro N°23).

Cuando se siembra en épocas normales el peso de grano es el componente del rendimiento más afectado por el clima, principalmente por la temperatura durante los diez días posteriores al comienzo de la floración. Con siembras tardías también este período resulta crítico en la influencia de la temperatura sobre el peso de los granos.

Por lo tanto este período resulta importante en el llenado de grano, determinando las variaciones en el peso de estos, lo que no incide mayormente en el rendimiento (Cuadro N°23).

Resumiendo, el clima afecta prácticamente en la misma proporción al rendimiento en siembras en época normal y cuando se incluyen siembras tardías, pero con principal incidencia sobre el peso de grano en las primeras y sobre la esterilidad en las segundas.

Cuando se incluyen las siembras de diciembre, se identifica un período crítico (llenado de grano) a la influencia climática.

#### b. El Paso 144.

En esta variedad tropical, la inclusión de las siembras tardías determina un incremento sustancial del 39 a 71% de la incidencia climática sobre el rendimiento.

Cuadro N°61. Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en El Paso 144.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Paniculas			0,13 /	0,08 /				<b>0,21</b>
Granos Tot				0,06 /		0,05 /		<b>0,11</b>
Esterilidad			0,26 /					<b>0,26</b>
Peso						0,05 /	0,13 / 0,07	<b>0,25</b>
Rend		0,17 /	0,05 /		/ 0,05	0,03 /		<b>0,39</b>

Cuadro N°62. Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en El Paso 144.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Paniculas				0,03		/ 0,06		<b>0,09</b>
Granos Tot	0,12 /							<b>0,12</b>
Esterilidad		0,01 /	/ 0,11		0,45 / 0,03		0,06 /	<b>0,68</b>
Peso							0,29 /	<b>0,29</b>
Rend		/ 0,01	/ 0,01	0,04	0,42 /	0,01 /	0,11 / 0,05	<b>0,71</b>

En siembras tempranas la temperatura incide mayormente sobre el rendimiento durante toda la etapa reproductiva (30 dPF).

A diferencia de Bluebelle la inclusión de siembras tardías determina un incremento sustancial de la incidencia climática sobre el rendimiento, principalmente a través del efecto de la temperatura en el período de 12+10 dDF.

Analizando las siembras en época normal se observa que el clima tiene mayor influencia en la determinación del número de paniculas/m<sup>2</sup>, siendo durante los 20 días previos a floración donde la temperatura presenta la mayor influencia, aunque este componente no es importante en la determinación del rendimiento (Cuadro N°29).

En cuanto al número de granos totales/panícula, en siembras normales es afectado por la temperatura durante diferenciación de primordio.

Cuando se incluyen las siembras tardías, la temperatura manifiesta la misma incidencia aunque en períodos posteriores.

La esterilidad es el único componente cuya dependencia climática varía sustancialmente en función de las épocas de siembra, para su determinación.

En siembras normales es notoria la incidencia de la temperatura en el período de 20dPF.

En cambio con siembras tardías el efecto de la temperatura es crítico durante los 12+10 dDF. Debido a la correlación entre esterilidad y rendimiento (Cuadro N°29) se explica la importancia de la temperatura en la determinación del rendimiento en este mismo período.

Sobre el componente peso de grano, la incidencia climática permanece incambiada cuando se incluyen o no épocas de siembra extremas.

El período más sensible (llenado de grano) tampoco varía en uno u otro caso, aunque si es diferente el factor climático que está afectando. Mientras que en siembras en época normal la temperatura en primer orden pero también la heliofanía explican el peso de grano, con siembras tardías exclusivamente la temperatura es determinante del mismo.

Concluyendo, la esterilidad es el componente que explica el sustancial incremento de la incidencia climática sobre el rendimiento con siembras tardías. La temperatura afecta principalmente en el período de 12+10 dDF, y es el principal factor en determinar la esterilidad por frío, debido a que durante este período ocurre la división meiótica y la floración.

A diferencia de los demás materiales poco tolerantes a bajas temperaturas, que son afectados principalmente durante los 10-30 dDF, El Paso 144 se afecta en el período de 12+10 dDF, donde el evento fisiológico afectado es diferente y la esterilidad inducida es de otra índole.

### **c. INIA Tacuarí.**

Esta variedad tiene un comportamiento inverso frente al clima, con respecto a las vistas anteriormente, debido a que se ve más afectada cuando se siembra en época normal. Igualmente el efecto climático no alcanza la magnitud que muestra en otras variedades, lo que independiza en mayor medida a Tacuarí de las condiciones climáticas.

Cuadro N°63. Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en Tacuarí.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Panículas			/ 0,06					<b>0,06</b>
Granos Tot	/ 0,10				0,09 /			<b>0,19</b>
Esterilidad		/ 0,05			0,05 /	/ 0,05	0,05 / 0,09	<b>0,43</b>
Peso	/ 0,05		/ 0,07					<b>0,12</b>
Rend	0,07 /	/ 0,04				0,24 /	/ 0,07	<b>0,42</b>

Cuadro N°64. Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en Tacuarí.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Panículas							/ 0,06	<b>0,06</b>
Granos Tot			/ 0,03		0,11 /			<b>0,16</b>
Esterilidad					/ 0,15		0,17 /	<b>0,33</b>
Peso					0,04 /		/ 0,05	<b>0,09</b>
Rend				0,04			0,16 / 0,04	<b>0,24</b>

En siembras en época normal, la temperatura es el principal factor climático que afecta el rendimiento, siendo durante la floración el período más sensible. Las horas de sol tienen importancia durante el llenado de grano.

Con siembras tardías, la temperatura durante el llenado de grano explica parte de las variaciones en el rendimiento.

Para todos los períodos de siembra, la incidencia del clima en la determinación del número de panículas/m<sup>2</sup> permanece baja, siendo este el componente del rendimiento menos afectado por el clima. Sin embargo en siembras en época normal, es el único que se correlaciona con el rendimiento (Cuadro N°35), determinando que adquieran importancia las medidas de manejo tendientes a incrementar el número de panículas/m<sup>2</sup>.

En siembras normales el número de granos totales por panícula es afectado principalmente por las horas de sol en el período de diferenciación de primordio, en cambio para todas las épocas de siembra la temperatura parece ser más importante en períodos posteriores.

INIA Tacuarí es la variedad cuya esterilidad depende en menor medida de los factores climáticos.

En siembras normales la temperatura y la heliofanía afectan en igual medida, pero en diferentes etapas, no destacándose un período crítico definido como sucede con las variedades ya vistas.

Con siembras tardías las horas de sol en el período de 12+10 dDF y la temperatura en 10-30 dDF, son determinantes de la esterilidad.

Con siembras tardías la temperatura y las horas de sol inciden por igual en el peso de grano, aunque la dependencia climática es menor que con siembras normales donde la heliofanía previo a floración explica en mayor medida este componente.

Resumiendo cuando se incluyen las siembras tardías Tacuari es la variedad menos dependiente del clima para concretar su rendimiento, principalmente porque no se incrementa la esterilidad debido a su característica tolerancia a bajas temperaturas. Sin embargo en siembras tempranas los factores climáticos inciden en mayor proporción sobre la esterilidad, debido a falta de asimilados para satisfacer el número potencial de fosas.

#### d. INIA Caraguatá.

Incluyendo o no siembras tardías el clima es responsable de la mitad del rendimiento, aunque con incidencia sobre distintos componentes en uno u otro caso, concretamente sobre peso de grano en siembras normales, y sobre esterilidad en el total de épocas de siembra.

Cuadro N°65. Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en Caraguatá.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Paniculas						0,08 /	/ 0,18	<b>0,26</b>
Granos Tot					/ 0,06		/ 0,10	<b>0,16</b>
Esterilidad		0,07 /					/ 0,06	<b>0,13</b>
Peso	/ 0,17					0,05 / 0,08		<b>0,3</b>
Rend		0,19/0,11	0,09 /			0,10 /		<b>0,49</b>

Cuadro N°66. Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en Caraguatá.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Paniculas							/ 0,07	<b>0,07</b>
Granos Tot					/ 0,03		/ 0,09	<b>0,12</b>
Esterilidad					0,11 / 0,03		0,53 / 0,03	<b>0,71</b>
Peso							0,12 / 0,06	<b>0,18</b>
Rend							0,47 / 0,04	<b>0,51</b>

En siembras de octubre y noviembre el rendimiento es afectado principalmente por la temperatura durante toda la etapa reproductiva y en la floración.

En cambio tomando todas las épocas de siembra, la temperatura es determinante durante llenado de grano (10-30 dDF).

En siembras normales el número de panículas/m<sup>2</sup> y el de granos totales/ panícula son más dependientes del clima.

Cuando se siembra en época normal, la temperatura durante la etapa reproductiva y las horas de sol durante el llenado de grano inciden sobre la esterilidad, aunque en escasa magnitud.

Con siembras tardías la esterilidad incrementa sustancialmente su dependencia del clima, principalmente de la temperatura en el período de 12+10 dDF, pero fundamentalmente durante el llenado de grano.

En siembras normales el efecto del clima sobre el peso de grano es mayor, principalmente de las horas de sol durante primordio y floración.

En cambio con siembras tardías, la temperatura durante los 10-30 dDF explica el peso de los granos.

Concluyendo, con siembras normales la etapa reproductiva es la más importante para determinar el rendimiento, en cambio con siembras tardías es el período de llenado de grano (10-30dDF), principalmente por la incidencia que tiene la temperatura en la determinación de la esterilidad y debido a la correlación de ésta con el rendimiento (Cuadro N°41).

Sobre esta variedad tipo japónica, la incidencia de la temperatura previo y durante floración tiene importancia en la determinación de la esterilidad. Esto ocurre con siembras tardías, demostrando la sensibilidad de Caraguatá a las bajas temperaturas en los períodos mencionados.

#### e. Línea experimental L 1130.

Al igual que Tacuarí, esta línea es más afectada por los factores climáticos en siembras normales, donde llegan a explicar el 68% del rendimiento.

Con siembras tardías el clima determina el 34% de las variaciones en el rendimiento y se identifica el período de 10-30 dDF como el más sensible, principalmente a la incidencia de la temperatura.

Cuadro N°67. Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en L 1130.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Paniculas			/ 0,13	0,11			0,21 / 0,08	<b>0,53</b>
Granos Tot							0,26 /	<b>0,26</b>
Esterilidad			/ 0,28					<b>0,28</b>
Peso		0,21 /						<b>0,21</b>
Rend	/ 0,34					/ 0,09	0,25 /	<b>0,68</b>

Cuadro N°68. Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en L 1130.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Panículas					0,13 /			<b>0,13</b>
Granos Tot		/ 0,04		0,08			0,11 / 0,06	<b>0,3</b>
Esterilidad		/ 0,04	0,02 /		0,04 / 0,18	0,03 /	0,38 /	<b>0,73</b>
Peso							0,25 /	<b>0,25</b>
Rend					/ 0,08		0,26 /	<b>0,34</b>

Con siembras de octubre y noviembre las horas de sol durante primordio y floración, al igual que la temperatura durante llenado de grano, son determinantes del rendimiento.

Al incluir las siembras tardías, el rendimiento se explica por las horas de sol previo y durante floración, pero fundamentalmente por la temperatura durante llenado de grano.

En siembras normales las panículas/m<sup>2</sup> son el componente más afectado por los factores climáticos, destacandose la incidencia de las horas de sol y de la temperatura en los períodos previos a floración.

En cambio con siembras tardías son el componente del rendimiento menos afectado por el clima.

En siembras de octubre-noviembre y cuando se incluyen las de diciembre la incidencia climática tiene igual magnitud en la determinación del número de granos totales/ panícula, siendo la temperatura la variable climática de mayor importancia.

Cuando se siembra en época normal, las horas de sol ocurridas en los 20 días previos a floración son la única variable climática responsable de la esterilidad.

Con siembras tardías la incidencia climática sobre la esterilidad se incrementa sustancialmente, en particular por efecto de las horas de sol alrededor de la floración y de la temperatura durante el llenado de grano.

Según las épocas de siembra es diferente la etapa fenológica donde la temperatura afecta el peso de grano. Con siembras tempranas durante la etapa reproductiva y con tardías durante llenado de grano, en igual magnitud se manifiesta su incidencia.

Resumiendo, con siembras normales los factores climáticos determinan en gran medida el rendimiento. Por otra parte con siembras tardías la temperatura durante el período de llenado de grano (10-30dDF) incide en la determinación de la esterilidad y el rendimiento debido a la correlación existente entre ambos (Cuadro N°46).

### f. Línea experimental L 1119.

Este es el material más afectado por los factores climáticos, para todas las épocas de siembra, ya que explican entre el 84 y 91% del rendimiento.

Cuadro N°69. Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en L 1119.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	acum
Panículas	0,38 /	/ 0,21						<b>0,59</b>
Granos Tot	0,23 /			0,3		/ 0,11		<b>0,64</b>
Esterilidad			/ 0,06			0,14 /	0,32 /	<b>0,67</b>
Peso	/ 0,13						/ 0,46	<b>0,59</b>
Rend	0,06 / 0,22		0,61 /		0,03 /			<b>0,91</b>

Cuadro N°70. Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en L 1119.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	acum
Panículas							/ 0,14	<b>0,14</b>
Granos Tot	0,12 / 0,08						0,09 /	<b>0,36</b>
Esterilidad					/ 0,18		0,58 / 0,03	<b>0,79</b>
Peso				0,08				<b>0,08</b>
Rend	0,09 / 0,02	/ 0,02			/ 0,15	/ 0,05	0,45 /	<b>0,84</b>

En siembras normales en los períodos previos a floración la incidencia climática es de primer orden en la determinación del rendimiento, concretamente la heliofania durante diferenciación de primordio y fundamentalmente la temperatura en los 20 días previos a floración.

Con siembras tardías su comportamiento es diferente, ya que es en los períodos posteriores a la floración donde la incidencia climática se relaciona con el rendimiento, en particular con la temperatura durante llenado de grano y con la heliofania en los 12+10 dDF.

Sembrando en época normal el número de panículas/m<sup>2</sup> se relaciona en gran medida con la temperatura durante diferenciación de primordio y con las horas de sol durante toda la etapa reproductiva.

Con siembras tardías la incidencia climática sobre este componente es significativamente menor.

En siembras normales las variaciones en el número de granos totales/ panícula se deben en gran medida a los factores climáticos, principalmente a la temperatura durante diferenciación de primordio y durante los 12 días previos a la floración. Con siembras tardías, durante la diferenciación del primordio las horas de sol y la temperatura son determinantes de los granos totales/panícula.

Tanto en épocas normales como cuando se incluyen las tardías, la esterilidad esta afectada en gran medida por los factores climáticos, principalmente por la temperatura.

En siembras normales la esterilidad se debe a la temperatura en floración y en llenado de grano.

Con siembras de diciembre incluidas la temperatura afecta en gran medida durante llenado de grano y las horas de sol con menor importancia inciden en el periodo de 12+10 dDF.

En siembras de octubre y noviembre el efecto climático sobre el peso de los granos es sustancialmente mayor que con siembras tardías, siendo las horas de sol durante llenado de grano preponderantes en su determinación.

Con siembras tardías el peso de grano está afectado por la temperatura, en los 12 días previos a floración, donde se determina el tamaño de los granos.

Concluyendo, los periodos de diferenciación de primordio y llenado de grano, en todas las épocas de siembra, resultaron particularmente sensibles para la construcción del rendimiento, debido a que la mayor parte de los componentes son afectados por los factores climáticos en estas etapas fenológicas.

Con siembras tardías incluidas, en L 1119 es más notoria que en otros materiales japónicas la asociación de la heliofania con la esterilidad y el rendimiento en el periodo de 12+10 dDF. A su vez también es muy importante la asociación de la temperatura con la esterilidad y el rendimiento en el periodo de llenado de grano.

Debido a la correlación entre rendimiento y esterilidad (Cuadro N°52) y a las asociaciones antes mencionadas, la actividad fotosintética y la translocación de fotosintatos hacia la panícula podrian resultar limitantes para satisfacer las fosas y por lo tanto inducir un alto número de granos vacíos.

#### g. INIA Cuaró.

En siembras normales el rendimiento es poco afectado por los factores climáticos, en cambio con siembras tardías llegan a determinar las tres cuartas partes del mismo.

Cuadro N°71. Coeficientes de determinación (%) para siembras de octubre y noviembre, en Cuaró.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Paniculas			/ 0,11		0,06 / 0,29		0,30 /	<b>0.76</b>
Granos Tot		/ 0,48						<b>0.48</b>
Esterilidad					0,08 / 0,38	0,08 / 0,06		<b>0.77</b>
Peso		/ 0,80						<b>0.8</b>
Rend		0,30 /						<b>0.3</b>

Cuadro N°72. Coeficientes de determinación (%) para el total de épocas de siembra, en Cuaró.

	30-15 dPF	30 dPF	20 dPF	12 dPF	12+10 dDF	10 dDF	10-30 dDF	R2
	Tem / He	Tem /He	Tem /He	Tem	Tem /He	Tem /He	Tem /He	Acum
Paniculas		0.23 /		0,29				<b>0,52</b>
Granos Tot		/ 0.31						<b>0,31</b>
Esterilidad					/ 0.09		0.57 /	<b>0,66</b>
Peso		/ 0.21					0.11/ 0.07	<b>0,4</b>
Rend			0.05 /		0.03 /	/ 0.06	0.61 /	<b>0,75</b>

En siembras normales la temperatura durante la etapa reproductiva es determinante del rendimiento.

Con siembras de diciembre incluidas el efecto climático sobre el rendimiento es mayor que en siembras normales, y se concentra fundamentalmente en el período de llenado de grano, donde la temperatura es notoriamente influyente.

Todos los componentes del rendimiento son más sensibles a la incidencia climática en siembras normales. En éstas el número de panículas/m<sup>2</sup> obtenidas depende de la temperatura y de las horas de sol, en cambio con siembras tardías exclusivamente las temperaturas previas a floración (30 y 12 días) son determinantes de las mismas.

Para ambos períodos de siembra, las horas de sol durante la etapa reproductiva explican parte importante del total de granos obtenidos.

En siembras normales el principal factor climático causante de esterilidad es la heliofanía en el período de 12+10 dDF.

Por su parte con siembras extremas la temperatura durante llenado de grano es el factor más importante. Esto difiere sustancialmente de lo que ocurre con la otra variedad tipo índica (El Paso 144), donde el período de 12+10 dDF es particularmente sensible a la incidencia de la temperatura para la determinación de la esterilidad.

El peso de grano en siembras normales tiene muy alta dependencia de las horas de sol ocurridas en la etapa reproductiva, posiblemente porque la acumulación de reservas en vainas y hojas serían importantes durante el período de llenado de grano donde se translocarían hacia la panícula.

Con siembras tardías, aunque en menor magnitud se repite este efecto, al que se le suma la incidencia de la temperatura y la heliofanía durante el período de llenado de grano.

Concluyendo, para el total de épocas de siembra el período de llenado de grano resultó el más sensible a la incidencia de la temperatura para la determinación de la esterilidad y del rendimiento, este comportamiento se asemeja más al de las variedades tipo japónicas analizadas en este trabajo y difiere del de su par índica (El Paso 144).

Sin embargo como se demostró en el análisis de incidencia de factores climáticos por período (pag 109), Cuaró resultó susceptible a la incidencia de temperaturas posibles de causar esterilidad de flores en los períodos previos a floración (Cuadro N°56 y Figura N°35). Por lo tanto para tener un conocimiento más preciso del comportamiento de INIA Cuaró es conveniente realizar nuevas evaluaciones de este tipo.

#### D. VIAS DE CONSTRUCCION DE RENDIMIENTO POR VARIEDAD.

Utilizando el modelo de regresión múltiple, por el método Stepwise se identifican las principales estrategias que tienen los diversos cultivares para la construcción del rendimiento.

Se estudio además la incidencia que las siembras tardías (diciembre) tienen sobre los componentes, que determinan el rendimiento.

##### 1. Bluebelle.

Cuando se incluyen las siembras de diciembre los componentes explican en mayor medida las variaciones en el rendimiento, principalmente a través de la importancia que adquiere la esterilidad.

Cuadro N°73. Coeficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en Bluebelle.

	Panículas/m <sup>2</sup>	Granos/pan	%Est	Peso grano	R2 acum.
Rendimiento 1	0.19	n.s	n.s	n.s	<b>0.19</b>
Rendimiento 2	0.07	0.04	0.45	n.s	<b>0.56</b>

Rendimiento 1 = época de siembra en octubre-noviembre. Rendimiento 2 = época de siembra en octubre-noviembre-diciembre. R2 acum= coeficiente de determinación acumulado.

pan = panículas, est = esterilidad. n.s = P>0.10.

Cuadro N°74. Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en Bluebelle.

Regresión 1.	$y = 3958.294 + 5.583 (\text{pan}/\text{m}^2)$
Regresión 2.	$y = 3337.007 + 5.917 (\text{pan}/\text{m}^2) + 17.170 (\text{gran}/\text{pan}) - 74.922 (\% \text{est})$

Regresión 1 = regresión para fechas de siembra de octubre y noviembre.

Regresión 2 = regresión para fechas de siembra de octubre-noviembre y diciembre.

En siembras normales el único componente que explica las variaciones en el rendimiento es el número de panículas/m<sup>2</sup>.

Por cada panícula/m<sup>2</sup> de incremento, el rendimiento aumenta 5.6 Kg/ha. Como se demostró anteriormente (Cuadro N°59) las panículas/m<sup>2</sup> no se ven afectadas por los factores climáticos, por lo tanto con medidas de manejo como densidad de siembra y fertilización nitrogenada, se deben de lograr las panículas que maximizen el rendimiento.

Con siembras tardías la esterilidad es el componente de mayor asociación con el rendimiento. La temperatura durante floración tiene un pequeño efecto sobre la misma, demostrando que esta no es una variedad muy afectada por el frío en la etapa

reproductiva. En su mayor proporción la esterilidad esta explicada por la temperatura media durante llenado de grano (Cuadro N°60).

Por tal motivo se debería manejar la fecha de siembra para determinar que este período no transcurriera más allá de marzo, como se demostró anteriormente.

## 2. El Paso 144.

En esta variedad la esterilidad juega un rol preponderante en la determinación del rendimiento en cualquier período de siembra, aunque como es esperable en el caso de incluir las siembras tardías su incidencia es casi absoluta.

Cuadro N°75. Coeficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en El Paso 144.

	Paniculas/m2	Granos/pan	%Est	Peso grano	R2 acum.
Rendimiento 1	n.s	n.s	0.19	0.10	<b>0.29</b>
Rendimiento 2	0.02	n.s	0.61	n.s	<b>0.63</b>

Cuadro N°76. Regresiones múltiples entre rendimiento y componentes, para fechas de siembra, en El Paso 144.

Regresión 1.	$y = 1212.945 - 51.647 (\%est) + 289.835 (\text{peso de grano})$
Regresión 2.	$y = 8067.305 + 2.357 (\text{pan/m}^2) - 93.132 (\%est)$

El número de panículas/m2 normalmente no se constituye en una limitante para la expresión del rendimiento, debido a que esta variedad es muy macolladora con lo cual construye un número de tallos promedialmente mayor, característico de los genotipos indicas.

En siembras normales la temperatura en los 20 días previos a floración inciden de forma importante sobre la esterilidad, demostrando la alta susceptibilidad al frío que tiene esta variedad de origen tropical.

Por otra parte, solo para esta variedad resultó muy importante el peso de los granos, lo cual indicaría que también en El Paso 144 adquieren importancia las condiciones climáticas, principalmente de temperatura durante llenado de grano.

Por cada gramo de aumento en mil granos, el rendimiento se incrementa en 290 Kg/ha, aunque como se demuestra en este trabajo (Cuadro N°92), el peso de grano es el componente menos variable del rendimiento, lo cual es ampliamente respaldado por la bibliografía (Yoshida, 1981; Murata, 1976, citado por Blanco, 1991).

Con siembras tardías se incrementa la incidencia de la esterilidad, la cual se debe principalmente a la ocurrencia de bajas temperaturas en el período de 12+10 dDF, que también afectan el rendimiento, demostrando la sensibilidad que esta variedad tiene a las bajas temperaturas próximo y durante floración.

Los restantes componentes tienen escasa incidencia sobre el rendimiento, por lo tanto para la expresión de un alto rendimiento son muy importantes las medidas de manejo (época de siembra) tendientes a no incrementar un problema de por sí grave

en este material, como lo es la alta esterilidad causada por bajas temperaturas durante la etapa reproductiva.

### 3. INIA Tacuarí.

Para esta variedad incluir las siembras extremas no significa incrementar en gran medida la incidencia de los componentes sobre el rendimiento, como ocurre en el resto de los materiales, debido a la escasa importancia que la esterilidad tiene sobre el rendimiento final.

Cuadro N°77. Coeficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en Tacuarí.

	Panículas/m2	Granos/pan	%Est	Peso grano	R2 acum.
Rendimiento 1	0.23	n.s	n.s	n.s	<b>0.23</b>
Rendimiento 2	0.05	0.03	0.19	0.08	<b>0.35</b>

Cuadro N°78. Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en Tacuarí.

Regresión 1.	$y = 4918.612 + 5.794 (\text{pan}/\text{m}^2)$
Regresión 2.	$y = 11688.96 + 4.726(\text{pan}/\text{m}^2) + 11.615(\text{gran}/\text{pan}) - 56.0 (\% \text{est}) - 326.642 (\text{peso grano})$

INIA Tacuarí presenta panículas de gran tamaño, con muchos granos; siendo esta característica no responsable de las variaciones en el rendimiento en siembras tempranas, en cambio las panículas/m2 son la principal determinante del rendimiento. Estas son poco afectadas por los factores climáticos, ya que tan solo la heliofanía en escasa magnitud incide durante los 20 dPF (Cuadro N°63), por lo tanto a través de medidas de manejo se debe incrementar el número de panículas/m2 .

Con siembras tardías hay una importante compensación de los componentes del rendimiento, siendo aquellos que determinan un alto número de granos/ m2 los que contribuyen a incrementarlo, lo cual determina que el peso de grano se asocie negativamente con el rendimiento, al igual que la esterilidad (Cuadro N°35).

Sobre ésta última afectan las horas de sol en floración y la temperatura durante llenado de grano, no así las temperaturas en la etapa reproductiva, lo que estaría indicando un tipo de esterilidad debida a falta de llenado por escasez de asimilados.

Por lo tanto se puede afirmar, que si Tacuarí define un número potencial de fosas elevado, depende del clima durante el período de llenado de grano para poder concretarlas, ya que las bajas temperaturas ocurridas en esta etapa afectan la actividad fotosintética y el flujo de carbohidratos hacia la panícula, limitando la disponibilidad de estos para el llenado de los granos.

### 4. INIA Caraguatá.

En siembras normales, de todas las variedades vistas hasta el momento, es en ésta donde el número de panículas/m2 explica en mayor medida las variaciones en el rendimiento.

Cuadro N°79. Coeficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en Caraguatá.

	Paniculas/m2	Granos/pan	%Est	Peso grano	R2 acum.
Rendimiento 1	0.53	n.s	n.s	n.s	<b>0.53</b>
Rendimiento 2	0.17	n.s	0.58	n.s	<b>0.75</b>

Cuadro N°80. Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en Caraguatá.

Regresión 1.	$y = 3705.551 + 7.077 (\text{pan}/\text{m}^2)$
Regresión 2.	$y = 4975.201 + 6.658 (\text{pan}/\text{m}^2) - 86.456 (\% \text{est})$

En siembras de octubre y noviembre por cada panícula/m2 de incremento, el rendimiento aumenta 7 Kg/ha.

El total de panículas/m2 logradas depende principalmente de medidas de manejo y no de factores climáticos (Cuadro N°65).

Su arquitectura de planta moderna y su lenta tasa de crecimiento inicial hacen que responda bien a una adecuada preparación de la sementera, buen control de malezas, densidad de siembra y fertilización nitrogenada; todas medidas que contribuyen a lograr un alto número de panículas/m2, apropiado para maximizar el rendimiento, como ya se demostró en el estudio de correlaciones entre rendimiento y componentes (pag 95).

Con siembras tardías las panículas/m2 mantienen importancia, pero es la esterilidad el componente de mayor asociación con el rendimiento.

La temperatura explica prácticamente la totalidad de la esterilidad, en dos momentos diferentes del ciclo del cultivo (Cuadro N°66). Uno (en mayor medida) durante llenado de grano, lo cual determina un tipo de esterilidad causada por granos vacíos o semi-llenos debido a escasez de carbohidratos; y otro durante el período de 12+10 dDF lo cual determina esterilidad de flores asociada a bajas temperaturas, a las cuales resulta sensible Caraguatá.

Contrariamente a lo que sucede con los demás materiales tipo japónica, las horas de sol durante los 12+10 dDF no influyen sobre el rendimiento, a pesar de tener una leve incidencia sobre la esterilidad, lo cual se debería a su arquitectura de planta moderna, semi-enana, de hojas cortas y erectas, que permite un buen aprovechamiento de la luz en diferentes estratos de la planta.

Debido a las características mencionadas sobre esta variedad, no son recomendables los atrasos en la época de siembra, debido a su escasa tolerancia a bajas temperaturas durante la etapa reproductiva y de llenado de grano. Por este motivo, ésta es una variedad que se adapta bien a las siembras en el Centro-Norte y Norte del país, donde los promedios de temperatura son más elevados que en la zona Este y la ocurrencia de temperaturas posibles de causar esterilidad de flores son improbables durante los meses que se da la floración (Figura N°1).

## 5. Línea experimental L 1130.

Esta es la excepción entre los materiales tipo japónica, ya que en siembras normales las panículas/m<sup>2</sup> no son importantes en la determinación del rendimiento. Por el contrario el número de granos llenos/panícula parece ser de capital importancia en su concreción, ya que tanto número de granos totales/panícula como el porcentaje de esterilidad son los componentes que explican las variaciones en el rendimiento.

Cuadro N°81. Coeficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en L 1130.

	Panículas/m <sup>2</sup>	Granos/pan	%Est	Peso grano	R2 acum.
Rendimiento 1	n.s	0.2	0.16	n.s	<b>0.36</b>
Rendimiento 2	0.02	0.05	0.67	n.s	<b>0.74</b>

Cuadro N°82. Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en L 1130.

Regresión 1.	$y = 5366.646 + 34.476 (\text{gran/pan}) - 74.444 (\% \text{est})$
Regresión 2.	$y = 4813.66 + 3.59 (\text{pan/m}^2) + 27.32 (\text{gran/pan}) - 101.187 (\% \text{est})$

En siembras normales la esterilidad obtenida se debe a las horas de sol en los 20 días previos a la floración y no a la ocurrencia de bajas temperaturas posibles de causar esterilidad de flores (Cuadro N°67).

Por otra parte el número de granos totales/panícula no está afectado mayormente por el clima, por lo tanto con medidas de manejo como fertilización nitrogenada a primordio se debería incrementar el número potencial de espiguillas, sin que esto determine mayor esterilidad, ya que ambos componentes no se correlacionan (Cuadro N°46).

Con siembras tardías hay un sustancial incremento de la esterilidad, principalmente debido a la incidencia climática, en particular de la temperatura durante llenado de grano y de la heliofanía en el periodo de 12+10 dDF (Cuadro N°68). En estos mismos momentos ambos factores climáticos se asocian con el rendimiento, corroborando así la significativa correlación entre rendimiento y esterilidad (Cuadro N°46).

En función de los estadios fenológicos donde los factores climáticos inciden en la determinación de la esterilidad, esta sería ocasionada principalmente por limitado suministro de carbohidratos para satisfacer las fosas, aunque previo a floración L 1130 se mostró levemente sensible a las bajas temperaturas posibles de causar esterilidad de flores (Cuadros N°44 y 68).

Este material es el que más rendimiento pierde por cada unidad de incremento en la esterilidad (101 Kg/ha), corroborando lo previamente mencionado de que en siembras tardías el número de granos llenos por panícula es el principal componente en la determinación de las variaciones en el rendimiento.

## 6. Línea experimental L 1119.

Para ambos períodos de siembra el rendimiento de esta línea depende prácticamente en su totalidad (más del 80%) de la incidencia climática (Cuadro N°69 y 70).

Cuadro N°83. Coeficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en L 1119.

	Panículas/m <sup>2</sup>	Granos/pan	%Est	Peso grano	R <sup>2</sup> acum.
Rendimiento 1	0.33	n.s	n.s	n.s	<b>0.33</b>
Rendimiento 2	n.s	0.03	0.78	n.s	<b>0.81</b>

Cuadro N°84. Regresiones múltiples entre rendimiento (Kg/ha) y componentes, para fechas de siembra, en L 1119.

Regresión 1.	$y = 11690.7 - 7.589 (\text{pan}/\text{m}^2)$
Regresión 2.	$y = 7134.5 + 22.074 (\text{gran}/\text{pan}) - 98.401 (\% \text{est})$

En siembras normales el número de panículas/m<sup>2</sup>, al igual que para los demás materiales tipo japónica (excepto L 1130), es el principal componente en explicar las variaciones en el rendimiento, aunque de manera contraria ya que por cada panícula adicional por metro cuadrado el rendimiento disminuye 7.6 Kg/ha. Esta correlación negativa ya fue demostrada en este trabajo (Figura N°31).

El número de panículas/m<sup>2</sup> depende en mayor medida de la incidencia de los factores climáticos, tanto la temperatura durante diferenciación de primordio como las horas de sol durante toda la etapa reproductiva son muy importantes en su determinación, por lo tanto la época de siembra juega un importante papel sobre el rendimiento, a través del total de panículas logradas por metro cuadrado.

Con siembras tardías la esterilidad es el principal componente en determinar el rendimiento.

La esterilidad en este material se debe casi exclusivamente a los factores climáticos, en particular a las horas de sol en los 12+10 dDF y fundamentalmente a la temperatura durante llenado de grano, por lo tanto ésta esterilidad se debería principalmente a la incidencia de las bajas temperaturas que afectarían la actividad fotosintética y la traslocación de fotosintatos hacia la panícula, limitando la disponibilidad de carbohidratos para el llenado de los granos.

Por otra parte en el análisis de la incidencia climática por período se encontró alta asociación de la esterilidad con la temperatura en períodos donde el frío puede ocasionar esterilidad de flores (Cuadro N°50), por lo que para sacar conclusiones definitivas sobre el estadio fenológico donde se determina en mayor medida la esterilidad, sería necesario contar con más años de evaluación.

En ensayos de la Red Nacional de Evaluación de Cultivares, en la localidad de Yacaré, Artigas, L 1119 registró altos rendimientos, situándose solamente por debajo

de El Paso 144 y Caraguatá, posiblemente debido a su gran dependencia a la temperatura durante la etapa de llenado de grano. Esto determinaría que ante atrasos en la época de siembra, este material se adaptara más a siembras en la región Norte del país.

### 7. INIA Cuaró.

En esta variedad, incluir las siembras tardías determina que el rendimiento se deba en mayor medida a los factores climáticos (Cuadro N°72), a través de la incidencia que estos tienen sobre la determinación de la esterilidad, principal componente en explicar las variaciones en el rendimiento.

Cuadro N°85. Coeficientes de determinación (%) entre rendimiento y componentes, en Cuaró.

	Panículas/m <sup>2</sup>	Granos/pan	%Est	Peso grano	R2 acum.
Rendimiento 1	n.s	0.19	n.s	n.s	<b>0.19</b>
Rendimiento 2	n.s	n.s	0.74	n.s	<b>0.74</b>

Cuadro N°86. Regresiones múltiples entre rendimiento y componentes, para fechas de siembra, en Cuaró.

Regresión 1.	$y = 9900.409 - 20.439 (\text{gran/pan})$
Regresión 2.	$y = 9671.597 - 92.768 (\% \text{est})$

En siembras normales, las horas de sol durante el período reproductivo son muy importantes en la determinación del total de granos obtenidos por panícula, único componente que determina variaciones en el rendimiento, concretamente por cada grano adicional por panícula el rendimiento disminuye 20 Kg/ha.

Con siembras tardías, exclusivamente la esterilidad explica tres cuartas partes de las variaciones en el rendimiento. En gran medida la esterilidad se determina por factores climáticos, particularmente por la temperatura durante floración y llenado de grano (Cuadros N°56 y 72).

Contrariamente a lo esperado en tal sentido, las temperaturas durante llenado de grano resultaron más importantes en la determinación de la esterilidad que en periodos previos a floración (Cuadro N°72), donde los genotipos índicas se muestran muy susceptibles. Se debe tener en cuenta que dos de los tres años de evaluación de esta variedad tuvieron promedios de temperaturas superiores a la serie histórica, no habiéndose presentado problemas por daños de frío, como se detalla en la caracterización climática de todas las zafras evaluadas (pag 57).

### E. ANALISIS DE ESTABILIDAD PRODUCTIVA.

Se realizó un análisis de estabilidad productiva, utilizando el método de Eberhart y Russell (1963), para ver el comportamiento individual de los cultivares con relación al promedio.

Se incluyeron datos de ensayos de las tres últimas zafras, desde 1994/95 hasta 1996/97 y se realizó un doble estudio incluyendo o no las siembras de diciembre.

Como los ensayos fueron realizados en la misma localidad (Paso de la Laguna, Treinta y Tres), las diferencias ambientales se deben a la época de siembra de cada ensayo.

En este análisis se obtuvo un rango de rendimiento de 10408 a 3544 Kg/ha, lo que significó un rango de 1495 a -1978 para el índice ambiental (IA), cuando se consideraron las fechas de siembra de octubre-noviembre.

Con la inclusión de las siembras de diciembre se amplió el rango de rendimientos, al obtenerse mínimos más bajos, debido a menores niveles de horas de sol e incidencia de bajas temperaturas en etapas reproductiva y de llenado

Esto significó un rango de 3005 a -5702 para el índice ambiental, cuando se consideraron todas las fechas de siembra.

### 1. Análisis de estabilidad productiva para siembras de octubre y noviembre.

Por definición una variedad estable es aquella que tiene un coeficiente de regresión igual o cercano a uno. Cuando una variedad cumple con este requisito, demuestra un comportamiento promedio tanto en ambientes poco productivos ( $IA < 0$ ), como en aquellos ambientes altamente productivos ( $IA > 0$ ).

Cuadro N°87. Análisis de estabilidad para siembras de octubre-noviembre.

Variedad	Media (Kg/ha)	Des Estándar (Kg/ha)	C.V (%)	R <sup>2</sup>	b	Error coef b
Bluebelle	6703	555	8,28	0,88	1,33	0,1271
EP 144	8316	694	8,35	0,67	0,88 ns	0,1591
Tacuari	8350	740	8,86	0,75	1,13 ns	0,1696
Caraguata	7440	698	9,38	0,73	1,01 ns	0,16
L 1130	7989	583	7,29	0,82	1,09 ns	0,1335
L 1119	7921	580	7,32	0,83	1,13 ns	0,1329
Cuaró	7911	570	7,21	0,43	0,44	0,1307

Los coeficientes de regresión (b) significativamente diferentes de  $b=1$ , se hallaron a través de la distribución acumulativa  $t^2$  con una probabilidad de 0.975.

Cuadro N°88. Regresiones de rendimiento con el índice ambiental para siembras de octubre-noviembre.

Variedad	Prob>F	Intercepto	b
Bluebelle	0,0001	6702,2958	1,328585
EP 144	0,0001	8316,0426	0,879376
Tacuari	0,0001	8349,9545	1,128897
Caraguata	0,0001	7439,7015	1,01235
L 1130	0,0001	7988,4989	1,086459
L 1119	0,0001	7920,3666	1,128038
Cuaró	0,0045	7911,14	0,436771

Número total de observaciones por variedad:  $n=17$ .

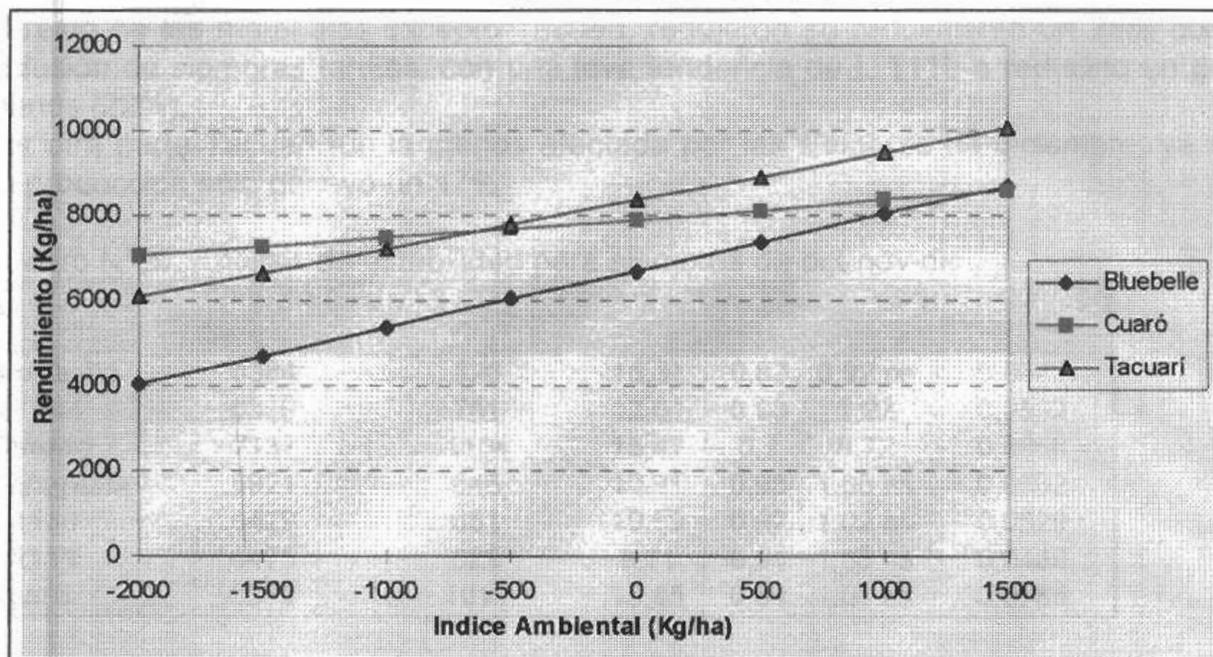


Figura N°40. Análisis de estabilidad productiva para ensayos de épocas de siembras (oct-nov).

Bajo estas condiciones, Bluebelle demostró sensibilidad creciente a los cambios ambientales ( $b > 1$ ); y mayor adaptación a condiciones de alta producción, aunque su media es más baja.

Por su parte Cuaró demuestra mayor resistencia a cambios ambientales ( $b < 1$ ) y adaptación creciente a condiciones de baja producción, aunque en ésta variedad el índice ambiental determina en menor medida el rendimiento ( $R^2 = 0.43$ ) con respecto a las otras variedades donde explica más del 70 %.

El resto de los materiales se mostraron estables, al no tener ninguno un coeficiente de regresión ( $b$ ) significativamente distinto de  $b = 1$ .

Las medias de producción para estas épocas de siembra resultaron superiores a las logradas con siembras tardías.

Para siembras normales las diferencias productivas entre la de menor rendimiento (Bluebelle) y la de mayor (El Paso 144) fue de un 25%.

A su vez el rendimiento de todas las variedades fue menos variable (menor C.V.).

## **2. Análisis de estabilidad productiva para el total de épocas de siembra.**

Con siembras tardías incluidas, Bluebelle se mantuvo como la menos productiva, rindiendo un 33% menos que Tacuarí, la más productiva.

Las diferencias porcentuales con los demás materiales se mantuvieron constantes, excepto con El Paso 144, cuyo rendimiento promedio se redujo drásticamente, siendo la variedad que más notoriamente resintió el rendimiento (31%), con la inclusión de siembras de diciembre.

El resto de los materiales excepto Tacuarí, redujeron su rendimiento un 25% con la inclusión de siembras tardías, con una leve tendencia de L 1119 a reducirlo un poco menos (22%).

Por otra parte Tacuarí fue la menos afectada por las siembras de diciembre, ya que su producción solo decayó un 17%.

Cuadro N°89. Análisis de estabilidad para siembras de oct-nov-dic.

Variedad	Media (Kg/ha)	Des Estándar (Kg/ha)	C.V (%)	R <sup>2</sup>	b	Error coef b
Bluebelle	5384	826	15,34	0,87	0.92 ns	0,0642
EP 144	6339	761	12,01	0,93	1,22	0,0592
Tacuarí	7137	1104	15,47	0,7	0,72	0,0858
Caraguatá	5921	646	10,91	0,93	1.06 ns	0,0502
L 1130	6429	681	10,59	0,92	1.02 ns	0,0529
L 1119	6475	629	9,71	0,94	1.05 ns	0,0489
Cuaró	6376	1011	15,85	0,84	1.01 ns	0,0785

La inclusión de las siembras tardías determina mayor variabilidad en los rendimientos de todas las variedades (mayores C.V.), debido a que se incrementa la determinación (R<sup>2</sup>) que el índice ambiental tiene sobre el rendimiento de cada una de las variedades, excepto de Tacuarí.

Cuadro N°90. Regresiones de rendimiento con el índice ambiental para el total de épocas de siembra

Variedad	Prob>F	Intercepto	b
Bluebelle	0,0001	5383,9668	0,924499
EP 144	0,0001	6338,557	1,218116
Tacuarí	0,0001	7136,2819	0,724852
Caraguatá	0,0001	5921,0702	1,056873
L 1130	0,0001	6428,4174	1,018903
L 1119	0,0001	6474,5275	1,049359
Cuaró	0,0001	6375,2397	1,007372

Número de observaciones por variedad: n= 33.

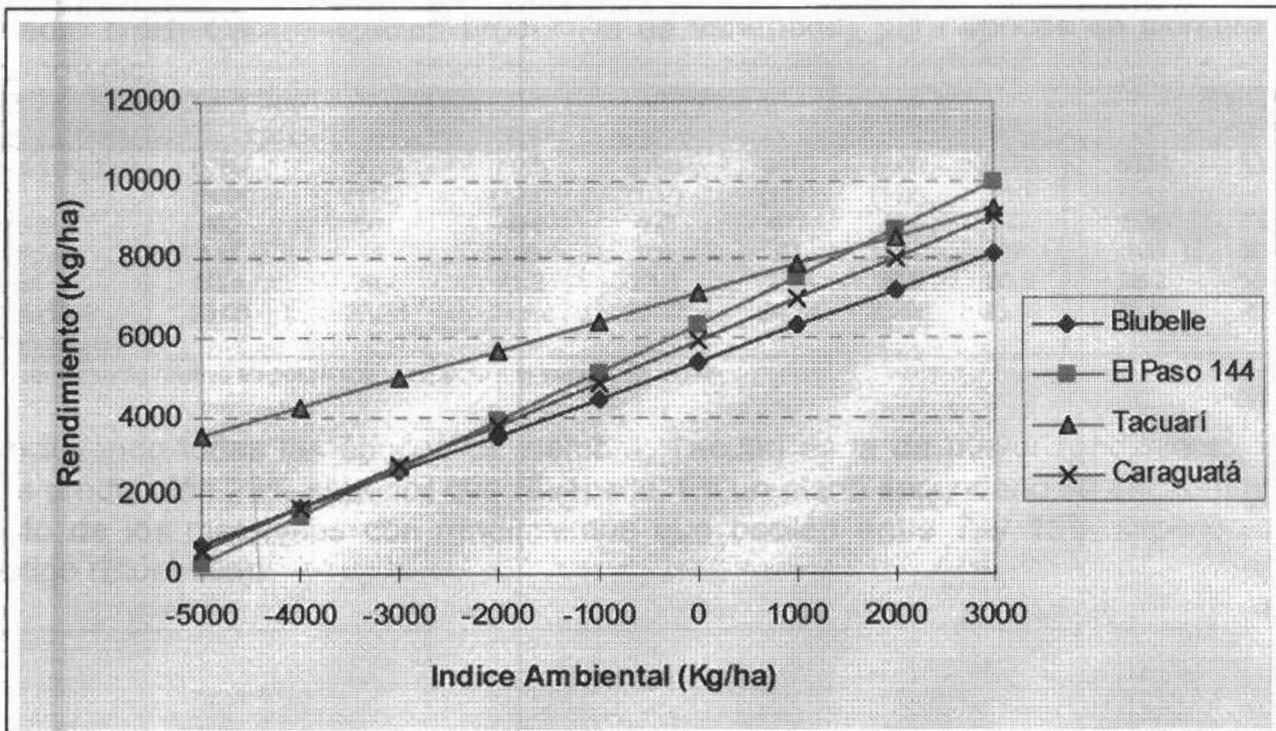


Figura N°41. Análisis de estabilidad productiva en ensayos de época de siembra (oct-nov-dic).

El Paso 144 como ya se mencionó se presenta como muy inestable, teniendo un coeficiente angular  $b > 1$ , demostrando su alta respuesta a la mejora en el ambiente (época de siembra) y su baja adaptación a condiciones ambientales desfavorables como siembras tardías que determinan mayores probabilidades de alcanzar temperaturas posibles de causar esterilidad de flores en esta variedad tropical susceptible a bajas temperaturas en la etapa reproductiva.

Contrariamente Tacuarí presenta un coeficiente angular  $b < 1$ , demostrando su adaptación a peores condiciones ambientales (siembras tardías).

Por tal motivo Tacuarí se ve poco afectada por bajas temperaturas, no solo por presentar un ciclo más corto que determina escape a los períodos más fríos, si no a la tolerancia intrínseca de esta variedad.

Además Tacuarí es la variedad de mayor rendimiento promedio, esto si bien puede resultar obvio, muchas veces es pasado por alto, prestando mayor atención a otros parámetros quizás menos importantes como lo es el coeficiente de regresión.

Por otra parte el resto de los materiales se comportan estables al no diferir significativamente de  $b=1$  su coeficiente angular.

## F. RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS.

Se presenta un resumen final del rendimiento y características agronómicas, obtenidos en el total de años de evaluación de cada una de las variedades, para épocas de siembra normales y con siembras de diciembre incluidas.

A su vez se incluye el comportamiento de los parámetros de calidad industrial para todas las épocas de siembra.

Cuadro N°91. Caracterización productiva de variedades para épocas de siembra de oct-nov-dic.

	Bluebelle	El Paso 144	Tacuari	Caraguatá	L 1130	L 1119	Cuaró	Media	C.V %
Rend (Kg/ha)	5789 (100)	6649 (115)	7155 (123)	6198 (107)	6415 (111)	6502 (112)	6372 (110)	6334	5.86
Pan/m <sup>2</sup>	460	561	494	493	477	494	577	508	7.96
Grt/pan	117	91	125	101	97	104	97	105	10.7
%est	30.4	29.4	21.3	23.8	27.3	29.8	35.6	28.2	15.4
Peso1000 granos(grs)	23.08	25.76	21.82	23.52	24.24	23.68	23.19	23.61	4.72

(—) rendimiento relativo en porcentaje, respecto a el testigo, Bluebelle.

Incluyendo todas las épocas de siembra, Tacuarí es la de mayor rendimiento, con una producción 23% superior que Bluebelle. En un plano secundario se encuentran el resto de los materiales con rendimientos que oscilan entre 7 y 15% superiores al testigo (Bluebelle).

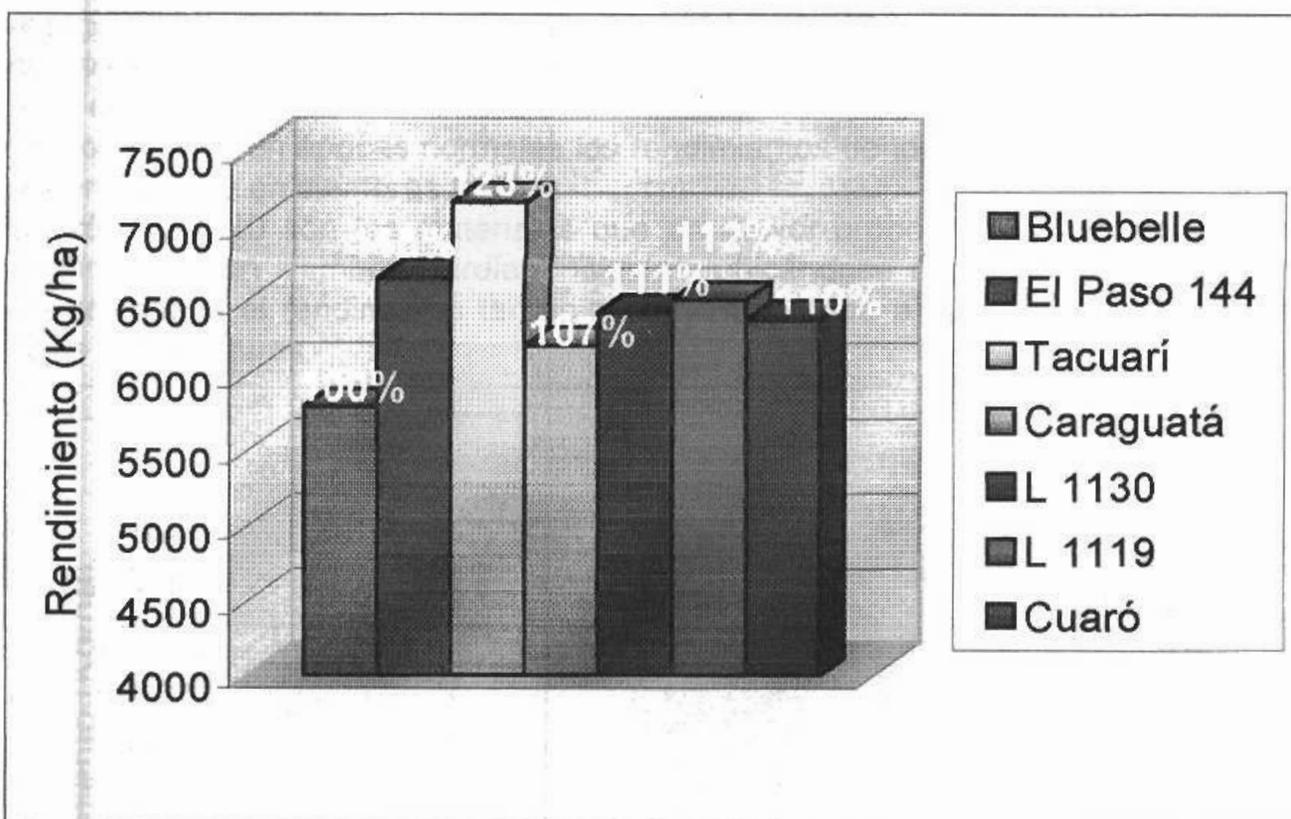


Figura N°42. Rendimiento de los cultivares en el total de épocas de siembra.

En cuanto al número de panículas/m<sup>2</sup>, el promedio de las variedades índicas fue 18% superior al de las variedades japónicas.

Por otra parte Tacuarí es la variedad de mayor tamaño de panícula y El Paso 144 de menor tamaño. Sucede lo inverso con el peso de grano, donde el de El Paso 144 es un 18% superior al de Tacuarí.

El peso de grano es el componente del rendimiento de menor variabilidad (menor C.V) entre todas las variedades. En cambio el porcentaje de esterilidad resulta el más

variable (mayor C.V), donde Cuaró presenta una esterilidad un 67% superior a la de Tacuarí, la variedad menos afectada por este problema.

Cuadro N°92. Caracterización productiva de variedades para épocas de siembra de octubre y noviembre.

	Bluebelle	El Paso 144	Tacuarí	Caraguatá	L 1130	L 1119	Cuaró	Media	C.V %
Rend (Kg/ha)	6609 (100)	7803 (118)	7851 (119)	7363 (111)	7440 (113)	7892 (119)	7742 (117)	7529	5.59
Pan/m2	475	575	506	517	456	501	551	512	7.45
Grt/pan	119	98	128	98	100	106	106	108	9.85
%est	21.9	21.1	16.1	14.4	18.3	15.8	21.2	18.4	15.3
Peso1000 granos(grs)	23.62	26.49	21.85	23.93	25.20	24.18	23.67	24.13	5.52

(-- ) rendimiento relativo, en porcentaje, respecto a el testigo, Bluebelle.

Cuando se toman en cuenta siembras de octubre y noviembre exclusivamente, Tacuarí, El Paso 144 y L 1119 son las de mayor rendimiento, un 19% por sobre el testigo (Bluebelle). Sin embargo debe considerarse que L 1119 alcanza ese promedio con solo tres años de evaluación, dos de los cuales fueron climáticamente excelentes para el desarrollo del cultivo.

Es notorio que en épocas normales los rendimientos tienden a ser más equilibrados y superiores que en siembras tardías.

Cuaró y L 1119 son los materiales que en mayor proporción (21%) disminuyen su rendimiento con siembras tardías incluidas, ubicándose en el otro extremo Tacuarí, donde reduce el rendimiento tan solo un 10%, debido a su reconocida tolerancia a bajas temperaturas.

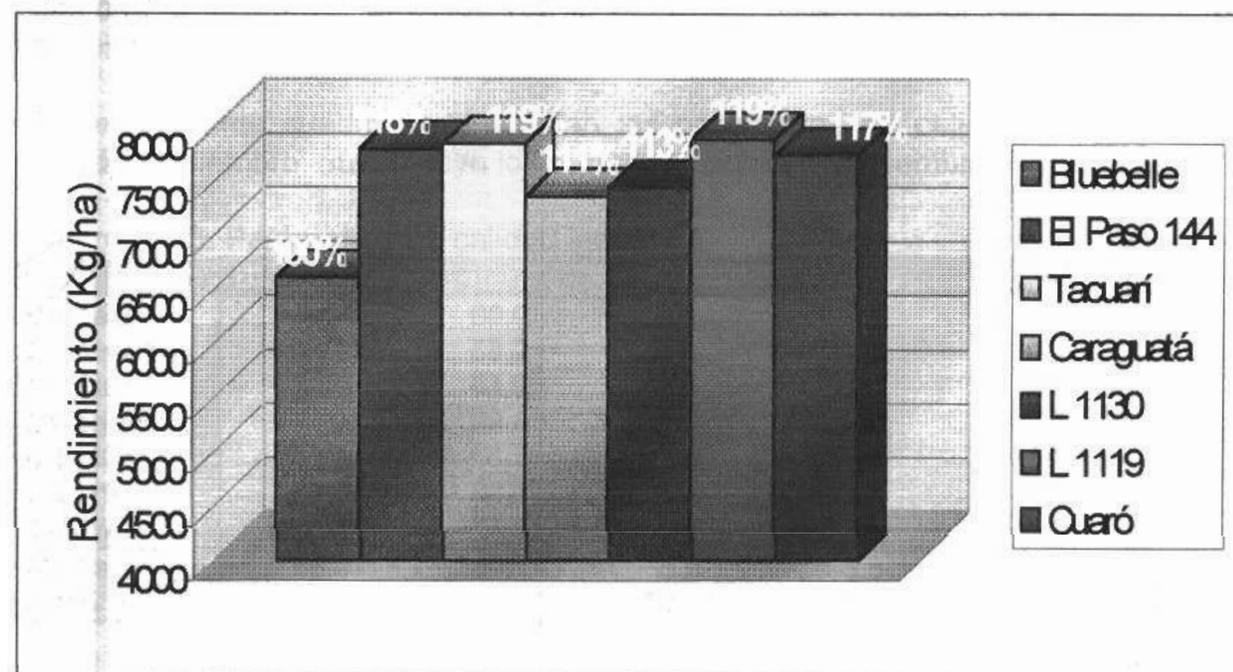


Figura N°43. Rendimiento de los cultivares para las siembras de octubre-noviembre.

Prácticamente todos los materiales, excepto L 1130 y Cuaró, incrementaron su producción de panículas, sin embargo la diferencia entre el promedio de panículas de las índicas y japónicas se redujo a 15%, siendo el aumento proporcionalmente mayor en estas últimas.

En cuanto al tamaño de panícula no se notan variaciones sustanciales, la variedad de menor número de granos por panícula (El Paso 144) los incremento en un 7%, y las demás se mantuvieron casi constantes.

En todos los casos el peso de los granos tiende a ser superior en épocas normales, sin embargo estos incrementos son muy tenues.

El peso de los granos se mantiene como el componente de menor variabilidad entre las variedades, aunque se amplían las diferencias entre la de mayor (El Paso 144) y menor (Tacuarí) peso de grano, llegando a un 25%.

Es de destacar el descenso en la esterilidad cuando se toman solamente épocas óptimas de siembra, llegando a disminuir un 32% en la que presenta menor variación (Tacuarí), y un 89% en la de mayor variación (L 1119).

Cabe mencionar que el factor climático causante de esta esterilidad es de diferente índole, en el caso de El Paso 144 y Caraguatá se benefician por la no ocurrencia de bajas temperaturas durante la etapa reproductiva, mientras que en otros materiales como Tacuarí la disminución en la esterilidad es atribuible principalmente a condiciones climáticas más favorables para el llenado de grano.

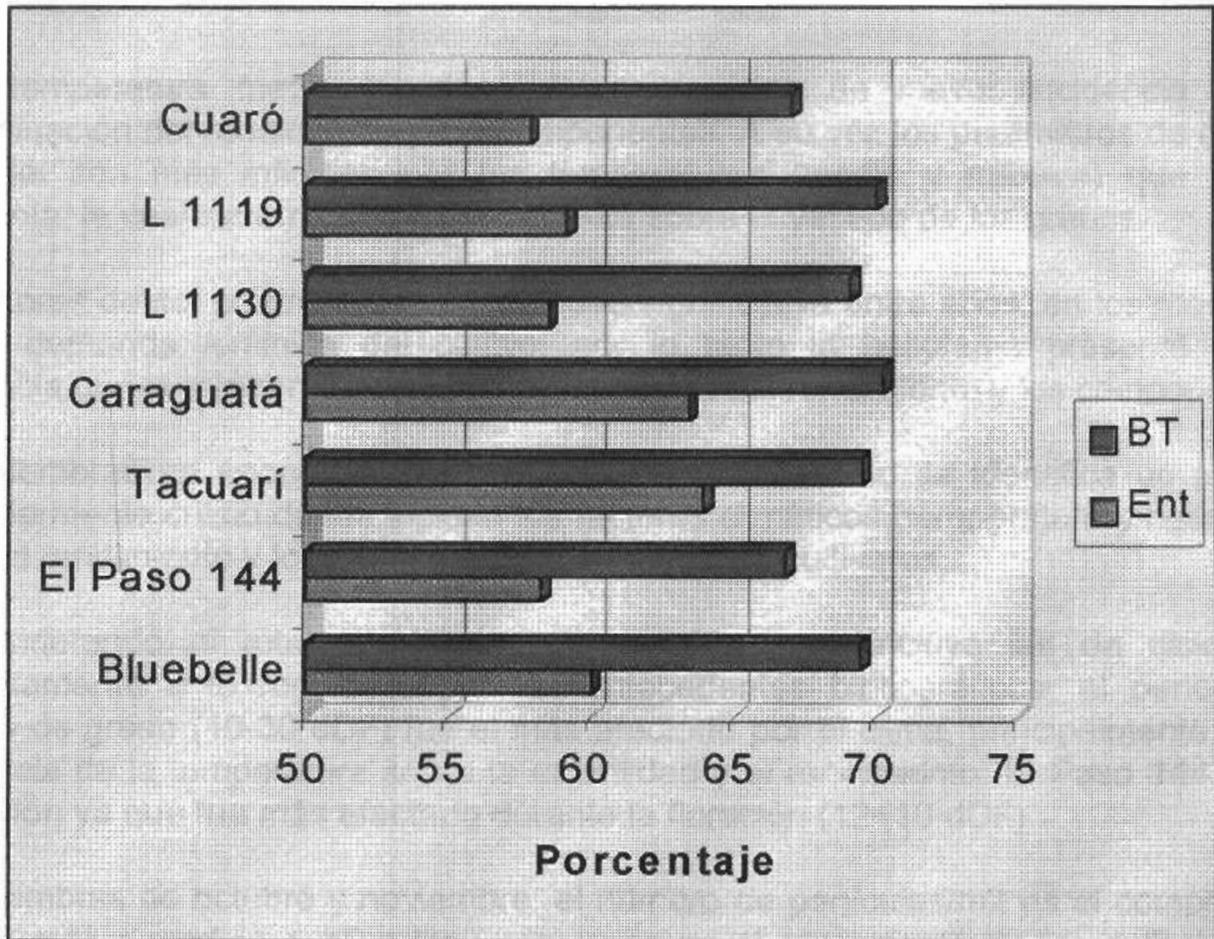
Igualmente en siembras en época normal el porcentaje de esterilidad es el componente de mayor amplitud (52%) entre el mayor y menor registro, y de mayor variabilidad (mayor C.V) entre todas las variedades.

En el siguiente cuadro se presentan los parámetros de calidad industrial para el período de siembra que incluye los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Cuadro N°93. Parámetros de calidad industrial.

	Blanco tot%	Entero%	Quebrado%	Yesado%	Manchado%
<b>Blubelle</b>	69.4	60.0	9.4	4.1	0.4
<b>El Paso 144</b>	66.8	58.2	8.6	3.8	0.7
<b>Tacuarí</b>	69.5	63.9	5.6	3.5	0.5
<b>Caraguatá</b>	70.2	63.4	6.8	2.2	0.3
<b>L 1130</b>	69.1	58.5	10.6	4.7	0.3
<b>L 1119</b>	70.0	59.1	10.9	3.6	0.2
<b>Cuaró</b>	67.0	57.8	9.2	2.4	0.9
<b>Media</b>	68.9	60.1	8.7	3.5	0.5
<b>C.V%</b>	1.86	3.87	20.57	23.65	386

El blanco total es el parámetro menos variable entre todas las variedades, siendo las índicas las que menor porcentaje de blanco total presentan, así como de entero, donde inclusive Cuaró se sitúa por debajo del límite de comercialización (58%).



BT= Blanco Total (%).

Ent= Granos Enteros (%).

Figura N°44. Porcentaje de Blanco Total y Entero de las variedades, para todas las épocas de siembra.

En cuanto al porcentaje de entero ambas líneas experimentales apenas superan a las tropicales, debido al alto porcentaje de granos quebrados que presentan.

En ensayos de época de siembra realizados en Paso de la Laguna, en los años 1992/93 a 1996/97, es destacable la estabilidad de los rendimientos industriales de Tacuarí y Caraguatá, en un amplio rango de fechas de siembra.

Los porcentajes de grano entero de L 1119 y L 1130 alcanzaron valores similares a los de estas variedades en siembras de mediados de octubre a mediados de noviembre, cayendo posteriormente a los niveles mostrados por Bluebelle.

La incidencia del yesado es inferior en Caraguatá y Cuaró, y superior en L 1130. Las variedades índicas son las que presentan mayor manchado de los granos, siendo este parámetro el que mayor variación presenta entre todas las variedades.

## **V. CONCLUSIONES.**

- La temperatura media fue la variable climática de mayor incidencia en la determinación del rendimiento y los componentes. A su vez los parámetros de calidad industrial son más influidos por las temperaturas (media y máxima) que por la heliofanía, la cual sin embargo es importante sobre el yesado de los granos.

- Las horas de sol no presentan variabilidad significativa entre años, en los meses de mayor demanda luminica del cultivo, por lo tanto la heliofanía presenta menor incidencia que la temperatura en la determinación del rendimiento y los componentes.

- En siembras en época normal (octubre y noviembre) no se identifica un período particularmente crítico donde incidan los factores climáticos (temperatura y heliofanía) sobre el rendimiento y los componentes, en todos los cultivares.

- Considerando el total de épocas de siembra (que incluye las de diciembre) contrariamente a lo reportado por los antecedentes bibliográficos, el período de llenado de grano (10-30 dDF) fue el más afectado por el clima, principalmente por la incidencia de la temperatura sobre la esterilidad y el rendimiento. El Paso 144 fue la excepción ya que fue más afectado durante la floración (12+10 dDF).

- En siembras de octubre y noviembre, el número de panículas/m<sup>2</sup> es el componente que en mayor medida explica las variaciones en el rendimiento de los cultivares de origen japónica. Dicho componente es poco afectado por el clima, por lo tanto para su concreción son más importantes las medidas de manejo como densidad de siembra y fertilización nitrogenada.

En las variedades índicas (El Paso 144 e INIA Cuaró) las panículas/m<sup>2</sup> no son determinantes de las variaciones en el rendimiento por su característica de alta capacidad de macollaje; siendo la esterilidad y el peso de grano en El Paso 144, y el número de granos totales/panícula en INIA Cuaró los determinantes del rendimiento.

- Con siembras tardías la esterilidad es el componente que explica en mayor medida las variaciones en el rendimiento en todos los cultivares. Este componente está determinado fundamentalmente por la temperatura durante floración y principalmente durante llenado de grano, por lo tanto se debe minimizar su incidencia con el manejo de la época de siembra.

- Sembrando en octubre y noviembre el rendimiento es menos dependiente de la incidencia climática, debido a que el número de panículas/m<sup>2</sup> (principal componente en determinar las variaciones en el rendimiento) es poco afectado por el clima; en cambio incluyendo las siembras de diciembre la concreción del rendimiento se debe mayormente a la influencia de los factores climáticos, debido a que la esterilidad (principal componente en explicar el rendimiento) es determinada fundamentalmente por la temperatura.

- Con siembras en época normal todas las variedades tienen mayor rendimiento, y éste es menos variable entre ellas; en cambio con siembras tardías la variabilidad del rendimiento entre variedades es mayor, debido al incremento diferencial de la esterilidad en cada una de ellas. Para ambos períodos de siembra el porcentaje de esterilidad es el componente del rendimiento más variable entre las variedades, inverso a lo que sucede con el peso de grano.

- Considerando la totalidad de épocas de siembra las variedades demostraron estabilidad productiva, ya que los diferentes coeficientes angulares ( $b$ ) no se diferencian significativamente de  $b=1$ , excepto El Paso 144 que tuvo alta respuesta ( $b>1$ ) a mejoras en las condiciones ambientales determinadas por la fecha de siembra; en cambio INIA Tacuarí manifestó gran adaptación ( $b<1$ ) a condiciones limitantes (siembras de diciembre) manteniendo alto rendimiento, debido a su ya reconocida tolerancia a bajas temperaturas.

Las siguientes son conclusiones particulares de cada cultivar y muestran tendencias diferentes a las encontradas para el conjunto de los cultivares:

- Para ambos períodos de siembra, Bluebelle fue el cultivar con menor rendimiento promedio, debido a su tipo de planta tradicional, diferente al de los demás cultivares evaluados.

- En siembras normales El Paso 144 conjuntamente con INIA Tacuarí y L 1119, son los cultivares con mayor rendimiento promedio, siendo para la variedad índica el porcentaje de esterilidad y el peso de grano los principales componentes en determinar las variaciones en el rendimiento. Por otra parte a diferencia de los otros cultivares donde la incidencia de la temperatura es crítica sobre la esterilidad y el rendimiento durante llenado de grano, en El Paso 144 lo es durante floración (12+10 dDF).

- Para todas las épocas de siembra, INIA Tacuarí es el cultivar de mayor rendimiento promedio; a su vez manifiesta menor dependencia del clima para la concreción del rendimiento, debido a que la incidencia de la temperatura en la determinación de la esterilidad es menor que para el resto de los materiales, lo cual la convierte en el cultivar más adaptado a siembras tardías(diciembre).

- INIA Caraguatá es la variedad japónica que más resiente su rendimiento con atrasos en la época de siembra, debido al alto porcentaje de esterilidad ocasionado por la temperatura en floración y llenado de grano.

La incidencia climática sobre todos los parámetros de calidad industrial, principalmente sobre el porcentaje de entero es mayor que para el resto de los materiales.

- En siembras normales a diferencia del resto de materiales tipo japónica donde el rendimiento se asocia al número de panículas/m<sup>2</sup>, en L 1130 se correlaciona con el número de granos totales/panícula y con el porcentaje de esterilidad.

- Para ambos periodos de siembra, el rendimiento de L 1119 depende en mayor medida (más del 85%) de la incidencia de los factores climáticos.

En siembras normales la temperatura y la heliofanía son determinantes del número de panículas/m<sup>2</sup>, su principal componente; en cambio con siembras tardías la temperatura explica el porcentaje de esterilidad que es el único componente responsable de las variaciones en el rendimiento.

En ambas líneas experimentales el quebrado de los granos es determinado en gran medida por la temperatura y reduce drásticamente el porcentaje de entero, situandolas levemente por encima de las variedades indicas.

- Todos los componentes del rendimiento de INIA Cuaró resultaron más afectados por las variables climáticas, que el resto de los cultivares.

Cuando se incluyen todas las épocas de siembra, éste es el cultivar de mayor porcentaje de esterilidad promedio; por otra parte el porcentaje de entero es el menor entre todos los cultivares, no superando el límite de comercialización situado en el 58%.

- Algunas sugerencias para trabajos similares que se puedan realizar en el futuro que permitan de esta manera confirmar algunas tendencias obtenidas en este estudio y obtener nuevos resultados de interés, serían: a) un mayor número de años de evaluación para ambas líneas experimentales e INIA Cuaró. La serie histórica de datos climáticos de 1972 a 1997 es muy similar a la serie de ocho años evaluados en este trabajo, por lo tanto las conclusiones sobre la incidencia climática en los cultivares con esos años de evaluación se puede considerar como representativas de las que se obtendrían con el total de años de la serie histórica. En cambio L 1130, L 1119 e INIA Cuaró, fueron evaluadas en menos años y particularmente dos de los tres años de evaluación en las dos últimas fueron climáticamente excelentes para el desarrollo del cultivo.

b) analizar la estabilidad de los componentes del rendimiento y parámetros de calidad industrial, al variar las fechas de siembra, de cada cultivar.

## VI. RESUMEN.

Este trabajo se realizó en la Estación Experimental del Este, INIA Treinta y Tres; teniendo como objetivo identificar los factores climáticos que inciden en la estabilidad productiva y calidad industrial de cultivares de arroz, a través de las relaciones de rendimiento y componentes con parámetros climáticos (temperatura, heliofanía) en diferentes períodos del ciclo del cultivo. A su vez identificar las vías o estrategias para la construcción del rendimiento de los distintos cultivares.

Se incluyeron los datos de ensayos de época de siembra del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz, de siete cultivares: Bluebelle, INIA Tacuarí, INIA Caraguatá, L 1130 y L 1119 (genotipos japónicas), El Paso 144 e INIA Cuaró (genotipos índicas); con diferente cantidad de años de evaluación (desde un mínimo de tres a un máximo de ocho años).

Se registró la fecha de inicio de floración, cuando un 10% de las panículas en las parcelas estaban florecidas y se tomo de referencia como día cero; a partir de ello se determinaron ocho períodos de diferente duración para relacionar la incidencia climática sobre el rendimiento y los diferentes componentes a medida que estos se van determinando durante el ciclo del cultivo en cada una de las variedades. La elección de los períodos se basó en los antecedentes bibliográficos que los citan como críticos para la determinación de los distintos componentes del rendimiento, y ser particularmente afectados por los diversos factores climáticos.

La incidencia climática por período se analizó por regresiones cuadráticas y para la totalidad de los períodos por regresiones múltiples utilizando el método Stepwise.

Este último análisis se realizó para siembras normales (octubre-noviembre) y para un período que además incluye las de diciembre.

El estudio de los componentes del rendimiento se basó en las correlaciones de éstos con el rendimiento y en la elaboración de un modelo matemático donde el rendimiento es función del número de panículas/m<sup>2</sup>, de los granos totales/panícula, del porcentaje de esterilidad y del peso de 1000 granos; en ambos casos se estudio para los dos períodos de siembra.

Con siembras en época normal en los cultivares japónicas las panículas/m<sup>2</sup> son el componente que explica las variaciones en el rendimiento, en cambio en cultivares índicas lo son: la esterilidad y el peso de grano en El Paso 144, y los granos totales en INIA Cuaró. Cuando se incluyeron las siembras tardías los factores climáticos fueron más importantes en la determinación del rendimiento, principalmente debido al sustancial incremento de la incidencia de la temperatura durante floración y llenado de grano sobre el componente esterilidad, que a su vez es el que explica en mayor medida las variaciones en el rendimiento. Los cultivares difirieron del grado y momento de mayor susceptibilidad a la incidencia de la temperatura en la determinación de la esterilidad, en tal sentido INIA Tacuarí fue la menos afectada; por otra parte todos los cultivares fueron más sensibles durante llenado de grano, excepto El Paso 144 que lo fue en floración.

Para épocas de siembra normal, Bluebelle (la de menor rendimiento promedio) se mostró como muy inestable, en cambio INIA Cuaró prácticamente no varió su producción en respuesta a mejoras en el ambiente (determinadas por la época de siembra). Cuando se incluyeron las siembras tardías, INIA Tacuarí (el cultivar de mayor rendimiento promedio conjuntamente con El Paso 144) resultó muy estable, con altas producciones aún en ambientes limitantes, determinados por las siembras de diciembre, lo cual confirma su tolerancia a bajas temperaturas. En cambio El Paso 144 se mostró muy inestable, con baja producción en ambientes malos pero con alta respuesta a las mejoras en las condiciones ambientales, determinadas por siembras de octubre y noviembre. El resto de los cultivares se mantuvieron estables, ya que los coeficientes angulares ( $b$ ) obtenidos no se diferencian significativamente de  $b=1$ .

En cuanto a los parámetros de calidad industrial la temperatura fue la variable climática de mayor incidencia; excepto sobre el yesado de los granos la heliofanía no resulto determinante. Se destaca Caraguatá como la variedad de mayor dependencia del clima para definir los valores de calidad industrial.

### VIII. BIBLIOGRAFIA.

- 1- ALIAGA, M.; BOTTARO, D. 1997. Densidad y distribución de siembra en cultivares semienanos. In Arroz. Resultados Experimentales 1996-1997. Treinta y Tres (Uruguay), Estación Experimental del Este, pp 9-62/9-65.
- 2- ARGUISSAIN, G. 1992. Componentes del rendimiento en cultivos de arroz. Utilidad de su determinación para el mejoramiento varietal. EEA C del Uruguay – INTA, Entre Rios, Argentina. 10 p.
- 3- AKITA, S.; PARAO, F.; LAZA, R.; BLANCO, L.; CORONEL, V. 1988. Physiological basis of rice yield potential improvement in the tropics. Manila, Philippines. IRRI. 14p.
- 4- AVILA, S.; CASALES, L. 1997. Control químico de enfermedades. In Arroz. Resultados Experimentales 1996-1997. Treinta y Tres (Uruguay), Estación Experimental del Este, pp 5-1/5-14.
- 5- BICA, W.; GRAÑA, J. 1991. Efecto de la falta de riego en las distintas etapas fenológicas del cultivo de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 145p.
- 6- BIN XU, X.; VERGARA, B. 1986. Morphological changes in rice panicle development. IRRI Research Paper Series nº 117. 13 p.
- 7- BLANCO, P. 1991. Growth and assimilate partitioning in rice cultivars of different maturity groups. Tesis M. Sc. Arkansas, USA, University of Arkansas. 141 p.
- 8- BLANCO, P.; PEREZ DE VIDA, F.; AVILA, S.; MENDEZ, J. 1997. Mejoramiento genético. In Arroz. Resultados Experimentales 1996-1997. Treinta y Tres (Uruguay), Estación Experimental del Este, pp. 9-1/9-12.
- 9- BLANCO, P.; PEREZ DE VIDA, F.; CASTRO, L.; PORTO, A. 1993 a. Analisis de crecimiento y componentes de rendimiento en cultivares de arroz. In Reuniao da cultura do arroz irrigado, (20a. , 1993, Pelotas) Anais. Pelotas, UEPAE. pp 74-77.

- 10- BLANCO, P.; PEREZ DE VIDA, F.; PIRIZ, M.; DEAMBROSI, E. 1993 b. INIA Yerbal. Nueva variedad de arroz. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Boletín de divulgación n° 30. 10p.
- 11- BLANCO, P.; PEREZ DE VIDA, F.; PIRIZ, M. 1993 c. INIA Tacuarí. Arroz precoz de alto rendimiento. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Boletín de divulgación n° 31. 9p.
- 12- BLANCO, P.; PEREZ DE VIDA, F.; ROEL, A. 1993 d. Tolerancia a fríos de los nuevos cultivares precoces INIA Yerbal e INIA Tacuarí. *In* Reuniao da cultura do arroz irrigado, (20a., 1993, Pelotas) Anais. Pelotas, UEPAE. pp 77-80.
- 13- BLANCO, P.; PEREZ DE VIDA, F. 1995. Análisis de estabilidad para siete cultivares de arroz en tres años (1992/93 a 1994/95). *In* Reuniao da cultura do arroz irrigado, (21a., 1995, Porto Alegre) Anais. Porto Alegre, UEPAE. pp 103-106.
- 14- CHANG, T.; OKA, H. 1976. Genetic variousness in the climatic adaptation of rice cultivars. *In* Climate and Rice. Los Baños, Filipinas. IRRI. pp 87-111.
- 15- CASTRO, L.; PORTO, A. 1994. Análisis de crecimiento y componentes de rendimiento en cultivares de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 159 p.
- 16- CHUNCHEON SUBSTATION (KOREA) CROP EXPERIMENT STATION. 1985. Rice cold tolerance research. Korea, Chuncheon Substation. 7p.
- 17- COCK, J.; YOSHIDA, S. 1971. Accumulation of <sup>14</sup>C-labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. Los Baños, Filipinas. International Rice Research Institute. pp 226-234.
- 18- COUNCE, P.; MOLDENHAUER, K.; COSTELLO, T. 1992. Physiology of rice yield. *In* Arkansas Rice Research Studies 1991. Arkansas Agricultural Experiment Station. Division of Agriculture. University of Arkansas. Research Series n° 422. pp 22-28.

- 19- DEAMBROSI, E.; MENDEZ, R.; ROEL, A. 1997. Estrategia en la producción de arroz. Para un mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie técnica n° 89. 16p.
- 20- DEAMBROSI, E.; MENDEZ, R. 1995. Fertilización. *In* Arroz. Resultados Experimentales 1996-1997. Treinta y Tres (Uruguay), Estación Experimental del Este, pp 2-1/2-21.
- 21- DE DATTA, K. 1986. El ambiente climático y los efectos en la producción de arroz. *In* Principles and practices of rice production. Mexico, Limusa. pp 9-40.
- 22- EBERHART, S.; RUSELL, W. 1966. Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Science* 6: 36-40.
- 23- FUJITA, K.; YOSHIDA, S. 1983. Partitioning of photosynthates between growing panicle and vegetative parts before anthesis. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 30 (4): 509-518.
- 24- GAMARRA, G. 1996. Arroz: Manual de Producción. Montevideo-Uruguay, Hemisferio Sur. 440 p.
- 25- GARCIA, G.; PINTOS, A. 1997. Momentos de cosecha en cuatro variedades de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 120p.
- 26- GILMOUR, J. 1985. Predicting rice grain yield from dry matter production at late tillering. *Agronomy Journal*. 77: 169-170.
- 27- GODWIN, D.; MEYER, W.; SINGH, U. 1994. Simulation of the effect of chilling injury and nitrogen supply on floret fertility and yield in rice. *Yanco Agricultural Institute*. pp 681-687.
- 28- GRAVOIS, K.; MOLDENHAUER, K.; ROHMAN, P.; 1991. Genetic and genotype X environment effects for rough rice and head rice yields. *Crop Science* 31 (4): 907-911.
- 29- GRAVOIS, K.; Mc NEW, R. 1993. Genetic relationships among and selection for rice yield and yield components. *Crop Science*. 33 (2): 249-252.

- 30- HIROTA, O.; OKA, M.; TAKEDA, T. 1993. Sink activity estimation by sink size and dry matter increase during the ripening stage of barley (*Hordeum vulgare*) and rice (*Oryza sativa*). *Annals of Botany* 65: 349-353.
- 31- HORIE, T.; OHINISHI, M.; ANGUS, J.; LEWIN, L.; MATANO, T. 1994. Physiological characteristics of high yielding rice inferred from cross-location experiments. Yanco Agricultural Institute. pp 635-650.
- 32- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). 1990. Report of a rice cold tolerance workshop. Los Baños, Filipinas. 113p.
- 33- ISHIZUKA, Y. 1967. Physiology of the rice plant. Hokkaido University, Japón. 241-274 pp.
- 34- ITO, N. 1969. Free amino acids in anthers. In Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice plants. Crop Science Society. Japón. pp 32-36.
- 35- IZAGUIRRE, P. 1992. El ciclo biológico de las fanerógamas. Montevideo. Facultad de Agronomía. 53p.
- 36- JONES, D.; PETERSON, M.; GENG, S. 1979. Association between grain filling rate and duration and yield components in rice. *Crop Science*. 19 (5): 641-644.
- 37- JONES, D.; SNYDER, G. 1987. Seeding rate and row spacing effects on yield and yield components of drill-seeded rice. *Agronomy Journal* 79: 623-626.
- 38- KAW, R.N. 1991. Genetic parameters of cold tolerance in rice. In Cold tolerance parameters in rice. Manila, Filipinas. International Rice Research Institute. pp59-65.
- 39- KHAN, D.R.; MACKILL, D.J.; VERGARA, B.S. 1985. Selection for tolerance to low temperature-induced spikelet sterility at anthesis in rice. In Selection for tolerance in rice. *Crop Science*. pp 694-697.
- 40- KNIGHT, R. 1970. The measurement of cold tolerance in rice. In Genotype-Environment interactions. *Euphytica*. pp225-235.

- 41- LAVECCHIA, A. 1991. Arroz. Fertilización nitrogenada en la zona norte del país. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie técnica n° 17. 20p.
- 42- MATSUO, T.; KUAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. 1995. Physiology. Science of the rice plant. V. 7. Tokio, Japón. Food and Agriculture Policy Research Center.
- 43- MUNAKATA, K. 1976. Effects of temperature and light on the reproductive growth and ripening of rice. In Climate and Rice. Los Baños, Filipinas. IRRI. pp187-210.
- 44- MURATA, Y.; MATSUSHIMA, Y. 1991. Arroz. In Fisiología de los cultivos. L. T. Evans. 83-111.
- 45- MURTY, P.; MURTY, K. 1983. Influence of source and sink on spikelet in rice. Madras Agricultural Journal. 70 (2): 104-108.
- 46- NISHIYAMA, Y. 1976. Effects of temperature on the vegetative growth of rice plants. In Climate and Rice. Los Baños, Filipinas. IRRI. pp 159-185
- 47- PADMAJA, S.; VENTKATESWARLU, B.; ACHARYULU, T. 1983. Studies of the interrelationships of sink components governing productivity in rice. *Oryza*. (20): 223-226.
- 48- PEREZ DE VIDA, F. 1996. El cultivo de arroz en el Uruguay. Recursos Genéticos disponibles. In Grupo técnico de trabajo de híbridos de arroz para América Latina y El Caribe (2ª., Ibagué, 1996) Memorias. Ibagué, GRUTHA.
- 49- PEREZ SEIJAS, F.R. 1990. Comportamiento de dos variedades de arroz bajo distintas condiciones de siembra. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 165p.
- 50- ROEL, A. 1997. Ecofisiología del cultivo. In Arroz. Resultados Experimentales 1996-1997. Treinta y Tres (Uruguay), Estación Experimental del Este, pp 2-1/2-14.
- 51- SALGADO, L. 1997. Arroz. Situación actual y perspectivas. In Anuario "97" OPYPA. Ministerio Ganadería Agricultura y Pesca.
- 52- SASAHARA, T.; TAKAHASHI, T.; KAYABA, T.; TSUNODA, S. 1981. A new strategy for increasing plant production and yield in rice. Aoba Sendai. Tohoku University. Japón. 5 p.

- 53- SATAKE, T.; HAYASE, H. 1969. Estimations of pollen developmental stage and the most sensitive stage to coolness. In Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice plants. Crop Science Society. Japón. pp 468-473.
- 54- (\_\_\_\_\_) 1974. A secondary sensitive stage at the beginning of meiosis. In Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plant. Crop Science Society. Japón. pp 36-39.
- 55- SATAKE, T. 1976. Sterile-type cool injury in paddy rice plants. In Climate and Rice. Los Baños, Filipinas. IRRI. pp 281-300.
- 56- SEN GUPTA, D.; DAS, B.; SEN, S. 1988. Source-Sink relationships in rice: translocation of metabolites and transpiration rates as factors influencing grain yields. *Physiology and biochemical* 15 (1). 144-152.
- 57- STANSEL, J.W.; FRIES, R.E. 1980. A conceptual agromet rice yield model. In Agrometeorology of the rice crop. Los Baños, Filipinas. pp 201-212.
- 58- STRICKBERGER, M.W. 1982. *Genética*. 2ª ed. Barcelona, Ediciones Omega. 937p.
- 59- TORIYAMA, K.; HEU, M.H. 1975. Rice research strategies for areas of nonoptimal temperatures. In Rice research strategies for the future. International Rice Research Institute, Japón. pp 227-237.
- 60- TU, Z.; LIN, X.; HUANG, Q.; CAL, W.; FENG, H. YE, Y. 1988. Photosynthetic characterisation of rice varieties in relation to growth irradiance. *Journal Plant Phisiology* 15: 227-280.
- 61- URUGUAY. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. DIRECCION NACIONAL DE METEOROLOGIA. 1996. Normales Climatológicas Período 1961-1990. Montevideo. 20p.
- 62- VENKATESWARLU, B.; PADMAJA, S.; ACHARYULU, T. 1984. Studies on yield potential and the interrelationships of sink components in rice. *Indian Journal Plant Physiology*. 28 (4): 313-321.
- 63- VENKATESWARLU, B.; VISPERAS, R. 1985. Source sink relationships in crop plants. IRRI. Los Baños, Filipinas. Research paper, Series n° 125. 19 p.
- 64- VERGARA, B. 1976. Physiological and morphological adaptability of rice varieties to climate. In Climate and Rice. Los Baños, Filipinas. IRRI. pp 67-86.

- 65- VERGARA, B.; VENKATESWARLU, B.; SANORIA, M.; AHN, J.; KIM, J.; VISPERAS, R. 1991. Rationale for a low tillering rice plant type with high-density grains. Manila, Filipinas. IRRI.
- 66- WALLACE, D.H. 1985. Physiological genetics of plant maturity, adaptation, and yield. In Plant breeding review. USA. Avi Publishing Co. pp 21-165.
- 67- WARDLAW, I. 1985. The regulation of photosynthetic rate by sink demand. In Regulation of source and sinks in crop plant. Canberra, Division of Plant Industry. 144-162 pp.
- 68- WILLIAMS, R.; ANGUS, J. 1994a. Deep floodwater protects high-nitrogen rice crops from low-temperature damage. Yanco Agricultural Institute. pp 651-680.
- 69- WILLIAMS, R.; LEWIN, L.; REINKE, R. 1994b. Increasing yield potential of rice cultivars in NSW: A whole crop physiological approach. Yanco Agricultural Institute. 651-655 pp.
- 70- YOSHIDA, S.; AHN, S. 1968. The accumulation process of carbohydrate in rice varieties in relation to their response to nitrogen in the tropics. Los Baños, Laguna, Filipinas. International Rice Research Institute.
- 71- YOSHIDA, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. IRRI. Manila, Filipinas. 268 p.
- 72- ZORRILLA, G.; ACEVEDO, A. 1997. Investigación en tecnología de semillas. In Arroz. Resultados Experimentales 1996-1997. Treinta y Tres (Uruguay), Estación Experimental del Este, pp 11-1/11-6.

**VIII. APENDICE.**

**Regresiones de rendimiento, componentes y parámetros de calidad  
con temperatura y heliofania por periodo.**

Cuadro N°1a. 35-25 dPF Temperatura Minima.							
Panículas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	0.0003	0.16	561	20.69	2068.620191	-162.567452	4.25854
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0006	0.17	493	26.61	2520.421866	-232.371077	6.519115
L 1130	n.s						
L 1119	0.0096	0.26	494	17.77	4604.259396	-507.958043	12.505745
Cuaró	0.016	0.23	577	16.86	5150.334407	-542.692905	15.916111
n.s= Prob > 0.10							
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	n.s						
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	0.0012	0.13	5786	31.76	25755	-2485.629839	75.68303
El Paso 144	n.s						
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0004	0.18	6198	34.11	32508	-2865.378993	75.715724
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						

Cuadro N°2a. 35-25 dPF Temperatura Media.							
Paniculas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0242	0.09	493.3	27.88	6920.256682	-555.691505	11.934947
L 1130	n.s						
L 1119	0.0001	0.52	493.6	14.31	15568	-1312.463569	28.427135
Cuaró	0.007	0.27	576.8	16.43	13003	-1059.127669	22.451775
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	0.0993	0.05	91.4	22.14	-97.689346	13.757401	-0.237321
Tacuari	n.s						
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0069	0.12	6198	35.34	127528	-10510	226.168606
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0086	0.26	6372	34.21	-170345	14541	-296.89788

Cuadro N°3a. 35-25 dPF Heliofania.							
Panículas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.0025	0.12	494	21.7	1272.200552	-208.416217	13.18689
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0207	0.22	577	16.99	2004.648674	-278.851383	13.103167
Granos Totales/ Panícula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He.cuad
Bluebelle	0.0703	0.05	117	20.69	40.963721	18.83621	-1.108461
El Paso 144	0.0239	0.08	91	21.79	100.218938	-5.598778	0.523775
Tacuari	0.0451	0.06	125	22.25	-2.010193	30.047469	-1.707221
Caraguata	0.0195	0.09	101	19.59	89.244178	6.622904	-0.598939
L 1130	n.s						
L 1119	0.0416	0.19	104	17.59	365.152876	-66.05968	4.064213
Cuaró	n.s						
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	0.0017	0.13	6645	30.55	5484.724133	-142.003273	33.2054
Tacuari	0.0237	0.08	7155	23.54	4943.93921	237.707533	2.32048
Caraguata	0.011	0.16	6198	34.54	3232.730658	214.418366	16.960304
L 1130	0.0312	0.14	6415	30.72	-5976.793293	2696.918246	-140.43873
L 1119	0.0434	0.18	6502	34.9	-31031	7940.241319	-408.10946
Cuaró	0.0372	0.19	6372	35.81	-44399	10690	-552.4472

Cuadro N°4a. 30 dPF Temperatura Media.							
Panículas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0059	0.10	460	22.43	10268	-864.80577	19.001394
El Paso 144	0.0035	0.12	561	21.24	15405	-1290.497704	27.970414
Tacuari	0.0212	0.08	494	22.2	8689.309622	-725.317036	15.99884
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	0.0019	0.33	494	16.87	15733	-1357.9227	30.153747
Cuaró	0.0029	0.31	577	15.98	15073	-1260.043449	27.289932
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0071	0.10	117	20.2	-2120.814065	196.317888	-4.291712
El Paso 144	0.0007	0.15	91	20.96	-1290.687874	114.692703	-2.363747
Tacuari	0.0116	0.09	125	21.93	-1063.184915	99.319577	-2.061115
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0276	0.20	97	21.55	-432.957583	38.743603	-0.674557
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0004	0.16	5786	31.34	-203123	18126	-391.76723
El Paso 144	0.0001	0.23	6649	28.76	-216684	18790	-393.24755
Tacuari	0.0333	0.07	7155	23.63	-49641	4702.295218	-96.513771
Caraguata	0.0006	0.17	6198	34.29	-257803	22782	-489.77227
L 1130	0.0001	0.35	6415	26.72	-277624	24493	-525.76957
L 1119	0.0001	0.47	6502	27.99	-382070	33732	-729.11398
Cuaró	0.0001	0.46	6372	29.17	-305876	26610	-564.33417

Cuadro N°5a. 30 dPF Heliofania.							
Panículas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.0774	0.05	494	22.51	1246.569727	-190.959055	11.814933
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He.cuad
Bluebelle	0.0116	0.09	117	20.31	-106.942391	55.594562	-3.370265
El Paso 144	n.s						
Tacuari	n.s						
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0027	0.31	97	20.05	-63.914748	20.953825	-0.122093
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He.cuad
Bluebelle	0.0731	0.05	5786	33.17	-2282.206195	1731.988776	-88.004615
El Paso 144	0.0018	0.13	6645	30.56	8794.370237	-1253.750595	122.870911
Tacuari	0.0898	0.05	7155	23.88	296.509732	1436.366721	-71.103725
Caraguata	0.0099	0.11	6198	35.49	-15864	4923.168663	-266.00181
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						

Cuadro N°6a. 30-15 dPF Temperatura Media.

Panículas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0049	0.11	460	22.38	9625.252454	-803.114142	17.521243
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.0164	0.08	494	22.14	7067.319068	-579.887243	12.739423
Caraguata	0.0275	0.09	493	27.93	9702.484463	-796.151074	17.133293
L 1130	n.s						
L 1119	0.0007	0.38	494	16.3	18957	-1617.803721	35.336343
Cuaró	0.0246	0.21	577	17.09	15948	-1333.481993	28.821463
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	0.0578	0.06	91	22.01	-89.658361	11.972659	-0.176786
Tacuari	0.0917	0.05	125	22.42	-947.914101	92.763318	-1.995726
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.099	0.13	97	22.43	-695.476641	62.925267	-1.231486
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	0.0004	0.16	6649	30.06	-148509	13060	-273.45912
Tacuari	n.s						
Caraguata	n.s						
L 1130	0.0094	0.18	6415	29.93	-113050	10042	-209.44452
L 1119	0.0036	0.30	6502	32.22	-389704	33744	-715.56274
Cuaró	0.0027	0.31	6372	32.98	-304849	26324	-554.00985

Cuadro N°7a. 30-15 dPF Heliofania.							
Panículas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0531	0.07	493	28.16	-603.665078	270.569953	-16.201952
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	0.0098	0.09	117	20.27	-19.19348	32.948575	-1.91114
El Paso 144	0.0757	0.06	91	22.07	166.614536	-21.944831	1.519083
Tacuari	n.s						
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0139	0.23	97	21.09	-175.195091	60.046777	-3.210185
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	0.0615	0.06	5786	33.11	793.483103	1013.652674	-46.880688
El Paso 144	0.0001	0.21	6649	29.08	19872	-3972.051735	281.223871
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0292	0.08	6198	35.98	-7045.226759	2890.073799	-149.65921
L 1130	n.s						
L 1119	0.0778	0.15	6502	35.57	21858	-4800.942646	352.213507
Cuaró	0.0634	0.16	6372	36.41	6845.966686	-1041.94912	118.755173

Cuadro N°8a. 20 dPF Temperatura Minima.							
Panículas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	0.0001	0.22	460	20.93	3973.812347	-409.266454	11.780934
El Paso 144	0.0001	0.22	561	19.92	3684.067508	-367.41998	10.669698
Tacuari	0.0325	0.07	494	22.3	3000.849218	-286.983645	8.137541
Caraguata	0.0144	0.10	493	27.7	3324.344341	-326.584922	9.293298
L 1130	n.s						
L 1119	0.07	0.16	494	18.95	4029.465283	-441.422189	13.674761
Cuaró	n.s						
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	0.0005	0.16	91	20.86	-161.997083	26.724236	-0.679682
Tacuari	0.006	0.10	125	21.78	-147.914699	26.226806	-0.586391
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	0.0121	0.09	6649	31.21	-12795	2025.928835	-50.657411
Tacuari	n.s						
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	0.0001	0.50	6502	27.26	-124669	15916	478.853203
Cuaró	0.0004	0.39	6372	31.11	-80323	9727.588088	-269.09465
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	0.0001	0.20	30.43	53.92	302.000585	-27.830831	0.68265
El Paso 144	0.0001	0.31	29.43	53.01	328.620952	-30.991395	0.768496
Tacuari	0.0034	0.11	21.3	56.67	188.400487	-17.053617	0.418401
Caraguata	0.0001	0.30	23.8	71.09	546.477595	-57.74551	1.560414
L 1130	0.0003	0.30	27.27	55.54	644.314629	-71.211458	2.028191
L 1119	0.0001	0.54	29.75	52.04	924.944632	-104.074027	2.986505
Cuaró	0.0001	0.45	35.57	48.66	650.787868	-65.068671	1.668999

Cuadro N°9a. 20 dPF Temperatura Media.							
Paniculas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	0.0349	0.07	561	21.79	6727.603036	-538.491233	11.709586
Tacuari	n.s						
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	0.0412	0.19	494	18.63	8683.866471	-733.607389	16.36222
Cuaró	0.0914	0.14	577	17.8	6948.619421	-552.31549	11.91929
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	0.0022	0.13	91	21.23	-448.519372	42.43812	-0.816037
Tacuari	0.0142	0.09	125	21.98	-622.404708	59.946113	-1.184466
Caraguata	0.0657	0.07	101	19.89	1221.223885	-97.294974	2.104277
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0746	0.15	97	22.23	-160.663946	16.161653	-0.207202
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.18	5786	30.88	-131570	11785	-251.4331
El Paso 144	0.0001	0.26	6649	28.2	-92426	7986.948659	-158.57109
Tacuari	0.0053	0.11	7155	23.17	-66226	6104.021928	-125.92188
Caraguata	0.0001	0.43	6198	28.49	-309609	27413	-592.38728
L 1130	0.0109	0.18	6415	30.02	-157834	14230	-306.81191
L 1119	0.0005	0.39	6502	30.21	-239733	21629	-472.75359
Cuaró	0.0001	0.48	6372	28.59	-197341	17149	-358.37828
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.32	30.43	49.69	969.893102	-76.089713	1.522246
El Paso 144	0.0001	0.38	29.43	50.33	1026.471292	-80.01833	1.58016
Tacuari	0.0002	0.17	21.3	54.88	338.324706	-24.166099	0.446719
Caraguata	0.0001	0.59	23.82	54.01	2805.531927	-238.762587	5.09746
L 1130	0.0019	0.24	27.27	57.93	1368.105378	-114.164412	2.414329
L 1119	0.0002	0.42	29.75	58.21	1651.101143	-138.139356	2.92062
Cuaró	0.0001	0.54	35.57	44.45	1612.283107	-129.45199	2.627522

Cuadro N°10a. 20 dPF Heliofania.							
Panículas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	0.0878	0.05	460	23.08	683.078103	-71.307616	5.285935
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.0007	0.14	494	21.42	1596.165994	-305.351908	20.442141
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.0393	0.07	125	22.22	-90.772273	56.353718	-3.577496
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0011	0.35	97	19.48	698.776278	-172.788324	12.079248
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.043	0.06	7155	23.69	-168.976656	1622.181016	-85.357412
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	0.0355	0.19	6502	34.68	83498	-19035	1163.24572
Cuaró	n.s						
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	n.s						
Caraguata	n.s						
L 1130	0.0223	0.15	<del>27.27</del>	61.09	-364.458141	94.329186	-5.59234
L 1119	0.0851	0.15	<del>29.75</del>	70.5	-622.690083	163.640197	-10.143721
Cuaró	n.s						

Cuadro N°11a. 12 dPF Temperatura Minima.							
Panículas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	0.0004	0.15	460	21.78	2402.337785	-229.836609	6.685139
El Paso 144	0.0002	0.17	561	20.61	2014.699665	-164.296598	4.523609
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0182	0.10	493	27.79	3016.845546	-292.57895	8.342275
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0069	0.27	577	16.42	826.943109	4.265399	-1.223511
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	0.0319	0.07	117	20.53	-177.816845	34.512096	-0.99269
El Paso 144	0.012	0.09	91	21.63	-49.148059	15.053106	-0.388339
Tacuari	0.0033	0.11	124	21.64	-1333.442202	26.39617	-0.643956
Caraguata	n.s						
L 1130	0.0962	0.10	97	20.69	339.57504	-36.076577	1.301056
L 1119	n.s						
Cuaró	0.052	0.17	97	21.99	133.458898	-10.891235	0.530646
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	0.0611	0.06	6649	31.78	5192.820662	-43.176021	7.74264
Tacuari	0.0061	0.10	7155	23.21	-8134.363539	1569.526166	-38.557303
Caraguata	n.s						
L 1130	0.0151	0.17	6415	30.23	-32912	4515.788378	-127.36337
L 1119	0.0001	0.47	6502	28.17	-68439	9082.450315	-271.12482
Cuaró	0.0001	0.43	6372	29.96	-76471	9892.284379	-291.78046
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	0.0023	0.12	30.43	56.46	130.228479	-9.165621	0.186069
El Paso 144	0.0001	0.22	29.43	56.39	145.639238	-10.694995	0.217536
Tacuari	0.0055	0.10	21.31	56.95	106.628998	-8.167221	0.18
Caraguata	0.0001	0.21	23.82	75.5	514.013382	-56.355548	1.591604
L 1130	0.0009	0.26	27.27	56.91	518.666422	-57.746688	1.674282
L 1119	0.0001	0.48	29.75	55.151	633.594985	-71.854167	2.101081
Cuaró	0.0001	0.51	35.57	45.96	573.5684	-59.942016	1.629714

Cuadro N°12a. 12 dPF Temperatura Media.							
Panículas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	0.0418	0.07	561	21.84	4833.769843	-360.013524	7.528043
Tacuari	n.s						
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0017	0.33	577	15.71	5774.070251	-434.69581	8.999178
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0976	0.05	117	20.77	-491.016027	52.735969	-1.13571
El Paso 144	0.0338	0.07	91	21.88	-267.452437	28.178623	-0.541406
Tacuari	0.0042	0.11	125	21.7	-390.521766	40.751731	-0.789262
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0148	0.23	97	21.14	284.570584	-24.725265	0.729027
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0051	0.11	5786	32.24	-60170	5630.03535	-119.18892
El Paso 144	0.0002	0.18	6649	29.74	-80681	7162.054395	-145.20002
Tacuari	0.0001	0.21	7155	21.8	-47081	4421.104769	-88.893772
Caraguata	0.0001	0.23	6198	32.95	-241012	21605	-470.01261
L 1130	0.0525	0.12	6415	31.07	-108508	10000	-216.55215
L 1119	0.0001	0.48	6502	27.84	-247547	22516	-496.40534
Cuaró	0.0001	0.62	6372	24.61	-273034	24533	-535.91208
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.18	30.43	54.69	274.127529	-17.391099	0.289663
El Paso 144	0.0001	0.32	29.43	52.92	1018.558503	-80.991715	1.638924
Tacuari	0.0052	0.11	21.31	56.92	84.10493	-3.289209	0.022637
Caraguata	0.0001	0.30	23.82	71.09	1915.499029	-162.499111	3.470736
L 1130	0.0196	0.16	27.27	60.92	1045.112005	-87.707383	1.878689
L 1119	0.0001	0.46	29.75	56.21	1849.103024	-158.439127	3.427464
Cuaró	0.0001	0.62	35.57	40.14	2225.593055	-189.76091	4.087097

Cuadr N°13a. 12 dPF Temperatura Minima Absoluta.							
Panículas/ m2							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0774	0.06	493	28.29	895.127719	-65.734431	2.469459
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0088	0.26	577	16.55	397.213718	60.150542	-3.984066
Granos Totales/ Panicula.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	n.s						
Caraguata	n.s						
L 1130	0.0063	0.20	97	19.5	89.14722	-2.909467	0.369092
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	0.0121	0.09	5786	32.54	-291.303333	970.108188	-35.161532
El Paso 144	0.02	0.08	6649	31.39	699.137345	903.491605	-31.119522
Tacuari	0.0481	0.06	7155	23.72	3407.290868	507.995659	-14.371734
Caraguata	n.s						
L 1130	0.0001	0.32	6415	27.213	-9839.268957	3229.64458	-153.47966
L 1119	0.0001	0.48	6502	27.83	-12586	3590.769745	-158.36178
Cuaró	0.019	0.22	6372	35.07	-13972	3690.252397	-160.38283
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Min	Tmin.cuad
Bluebelle	0.0002	0.17	30.43	54.9	101.075734	-10.778255	0.365239
El Paso 144	0.0001	0.24	29.43	55.59	106.870889	-11.175391	0.35815
Tacuari	0.0317	0.07	21.31	58.03	48.233218	-3.541527	0.093921
Caraguata	0.0117	0.11	23.81	80.16	97.36896	-12.049422	0.453499
L 1130	0.0001	0.41	27.27	51.02	182.538363	-30.936065	1.474496
L 1119	0.0001	0.52	29.75	52.64	209.677515	-33.792609	1.487681
Cuaró	0.0362	0.19	35.57	58.98	196.436161	-28.346951	1.190596

Cuadro N°14a. 10 dDF Temperatura Media.							
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0003	0.16	5786	31.25	-36212	3470.05802	-70.424809
El Paso 144	0.0001	0.50	6649	23.29	-55175	5081.863713	-101.9128
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0001	0.39	6198	29.28	-103969	9849.802227	-218.06868
L 1130	0.0032	0.22	6415	29.24	-88121	8516.810299	-190.4604
L 1119	0.0427	0.18	6502	34.88	-88745	8512.051806	-188.6307
Cuaró	0.0011	0.35	6372	32.04	-483449	44182	-993.36619
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.42	30.43	45.99	424.748733	-30.011281	0.545703
El Paso 144	0.0001	0.42	29.43	48.66	552.769063	-43.434333	0.88165
Tacuari	0.0494	0.06	21.31	58.3	-47.125769	7.518563	-0.197871
Caraguata	0.0001	0.69	23.82	47.26	1095.785922	-93.954524	2.035233
L 1130	0.0004	0.29	27.27	55.89	950.92791	-83.213495	1.860884
L 1119	0.0031	0.31	29.75	63.35	912.427599	-76.995692	1.661052
Cuaró	0.0005	0.38	35.57	51.59	4559.952122	-407.199177	9.13454

Cuadro N°15a. 10 dDF Heliofania.							
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	0.02	0.08	5786	32.71	6543.11564	-580.010201	60.030347
El Paso 144	n.s						
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0024	0.14	6198	34.87	1982.155054	516.741552	5.089736
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	0.0294	0.07	30.43	58.02	-11.928611	13.239431	-0.956292
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.034	0.07	21.31	58.07	-9.449088	8.712572	-0.577648
Caraguata	0.0458	0.07	23.82	81.54	121.241846	-24.561031	1.489756
L 1130	0.0647	0.11	27.27	62.52	-142.786482	45.902942	-2.991436
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						

Cuadro N°16a. 12-10 dDF Temperatura Media.							
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.25	5786	29.46	-102195	9325.700035	-200.17416
El Paso 144	0.0001	0.47	6649	23.95	-71404	6082.432045	-114.97713
Tacuari	0.0001	0.18	7155	22.15	-71039	6684.531437	-141.86411
Caraguata	0.0001	0.35	6198	30.43	-161259	14695	-321.57231
L 1130	0.0052	0.20	6415	29.54	-103190	9460.538829	-203.41737
L 1119	0.0005	0.39	6502	30.18	-270784	24884	-557.1577
Cuaró	0.0001	0.46	6372	29.22	-254305	22557	-486.83846
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.43	30.43	45.35	708.958862	-53.944664	1.049813
El Paso 144	0.0001	0.50	29.43	45.01	763.865913	-57.684845	1.102208
Tacuari	0.0042	0.11	21.31	56.79	89.020024	-3.407382	0.017539
Caraguata	0.0001	0.66	23.82	49.75	1621.928998	-137.015528	2.922858
L 1130	0.0004	0.29	27.27	56.03	1131.13072	-95.259493	2.047739
L 1119	0.0001	0.52	29.75	52.83	2286.649455	-199.108451	4.377454
Cuaró	0.0001	0.47	35.57	47.43	1464.260792	-116.632848	2.348216

Cuadro N°17a. 12-10 dDF Heliofania.							
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	0.0381	0.07	5786	32.94	10153	-1580.008861	127.998603
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.0943	0.05	7155	23.89	13593	-1868.50823	130.036873
Caraguata	0.0023	0.14	6198	34.85	507.852547	740.822556	-0.811412
L 1130	0.0127	0.17	6415	30.12	47357	-10330	644.377083
L 1119	0.0013	0.35	6502	31.16	89210	-21080	1326.98838
Cuaró	n.s						
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	0.0704	0.05	30.43	58.56	-67.748396	28.063654	-1.93094
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.0539	0.06	21.31	58.36	-42.711477	16.482804	-1.032858
Caraguata	0.0311	0.08	23.82	81.15	149.198802	-29.752858	1.722237
L 1130	0.0033	0.22	27.27	58.61	-365.100549	97.600238	-6.003944
L 1119	0.0024	0.32	29.75	62.85	-678.662183	179.850334	-11.278708
Cuaró	0.0986	0.13	35.57	60.86	-294.740604	81.621574	-4.965008

Cuadro N°18a. 10-30 dDF Temperatura Media.							
Peso de 1000 granos.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.19	23.08	6.19	38.127332	-1.910317	0.056536
El Paso 144	0.0001	0.28	25.77	6.28	30.883214	-1.15323	0.04357
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0012	0.15	23.52	4.22	45.197149	-2.429033	0.066229
L 1130	0.0006	0.28	24.24	7.66	73.851752	-5.613285	0.154337
L 1119	0.0933	0.14	23.62	6.32	80.128811	-5.940546	0.15426
Cuaró	0.0164	0.23	23.19	5.67	132.351068	-11.074772	0.278824
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.35	5786	27.52	-28037	2630.871628	-48.168835
El Paso 144	0.0001	0.45	6691	24.01	-71642	6905.210232	-149.7918
Tacuari	0.0001	0.18	7155	22.16	-27910	2935.401256	-60.124927
Caraguata	0.0001	0.20	6198	33.74	-977.879221	941.303368	10.138422
L 1130	0.0003	0.29	6415	27.85	-74579	7479.302845	-171.02156
L 1119	0.0001	0.63	6502	23.47	-142409	14118	-331.96424
Cuaró	0.0001	0.71	6372	21.27	-212583	20004	-453.88043
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.43	30.43	45.51	447.495087	-33.948449	0.665503
El Paso 144	0.0001	0.36	28.81	53.15	478.360651	-37.59883	0.76197
Tacuari	0.0001	0.17	21.31	54.68	-26.751274	7.750279	-0.256386
Caraguata	0.0001	0.59	23.82	54.46	819.692678	-70.692226	1.549271
L 1130	0.0001	0.39	27.27	51.99	355.338241	-26.299998	0.50077
L 1119	0.0001	0.73	29.75	39.85	1269.214747	-115.506885	2.66568
Cuaró	0.0001	0.65	35.57	38.53	1836.366656	-163.512736	3.684804

Cuadro N°19a. 10-30 dDF Temperatura media.							
Blanco Total.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.009	0.10	69.44	2.41	56.450241	0.949609	-0.01562
El Paso 144	0.0005	0.15	66.81	3.07	4.570764	5.694396	-0.129025
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0001	0.31	70.21	3.24	-91.525658	15.609792	-0.374205
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0001	0.57	67.03	1.96	-220.27571	27.428272	-0.651851
Granos Enteros							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.22	60.01	9.55	104.226481	-6.256336	0.196672
El Paso 144	0.0005	0.15	58.15	14.5	-167.417412	20.329035	-0.452749
Tacuari	0.0004	0.15	63.9	5.62	25.802879	2.744728	-0.044573
Caraguata	0.0001	0.56	63.38	8.38	-473.118486	50.915608	-1.200066
L 1130	0.0001	0.36	58.49	10.43	-175.233125	20.79945	-0.455854
L 1119	0.0006	0.38	59.09	9.46	-114.728222	15.118754	-0.321429
Cuaró	0.0046	0.29	57.81	10.42	-98.900092	12.573553	-0.241678
Granos Quebrados.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.19	9.43	54.79	-47.77624	7.205945	-0.212292
El Paso 144	0.0021	0.13	8.56	81.51	179.128094	-15.422475	0.344755
Tacuari	0.0001	0.21	5.61	47.67	35.286874	-2.027557	0.029569
Caraguata	0.0001	0.60	6.82	53.46	382.219286	-35.38064	0.827968
L 1130	0.0001	0.37	10.59	52.75	235.574022	-20.07715	0.44148
L 1119	0.0004	0.40	10.88	49.01	170.495302	-13.685993	0.285578
Cuaró	0.0309	0.20	9.21	63.66	-119.798696	14.69777	-0.406302
Yesado.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0001	0.21	4.12	104.18	159.960393	-14.216661	0.321355
El Paso 144	0.0002	0.17	3.8	87.75	79.781125	-6.643886	0.142695
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0003	0.19	2.23	71.83	75.494797	-7.001458	0.166182
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
Manchado.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Med	Tmed.cuad
Bluebelle	0.0003	0.16	0.42	143.1	24.285524	-2.230657	0.051754
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.0001	0.27	0.5	111.5	30.759181	-2.988178	0.073137
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0127	0.24	0.89	68.25	9.977246	-0.642377	0.009868

Cuadro N°20a. 10-30 dDF Heliofania.							
Peso de 1000 granos.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.017	0.08	21.82	5.86	28.864494	-1.977839	0.134419
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	0.0002	0.16	5786	31.22	-887.275062	1387.065534	-59.278879
El Paso 144	0.0004	0.15	6691	29.9	17164	-4180.977147	378.612669
Tacuari	0.0406	0.07	7155	23.68	5698.661632	31.067616	25.152945
Caraguata	0.0001	0.20	6198	33.54	-977.879221	941.303368	10.138422
L 1130	0.053	0.12	6415	31.07	-22532	7396.044786	-461.51411
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0012	0.15	23.82	77.94	203.642572	-44.381978	2.632
L 1130	0.0132	0.17	27.27	60.39	359.143992	-86.224001	5.489694
L 1119	0.0764	0.15	29.75	70.26	15.8505	13.267593	-1.573489
Cuaró	n.s						

Cuadro N°21a. 10-30 dDF Heliofanía.							
Blanco Total.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.027	0.07	69.51	2.28	59.910818	2.850547	-0.204862
Caraguata	0.0692	0.06	70.21	3.77	50.217471	5.177305	-0.326313
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0942	0.14	67.03	2.79	98.206143	-9.077751	0.647808
Granos Enteros							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.0177	0.08	63.9	5.94	41.095266	6.641518	-0.468566
Caraguata	0.0018	0.15	63.37	11.7	-30.415562	24.569136	-1.569964
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
Granos Quebrados.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	n.s						
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.0891	0.05	5.6	52.16	18.815553	-3.790971	0.263703
Caraguata	0.0008	0.16	6.82	77.77	79.446594	-19.073978	1.222576
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0222	0.21	9.21	63.01	133.715048	-36.359996	2.602182
Yesado.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	0.0001	0.37	4.12	92.74	40.502806	-8.631938	0.466501
El Paso 144	0.0572	0.06	3.8	93.29	16.932492	-3.626129	0.241331
Tacuari	0.0022	0.12	3.49	62.05	6.491711	-0.174977	-0.036172
Caraguata	0.0081	0.11	2.23	74.98	18.443454	-4.153404	0.258327
L 1130	0.0709	0.11	4.66	80.17	70.639222	-17.451319	1.134421
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						
Manchado.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	He	He cuad.
Bluebelle	0.006	0.10	0.42	147.96	2.894111	-0.573761	0.029962
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.014	0.09	0.5	124.3	1.810678	-0.231957	0.006029
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						

Cuadro N°22a. 10-30 dDF Temperatura Maxima.							
Peso de 1000 granos.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Max	Tmax.cuad
Bluebelle	0.0076	0.10	23.08	6.52	26.570434	-0.546947	0.015585
El Paso 144	0.0001	0.33	25.77	6.06	88.014557	-5.460836	0.117167
Tacuari	0.0419	0.07	21.82	5.92	55.411878	-2.400869	0.042621
Caraguata	0.0168	0.10	23.52	4.36	40.737362	-1.471779	0.030811
L 1130	0.0005	0.28	24.24	7.62	170.837686	-12.010372	0.243609
L 1119	0.0022	0.33	23.62	5.6	206.889172	-14.506155	0.285421
Cuaró	0.0001	0.45	23.19	4.79	385.07682	-27.765427	0.531037
Rendimiento.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Max	Tmax.cuad
Bluebelle	0.0001	0.41	5786	26.25	16595	-1540.351922	42.514947
El Paso 144	0.0001	0.40	6691	25.27	-85509	6388.995724	-109.14077
Tacuari	0.0001	0.23	7155	21.56	-1574.294131	227.061005	3.51671
Caraguata	0.0001	0.56	6198	24.83	-16947	835.727109	1.166112
L 1130	0.0013	0.25	6415	28.68	11416	-1041.583641	32.192386
L 1119	0.0001	0.55	6502	26.01	-210980	16079	-295.60478
Cuaró	0.0003	0.40	6372	30.74	-154138	10931	-183.8256
% Esterilidad							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Max	Tmax.cuad
Bluebelle	0.0001	0.28	30.43	50.99	70.924644	1.947499	-0.130627
El Paso 144	0.0001	0.26	28.81	56.95	1011.558807	-71.229115	1.281916
Tacuari	0.0437	0.06	21.31	58.23	31.194703	0.933322	-0.047756
Caraguata	0.0001	0.50	23.82	59.75	964.622485	-64.98252	1.108346
L 1130	0.0001	0.35	27.27	53.63	-127.258821	18.551221	-0.479518
L 1119	0.0001	0.66	29.75	44.63	1536.912698	-107.794832	1.910603
Cuaró	0.0007	0.36	35.57	52.25	1348.674291	-88.70528	1.477072

Cuadro N°23a. 10-30 dDF Temperatura Máxima.							
Blanco Total.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Max	Tmax.cuad
Bluebelle	0.0174	0.08	69.44	2.42	62.596183	0.291237	-0.001229
El Paso 144	0.0005	0.15	66.81	3.07	-46.478726	8.394497	-0.15473
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0001	0.27	70.21	3.34	-70.832188	10.251682	-0.185153
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	0.0007	0.36	67.03	2.39	-360.233619	31.682419	-0.585932
Granos Enteros							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Max	Tmax.cuad
Bluebelle	0.0002	0.16	60.01	9.88	78.911766	-2.926218	0.083086
El Paso 144	0.0008	0.14	58.15	14.57	-349.079234	29.911615	-0.546205
Tacuari	0.0097	0.09	63.9	5.79	0.951228	4.151553	-0.067089
Caraguata	0.0001	0.51	63.37	8.86	-445.91996	36.517018	-0.649907
L 1130	0.0001	0.37	58.49	10.36	-47.146235	5.384334	-0.052
L 1119	0.0008	0.37	59.09	9.53	-157.696834	14.492147	-0.236362
Cuaró	0.0722	0.15	57.81	11.36	-495.445725	39.873959	-0.715702
Granos Quebrados.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Max	Tmax.cuad
Bluebelle	0.0007	0.14	9.43	56.43	-16.315584	3.217455	-0.084315
El Paso 144	0.0058	0.11	8.56	82.39	281.385472	-19.971596	0.363364
Tacuari	0.0033	0.11	5.61	50.37	26.877173	-1.076449	0.010677
Caraguata	0.0001	0.55	6.82	56.85	373.064705	-26.123567	0.462277
L 1130	0.0001	0.37	10.59	53.11	229.191988	-14.448991	0.232594
L 1119	0.0005	0.39	10.88	49.27	220.188205	-13.91761	0.225371
Cuaró	n.s						
Yesado.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Max	Tmax.cuad
Bluebelle	0.0001	0.22	4.12	103.49	12.674486	0.508397	-0.03124
El Paso 144	0.0001	0.22	3.8	84.79	186.051103	-13.267377	0.239927
Tacuari	n.s						
Caraguata	0.0001	0.22	2.23	70.21	85.579606	-6.055862	0.109324
L 1130	0.0379	0.13	4.66	79.09	-110.304102	9.779061	-0.204721
L 1119	0.0388	0.19	3.56	66.78	-242.342158	19.244928	-0.374658
Cuaró	n.s						
Manchado.							
	Prob.>F	R2	Media	CV	Intercepto	T.Max	Tmax.cuad
Bluebelle	0.0048	0.11	0.42	147.6	-3.384314	0.416412	-0.01024
El Paso 144	n.s						
Tacuari	0.0556	0.06	0.5	126.14	19.040671	-1.423231	0.027137
Caraguata	n.s						
L 1130	n.s						
L 1119	n.s						
Cuaró	n.s						

**Cuadro N°24a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para siembras en época normal, en Bluebelle.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	0.004	0.19	6609	21.14	2971.289	9.628	-0.004
Rend y Pan 2	0.0009	0.19	6609	20.97	3958.294	5.583	
Rend y Grt 1	n.s						
Rend y Grt 2	n.s						
Rend y Est 1	0.0261	0.13	6609	21.92	4912.286	173.623	-3.625
Rend y Est 2	n.s						
Rend y peso 1	n.s						
Rend y peso 2	n.s						
Pan y Grt	0.0067	0.13	475	23.53	688.502	-1.795	
Pan y Est	n.s						
Pan y Peso	n.s						
Grt y Est	0.0779	0.06	119	19.65	106.785	0.564	
Grt y Peso	n.s						
Est y Peso	0.0125	0.11	21.91	44.08	93.32	-3.023	

1= ajuste cuadrático 2= ajuste lineal Rend= rendimiento (Kg/ha) Pan= panículas/m<sup>2</sup>

Grt= granos totales/ panícula Est= esterilidad (%) Peso= peso de 1000 granos (gramos) n.s= Prob.F> 0.10

**Cuadro N°25a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para siembras en época normal, en El Paso 144.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	n.s						
Rend y Pan 2	n.s						
Rend y Grt 1	n.s						
Rend y Grt 2	n.s						
Rend y Est 1	0.0045	0.19	7803	15.69	8643.307	-21.292	-0.704
Rend y Est 2	0.0012	0.19	7803	15.59	8952.797	-54.506	
Rend y peso 1	0.0051	0.19	7803	15.73	-90460	7208.707	-131.708
Rend y peso 2	0.0126	0.12	7803	16.27	-621.426	317.949	
Pan y Grt	0.0005	0.21	575	22.37	894.359	-3.254	
Pan y Est	n.s						
Pan y Peso	0.0282	0.09	575	24.04	-226.157	30.25	
Grt y Est	n.s						
Grt y Peso	0.0341	0.09	98	20.05	207.871	-4.145	
Est y Peso	n.s						

**Cuadro N°26a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para siembras en época normal, en INIA Tacuarí.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	0.0012	0.23	7851	16.82	6452.515	-0.434	0.006
Rend y Pan 2	0.0003	0.23	7851	16.69	4918.612	5.794	
Rend y Grt 1	n.s						
Rend y Grt 2	n.s						
Rend y Est 1	n.s						
Rend y Est 2	n.s						
Rend y peso 1	n.s						
Rend y peso 2	n.s						
Pan y Grt	0.0037	0.15	506	22.45	736.319	-1.794	
Pan y Est	n.s						
Pan y Peso	0.083	0.06	506	23.66	1161.021	-29.969	
Grt y Est	0.0636	0.06	128	20.11	145.249	-1.049	
Grt y Peso	n.s						
Est y Peso	0.0733	0.06	16.14	38.83	51.583	-1.622	

**Cuadro N°27a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para siembras en época normal, en INIA Caraguatá.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	0.0001	0.53	7363	15.73	3780.192	6.801	0.0002
Rend y Pan 2	0.0001	0.53	7363	15.55	3705.551	7.078	
Rend y Grt 1	0.0066	0.21	7363	20.34	10967	-38.614	0.019
Rend y Grt 2	0.0014	0.21	7363	20.11	10787	-34.817	
Rend y Est 1	n.s						
Rend y Est 2	n.s						
Rend y peso 1	n.s						
Rend y peso 2	0.0601	0.08	7363	21.69	-7357.128	615.167	
Pan y Grt	0.0001	0.33	517	27	959.609	-4.503	
Pan y Est	n.s						
Pan y Peso	0.0767	0.07	517	31.84	-907.518	59.521	
Grt y Est	n.s						
Grt y Peso	0.0274	0.11	98	20.95	322.88	-9.384	
Est y Peso	0.0984	0.06	14.35	38	58.332	-1.837	

**Cuadro N°28a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para siembras en época normal, en L 1130.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	n.s						
Rend y Pan 2	n.s						
Rend y Grt 1	0.0452	0.23	7440	18.39	9309.515	-74.285	0.539
Rend y Grt 2	0.0176	0.21	7440	18.27	3822.589	36.326	
Rend y Est 1	0.0689	0.2	7440	18.71	8045.524	1.599	-1.595
Rend y Est 2	0.0255	0.18	7440	18.51	8882.682	-78.959	
Rend y peso 1	n.s						
Rend y peso 2	n.s						
Pan y Grt	0.0014	0.34	456	13.94	694.702	-2.401	
Pan y Est	n.s						
Pan y Peso	0.0592	0.14	456	15.97	46.872	16.215	
Grt y Est	n.s						
Grt y Peso	0.0835	0.12	100	17.97	191.271	-3.637	
Est y Peso	n.s						

**Cuadro N°29a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para siembras en época normal, en L 1119.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	0.003	0.37	7892	14.07	18286	-31.962	0.022
Rend y Pan 2	0.0128	0.33	7892	14.09	11691	-7.589	
Rend y Grt 1	n.s						
Rend y Grt 2	n.s						
Rend y Est 1	0.0264	0.38	7892	13.95	14263	-793.349	22.379
Rend y Est 2	n.s						
Rend y peso 1	n.s						
Rend y peso 2	n.s						
Pan y Grt	0.0743	0.19	501	18.52	722.078	-2.089	
Pan y Est	n.s						
Pan y Peso	n.s						
Grt y Est	n.s						
Grt y Peso	n.s						
Est y Peso	n.s						

**Cuadro N°30a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para siembras en época normal, en INIA Cuaró.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	n.s						
Rend y Pan 2	n.s						
Rend y Grt 1	n.s						
Rend y Grt 2	0.0601	0.19	7742	11.95	9900.409	-20.439	
Rend y Est 1	0.0049	0.49	7742	9.83	6537.651	176.533	-4.913
Rend y Est 2	n.s						
Rend y peso 1	n.s						
Rend y peso 2	0.0749	0.17	7742	12.08	1873.932	247.946	
Pan y Grt	n.s						
Pan y Est	0.0953	0.16	551	16.17	645.065	-4.421	
Pan y Peso	n.s						
Grt y Est	n.s						
Grt y Peso	0.0018	0.45	106	15.58	307.026	-8.511	
Est y Peso	0.0625	0.19	21.22	36.65	72.475	-2.166	

**Cuadro N°31a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para el total de épocas de siembra , en Bluebelle.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	0.0222	0.08	5786	32.75	5511.335	-3.392	0.008
Rend y Pan 2	0.0075	0.07	5786	32.66	3537.972	4.889	
Rend y Grt 1	n.s						
Rend y Grt 2	n.s						
Rend y Est 1	0.0001	0.53	5786	23.41	6216.803	45.622	-1.454
Rend y Est 2	0.0001	0.45	5786	25.15	7983.747	-72.227	
Rend y peso 1	n.s						
Rend y peso 2	0.1	0.03	5786	33.44	977.051	208.376	
Pan y Grt	0.0043	0.08	460	22.57	606.643	-1.256	
Pan y Est	n.s						
Pan y Peso	n.s						
Grt y Est	n.s						
Grt y Peso	0.0569	0.04	117	20.78	187.369	-3.051	
Est y Peso	0.0001	0.17	30.43	54.52	141.252	-4.802	

**Cuadro N°32a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para el total de épocas de siembra , en El Paso 144.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	n.s						
Rend y Pan 2	n.s						
Rend y Grt 1	0.0357	0.07	6649	31.59	588.931	109.069	-0.446
Rend y Grt 2	0.0171	0.06	6649	31.59	4281.168	25.909	
Rend y Est 1	0.0001	0.63	6649	19.81	8609.964	-43.589	-0.561
Rend y Est 2	0.0001	0.62	6649	20.2	9323.59	-90.893	
Rend y peso 1	0.0003	0.17	6649	29.9	-16995	1395.113	-18.461
Rend y peso 2	0.0001	0.17	6649	29.76	-5415.551	467.49	
Pan y Grt	0.0004	0.13	561	20.98	762.756	-2.209	
Pan y Est	n.s						
Pan y Peso	n.s						
Grt y Est	0.0013	0.11	91	21.33	102.062	-0.363	
Grt y Peso	n.s						
Est y Peso	0.0001	0.19	29.43	57.25	140.583	-4.307	

**Cuadro N°33a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para el total de épocas de siembra , en INIA Tacuarí.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	0.069	0.06	7155	23.81	7522.18	-5.075	0.008
Rend y Pan 2	0.026	0.05	7155	23.74	5442.016	3.466	
Rend y Grt 1	0.0355	0.07	7155	23.65	2258.288	66.777	-0.209
Rend y Grt 2	0.0387	0.04	7155	23.82	5551.673	12.832	
Rend y Est 1	0.0001	0.21	7155	21.72	7501.64	22.336	-1.341
Rend y Est 2	0.0001	0.19	7155	21.98	8413.615	-59.069	
Rend y peso 1	0.0007	0.14	7155	22.68	-54460	5898.906	-140.411
Rend y peso 2	0.0152	0.06	7155	23.62	14200	-322.889	
Pan y Grt	0.0001	0.18	494	20.89	702.368	-1.666	
Pan y Est	n.s						
Pan y Peso	n.s						
Grt y Est	0.0355	0.05	125	22.34	135.14	-0.479	
Grt y Peso	0.0149	0.06	125	22.17	240.69	-5.305	
Est y Peso	n.s						

**Cuadro N°34a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para el total de épocas de siembra , en INIA Caraguatá.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	0.0001	0.23	6198	32.98	7466.881	-10.813	0.015
Rend y Pan 2	0.0001	0.18	6198	33.75	2768.917	6.952	
Rend y Grt 1	0.0002	0.19	6198	33.86	3397	-96.096	0.237
Rend y Grt 2	0.0001	0.19	6198	33.73	11077	-48.204	
Rend y Est 1	0.0001	0.59	6198	23.94	7512.726	-25.105	-0.746
Rend y Est 2	0.0001	0.58	6198	24.26	8287.073	-87.602	
Rend y peso 1	0.0175	0.1	6198	35.75	-16816	1537.098	-23.769
Rend y peso 2	0.0107	0.08	6198	35.89	-6928.888	557.605	
Pan y Grt	0.0001	0.34	493	23.62	900.243	-4.021	
Pan y Est	n.s						
Pan y Peso	0.0209	0.06	493	28.08	-243.827	31.311	
Grt y Est	0.0052	0.09	101	19.49	93.74	0.313	
Grt y Peso	0.0768	0.04	101	20.06	183.409	-3.492	
Est y Peso	0.0254	0.06	23.84	81.79	124.199	-4.263	

**Cuadro N°35a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes para el total de épocas de siembra , en L 1130.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	n.s						
Rend y Pan 2	n.s						
Rend y Grt 1	n.s						
Rend y Grt 2	n.s						
Rend y Est 1	0.0001	0.67	6415	19.17	9101.372	-100.974	0.065
Rend y Est 2	0.0001	0.67	6415	18.97	9026.199	-95.713	
Rend y peso 1	n.s						
Rend y peso 2	0.1	0.06	6415	31.85	971.964	225.055	
Pan y Grt	0.0319	0.09	477	16.92	597.669	-1.247	
Pan y Est	0.0642	0.07	477	17.13	442.437	1.261	
Pan y Peso	n.s						
Grt y Est	n.s						
Grt y Peso	n.s						
Est y Peso	0.0398	0.09	27.29	62.71	85.32	-2.399	

**Cuadro N°36a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes  
para el total de épocas de siembra , en L. 1119.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	n.s						
Rend y Pan 2	n.s						
Rend y Grt 1	n.s						
Rend y Grt 2	n.s						
Rend y Est 1	0.0001	0.79	6502	17.96	9310.653	-90.582	-0.081
Rend y Est 2	0.0001	0.78	6502	17.69	9420.727	-97.953	
Rend y peso 1	n.s						
Rend y peso 2	n.s						
Pan y Grt	0.0623	0.1	494	19.24	6662.543	-1.622	
Pan y Est	n.s						
Pan y Peso	n.s						
Grt y Est	n.s						
Grt y Peso	n.s						
Est y Peso	0.0835	0.09	29.79	71.48	129.762	-4.243	

**Cuadro N°37a. Regresiones de rendimiento con componentes y entre componentes  
para el total de épocas de siembra , en INIA Cuaró.**

Regresión entre:	Prob>F	R2	Media	C.V	Intercepto	X	X2
Rend y Pan 1	0.0137	0.24	6372	34.71	4628.695	16.515	-0.023
Rend y Pan 2	0.0048	0.22	6372	34.59	12510	-10.64	
Rend y Grt 1	n.s						
Rend y Grt 2	n.s						
Rend y Est 1	0.0001	0.81	6372	17.45	7527.901	38.425	-1.433
Rend y Est 2	0.0001	0.74	6372	20.12	9671.598	-92.769	
Rend y peso 1	n.s						
Rend y peso 2	0.0668	0.1	6372	37.11	-5559.383	513.638	
Pan y Grt	0.0177	0.16	577	17.33	759.819	-1.891	
Pan y Est	0.0217	0.15	577	17.42	511.688	1.832	
Pan y Peso	n.s						
Grt y Est	0.0766	0.09	97	22.63	107.542	-0.303	
Grt y Peso	n.s						
Est y Peso	0.0223	0.15	35.57	59.7	171.144	-5.836	

**Cuadro N°38a. Regresiones lineales de rendimiento con esterilidad en genotipos indicas y japónicas para época de siembra normal.**

	Prob>F	n	R2	C.V %	Media (Kg/ha)	Intercepto	Esterilidad
Japónicas	0.015	200	0.03	21.31	7345	7939.54437	-33.82064
Indicas	0.0002	72	0.18	14.65	7787	8903.01756	-52.824446

**Cuadro N°39a. Regresiones cuadráticas de rendimiento con esterilidad en genotipos indicas y japónicas para época de siembra normal.**

	Prob>F	n	R2	C.V %	Media (Kg/ha)	Intercepto	Esterilidad	Est cuad
Japónicas	0.0015	200	0.06	20.99	7345	6871.46909	82.86158	-2.626677
Indicas	0.0003	72	0.21	14.52	7787	8281.60128	12.787886	-1.401652

**Cuadro N°40a. Regresiones lineales de rendimiento con esterilidad en genotipos indicas y japónicas para el total de épocas de siembra.**

	Prob>F	n	R2	C.V %	Media (Kg/ha)	Intercepto	Esterilidad
Japónicas	0.0001	360	0.5	23.17	6403	8561.99456	-83.184892
Indicas	0.0001	128	0.65	20.13	6572	9397.28447	-90.791454

**Cuadro N°41a. Regresiones cuadráticas de rendimiento con esterilidad en genotipos indicas y japónicas para el total de épocas de siembra.**

	Prob>F	n	R2	C.V %	Media (Kg/ha)	Intercepto	Esterilidad	Est cuad
Japónicas	0.0001	360	0.53	22.65	6403	7710.79619	-20.213421	-0.787154
Indicas	0.0001	128	0.68	19.36	6572	8400.00898	-26.378663	-0.7402

**Bluebelle**

Cuadro N°42a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en siembras de octubre y noviembre.

Esterilidad %	$Y = 76.568 + 1.916 (\text{He}20\text{dPF}) - 3.057 (\text{Tem}12+10\text{dDF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y = 21.119 + 0.576 (\text{Tem}30-15\text{dPF}) - 0.688 (\text{Tem}30\text{dPF}) - 0.225 (\text{He}20\text{dPF}) + 0.296 (\text{Tem}10\text{dDF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y = 21591.298 - 648.447 (\text{Tem}30-15\text{dPF})$

Cuadro N°43a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en el total de épocas de siembra.

Panículas/ m2	$Y = 349.037 + 13.882 (\text{He}20\text{dPF})$
Granos tot/ panícula	$Y = 94.239 + 3.001 (\text{He}10\text{dDF})$
Esterilidad %	$Y = 229.665 + 5.202 (\text{He}30-15\text{dPF}) - 5.166 (\text{Tem}12+10\text{dDF}) - 5.988 (\text{Tem}10-30\text{dDF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y = 14.312 - 0.191 (\text{He}20\text{dPF}) + 0.232 (\text{Tem}10\text{dDF}) + 0.248 (\text{Tem}10-30\text{dDF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y = -8288.611 + 595.932 (\text{Tem}10-30\text{dDF}) + 216.738 (\text{He}10-30\text{dDF})$

**El Paso 144.**

Cuadro N°44a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en siembras de octubre y noviembre.

Panículas/ m2	$Y = 512.474 + 89.499 (\text{Tem}20\text{dPF}) - 86.829 (\text{Tem}12\text{dPF})$
Granos tot/ panícula	$Y = 83.264 + 3.355 (\text{Tem}12\text{dPF}) - 2.766 (\text{Tem}10\text{dDF})$
Esterilidad %	$Y = 118.609 - 4.229 (\text{Tem}20\text{dPF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y = 6.821 + 0.264 (\text{Tem}10\text{dDF}) + 0.529 (\text{Tem}10-30\text{dDF}) + 0.327 (\text{He}10-30\text{dDF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y = 10828.800 - 541.271 (\text{Tem}30\text{dPF}) + 259.711 (\text{Tem}20\text{dPF}) - 373.447 (\text{He}12+10\text{dDF}) + 287.319 (\text{Tem}10\text{dDF})$

Cuadro N°45a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en el total de épocas de siembra.

Panículas/ m2	$Y = 737.419 - 14.858 (\text{Tem}12\text{dPF}) + 21.874 (\text{He}10\text{dDF})$
Granos tot/ panícula	$Y = -50.221 + 6.254 (\text{Tem}30-15\text{dPF})$
Esterilidad %	$Y = 190.127 + 2.488 (\text{Tem}30\text{dPF}) + 3.393 (\text{He}20\text{dPF}) - 7.251 (\text{Tem}12+10\text{dDF}) + 5.195 (\text{He}12+10\text{dDF}) - 5.932 (\text{Tem}10-30\text{dDF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y = 12.877 + 0.627 (\text{Tem}10-30\text{dDF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y = -16308.447 + 293.187 (\text{He}30\text{dPF}) - 353.761 (\text{He}20\text{dPF}) + 6489.0399 (\text{Tem}12\text{dPF}) - 13384.490 (\text{Tem}12+10\text{dDF}) + 7143.532 (\text{Tem}10\text{dDF}) + 316.963 (\text{Tem}10-30\text{dDF}) + 528.629 (\text{He}10-30\text{dDF})$

**Tacuari.****Cuadro N°46a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en siembras de octubre y noviembre.**

Paniculas/ m2	$Y = 286.503 + 25.851 (\text{He}20\text{dPF})$
Granos tot/ panícula	$Y = 57.334 - 7.174 (\text{He}30-15\text{dPF}) + 5.929 (\text{Tem}12+10\text{dDF})$
Esterilidad %	$Y = -3.059 + 3.289(\text{He}30\text{dPF}) + 1.874(\text{Tem}12+10\text{dDF}) + 1.440(\text{He}10\text{dDF}) - 2.94 (\text{Tem}10-30\text{dDF}) + 4.163 (\text{He}10-30\text{dDF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y = 22.546 + 0.187 (\text{He}30-15\text{dPF}) - 0.288 (\text{He}20\text{dPF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y = 40019.149 - 302.747 (\text{Tem}30-15\text{dPF}) - 542.722 (\text{He}30\text{dPF}) - 595.906 (\text{Tem}10\text{dDF}) - 964.411 (\text{He}10-30\text{dDF})$

**Cuadro N°47a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en el total de épocas de siembra.**

Paniculas/ m2	$Y = 647.133 - 22.112 (\text{He}10-30\text{dDF})$
Granos tot/ panícula	$Y = -18.015 - 4.236 (\text{He}20\text{dPF}) + 7.834 (\text{Tem}12+10\text{dDF})$
Esterilidad %	$Y = 91.366 + 4.458 (\text{He}12+10\text{dDF}) - 4.936 (\text{Tem}10-30\text{dDF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y = 27.135 - 0.154 (\text{Tem}12+10\text{dDF}) - 0.269 (\text{He}10-30\text{dDF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y = -5904.229 + 267.992 (\text{Tem}12\text{dPF}) + 205.697 (\text{Tem}10-30\text{dDF}) + 306.267 (\text{He}10-30\text{dDF})$

**Caraguatá.****Cuadro N°48a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en siembras de octubre y noviembre.**

Paniculas/ m2	$Y = 1026.491 - 47.374 (\text{Tem}12+10\text{dDF}) + 76.163 (\text{He}10-30\text{dDF})$
Granos tot/ panícula	$Y = 210.076 - 4.687 (\text{He}12+10\text{dDF}) - 9.948 (\text{He}10-30\text{dDF})$
Esterilidad %	$Y = 63.306 - 1.546 (\text{Tem}30\text{dPF}) - 1.843 (\text{He}10-30\text{dDF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y = 21.299 - 0.192 (\text{He}30-15\text{dPF}) + 0.137 (\text{Tem}10\text{dDF}) + 0.153 (\text{He}10\text{dDF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y = 43479.023 - 1841.071 (\text{Tem}30\text{dPF}) - 837.849 (\text{He}30\text{dPF}) + 1175.553 (\text{Tem}20\text{dPF}) - 622.685 (\text{Tem}10\text{dDF})$

**Cuadro N°49a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en el total de épocas de siembra.**

Paniculas/ m2	$Y = 212.65 + 39.669 (\text{He}10-30\text{dDF})$
Granos tot/ panícula	$Y = 163.379 - 3.238 (\text{He}12+10\text{dDF}) - 5.241 (\text{He}10-30\text{dDF})$
Esterilidad %	$Y = 289.433 - 5.883 (\text{Tem}12+10\text{dDF}) + 3.776 (\text{He}12+10\text{dDF}) - 6.611 (\text{Tem}10-30\text{dDF}) - 3.914 (\text{He}10-30\text{dDF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y = 19.636 + 0.282 (\text{Tem}10-30\text{dDF}) - 0.282 (\text{He}10-30\text{dDF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y = -14733.023 + 820.538 (\text{Tem}10-30\text{dDF}) + 544.242 (\text{He}10-30\text{dDF})$

## L 1130.

Cuadro N°50a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en siembras de octubre y noviembre.

Paniculas/ m2	$Y=856.965-58.945(\text{He}20\text{dPF})-33.517(\text{Tem}12\text{dPF})+59.818(\text{Tem}10-30\text{dPF})-63.504(\text{He}10-30\text{dDF})$
Granos tot/ panícula	$Y=352.542-11.569(\text{Tem}10-30\text{dDF})$
Esterilidad %	$Y=-19.612+4.452(\text{He}20\text{dPF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y=42.051-0.742(\text{Tem}30\text{dPF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y=41394.366-620.912(\text{He}30-15\text{dPF})+356.496(\text{He}10\text{dDF})-1433.291(\text{Tem}10-30\text{dDF})$

Cuadro N°51a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en el total de épocas de siembra.

Paniculas/ m2	$Y=1050.359-26.257(\text{Tem}12+10\text{dDF})$
Granos tot/ panícula	$Y=-57.033+6.029(\text{He}30\text{dPF})+6.762(\text{Tem}12\text{dPF})-5.522(\text{Tem}10-30\text{dDF})+9.862(\text{He}10-30\text{dDF})$
Esterilidad %	$Y=189.249+4.774(\text{He}30\text{dPF})+11.504(\text{Tem}20\text{dPF})-24.409(\text{Tem}12+10\text{dDF})+9.755(\text{He}12+10\text{dDF})+8.632(\text{Tem}10\text{dDF})-9.112(\text{Tem}10-30\text{dDF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y=11.865+0.599(\text{Tem}10-30\text{dDF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y=-4176.685-609.181(\text{He}12+10\text{dDF})+750.704(\text{Tem}10-30\text{dDF})$

## L 1119.

Cuadro N°52a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en siembras de octubre y noviembre.

Paniculas/ m2	$Y=-247.806+65.402(\text{Tem}30-15\text{dPF})-93.982(\text{He}30\text{dPF})$
Granos tot/ panícula	$Y=79.486-12.311(\text{Tem}30-15\text{dPF})+12.372(\text{Tem}12\text{dPF})+4.464(\text{He}10\text{dDF})$
Esterilidad %	$Y=-10.923+3.773(\text{He}20\text{dPF})-3.352(\text{Tem}10\text{dDF})+3.255(\text{Tem}10-30\text{dDF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y=20.825-0.303(\text{He}30-15\text{dPF})+0.803(\text{He}10-30\text{dDF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y=24597.372-485.336(\text{Tem}30-15\text{dPF})+649.737(\text{He}30-15\text{dPF})-1001.443(\text{Tem}20\text{dPF})+542.918(\text{Tem}12+10\text{dDF})$

Cuadro N°53a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en el total de épocas de siembra.

Paniculas/ m2	$Y=237.179+36.481(\text{He}10-30\text{dDF})$
Granos tot/ panícula	$Y=213.977-12.710(\text{Tem}30-15\text{dPF})+6.672(\text{He}30-15\text{dPF})+6.242(\text{Tem}10-30\text{dDF})$
Esterilidad %	$Y=207.425+8.066(\text{He}12+10\text{dDF})-10.462(\text{Tem}10-30\text{dDF})-3.995(\text{He}10-30\text{dDF})$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y=16.684+0.316(\text{Tem}12\text{dPF})$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y=5390.240-1645.704(\text{Tem}30-15\text{dPF})-1126.197(\text{He}30-15\text{dPF})+3523.582(\text{He}30\text{dPF})-3989.735(\text{He}12+10\text{dDF})+1856.002(\text{He}10\text{dDF})+1788.503(\text{Tem}10-30\text{dDF})$

## Cuaró.

Cuadro N°54a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en siembras de octubre y noviembre.

Panículas/ m2	$Y = -1144.643 + 67.827 (He20dPF) - 41.236 (Tem12+10dDF) - 80.936 (He12+10dDF) + 125.699 (Tem10-30dDF)$
Granos tot/ panícula	$Y = -96.164 + 24.271 (He30dPF)$
Esterilidad %	$Y = 47.392 + 7.749 (Tem12+10dDF) + 6.969 (He12+10dDF) - 10.232 (Tem10dDF) - 4.298 (He10dDF)$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y = 42.123 - 2.459 (He30dPF)$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y = 20876.825 - 563.708 (Tem30dPF)$

Cuadro N°55a. Regresión múltiple de rendimiento y componentes con el clima en el total de épocas de siembra.

Panículas/ m2	$Y = 904.060 + 91.366 (Tem30dPF) - 107.420 (Tem12dPF)$
Granos tot/ panícula	$Y = -56.104 + 19.005 (He30dPF)$
Esterilidad %	$Y = 261.028 + 6.032 (He12+10dDF) - 13.139 (Tem10-30dDF)$
Peso de 1000 granos (grs.)	$Y = 26.402 - 1.794 (He30dPF) + 0.741 (Tem10-30dDF) - 0.598 (He10-30dDF)$
Rendimiento (Kg/ha)	$Y = -21721.299 - 1380.157 (Tem20dPF) + 905.651 (Tem12+10dDF) - 628.108 (He10dDF) + 2115.067 (Tem10-30dDF)$

**Cuadro N°56a. Análisis de estabilidad de estabilidad productiva****Rendimientos por variedad e índice ambiental para épocas de siembra normal**

Bluebelle	El Paso 144	Tacuari	Caraguata	L 1130	L 1119	Cuaró	Indice ambiental
8303	10307	10364	9004	9684	9518	7912	1495
8728	9430	9781	8193	9215	10351	9061	1447
7987	9684	10202	7868	9825	10408	8518	1409
8298	9211	9114	9180	9136	8776	8018	1015
7180	9360	10219	8868	8526	8781	7478	826
6943	8377	10320	8035	8798	7478	8772	585
7719	8031	8211	8346	8004	8566	8026	325
7636	9526	7171	7912	7382	7425	8588	145
6548	8895	7754	6412	8202	7965	8904	7
7254	6404	8303	8452	8640	7807	7268	-72
6399	8522	7872	6518	9167	8180	7351	-88
7079	7636	7522	7434	8013	7096	8785	-152
6088	7811	6851	6868	6241	7031	7456	-897
5934	6763	7838	7254	5965	6526	7114	-1033
4737	7355	7864	6189	6364	6219	7171	-1247
3544	7211	7004	5246	6360	5811	6982	-1781
3570	6855	5566	4702	6289	6715	7088	-1978

**Cuadro N°57a. Análisis de estabilidad de estabilidad productiva****Rendimientos por variedad e índice ambiental para el total de épocas de siembra**

Bluebelle	El Paso 144	Tacuarí	Caraguatá	L 1130	L 1119	Cuaró	índice ambiental
8303	10307	10364	9004	9684	9518	7912	3005
8728	9430	9781	8193	9215	10351	9061	2957
7987	9684	10202	7868	9825	10408	8518	2919
8298	9211	9114	9180	9136	8776	8018	2525
7180	9360	10219	8868	8526	8781	7478	2336
6943	8377	10320	8035	8798	7478	8772	2095
7719	8031	8211	8346	8004	8566	8026	1835
7636	9526	7171	7912	7382	7425	8588	1655
7461	8917	7474	8307	8110	8825	6079	1588
6548	8895	7754	6412	8202	7965	8904	1517
7254	6404	8303	8452	8640	7807	7268	1438
6399	8522	7872	6518	9167	8180	7351	1422
7965	6412	7719	7162	8996	7601	8044	1406
7079	7636	7522	7434	8013	7096	8785	1358
6088	7811	6851	6868	6241	7031	7456	613
5934	6763	7838	7254	5965	6526	7114	477
5846	6048	7794	6618	6320	7610	6175	336
4737	7355	7864	6189	6364	6219	7171	263
6167	5982	7039	5412	6316	5925	7088	-18
3544	7211	7004	5246	6360	5811	6982	-271
3570	6855	5566	4702	6289	6715	7088	-468
4487	4912	7219	5219	5912	5382	6829	-585
3246	6798	4105	5908	3895	6316	8408	-769
4461	5311	4548	5232	5912	6127	6254	-888
4803	5596	6026	5215	4750	5224	6171	-896
3640	4904	5035	6000	5079	6364	5469	-1081
1825	4482	7592	3180	5123	4474	4518	-1838
2417	4158	4421	4583	4776	4974	5026	-1958
3746	2588	7162	2061	2496	4956	2110	-2706
2868	886	6241	2105	3399	2746	1557	-3465
1579	425	2912	482	2781	1399	627	-4836
1816	294	4662	781	1158	421	750	-4882
1408	96	3601	662	1316	675	798	-5072