



FACULTAD DE
AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

**DETERMINACION DE LAS EPOCAS
MAS ADECUADAS PARA REALIZAR
LAS COBERTURAS NITROGENADAS
EN EL CULTIVO DE ARROZ**

por

Francisco Javier DE LOS SANTOS FRICK
Marcelo JACQUES SANZ

T E S I S

1999

MONTEVIDEO

URUGUAY

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**DETERMINACIÓN DE LAS ÉPOCAS MÁS ADECUADAS PARA
REALIZAR LAS COBERTURAS NITROGENADAS EN EL
CULTIVO DE ARROZ**

por

Francisco Javier DE LOS SANTOS FRICK
Marcelo JACQUES SANZ

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
1999

Tesis aprobada por:

Director:

ENRIQUE DEAMBROSI

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha:

Autor:

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A los Ings. Agrs. Enrique Deambrosi y Ramón Méndez, por la dirección y colaboración permanente durante todas las etapas de realización del trabajo de tesis.

Al Sr. Luis Casales, por su colaboración en la evaluación de enfermedades en los ensayos.

Al personal del Paso de la Laguna, por su ayuda permanente en el trabajo de campo.

A nuestras familias, por el apoyo incondicional y estímulo durante todo el trabajo.

A la Facultad de Agronomía, por darnos todo lo que nos dio.

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N°	Página
1. Días por debajo de 15°C durante los meses de enero y febrero registrados en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna – INIA Treinta y Tres	40
2. Análisis de suelo del ensayo	41
3. Número de días y acumulación térmica de las diferentes fases fenológicas para El Paso 144 e INIA Tacuarí de las zafra 96/97 y 97/98	42
4. Fechas de aplicación en cobertura del fertilizante al macollaje para INIA Tacuarí y El Paso 144 y su acumulación térmica correspondiente	43
5. Fechas de aplicación en cobertura del fertilizante al primordio floral para las dos variedades y su acumulación térmica correspondiente	44
6. Grado de severidad para Rhizoctonia y Sclerotium	48
7. Número de plantas/m ² promedio para cada tratamiento (Tacuarí)	50
8. Número de plantas/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144)	50
9. Número de macollos/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144)	52
10. Número de plantas + macollos/m ² promedio para cada tratamiento (Tacuarí)	53
11. Número de plantas + macollos/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144)	54
12. Materia seca del tallo principal promedio para cada tratamiento (Tacuarí)	55
13. Materia seca del tallo principal promedio para cada tratamiento (EP 144)	55
14. Materia seca de los macollos promedio para cada tratamiento (EP 144)	57
15. Correlaciones entre la materia seca de los macollos y otras variables (EP 144)	57
16. Materia seca total promedio para cada tratamiento (Tacuarí)	58
17. Materia seca total promedio para cada tratamiento (EP 144)	58
18. Interacción variedad por tratamiento de los kg de nitrógeno absorbidos/ha	62
19. Kg de nitrógeno absorbidos/ha promedio para cada tratamiento (Tacuarí)	63
20. Correlaciones entre los kg de nitrógeno absorbidos/ha y otras variables	63
21. Kg de nitrógeno absorbidos/ha promedio para cada tratamiento (EP 144)	63
22. Correlaciones entre los kg de nitrógeno absorbidos/ha y otras variables	64
23. Altura promedio para cada tratamiento (EP 144)	66
24. Correlaciones entre la altura y otras variables (EP 144)	66

25. Rendimiento promedio para cada tratamiento (Tacuari)	67
26. Rendimiento promedio para cada tratamiento (EP 144)	67
27. Número de panojas/m ² promedio para cada tratamiento (Tacuari)	68
28. Número de panojas/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144)	68
29. Número de granos vacíos/panoja promedio para cada tratamiento (EP 144)	70
30. Número de granos semillenos/panoja promedio para cada tratamiento (Tacuari)	72
31. Número de granos semillenos/panoja promedio para cada tratamiento (EP 144)	72
32. Número de granos llenos/panoja promedio para cada tratamiento (EP 144)	74
33. Número de granos totales/panoja promedio para cada tratamiento (EP 144)	76
34. Porcentaje de esterilidad promedio para cada tratamiento (Tacuari)	76
35. Porcentaje de esterilidad promedio para cada tratamiento (EP 144)	77
36. Peso de los 1000 granos promedio para cada tratamiento (EP 144)	79
37. Promedio de los componentes del rendimiento para cada variedad	80
38. Número de granos llenos/m ² promedio para cada tratamiento (Tacuari)	80
39. Número de granos llenos/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144)	80
40. Número de granos totales/m ² promedio para cada tratamiento (Tacuari)	81
41. Número de granos totales/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144)	82
42. Número de plantas/m ² promedio para cada tratamiento (Tacuari)	83
43. Número de plantas/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144)	83
44. Número de macollos/m ² promedio para cada tratamiento (Tacuari)	84
45. Número de macollos/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144).	85
46. Número de plantas + macollos/m ² promedio para cada tratamiento (Tacuari).	86
47. Número de plantas + macollos/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144).	86
48. Materia seca del tallo principal promedio para cada tratamiento (Tacuari).	87
49. Correlaciones entre la materia seca del tallo principal y otras variables (Tacuari)	87
50. Materia seca del tallo principal promedio para cada tratamiento (EP 144).	87
51. Materia seca de los macollos promedio para cada tratamiento (Tacuari)	88

52. Correlaciones entre la materia seca de los macollos y otras variables (Tacuari)	88
53. Materia seca de los macollos promedio para cada tratamiento (EP 144)	89
54. Materia seca total promedio para cada tratamiento (Tacuari).	89
55. Materia seca total promedio para cada tratamiento (EP 144).	90
56. Porcentaje de nitrógeno promedio para cada tratamiento (Tacuari).	90
57. Porcentaje de nitrógeno promedio para cada tratamiento (EP 144)	91
58. Kg de nitrógeno absorbidos/ha promedio para cada tratamiento (Tacuari).	92
59. Correlaciones entre los kg de nitrógeno absorbidos/ha y otras variables (Tacuari)	92
60. Kg de nitrógeno absorbidos/ha promedio para cada tratamiento (EP 144)	92
61. Correlaciones entre los Kg de nitrógeno absorbidos y otras variables (EP 144)	93
62. Altura promedio para cada tratamiento (Tacuari)	93
63. Altura promedio para cada tratamiento (EP 144)	94
64. Interacción entre variedad por tratamiento del rendimiento	94
65. Rendimiento promedio para cada tratamiento (EP 144)	96
66. Número de panojas/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144)	97
67. Número de granos vacíos/panoja promedio para cada tratamiento (Tacuari)	98
68. Número de granos semillenos/panoja promedio para cada tratamiento (Tacuari)	100
69. Número de granos semillenos/panoja promedio para cada tratamiento (EP 144)	101
70. Correlación entre el número de granos semillenos/panoja y otras variables (EP 144)	101
71. Número de granos llenos/panoja promedio para cada tratamiento (Tacuari).	102
72. Número de granos llenos/panoja promedio para cada tratamiento (EP 144).	102
73. Número de granos totales/panoja promedio para cada tratamiento (Tacuari).	103
74. Número de granos totales/panoja promedio para cada tratamiento (EP 144)	103
75. Porcentaje de esterilidad promedio para cada tratamiento (Tacuari).	104
76. Porcentaje de esterilidad promedio para cada tratamiento (EP 144).	104
77. Fechas con temperatura por debajo de 15°C	105
78. Peso de los 1000 granos promedio para cada tratamiento (Tacuari).	106

79. Peso de los 1000 granos promedio para cada tratamiento (EP 144).	106
80. Número de granos llenos/m ² promedio para cada tratamiento (Tacuari).	107
81. Correlaciones entre el número de granos llenos/m ² y otras variables (Tacuari)	107
82. Número de granos llenos/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144).	108
83. Correlaciones entre el número de granos llenos/m ² y otras variables (EP 144)	108
84. Número de granos totales/m ² promedio para cada tratamiento (Tacuari).	109
85. Correlaciones entre el número de granos totales/m ² y otras variables (Tacuari)	109
86. Número de granos totales/m ² promedio para cada tratamiento (EP 144).	109
87. Correlaciones entre el número de granos totales/m ² y otras variables (EP 144)	110
88. Índice de Sclerotium promedio para cada tratamiento (Tacuari).	110
89. Índice de Sclerotium promedio para cada tratamiento (EP 144).	111
90. Índice de Rhizoctonia promedio para cada tratamiento (Tacuari).	111
91. Índice de Rhizoctonia promedio para cada tratamiento (EP 144).	112

Figura N°

1. Precipitaciones medias mensuales de julio de 1997 a junio de 1998 y su comparación con la serie histórica 1972-1998	38
2. Comparación de la zafra 97-98 con la serie histórica 72-98 de las temperaturas medias decádicas desde enero hasta marzo	39
3. Valores promedio decádico de las horas de sol desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo para las zafras 96/97, 97/98 y la serie histórica 72/98 obtenidos en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna –INIA Treinta y Tres	40
4. Número de macollos/m ² promedio para cada tratamiento	52
5. Materia seca de macollos promedio para cada tratamiento	56
6. Evolución del % de nitrógeno según los diferentes tratamientos mostrando la interacción	59
7. Evolución del % de nitrógeno según los días después de la 5ª hoja para la variedad INIA Tacuari	60
8. Evolución del % de nitrógeno según los días después de la 5ª hoja para la variedad El Paso 144	61

9. Evolución de la altura en según los días después de la 5ª hoja para la variedad INIA Tacuarí	65
10. Evolución del número de granos vacíos/panoja según los días después de la 5ª hoja para la variedad INIA Tacuarí	70
11. Evolución de los granos semillenos/panoja según los diferentes tratamientos mostrando la interacción	71
12. Evolución de los granos llenos y totales/panoja según los días después de la 5ª hoja para la variedad INIA Tacuarí	75
13. Evolución del peso de los 1000 granos según los días después de la 5ª hoja para la variedad INIA Tacuarí	78
14. Evolución del rendimiento según los días después de la iniciación panicular para la variedad INIA Tacuarí.	95
15. Evolución del número de panojas/m ² según los días después de la iniciación panicular para la variedad INIA Tacuarí.	97
16. Evolución del número de granos vacíos/panoja según los días después de la iniciación panicular para la variedad El Paso 144.	99

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	IV
1 <u>INTRODUCCION</u>	1
2 <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	2
2.1 NITRÓGENO EN EL SUELO	2
2.1.1 <u>Dinámica de nutrientes en suelos inundados</u>	2
2.1.1.1 Introducción	2
2.1.1.2 Cambios físicos	2
2.1.1.3 Cambios biológicos	3
2.1.1.4 Cambios físicos – químicos	4
2.1.2 <u>Transformaciones del nitrógeno en suelos inundados</u>	6
2.1.2.1 Mineralización – inmovilización	7
2.1.2.2 Pérdidas de nitrógeno	8
2.1.2.2.1 Nitrificación – denitrificación	9
2.1.2.2.2 Denitrificación	10
2.1.2.2.3 Volatilización	12
2.1.2.2.4 Lixiviación del nitrato y amonio	16
2.1.2.3 Fijación y dinámica del amonio	16
2.2 FERTILIZACIÓN NITROGENADA	18
2.2.1 <u>Nitrógeno y arroz</u>	18
2.2.2 <u>Requerimientos de nitrógeno según las etapas del cultivo</u>	20
2.2.3 <u>Tipos de fertilizante</u>	22
2.2.4 <u>Eficiencia de fertilización, utilización y porcentaje de recuperación</u>	23
2.2.5 <u>Momento de aplicación</u>	25
2.2.6 <u>Método de aplicación</u>	29
2.2.7 <u>Influencia del nitrógeno y factores climáticos</u>	
<u>en los componentes del rendimiento</u>	30
2.2.7.1 Número de panojas	31
2.2.7.2 Número de espiguillas por panoja	31
2.2.7.3 Peso de los granos	32
2.2.8 <u>Factores que afectan la respuesta al nitrógeno</u>	32

2.2.8.1 Características de las plantas	32
2.2.8.2 Altura, vuelco	33
2.2.8.3 Capacidad de macollamiento	33
2.2.8.4 Condiciones climáticas	34
2.2.8.4.1 Radiación solar	34
2.2.8.4.2 Temperatura	34
2.2.8.5 Manejo del agua	35
2.2.9 <u>Nitrógeno y enfermedades</u>	35
2.3 VARIEDADES	36
3 <u>MATERIALES Y METODOS</u>	38
3.1 LOCALIZACIÓN	38
3.2 CONDICIONES AMBIENTALES	38
3.3 SUELO	41
3.4 CULTIVARES	41
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	42
3.6 LABOREO Y SIEMBRA	45
3.7 FERTILIZACIÓN	45
3.8 CONTROL DE MALEZAS	45
3.9 MANEJO DEL AGUA	46
3.10 MEDICIONES REALIZADAS	46
3.10.1 <u>Rendimiento en grano</u>	46
3.10.2 <u>Plantas y macollos por metro cuadrado</u>	46
3.10.3 <u>Peso de plantas y macollos</u>	47
3.10.4 <u>Análisis de nitrógeno en plantas enteras</u>	47
3.10.5 <u>Componentes del rendimiento</u>	47
3.10.5.1 Número de panojas por metro cuadrado, número de granos llenos, semillenos y totales por panoja	47
3.10.5.2 Peso de 1000 granos	48
3.10.6 <u>Altura de plantas</u>	48
3.10.7 Evaluación de enfermedades	48
3.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	49

4 <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	50
4.1 COBERTURA DE NITRÓGENO AL MACOLLAJE	50
4.1.1 <u>Número de plantas por metro cuadrado</u>	50
4.1.1.1 INIA Tacuarí	50
4.1.1.2 El Paso 144	50
4.1.2 <u>Número de macollos por metro cuadrado</u>	51
4.1.2.1 INIA Tacuarí	51
4.1.2.2 El Paso 144	52
4.1.3 <u>Número de plantas más macollos por metro cuadrado</u>	53
4.1.3.1 INIA Tacuarí	53
4.1.3.2 El Paso 144	54
4.1.4 <u>Materia seca del tallo principal (tt/ha)</u>	54
4.1.4.1 INIA Tacuarí	54
4.1.4.2 El Paso 144	55
4.1.5 <u>Materia seca de los macollos (tt/ha)</u>	55
4.1.5.1 INIA Tacuarí	56
4.1.5.2 El Paso 144	57
4.1.6 <u>Materia seca total (tt/ha)</u>	57
4.1.6.1 INIA Tacuarí	58
4.1.6.2 El Paso 144	58
4.1.7 <u>Porcentaje de nitrógeno</u>	59
4.1.7.1 INIA Tacuarí	60
4.1.7.2 El Paso 144	61
4.1.8 <u>Kg de nitrógeno</u>	62
4.1.8.1 INIA Tacuarí	62
4.1.8.2 El Paso 144	63
4.1.9 <u>Altura de plantas (cm)</u>	64
4.1.9.1 INIA Tacuarí	65
4.1.9.2 El Paso 144	66
4.1.10 <u>Rendimiento (tt/ha)</u>	66
4.1.10.1 INIA Tacuarí	67
4.1.10.2 El Paso 144	67
4.1.11 <u>Número de panojas por metro cuadrado</u>	67
4.1.11.1 INIA Tacuarí	68
4.1.11.2 El Paso 144	68
4.1.12 <u>Granos vacíos por panoja</u>	69
4.1.12.1 INIA Tacuarí	69
4.1.12.2 El Paso 144	70
4.1.13 <u>Granos semillenos por panoja</u>	71
4.1.13.1 INIA Tacuarí	72
4.1.13.2 El Paso 144	72

4.1.14	<u>Granos llenos por panoja</u>	73
4.1.14.1	INIA Tacuarí	73
4.1.14.2	El Paso 144	73
4.1.15	<u>Granos totales por panoja</u>	74
4.1.15.1	INIA Tacuarí	74
4.1.15.2	El Paso 144	75
4.1.16	<u>Porcentaje de esterilidad</u>	76
4.1.16.1	INIA Tacuarí	76
4.1.16.2	El Paso 144	77
4.1.17	<u>Peso de los 1000 granos</u>	77
4.1.17.1	INIA Tacuarí	77
4.1.17.2	El Paso 144	79
4.1.18	<u>Número de granos llenos por metro cuadrado</u>	79
4.1.18.1	INIA Tacuarí	80
4.1.18.2	El Paso 144	80
4.1.19	<u>Número de granos totales por metro cuadrado</u>	81
4.1.19.1	INIA Tacuarí	81
4.1.19.2	El Paso 144	81
4.2	COBERTURA DE NITRÓGENO AL PRIMORDIO FLORAL	83
4.2.1	<u>Número de plantas por metro cuadrado</u>	83
4.2.1.1	INIA Tacuarí	83
4.2.1.2	El Paso 144	83
4.2.2	<u>Número de macollos por metro cuadrado</u>	84
4.2.2.1	INIA Tacuarí	84
4.2.2.2	El Paso 144	84
4.2.3	<u>Número de plantas más macollos por metro cuadrado</u>	85
4.2.3.1	INIA Tacuarí	85
4.2.3.2	El Paso 144	86
4.2.4	<u>Materia seca del tallo principal (tt/ha)</u>	86
4.2.4.1	INIA Tacuarí	86
4.2.4.2	El Paso 144	87
4.2.5	<u>Materia seca de los macollos (tt/ha)</u>	88
4.2.5.1	INIA Tacuarí	88
4.2.5.2	El Paso 144	88
4.2.6	<u>Materia seca total (tt/ha)</u>	89
4.2.6.1	INIA Tacuarí	89
4.2.6.2	El Paso 144	90
4.2.7	<u>Porcentaje de nitrógeno</u>	90
4.2.7.1	INIA Tacuarí	90
4.2.7.2	El Paso 144	91
4.2.8	<u>Kg de nitrógeno</u>	91

4.2.8.1 INIA Tacuarí	91
4.2.8.2 El Paso 144	92
4.2.9 <u>Altura de plantas (cm)</u>	93
4.2.9.1 INIA Tacuarí	93
4.2.9.2 El Paso 144	94
4.2.10 <u>Rendimiento (tt/ha)</u>	94
4.2.10.1 INIA Tacuarí	94
4.2.10.2 El Paso 144	95
4.2.11 <u>Número de panojas por metro cuadrado</u>	96
4.2.11.1 INIA Tacuarí	96
4.2.11.2 El Paso 144	97
4.2.12 <u>Granos vacíos por panoja</u>	98
4.2.12.1 INIA Tacuarí	98
4.2.12.2 El Paso 144	99
4.2.13 <u>Granos semillenos por panoja</u>	100
4.2.13.1 INIA Tacuarí	100
4.2.13.2 El Paso 144	100
4.2.14 <u>Granos llenos por panoja</u>	101
4.2.14.1 INIA Tacuarí	101
4.2.14.2 El Paso 144	102
4.2.15 <u>Granos totales por panoja</u>	102
4.2.15.1 INIA Tacuarí	103
4.2.15.2 El Paso 144	103
4.2.16 <u>Porcentaje de esterilidad</u>	104
4.2.16.1 INIA Tacuarí	104
4.2.16.2 El Paso 144	104
4.2.17 <u>Peso de los 1000 granos</u>	105
4.2.17.1 INIA Tacuarí	106
4.2.17.2 El Paso 144	106
4.2.18 <u>Número de granos llenos por metro cuadrado</u>	107
4.2.18.1 INIA Tacuarí	107
4.2.18.2 El Paso 144	108
4.2.19 <u>Número de granos totales por metro cuadrado</u>	108
4.2.19.1 INIA Tacuarí	109
4.2.19.2 El Paso 144	109
4.2.20 <u>Índice de Sclerotium</u>	110
4.2.20.1 INIA Tacuarí	110
4.2.20.2 El Paso 144	110
4.2.21 <u>Índice de Rhizoctonia</u>	111
4.2.21.1 INIA Tacuarí	111
4.2.21.2 El Paso 144	112

5. <u>CONCLUSIONES</u>	113
5.1 EXPERIMENTO 1	113
5.2 EXPERIMENTO 2	116
6. <u>RESUMEN</u>	120
7. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	121
8. <u>ANEXO</u>	126

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el cultivo de arroz en el Uruguay presenta una gran importancia. Tal es así que es el principal rubro agrícola del país y el tercer rubro en volumen total en exportaciones detrás de la lana y de la carne.

Su producción anual es similar a la suma de las producciones de todos los otros cultivos de grano (Bonica y Zorrilla, 1998).

En los últimos diez años la tasa de crecimiento del área cultivada ha sido de 6.4% acumulativo anual, mientras que la producción total ha crecido en el mismo período un 10.5% acumulativo anual (A.C.A, 1998).

Durante la zafra 97/98 la superficie sembrada fue de 169.901 has, ocupando el 1% de la superficie nacional.

De toda la superficie sembrada, un 70% se realizó en la región este, 17.5% en la región norte y un 12.5% en la región centro.

Acercas de las variedades utilizadas, un 59.7% se sembró con El Paso 144, mientras que un 35.2% se sembró con INIA Tacuari.

La producción total de la zafra fue de 864.158 toneladas, lográndose un rendimiento promedio de 5.086 Kgs/ha (A.C.A, 1998)

Las causas principales del desarrollo de este cultivo son: la integración de la cadena agroindustrial y la tecnología aplicada.

En cuanto a la tecnología, los principales avances fueron producto del uso de nuevas variedades, siembra en fecha por laboreos de verano, laboreo reducido, siembra directa, nivelación y drenaje, manejo del riego, de herbicidas y fertilizantes.

Con respecto al manejo de la fertilización nitrogenada, se ha demostrado a nivel nacional que para lograr los mejores rendimientos se debe fraccionar a la siembra, macollaje y primordio floral de forma de lograr un uso eficiente del fertilizante.

Como los estados de macollaje y primordio floral se desarrollan durante un período de días que varía según muchos factores ambientales y de manejo, el objetivo de este trabajo será determinar los efectos en el cultivo, fertilizando en diferentes momentos dentro de cada estado.

Con los resultados obtenidos, el productor podrá tener información acerca de la necesidad de fertilizar en un momento preciso o no dentro de cada estado fenológico estudiado.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 NITRÓGENO EN EL SUELO

2.1.1 Dinámica de nutrientes en suelos inundados

2.1.1.1 Introducción

Cuando un suelo es inundado se producen cambios en sus propiedades debido a las reacciones físicas entre el suelo y el agua, y porque como consecuencia del exceso de agua entran en funcionamiento procesos químicos y biológicos.

La inundación del suelo tiene un marcado efecto en el comportamiento de varios nutrientes importantes y como consecuencia en el crecimiento y rendimiento del cultivo de arroz sembrado en él.

En el terreno inundado se realizan una serie de procesos físicos, microbiológicos y químicos.

Estos dependen:

- a) Del modificado intercambio de gas entre el terreno y el aire
- b) Del estado reductor del suelo
- c) De los intercambios electroquímicos y químicos que tienen lugar en estado de reducción (Tinarelli, 1989).

2.1.1.2 Cambios físicos

De Datta, 1981 señala que cuando un suelo es inundado, el agua reemplaza al aire en el espacio poroso, excepto en una fina capa en la superficie del suelo. Las restantes capas del suelo se encuentran libres de oxígeno unas pocas horas luego de la inundación.

El suministro de oxígeno a los suelos inundados de arroz es renovado a través de tres formas:

- 1- Difusión del oxígeno a través del agua de inundación y disipación desde la interfase suelo – agua.
- 2- Transporte de oxígeno desde los tallos de arroz y otras plantas acuáticas hacia las raíces y subsecuente difusión de oxígeno dentro de la rizosfera (Reddy y Patrick. Jr, 1986).
- 3- Incrementando la actividad de las algas en el agua de inundación de los campos de arroz, puede incrementarse la concentración de oxígeno del agua de inundación como resultado del balance entre la respiración y actividad fotosintética de las mismas (Howeler y Bouldin, 1971 citado por Reddy y Patrick. Jr, 1986).

Reddy y Patrick. Jr, 1986 afirman que el mayor potencial de disipación del oxígeno comparado con las cantidades renovadas, resulta en el desarrollo de dos distintas capas de suelo:

- 1- Una capa de suelo aeróbica la cual varía de unos pocos mm de profundidad del suelo (alta actividad microbiana) a uno o dos cm de profundidad de suelo (baja actividad microbiana), dependiendo de la concentración de oxígeno en el agua de inundación y la cantidad del mismo consumido o producido.
- 2- Una capa inferior de suelo reducida o anaeróbica, en la cual no hay oxígeno libre.

Reddy y Patrick Jr, 1977 citado por Reddy y Patrick. Jr, 1986 indicaron que la profundidad de la capa oxidada se encontró inversamente relacionado con el contenido de carbono de los suelos. La demanda de oxígeno por los suelos se incrementó por la descomposición de la M.O, y la profundidad de la capa oxidada del suelo disminuyó en forma significativa

Howeler y Bouldin, 1971 citado por Reddy y Patrick. Jr, 1986 encontraron que la profundidad de la capa oxidada está influida por la concentración de oxígeno en la atmósfera sobre el agua de inundación.

2.1.1.3 Cambios biológicos

Con la inundación los microorganismos anaerobios facultativos u obligados comienzan a aparecer, los cuales por sus características heterótrofas actúan sobre los sustratos de los materiales carbonados. Como receptores de electrones en la respiración, se alimentan de los compuestos oxidados del suelo de los productos secundarios de la descomposición de la M.O (Tinarelli, 1989).

En el ambiente libre de oxígeno, los organismos aeróbicos se vuelven latentes o mueren y entran en acción bacterias anaeróbicas obligadas o facultativas. Se produce la oxidación de compuestos orgánicos e inorgánicos.

La descomposición de la materia orgánica es lenta y menos completa que en un ambiente aerobio (De Datta, 1981).

La cantidad de oxígeno transportado dentro del suelo desde la interfase agua – suelo es bajo para satisfacer las necesidades de los organismos aeróbicos (Bouldin, 1986).

El humedecimiento o la inundación de un suelo seco estimula la actividad de la microflora del suelo, la que rápidamente descompone el sustrato oxidable disponible creando una alta demanda de oxígeno. Como producto de la respiración microbiana la desaparición de oxígeno es acompañado por la liberación de otros gases: dióxido de carbono, nitrógeno, metano e hidrógeno (Patrick et al, 1985).

2.1.1.4 Cambios físicos – químicos

Los cambios químicos y electroquímicos que ocurren en los suelos inundados son:

- Reducción del oxígeno molecular
 - Reducción química del suelo, o una disminución del potencial redox
 - Incremento en el pH en los suelos ácidos y disminución en los suelos calcáreos o sódicos
 - Incremento en la conductancia específica
 - Reducción de Fe^{+3} a Fe^{+2} y Mn^{+4} a Mn^{+2}
 - Reducción de NO_3^- y NO_2^- a N_2 y N_2O
 - Reducción de SO_4^{-2} a S^{-2}
 - Incremento en el suministro y disponibilidad del N
 - Incremento en la disponibilidad de P, Si y Mo
 - Disminución de la concentración de Zn soluble en agua y Cu
- (Ponnamperuma, 1972; Tinarelli, 1989).

La inundación determina, durante el primer o segundo día una disminución del pH del suelo, seguido de un aumento, hasta alcanzar un valor estable de 6.5 – 7.5. El aumento depende y está regulado por la cantidad de CO_2 , por la producción de ácidos orgánicos (Tinarelli, 1989), y otros factores como el cambio de Fe^{+3} a Fe^{+2} , acumulación de NH_4^+ , cambio de sulfato a sulfito y cambio de CO_2 a CH_4 (De Datta, 1981).

Según Ponnamperna, 1965 citado por De Datta, 1981 la estabilización del pH del suelo a la neutralidad luego de la inundación ha tenido varios efectos para el crecimiento del arroz:

- Los efectos adversos del pH alto o bajo por sí se minimizan
- El exceso de Al y Mn en los suelos ácidos no será perjudicial
- La toxicidad del Fe en suelos ácidos disminuye
- La disponibilidad de P, Mo y Silice se incrementa
- La mineralización del nitrógeno orgánico se favorece
- Se descomponen los ácidos orgánicos
- El encalado es raramente necesario

La profundidad de la capa oxidada del suelo puede ser caracterizada por medidas del potencial de oxido – reducción de los perfiles del suelo (Reddy y Patrick. Jr, 1986). Según Patrick Jr, 1960 citado por Reddy y Patrick. Jr, 1986 el oxígeno desaparece desde los sistemas de suelos inundados con un Eh de 300 mv o menores. El valor de 300 mv (con un pH de 7) puede ser asumido como el límite entre la zona reducida y oxidada.

Para De Datta, 1981 la disminución en el Eh presenta efectos positivos y negativos para el crecimiento de arroz.

Los beneficios son:

⇒ Incremento en el suministro de N, P, K, Fe, Mn, Mo y Si

Las desventajas son:

⇒ Pérdida de N por denitrificación

⇒ Disminución en la disponibilidad de S, Cu y Zn

⇒ Producción de sustancias que interfieren con la absorción de nutrientes por las plantas o que son tóxicas para ellas directamente

La capa oxidada del suelo está caracterizada por un color marrón rojizo formado como resultado de la oxidación del Fe^{+2} a Fe^{+3} . El color gris de la capa reducida inferior es debido al Fe^{+2} (Reddy y Patrick. Jr, 1986).

Como resultado de la reducción, el color de los suelos cambia de marrón a gris y una gran cantidad de Fe^{+2} ingresa a la solución del suelo (De Datta, 1981).

El incremento en la disponibilidad de fósforo como consecuencia de la inundación ha sido comprobado en varias oportunidades (Patrick y Mahapatra, 1968; Ponnamperna, 1972; 1985 citados por Deambrosi y Méndez, 1996), por ello muchas veces el arroz en esas condiciones no responde a la aplicación de fósforo mientras que sí lo hacen otros cultivos de secano (Deambrosi y Méndez, 1996).

Dicho aumento está relacionado a:

- Reducción de fosfatos férricos a ferrosos
- Hidrólisis de fosfatos de hierro y aluminio al elevarse el pH de la solución luego de la inundación (Tinarelli, 1989)
- Disolución de apatita debido a la más alta presión de CO_2 en la solución del suelo. (Chang, 1976 citado por Deambrosi y Méndez)

Entre las reacciones citadas, la reducción de fosfato férrico a ferroso parece ser la de mayor importancia. (Chang, 1976; Patrick et al, 1985 citados por Deambrosi y Méndez, 1996).

La alternancia de condiciones anaerobias y aerobias causa fluctuaciones en las cantidades de fosfatos solubles y extractables (Patrick et al, 1985; Sanyal y De Datta, 1991 citados por Deambrosi y Méndez, 1996).

Ferrando y Mercado, 1997 encontraron que luego de un período de reducción de 20 días del suelo, se observó un aumento en las cantidades de hierro extraídas, así como en los niveles de fósforo asimilable. Durante la etapa de oxidación el contenido de hierro disminuyó, manteniéndose en niveles superiores a los originales, lo que determinó una reducción en la disponibilidad de fósforo hasta niveles por debajo de los iniciales. Esto indicaría una readsorción del P en superficies de óxidos recientemente precipitados y altamente reactivos.

Según De Datta, 1981 el Mn se reduce más rápidamente y se libera a la solución que el Fe.

La movilización del Mn en los suelos se incrementa marcadamente luego de la inundación debido a la reducción de compuestos manganésicos a formas más solubles como consecuencia del metabolismo anaeróbico de las bacterias del suelo.

2.1.2 Transformaciones del nitrógeno en suelos inundados

Los procesos de transformación más importantes del nitrógeno bajo suelos inundados son: mineralización – inmovilización, nitrificación - denitrificación, volatilización del amonio, fijación de amonio por el complejo de intercambio y fijación biológica del nitrógeno (De Datta, 1981; Reddy y Patrick. Jr, 1986).

Reddy y Patrick. Jr, 1986 señalan que en campos inundados de arroz ocurren dos procesos redox del nitrógeno:

- Nitrificación (oxidación del NH_4^+ a NO_3^-)
- Denitrificación (reducción de NO_3^- a N_2)

Potencialmente estas reacciones ocurren en campos de arroz continuamente inundados o sujetos a alternancia de ciclos de inundación y drenaje.

La presencia de capas oxidadas y reducidas del suelo marcan en los suelos inundados un sistema único, donde el metabolismo del nitrógeno aeróbico y anaeróbico pueden ocurrir cercanamente. Por eso el nitrógeno es altamente susceptible a las pérdidas en esos suelos (Keeney y Saharawat, 1986).

2.1.2.1 Mineralización - inmovilización

Los procesos de mineralización e inmovilización ocurren simultáneamente en los suelos inundados y las cantidades y magnitudes son influenciadas por el suelo y factores ambientales (Broadbent, 1978; Patrick Jr, 1982; Savant y De Datta, 1982 citados por Keeney y Saharawat, 1986).

La mineralización del nitrógeno orgánico es el proceso clave en la nutrición nitrogenada de los campos bajos de arroz inundados (Broadbent, 1978; 1979 citados por Keeney y Saharawat, 1986).

Los factores ambientales que afectan la mineralización – inmovilización son la temperatura, el régimen de humedad y secado del suelo; características del suelo incluyendo el pH, cantidad de M.O, relación C/N y cantidad y calidad de los residuos orgánicos (Keeney y Saharawat, 1986).

La disponibilidad de nitrógeno en los suelos inundados se incrementa con el aumento del contenido de nitrógeno del suelo, el pH del suelo, temperatura y duración de la desecación previa del suelo (Ponnamperuma, 1965 citado por De Datta, 1981).

Según Keeney y Saharawat, 1986 hay que considerar la temperatura dominante durante la estación de crecimiento del cultivo cuando se estima la capacidad de aporte de nitrógeno del suelo.

Saharawat, 1983 a citado por Keeney y Saharawat, 1986 reportó que la producción de NH_4^+ en los suelos de Filipinas bajo condiciones anaeróbicas fue altamente correlacionado con el total de nitrógeno ($r = 0.94$), carbono orgánico ($r = 0.91$) y relación C/N ($r = -0.46$), pero no fue significativamente relacionado con la CIC, arcilla o pH.

La inmovilización es dependiente de los procesos microbianos y de la temperatura, y bajo condiciones favorables para la inmovilización (residuos con alta relación C/N) y con altas temperaturas, ésta se incrementa (Keeney y Saharawat, 1986).

Keeney y Saharawat, 1986 concluyen que los residuos orgánicos con una similar relación C/N inmovilizarán menos nitrógeno, y la liberación neta del nitrógeno ocurrirá con una relativa relación C/N más alta bajo suelos inundados que no inundados.

La liberación neta de NH_4^+ en los suelos está determinada por el balance amonificación – inmovilización, el cual es controlado por los requerimientos de nitrógeno de los microorganismos involucrados, naturaleza de la M.O y factores ambientales y del suelo (Reddy y Patrick. Jr, 1986).

Parte del NH_4^+ formado durante la mineralización es rápidamente adsorbido al complejo catiónico intercambiable y el resto se dirige a la solución del suelo (Reddy y Patrick. Jr, 1986).

Reddy y Rao, 1983 citados por Reddy y Patrick, 1986 encontraron que aproximadamente el 50 % del NH_4^+ mineralizado se perdió desde los suelos orgánicos inundados como resultado de la difusión desde el suelo reducido hacia la capa oxidada superior y el agua de inundación. Estas pérdidas son debidas probablemente a la nitrificación – denitrificación y volatilización del NH_4^+ .

Bacon et al, 1989 citados por Bacon, Reinke y Angus, 1994 encontraron una pequeña diferencia entre el contenido del nitrógeno mineral de suelos fertilizados y no fertilizados unas pocas semanas después. Mientras tanto, la cantidad de nitrógeno absorbido en las parcelas fertilizadas superó a las no fertilizadas, sugiriendo que la fertilización nitrogenada incrementó la mineralización y subsecuentemente la absorción de nitrógeno.

Datos derivados de experimentos con N^{15} sugieren que mucho de este incremento fue debido al aumento de la mineralización del nitrógeno nativo del suelo (Jansson y Perss, 1982; Jenkinson et al, 1985 citado por Bacon, Reinke y Angus, 1994).

De Datta, 1981 indica que aunque la materia orgánica del suelo se mineraliza en menores cantidades en suelos anaeróbicos que en suelos aeróbicos, la cantidad neta mineralizada es mayor debida a que menos nitrógeno es inmovilizado.

2.1.2.2 Pérdidas del nitrógeno

Según Reddy y Patrick. Jr, 1986 los procesos secuenciales involucrados en las pérdidas de nitrógeno desde los suelos inundados son:

- Amonificación
- Difusión del NH_4^+
- Nitrificación
- Difusión del NO_3^-
- Denitrificación

Ellos concluyen que la difusión del amonio y la nitrificación aparecen limitando las pérdidas de nitrógeno desde muchos suelos inundados, la difusión de nitrato y la denitrificación usualmente ocurren de una forma rápida.

La importancia de cada una de las formas de pérdida de nitrógeno depende de la manera y el método de aplicación, del fertilizante, de las propiedades del suelo, clima y el régimen de inundación (Youldahl, Lupin y Craswell, 1986; Vleck y Byrnes, 1986).

Durante el periodo siembra – inundación, hay un potencial para algunos suelos o fertilizantes nitrogenados presentados como NH_4^+ a ser transformados a NO_3^- y pérdida vía denitrificación o lixiviación después de la inundación (Reddy y Patrick, Jr, 1986).

2.1.2.2.1 Nitrificación – Denitrificación

La nitrificación es un proceso microbiano estrictamente aeróbico (Reddy y Patrick, Jr, 1986), por lo tanto cuando el NH_4^+ se aplica en un suelo cubierto por una capa de agua, se ubica en la capa de oxidación, donde ocurre una oxidación biológica y se convierte en NO_3^- .

El NO_3^- se mueve hacia la capa reducida, donde se produce una reducción biológica, pasando a óxido nítrico (N_2O) y nitrógeno elemental (N_2), que se pierde a la atmósfera. Este proceso se llama denitrificación.

La ocurrencia de la nitrificación es reconocida como un mecanismo de pérdida vía nitrificación – denitrificación en suelos inundados, y se ha llegado a la conclusión que el NO_3^- es una fuente ineficiente de nitrógeno para el arroz inundado (De Datta y Magnaye, 1969; Keeley, 1911; Mitsui, 1955 citados por Keeney y Saharawat, 1986).

Ambas reacciones de nitrificación y denitrificación son conocidas que ocurren simultáneamente en los campos de arroz.

En los suelos inundados estas reacciones potenciales ocurren en:

1. La superficie de la capa oxidada del suelo y en la capa anaeróbica del suelo por debajo de la anterior
2. La rizosfera

También ambas reacciones pueden ocurrir en suelos sujetos a alternancia de inundación y drenaje. El NH_4^+ se acumula durante la inundación; entonces cuando el suelo es drenado el NH_4^+ es nitrificado y se acumula NO_3^- . Con la reinundación el nitrato se puede perder por denitrificación (Reddy y Patrick, Jr, 1986).

Wijler y Delwiche, 1954 citados por Reddy y Patrick. Jr, 1986 encontraron que la alternancia de condiciones oxidadas y reducidas resulta en mayor pérdida total de nitrógeno del suelo que si se encuentra continuamente bajo condiciones reducidas. Cuando el manejo del agua es imperfecto y durante la estación de crecimiento el suelo se seca, el NH_4^+ será oxidado a NO_3^- ; con la subsecuente reinundación el NO_3^- es denitrificado en la capa del suelo anaeróbica y perdido o lavado desde la zona radicular (Bouldin, 1986).

Según Bouldin, 1986 la ausencia de agua fluida y la estabilidad del NH_4^+ como fuente de nitrógeno en la zona anaeróbica no está sujeta a serias pérdidas.

La nitrificación es lenta en suelos que tienen un pH por debajo de 5, y en ecosistemas de suelos ácidos es lo que limitará las pérdidas por nitrificación – denitrificación. Pero desde que el pH en suelos inundados tiende a ir a la neutralidad, la nitrificación es probable que ocurra en suelos ácidos que están inundados por períodos prolongados (Keeney y Saharawat, 1986).

Reddy y Patrick Jr, 1986 señalan que el sustrato para la nitrificación proviene de:

- ⇒ Amonificación ($\text{N org} \rightarrow \text{NH}_4^+$)
- ⇒ Aplicación de fertilizantes amoniacales.

Yoshida y Padre Jr, 1974 citados por Keeney y Saharawat, 1986 encontraron en un ensayo después de 30 días de aplicar $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en las capas oxidadas, que cerca de 1/3 del amonio aplicado fue convertido en nitrato a una temperatura de 20°C y se detectó en la solución del suelo.

2.1.2.2 Denitrificación

En suelos inundados la denitrificación ocurre primeramente en la capa reducida del suelo ausente de oxígeno. En ausencia de oxígeno, el nitrato es usado como aceptor de electrones por los microorganismos anaeróbicos facultativos durante la oxidación de la M.O del suelo. La mayoría de la denitrificación ocurre cerca de la interfase oxidada – reducida del suelo, la cual es reducida en poca intensidad (Reddy y Patrick. Jr, 1986).

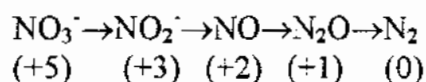
La inestabilidad del nitrato en suelos inundados ha sido ampliamente reconocido (Pearshall y Mortimer, 1939 citados por De Datta y Patrick. Jr, 1986), y esta pérdida vía denitrificación en suelos húmedos de arroz ha sido indirectamente reconocida por la pobre performance de los fertilizantes nítricos (Daikuhara y Imasaki, 1907; Kelley, 1911 citados por Keeney y Saharawat, 1986).

Varios factores incluyendo el pH del suelo, contenido de M.O, temperatura, difusión del oxígeno y cantidad de NO_3^- afectan la denitrificación en suelos inundados (Keeney y Saharawat, 1986).

El potencial redox y el pH, características que se modifican con la inundación tienen gran incidencia sobre el comportamiento del nitrógeno en un suelo bajo estas condiciones. El potencial redox al descender determina la inestabilidad del nitrato y su pérdida como nutriente por denitrificación (Ponnamperuma, 1985 citado por Deambrosi y Méndez, 1996).

El nitrógeno aparece en mayor cantidad como un producto gaseoso de la denitrificación en suelos anaeróbicos porque la capacidad de reducción del N_2O a N_2 es mucho mayor, y también hay más limitaciones para los aceptores finales de electrones en suelos anaeróbicos que en suelos bien aereados, por eso el N_2O es reducido más rápidamente en suelos anaeróbicos (Focht, 1979 citado por Keeney y Saharawat, 1986).

La forma más aceptada de la denitrificación es:



La reducción desasimilatoria de NO_3^- a NH_4^+ puede potencialmente ocurrir en suelos y sedimentos con alta M.O, los cuales permanecen anaeróbicos por un largo periodo (Keeney et al, 1971; Koike y Hattori, 1978; Sorensen, 1978 citados por Reddy y Patrick, Jr, 1986).

La denitrificación sobre otras formas puede ser un mejor camino de pérdida del nitrato desde suelos donde existan condiciones temporarias reducidas o suelos que tienen menor intensidad de reducción (suelos con bajo contenido de M.O) (Reddy y Patrick, Jr, 1986).

Bouldin, 1986 señala en situaciones con alta permeabilidad del suelo, que la zona oxidada es relativamente profunda a un suelo ideal de arroz; la nitrificación es extensiva en la zona oxidada y el flujo de agua a través del suelo asegura un rápido transporte de nitrato a la zona anaeróbica donde es denitrificado.

Las pérdidas de nitrógeno a través de las reacciones de nitrificación – denitrificación en suelos inundados son dependientes del suministro de NH_4^+ a las zonas oxidadas del perfil del suelo, donde la nitrificación potencialmente puede ocurrir; y el suministro de NO_3^- a la zona reducida del suelo donde la reducción de nitrato es potencialmente activa (Reddy y Patrick, Jr, 1986).

Broadbent y Tusneem, 1971 citados por Keeney y Saharawat, 1986 en un ensayo usando nitrógeno marcado N^{15} como $(NH_4)_2SO_4$ demostraron que el NH_4^+ sufrió la secuencia nitrificación – denitrificación en suelos inundados. Las pérdidas del NH_4^+ – N por denitrificación como N_2 fue 9.3% en presencia de oxígeno, pero sólo 0.2% en condiciones anaeróbicas. Estas pérdidas disminuyeron cuando hubo plantas de arroz creciendo activamente.

Las pérdidas de nitrógeno debido a la nitrificación – denitrificación pueden potencialmente ocurrir cuando el fertilizante es aplicado en superficie o en la zona aeróbica de las raíces. La aplicación del fertilizante en superficie si es amoniacal puede rápidamente convertirse en nitrato, desde que la aplicación de los gránulos del fertilizante van hacia abajo del agua de inundación y permanecerán sobre la superficie de la capa del suelo oxidada. Fertilizantes de lenta liberación pueden reducir las pérdidas debido a éstos procesos (Reddy y Patrick. Jr, 1986; Keeney y Saharawat, 1986).

Desde que la denitrificación ocurre sólo cuando el NO_3^- está presente, la mejor forma de controlar este mecanismo de pérdida del nitrógeno es minimizando la nitrificación (Keeney y Saharawat, 1986).

Las aplicaciones divididas del fertilizante nitrogenado según Wilson. Jr, Norman y Wells, 1989 parecen ser también relativamente efectivas para controlar las pérdidas debido a la denitrificación.

Las pérdidas de nitrógeno debido a la nitrificación – denitrificación se pueden prevenir:

1. Manteniendo el nitrógeno inorgánico bajo la forma de amonio
2. Colocando el fertilizante amoniacal en la zona radicular reducida
3. Incrementando la demanda de oxígeno en la zona radicular por aumento de la M.O del suelo (Reddy y Patrick. Jr, 1986).

2.1.2.2.3 Volatilización

De los varios factores que afectan la volatilización del NH_3^+ , el pH del agua de inundación ha sido recientemente reconocido como el más importante (Mikkelsen et al, 1978).

En la interfase aire – agua de inundación, la volatilización del NH_3^+ es el mayor mecanismo de pérdida (Mikkelsen y De Datta, 1979 citados por Bouldin, 1986). Las pérdidas están en función de la presión parcial de NH_3^+ en equilibrio con el agua, transporte en la interfase agua – aire y mecanismos de transporte en el aire.

La presión parcial de amoníaco está en función de algunas variables:

- Probablemente la fotosíntesis es la más importante debido a que durante el día se reduce el CO_2 en el agua más rápidamente de lo que puede ser recompuesto por la transferencia a través de la interfase. Las pérdidas de CO_2 conducen a incrementos en el pH.

Fotosíntesis reduce el $\text{CO}_2 \rightarrow$ incrementos en el pH $\rightarrow$ incremento parcial de la presión de $\text{NH}_3^+ \rightarrow$ incrementos del NH_3^+ volatilizado (Bouldin, 1986; Keeney y Saharawat, 1986).

En los sistemas de campo el pH en el agua de inundación presenta un patrón diurno que aparece sincronizado con los ciclos de fotosíntesis y respiración neta con la reducción y adición de CO_2 en el agua de inundación, por eso se incrementa el pH al mediodía y baja en la noche cuando la actividad respiratoria libera CO_2 dentro del agua (Mikkelsen, et al, 1978; Reddy y Patrick, Jr, 1986)

Mikkelsen, et al, 1978 indican que la magnitud de las variaciones diurnas del pH del agua de inundación está influenciado por el manejo de la fertilización y el estado de desarrollo del cultivo, presumiblemente debido a sus efectos sobre la biomasa de las algas. Pequeñas fluctuaciones diurnas en el pH del agua de inundación (mínimo 7.8 y máximo 8.2) fueron detectadas al momento de la iniciación de la panoja cuando el cultivo de arroz sombreó al agua de inundación (Fillery et al, 1984 citados por Fillery y Vlek, 1986).

Ponnamperuma, 1978 citado por Keeney y Saharawat, 1986, sugiere que el pH del agua de inundación fue relacionado con la concentración de CO_2 y la actividad del bicarbonato (HCO_3^-). Por eso, altas cantidades de HCO_3^- en el sistema con constantes remociones del CO_2 aumenta el pH, el cual puede incrementar las volatilizaciones del NH_3^+ en aplicaciones superficiales del fertilizante o de NH_4^+ el cual se difunde dentro de las capas de agua.

Keeney y Saharawat, 1986 señalan que las pérdidas del NH_3^+ son más altas en suelos alcalinos y se incrementa con el aumento del pH de los suelos, temperatura y radiación solar, pero decrece con el incremento en la CIC de los suelos y prácticas de manejo incluyendo la presencia de las plantas de arroz las cuales disminuyen la cantidad de NH_4^+ en solución. También altas pérdidas de NH_4^+ volátil son reportadas desde las fertilizaciones con urea comparada con otras fuentes de amonio, porque la hidrólisis de urea favorece la alcalinidad, la cual puede iniciar las pérdidas del amonio.

La actividad de la ureasa, los cationes intercambiables y la inmovilización de nitrógeno en los suelos según Freney et al, 1983 citados por Fillery y Vleck, 1986, son los procesos que pueden potencialmente afectar la concentración de nitrógeno amoniacal en el agua de inundación, e indirectamente afectar las pérdidas de amoníaco.

La volatilización del NH_4^+ genera protones (H^+) (Avnimelech y Laher, 1977 citado por Keeney y Saharawat, 1986) los cuales tienden a acidificar el sistema y eventualmente retardar las pérdidas a menos que exista un constante suministro de alcalinidad, por ejemplo por la hidrólisis de la urea.

La cantidad de nitrógeno amoniacal en el agua de inundación es un índice del potencial para la volatilización del NH_3 . La cantidad de NH_3 perdida es dependiente del equilibrio de la presión de vapor del amoniaco en el agua de inundación y de la velocidad del viento.

La presión de vapor del NH_3 en el agua de inundación está en función de la concentración del nitrógeno amoniacal, pH y temperatura (Hales y Drewes, 1979 citados por Fillery y Vlek, 1986).

Vlek y Craswell, 1981 citados por Fillery y Vlek, 1986 encontraron que el contenido de amoniaco acuoso en el agua de inundación se incrementó aproximadamente 10 veces por cada unidad de incremento en el pH, dentro del rango de pH entre 7.5 - 9 y también se incrementa en forma lineal con aumentos en la temperatura.

Screenivasan et al, 1935 citados por Fillery y Vlek, 1986 sugieren que la volatilización del amoniaco podría causar altas pérdidas de nitrógeno cuando la urea es aplicada a suelos inundados. También Gupta, 1955 citado por Fillery y Vlek, 1986 confirmó el rol de la volatilización del NH_3 como un mecanismo de pérdida importante del nitrógeno en suelos alcalinos inundados.

Mikkelsen, et al 1978 a partir de resultados experimentales encontraron que las pérdidas de amoniaco (20 % del nitrógeno aplicado) fueron similares para la urea y sulfato de amonio cuando éstos fueron aplicados al agua de inundación. También encontraron que las pérdidas de amoniaco desde la colocación de urea en profundidad y la urea recubierta con sulfuro redujeron el flujo de NH_3 y estuvo en concordancia con los resultados encontrados por Vlek y Craswell, 1979 citados por Fillery y Vlek 1986 donde estudiaron la forma de disminuir las pérdidas de amoniaco con los métodos anteriormente señalados.

La revisión de la literatura realizada por Keeney y Saharawat, 1986 sobre las transformaciones del nitrógeno en suelos inundados indica que la volatilización del NH_3 podría ser un mecanismo importante de pérdida, especialmente con fertilizaciones en base a urea.

Según Keeney y Saharawat, 1986 el manejo de las pérdidas por volatilización del NH_4^+ de los suelos inundados puede ser controlado por:

- 1- colocación del fertilizante en la capa reducida y en los tiempos apropiados para esta aplicación
- 2- El uso de alguicidas ayudarían a estabilizar los cambios del pH en el agua de inundación y así reducir las pérdidas del NH_3^+ volátil (Vleck et al, 1980 citados por Keeney y Saharawat, 1986).
- 3- El uso de bloqueadores de la actividad de la ureasa en suelos inundados. En algunas situaciones el retraso de la hidrólisis de la urea se debe compensar por el lavado de la misma, y deberá ser considerado cuando recomendamos su uso.
- 4- Control de la liberación de la urea, se podrá realizar con gránulos de urea llamada "urea supergranulada".

Una sucesión de estudios de volatilización de NH_3^+ en el IRRI y en estudios realizados en Tailandia por Wetselaar et al 1977, citados por Fillery y Vlek, 1986 demostraron que éstas no fueron las mayores pérdidas de nitrógeno. Generalmente la volatilización de amoníaco ocurrió a un valor menor al 15% del nitrógeno aplicado como urea o sulfato de amonio aún cuando se utilizaron altas cantidades de nitrógeno.

Bouldin y Alimagno, 1976 citados por Fillery y Vlek, 1986 afirmaron que el 40 a 60% del sulfato de amonio aplicado en el campo fue perdido por volatilización del NH_3^+ .

Sin embargo Vlek y Stumpe, 1978 citados por Fillery y Vlek, 1986 encontraron que una baja cantidad de NH_3^+ se perdió (11% del nitrógeno aplicado) y ocurrió en algunos suelos cuando se agregó sulfato de amonio.

Los autores concluyen que este bajo valor se debe a la acidificación del agua de inundación durante la pérdida de NH_3^+ .

Estudios en las Filipinas encontraron que la más alta concentración de nitrógeno amoniacal se detectó cuando la urea o sulfato de amonio fue aplicado al agua de inundación 2 a 4 semanas después de transplantadas las plántulas de arroz (Fillery et al, 1984 citados por Fillery y Vlek, 1986).

La asimilación de nitrógeno como NH_4^+ por algas, malezas y plantas de arroz, podrían también disminuir las cantidades de nitrógeno amoniacal disponible para las pérdidas como amoníaco (Fillery y Vlek, 1986).

Resultados experimentales obtenidos por Craswell et al, 1985 citados por Fillery y Vlek, 1986 usando N^{15} , encontraron significativas cantidades del mismo en algas y malezas 2 semanas después de la aplicación de la urea en algunos estudios de campo.

2.1.2.2.4 Lixiviación del nitrato y amonio

Reddy y Patrick. Jr, 1986 afirman que la difusión del NO_3^- en los suelos inundados es siete veces más rápido que la difusión del NH_4^+ . Esta alta difusión es debido a que como el nitrato es un anión que no se adsorbe al complejo intercambiable tenderá a moverse rápidamente en el agua del suelo.

Los estudios de Vleck et al, 1980 citado por Keeney y Saharawat, 1986, evidencian altas pérdidas de nitrógeno debido a la lixiviación en suelos con baja CIC y altas percolaciones.

En suelos inundados con textura arenosa, las pérdidas de nitrógeno debido al lavado pueden ser significativas. Bajo estas situaciones los inhibidores de la nitrificación serán más efectivos que los inhibidores de la ureasa para minimizar las pérdidas de NO_3^- . Los inhibidores de la ureasa y la urea supergranulada bajo las condiciones de alta percolación del suelo no presentan muchas ventajas. Quizás la mejor respuesta para minimizar el lavado consista en prácticas culturales tales como la aplicación del fertilizante fraccionado (Keeney y Saharawat, 1986).

2.1.2.3 Fijación y dinámica del amonio

El nitrógeno amoniacal es la forma dominante del nitrógeno mineral en los suelos de arroz, existiendo bajo tres fracciones:

Amonio en la solución del suelo, en los sitios intercambiables y en forma no intercambiable.

El nitrógeno amoniacal en la solución del suelo y en los sitios intercambiables está realmente disponible para la planta de arroz, mientras que la disponibilidad del NH_4^+ no intercambiable está cuestionada (Mengel et al, 1986).

La liberación de NH_4^+ no intercambiable puede estar relacionado con el contenido de la Vermiculita en el suelo (Mengel et al, 1986).

Los suelos ricos en Vermiculita, pueden liberar altas cantidades de NH_4^+ no intercambiable y también refijar NH_4^+ si se aplican fertilizantes amoniacales (Keerthisinghe et al, 1984 citados por Mengel, et al 1986).

Es bien conocido que la Vermiculita libera fácilmente el potasio no intercambiable (Scott y Smith, 1966 citados por Mengel, et al 1986).

Estudios recientes han indicado que la fijación del amonio es importante en suelos inundados de arroz. (Keerthisinghe et al, 1984; Sahrawat, 1979 citados por Keeney y Saharawat, 1986).

En todos los suelos investigados, el NH_4^+ intercambiable tuvo un gran impacto sobre la absorción de nitrógeno y el rendimiento en grano. Se encontró una significativa correlación entre el amonio inicial intercambiable más el fertilizante nitrogenado versus la absorción del nitrógeno y el rendimiento en grano del cultivo; esto reveló que el amonio intercambiable se comportó como un fertilizante nitrogenado, y por eso debe ser tomado en consideración cuando se recomiendan las cantidades a fertilizar (Mengel et al, 1986).

Según Schon, 1982 citado por Mengel, et al 1986 en suelos con altos niveles de NH_4^+ intercambiable, bajas cantidades de nitrógeno deben ser aplicadas y viceversa.

En un estudio de doce suelos tropicales de arroz en los cuales fijaron amonio cuando se los trató con una solución de $(\text{NH}_2)_2\text{SO}_4$ bajo condiciones inundadas, la capacidad de fijación del amonio varió desde 3.8- 7.7 meq/100 gr de suelo. La fijación del amonio de esos suelos no se relacionó con el pH, M.O o contenido de arcilla, pero fue significativamente correlacionado ($r= 0.61$) con la cantidad del hierro activo (Sahrawat, 1979 citado por Keeney y Saharawat, 1986).

Estudios con las fracciones de arcilla separadas de 14 suelos de arroz de las Filipinas, mostraron que la vermiculita y la beidellita fijaron más del 90 % del NH_4^+ aplicado. Otras arcillas como clorita, caolinita y haloillita no fijaron cantidades significativas de NH_4^+ (Bajwa, 1982 citado por De Datta y Patrick. Jr, 1986).

Tifo et al, 1977 citado por Keeney y Saharawat, 1986, encontraron en los campos bajos de arroz que un 17.9 % del total del nitrógeno del suelo se encontró como NH_4^+ fijado.

La fijación del NH_4^+ puede ser un factor deseable para prevenir las pérdidas de nitrógeno (Broadbent, 1978 citado por Keeney y Saharawat, 1986).

Aomina, 1978 citado por Reddy y Patrick. Jr, 1986 señala que aproximadamente el 20 % del NH_4^+ se encuentra en forma soluble en el agua, mientras que el resto es adsorbido por el complejo intercambiable. Aplicaciones de fuentes externas de NH_4^+ pueden balancear el equilibrio entre estas dos fracciones. La capacidad adsortiva fue el factor que más influyó en el movimiento de NH_4^+ en los suelos inundados.

Reddy y Patrick, Jr, 1986 indican que el amonio presente en la solución del suelo está sujeto a movimiento en dos direcciones:

- A. Movimientos hacia la superficie superior de las capas oxidadas del suelo y agua de inundación
- B. Movimiento hacia las raíces de las plantas

Estos movimientos se dan por flujo de masa y difusión.

Las cantidades de NH_4^+ que se mueven en el suelo son gobernadas por el gradiente de concentración establecido como resultado de:

1. Absorción de las plantas
2. Pérdidas en la rizosfera
3. Pérdidas en la superficie oxidada del suelo y el agua.

Otros factores que influyen en el movimiento de NH_4^+ son:

- Cantidades regeneradas de amonio en las capas reducidas del suelo
- Concentración de amonio en el agua
- Capacidad del complejo intercambiable del suelo
- Tipos de otros cationes en el complejo intercambiable
- Volumen del suelo.

2.2 FERTILIZACIÓN NITROGENADA

2.2.1 Nitrógeno y arroz

El cultivo de arroz es muy dependiente de la fertilidad del suelo donde el nitrógeno es el nutriente más importante siendo su deficiencia bastante común (Yoshida, 1981).

De los 16 nutrientes que se consideran esenciales para el cultivo de arroz, el nitrógeno, el fósforo, el potasio y el zinc, son los más estudiados no sólo en el ámbito mundial sino también en Uruguay. En el país, los suelos proporcionan en la mayoría de los casos las necesidades de potasio, zinc y mucho del nitrógeno que el arroz requiere (Deambrosi, 1997).

La aplicación del fertilizante nitrogenado al arroz es suministrado como complemento al nitrógeno disponible desde la M.O del suelo incluyendo residuos de las plantas, adición de abonos y fijación biológica del nitrógeno (Vleck y Byrnes, 1986).

Las cantidades de nitrógeno derivadas de otras fuentes sin ser el fertilizante, varía con el ambiente, estación, tiempo y manejo del cultivo (Craswell y Vleck, 1982 citados por Vleck y Byrnes, 1986).

Rotación del cultivo, textura del suelo, prácticas culturales y el test del suelo, son usados por la Universidad de Arkansas para recomendar la fertilización del cultivo (Slaton et al, 1994).

Bouldin, 1986 sugiere que el nitrógeno suministrado por el suelo es un componente extremadamente importante para la producción de arroz y es suficiente para obtener buenos rendimientos en varias situaciones, y de hecho puede ser equivalente a los incrementos en rendimiento obtenidos con importantes cantidades de fertilizante nitrogenado.

Williams et al, 1994 indican que para una óptima aplicación del fertilizante nitrogenado a un cultivo joven es necesario conocer la cantidad de nitrógeno proveniente de la mineralización.

Esta cantidad es difícil de predecir debido a dos razones principales:

- 1) Hay poco nitrógeno mineral en el suelo
- 2) El suministro de nitrógeno al cultivo es regulado por el flujo de amonio mineralizado desde el pool de nitrógeno orgánico lábil, el cual es difícil de medir.

Con la variedad INIA Tacuarí, Deambrosi y Méndez, 1998 encontraron una respuesta importante a la fertilización nitrogenada en referencia al testigo sin aplicación de nitrógeno, obteniéndose un 24% más de rendimiento (7603 vs 6129 kg/ha).

También Zuluaga y Rodríguez, 1990 encontraron diferencias muy significativas (prob 0.01) en la obtención de los rendimientos por la aplicación de nitrógeno, con interacción entre los diferentes manejos (todo el N a la siembra, 50% al macollaje y 50% al primordio, 50% a la siembra y 50% al primordio) y la dosis de nitrógeno (prob. 0.09).

Según Bollich, Lindau y Norman, 1994 las recomendaciones comúnmente acentúan la importancia de aplicaciones apropiadas del fertilizante nitrogenado en relación al manejo del agua para mejorar la eficiencia del nitrógeno y el máximo rendimiento en grano. El momento de aplicación del fertilizante nitrogenado en relación a un estado específico de desarrollo de la planta es también un criterio importante.

Las plantas de arroz desde el estado de plántula hasta la diferenciación de la panoja tienen preferencia por el NH_4^+ como forma de nutriente, y de ahí en adelante utiliza tanto el NO_3^- como el NH_4^+ con igual efectividad (Wells et al, 1993).

Las dos fuentes de nitrógeno disponibles para las plantas de arroz en los estados de crecimiento temprano, son el nitrógeno orgánico mineralizado y el fertilizante incorporado antes de la siembra (para cultivos sembrados en forma aérea) o al voleo antes de la inundación permanente (para cultivos sembrados en línea) (Williams et al, 1994).

2.2.2 Requerimientos de nitrógeno según etapas del cultivo

El arroz responde a la fertilización con nitrógeno y los altos rendimientos potenciales de las variedades modernas no pueden ser realizadas sin un adecuado suministro de nitrógeno a la planta durante toda la estación de crecimiento (Youngdhal, Lupin y Craswell, 1986 citados por Mengel et al. 1986).

Mientras que las cantidades y los tiempos de aplicación de fertilizantes en arroz para un óptimo rendimiento en grano son críticos, el conocimiento de los requerimientos de nutrientes por el arroz en los diferentes estados de crecimiento podrían mejorar las prácticas de fertilización (Sims y Place, 1968).

El uso de estados de crecimiento de las plantas para determinar las necesidades de nitrógeno para el cultivo de arroz, es la base para el manejo del nitrógeno en la producción comercial de arroz. Macollaje, elongación del entrenudo, iniciación de la panoja, diferenciación de la panoja, y un número específico de días después de la iniciación o diferenciación de la misma, son usados como indicadores por los productores de arroz, para fertilizar con nitrógeno en un momento apropiado (Bollich, Lindau y Norman, 1994).

El conocimiento y el uso de los niveles óptimos, momento y método de aplicación del fertilizante nitrogenado para cada variedad y como sea posible para cada ambiente suelo – planta reducirá la probabilidad de obtener mayor incidencia de enfermedades, retraso en la madurez, reducción en el rendimiento, menor calidad de grano y mayor vuelco (Sims, Hall y Johnston, 1967).

También Wells y Johnston, 1970 indican que si el nitrógeno es aplicado en cantidades excesivas o en estados morfológicos no adecuados, se incrementa el crecimiento vegetativo, se aumenta el vuelco, se incrementa el daño por enfermedades, se atrasa la madurez y se reduce el rendimiento en grano resultando en una menor calidad de éste.

Sims, Hall y Johnston, 1967 encontraron una significativa interacción entre año y momento de aplicación para rendimiento en grano y vuelco. Estas interacciones revelan las limitaciones de basar la recomendación del momento de aplicación del fertilizante nitrogenado en el número de días desde la emergencia. Muchos factores como la temperatura, intensidad de luz, fertilidad del suelo, manejo del agua pueden causar que las plantas de arroz alcancen estados de desarrollo mucho más rápido en algunos años.

Hall, Sims y Johnston, 1967 II; Hall et al, 1968 citado por Wells y Johnston, 1970 reportaron variaciones por encima de 8 a 10 días en el periodo que va desde la emergencia de las plántulas hasta un largo promedio de los entrenudos para una variedad.

El comienzo del primordio floral puede variar por 10 días según condiciones ambientales (Wells, 1962 citado por Hall, Sims y Johnston, 1967 II). Así para variedades específicas de arroz fertilizando en un número fijo de días desde la emergencia puede no ser el momento óptimo en algunos casos (Hall, Sims y Johnston, 1967 II).

Hall, Sims y Johnston, 1967 II utilizaron la elongación del entrenudo como una guía para estimar el adecuado estado de desarrollo y así lograr un óptimo momento de aplicación del fertilizante nitrogenado.

Los requerimientos de los nutrientes por la planta de arroz son más altos durante los estados reproductivos de crecimiento. Estos datos explican parcialmente por qué las aplicaciones en cobertura de nitrógeno a la media estación son más eficientes que las aplicaciones en cobertura cerca del estado de plántula para incrementar el rendimiento en grano (Sims y Place, 1968).

La dinámica del nitrógeno del suelo y la acumulación del nitrógeno en las plantas de arroz sugieren que la fertilización nitrogenada estimula la absorción del mismo. Una gran porción del nitrógeno aplicado es rápidamente inmovilizado. La fertilización también estimula el ciclo del nitrógeno entre el pool inorgánico y orgánico; y las plantas de arroz podrán utilizar este nitrógeno inorgánico (Bacon, Reinke y Angus, 1994).

Moore et al, 1981 citado por Wilson, Jr, Norman y Wells, 1989 estudiaron tres aplicaciones divididas (pre-inundación y dos en la etapa temprana reproductiva). Estos encontraron un gran incremento en la concentración de nitrógeno inorgánico en el suelo luego de la aplicación pre-inundación; mientras tanto aparentemente debido a la rápida absorción de la planta, solo un pequeño incremento en la concentración de nitrógeno inorgánico en el suelo se detectó después de las dos aplicaciones a la media estación.

Resultados experimentales de Wilson, Jr, Norman y Wells, 1989 muestran que dependiendo del momento de aplicación, la planta tendrá diferentes recuperaciones del nitrógeno, que va desde 52.6% (aplicación pre-inundación) a 74.5% (elongación del entrenudo + 14 días) con 24.9% a 50.4% respectivamente del nitrógeno aplicado recuperado en las panojas a la madurez.

Moore et al, 1981 citados por Wilson, Jr, Norman y Wells, 1989 verifican estos resultados mostrando que las aplicaciones de nitrógeno a la media estación tienden a ser absorbidas más eficientemente que las aplicaciones pre-inundación.

2.2.3 Tipos de fertilizante

Tinarelli, 1989 señala que la urea se utiliza bastante por la reducción de los costos de almacenamiento y transporte, derivado de su alto porcentaje de nitrógeno (46% de nitrógeno bajo forma amídica).

De Datta, 1981 señala que en la mayoría de los casos los fertilizantes que contienen amonio (sulfato de amonio, cloruro de amonio, etc.) o son productores de amonio (urea), son igualmente eficaces de acuerdo con la respuesta de rendimiento en grano, y son fuentes excelentes de fertilización nitrogenada para el cultivo de arroz inundado.

Los conceptos desarrollados para producir fertilizantes nitrogenados se basan en la necesidad de minimizar la acumulación de NH_4^+ en el agua, el cual conduce a la volatilización, el mecanismo más importante de pérdida (Fillery et al, 1984; Vleck y Craswell, 1979; 1981 citados por Yougdahl, Lupin y Craswell, 1986).

Los conceptos manejados son:

1. Liberación lenta

Consiste en cubrir los gránulos de urea con un material de baja solubilidad al agua; es la primer medida usada para diferir la disolución de fertilizantes rápidamente solubles. La urea cubierta con sulfuro es la más conocida.

2. Colocación en profundidad

La cantidad de nitrógeno entrando al agua de inundación cuando la urea es supergranulada es dependiente de la estructura del suelo y del método de colocación del fertilizante. La efectividad del método de aplicación parece estar relacionada con el sellado del suelo después de la colocación de la urea supergranulada.

3. Inhibición de ureasa

Los inhibidores de la ureasa a menudo son muy promisorios para reducir las pérdidas de nitrógeno. Un componente en particular, fenilfósfordiamida (PPD), ha sido identificado como un inhibidor muy efectivo (Vleck, 1980 citado por Yougdahl, Lupin y Craswell, 1986; Keeney y Saharawat, 1986)

El PPD siempre redujo las pérdidas del fertilizante, independientemente del tiempo de aplicación.

Este compuesto disminuye la transformación de urea a amonio, manteniendo una baja concentración de éste en el agua de inundación. Esta baja hidrólisis de la urea, permite al fertilizante moverse dentro del suelo, donde puede ser absorbido o inmovilizado reduciendo así las pérdidas por volatilización del amonio (Yougdahl, Lupin y Craswell, 1986).

Byrnes et al, 1983 citados por Yougdahl, Lupin y Craswell, 1986 encontraron una reducción en la volatilización del amonio de un 30% de pérdida a un 5% cuando se fertilizó nitrógeno con PPD.

Gamarra, 1996 considera que esta práctica es difícil de aplicar en las condiciones del cultivo en el Uruguay.

Otro fertilizante que se utiliza es el sulfato de amonio, siendo una sal cristalina que contiene 21% de N y el 24% de azufre. Es soluble también en agua pero no es higroscópica a diferencia de la urea, por lo que su almacenamiento es fácil (Tinarelli, 1989).

El nitrato de amonio es otro fertilizante que contiene 26% de nitrógeno, la mitad bajo forma nítrica y la otra amoniacal. Se vende y emplea en forma de nitrato amónico – cálcico. Está principalmente indicado para la fertilización del arroz en cobertura (Tinarelli, 1989).

De Datta, 1981; Fageria, 1984 citado por Zuluaga y Rodríguez, 1990 afirman que las fuentes de nitrato no son satisfactorias como fertilizantes nitrogenados aplicados antes de la siembra porque las pérdidas debidas a la denitrificación son casi completas, aún cuando dichos fertilizantes puedan utilizarse posteriormente en aplicaciones superficiales en las etapas más avanzadas del cultivo cuando el sistema superficial de las raíces está ya bien establecido.

Sin embargo Grist, 1982 citado por Zuluaga y Rodríguez, 1990 afirman que en muchas regiones se ha encontrado que aunque la planta de arroz joven responde al nitrógeno amoniacal y no al nítrico, en las últimas etapas de su desarrollo éste último resulta efectivo, porque las raíces del cultivo están bien establecidas.

2.2.4 Eficiencia de fertilización, de utilización y porcentaje de recuperación

La eficiencia de fertilización nitrogenada se puede expresar en forma del aumento de lo cosechado en grano por unidad de fertilizante nitrogenado, cuya unidad es Kg de arroz/Kg de nitrógeno. Por otro lado puede considerarse la eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado que indica el aumento de lo producido en arroz cáscara por Kg de nitrógeno absorbido por la planta (Gago y Tarán, 1993).

Un pequeño incremento en la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado podrá salvar costos energéticos y ahorrar gastos desde países donde dicho fertilizante se importa (Keeney y Saharawat, 1986).

La eficiencia está afectada por numerosos factores del cultivo y manejo del agua, como enmalezamiento, transplante versus siembra convencional (Rao et al, 1975 citado por Vleck y Byrnes, 1986), densidad de plantas y su geometría y regímenes de inundación (Vleck y Byrnes, 1986).

De Datta, 1981; Bollich, Lindau y Norman, 1994 concluyen que varios son los factores que determinan la eficiencia de fertilización. Estos son: suelo, variedad, clima, fecha de siembra, manejo del agua, control de enfermedades y malezas, secuencia de cultivos, fuente del fertilizante, dosis y momento de aplicación.

Según Deambrosi, 1997 el riego juega un papel importante en la eficiencia de uso del nitrógeno, ya que la alternancia de condiciones húmedas y secas promueve pérdidas del nutriente. Por lo tanto estas pueden provocarse por el uso no continuo del riego (baño) o por la ocurrencia de lluvias.

Westfall, 1975 reporta una eficiencia de aplicación del fertilizante nitrogenado del 56 % con 148 Kg/ha de fertilizante nitrogenado aplicado. Cuando se usaron mayores dosis de nitrógeno, se estimuló más el crecimiento vegetal pero no se obtuvieron mayores rendimientos en grano y disminuyó la eficiencia de aplicación del nitrógeno al 51 %. Cuando se disminuyó la dosis hasta 50 Kg/ha, la eficiencia aumentó al 70 % y los rendimientos disminuyeron un 35 %.

Según los experimentos diseñados para medir la eficiencia de consumo de nitrógeno del fertilizante marcado, permitiendo con eso la distinción entre el nitrógeno del suelo y el fertilizante, indican que el arroz fertilizado obtiene del 50 al 80% de sus requerimientos en nitrógeno a partir del suelo (De Datta, 1981).

Craswell y Vleck, 1979 citados por Vleck y Byrnes, 1986 encontraron en la literatura publicada sobre experimentos en los cuales se usó N^{15} que el rango de recuperación del fertilizante varió desde 7 a 68%.

Craswell y Vleck, 1979 citados por Yougdahl, Lupin y Craswell, 1986 usando N^{15} , mostraron que la eficiencia de las aplicaciones basales varió de 7 a 38 %, y las recuperaciones desde aplicaciones fraccionadas desde 35 a 61 %. En cada caso el fertilizante se colocó al voleo.

Mientras que los cultivos sin riego utilizan del 40 al 60% del nitrógeno aplicado (Vleck y Byrnes, 1986), los cultivos de arroz inundados utilizan únicamente del 20 al 40% (Mitsui, 1954 citado por Vleck y Byrnes, 1986).

Según Fillery, 1985 citado por Fillery y Vlek, 1986 la habilidad para absorber el nitrógeno por el cultivo de arroz varía con el estado de crecimiento. Estos encontraron que aproximadamente el 40% de la urea marcada aplicada al cultivo en el momento de la iniciación de la panoja fue recuperada en las plantas 10 días después de aplicado el nitrógeno.

En contraste, después de un período similar de absorción, las plantas de arroz generalmente contenían menos del 10% de la urea marcada cuando esta se aplicó en el agua de inundación entre 2 – 3 semanas después del transplante.

Varios estudios (Reddy et al, 1978; Westcott, 1986; Wilson et al, 1989 citados por Bollich, Lindau, y Norman, 1994) indican utilidades más eficientes del fertilizante nitrogenado, con aplicaciones a la media estación, que a la siembra o a la pre-inundación (4-5 hojas). Sin embargo las más altas recuperaciones del fertilizante nitrogenado con aplicaciones a la media estación generalmente no incrementan el rendimiento en grano (Bollich, Lindau, y Norman, 1994).

Westcott et al, 1986; citados por Bollich, Lindau y Norman, 1994 reportaron altas recuperaciones del nitrógeno fertilizado desde aplicaciones a la media estación. Las plantas de arroz presentan una mayor capacidad de absorción del nitrógeno fertilizado a la media estación, debido a un sistema radicular bien desarrollado.

2.2.5 Momento de aplicación

Tinarelli, 1989 afirma que toda la investigación mundial relativa a la fertilización del arroz ha demostrado de forma clara las grandes ventajas que se derivan del fraccionamiento del fertilizante nitrogenado; cuanto más permanente es el cultivo de arroz y más sueltos y arenosos son los suelos, pobres en coloides minerales y humus, superior y más evidente es el efecto del fraccionamiento sobre la producción y sobre la capacidad de la planta frente a la Pyricularia y el vuelco.

Las cantidades y los momentos de aplicación de los fertilizantes son importantes para determinar las respuestas en crecimiento de las plantas y finalmente el rendimiento en grano (Beacher y Wells, 1960; Evatt, 1964; Place y Sims, 1966; Sims et al, 1965; Wells, 1962 citados por Sims y Place, 1968).

Wells y Turner, 1984 citados por Wilson. Jr, Norman y Wells, 1989 encontraron que las aplicaciones divididas fueron los métodos más exitosos para aplicar el fertilizante nitrogenado bajo sistemas de siembra en seco.

El uso del fertilizante en exceso o en cantidades menores que las óptimas resulta en menores rendimientos en grano, con reducción en la calidad. Difiriendo la aplicación de nitrógeno en cobertura a la media estación hasta que el arroz alcance el estado reproductivo, se producirán plantas con un mínimo crecimiento vegetativo, menos paja, vuelco y más altos rendimientos en grano (Sims et al. 1967 citados por Sims y Place, 1968).

En Arkansas, las aplicaciones divididas en cobertura del fertilizante nitrogenado ha resultado ser uno de los más efectivos métodos para conseguir relativamente altos rendimientos en grano y una absorción eficiente del fertilizante (Wilson. Jr, Norman y Wells, 1989).

Patrick. Jr y Reddy, 1976 citados por Wilson. Jr, Norman y Wells, 1989 encontraron que las aplicaciones divididas del fertilizante nitrogenado resultaron en más altas recuperaciones del nitrógeno en el grano y en la paja.

Rao y Schinde, 1985 citados por Wilson. Jr, Norman y Wells, 1989 indicaron que las aplicaciones divididas de urea no cubierta o sin protector, son efectivas para reducir las pérdidas debido al lavado y denitrificación.

Con relación al momento óptimo para realizar la aplicación en el Uruguay, se pueden identificar dos épocas claramente definidas:

- La primera es el macollaje, momento en que se determina la cantidad potencial de panojas a formar.
- La segunda es el momento de formación del primordio floral, momento en que se determina el tamaño de la panoja.

Dependiendo del tipo de suelo en consideración y de su capacidad de suministro natural, se podrá o no suprimir la primera, pero la segunda es casi siempre conveniente (Deambrosi, 1997).

El arroz fertilizado en cobertura con nitrógeno a la media estación produce más altos rendimientos que el arroz fertilizado en cobertura cerca de la emergencia de las plántulas. Las razones que explican el incremento en la eficiencia de aplicación en cobertura en la media estación no están totalmente esclarecidos.

Lo que se presume es:

- A. Mucho del nitrógeno aplicado en cobertura cerca de la emergencia de las plántulas es perdido desde los suelos inundados.
- B. Los requerimientos de las plantas por nitrógeno aumentan inmediatamente antes y durante el estado reproductivo de crecimiento (Sims y Place, 1968; Wells y Johnston, 1970).

Slaton et al, 1994 informan que en Arkansas se recomienda fertilizar en 3 momentos en cobertura. En el estado de 5^{ta} hoja, el 50-60% de los requerimientos totales de nitrógeno son aplicados a la superficie del suelo seco antes de la inundación. Las aplicaciones de nitrógeno fraccionadas a la media estación son colocadas dentro del agua de inundación con una elongación del entrenudo de 1,25 cm y luego a los 10 días.

Zuluaga y Rodriguez, 1990 encontraron que manejando toda la dosis de nitrógeno a la siembra no existió prácticamente respuesta al mismo a las diferentes dosis (40, 80 y 120 Kg de N/ha). Estos autores deducen que este comportamiento es debido al alto nivel de pérdidas de nitrógeno por denitrificación que lleva este método cuando se maneja el arroz con un período seco antes de la inundación, sistema tradicional en el país.

Según Sims, Hall y Johnston, 1967 I el nitrógeno aplicado en grandes cantidades durante la última parte del crecimiento vegetativo resultó en plantas altas, mucho vuelco y menor rendimiento en grano. También las enfermedades son más predominantes cuando el nitrógeno es aplicado en el estado vegetativo tardío o en el estado temprano de embarrigado. El porcentaje de granos vacíos se incrementa en esos momentos.

Tanaka, 1968 citado por Wells y Johnston, 1970 confirma los resultados anteriores, afirmando que mucho del nitrógeno aplicado durante la fase tardía vegetativa va hacia el crecimiento vegetativo, mientras que una gran porción del nitrógeno aplicado durante la fase temprana reproductiva es usada para la formación del grano.

Patnik y Broadbent, 1967 citados por Wells y Johnston, 1970 usando N¹⁵ como marcador, recuperaron más nitrógeno en las plantas de arroz por aplicaciones de 2/3 del nitrógeno a la siembra y 1/3 en el estado reproductivo que aplicando todo el nitrógeno a la siembra.

Bacon, Reinke y Angus, 1994 indican que las parcelas que fueron fertilizadas en forma fraccionada, produjeron en promedio 12 t/ha de arroz, mientras que aquellas que recibieron todo el nitrógeno al inicio de la panoja rindieron en promedio 9.3 t/ha. Las parcelas que recibieron 200 Kg de N/ha pre-inundación tuvieron el promedio más alto (12.5 t/ha de arroz).

La máxima eficiencia agronómica (61 Kg de grano/Kg de N) se alcanzó en las parcelas que recibieron 100 Kg de N/ha pre-inundación.

También se encontró que el fertilizante nitrogenado aplicado al inicio de la panoja, no lleva a rendimientos tan altos como aquellos que se obtienen cuando todo el nitrógeno adicionado está disponible temprano (Bacon et al, 1994; Williams y Angus, 1994 citados por Williams et al, 1994).

Con la variedad INIA Tacuarí, Deambrosi y Méndez, 1998 encontraron una respuesta al fraccionamiento de la dosis y una tendencia a incrementar los rendimientos con la máxima aplicación (60 Kg de N/ha versus 90 Kg de N/ha), sin interacción de los dos factores.

La combinación del mejor fraccionamiento (20, 30, 50% en siembra – macollaje – primordio respectivamente) y la mejor dosis (90 Kg de N/ha) rindió un 35% más que el testigo sin aplicación de nitrógeno.

En un trabajo de Bollich, Lindau y Norman, 1994 se observó que el momento de aplicación del fertilizante nitrogenado influyó significativamente en los días para alcanzar el 50% de la floración, en la altura de plantas y rendimiento en grano. La aplicación dividida en tres momentos (pre-inundación, inicio de la panoja y diferenciación de la panoja) disminuyó los días para lograr el 50% de la floración comparada con una simple aplicación pre-inundación (plantas en inicio de macollaje).

Westcott et al, 1986 citados por Wilson Jr, Norman y Wells, 1989 reportaron más altas recuperaciones del fertilizante nitrogenado con aplicaciones divididas realizadas a la pre-inundación e inicio de la elongación de la panoja versus una simple aplicación pre-inundación o pre- siembra.

Norman et al, 1989 citados por Wilson. Jr, Norman y Wells, 1989 usando N^{15} también encontraron que las aplicaciones divididas del fertilizante nitrogenado (pre-inundación, elongación del entrenudo y 10 días después de la elongación) resultó en los más altos rendimientos en grano y las más altas recuperaciones del fertilizante en planta.

Bollich, Lindau y Norman, 1994 mostraron que la simple aplicación del fertilizante nitrogenado (134 Kg de N/ha) a la pre- inundación, fue superior a la aplicación dividida o fraccionada en tres momentos (66 Kg de N/ha a la pre-inundación, 34 Kg de N/ha al inicio de la panoja y 34 Kg de N/ha a la diferenciación de la panoja). De lo anterior los autores sugieren que el momento de aplicación del nitrógeno a la media estación, en un estricto estado de crecimiento de la planta, puede resultar en disminuciones del rendimiento en grano. Esto es especialmente verdadero cuando inadecuadas cantidades de fertilizante nitrogenado son aplicadas a la pre-inundación.

Wells y Johnston, 1970 encontraron una interacción entre momento y cantidad de fertilizante para rendimiento en grano, vuelco, altura de la planta y peso de los granos, indicando que la aplicación de nitrógeno durante la fase reproductiva temprana es más eficientemente utilizado para formar grano que si el nitrógeno es aplicado durante la fase vegetativa tardía. Se concluyó que las distintas variedades estudiadas difieren en el estado de desarrollo exacto en el cual la aplicación de nitrógeno produjo los máximos rendimientos en grano.

2.2.6 Método de aplicación

Según Deambrosi y Méndez, 1993 II la aplicación de la dosis de fertilizante nitrogenado dividida en más de una vez durante el ciclo del cultivo es una práctica común. Donde es de interés obtener información sobre cuál es la forma más adecuada de la aplicación en cobertura al macollaje, para disminuir las probables pérdidas de nitrógeno.

La colocación del fertilizante nitrogenado en la zona reducida de los suelos inundados reduce la nitrificación. Mientras que el NH_4^+ formado puede difundir a la capa oxidada susceptible a la nitrificación, será mucho menor que si el fertilizante nitrogenado es aplicado en superficie.

Con la aplicación del fertilizante nitrogenado cuando el sistema radicular está establecido, y el nitrógeno está absorbiéndose rápidamente, se da una reducción de la disponibilidad del NH_4^+ para la nitrificación (Savant y De Datta, 1982 citados por Keeney y Saharawat, 1986).

Mikkelsen et al, 1978 mostraron que la cantidad de NH_3 perdido estuvo muy influenciada por las prácticas de manejo usadas. Por ejemplo, la aplicación de urea al agua de inundación (práctica común de los productores), resultó en pérdidas del 50 a 60 % del nitrógeno aplicado a los 10 días. La incorporación superficial de la urea usando una rastra redujo las pérdidas de nitrógeno a la mitad comparada con la práctica de los productores.

También encontraron que la volatilización del NH_3 y el total del nitrógeno perdido fueron mínimos cuando la urea es colocada en profundidad en suelos compactos.

Sin embargo, Katayal et al, 1985 citados por Yougdahl, Lupin y Craswell, 1986 sugieren que en los suelos caracterizados por altas percolaciones, la colocación de la urea en profundidad puede causar altas pérdidas por lixiviación.

Generalmente las más altas pérdidas de nitrógeno ocurren desde la aplicación de urea al voleo al agua de inundación en un estado temprano de desarrollo de la planta (Vleck y Byrnes, 1986, Deambrosi y Méndez, 1995).

Fillery et al, 1985 citado por Vleck y Byrnes, 1986 mostraron pérdidas del 40 al 60% de la urea o $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ aplicada al voleo al agua de inundación después de dos a cuatro semanas del transplante, práctica común en los productores de las Filipinas.

Según Prasad y De Datta, 1979 citados por Bouldin, 1986 la colocación de las fuentes de NH_4^+ en la zona anaeróbica, es superior en eficiencia a la colocación de esa fuente en superficie.

En algunos de los experimentos de arroz llevados a cabo por Vleck y Byrnes, 1986, la colocación en profundidad del fertilizante incrementó el porcentaje de nitrógeno proveniente del mismo en comparación con la aplicación en superficie.

Fillery et al, 1984 citado por Fillery y Vlek, 1986 encontraron que la incorporación de la urea en suelos compactados cuando éstos están sin el agua de inundación, reduce la concentración de nitrógeno amoniacal en la misma.

2.2.7 Influencia del nitrógeno y factores climáticos en los componentes del rendimiento

De Datta, 1981 señala la existencia de una relación muy estrecha entre los componentes del rendimiento y el rendimiento en grano, la cual puede ser expresada como:

Rendimiento en grano = N° de panojas/m² x Granos totales por panoja x % de granos llenos x peso de los 1000 granos

Según Mae, 1997 cada uno de los componentes del rendimiento¹ está ampliamente establecido en un particular estado de crecimiento.

Stansel, 1965; 1975 citado por De Datta, 1981 sugiere que el período más crítico de requerimientos en energía solar para las plantas de arroz va desde la iniciación de la panoja hasta aproximadamente 10 días antes de la madurez.

Moomaw et al, 1967 citados por De Datta, 1981 encontraron una fuerte correlación entre el rendimiento en grano y radiación solar durante los últimos 30 días del crecimiento del cultivo.

Yoshida y Parao, 1976 citados por De Datta, 1981 sombrearon el cultivo en varios grados durante el estado vegetativo, reproductivo y de maduración. El sombreado durante el estado vegetativo tuvo un pequeño efecto sobre el rendimiento en grano, mientras tanto el sombreado durante el estado reproductivo tuvo mayor efecto que durante la maduración.

Durante el estado reproductivo, la radiación solar afectó el n° de espiguillas/m² y durante la maduración esta afectó el porcentaje de granos llenos.

2.2.7.1 Número de panojas

De Datta, 1981; Mae, 1997 nos indican que el principal estado en el cual el número de panojas es determinado es en el estado de macollaje.

El número de panojas es afectado más fuertemente por condiciones climáticas durante ese período. Altas temperaturas diarias y radiación solar y bajas temperaturas en la noche conducen aparentemente a la producción de más panojas sin una marcada reducción en el número de espiguillas (De Datta, 1981).

De Datta, 1981 explica que el incremento del rendimiento causado por la aplicación de nitrógeno es generalmente debido a un aumento del número de panojas más que a un aumento del tamaño de las mismas. También indica que al aumentar el número de panojas hay una tendencia a disminuir el tamaño de las mismas.

Lena y Magallanes, 1984 encontraron un efecto significativo y positivo del nitrógeno sobre la densidad de panojas para la primer época de siembra (4 de noviembre) y un efecto significativo al 10 % para la segunda época (28 de noviembre) para la variedad Bluebelle.

Con la variedad INIA Tacuari, Deambrosi y Méndez, 1998, encontraron que la aplicación de nitrógeno incrementó el número de panojas por metro cuadrado (testigo = 396, N_{60} = 465, N_{90} = 547).

Si bien la esterilidad fue mas alta con la aplicación de 90 Kg de N/ha que con 60 Kg de N/ha (26.8% versus 22.1%, prob. 0.01), la superioridad en el número de panojas dio lugar al llenado de un mayor número de granos por unidad de superficie.

2.2.7.2 Número de espiguillas por panoja

Perdomo et al, 1985 citados por Zuluaga y Rodriguez, 1990 señalan que en el cultivo de arroz este componente del rendimiento se establece durante la etapa de desarrollo de la panoja.

Yoshida y Parao, 1976 citados por De Datta, 1981 encontraron que el número de espiguillas por panoja fue altamente correlacionado con la radiación solar y temperatura durante el estado reproductivo 25 días antes de la floración.

Matsushima, 1957 citado por Murata y Matsushima, 1975 afirman que la cantidad de espiguillas por panoja se determina dentro de los 32 a 5 días antes de la floración. Esta cantidad proviene de la diferencia entre el número de primordios diferenciados y el número de primordios que degeneran. El número de primordios diferenciados se ve muy afectado por el suministro de nitrógeno, mientras que el número de primordios degenerados se ve afectado por otros factores.

2.2.7.3 Peso de los granos

El peso de los 1000 granos según Mae, 1997 es un carácter varietal estable, debido a que el tamaño de grano está controlado por el tamaño de cáscara.

Zuluaga y Rodriguez, 1990 encontraron que la aplicación de nitrógeno en dosis crecientes frente al testigo sin fertilizar, mostró un peso significativamente inferior de los 1000 granos. Los autores suponen que esta tendencia pueda ser debida al efecto que tuvo el nitrógeno en aumentar el número de granos totales/m², y por lo tanto los metabolitos a ser translocados se dividen entre un número de granos mayor, determinando que estos sean más chicos.

Zuluaga y Rodriguez, 1990 también encontraron que el peso de los 1000 granos se correlacionó positivamente con el rendimiento ($r = 0.234$) y negativamente (prob. 0.05) con el índice de enfermedad a la cosecha ($r = -0.219$), lo que está indicando el daño que causa la enfermedad en éste componente, probablemente causando la interferencia en la translocación de metabolitos.

2.2.8 Factores que afectan la respuesta al nitrógeno

De varios ensayos realizados Lavecchia, 1991 observó que no existe una dosis óptima a recomendar debido a que son varios los factores que interaccionan en la respuesta del cultivo al agregado de nitrógeno.

Como regla se debe tener presente:

- Historia previa de chacra, % de M.O, tenor de fósforo.
- Tipo de suelo, textura, y topografía.
- Variedades, ciclo, resistencia a enfermedades y susceptibilidades al vuelco.
- Densidades, distribución de siembra y uniformidad de fertilización cuando se realiza al voleo.
- Riego con inundación permanente.
- En caso de zonas con problemas endémicos de hongos, se debe de pensar en usar bajas dosis de fertilización nitrogenada y fungicidas en forma preventiva.

2.2.8.1 Características de las plantas

Las respuestas del cultivo a la aplicación de nitrógeno son diferentes según los ciclos y tipos de plantas. Características tales como índice de área foliar, forma y dirección de las hojas afectan la respuesta al nitrógeno (Tanaka, 1964 citado por Zuluaga y Rodríguez, 1990).

INIA Caraguatá que presenta hojas bien erectas responde a dosis más altas de nitrógeno que otras variedades.

INIA Tacuarí, de ciclo más corto deberá ser fertilizada mucho antes en el tiempo que El Paso 144, pues de lo contrario el nutriente no podrá ser utilizado en el momento en que la planta lo necesite (Deambrosi, 1997).

2.2.8.2 Altura, vuelco

Lena y Magallanes, 1984 encontraron un aumento lineal de la altura con respecto al nitrógeno aplicado para la variedad Bluebelle.

Aplicando el fertilizante nitrogenado en forma fraccionada, es generalmente aceptado como una forma para disminuir los problemas de vuelco asociado con plantas altas (Sims et al, 1967; Wells et al, 1970; citados por Bollich, Lindau y Norman, 1994).

Los rendimientos en grano fueron inversamente relacionados con la altura de la planta y vuelco (Sims, Hall y Johnston, 1967). Estos autores señalan también que el excesivo nitrógeno conduce a incrementos en el vuelco e incidencia de enfermedades, retrasa la madurez, reducción en el rendimiento y menor calidad de grano.

En años donde las condiciones ambientales causan una liberación de considerables cantidades de nitrógeno desde la M.O, el nitrógeno extra puede incrementar la probabilidad de vuelco (Sims, Hall y Johnston, 1967).

Según Bollich, Lindau y Norman, 1994, en cuanto a la altura, la respuesta al nitrógeno podrá variar dependiendo del momento de aplicación del nitrógeno y la variedad. Menos nitrógeno a la pre-inundación y más a la media estación se espera que disminuya el crecimiento temprano excesivo y la altura de la planta.

Contrastando dos zafras diferentes en cuanto a la radiación solar, se observó una mayor altura de las plantas para la zafra con baja radiación solar (Deambrosi, 1990).

2.2.8.3 Capacidad de macollamiento

Tanaka, 1964 citado por Zuluaga y Rodriguez, 1990 reporta que la capacidad de macollamiento de la planta de arroz varía con la variedad y con el medio ambiente, y que el nitrógeno es uno de los principales factores que influyen en el macollaje.

De Datta, 1981 señala que la aplicación de fertilizante nitrogenado aumenta el macollaje de forma importante en los diferentes tipos de arroz. También concluye que la relación entre el número de macollos totales y el porcentaje de macollos fértiles es inversa. Las variedades que poseen macollos erectos o intermedios, presentan una mejor distribución de luz y por lo tanto un mayor número de macollos fértiles.

Bacon, Reinke y Angus, 1994 encontraron un mes luego de la inundación (60 días después de la siembra) que las parcelas que recibieron 100 Kg de N/ha pre-inundación tuvieron más del doble de macollos/m² que el testigo, mientras que las parcelas que recibieron 200 Kg/ha pre-inundación tuvieron tres veces más macollos/m². El número de macollos disminuyó después del momento de la iniciación de la panoja sobre las parcelas que recibieron todo el nitrógeno pre-inundación. Las parcelas que recibieron todo el fertilizante al momento del inicio de la panoja tuvieron un incremento del triple en el número de macollos luego de la aplicación; y tuvieron significativamente más macollos que las parcelas fertilizadas pre-inundación. Muchos de los macollos tardíos tuvieron una vida corta y desde la antesis en adelante la aplicación de nitrógeno tuvo un pequeño efecto sobre el número de macollos.

También Deambrosi y Méndez, 1995 encontraron que las aplicaciones de nitrógeno en forma de urea en cobertura a la formación del primordio floral aumentó el número de macollos efectivos, obteniéndose más panojas al momento de la cosecha. Ellos sugieren que existió un efecto positivo en la supervivencia de los macollos.

2.2.8.4 Condiciones climáticas

2.2.8.4.1 Radiación solar

Según Evans y De Datta, 1979 citados por De Datta, 1981 afirman que la respuesta de las plantas a la radiación es mayor a altos niveles de fertilizante nitrogenado.

La respuesta del arroz a la aplicación de nitrógeno esta fuertemente condicionada por las horas diarias de sol durante la etapa reproductiva. Con buena luminosidad, el nutriente fue favorable para lograr incrementos en la producción. Cuando la radiación solar fue escasa se obtuvieron los mayores rendimientos fertilizando con bajas dosis de nitrógeno. Se ha demostrado en Paso de la Laguna respuestas totalmente contrarias, promoviendo o deprimiendo los rendimientos en dos zafas contrastantes en referencia a la nubosidad, después de realizar las aplicaciones de nitrógeno (Deambrosi 1990).

2.2.8.4.2 Temperatura

Según Tanaka, 1964 citado por Días et al, 1985 citado por Zuluaga y Rodriguez, 1990 en años de temperatura elevada durante la fase vegetativa, el desarrollo puede ser intensificado principalmente cuando son aplicados niveles altos de nitrógeno, lo que acarrea mayor sombreado mutuo de la comunidad de plantas en la fase reproductiva, disminuyendo el aprovechamiento de la energía solar y la respuesta al nitrógeno, llevando a menores rendimientos del cultivo.

León y Arregocés, 1985 citados por Zuluaga y Rodríguez, 1990 manifiestan que la fertilización nitrogenada tiene efectos sobre la esterilidad. Cuando la temperatura está por encima o cerca de la temperatura crítica (20°C), el nitrógeno aplicado tiene poco efecto en la esterilidad; sin embargo a temperaturas moderadamente bajas el porcentaje de esterilidad aumenta al incrementar la cantidad de nitrógeno aplicado.

2.2.8.5 Manejo del agua

En nuestro país se pueden distinguir dos periodos claramente diferenciados respecto a la presencia de agua: desde la siembra hasta la inundación de la chacra y luego de ella. Si bien se dispone de la posibilidad de realizar baños o riegos rápidos con retiro del agua en la primera etapa, los procesos y relaciones entre suelos y plantas durante éste período son semejantes a los que ocurren en otros cultivos de secano (Deambrosi y Méndez, 1996).

El establecimiento temprano de la inundación del cultivo hace más eficiente la respuesta del arroz a la aplicación del nutriente nitrogenado, pudiendo disminuirse las dosis empleadas (Deambrosi, 1997).

Lavecchia, 1991 sugiere en un ensayo en el cual hubo problemas en el manejo del agua dificultándose la instalación de una capa de agua permanente que: El riego intermitente produce pérdidas de nitrógeno y un uso ineficiente del mismo, por eso se requiere una mayor cantidad de nitrógeno para lograr iguales rendimientos que un riego de permanente inundación.

Deambrosi y Méndez, 1995 estudiaron diferentes momentos de aplicación del nitrógeno en cobertura al macollaje, con respecto a la realización de los baños, de manera de incrementar la eficiencia de utilización del nitrógeno. Los tratamientos consistieron en fertilizaciones en seco antes del baño, en agua y en barro después del baño.

Estos encontraron que los tratamientos de mayor eficiencia (Kg de nitrógeno absorbidos) fueron las aplicaciones en seco previo a la realización del baño.

Los autores sugieren que estos resultados se debieron a la incorporación del fertilizante nitrogenado (urea) al suelo por las lluvias previas y/o por el baño realizado.

La menor eficiencia se obtuvo cuando el nitrógeno se aplicó en agua o un día después del baño (en barro).

2.2.9 Nitrógeno y enfermedades

La intensidad de uso de la tierra y la generalización de la fertilización, entre otros factores, han contribuido a la mayor incidencia de enfermedades en las plantas de arroz (Gamarra, 1996).

Tinarelli, 1989 señala que la importancia del daño producido a las plantas por las enfermedades varía principalmente en función de:

- Las prácticas de fertilización
- La variedad
- Manejo del cultivo
- Variaciones de los factores climáticos

Una excesiva fertilización con nitrógeno debilita más al arroz en lugar de promover su capacidad de producir grano. Ello se debe a que aumenta la susceptibilidad de las plantas a las enfermedades del tallo, disminuyendo las posibilidades de obtener altos rendimientos (Deambrosi, 1997).

Zuluaga y Rodríguez, 1990 encontraron una correlación positiva y muy significativa (prob. 0.05) entre el índice de enfermedad y el porcentaje de nitrógeno en la planta ($r = 0.54$).

Esto se pudo observar con la aplicación basal exclusivamente, presentando niveles de ataque bajos en las diferentes dosis de nitrógeno, reflejando posiblemente el menor aprovechamiento del nutriente aplicado debido a pérdidas del suelo por denitrificación.

Gamarra, 1996 sugiere que excesivas dosis de nitrógeno favorecen la aparición de Brusone (*Pyricularia Oryzae*) en variedades susceptibles a esta enfermedad. A su vez, este efecto se ve incrementado en años de baja radiación solar.

También se ha encontrado un aumento importante de las enfermedades del tallo con la fertilización con nitrógeno (*Sclerotium Oryzae*, *Rhizoctonia Oryzae*).

2.3 VARIEDADES

El Paso 144 es de origen tropical y de alto rendimiento, siendo seleccionada en el año 1978 en la Estación Experimental del Este (E.E.E) dependiente del C.I.A.A.B (Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger) a partir de una población proveniente del C.I.A.T, P-790-B4-4-1T, de la cual es originaria la variedad brasileña Br (IRGA) 409 incluyéndose en el registro definitivo de certificación en agosto de 1986.

Es de ciclo largo, requiriendo aproximadamente 95 días de siembra a floración.

Su tipo de planta es semienano, de alto macollaje, de hojas erectas y pilosas. Su altura media es de 91 cm, variando desde 75 cm hasta 110 cm.

Debido a su origen tropical es susceptible a bajas temperaturas, por lo que se recomienda sembrarse temprano hasta mediados de noviembre. Las siembras tardías tienen alta incidencia de enfermedad y de manchado de grano.

Presenta una resistencia moderadamente susceptible a resistente a *Pyricularia Oryzae*, mientras que es moderadamente susceptible a *Rhizoctonia Oryzae* y susceptible a *Sclerotium Oryzae* (Avila, Blanco y Chebataroff, 1987).

INIA Tacuarí es de tipo japónica y su grano largo de tipo americano, proveniente del cruzamiento Newbonnet/Newrex L79 realizado en la E.E.E en 1984.

Es de ciclo corto, requiriendo promedialmente 87 días de siembra a comienzo de floración.

Su tipo de planta es moderno, con hojas erectas sin pilosidad y presenta una altura promedio de 84 cm.

Una de las grandes ventajas es que no ha tenido grandes problemas de vuelco o desgrane, además presenta buena tolerancia al frío, haciéndola apta a siembras tardías y a regiones donde la temperatura es limitante para el cultivo.

Presenta una buena tolerancia a *Pyricularia Oryzae*, siendo de moderadamente susceptible a resistente. Sin embargo esta variedad ha mostrado problemas de sanidad en los tallos especialmente a la podredumbre de las vainas causada por *Rhizoctonia Oryzae* y *Rhizoctonia Oryzae Sativae*, siendo de moderadamente susceptible a susceptible (Blanco, Perez de Vida y Piriz, 1993).

Para las variedades anteriormente señaladas en los ensayos experimentales de los años 1996-1997 y 1997-1998, Méndez y Roel encontraron una asociación entre el largo en días de las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz y la acumulación térmica. Esta última es el resultado de la suma de los grados días.

El uso de los grados días acumulados tiene como fin determinar la exigencia térmica del cultivo para alcanzar una determinada fase fenológica (Roel y Blanco, 1993).

Para el cálculo de éstos, la metodología utilizada fue DD50 (Degree Day 50°F), la cual Roel y Blanco, 1993 encontraron que mejor se ajustaba a nuestras condiciones.

La fórmula utilizada para calcular los Grados días fue la siguiente:

$$\text{Grados días} = (\text{temp. máx.} + \text{temp. mín.}) - 10^{\circ}\text{C}$$

2

Este modelo considera que si la temperatura máxima es mayor a 34°C, se asigna este valor como temperatura máxima de ese día y si la temperatura mínima es mayor a 21°C, se asigna este valor como temperatura mínima de ese día (Roel y Blanco, 1993).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

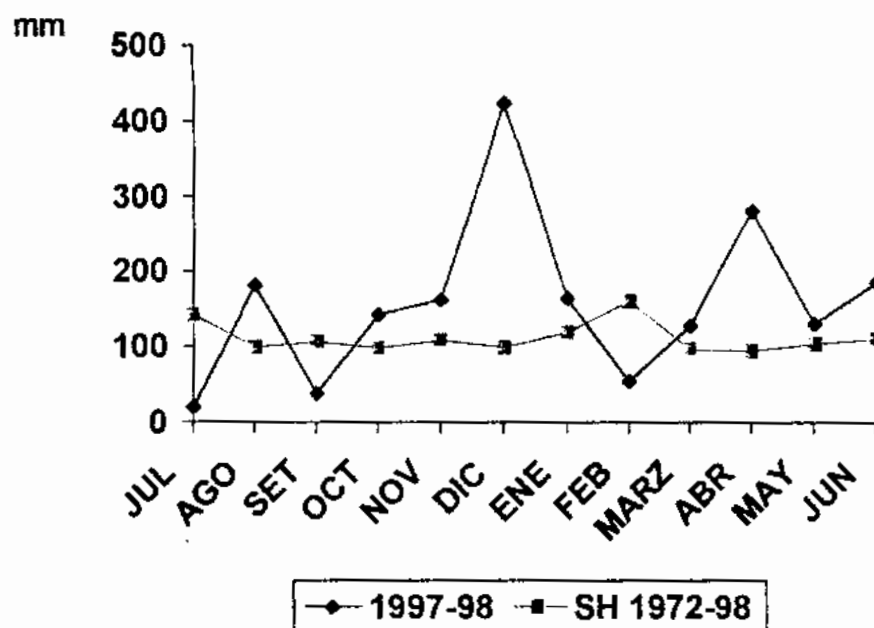
El ensayo se realizó en la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres, ubicado en la 11^{va} seccional policial del departamento de Treinta y Tres, en la zafra 97-98.

3.2 CONDICIONES AMBIENTALES

La precipitación total anual durante el año agrícola 97-98 fue de 1901.2 mm, siendo superior a la serie histórica 72-98 en un 42.6%.

En la figura 1 se presentan los totales precipitados de los meses de julio 97 a junio 98 y su comparación con los valores promedio de la serie histórica 72-98 (adaptado de Roel, 1998). Se observa que la distribución de las primeras es muy irregular, manifestándose a través de un alto coeficiente de variación (69.3%), comparado con la serie histórica 72-98 que presenta un coeficiente de variación del 17.8%.

Figura 1: Precipitaciones medias mensuales de julio de 1997 a junio de 1998 y su comparación con la serie histórica 1972-1998 (adaptado de Roel, 1998).

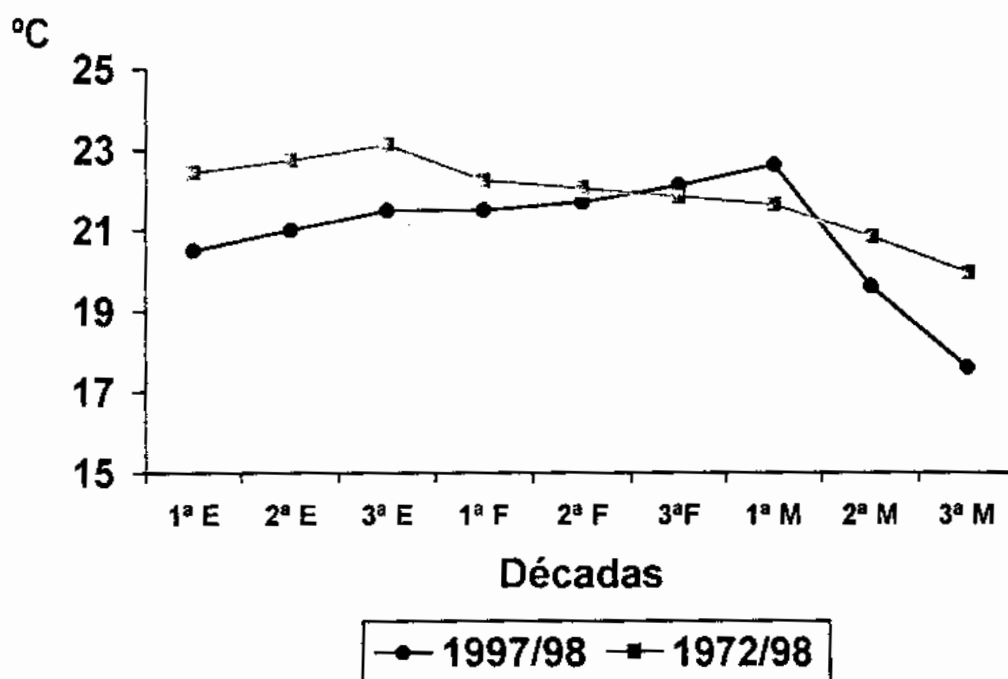


Otra información a resaltar, es la presencia de un temporal ocurrido el 17 de abril de 1998 que provocó vuelco y desgrane a muchos cultivos.

En cuanto a la temperatura, se registró un promedio anual de 16.9°C para la zafra agrícola 97-98 y 16.6°C para la serie histórica 72-98, no observándose diferencias (Roel, 1998). Las diferencias en temperatura se observan en la etapa más crítica para el cultivo, en la floración, que ocupa los meses de enero y febrero.

Se presenta en la figura 2 los valores promedio decádicos desde enero a marzo (Roel, 1998). Se observa que la temperatura promedio de la zafra 97-98 es inferior a la serie histórica 72-98 desde la primera década de enero hasta la segunda década de febrero inclusive.

Figura 2: Comparación de la zafra 97-98 con la serie histórica 72-98 de las temperaturas medias decádicas desde enero hasta marzo.



En el siguiente cuadro se puede apreciar el número de días con temperaturas por debajo de los 15°C , para los meses de Enero y Febrero separados por décadas.

Cuadro 1: Días por debajo de 15°C durante los meses de enero y febrero registrados en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna – INIA Treinta y Tres.

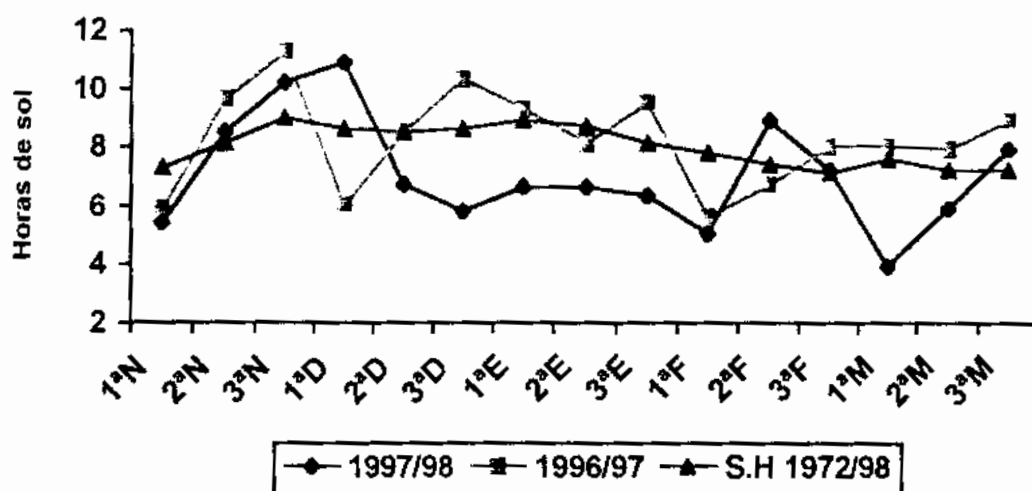
	1 ^{era} Década	2 ^{da} Década	3 ^{era} Década	Total
Enero	5 días	4 días	4 días	13 días
Febrero	2 días	5 días	3 días	10 días

En cuanto a las horas de sol promedio anual diario, la zafra agrícola 97-98 fue inferior a la serie histórica 72-98 con 6.1 horas versus 6.6 horas (Roel, 1998)

En cuanto a la acumulación de horas de sol en el período que va desde enero a marzo se observó que el total fue de 580 para la zafra 97-98 (Roel, 1998), siendo un 19% menor que la serie histórica 72-98.

Se presentan en la figura 3 los valores promedio decádicos de las horas de sol. Se observa al igual que lo sucedido con las temperaturas medias valores inferiores desde la segunda década de diciembre hasta la segunda de febrero.

Figura 3: Valores promedio decádico de las horas de sol desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo para las zafas 96/97, 97/98 y la serie histórica 72/98 obtenidos en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna – INIA Treinta y Tres.



3.3 SUELO

El ensayo se realizó sobre un Solod de la Unidad La Charqueada.

Al momento de la siembra se extrajeron dos muestras de suelo para realizar un análisis químico.

En el cuadro 2 se muestra el análisis de suelo.

Cuadro 2: Análisis de suelo del ensayo.

Muestreo	pH (H ₂ O)	% C orgánico	Bray I (ppm P)	K (meq/100 gr)
1	5.6	1.65	3.4	0.18
2	5.7	1.68	4.5	0.17

3.4 CULTIVARES

Los cultivares utilizados fueron El Paso 144 e INIA Tacuarí. El primero es de origen tropical tipo índico, mientras que la segunda es de tipo japonico.

En el cuadro 3 se muestra para las zafras 96/97 y 97/98 los números de días y la acumulación térmica de las diferentes fases fenológicas para El Paso 144 e INIA Tacuarí (Méndez y Roel, 1997; 1998).

Cuadro 3: Número de días y acumulación térmica de las diferentes fases fenológicas para El Paso 144 e INIA Tacuarí de las zafra 96/97 y 97/98.

Periodo	Zafra	El Paso 144		INIA Tacuarí	
		A.T	Días	A.T	Días
E-IMA	96-97	191.4	18	213.6	20
	97-98	201	21	219	23
IMA-P	96-97	609.2	50	460.3	39
	97-98	522	46	451	41
P-50%F	96-97	398.3	28	292.1	20
	97-98	349	31	315	22
50%F-MAD	96-97	451.7	38	554.6	43
	97-98	435	40	480	42
E-50%F	96-97	1198.9	96	966	79
	97-98	1072	98	985	86

AT- acumulación térmica

E-IMA- emergencia - inicio de macollaje

IMA-P - inicio de macollaje – primordio

P-50% F – primordio – 50% floración

50%F- MAD – 50% floración – maduración

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El estudio se realizó con dos experimentos, uno de aplicaciones al macollaje y el otro con aplicaciones al primordio floral.

En ambos se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones dispuestas en un arreglo de parcelas divididas.

En la parcela principal se dispusieron las variedades El Paso 144 e INIA Tacuarí. Las sub-parcelas correspondieron a los diferentes momentos de aplicación en cobertura del fertilizante nitrogenado ya sea dentro de la etapa de macollaje o de primordio floral.

En el cuadro 4 se muestran las diferentes fechas de aplicación en cobertura del fertilizante nitrogenado al macollaje para las dos variedades y la acumulación térmica en su correspondiente momento.

Cuadro 4: Fechas de aplicación en cobertura del fertilizante al macollaje para INIA Tacuarí y El Paso 144 y su acumulación térmica correspondiente.

DÍA	VARIEDAD	EPOCA	FECHA	ACUMULACIÓN TÉRMICA (grado días)
0*	TACUARÍ	M1	3/12/97	224.9**
5	TACUARÍ	M2	8/12/97	275.8
10	TACUARÍ	M3	13/12/97	341.5
15	TACUARÍ	M4	18/12/97	387.3
20	TACUARÍ	M5	23/12/97	440.7
5	EP144	M1	3/12/97	224.9
10	EP144	M2	8/12/97	275.8
15	EP144	M3	13/12/97	341.5
20	EP144	M4	18/12/97	387.3
25	EP144	M5	23/12/97	440.7

Se tomó como inicio de los tratamientos al macollaje, cuando el cultivo presentó 5 hojas. No se pudo fertilizar el día 0 (inicio del macollaje) para El Paso 144.

* Este valor no incluye la suma del día 3/12.

En el cuadro 5 se muestran las diferentes fechas de aplicación en cobertura del fertilizante nitrogenado al primordio floral para las dos variedades y la acumulación térmica con su correspondiente momento.

Cuadro 5: Fechas de aplicación en cobertura del fertilizante al primordio floral para las dos variedades y su acumulación térmica correspondiente.

DIA	VARIEDAD	EPOCA	FECHA	ACUMULACION TÉRMICA (grados días)
0*	TACUARÍ	P1	9/1/98	646.7
7	TACUARÍ	P2	16/1/98	728.2
14	TACUARÍ	P3	23/1/98	796.4
21	TACUARÍ	P4	30/1/98	873.6
28	TACUARÍ	P5	6/2/98	958.7
0	EP144	P1	9/1/98	646.7
7	EP144	P2	16/1/98	728.2
14	EP144	P3	23/1/98	796.4
21	EP144	P4	30/1/98	873.6
28	EP144	P5	6/2/98	958.7

*Se tomó como inicio de los tratamientos del primordio floral cuando el cultivo comenzó la iniciación panicular.

Cada uno de los ensayos constó de 10 tratamientos con 4 repeticiones, totalizando 80 unidades experimentales (parcelas).

En el anexo 1 se muestran los diseños experimentales.

Los tamaños de parcela utilizados fueron iguales para ambos ensayos:

parcela principal (bloque) - largo 27.2 m
ancho 3.66 m

sub-parcela (tratamiento) - largo 5.44 m
ancho 3.66 m

Las unidades experimentales dentro de un mismo bloque fueron aisladas por medio de una taipa de nylon con el fin de evitar que el fertilizante agregado en cobertura en los diferentes momentos se traslade con el agua hacia los tratamientos linderos.

3.6 LABOREO Y SIEMBRA

La preparación del suelo fue la siguiente:

El 25/9/97 se realizó una pasada de excéntrica y dos pasadas de rastra. El 26/9/97 se niveló el suelo con dos pasadas de Land Plane. Próximo a la siembra se realizó dos pasadas con el vibrocultivador.

La siembra se realizó con una sembradora de 24 surcos. Finalmente se pasó un rodillo compactador – desterronador.

La siembra de ambas variedades se realizó el día 25/10/97 en línea. La distancia entre filas fue de 15.24 cm. La densidad de siembra utilizada fue diferencial según variedad, siendo 205 Kg/ha para EP144 y 150 Kg/ha para INIA Tacuari, con el objetivo de lograr 650 semillas viables/m².

3.7 FERTILIZACIÓN

Se aplicaron 128 Kg/ha del fertilizante 12/52/0, totalizando 15.36 unidades de nitrógeno y 66.6 unidades de fósforo a la siembra.

Todos los tratamientos fueron fertilizados con 50 Kg de urea/ha al macollaje y al primordio floral. En el ensayo de macollaje, se realizó una fertilización general al primordio floral. En el ensayo de primordio, se realizó una fertilización general al macollaje.

Las fertilizaciones realizadas en primordio y macollaje se hicieron con el cultivo inundado.

3.8 CONTROL DE MALEZAS

En el ensayo de macollaje el día 10/12/97 (con el cultivo inundado) se aplicaron 20 Kg/ha del herbicida Ordram 20G (molinate).

En el experimento de aplicaciones al primordio floral se aplicó una mezcla de 0.65 lt/ha de Whip Super (fenoxaprop-P-etil) + 0.3 lt/ha de Cyperex (pyrazosulfurón) + 1.150 lt/ha de Facet (quinclorac) el día 24/12/97 con el cultivo sin inundar.

3.9 MANEJO DEL AGUA

En el experimento de aplicación al macollaje no se realizaron baños y se inundó el día 27/11/97 (antes del comienzo del macollaje) con el objetivo de que los resultados de las distintas variables analizadas no se vean afectadas por el manejo del agua, es decir que se encuentren en las mismas condiciones.

Al experimento de aplicación al primordio floral se le realizó el primer baño el 27/11/97, realizándose los siguientes baños según las necesidades del cultivo. Se inundó el día 30/12/97.

3.10 MEDICIONES REALIZADAS

3.10.1 Rendimiento en grano

El ensayo de macollaje se cosechó el día 1/4/98 para la variedad INIA Tacuarí y el 14/4/98 para la variedad EP144.

En el ensayo de aplicación al primordio floral la cosecha para ambas variedades se realizó el día 21/4/98.

Previo a la cosecha de las sub-parcelas de 5.44 m de largo por 3.66 m de ancho se desbordó dos hileras de cada costado y 1 m en cada extremo, cosechándose un rectángulo de 3.44 m de largo por 3.048 m de ancho.

La cosecha se realizó manualmente a hoz y se trilló posteriormente con una máquina estacionaria ALMACO.

Lo cosechado de cada parcela se pesó en el campo, se extrajo una muestra de aproximadamente 500 g y se llevó al laboratorio para determinar la humedad. Esta se determinó con un aparato marca STEINLITE.

El rendimiento se corrigió a un 13% de humedad.

En aquellas parcelas que hubo daño de ratas se evaluó la pérdida y se contempló en la determinación del rendimiento.

3.10.2 Plantas y macollos por m².

Cuando ambas variedades se encontraban en la etapa de primordio floral, el día 8/1/98 en el experimento de aplicación al macollaje se realizaron dos muestreos al azar de 0.5 m de surco por parcela en la fila 9 y en la fila 16.

En el experimento de aplicación al primordio el día 19/2/98 para INIA Tacuarí y el día 26/2/98 para EP144, cuando ambos estaban en floración, se realizaron tres muestreos de 0.5 m de surco por parcela en la fila 9, 12 y 16.

Las muestras se llevaron al laboratorio y se contó el número de plantas y macollos.

3.10.3 Peso de plantas y macollos

Las muestras recogidas anteriormente se lavaron con agua destilada y se pusieron a secar en una estufa marca MEMMERT a 60°C durante 48 horas, pesándose la materia seca de las mismas y llevando dicho peso a toneladas por hectárea de plantas, macollos y total.

3.10.4 Análisis de nitrógeno en plantas enteras

Estas muestras fueron luego molidas con un molinillo experimental de malla 40 marca Wiley y enviadas posteriormente al laboratorio de Suelos del INIA Las Brujas, para analizar su contenido nitrogenado.

Con los registros de materia seca y los porcentajes de nitrógeno respectivos, se calcularon las cantidades de nitrógeno absorbidos para cada tratamiento.

3.10.5 Componentes del rendimiento

3.10.5.1 Número de panojas/metro cuadrado, número de granos llenos, semillenos, vacíos y totales/panoja

Previo a la cosecha se tomaron dos muestras al azar de 0.3 m de surco por sub-parcela de las plantas por encima de los 50 cm desde el nivel del suelo para luego ser analizadas en conjunto.

Para determinar dichos componentes el procedimiento fue el siguiente: Se contó en primera instancia el número total de panojas, de las cuales se extrajeron 15 al azar, se trillaron a mano y se colocaron en una máquina separadora de granos Seed Starter (Trade KM), obteniéndose las diferentes categorías (granos vacíos, semillenos y llenos) para cada tratamiento.

Dichas categorías se contaron con un contador de granos Fertily Counter (Trade KM)

Para obtener el número de granos llenos, semillenos y vacíos por panoja, se dividió entre 15 cada categoría y se pasó a metro cuadrado multiplicando por el número de panojas por metro cuadrado. La suma de las tres categorías dio el número total de granos por metro cuadrado.

El número de panojas obtenidas por muestra se pasó a metro cuadrado por regla de tres.

3.10.5.2 Peso de 1000 granos

De las muestras obtenidas en la cosecha y secadas a 13% de humedad se pesaron aproximadamente 30 gramos. luego se separaron en la separadora Seed Starter los granos llenos, semillenos y vacíos. Con la máquina contadora de granos Fertily Counter se contaron 1000 granos llenos, los cuales se pesaron en una balanza electrónica.

3.10.6 Altura de plantas

Previo a la cosecha se tomaron 6 mediciones de plantas al azar, desde el suelo hasta el extremo de la panoja desplegada. Luego se promediaron los valores.

3.10.7 Evaluación de enfermedades

En el ensayo al primordio floral previo a la cosecha se evaluó la presencia de enfermedades del tallo: Podredumbre del tallo (*Sclerotium oryzae*) y Mancha agregada de las vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*).

Utilizando el grado de severidad de daño descripta en el cuadro 6 se estableció un índice de severidad según la fórmula (Avila y Casales, 1997):

$$\text{Índice de severidad} = \frac{(2 * \text{grado } 5) + (3 * \text{grado } 7) + (4 * \text{grado } 9) * 100}{4 * 100}$$

Cuadro 6: Grado de severidad para *Rhizoctonia* y *Sclerotium*.

Grado	Rhizoctonia	Sclerotium
5	Lesiones hasta la mitad de la planta	Infección moderada: vaina y tallos afectados o amarillamiento de vainas y láminas de todas las hojas
7	Lesiones hasta tres cuartos de la altura de la planta	Infección severa: el hongo penetra y coloniza los tallos interiormente, con formación de micelios y esclerocios
9	Síntomas por encima de tres cuartos de la altura de la planta	Infección muy severa con podredumbre y deterioro de los tallos, láminas y vainas de las hojas totalmente secas y panojas totalmente o parcialmente vacías con quebrado y vuelco de plantas

3.11 ANALISIS ESTADÍSTICO

Los análisis de varianza de los datos obtenidos en el campo y en el laboratorio fueron realizados utilizando el MSTAT 4 (Michigan State), IICA 1986.

Se realizaron dos tipos de análisis de los datos obtenidos. En el primero de ellos se analizaron los efectos de las variedades, los tratamientos y su interacción según el diseño propuesto. No obstante, se decidió realizar un segundo análisis individual, dentro de cada variedad, considerando experimentos independientes dispuestos para cada una en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. El objetivo de este estudio complementario fue detectar posibles tendencias dentro de cada variedad, que pueden no ser visualizadas cuando se trabajan los datos en conjunto.

Lo mismo puede suceder en los estudios de correlación entre las variables registradas.

En el experimento de aplicación al macollaje, para estudiar las interacciones entre las variedades y los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno, se debió eliminar el primer momento de aplicación del nitrógeno para INIA Tacuarí y el último para El Paso 144. Esto se realizó con el fin de sincronizar los momentos de aplicación del nitrógeno ya que para la variedad INIA Tacuarí la fertilización comenzó antes (5 días) que El Paso 144, y este último se comenzó y terminó de fertilizar más tarde (5 días) que INIA Tacuarí.

Se realizaron algunas correlaciones entre las variables que se consideraron de interés. A las variables que presentaron diferencias significativas por efecto de los tratamientos, se les realizó un análisis de regresión.

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COBERTURA DE NITRÓGENO AL MACOLLAJE

4.1.1 Número de plantas por metro cuadrado

El promedio general fue de **428.7** plantas por metro cuadrado, con un coeficiente de variación del **21.4%**.

El análisis de varianza en conjunto no mostró diferencias significativas entre variedades, tratamientos e interacción variedad por tratamiento (Ver anexo 2).

4.1.1.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **460.1** plantas por metro cuadrado, con un coeficiente de variación del **21.3%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 3). En el cuadro se muestran los promedios para la variable en estudio de cada tratamiento.

Cuadro 7: Número de plantas/m² promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Plantas/m²	510.2	423.7	416.7	438	512

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.1.1.2 El Paso 144:

El ensayo tuvo un promedio de **422.9** plantas por metro cuadrado, con un coeficiente de variación de **20.9%**

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 4). En el cuadro 8 se muestran los promedios para la variable en estudio de cada tratamiento.

Cuadro 8: Número de plantas/m² promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Plantas/m²	390.2	423.5	433.2	392	475.7

La variable en estudio no se correlacionó con el rendimiento.

La ausencia de diferencias significativas entre los distintos momentos de fertilización se puede esperar debido a que se sembró la misma densidad de semillas viables en cada tratamiento.

Lena y Magallanes, 1984 y Ferrez y Piriz, 1989 no encontraron diferencias significativas en el número de plantas/m², en respuesta a la aplicación de distintas dosis de nitrógeno. Por lo que utilizando la misma dosis de nitrógeno menos diferencias significativas se encontrarán.

4.1.2 Número de macollos por metro cuadrado

El promedio general fue de **211.9** macollos por metro cuadrado, con un coeficiente de variación de **40.9%**.

El análisis de varianza en conjunto mostró diferencias significativas con una probabilidad de **0.001** entre las variedades (Ver anexo 5), presentando INIA Tacuarí un promedio de **95** macollos/m², mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **328.8**. Esto indica una producción de 3.45 veces más macollos a favor de El Paso 144.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

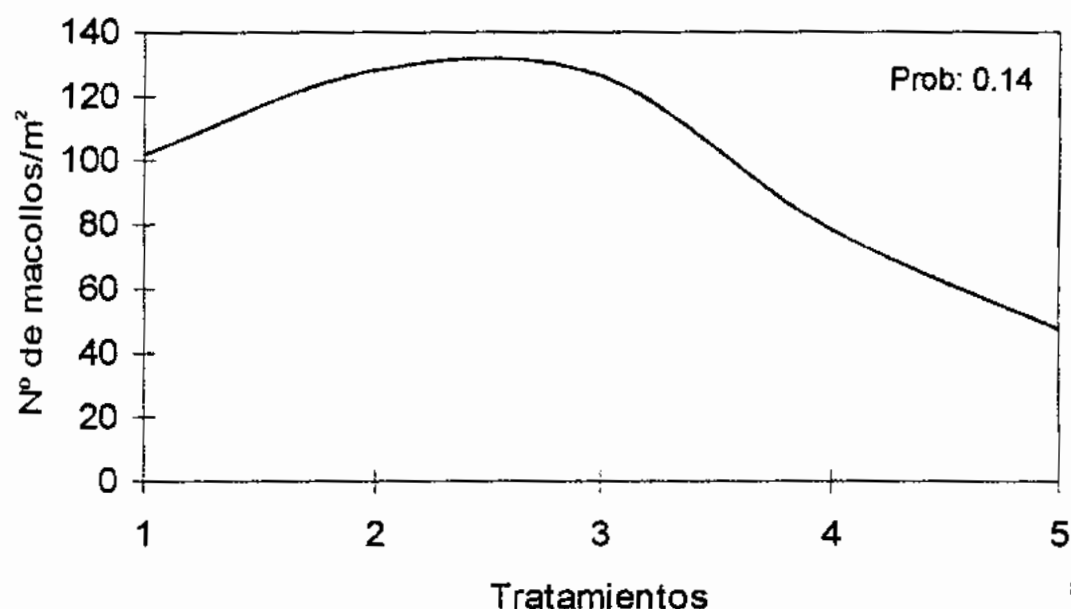
La variable en estudio no se correlacionó con el rendimiento. Se encontró una correlación negativa de **r = -0.47** entre esta variable y el número de plantas por metro cuadrado.

4.1.2.1 INIA Tacuarí:

El número promedio de macollos/m² del ensayo fue de **96.5**, con un coeficiente de variación del **48.3%**.

El análisis de varianza muestra que para esta variable no hay diferencias significativas entre los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 6), sin embargo se observa cierta tendencia (prob **0.14**) en cuanto a la evolución del número de macollos por metro cuadrado, alcanzándose el máximo en el momento tres de la fertilización nitrogenada para luego disminuir, como se aprecia en la figura 4.

Figura 4: Número de macollos/m² promedio para cada tratamiento para INIA Tacuari.



Se encontró una correlación positiva de $r = 0.39$ con una probabilidad de 0.09, de esta variable con el rendimiento, además se encontró una correlación negativa de $r = -0.52$ con una probabilidad de 0.017 de esta variable con el número de plantas por metro cuadrado, indicando que al aumentar el número de plantas, los macollos tendrán menos posibilidad de competir y por lo tanto no se desarrollarán.

4.1.2.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **307.3** macollos/m², con un coeficiente de variación del **33.2%**.

Al realizar el análisis de varianza de esta variable con respecto a los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno, no se observaron diferencias significativas (Ver anexo 7). En el cuadro 9 se muestran los promedios para la variable en estudio de cada tratamiento.

Cuadro 9: Número de macollos/m² promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Macollos/m ²	400.2	326.2	300	288.7	221.5

Esta variable se correlacionó positivamente con el rendimiento, siendo su valor de $r = 0.44$ con una prob. de 0.05. Se encontró una correlación negativa entre esta variable y el número de plantas/m², tomando un valor de $r = -0.55$ con una prob. de 0.01, mostrando al igual que con INIA Tacuarí que al aumentar el número de plantas, estas ejercen una mayor competencia hacia los macollos, disminuyendo su número.

Como se señaló anteriormente el número de macollos/m² no presentó diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización, pero igualmente se encontraron tendencias en la evolución del número de macollos/m² para INIA Tacuarí.

4.1.3 Número de plantas más macollos por metro cuadrado

El promedio general fue de 640.5 plantas más macollos por metro cuadrado, con un coeficiente de variación del 12.9%.

En el análisis de varianza en conjunto se encontró diferencia significativa¹ entre las variedades con una probabilidad de 0.001 (Ver anexo 8), siendo el promedio de INIA Tacuarí de 542.5 plantas más macollos/m², mientras que El Paso 144 tuvo un promedio de 738.6, lo que significa un 30% más.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

Esta diferencia entre variedades se explica por el número de macollos.

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.1.3.1 INIA Tacuarí

El promedio general del ensayo fue de 556.3 plantas más macollos/m², con un coeficiente de variación del 12.9%.

Al realizar el análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas para los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 9). En el cuadro 10 se muestran los promedios para la variable en estudio de cada tratamiento.

Cuadro 10: Número de plantas + macollos/m² promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí

Tratamientos	1	2	3	4	5
Plantas + macollos/m ²	611.7	551.2	543	516.5	559.2

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento, sin embargo se observó una correlación positiva de $r = 0.83$, con una probabilidad de 0.001 con el número de plantas por metro cuadrado, mientras que no se observó correlación con el número de macollos/m², debido a que este componente tiene poco peso en la variable.

4.1.3.2 El Paso 144

El promedio del ensayo fue de 730.3 plantas más macollos/m² con un coeficiente de variación del 13.1%.

No se encontraron diferencias significativas para esta variable entre los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 10). En el cuadro 11 se muestran los promedios para la variable en estudio de cada tratamiento.

Cuadro 11: Número de plantas + macollos/m² promedio para cada tratamiento para EP 144

Tratamiento	1	2	3	4	5
Plantas + macollos/m ²	790.5	749.7	733.5	680.7	697

Esta variable se correlacionó con el rendimiento tomando un valor de $r = 0.41$, con una prob de 0.05. El número de macollos por metro cuadrado también se correlacionó con esta variable, adquiriendo un valor de $r = 0.67$ con una prob. de 0.01. Esto último se da por el peso de este componente en la variable en estudio.

4.1.4 Materia seca tallo principal (tt/ha)

El promedio general fue de 2.9 tt/ha, con un coeficiente de variación de 16.5%.

El análisis de varianza en conjunto no presentó diferencias significativas para variedad, tratamiento e interacción variedad por tratamiento (Ver anexo 11).

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento. Sin embargo se encontró una correlación de $r = 0.61$ entre esta variable y el número de plantas por metro cuadrado con una probabilidad de 0.01.

4.1.4.1 INIA Tacuari

El promedio del ensayo fue de 3.06 tt/ha, con un coeficiente de variación del 17.3%.

Al realizar el análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas de esta variable para los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 12). En el cuadro 12 se muestra el valor promedio para cada tratamiento.

Cuadro 12: Materia seca del tallo principal (tt/ha) promedio para cada tratamiento para INIA Tacuari

Tratamientos	1	2	3	4	5
MS tallo ppal (tt/ha)	3.49	2.94	3.13	2.85	2.89

No se observó correlación entre esta variable y el rendimiento, sin embargo se encontró una correlación de $r = 0.68$ con una probabilidad de **0.001** entre esta variable y el número de plantas por metro cuadrado.

4.1.4.2 El Paso 144

El promedio general del ensayo fue de **2.96** tt/ha, con un coeficiente de variación de **14.1%**.

El análisis de varianza de esta variable no mostró diferencias significativas en los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 13). En el cuadro 13 se muestra el valor promedio para cada tratamiento.

Cuadro 13: Materia seca del tallo principal (tt/ha) promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
MS tallo ppal (tt/ha)	2.66	2.98	3.07	3.08	3.01

No se encontró asociación entre esta variable y el rendimiento. Pero se observó una asociación positiva entre esta variable y el número de plantas por metro cuadrado, adquiriendo un valor de $r = 0.67$ con una prob de **0.01**.

4.1.5 Materia seca macollos (tt/ha)

El promedio general fue de **0.78** tt/ha, con un coeficiente de variación de **45.5%**.

El análisis de varianza en conjunto mostró diferencias significativas con una probabilidad de **0.002** entre las variedades (Ver anexo 14), siendo el promedio de INIA Tacuari de **0.27** tt/ha y para El Paso 144 el promedio fue de **1.3** tt/ha, representando 4.81 veces más para El Paso 144.

No se encontraron diferencias significativas para tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

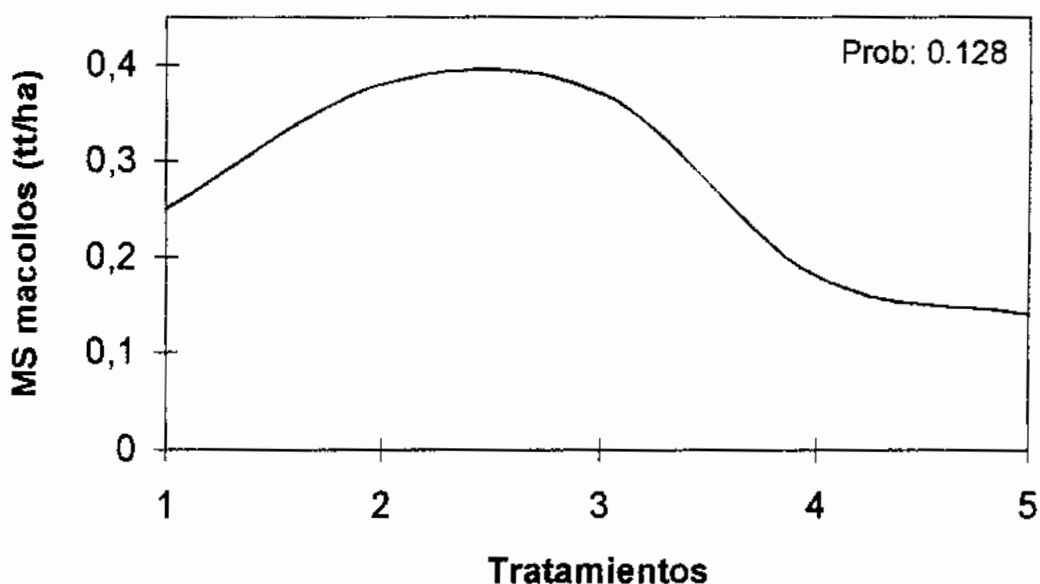
Se encontró una correlación negativa de $r = -0.41$ entre esta variable y el rendimiento, indicando que una mayor producción de MS de los macollos llevaría a una competencia entre los mismos disminuyendo su fertilidad.

4.1.5.1 INIA Tacuare

El promedio del ensayo fue de 0.26 tt/ha, con un coeficiente de variación de 56.5%.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 15). Sin embargo se observa una tendencia (prob. 0.128) en la evolución de la M.S de los macollos, tomando un valor máximo en el momento dos de la fertilización para luego disminuir progresivamente (ver figura 5).

Figura 5: Materia seca de macollos (tt/ha) promedio para cada tratamiento para INIA Tacuare.



Esta tendencia es acorde con la evolución del número de macollos/m². Esto se confirma también con la correlación de la variable en estudio y el número de macollos/m², tomando un valor positivo de $r = 0.47$ con una probabilidad de 0.035. No se observó correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.1.5.2 El Paso 144

El promedio del ensayo fue de 1.2 tt/ha, con un coeficiente de variación de 35.4%.

Al realizar el análisis de varianza de esta variable, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 16). En el cuadro 14 se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 14: Materia seca de macollos (tt/ha) promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
MS macollos (tt/ha)	1.5	1.26	1.19	1.25	0.88

Se observó una correlación positiva de $r = 0.38$ con una probabilidad de 0.05 entre esta variable y el rendimiento. En el siguiente cuadro se muestra las correlaciones entre la variable en estudio y otras de interés.

Cuadro 15: Correlaciones entre la Materia seca macollos (tt/ha) y otras variables para EP 144

Variable	Correlación	Probabilidad
Plantas/m ²	-0.65	0.001
Macollos/m ²	0.94	0.01
Plantas + macollos/m ²	0.51	0.001
MS total (tt/ha)	0.66	0.001

Se observa que al aumentar el número de plantas/m², el peso de los macollos disminuye debido a que estos últimos tendrán menor posibilidad de desarrollarse. La correlación entre el número de plantas + macollos/m² y la variable en estudio, está marcando la importancia de los macollos en dicha variedad.

4.1.6 Materia seca total (tt/ha)

El promedio general fue de 3.70 tt/ha, con un coeficiente de variación del 12.5%.

El análisis de varianza en conjunto nos señala la existencia de diferencias significativas entre las variedades con una probabilidad de 0.015 (Ver anexo 17), siendo el promedio de INIA Tacuarí de 3.22 tt/ha, y para El Paso 144 el promedio fue de 4.25 tt/ha, representando una diferencia del 25% a favor de la última.

No se encontraron diferencias significativas para los tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

No se encontró correlación de esta variable con el rendimiento.

4.1.6.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **3.32** tt/ha, con un coeficiente de variación de **13.9%**.

El análisis de varianza mostró que no existieron diferencias significativas para esta variable entre los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 18). En el cuadro 16 se observa el valor promedio para cada tratamiento.

Cuadro 16: Materia seca total promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
MS total (tt/ha)	3.7	3.3	3.5	3.0	3.0

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento. Se observó una correlación positiva de $r = 0.53$ con una probabilidad de **0.015** entre esta variable y el número de plantas por metro cuadrado.

4.1.6.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **4.16** tt/ha, con un coeficiente de variación de **11.2%**.

El análisis de varianza para esta variable indicó que no existen diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 19). En el cuadro 17 se muestran los valores promedio para cada tratamiento.

Cuadro 17: Materia seca total (tt/ha) promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
MS total (tt/ha)	4.2	4.2	4.3	4.3	3.8

Se encontró una correlación positiva de $r = 0.44$ con una probabilidad de **0.051** entre esta variable y el rendimiento.

4.1.7 Porcentaje de nitrógeno

El promedio general fue de **1.65%**, con un coeficiente de variación del **3.3%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó que existieron diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de **0.001** (Ver anexo 20), siendo el promedio de INIA Tacuarí **1.75%**, mientras que para El Paso 144 el promedio fue de **1.55%**.

Esta diferencia se podría explicar fundamentalmente por un efecto de dilución, ya que El Paso 144 produjo más materia seca total que INIA Tacuarí (4.25 tt/ha vs 3.22 tt/ha).

También se encontraron diferencias significativas para tratamientos (prob. **0.005**) e interacción variedad por tratamiento con una probabilidad de **0.001**. A ambas variedades se les realizó un análisis de regresión (Ver anexo 122), en el cual ajustó únicamente la variedad INIA Tacuarí a una ecuación cuadrática:

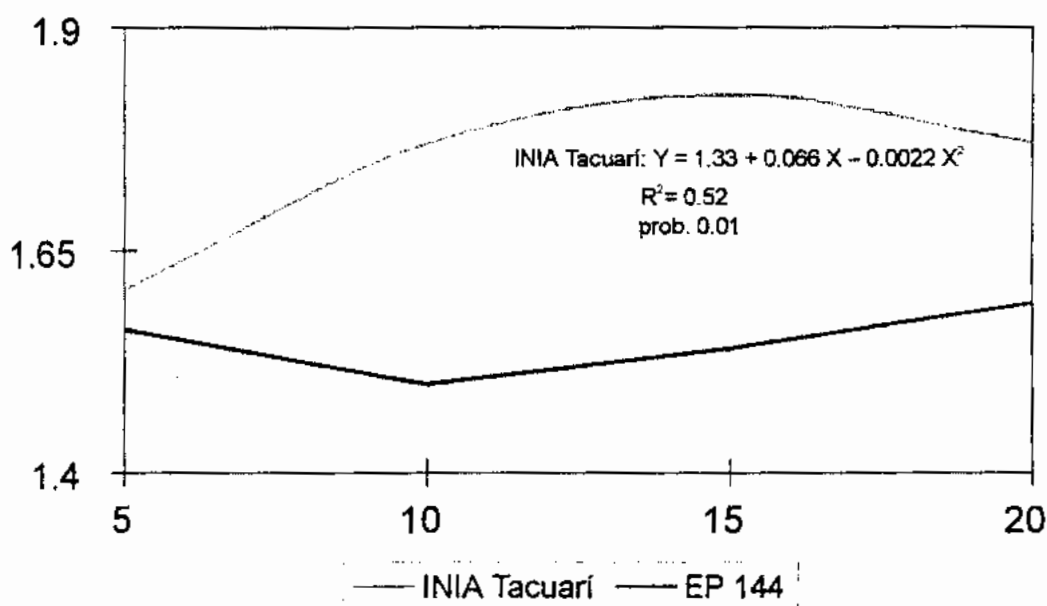
$$Y = 1.33 + 0.066 X - 0.0022 X^2$$

$$R^2 = 0.52$$

prob. 0.01

En la figura 6 se muestra la evolución del porcentaje de nitrógeno según los días después de la 5ª hoja para INIA Tacuarí y los valores promedio para cada tratamiento para El Paso 144.

Figura 6: Evolución del % de nitrógeno según los distintos tratamientos mostrando la interacción para ambas variedades.



Se encontró una correlación de esta variable con el rendimiento de $r = 0.6$, con una prob. de 0.01.

También se observó una correlación negativa con el número de plantas + macollos por metro cuadrado, tomando un valor negativo de $r = -0.43$ con una prob de 0.05. Finalmente se encontró una correlación con la materia seca de macollos, tomando un valor negativo de $r = -0.57$ con una prob. de 0.01.

4.1.7.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de 1.71% con un coeficiente de variación de 4.1%.

El análisis de varianza para esta variable mostró una diferencia significativa del 0.001 entre los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 21).

Al realizarse el análisis de regresión (Ver anexo 123), se observó que esta variable ajustó a una ecuación cuadrática:

$$Y = 1.54 + 0.0297 X - 0.00085 X^2$$

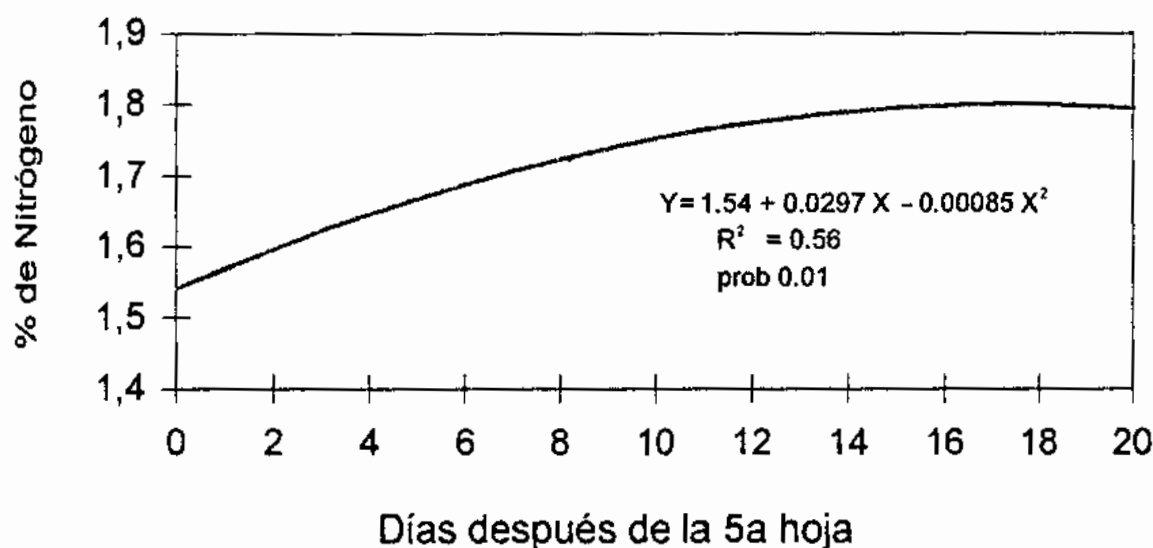
$$R^2 = 0.56$$

prob 0.01

El máximo valor se obtiene a los 17.5 días (1.8% de nitrógeno), correspondiente a 423.2 grados día.

En la figura 7 se observa la evolución del % de nitrógeno a partir de la 5ª hoja para INIA Tacuarí.

Figura 7: Evolución del % de nitrógeno según los días a partir de la 5ª hoja para la variedad INIA Tacuarí.



Este comportamiento no podría ser explicado por un efecto de dilución, debido a que la materia seca total no presentó diferencias significativas entre los distintos momentos de fertilización.

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.1.7.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **1.56%** con un coeficiente de variación de **3.2%**.

El análisis de varianza para esta variable arrojó diferencias significativas del **0.063** entre los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 22).

El análisis de regresión determinó que esta variable ajustara a una ecuación cuadrática (Ver anexo 124):

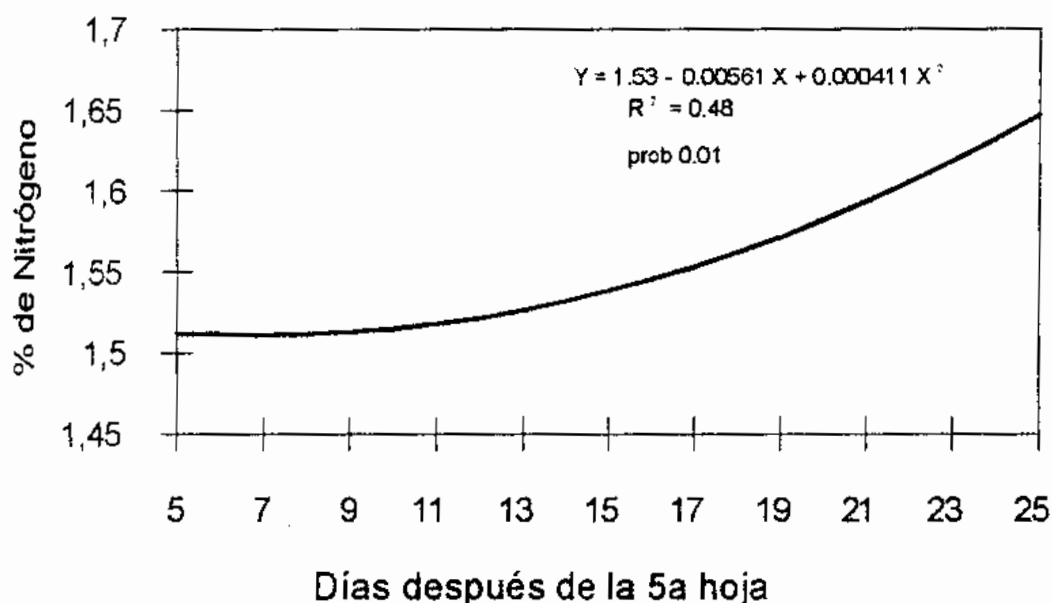
$$Y = 1.53 - 0.00561 X + 0.000411 X^2$$

$$R^2 = 0.48$$

$$\text{prob } 0.01$$

En la figura 8 se observa la evolución del % de nitrógeno a partir de la 5ª hoja para EP 144.

Figura 8: Evolución del % de nitrógeno según los días después de la 5ª hoja para la variedad EP 144.



Al igual que lo encontrado con la variedad INIA Tacuarí, no se observó un efecto de dilución debido a que la materia seca total no presentó diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización.

Se observó una correlación positiva entre esta variable y el rendimiento, la cual tomó un valor de $r = 0.32$ con una prob. de 0.1.

4.1.8. Kg de nitrógeno/ha

El promedio general fue de 62 Kg/ha, con un coeficiente de variación del 12%.

El análisis de varianza en conjunto señala diferencias significativas para las variedades con una probabilidad de 0.021 (Ver anexo 23), siendo el promedio de INIA Tacuarí de 56.1 Kg/ha, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de 67.9 Kg/ha. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento, sin embargo para esta última se observa una tendencia (prob. 0.13). Al realizar el análisis de regresión (Ver anexo 125), se observó que ninguna de las variedades ajustó a un modelo polinomial. En el cuadro 18 se muestra el efecto de la interacción.

Cuadro 18: Interacción variedad por tratamiento de los Kg de nitrógeno absorbido/ha.

Variedad/Tratamiento	1	2	3	4
INIA Tacuarí	53.5	62.2	55.1	53.5
El Paso 144	69.9	63.7	65.6	72.5

No se observó correlación entre esta variable y el rendimiento. Si se encontró con el número de plantas + macollos por metro cuadrado, tomando un valor de $r = 0.72$ con una prob. 0.01. Se observó también una correlación entre esta variable y la materia seca del tallo principal (tt/ha), siendo su valor de $r = 0.57$, con una prob de 0.01.

4.1.8.1 INIA Tacuari

El promedio del ensayo fue de 56.5 Kg/ha con un coeficiente de variación de 16.3%.

El análisis de varianza para esta variable no señaló diferencias significativas entre los diferentes momentos de la fertilización nitrogenada (Ver anexo 24). En el cuadro 19 se muestra los valores promedio para cada tratamiento:

Cuadro 19: Kg de nitrógeno absorbido/ha promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Kg Nitrógeno/ha	58.4	53.5	62.2	55.1	53.5

Esta variable no se correlacionó con el rendimiento. En el cuadro 20 se muestran las correlaciones más importantes con esta variable.

Cuadro 20: Correlaciones entre los Kg de nitrógeno absorbido/ha y otras variables para INIA Tacuarí.

Variable	Correlación	Probabilidad
Plantas/m ²	0.55	0.012
MS tallo ppal (tt/ha)	0.79	0.001
MS total (tt/ha)	0.86	0.001

Se observa que a mayor producción de materia seca total, mayor Kg de nitrógeno.

4.1.8.2 El Paso 144

El promedio del ensayo fue de 67.2 Kg/ha con un coeficiente de variación de 10.6%.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 25). En el cuadro 21 se presentan los valores promedio para cada tratamiento.

Cuadro 21: Kg de nitrógeno absorbido/ha promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Kg Nitrógeno/ha	65.3	63.7	65.6	72.5	64.3

No se encontró asociación entre esta variable y el rendimiento. En el siguiente cuadro se muestran correlaciones de interés.

Cuadro 22: Correlaciones entre los Kg de nitrógeno absorbido/ha y otras variables para EP 144

Variable	Correlación	Probabilidad
Plantas + macollos/m ²	0.54	0.013
MS tallo ppal (tt/ha)	0.56	0.009
MS macollos (tt/ha)	0.39	0.09
MS total (tt/ha)	0.77	0.001
% nitrógeno	0.48	0.01

Como se puede apreciar, se da la misma tendencia que con INIA Tacuarí entre estas variables y los Kg de nitrógeno.

Rodríguez y Zuluaga, 1990 encontraron en un ensayo experimental un efecto muy significativo entre la dosis de nitrógeno y el número de macollos/m², donde ajustó linealmente para el rango de dosis estudiada (0-120 Kg de nitrógeno/ha). Sin embargo si se consideran los Kg de nitrógeno absorbidos/ha en nuestro ensayo para la variedad INIA Tacuarí, la disminución en el número de macollos y su peso no se podría explicar por esta variable ya que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Se observa que la evolución en el número de macollos y su materia seca son opuestas al porcentaje de nitrógeno a partir del tercer momento de fertilización (10 días después de la aparición de la 5ª hoja), sugiriendo que al atrasar el momento de fertilización el nitrógeno no se utilizaría para la formación de macollos. Otros factores que estarían influyendo serían los ambientales, como la temperatura y la luz (horas de sol). El primer factor a partir de la segunda década de diciembre comenzó a disminuir y el segundo factor tomó el máximo valor al inicio de la primera década de diciembre para luego comenzar a disminuir y adquirir los valores más bajos de la zafra al final de la tercer década de diciembre.

Debido a que el objetivo de este ensayo es evaluar el efecto que causan los diferentes momentos de fertilización nitrogenada en el número, peso de macollos y absorción de nitrógeno al final de la fase vegetativa, las variables presentadas a continuación se analizarán a pesar de estar influenciadas por otros factores que van más allá de la etapa de macollaje.

4.1.9 Altura de plantas (cm)

El promedio general fue de 77.6 cm, con un coeficiente de variación de 2.4%.

El análisis de varianza en conjunto indicó que no existieron diferencias significativas para variedades, tratamientos e interacción variedad por tratamiento (Ver anexo 26).

Se encontró una correlación entre esta variable y el rendimiento, siendo su valor $r = 0.38$, con una probabilidad de 0.05. Esta variable también se asoció con el porcentaje de nitrógeno, tomando un valor de $r = 0.51$, con una probabilidad de 0.01.

4.1.9.1 INIA Tacuari

El promedio del ensayo fue de 77.8 cm con un coeficiente de variación de 2.5%.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas con una probabilidad de 0.078 para los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 27).

Al realizar el análisis de regresión de esta variable se observó que ajustó a una ecuación cuadrática (Ver anexo 126):

$$Y = 75.2 + 0.642 X - 0.0253 X^2$$

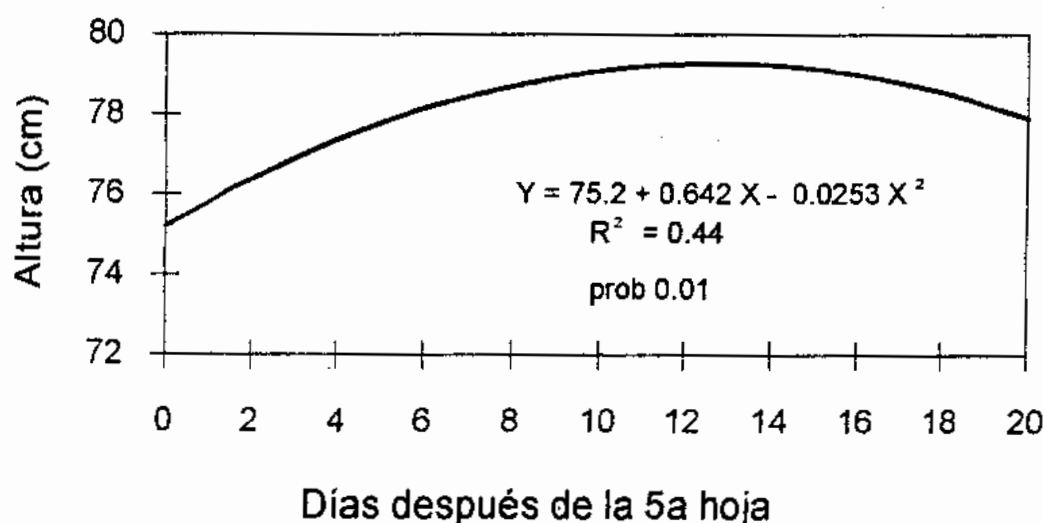
$$R^2 = 0.44$$

prob 0.01

La altura máxima (79.3 cm) se obtuvo a los 13 días después de la 5ª hoja, correspondiendo con un valor de 362.7 grados día.

En la figura 9 se observa la evolución de la altura después de la aparición de la 5ª hoja.

Figura 9: Evolución de la altura en función de los días después de la 5ª hoja para la variedad INIA Tacuari.



Se encontró una correlación positiva de $r = 0.49$ con una probabilidad de 0.026 entre esta variable y el rendimiento.

4.1.9.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **76.9** cm con un coeficiente de variación de **2.4%**.

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas para los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 28). En el cuadro 23 se muestran los valores promedio de altura para cada tratamiento.

Cuadro 23: Altura (cm) promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Altura (cm)	77.5	76.1	76.3	77.1	77.3

Se observó una correlación positiva entre esta variable y el rendimiento, tomando un valor de $r = 0.36$ con una prob. de **0.05**. En el cuadro 24 se muestran algunas correlaciones de interés.

Cuadro 24: Correlaciones entre la altura y otras variables para EP 144.

Variable	Correlación	Probabilidad
MS total (tt/ha)	0.44	0.05
% de nitrógeno	0.47	0.01
Kg de Nitrógeno/ha	0.49	0.01

Rodriguez y Zuluaga, 1990 encontraron que dentro del rango de dosis de nitrógeno estudiada, a mayor nivel de nitrógeno aplicado mayor era la altura. En este caso la diferencia significativa de la altura entre los distintos momentos de fertilización, no puede asignarse al nitrógeno ya que los Kgs de nitrógeno absorbidos por hectárea por el cultivo de arroz, no mostraron diferencias significativas entre los momentos de fertilización.

4.1.10 Rendimiento (tt/ha)

El promedio general fue de **7.04** tt/ha, con un coeficiente de variación del **7.6%**.

El análisis de varianza en conjunto mostró diferencia significativa entre variedades con una probabilidad de **0.005** (Ver anexo 29), siendo el promedio de INIA Tacuarí de **7.49** tt/ha, mientras que El Paso 144 tuvo un promedio de **6.58** tt/ha, representando un 14% más de rendimiento para la primera.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción entre variedad por tratamiento.

4.1.10.1 INIA Tacuarí

El promedio del ensayo fue de **7.37** tt/ha, con un coeficiente de variación de **4%**.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 30). En el cuadro 25 se muestra el valor promedio para cada tratamiento.

Cuadro 25: Rendimiento (tt/ha) promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Rendimiento (tt/ha)	6.88	7.47	7.95	7.19	7.38

4.1.10.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **6.48** tt/ha con un coeficiente de variación de **10%**.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas entre los diferentes momentos de aplicación del fertilizante (Ver anexo 31). En el cuadro 26 se muestra el valor promedio para cada tratamiento.

Cuadro 26: Rendimiento (tt/ha) promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Rendimiento (tt/ha)	6.88	6.53	6.14	6.76	6.09

4.1.11 Número de panojas por metro cuadrado.

El promedio general fue de **628** panojas por metro cuadrado, con un coeficiente de variación del **12.3%**.

El análisis de varianza en conjunto no mostró diferencias significativas para variedad, tratamiento e interacción variedad por tratamiento (Ver anexo 32).

4.1.11.1 INIA Tacuarí

El promedio del ensayo fue de 604.1 panojas/m² con un coeficiente de variación de 11.3%.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas entre los diferentes momentos de aplicación del fertilizante (Ver anexo 33). En el cuadro 27 se muestra el valor promedio para cada tratamiento.

Cuadro 27: Número de panojas/m² promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Panojas/m ²	626.2	612.2	571.2	585	626

No se encontró correlación entre la variable y el rendimiento.

4.1.11.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de 652.3 con un coeficiente de variación de 11.7%.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación del fertilizante nitrogenado (Ver anexo 34). En el cuadro 28 se muestra el valor promedio para cada tratamiento.

Cuadro 28: Número de panojas/m² promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Panojas/m ²	681	598.5	664.5	686	631.5

Se observó una correlación entre esta variable y el rendimiento, mostrando un valor de $r = 0.6$ con una prob. de 0.01. El % de nitrógeno también se correlacionó de forma positiva con esta variable, tomando un valor de $r = 0.43$ con una prob. de 0.05.

Gago y Tarán, 1993 estudiando respuestas a la aplicación de nitrógeno y densidades encontraron una correlación alta y positiva entre esta variable y el rendimiento ($r = 0.415$).

A pesar de existir diferencias significativas entre las variedades para el número de plantas + macollos/m², esto no se tradujo en un número mayor de panojas/m². Una de las causas sería una excesiva competencia entre los macollos para El Paso 144 por la luz, llevando a que no se formen las panojas de muchos de ellos.

Analizando el promedio en la variable de estudio y en el número de plantas + macollos/m² se observó un mayor número de panojas para INIA Tacuarí, esto se puede haber debido a que los muestreos de las plantas y macollos se realizaron en un lugar diferente que las panojas dentro de la parcela.

4.1.12 Granos vacíos por panoja.

El promedio general fue de **17.6** granos vacíos/panoja, con un coeficiente de variación del **19.6%**.

El análisis de varianza en conjunto no mostró diferencias significativas para variedad, tratamiento e interacción variedad por tratamiento (Ver anexo 35).

4.1.12.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **16.5** granos vacíos/panoja, con un coeficiente de variación de **22.9%**.

El análisis de varianza para esta variable mostró diferencias significativas de **0.057** entre los distintos momentos de aplicación del fertilizante (Ver anexo 36).

El análisis de regresión de esta variable ajustó a una ecuación cuadrática (Ver anexo 127):

$$Y = 11.68 + 1.04 X - 0.0373 X^2$$

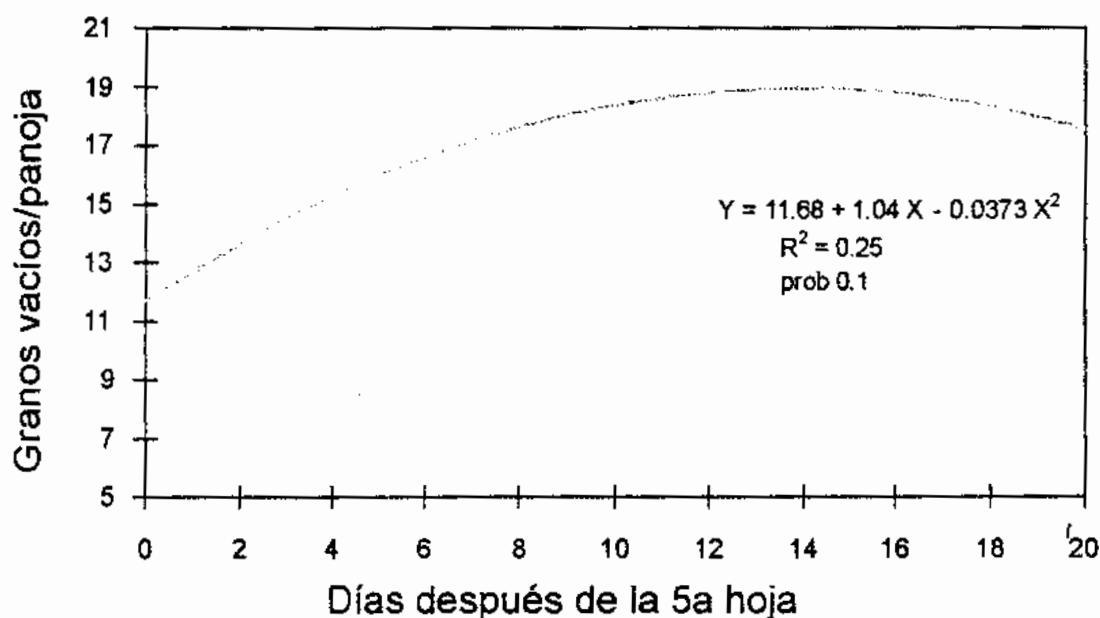
$$R^2 = 0.25$$

$$\text{prob } 0.1$$

El máximo número de granos vacíos/panoja se obtuvo a los 14 días después de la 5ª hoja, siendo su valor 18.9, correspondiendo a un valor de 382.8 grados día.

En la figura 10 se observa la evolución del número de granos vacíos/panoja después de la aparición de la 5ª hoja para INIA Tacuarí.

Figura 10: Evolución del número de granos vacíos/panoja según los días después de la 5ª hoja para la variedad INIA Tacuarí.



No se observó correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.1.12.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de 17.3 granos vacíos/panoja, con un coeficiente de variación de 16.0%.

El análisis de varianza para esta variedad no mostró diferencias significativas entre los diferentes momentos de aplicación del fertilizante (Ver anexo 37). En el cuadro 29 se muestra el valor promedio para cada tratamiento.

Cuadro 29: Número de granos vacíos/panoja promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos vacíos/panoja	17.3	19.2	16.5	17.7	15.8

Se observó una correlación positiva entre esta variable y el porcentaje de nitrógeno, tomando un valor de $r = 0.59$ con una probabilidad de 0.006.

Lena y Magallanes, 1984 encontraron un efecto altamente significativo y positivo de la fertilización nitrogenada con el porcentaje de granos vacíos. A su vez Revello y Perdomo, 1989 encontraron un efecto significativo y positivo al agregado de nitrógeno, obteniendo por cada 10 Kgs de nitrógeno agregado 1.1 granos vacíos/panoja.

Para la variedad INIA Tacuarí, los Kgs absorbidos de nitrógeno en los diferentes momentos no presentaron diferencias significativas debido a los tratamientos, por lo que el aumento de granos vacíos/panoja no es explicado por esta variable.

4.1.13 Granos semillenos por panoja.

El promedio general fue de 1.4 granos semillenos/panoja, con un coeficiente de variación del 29.9%.

El análisis de varianza en conjunto no mostró diferencias significativas entre variedades ni tratamientos pero si se observó interacción variedad por tratamiento con una probabilidad de 0.012 (Ver anexo 38). Al realizar el análisis de regresión (Ver anexo 128), se observó que El Paso 144 ajustó a una ecuación cuadrática, mientras que INIA Tacuarí no ajustó a ninguna ecuación.

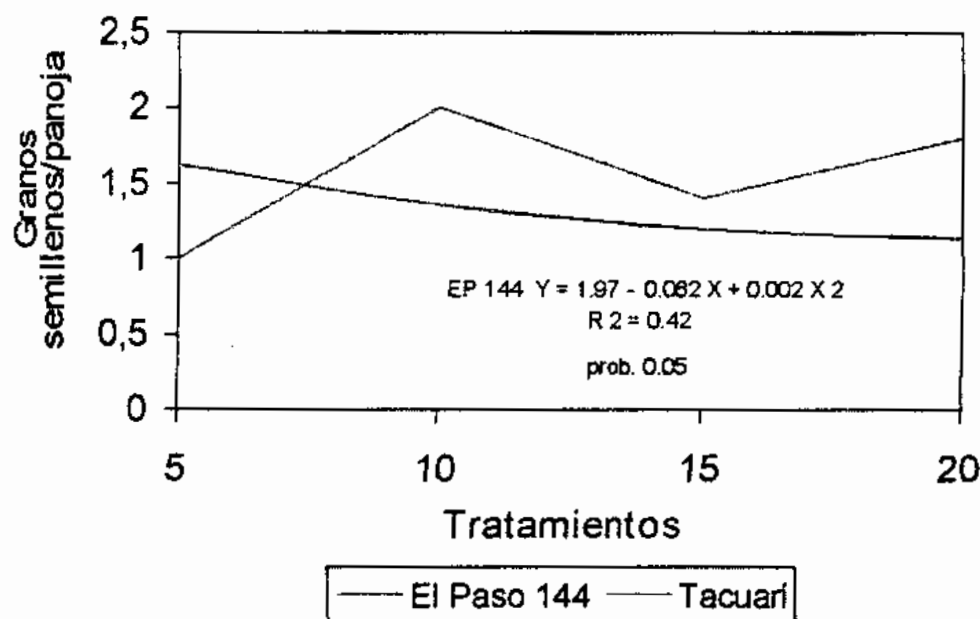
$$Y = 1.97 - 0.082 X + 0.002 X^2$$

$$R^2 = 0.42$$

prob. 0.05

En la figura 11 se observa la evolución de los granos semillenos/panoja después de la aparición de la 5ª hoja mostrando la interacción.

Figura 11: Evolución de los granos semillenos/panoja según los diferentes tratamientos mostrando la interacción.



No se observó correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.1.13.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **1.5** granos semillenos/panoja, con un coeficiente de variación de **19.5%**.

El análisis de varianza para esta variedad no indicó diferencias significativas con los diferentes momentos de aplicación del fertilizante (Ver anexo 39). En el cuadro 30 se muestra el valor promedio para cada tratamiento.

Cuadro 30: Número de granos semillenos/panoja promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos semillenos/panoja	1.4	1.0	2.0	1.4	1.8

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.1.13.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **1.3** granos semillenos/panoja con un coeficiente de variación de **19.5%**.

El análisis de varianza para esta variable mostró diferencias significativas al **0.087** para los diferentes momentos de aplicación del fertilizante (Ver anexo 40).

El análisis de regresión de esta variable no ajustó a una ecuación lineal ni cuadrática (Ver anexo 129). En el cuadro siguiente se observa los promedios para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 31: Número de granos semillenos/panoja promedio para cada tratamiento para EP 144

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos semillenos/panoja	1.6	1.2	1.3	1.1	1.2

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.1.14 Granos llenos por panoja.

El promedio general fue de **71.5** granos llenos/panoja, con un coeficiente de variación del **15.3%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó la existencia de diferencias significativas entre las variedades con una probabilidad de **0.0001** (Ver anexo 41), siendo el promedio de INIA Tacuarí de **91.4** granos llenos/panoja, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **51.7**, donde la primera variedad la supera en un **77%**. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

Se observó correlación de $r = 0.6$ entre esta variable y el rendimiento con una prob. **0.01**.

4.1.14.1 INIA Tacuarí

El promedio del ensayo fue de **88.9** granos llenos/panoja, con un coeficiente de variación de **13.5%**.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas para los diferentes momentos de aplicación de nitrógeno (Ver anexo 42). Sin embargo se observó una tendencia (prob.**0.126**). Al realizarle el análisis de regresión esta variable ajustó a una ecuación cuadrática (Ver anexo 130):

$$Y = 76.19 + 3.01 X - 0.116 X^2$$

$$R^2 = 0.27$$

prob 0.1

El máximo valor fue de **95.7** granos llenos/panoja, obteniéndose a los **13** días después de la emergencia de la **5ª** hoja, correspondiendo a un valor de **362.7** grados día.

En la figura 12 se observa la evolución de esta variable según los días después de la **5ª** hoja para INIA Tacuarí.

4.1.14.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **52.0** granos llenos/panoja, con un coeficiente de variación de **16.74%**.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas para los diferentes momentos de aplicación de nitrógeno (Ver anexo 43). En el cuadro siguiente se observan los promedios para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 32: Número de granos llenos/panoja promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos llenos/panoja	54.6	53.3	48.4	50.4	53.3

4.1.15 Granos totales por panoja

El promedio general del ensayo fue de **90.6** granos totales/panoja, con un coeficiente de variación del **14.9%**.

El análisis de varianza en conjunto mostró la existencia de diferencia significativa para las variedades con una probabilidad de **0.002** (Ver anexo 44), siendo el promedio para INIA Tacuarí de **110.4** granos totales/panoja, mientras que El Paso 144 presentó **70.7** granos totales/panoja, superando INIA Tacuarí en un **56%** a El Paso 144. No se encontraron diferencias significativas para tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

Se encontró una correlación de **r = 0.58** con una probabilidad de **0.01** entre esta variable y el rendimiento.

4.1.15.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **106.9** granos totales/panoja, con un coeficiente de variación de **13.8%**.

El análisis de varianza para esta variable, mostró diferencias significativas con una probabilidad de **0.071** para los diferentes momentos de aplicación del fertilizante (Ver anexo 45).

El análisis de regresión para esta variable indica que se ajustó a una ecuación cuadrática (Ver anexo 131):

$$Y = 89.102 + 4.07 X - 0.153 X^2$$

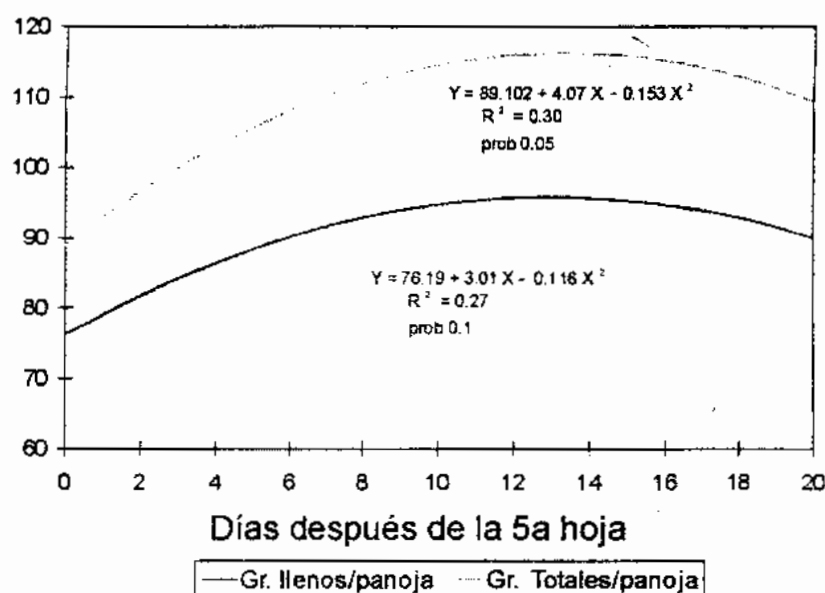
$$R^2 = 0.30$$

$$\text{prob } 0.05$$

El número máximo de granos totales/panoja (**116**) fue obtenido a los **13** días después de la **5ª** hoja, correspondiendo a un valor de **362.7** grados día.

En la figura 12 se observa la evolución de esta variable según los días después de la **5ª** hoja para INIA Tacuarí.

Figura 12: Evolución del número de granos llenos y totales por panoja según los días a partir de la 5ª hoja para la variedad INIA Tacuarí.



Se observa a partir de la gráfica que a medida que pasan los días después de la 5ª hoja, la diferencia entre los granos totales y granos llenos por panoja es más grande explicándose por el aumento de granos vacíos.

A pesar del aumento de los granos totales, esto no se tradujo en un mayor rendimiento.

La variable en estudio no se correlacionó con el rendimiento, confirmando lo anteriormente dicho.

4.1.15.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de 70.6 granos totales/panoja, con un coeficiente de variación de 14.7%.

El análisis de varianza para esta variable no dio significativo para los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 46). En el cuadro 33 se observa los promedios para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 33: Número de granos totales/panoja promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos totales/panoja	73.6	73.8	66.2	69.2	70.3

Esta variable no se correlacionó con el rendimiento. Los granos llenos/panoja se correlacionaron positivamente con esta variable, tomando un valor de $r = 0.98$ (prob. 0.01).

4.1.16 Porcentaje de esterilidad

El promedio general fue de **20.3%**, con un coeficiente de variación del **14.2%**.

El análisis de varianza en conjunto mostró diferencia significativa para las variedades con una probabilidad de **0.008** (Ver anexo 47), siendo el promedio de INIA Tacuarí de **15.5%**, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **25.1%**, representando este último un 62% más de esterilidad. Esta diferencia se debe exclusivamente a los granos llenos/panoja, ya que los granos vacíos y semillenos/panoja no difieren significativamente entre las variedades. No se encontraron diferencias para tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

Se encontró una correlación negativa de $r = -0.48$ entre esta variable y el rendimiento, con una probabilidad de **0.01**.

4.1.16.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **15.0%** de esterilidad con un coeficiente de variación del **16.5%**.

El análisis de varianza para esta variable no dio significativo para los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 48). En el cuadro siguiente se observan los promedios para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 34: Porcentaje de esterilidad promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
% de esterilidad	13.3	13.7	15.7	17.2	15.5

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento

4.1.16.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **24.6%** de esterilidad con un coeficiente de variación del **12.4%**.

El análisis de varianza de esta variable no mostró diferencias significativas para los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 49). En el cuadro siguiente se observan los promedios para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 35: Porcentaje de esterilidad promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
% de esterilidad	23.8	26.3	24.6	25.7	22.6

Esta variable no se correlacionó con el rendimiento. Si se encontró una asociación positiva con los granos llenos/panoja, tomando un valor de $r = 0.44$ con una prob. de 0.05.

4.1.17 Peso de 1000 granos.

El promedio general fue de **24.8** gramos, con un coeficiente de variación del **1.42%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó la existencia de diferencias significativas entre las variedades con una probabilidad de **0.0001** (Ver anexo 50), siendo el promedio para INIA Tacuarí de **21.6** gramos y para El Paso 144 de **28.0** gramos, superando a INIA Tacuarí en un 30%.

No se encontraron diferencias significativas para tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

Se encontró una correlación negativa de $r = -0.62$ entre esta variable y el rendimiento con una probabilidad del **0.01**. También esta variable se asoció con el porcentaje de esterilidad, tomando un valor de $r = 0.78$, con una prob de **0.01**.

4.1.17.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **21.8** gramos, con un coeficiente de variación de **1.7%**.

El análisis de varianza para esta variable mostró diferencias significativas (prob. **0.017**) entre los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 51).

Al realizar el análisis de regresión, se encontró que esta variable ajustó a una ecuación cuadrática (Ver anexo 132):

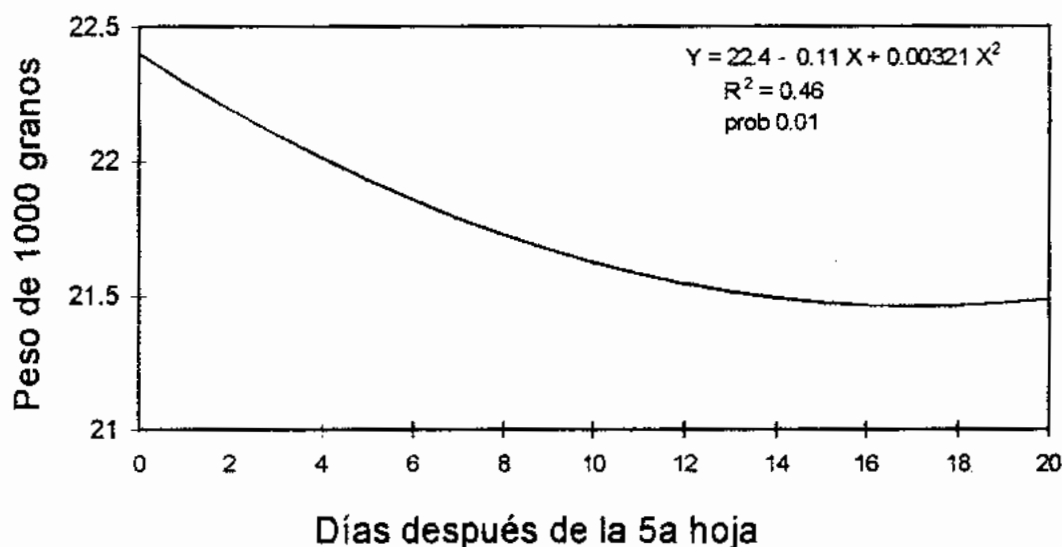
$$Y = 22.4 - 0.11 X + 0.00321 X^2$$

$$R^2 = 0.46$$

$$\text{prob } 0.01$$

En la figura 13 se observa la evolución de esta variable según los días después de la 5ª hoja para INIA Tacuarí.

Figura 13: Evolución del peso de los 1000 granos según los días después de la 5ª hoja para la variedad INIA Tacuarí.



La disminución del peso de los 1000 granos a medida que se atrasa el momento de fertilización, es debida presumiblemente a que también el número de granos llenos por panoja aumenta, y por lo tanto los metabolitos a ser translocados se dividen entre un número mayor de granos, determinando que estos sean más livianos.

Otro factor que podría explicar el peso de los 1000 granos sería el nitrógeno, pero los resultados obtenidos en cuanto a los Kgs de nitrógeno absorbidos en los diferentes momentos de fertilización no explicarían estas diferencias.

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.1.17.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **28.0** gramos, con un coeficiente de variación de **1.2%**.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas entre los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 52). En el cuadro siguiente se observa los promedios para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 36: Peso de los 1000 granos promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Peso 1000 granos	27.9	27.9	27.8	28.3	27.9

Al igual que INIA Tacuarí esta variedad no presentó correlación con el rendimiento.

Analizando los componentes del rendimiento se observa que las diferencias entre las variedades en cuanto al rendimiento esta determinada principalmente por el porcentaje de esterilidad y los granos totales/panoja.

En el siguiente cuadro se observan los promedios de los componentes del rendimiento para cada variedad:

Cuadro 37: Promedio de los componentes del rendimiento para cada variedad.

Variedad	Peso de 1000 granos	Nº de panojas/m ²	% de esterilidad	Nº de granos totales/panoja
Tacuarí	21.6	598.6	15.5	110.4
El Paso 144	28.0	657.5	25.1	70.7

Para visualizar de otra forma las diferencias en rendimiento entre ambas variedades se presentan a continuación los análisis de granos llenos y totales/m².

4.1.18 Número de granos llenos por metro cuadrado

El promedio general fue de **45.293** granos llenos por metro cuadrado, con un coeficiente de variación del **18.2%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó que existen diferencias significativas para las variedades con una probabilidad de **0.01** (Ver anexo 53), siendo el promedio de INIA Tacuarí de **55.472** granos llenos/m², mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **35.113** superando INIA Tacuarí en un 60% a esta última variedad.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

Se encontró una correlación de $r = 0.58$ entre esta variable y el rendimiento, con una prob de 0.01.

4.1.18.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **54.478** granos llenos/m², con un coeficiente de variación del **17.5%**.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas entre los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 54). En el cuadro siguiente se observa los promedios para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 38: Número de granos llenos/m² promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos llenos/m ²	50.502	50.240	57.957	56.756	56.935

No se observó correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.1.18.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **35.078** granos llenos/m², con un coeficiente de variación del **17.6%**.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización (Ver anexo 55). En el cuadro siguiente se observa los promedios para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 39: Número de granos llenos/m² promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos llenos/m ²	39.015	32.936	32.542	35.960	34.940

Se encontró una correlación con el rendimiento, siendo su valor de $r = 0.46$ con una prob. de 0.01. La relación entre la variable en estudio y los granos llenos por panoja fue de $r = 0.83$ (prob. 0.01).

4.1.19 Granos totales por metro cuadrado.

El promedio general fue de **56.362** granos totales por metro cuadrado, con un coeficiente de variación de **17.8%**.

El análisis de varianza en conjunto mostró diferencias significativas entre las variedades con una probabilidad de **0.037** (Ver anexo 56), siendo el promedio de INIA Tacuarí de **65.835** granos totales/m², mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **46.890** granos totales/m², donde fue superado en un 40%. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

Se encontró una correlación entre esta variable y el rendimiento de **r = 0.54**, con una prob de **0.01**.

4.1.19.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **64.377** granos totales/m², con un coeficiente de variación del **16.9%**.

El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas para los diferentes momentos de aplicación del fertilizante nitrogenado (Ver anexo 57). En el cuadro siguiente se observa los promedios para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 40: Número de granos totales/m² promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos totales/m ²	58.542	58.346	68.929	68.647	67.419

No se observó correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.1.19.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **46.479** granos totales/m², con un coeficiente de variación del **17.5%**.

El análisis de varianza para esta variable no fue significativa para los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 58). En el cuadro siguiente se observa los promedios para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 41: Número de granos totales/m² promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos totales/m ²	50.989	44.458	43.851	48.262	44.839

Se encontró que esta variable se correlacionó positivamente con el rendimiento, presentando un valor de $r = 0.51$ con una prob. de 0.01.

Gago y Taran, 1993 encontraron un efecto significativo al 5%, de la dosis de nitrógeno en la determinación del número de granos totales/m².

Priore y Lima, 1980 encontraron que el número de granos/m² es afectado significativamente por el nivel de nitrógeno utilizado.

Para ambas variedades (INLA Tacuarí y El Paso 144) los Kgs de nitrógeno absorbidos por hectárea no mostraron diferencias significativas según los momentos de fertilización del nitrógeno, lo que explicaría por qué el número de granos no varió según los diferentes tratamientos.

4.2. COBERTURA DE NITRÓGENO AL PRIMORDIO FLORAL

4.2.1 Número de plantas por metro cuadrado.

El promedio general fue de 430.8 plantas/m², con un coeficiente de variación del 15.2%.

El análisis de varianza en conjunto no mostró diferencias significativas entre variedades, tratamientos, ni interacción variedad por tratamiento (Ver anexo 59).

4.2.1.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de 430.2 plantas/m², con un coeficiente de variación del 17.2%.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 60). En el cuadro 42 se observa los valores promedios para cada tratamiento.

Cuadro 42: Número de plantas/m² promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Plantas/m ²	403.2	446.7	432.2	417.2	451.7

La variable en estudio no se correlacionó con el rendimiento.

4.2.1.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de 431.3 plantas/m², con un coeficiente de variación del 12.9%.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 61). En el cuadro 43 se observa los valores promedios para cada tratamiento.

Cuadro 43: Número de plantas/m² promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Plantas/m ²	455	443.7	427.5	431	399

Esta variable se asoció de forma negativa con el rendimiento, tomando un valor de $r = -0.36$ con una prob. de 0.05.

Al igual que lo observado en el experimento I, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización debido a que se sembró la misma cantidad de semillas y el nitrógeno basal utilizado fue igual para todos los tratamientos.

4.2.2 Número de macollos por metro cuadrado.

El promedio general fue de **191.6** macollos/m², con un coeficiente de variación del **21.5%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó la existencia de diferencias significativas entre las variedades con una probabilidad de **0.003** (Ver anexo 62), siendo el promedio de INIA Tacuari de **130.1** macollos/m², mientras que para El Paso 144 fue de **253** macollos/m², representando 1.94 veces más.

No se encontraron diferencias significativas para tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.2.1 INIA Tacuari:

El promedio del ensayo fue de **130.1** macollos/m², con un coeficiente de variación del **30.3%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 63). En el cuadro 44 se detallan los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 44: Número de macollos/m² promedio para cada tratamiento para INIA Tacuari.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Macollos/m²	173.5	115.5	119.7	107	135

No se observó correlación entre esta variable y el rendimiento, sin embargo se observó una correlación negativa de **r = -0.36** con una prob. de **0.05** entre esta variable y el número de plantas/m², indicando que al aumentar estas últimas, los macollos tuvieron menor posibilidad de formarse.

4.2.2.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **253** macollos/m², con un coeficiente de variación del **9.4%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 64). En el cuadro 45 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 45: Número de macollos/m² promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Macollos/m ²	238.5	258.2	265.5	254	248.5

Esta variable no se correlacionó con el rendimiento.

4.2.3 Número de plantas más macollos por metro cuadrado.

El promedio general fue de **622.4** plantas más macollos/m², con un coeficiente de variación del **10.5%**.

El análisis de varianza en conjunto mostró diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de **0.097** (Ver anexo 65), presentando INIA Tacuarí un promedio de **560.4** plantas más macollos/m², mientras que El Paso 144 mostró un promedio de **684.2**, representando un 22% más a favor de la última variedad. Esta diferencia se da por el número de macollos.

No se encontraron diferencias significativas para tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.3.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **560.4** plantas más macollos/m², con un coeficiente de variación del **11.9%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 66). En el cuadro 46 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 46: Número de plantas + macollos/m² promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí

Tratamientos	1	2	3	4	5
Plantas + macollos/m ²	576.7	562.2	552.2	524	586.7

La variable en estudio no se correlacionó con el rendimiento, si se encontró una correlación positiva entre esta variable y el número de plantas/m², tomando un valor de **r = 0.83** con una probabilidad de **0.01**. Esta última correlación nos muestra el mayor peso relativo de las plantas con respecto a los macollos en la variable en estudio.

4.2.3.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **684.2** plantas más macollos/m², con un coeficiente de variación del **9.4%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 67). En el cuadro 47 se detallan los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 47: Número de plantas + macollos/m² promedio para cada tratamiento para EP 144

Tratamientos	1	2	3	4	5
Plantas + macollos/m ²	693.5	702.2	693	684.7	647

Esta variable no se correlacionó con el rendimiento, sin embargo se observó una correlación entre la variable y el número de macollos/m² de forma positiva, adquiriendo un valor de **r = 0.58** (prob. 0.01). Esta última correlación muestra la gran influencia de los macollos en esta variable, confirmando una de las características de esta variedad que es la capacidad de macollaje.

4.2.4 Materia seca tallo principal (tt/ha).

El promedio general fue de **8.73** tt/ha, con un coeficiente de variación de **11.2%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó que existen diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de **0.055** (Ver anexo 68), siendo el promedio para INIA Tacuarí de **7.92** tt/ha, mientras que El Paso 144 tuvo un promedio de **9.54** tt/ha. Esto representa un 20% más para esta última.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.4.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **7.92** tt/ha, con un coeficiente de variación del **12.1%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 69). En el cuadro 48 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 48: Materia Seca del tallo principal (tt/ha) promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
MS tallo ppal (tt/ha)	7.07	8.07	8.23	8.20	8.02

Dicha variable no se correlacionó con el rendimiento. En el cuadro 49 se muestran las correlaciones de interés.

Cuadro 49: Correlaciones entre la materia seca del tallo principal (tt/ha) y otras variables.

Variable	Correlación	Probabilidad
Plantas/m ²	0.69	0.01
Macollos/m ²	0.41	0.05
Plantas + macollos/m ²	0.48	0.01

Se puede observar que los macollos en esta variedad no presentan tanta importancia, ya que la materia seca del tallo principal no se ve afectado.

4.2.4.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **9.54** tt/ha, con un coeficiente de variación del 10.4%.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 70). En el cuadro 50 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 50: Materia seca del tallo principal (tt/ha) promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
MS tallo ppal (tt/ha)	10.06	9.79	9.87	8.91	9.08

Esta variable se correlacionó negativamente con el rendimiento, tomando un valor de **r = -0.34** (prob. **0.1**). También se asoció de forma positiva con el número de plantas/m², tomando un valor de **r = 0.87**, con una prob. de **0.01**.

4.2.5 Materia seca de macollos (tt/ha)

El promedio general fue de 2.75 tt/ha, con un coeficiente de variación del 30%.

El análisis de varianza en conjunto mostró diferencias significativas para variedades, con una probabilidad de 0.003 (Ver anexo 71), siendo el promedio de INIA Tacuarí de 1.74 tt/ha, mientras que el promedio de El Paso 144 fue de 3.75 tt/ha. Esto representa 2.16 veces más materia seca para El Paso 144.

No se encontró diferencias significativas para tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.5.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de 1.74 tt/ha, con un coeficiente de variación del 47.2%.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 72). En el cuadro 51 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 51: Materia seca de macollos (tt/ha) promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
MS macollos (tt/ha)	2.52	1.46	1.32	1.36	2.02

Esta variable no se correlacionó con el rendimiento. En el cuadro 52 se presentan las correlaciones de interés.

Cuadro 52: Correlaciones entre la materia seca de macollos (tt/ha) y otras variables para INIA Tacuarí.

Variable	Correlación	Probabilidad
Plantas/m ²	-0.50	0.01
Macollos/m ²	0.94	0.001
MS tallo ppal (tt/ha)	-0.51	0.01

4.2.5.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de 3.75 tt/ha, con un coeficiente de variación del 22.1%.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 73). En el cuadro 53 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 53: Materia seca de macollos (tt/ha) promedio para cada tratamiento para EP 144

Tratamientos	1	2	3	4	5
MS de macollos (tt/ha)	3.21	3.69	3.97	4.1	3.81

No se observó correlación con el rendimiento. Se encontró una correlación de $r = 0.86$ (prob. 0.01) entre esta variable y el número de macollos/m². También se correlacionó de la misma forma con el número de plantas más macollos/m², siendo su valor de $r = 0.76$ (prob. 0.01)

4.2.6. Materia seca total (tt/ha).

El promedio general fue de 11.48 tt/ha, con un coeficiente de variación del 10%.

El análisis de varianza en conjunto indicó la existencia de diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de 0.014 (Ver anexo 74), mostrando INIA Tacuarí un promedio de 9.65 tt/ha, mientras que El Paso 144 mostró un promedio de 13.29 tt/ha, superando a la primera en una 38%.

No se encontró diferencias significativas para tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.6.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de 9.65 tt/ha, con un coeficiente de variación del 11.6%.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 75). En el cuadro 54 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 54: Materia seca total (tt/ha) promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
MS total (tt/ha)	9.6	9.52	9.55	9.56	10.0

La variable en estudio no se correlacionó con el rendimiento.

4.2.6.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **13.29** tt/ha, con un coeficiente de variación del **9.0%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 76). En el cuadro 55 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 55: Materia seca total (tt/ha) promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
MS total (tt/ha)	13.26	13.48	13.83	13.0	12.89

Esta variable no se correlacionó con el rendimiento.

4.2.7 Porcentaje de nitrógeno.

El promedio general fue de **1.06%**, con un coeficiente de variación del **4.5%**.

El análisis de varianza en conjunto mostró que existen diferencias significativas entre las variedades con una probabilidad de **0.054** (Ver anexo 77), siendo el promedio de INIA Tacuarí de **1.02%**, mientras que El Paso 144 mostró un promedio de **1.1%** de nitrógeno, lo que representa un **7.8%** más para la segunda variedad. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.7.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **1.02%** de nitrógeno, con un coeficiente de variación del **4.2%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 78). En el cuadro 56 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 56: Porcentaje de nitrógeno promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
% de Nitrógeno	1.02	0.99	1.02	1.0	1.05

No se encontró correlación entre la variable y el rendimiento.

4.2.7.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **1.1%** de nitrógeno, con un coeficiente de variación del **4.7%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 79). En el cuadro 57 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 57: Porcentaje de nitrógeno promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
% Nitrógeno	1.09	1.07	1.13	1.12	1.09

No se encontró correlación entre la variable en estudio y el rendimiento. Sin embargo se correlacionó positivamente con la materia seca total, siendo su valor de $r = 0.43$ con una prob. de 0.05.

4.2.8. Kilogramos de nitrógeno por hectárea.

El promedio general fue de **122.7 Kg/ha**, con un coeficiente de variación del **12.1%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó diferencias significativas entre las variedades con una probabilidad de **0.021** (Ver anexo 80), presentando INIA Tacuarí un promedio de **98.9 Kg** de nitrógeno/ha, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **146.4**, lo que representa un **48%** más. Esto se debe a la mayor producción de materia seca y porcentaje de nitrógeno.

No se encontró diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.8.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **98.9 Kg** de nitrógeno/ha, con un coeficiente de variación del **12.1%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 81). En el cuadro 58 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 58: Kg de nitrógeno absorbidos/ha promedio para cada tratamiento para INIA Tacuari.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Kg de N/ha	98.1	94.8	100.7	95.1	105.6

No se encontró correlación entre la variable y el rendimiento. En el cuadro 59 se presentan las correlaciones de mayor importancia.

Cuadro 59: Correlaciones entre los Kgs de nitrógeno absorbidos/ha y otras variables para INIA Tacuari.

Variable	Correlación	Probabilidad
Plantas/m ²	0.43	0.057
Macollos/m ²	0.38	0.098
Plantas + macollos/m ²	0.68	0.001
MS total (tt/ha)	0.9	0.001
Porcentaje de Nitrógeno	0.61	0.001

Se observa que la materia seca total presenta un mayor valor de correlación que el porcentaje de nitrógeno con los Kg absorbidos/ha.

4.2.8.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **146.4 Kg** de nitrógeno/ha, con un coeficiente de variación del **11.8%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 82). En el cuadro 60 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 60: Kgs de nitrógeno absorbidos/ha promedio para cada tratamiento para EP 144

Tratamientos	1	2	3	4	5
Kg de N/ha	144.3	145.3	155.8	145.7	141.0

No se encontró correlación con el rendimiento. En el cuadro 61 se presentan las correlaciones más importantes.

Cuadro 61: Correlaciones entre los Kgs de nitrógeno absorbidos y otras variables para EP 144.

Variable	Correlación	Probabilidad
Plantas/m ²	0.52	0.018
Macollos/m ²	0.66	0.001
Plantas + macollos/m ²	0.83	0.001
MS total (tt/ha)	0.94	0.001
% de Nitrógeno	0.7	0.001

Dentro de los componentes de la materia seca total, los macollos presentan un mayor peso dado por el mayor valor de la correlación. Al igual que con INIA Tacuarí, la materia seca total presenta un mayor valor de correlación que el porcentaje de nitrógeno con los Kg absorbidos de nitrógeno.

4.2.9 Altura.

El promedio general fue de **72.5** cm, con un coeficiente de variación del **3.9%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de **0.003** (Ver anexo 83), siendo el promedio de INIA Tacuarí de **68.5** cm, mientras que el promedio de El Paso 144 fue **76.5** cm, representando un 12% más.

No se encontró diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.9.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **68.5** cm, con un coeficiente de variación del **4.8%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 84). En el cuadro 62 se muestran los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 62: Altura (cm) promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Altura (cm)	70.6	68.1	68.4	68.1	67.5

Se encontró una correlación de **r = 0.42** con una probabilidad de **0.05** entre esta variable y el rendimiento.

4.2.9.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **76.5** cm, con un coeficiente de variación del **2.9%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 85). En el cuadro 63 se presentan los promedios de esta variable para cada tratamiento.

Cuadro 63: Altura (cm) promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Altura (cm)	78.9	77.1	75.0	75.7	75.7

La variable en estudio no se correlacionó con el rendimiento.

4.2.10 Rendimiento (tt/ha).

El promedio general fue de **6.07** tt/ha, con un coeficiente de variación del **6.9%**.

El análisis de varianza en conjunto mostró diferencias significativas entre las variedades con una probabilidad de **0.073** (Ver anexo 86), donde INIA Tacuarí mostró un promedio de **5.88** tt/ha, mientras que El Paso presentó un promedio de **6.26** tt/ha. No se encontró diferencias significativas entre tratamientos, pero si se encontró una interacción entre las variedades y los tratamientos con una probabilidad de **0.047**. En el cuadro 64 se muestra el efecto de la interacción.

Cuadro 64: Interacción entre variedad por tratamiento del rendimiento (tt/ha).

Variedad/tratamiento	1	2	3	4	5
Tacuarí	6.07	6.48	5.9	5.55	5.41
El Paso 144	6.04	6.34	6.19	6.29	6.44

4.2.10.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **5.88** tt/ha, con un coeficiente de variación del **7.8%**.

El análisis de varianza indicó la existencia de diferencias significativas para esta variable entre los diferentes momentos de fertilización, con una probabilidad de **0.042** (Ver anexo 87).

Se le realizó un análisis de regresión (Ver anexo 133), ajustando la misma a una ecuación lineal que se describe a continuación:

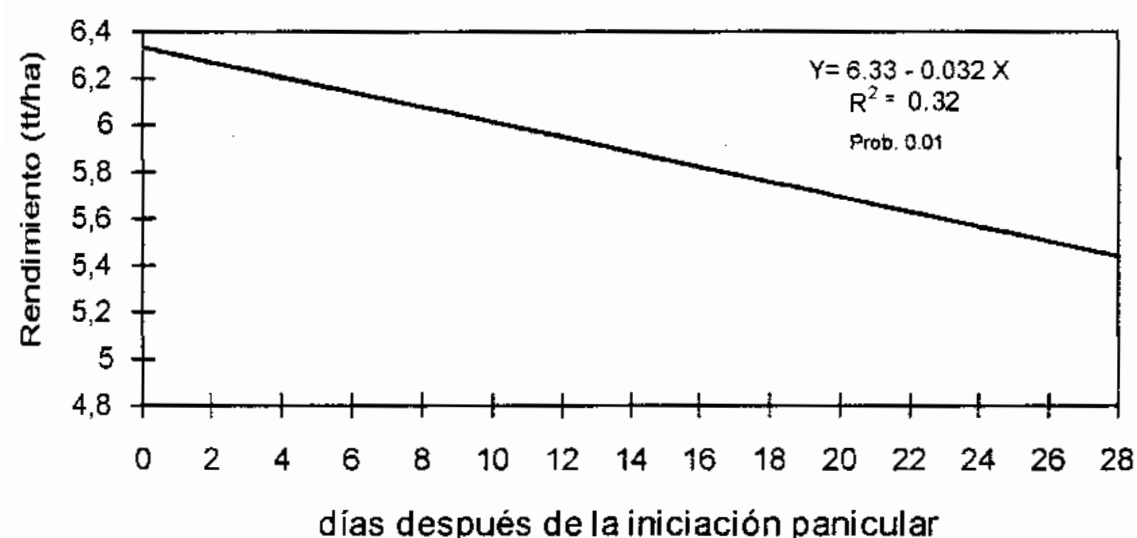
$$Y = 6.33 - 0.032 X$$

$$R^2 = 0.32$$

$$\text{prob. } 0.01$$

En la figura 14 se muestra la evolución del rendimiento con los diferentes momentos de aplicación del fertilizante nitrogenado para INIA Tacuarí.

Figura 14: Evolución del rendimiento según el momento de aplicación de nitrógeno después de la iniciación panicular para la variedad INIA Tacuarí.



4.2.10.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **6.26** tt/ha, con un coeficiente de variación del **5.9%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 88). En el cuadro 65 se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 65: Rendimiento (tt/ha) promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Rendimiento (tt/ha)	6.04	6.34	6.19	6.29	6.44

De lo anterior surge que la variedad INIA Tacuarí fue más susceptible al momento de fertilización que El Paso 144, por lo que al atrasar la fertilización desde la iniciación panicular se vieron deprimidos los rendimientos.

4.2.11 Número de panojas por metro cuadrado.

El promedio general fue de **661.6** panojas/m², con un coeficiente de variación del **16.1%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó que no existieron diferencias significativas entre variedades, tratamientos ni interacción variedad por tratamiento (Ver anexo 89).

4.2.11.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **622.2** panojas/m², con un coeficiente de variación del **15.2%**.

El análisis de varianza indicó que existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno con una prob de **0.062** (Ver anexo 90).

Se realizó un análisis de regresión (Ver anexo 134), encontrando que esta variable ajustó a una ecuación cuadrática:

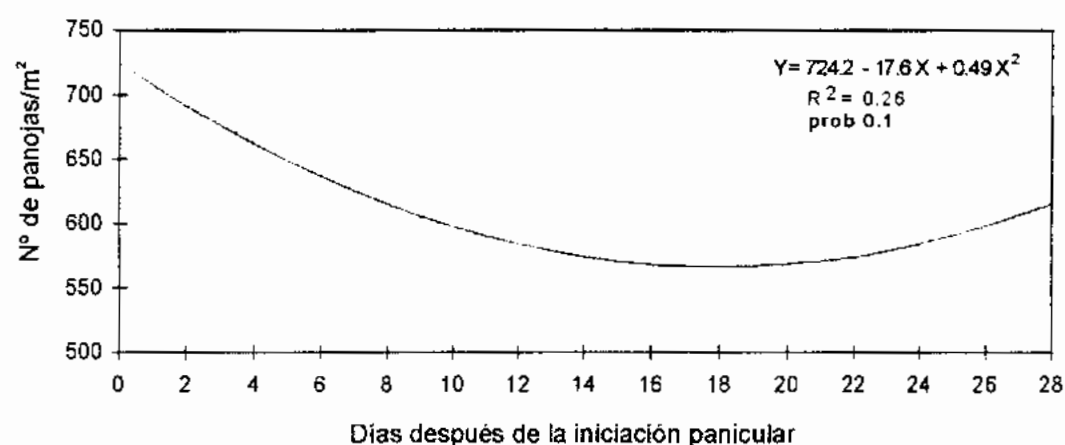
$$Y = 724.2 - 17.6 X + 0.49 X^2$$

$$R^2 = 0.26$$

$$\text{prob } 0.1$$

El número máximo fue de **724.2** panojas/m², obteniéndose con la aplicación del nitrógeno al comienzo de la iniciación panicular. En la figura 15 se muestra la evolución del número de panojas/m² después de la iniciación panicular.

Figura 15: Evolución del número de panojas/m² según los días después de la iniciación panicular para la variedad INIA Tacuarí.



Se observó una correlación positiva de $r = 0.34$ entre esta variable' y el rendimiento (prob. 0.05).

4.2.11.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de 701 panojas/m², con un coeficiente de variación del 16.8%.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 91). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 66: Número de panojas/m² promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Panojas/m ²	634.2	710.8	738.2	781.9	639.7

La variable en estudio se correlacionó positivamente con un valor de $r = 0.39$ con el rendimiento (prob. 0.05). Se observó una asociación negativa de $r = -0.32$ entre la variable en estudio y la altura, con una prob. de 0.1.

Se observa que el número de panojas/m² para ambas variedades es mayor que el número de plantas más macollos/m². Esto se puede deber a que para el estudio de dichas variables se realizaron muestreos en diferentes zonas en cada parcela.

Deambrosi, Méndez y Avila, 1994; Méndez y Deambrosi, 1995 para la variedad Bluebelle encontraron que la cobertura del nitrógeno al primordio provocó un incremento en el número de macollos efectivos (panojas al momento de la cosecha) sugiriendo un efecto positivo en la supervivencia de los macollos.

Para la variedad INIA Tacuarí, se observó una disminución en el número de panojas a medida que se atrasa la fertilización nitrogenada con respecto a la iniciación panicular. Esto se podría explicar porque el nitrógeno aplicado después de la iniciación panicular no sería aprovechado por los macollos que vienen retrasados, provocando su infertilidad.

4.2.12 Granos vacíos por panoja.

El promedio general fue de **16.8** granos vacíos/panoja, con un coeficiente de variación del **32.6%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de **0.087** (Ver anexo 92), siendo el promedio para INIA Tacuarí de **19.4** granos vacíos/panoja, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **14.2**, superando en un 37% INIA Tacuarí a esta última.

No se observó diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.12.2 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **19.4** granos vacíos/panoja, con un coeficiente de variación del **35.4%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 93). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 67: Número de granos vacíos/panoja promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos vacíos/panoja	17.9	19.9	16.6	24.2	18.1

No se encontró correlación con el rendimiento. Si se observó una correlación negativa de $r = -0.58$ con una probabilidad de **0.01** entre esta variable y el número de panojas/m².

4.2.12.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **14.2** granos vacíos/panoja, con un coeficiente de variación del **25.1%**.

El análisis de varianza indicó la existencia de diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización nitrogenada con una probabilidad del **0.095** (Ver anexo 94).

Se realizó un análisis de regresión (Ver anexo 135), observándose que esta variable ajustó a una ecuación lineal:

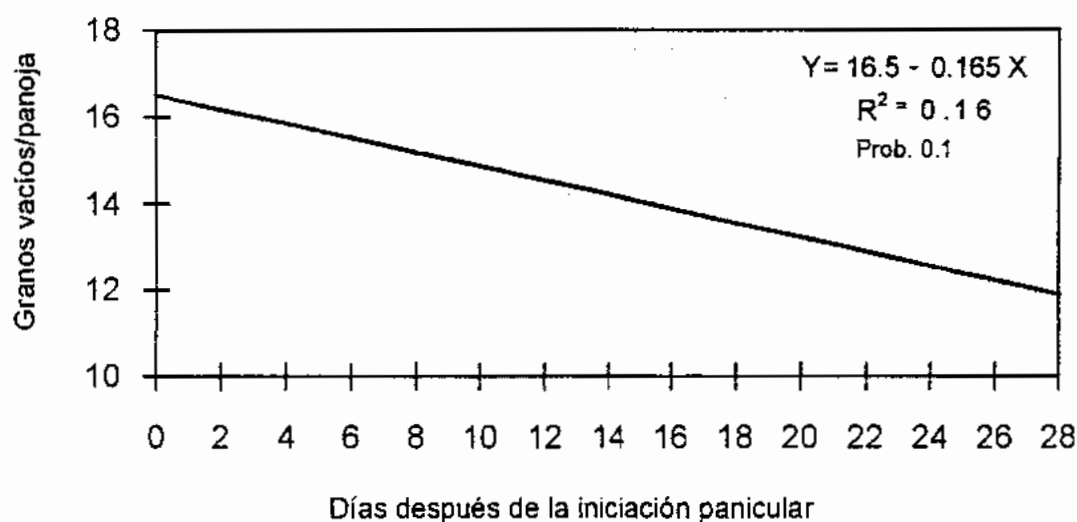
$$Y = 16.5 - 0.165 X$$

$$R^2 = 0.16$$

prob 0.1

En la figura 16 se muestra la evolución de los granos vacíos/panoja para EP 144.

Figura 16: Evolución de los granos vacíos/panoja según los días después de la iniciación panicular para la variedad El Paso 144.



La variable en estudio no se correlacionó con el rendimiento.

4.2.13 Granos semillenos por panoja.

El promedio general fue de **1.8** granos semillenos/panoja, con un coeficiente de variación del **19.4%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de **0.023** (Ver anexo 95), siendo el promedio de INIA

Tacuari de **2.1** granos semillenos/panoja, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **1.6** granos semillenos/panoja, superando la primer variedad a El Paso 144 en un **31%**.

No se observó diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.13.1 INIA Tacuari:

El promedio del ensayo fue de **2.1** granos semillenos/panoja, con un coeficiente de variación del **16.0%**.

El análisis de varianza indicó la existencia de diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización con una probabilidad de **0.086** (Ver anexo 96). Se realizó el análisis de regresión para esta variable (Ver anexo 136) encontrándose que no ajustó linealmente ni cuadráticamente. En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 68: Número de granos semillenos/panoja promedio para cada tratamiento para INIA Tacuari.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos semillenos/panoja	1.8	2.4	2.1	2.2	1.8

No se encontró correlación con el rendimiento. Si se observó una correlación negativa entre esta variable y el número de panojas/m², adquiriendo un valor de **r = -0.47** (prob. **0.01**)

4.2.13.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **1.6** granos semillenos/panoja, con un coeficiente de variación del **23.6%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 97). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 69: Número de granos semillenos/panoja promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos semillenos/panoja	1.5	1.6	1.7	1.6	1.6

La variable en estudio se correlacionó positivamente con el rendimiento, presentando un valor de $r = 0.34$ (prob. 0.1). En el siguiente cuadro se observan las correlaciones de mayor relevancia.

Cuadro 70: Correlaciones entre el número de granos semillenos/panoja y otras variables para EP 144.

Variable	Correlación	Probabilidad
Materia seca total (tt/ha)	-0.38	0.05
Kgs de nitrógeno/ha	-0.4	0.05
Altura (cm)	0.32	0.1

4.2.14 Granos llenos por panoja.

El promedio general fue de 51 granos llenos por panoja, con un coeficiente de variación del 32%.

El análisis de varianza en conjunto indicó diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de 0.007 (Ver anexo 98), siendo el promedio para INIA Tacuarí de 59.9 granos llenos por panoja, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de 42.2, por lo que INIA Tacuarí lo superó en un 42%.

No se encontró diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.14.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de 59.9 granos llenos/panoja, con un coeficiente de variación del 34.6%.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 99). El alto coeficiente de variación podría ser la causa de que los valores no presentaran diferencias significativas. En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 71: Número de granos llenos/panoja promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos llenos/panoja	49.8	54.2	64.9	71.3	59.4

No se observó correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.2.14.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **42.2** granos llenos/panoja, con un coeficiente de variación del **24.2%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 100). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 72: Número de granos llenos/panoja promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos llenos/panoja	52.7	38.2	40.9	39.5	39.6

Se encontró una correlación negativa entre el rendimiento y la variable en estudio, siendo su valor de $r = -0.35$, con una prob. de 0.05.

4.2.15 Granos totales por panoja.

El promedio general fue de **69.7** granos totales/panoja, con un coeficiente de variación del **29.3%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de **0.005** (Ver anexo 101), siendo el promedio de INIA Tacuarí de **81.4** granos totales por panoja, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **58**, observándose un 40% de superioridad para INIA Tacuarí. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.15.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **81.4** granos totales/panoja, con un coeficiente de variación del **13.7%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 102). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 73: Número de granos totales/panoja promedio para cada tratamiento para INIA Tacuari.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos totales/panoja	69.5	76.6	83.7	97.7	79.2

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento. Si se observó una correlación positiva de $r = 0.98$ (prob. 0.01) entre esta variable y los granos llenos/panoja. También se encontró una correlación negativa de $r = -0.63$, con una prob. de 0.002 entre esta variable y el número de panojas/m².

4.2.15.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **58.0** granos totales/panoja, con un coeficiente de variación del **18.5%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo '103). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 74: Número de granos totales/panoja promedio para cada tratamiento para EP 144

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos totales/panoja	68.4	58.2	57.7	52.6	53

No se encontró correlación con el rendimiento. Se correlacionó positivamente con los granos llenos/panoja, tomando un valor de $r = 0.92$, con una prob. de 0.01. También se observó una correlación negativa entre esta variable y el número de panojas/m², tomando un valor de $r = -0.39$, con una prob. de 0.09.

El número obtenido para ambas variedades es considerado bajo con respecto al experimento al macollaje. Una de las posibles causas podría ser un fuerte temporal que ocurrió inmediatamente antes de la cosecha de este experimento. Lo que llama la atención es que en la red evaluación de cultivares, 1997/98 para la variedad INIA Tacuari el desgrane estudiado en El Paso de la Laguna fue nulo, a diferencia del El Paso 144 que presentó los índices más altos.

4.2.16 Porcentaje de esterilidad.

El promedio general fue de **24.4%**, con un coeficiente de variación del **21.9%**.

El análisis de varianza en conjunto no mostró diferencias significativas entre variedades, tratamientos ni interacción variedad por tratamiento (Ver anexo 104).

4.2.16.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **23.9%**, con un coeficiente de variación del **13.9%**.

El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización con una probabilidad de **0.09** (Ver anexo 105). Se realizó el análisis de regresión para esta variable (Ver anexo 137), no encontrándose ajuste lineal ni cuadrático. En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 75: Porcentaje de esterilidad promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamiento	1	2	3	4	5
% de esterilidad	26.1	25.5	19.6	24.5	23.7

No se encontró correlación con el rendimiento. Si se observó una correlación positiva de $r = 0.4$ entre esta variable y los granos vacíos/panoja con una prob. de **0.084**.

4.2.16.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **24.9%**, con un coeficiente de variación del **27.5%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 106). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 76: Porcentaje de esterilidad promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
% de esterilidad	21.3	32	26.4	22.7	21.9

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento. La variable en estudio se asoció negativamente con los granos llenos/panoja, con un valor de $r = -0.65$ (prob. 0.01). También se observó una correlación positiva de $r = 0.84$ (prob. 0.001) entre esta variable y los granos vacíos/panoja.

El alto valor observado para la variedad INIA Tacuarí en comparación con el experimento de fertilización al macollaje se podría explicar por registros de temperatura por debajo de los 15°C durante varios días seguidos (ver cuadro 77), cuando el cultivo presentaba en promedio un 74% de floración.

Cuadro 77: Fechas con temperaturas por debajo de 15°C.

Fecha	Temperatura mínima (°C)
8/2	13.2
10/2	13.8
11/2	11.4
12/2	9.3
13/2	9.7
14/2	12.3
15/2	14.0

También el alto porcentaje de esterilidad para la variedad INIA Tacuarí se puede explicar por el desgrane causado por el temporal ocurrido inmediatamente antes de la cosecha, causando un bajo número de granos llenos.

4.2.17 Peso de los 1000 granos.

El promedio general fue de **24.2** gramos, con un coeficiente de variación del **2.0%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de **0.001** (Ver anexo 107), siendo el promedio para INIA Tacuarí de **21.6** gramos, mientras que El Paso 144 presentó como promedio **26.8** gramos representando esta última un 24% más. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.17.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **21.6** gramos, con un coeficiente de variación del **1.4%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 108). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 78: Peso de los 1000 granos promedio para cada tratamiento para INIA Tacuari.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Peso 1000 granos	21.5	21.5	21.3	21.8	21.7

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento.

4.2.17.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **26.8** gramos, con un coeficiente de variación del **2.3%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 109). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 79: Peso de los 1000 granos promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Peso 1000 granos	26.9	26.7	26.5	26.9	26.7

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento. Se encontró una asociación negativa con el % de esterilidad, tomando un valor de $r = -0.43$ con una prob. de **0.05**. Esta también se correlacionó positivamente con los granos llenos/panoja, tomando un valor de $r = 0.37$ (prob. **0.1**).

La disminución en forma lineal del rendimiento a medida que se atrasa la fertilización nitrogenada con respecto a la iniciación panicular es debida principalmente a la disminución del número de panojas/m², ya que el resto de los componentes permanecieron constantes. La correlación positiva de $r = 0.34$ entre el número de panojas/m² y el rendimiento estaría corroborando esta relación. Se esperaría una compensación con el tamaño de las panojas al disminuir su número, pero debido al estrecho rango entre los tratamientos, esto no se da.

Para visualizar de otra forma las diferencias en rendimiento entre ambas variedades, se presentan a continuación los análisis de granos llenos y totales por metro cuadrado.

4.2.18 Número de granos llenos por metro cuadrado.

El promedio general fue de **34.231,8** granos llenos/m², con un coeficiente de variación del **24.5%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de **0.029** (Ver anexo 110), siendo el promedio de INIA Tacuarí de **38.372** granos llenos/m², mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **30.091,6** donde es superado por INIA Tacuarí en un 27%.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.18.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **38.372** granos llenos/m², con un coeficiente de variación del **26.1%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 111). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 80: Número de granos llenos/m² promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos llenos/m ²	36.717	35.625	42.223	35.648	41.646

No se encontró correlación entre esta variable y el rendimiento. En el siguiente cuadro se muestran las principales correlaciones.

Cuadro 81: Correlaciones entre el número de granos llenos/m² y otras variables para INIA Tacuarí.

Variable	Correlaciones	Probabilidad
Granos llenos/panoja	0.62	0.002
Granos totales/panoja	0.58	0.01

4.2.18.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **30.091,6** granos llenos/m², con un coeficiente de variación del **21.2%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 112). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 82: Número de granos llenos/m² promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos llenos /m ²	34.028	27.682	31.362	31.476	25.908

Esta variable no se correlacionó con el rendimiento. En el siguiente cuadro se presentan las correlaciones de mayor importancia.

Cuadro 83: Correlaciones entre los granos llenos/m² y otras variables para EP 144.

Variable	Correlación	Probabilidad
% de esterilidad	-0.41	0.01
Granos llenos/panoja	0.75	0.01
Granos totales/panoja	0.75	0.01

4.2.19 Número de granos totales por metro cuadrado.

El promedio general fue de **44.863** granos totales/m², con un coeficiente de variación del **23.3%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de **0.024** (Ver anexo 113), siendo el promedio de INIA Tacuarí de **49.560,8** granos totales/m², mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **40.164,8**, lo que representa un 23% más a favor de INIA Tacuarí.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.19.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **49.560,8** granos totales/m², con un coeficiente de variación del **25.1%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 114). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 84: Número de granos totales/m² promedio para cada tratamiento para INIA Tacuari.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos totales/m ²	49.411	50.658	52.577	47.391	47.766

No se encontró correlación con el rendimiento. En el siguiente cuadro se presentan las correlaciones de mayor interés.

Cuadro 85: Correlaciones entre el número de granos totales/m² y otras variables para INIA Tacuari.

Variable	Correlación	Probabilidad
Granos llenos/panoja	0.76	0.01
Granos totales/panoja	0.74	0.01
Granos llenos/m ²	0.83	0.01

4.2.19.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **40.164,8** granos totales/m², con un coeficiente de variación del **19.8%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 115). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 86: Número de granos totales/m² promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Granos totales/m ²	42.968	41.289	42.617	40.705	33.245

No se correlacionó con el rendimiento. En el siguiente cuadro se presentan las correlaciones de mayor relevancia.

Cuadro 87: Correlaciones entre el número de granos totales/m² y otras variables para EP 144.

Variable	Correlación	Probabilidad
Granos llenos/panoja	0.39	0.05
Granos totales/panoja	0.58	0.01
Granos llenos/m ²	0.83	0.01

4.2.20 Indice de Sclerotium.

El promedio general fue de **27.4**, con un coeficiente de variación del **19.3%**.

El análisis de varianza en conjunto indicó diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de **0.011** (Ver anexo 116), siendo el promedio de INIA Tacuarí de **18.9**, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de **35.9**.

Este alto valor encontrado para la última variedad coincide con la caracterización realizada por la EEE 1982-1987 citado por Chebataroff, Blanco y Avila, 1987 que la señalan como susceptible.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción variedad por tratamiento.

4.2.20.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de **18.9**, con un coeficiente de variación del **29%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 117). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 88: Indice de Sclerotium promedio para cada variedad para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Indice Sclerotium	20.3	20.1	18.2	19.5	16.6

Esta variable no se correlacionó con el rendimiento.

4.2.20.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **35.9**, con un coeficiente de variación del **14.2%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 118). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 89: Indice de Sclerotium promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Indice Sclerotium	40	35.5	33.9	36.3	33.6

No se correlacionó con el rendimiento. Esta variable se asoció positivamente con los granos totales/m², con un valor de $r = 0.53$ (prob. 0.01). También se encontró una correlación positiva entre esta variable y los granos vacíos/panoja, adquiriendo un valor de $r = 0.42$ (prob. 0.06).

4.2.21 Índice de Rhizoctonia.

El promedio general fue de 22.5, con un coeficiente de variación de 28.4%.

El análisis de varianza en conjunto indicó diferencias significativas entre variedades con una probabilidad de 0.007 (Ver anexo 119), siendo el promedio de INIA Tacuarí de 37.1, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de 7.9. Esto confirma lo encontrado Blanco, Perez de Vida y Piriz, 1993 donde la variedad INIA Tacuarí es susceptible a esta enfermedad.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción entre variedad por tratamiento.

4.2.21.1 INIA Tacuarí:

El promedio del ensayo fue de 37.1, con un coeficiente de variación del 23.9%.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno (Ver anexo 120). En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 90: Índice de Rhizoctonia promedio para cada tratamiento para INIA Tacuarí.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Índice Rhizoctonia	34	44.7	40.5	31.9	34.2

No se encontró correlación entre la variable en estudio y el rendimiento. Esta variable se correlacionó negativamente con el peso de los 1000 granos, siendo su valor $r = -0.46$ (prob. 0.01). También se correlacionó positivamente con el índice de Sclerotium, tomando un valor de $r = 0.43$ con una prob. de 0.05.

4.2.21.2 El Paso 144:

El promedio del ensayo fue de **7.9**, con un coeficiente de variación del **21.5%**.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas para esta variable en los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno, (Ver anexo 121) pero se observó una tendencia (prob 0.11). Al realizar el análisis de regresión, (Ver anexo 138) se observó que esta variable no ajustó linealmente ni cuadráticamente. En el siguiente cuadro se muestran los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 91: Índice de Rhizoctonia promedio para cada tratamiento para EP 144.

Tratamientos	1	2	3	4	5
Índice Rhizoctonia	7.4	7.7	10.1	6.8	7.3

Esta variable no se correlacionó con el rendimiento. Sin embargo mostró una correlación negativa con el peso de los 1000 granos, siendo su valor de $r = -0.33$, con una prob. de 0.1.

5. CONCLUSIONES

5.1. EXPERIMENTO 1

El número de plantas/m² no se vio afectado por el momento de fertilización para ambas variedades debido a que se sembró la misma cantidad de semillas (650 semillas viables/m²) y la fertilización basal fue la misma en cada tratamiento (128 Kg/ha de 12/52/0).

Para la variedad INIA Tacuarí el número de macollos/m² presentó una tendencia (prob. 0.14) según los diferentes momentos de fertilización, observándose el máximo valor en el momento tres (a los 10 días después de la emergencia de la 5ª hoja) para luego disminuir.

En cambio la variedad El Paso 144 no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Independientemente de los efectos de los tratamientos, se observa una gran superioridad de la variedad El Paso 144 con respecto a INIA Tacuarí en la producción de macollos (prob. 0.001), produciendo 3.45 veces más (328.8 vs 95.0). Esto se verifica con la variable número de plantas + macollos/m² (738.6 vs 542.5), en la cual la diferencia entre las variedades que se observa se da por el número de macollos.

La producción de materia seca del tallo principal no se vio afectada para ambas variedades en estudio por los diferentes momentos de fertilización. Sin embargo, analizando la materia seca de macollos para la variedad INIA Tacuarí se observó una tendencia (prob. 0.13) siendo su evolución similar a la encontrada para el número de macollos. El Paso 144 no presentó diferencias significativas entre tratamientos.

Ambas variedades en estudio presentaron diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización para el porcentaje de nitrógeno (para INIA Tacuarí la prob fue de 0.001, mientras que para El Paso 144 fue de 0.063), ajustando ambas variedades a una ecuación cuadrática, siendo para INIA Tacuarí $Y = 1.54 + 0.0297 X - 0.0085 X^2$ (prob 0.01, R^2 0.56), mientras que para El Paso 144 la ecuación fue $Y = 1.53 - 0.00561 X + 0.000411 X^2$ (prob 0.01, R^2 0.48). El aumento de dicha variable a medida que se atrasa la fertilización a partir de la 5ª hoja, no se debe a un efecto de dilución, debido a que la materia seca total no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Comparando el promedio entre ambas variedades se encontraron diferencias significativas con una prob. de 0.001, INIA Tacuarí presentó 1.75% de nitrógeno, mientras que El Paso 144 presentó 1.55% de nitrógeno. Una de las causas de esto podría ser la menor producción de materia seca total.

Finalmente se observó interacción entre variedad por tratamiento con una prob de 0.001, ajustando únicamente la variedad INIA Tacuarí, siendo la ecuación $Y = 1.33 + 0.0662 X - 0.0022 X^2$ (prob 0.01, R^2 0.52).

En cuanto a los kg de nitrógeno absorbidos/ha, ambas variedades no presentaron diferencias significativas entre los diferentes momentos de aplicación, indicando que ningún tratamiento fue más eficiente que otro en la absorción de nitrógeno.

Se encontraron diferencias entre las variedades (prob 0.021). El Paso 144 absorbió 67.9 kg/ha, mientras que INIA Tacuarí absorbió 56.1 kg/ha debido a la mayor producción de la materia seca total.

Estudiando la interacción variedad por tratamiento se encontró una tendencia (prob 0.13), no ajustando ninguna de las variedades linealmente ni cuadráticamente.

Para la variable altura, la variedad INIA Tacuarí presentó diferencias significativas entre los momentos de aplicación (prob 0.078) ajustando a una ecuación cuadrática $Y = 75.2 + 0.642 X - 0.0253 X^2$ (prob 0.01 R^2 0.44). El Paso 144 no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

En cuanto al rendimiento se observó que ni la variedad INIA Tacuarí ni El Paso 144 presentaron diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación. Observando el comportamiento entre las variedades se vio que INIA Tacuarí superó a El Paso 144 en un 14% (7.49 tt/ha vs 6.58 tt/ha), con una prob de 0.005.

El número de panojas/m² no presentó diferencias significativas entre los momentos de aplicación para ninguna de las variedades. Tampoco se observaron diferencias significativas entre las variedades, a pesar que en El Paso 144 el número de plantas + macollos/m² fue superior a INIA Tacuarí. Esto se podría deber a que el alto macollaje en El Paso 144 llevó a una competencia por la luz, no concretándose muchos de ellos en panojas.

Con respecto a los granos vacíos/panoja, se observó en INIA Tacuarí diferencias significativas entre los momentos de aplicación (prob 0.057), ajustando a una ecuación cuadrática $Y = 11.68 + 1.04 X - 0.0373 X^2$ (prob 0.1 R^2 0.25). No se observaron diferencias significativas para El Paso 144 ni entre las variedades.

Los granos semillenos/panoja no presentaron diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación para INIA Tacuarí, sin embargo para El Paso 144 se observaron diferencias significativas (prob 0.087), no ajustando a ningún modelo polinomial.

No se encontraron diferencias significativas entre las variedades, pero si se encontró interacción variedad por tratamiento (prob 0.012), no ajustando a ningún modelo polinomial.

La variedad INIA Tacuarí presentó una tendencia (prob 0.126) para los granos llenos/panoja, mientras que para los granos totales/panoja se encontraron diferencias significativas entre los momentos de aplicación (prob 0.071). Ambas variables ajustaron a una ecuación cuadrática, siendo para los granos llenos $Y = 76.19 + 3.01 X - 0.116 X^2$ (prob 0.1, R^2 0.27), y para los granos totales $Y = 89.1 + 4.07 X - 0.153 X^2$ (prob 0.05, R^2 0.30).

Estas variables siguieron la misma evolución, presentando su máximo valor a los 13 días después de la aparición de la 5ª hoja. La diferencia entre los granos totales y llenos es explicada por los granos vacíos/panoja.

Para El Paso 144 no se observaron diferencias significativas entre los diferentes momentos de fertilización para las variables anteriores.

Se observaron diferencias significativas entre las variedades para las dos variables, siendo los valores de INIA Tacuarí de 91.4, y 110.4 granos llenos y totales, mientras que El Paso 144 presentó 51.7 y 70.7 respectivamente (prob 0.0001 y 0.002).

El porcentaje de esterilidad no se vio afectado por los diferentes momentos de aplicación del fertilizante en ninguna de las dos variedades. Se encontraron diferencias significativas entre las variedades (prob 0.008), siendo el promedio para INIA Tacuarí de 15.5%, mientras que el promedio de El Paso 144 fue de 25.1%. Esta diferencia se podría deber al mayor número de granos llenos/panoja para la variedad INIA Tacuarí, ya que los granos semillenos y vacíos/panoja no presentaron diferencias significativas entre ambas variedades.

Con respecto al peso de los 1000 granos, se pudo observar diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación para la variedad INIA Tacuarí (prob 0.017), ajustando a una ecuación cuadrática $Y = 22.4 - 0.11 X + 0.0321 X^2$ (prob 0.01, R^2 0.46), disminuyendo a medida que se atrasa la fertilización después de la 5ª hoja. Esto se podría explicar porque al aumentar el número de granos llenos/panoja a medida que se atrasa la fertilización los metabolitos se dividen entre un número mayor de granos determinando por lo tanto un menor peso.

El Paso 144 no presentó diferencias significativas entre los momentos de aplicación.

Se encontraron diferencias significativas entre las variedades (prob 0.0001), siendo el promedio de El Paso 144 de 28 gramos, mientras que INIA Tacuarí presentó un promedio de 21.6 gramos, representando un 30% mas a favor de la primera.

Analizando los componentes que definen el rendimiento, se concluyó que las diferencias entre las variedades fueron determinadas principalmente por el porcentaje de esterilidad y los granos llenos/panoja.

Los granos llenos y totales/m² no presentaron para ambas variedades diferencias significativas entre los momentos de aplicación, pero sí se observaron diferencias entre las variedades, siendo el promedio para INIA Tacuarí de 55.472 y 65.838 granos llenos y totales, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de 35.113 y 46.890 respectivamente (prob 0.01 y 0.037).

5.2.EXPERIMENTO 2

Para ambas variedades el número de plantas/m² no presentó diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación al igual que en el ensayo de fertilización al macollaje. Esto se debería a las mismas causas ya mencionadas.

El número de macollos/m² tampoco presentó diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación para ambas variedades. Esto se podría explicar debido a que los tratamientos en este ensayo se realizaron a partir de la iniciación panicular y al macollaje todos los tratamientos se fertilizaron en un mismo momento.

Se encontraron diferencias significativas entre las variedades (prob 0.003), siendo el promedio de El Paso 144 de 253 macollos/m², mientras que INIA Tacuarí presentó un promedio de 130.1.

Con respecto al número de plantas + macollos/m², únicamente se encontraron diferencias significativas entre las variedades (prob 0.0097), explicadas por el mayor número de macollos de El Paso 144.

La materia seca del tallo principal, macollos y total, no presentaron diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación para ninguna de las variedades estudiadas.

Si se encontraron diferencias significativas entre las variedades para estas tres variables (prob 0.05, 0.003 y 0.014 respectivamente) a favor de El Paso 144. Los promedios para estas variables fueron: 9.54 tt/ha, 3.75 tt/ha y 13.29 tt/ha vs 7.92, 1.74 y 9.65 para El Paso 144 e INIA Tacuarí respectivamente.

El porcentaje de nitrógeno medido no presentó diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación para ambas variedades en estudio.

Se encontraron diferencias significativas entre las variedades (prob 0.054), presentando El Paso 144 un promedio de 1.1%, mientras que INIA Tacuarí presentó un promedio de 1.02%.

En cuanto a los kg de nitrógeno absorbidos/ha para las variedades en estudio, no se encontraron diferencias significativas entre los momentos de aplicación. Si se observaron entre las variedades, con una prob de 0.021, siendo el promedio de El Paso 144 de 146.4 kg/ha, mientras que INIA Tacuarí presentó un promedio de 98.9 kg/ha. Esta mayor absorción de nitrógeno se explicaría por el mayor porcentaje de nitrógeno y la mayor producción de materia seca.

La variable altura no presentó diferencias significativas entre los momentos de aplicación para ninguna de las variedades estudiadas. Sin embargo se encontraron diferencias significativas entre las variedades con una prob de 0.003, siendo el promedio de El Paso 144 de 76.5 cm, mientras que INIA Tacuarí presentó un promedio de 68.5 cm.

En cuanto a rendimiento se observaron diferencias significativas entre los momentos de aplicación únicamente para la variedad INIA Tacuarí con una prob de 0.042, ajustando a una ecuación lineal $Y = 6.33 - 0.032 X$ (prob 0.01, R^2 0.32).

Se encontraron diferencias significativas entre las variedades con una prob de 0.073, siendo el promedio de INIA Tacuarí de 5.88 tt/ha, mientras que El Paso 144 presentó un promedio de 6.26 tt/ha.

Se encontró interacción variedad por tratamiento, con una prob de 0.047.

El número de panojas/m² presentó al igual que el rendimiento diferencias significativas entre los momentos de aplicación para la variedad INIA Tacuarí (prob 0.062), ajustando a una ecuación cuadrática $Y = 724.2 - 17.6 X + 0.49 X^2$ (prob 0.1, R^2 0.26). A partir de esto se concluyó que al atrasar la fertilización los macollos que vienen "retrasados" no aprovecharían el nitrógeno suministrado produciendo su infertilidad. No se encontraron diferencias significativas entre las variedades.

Para los granos vacíos se observaron diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación únicamente para El Paso 144 (prob 0.095), ajustando a una ecuación lineal $Y = 16.5 - 0.165 X$ (prob 0.1, R^2 0.16).

Se encontraron diferencias significativas entre las variedades (prob 0.087), presentando INIA Tacuarí un promedio de 19.4 granos vacíos/panoja, mientras que El Paso 144 tuvo un promedio de 14.2.

Los granos semillenos/panoja presentaron únicamente diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación para INIA Tacuarí (prob 0.086), no ajustando ni linealmente ni cuadráticamente.

Se observó diferencias significativas entre las variedades, con una prob de 0.023, siendo el promedio de INIA Tacuarí de 2.1 granos semillenos y El Paso 144 de 1.6.

Con respecto a los granos llenos y totales/panoja, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación para las variedades estudiadas. Si se encontraron diferencias significativas entre las variedades, con una prob de 0.007 y 0.005 respectivamente. El promedio de INIA Tacuarí fue de 59.9 granos llenos y 81.4 granos totales, mientras que El Paso 144 tuvo un promedio de 42.2 y 58 respectivamente.

El número obtenido para estas variables es considerado bajo con respecto al experimento de fertilización al macollaje, posiblemente debido a un temporal ocurrido inmediatamente antes de la cosecha provocando desgrane.

El porcentaje de esterilidad presentó diferencias significativas entre los diferentes momentos de aplicación únicamente para la variedad INIA Tacuarí siendo su prob de 0.09, no ajustando a modelos polinomiales.

El promedio de esta variedad es considerado alto (23.9%) con respecto al ensayo de fertilización al macollaje (15%). Esto posiblemente puede ser debido a la incidencia de temperaturas por debajo de 15°C durante varios días consecutivos cuando el cultivo presentaba en promedio un 74% de floración. Otras causas podrían ser el temporal ocurrido antes de la cosecha causando una disminución en el número de granos llenos/panoja.

La variable peso de 1000 granos no presentó diferencias significativas entre los momentos de aplicación para ninguna de las variedades estudiadas. Si se encontraron diferencias significativas entre las variedades con una prob de 0.001, siendo el promedio para INIA Tacuarí de 21.6 gramos, y para El Paso 144 fue de 26.8 gramos.

Para la variedad INIA Tacuarí la diferencia en rendimiento entre los distintos momentos de aplicación podría deberse fundamentalmente a la disminución en el número de panojas/m². Esto se confirma con la correlación positiva con el rendimiento de $r = 0.34$ (prob 0.1).

Los granos llenos y totales/m² no presentaron diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación para ambas variedades. Se observaron diferencias entre las variedades con una prob de 0.029 y 0.024 respectivamente. El promedio de INIA Tacuarí fue de 38.372 granos llenos y de 49.560,8 granos totales, mientras que El Paso 144 tuvo un promedio de 30.091,6 y 40.164,8 respectivamente.

El índice de Sclerotium no presentó diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación para ambas variedades. Se encontró diferencias significativas entre las variedades con una prob de 0.011, siendo el promedio de INIA Tacuarí de 18.9 y para El Paso 144 fue de 35.9.

El índice de Rhizoctonia no presentó diferencias significativas entre los momentos de aplicación para ninguna de las dos variedades. Se observaron diferencias significativas entre las variedades con una prob de 0.007, siendo el promedio de INIA Tacuarí de 37.1, y para El Paso 144 de 7.9.

De todas las variables estudiadas en ambos ensayos resulta que la variedad INIA Tacuarí es más sensible al momento de fertilización; al atrasar el momento de fertilización esta variedad se vería perjudicada, lo que deberá ser corroborado en próximas zafras.

6. RESUMEN

En el cultivo de arroz se ha demostrado a nivel nacional que para lograr los mejores rendimientos el mejor manejo de la fertilización nitrogenada es el fraccionamiento a la siembra, macollaje y primordio floral. Debido a que los estados de macollaje y primordio floral se desarrollan durante un periodo de días que varía según factores ambientales y de manejo, el objetivo de este trabajo fue determinar los efectos en el cultivo fertilizando en diferentes momentos dentro de cada estado. El experimento se desarrolló en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (INIA Treinta y Tres) en la zafra 97/98. Las variedades utilizadas fueron El Paso 144 e INIA Tacuarí, las de mayor importancia actualmente en el país. La fertilización durante el estado de macollaje comenzó con la aparición de la 5ª hoja (3/12/97), y se continuó fertilizando cada 5 días durante 20 días, totalizando 5 momentos de fertilización. Durante el estado de primordio floral, la fertilización comenzó con la iniciación panicular (9/1/98) y se continuó fertilizando cada 7 días durante 28 días, totalizando también 5 momentos de fertilización. Cada una de las fertilizaciones se realizó en cobertura al voleo con 50 Kg/ha de urea, con el cultivo inundado.

Los resultados más relevantes obtenidos en el ensayo al macollaje fue para la variedad INIA Tacuarí, presentando tendencias en el número de macollos y su materia seca entre los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno. Ambas variables siguieron una similar evolución, presentando el máximo valor a los 10 días del inicio del macollaje, para luego disminuir.

En el ensayo del primordio floral, también la variedad INIA Tacuarí presentó los resultados más importantes. Las variables más relevantes que presentaron diferencias significativas entre los distintos momentos de fertilización fueron el rendimiento y el número de panojas/m², disminuyendo ambas a medida que se atrasaba la fertilización desde la iniciación panicular. De todas las variables estudiadas en ambos ensayos resulta que la variedad INIA Tacuarí es más sensible al momento de fertilización, al atrasar la fertilización esta variedad se vería perjudicada, lo que deberá ser corroborado en próximas zafas.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. ASOCIACIÓN DE CULTIVADORES DE ARROZ. 1999. La producción de arroz en nuestro país. Revista del Plan Agropecuario. n° 83: 31-34.
2. AVILA, S.; CASALES, L. 1997. Arroz Resultados experimentales 1996-1997; Control químico de enfermedades. INIA Treinta y Tres. Actividades de difusión. n° 135. 190 p.
3. BLANCO, P.; PÉREZ DE VIDA, F.; PÍRIZ, M. 1993. INIA Tacuarí; Nueva variedad de arroz precoz de alto rendimiento. INIA Treinta y Tres. Boletín de divulgación. n° 31. 10 p.
4. _____; PÉREZ DE VIDA, F.; AVILA, S.; MENDEZ, J. 1998. Arroz Resultados Experimentales 1997-1998; Evaluación final de cultivares. INIA Treinta y Tres. Actividades de difusión. n° 166. 198 p.
5. BACON, P. E.; REINKE, R. F. AND ANGUS, J. F. 1994. Crop growth, soil-N^f mineralization and uptake in rice fields. In Temperate rice achievements and potential II. E. Humphreys, E. A. Murray, W. S. Clampett and L. G. Lewin eds. New South Wales, Australia, Yanco Agricultural Institute. pp 503-513.
6. BOLLIICH, P. K.; LINDAU, C. W. AND NORMAN, R. J. 1994. Management of fertilizer nitrogen in drill - seeded rice. In Temperate rice achievements and potential II. E. Humphreys, E. A. Murray, W. S. Clampett and L. G. Lewin eds. New South Wales, Australia, Yanco Agricultural Institute. pp 531-537.
7. BONICA, J.; ZORRILLA, G. 1998. El arroz un cultivo en pleno desarrollo. Crea. n° 193: 5-8.
8. BOULDIN, D.R. 1986. The chemistry and biology of flooded soils in relation to the nitrogen economy in rice fields. In Nitrogen economy of flooded rice soils. S. K. De Datta, W. H. Jr. Patrick eds. Netherlands, Martinus Nijhoff. pp 1-14.
9. CHEBATAROFF, N.; BLANCO, P. Y AVILA, S. 1987. Nuevos cultivares de arroz en certificación. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" Estación Experimental del Este, Miscelánea N° 65. 10 p.
10. DEAMBROSI, E. 1990. Fertilización del cultivo de arroz. In Curso FAO- Uruguay sobre uso de germoplasma y tecnología de semilla de arroz y soja. Estación Experimental del Este. Treinta y Tres. Uruguay. pp 1-9.

11. _____; MENDEZ, R. 1993. Arroz Resultados experimentales 1992-1993. Tomo II. Fertilización. INIA Treinta y Tres – Estación Experimental del Este. 222 p.
12. _____; MENDEZ, R. Y AVILA, S. 1994. Arroz Resultados experimentales 1993-1994. Tomo I. Fertilización. INIA Treinta y Tres. Actividades de Difusión. n° 25. 104 p.
13. _____; MENDEZ, R. 1996. Manejo y fertilidad de suelos; Fertilidad de suelos en el cultivo de arroz. INIA. Serie técnica. n° 76. 165 p.
14. _____. 1997. Fertilización en arroz depende de condiciones ambientales. Agrotemario. 1 (5): 2-3
15. _____; MENDEZ, R. 1998. Arroz Resultados experimentales 1997-1998; Fertilización. INIA Treinta y Tres. Actividades de difusión. n° 166. 198 p.
16. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 1998. El Uruguay del arroz en números. Arroz. 4 (15): 25-27.
17. DE DATTA, S. K. 1981. Principles and practices of rice production. New York, Wiley. 618 p.
18. FERRANDO, M. Y MERCADO, E. 1997. Efecto de períodos alternados de exceso de agua y secado de los suelos en la disponibilidad de fósforo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.
19. FERRÉZ, J. C. Y PIRIZ, M. 1989. Respuesta del arroz (variedad Bluebelle) a fechas de aplicación y fraccionamiento de la fertilización nitrogenada en Planosol Ocre de la Unidad Río Branco. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 156 p.
20. FILLERY, I. R. P.; VLEK, P. L. G. 1989. Reappraisal of the significance of ammonia volatilization as an N loss mechanism in flooded rice fields. In Nitrogen economy of flooded rice soils. S. K. De Datta, W. H. Jr. Patrick eds. Netherlands, Martinus Nijhoff. pp 79-98.
21. GAGO, J. F.; TARÁN, R. L. 1993. Respuesta de tres cultivares de arroz a densidades de siembra en diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 146 p.
22. GAMARRA, G. 1996. Arroz; Manual de producción. 1^{era} edición. Uruguay, Hemisferio Sur. 439 p.

23. HALL, V. L.; SIMS, J. L. AND JOHNSTON, T. H. 1968. Timing of N fertilization of rice II. Culm elongation as a guide to optimum timing of applications near midseason. *Agronomy Journal*. 60: 450-453.
24. KEENEY, D. R.; SAHARAWAT, K. L. 1986. Nitrogen Transformations in flooded rice soils. In *Nitrogen economy of flooded rice soils*. S. K. De Datta, W. H. Jr. Patrick eds. Netherlands, Martinus Nijhoff. pp 15-38.
25. LAVECCHIA, A. 1991. Arroz; Fertilización nitrogenada en la zona norte del país. INIA. Serie técnica 17. 20 p.
26. LENA, R. E. Y MAGALLANES, A. J. 1984. Efecto de los métodos de siembra, nitrógeno y densidades sobre el rendimiento y calidad industrial de la variedad Bluebelle en dos épocas de siembra. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 2 v.
27. MAE, T. 1997. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization photosynthesis and yield potential. *Plant and soil*. 196: 201-210.
28. MURATA, Y. AND MATSUSHIMA, S. 1975. Rice. In *Crop physiology; some case histories*. Evans, L. T. ed. London, Cambridge University. pp 73-99.
29. MENDEZ, R.; DEAMBROSI, E. 1993. Arroz Resultados experimentales 1992-1993. Tomo II. Fertilización. INIA Treinta y Tres – Estación Experimental del Este. 222 p.
30. _____; DEAMBROSI, E. 1995. Arroz Resultados experimentales 1994-1995. Fertilización. INIA Treinta y Tres. Serie Actividades de difusión. n° 62. 166 p.
31. _____; ROEL, A. 1997. Arroz Resultados experimentales 1996-1997. Bioclimático de tres variedades de arroz. INIA Treinta y Tres. Actividades de difusión. n° 135. 190 p.
32. _____; ROEL, A. 1998. Arroz Resultados experimentales 1997-1998. Bioclimático de cuatro variedades de arroz. INIA Treinta y Tres. Actividades de difusión. no. 166. 198 p.
33. MENGEL, K.; SCHON, H. G.; KEERTHISINGHE, G. AND DE DATTA, S. K. 1986. Ammonium dynamics of puddled soils in relation to growth and yield of lowland rice. In *Nitrogen economy of flooded rice soils*. S. K. De Datta, W. H. Jr. Patrick eds. Netherlands, Martinus Nijhoff. pp 117-130
34. MIKKELSEN, D. S.; DE DATTA, S. K. AND OBCEMEA, W. N. 1978. Ammonia

- volatilization losses from flooded rice soils. *Soil Science American*. J 42: 725-730.
35. PONNAMPERUMA, F. N. 1972. The chemistry of submerged soils. *In* *Advances in agronomy*. Brady, N. C. Ed. New York, Academic Press. pp 29-96.
 36. PRIORE, J. Y LIMA, C. 1980. Respuesta del arroz a la fertilización sobre rastrojo de 2 años de soja (con dos diseños experimentales). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 207 p.
 37. REDDY, K. R.; PATRICK, W. H. Jr. 1986. Denitrification losses in flooded rice fields. *In* *Nitrogen economy of flooded rice soils*. S. K. De Datta, W. H. Jr. Patrick eds. Netherlands, Martinus Nijhoff. pp 99-116.
 38. REVELLO, N. Y PERDOMO, J. 1989. Respuesta del arroz a la fertilización en dos tipos de suelos en la zona arrocera de Isidoro Noblia. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 467 p.
 39. ROEL, A.; BLANCO, F. 1993. Temperaturas bases para el cálculo de los grados días en los diferentes cultivares de arroz. *In* *Reuniao da cultura do arroz irrigado*. (20, EMBRAPA - CPACT). pp 102-104.
 40. _____. 1998. Arroz Resultados experimentales 1997 – 1998; Agroclimatología. INIA Treinta y Tres. Actividad de difusión. nº 166. 198 p.
 41. _____. 1998. Arroz Resultados experimentales 1997 – 1998; Ecofisiología del cultivo. INIA Treinta y Tres. Actividad de difusión. no. 166. 198 p.
 42. RODRIGUEZ, D Y ZULUAGA, S. 1989. Efecto de fungicidas y manejo del fertilizante nitrogenado sobre el rendimiento y calidad industrial del arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 183 p.
 43. SIMS, J. L.; HALL, V. L. AND JOHNSTON, T. H. 1967. Timing of N fertilization of rice. I. Effect of applications near midseason on varietal performance. *Agronomy Journal*. 59: 63-66.
 44. _____. PLACE, G. A. 1968. Growth and nutrient uptake of rice at different growth stages and nitrogen levels. *Agronomy Journal*. 60: 692-696.
 45. SLATON, N. A.; NORMAN, R. J.; WELLS, B. R.; HELMS, R. S. AND WILSON, C. E. Jr. 1994. Arkansas rice fertility recommendations. *In* *Temperate rice achievements and potential II*. E. Humphreys, E. A. Murray, W. S. Clampett and L. G. Lewin eds. New South Wales, Australia, Yanco Agricultural Institute. pp 457- 461

46. TINARELLI, A. 1989. El arroz. Madrid, Mundi – Prensa. 575 p.
47. VLEK, P. L. G.; BYRNES, B. H. 1986. The efficacy and loss of fertilizer N in lowland rice. *In* Nitrogen economy of flooded rice soils. S. K. De Datta, W. H. Jr. Patrick eds. Netherlands, Martinus Nijhoff. pp 131-147.
48. WELLS, B. R.; JOHNSTON, T. H. 1970. Differential response of rice varieties to timing of midseason nitrogen applications. *Agronomy Journal*. 62: 608-612.
49. WESTFALL, D. G. 1975. Six decades of rice research in Texas; Rice soils properties and characteristics. The Texas Agricultural Experiment Station. Research monograph 4. 136 p.
50. WILLIAMS, R. L.; OHNISHI, M.; ANGUS, J. F. AND HORIE, T. 1994. Predicting mineralisation in a flooded soil and N- uptake by a rice crop from anaerobic incubations. *In* Temperate rice achievements and potential II. E. Humphreys, E. A. Murray, W. S. Clampett and L. G. Lewin eds. New South Wales, Australia, Yanco Agricultural Institute. pp 489-501.
51. WILSON, C. E. Jr.; NORMAN, R. J. AND WELLS, B. R. 1989. Seasonal uptake patterns of fertilizer nitrogen applied in split applications. *Soil science society of America Journal*. 53: 1884-1887.
52. YOSHIDA, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. Los Baños. Philippines, Institut International Rice Research. 252 p.
53. YOUNGDAHL, L. J.; LUPIN, M. S. AND CRASWELL, E. T. 1986. New developments in nitrogen fertilizers for rice. *In* Nitrogen economy of flooded rice soils. S. K. De Datta, W. H. Jr. Patrick eds. Netherlands, Martinus Nijhoff. pp 149-160.

ANEXO

Anexo 1: Diseños experimentales para ambos experimentos.

Experimento 1:

5	1	2	4	3	INIA TACUARI (BLOQUE 4)
---	---	---	---	---	-------------------------

3	2	5	1	4	EP 144 (BLOQUE 4)
---	---	---	---	---	-------------------

1	3	4	2	5	EP 144 (BLOQUE 3)
---	---	---	---	---	-------------------

5	1	3	4	2	INIA TACUARI (BLOQUE 3)
---	---	---	---	---	-------------------------

2	5	4	1	3	EP 144 (BLOQUE 2)
---	---	---	---	---	-------------------

4	1	3	5	2	INIA TACUARI (BLOQUE 2)
---	---	---	---	---	-------------------------

1	2	3	4	5	INIA TACUARI (BLOQUE 1)
---	---	---	---	---	-------------------------

1	2	3	4	5	EP 144 (BLOQUE 1)
---	---	---	---	---	-------------------

Nota: Los números corresponden a los diferentes momentos de aplicación del fertilizante en cobertura dentro de la etapa de macollaje (tratamientos).

Experimento 2:

4	3	5	2	1	INIA TACUARI (BLOQUE 4)
---	---	---	---	---	-------------------------

3	4	1	5	2	EP 144 (BLOQUE 4)
---	---	---	---	---	-------------------

5	2	3	4	1	EP 144 (BLOQUE 3)
---	---	---	---	---	-------------------

5	4	1	3	2	INIA TACUARI (BLOQUE 3)
---	---	---	---	---	-------------------------

1	5	4	2	3	EP 144 (BLOQUE 2)
---	---	---	---	---	-------------------

3	4	5	1	2	INIA TACUARI (BLOQUE 2)
---	---	---	---	---	-------------------------

1	2	3	4	5	INIA TACUARI (BLOQUE 1)
---	---	---	---	---	-------------------------

1	2	3	4	5	EP 144 (BLOQUE 1)
---	---	---	---	---	-------------------

Nota: Los números corresponden a los diferentes momentos de aplicación del fertilizante en cobertura dentro de la etapa de primordio floral (tratamientos).

Anexo 2: Análisis de varianza del número de plantas/m² en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	14366.13	4788.708	0.57	
VARIEDAD	1	11476.13	11476.125	1.37	0.325
ERROR	3	25068.63	8356.208		
TRATAMIENTO	3	9082.13	3027.375	0.36	
INTERACCION	3	19704.63	6568.208	0.78	
ERROR	18	151877.25	8437.625		

Promedio general: 428.69

C.V: 21.43%

Anexo 3: Análisis de varianza del número de plantas/m² para INIA Tacuarí.

F. de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	173042.55			
BLOQUE	3	21658.55	7219.517	0.75	
TRATAMIENTO	4	35590.30	8897.575	0.92	
ERROR	12	115793.70	9649.475		
N-ADITIVIDAD	1	21914.21	21914.207	2.57	0.137
RESIDUAL	11	93879.49	8534.499		

Promedio: 460.15

C.V: 21.35%

Anexo 4: Análisis de varianza del número de plantas/m² para EP144.

F. de variación	G.L	S.C	C.M	F	Prob
TOTAL	19	134096.95			
BLOQUE	3	20906.15	6968.717	0.89	
TRATAMIENTO	4	19685.70	4921.425	0.63	
ERROR	12	93505.10	7792.092		
N-ADITIVIDAD	1	6177.87	6177.868	0.78	
RESIDUAL	11	87327.23	7938.839		

Promedio: 422.95

C.V. 20.87%

Anexo 5: Análisis de varianza del número de macollos/m² en conjunto.

F. de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	30271.59	10090.531	2.45	0.240
VARIEDAD	1	436878.78	436878.781	106.02	0.001
ERROR	3	12362.34	4120.781		
TRATAMIENTO	3	42855.84	14285.281	1.90	0.166
INTERACCION	3	5667.59	1889.198	0.25	
ERROR	18	135430.81	7523.934		

Promedio general: 211.9

C.V: 40.9%

Anexo 6: Análisis de varianza del número de macollos/m² para INIA Tacuarí.

F. de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	52863.00	2763.00		
BLOQUE	3	8289.00	4623.625	1.27	0.328
TRATAMIENTO	4	18494.50	2173.292	2.13	0.109
ERROR	12	26079.50	4110.234		
N-ADITIVIDAD	1	41110.23	1997.206	2.06	0.179
RESIDUAL	11	21969.27			

Promedio: 96.5

C.V: 48.31%

Anexo 7: Análisis de varianza del número de macollos/m² para EP144

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	227744.55			
BLOQUE	3	35899.75	11966.593	1.15	0.368
TRATAMIENTO	4	67031.30	16757.825	1.61	0.234
ERROR	12	124813.50	10401.125		
N-ADITIVIDAD	1	19032.08	19032.078	1.98	0.187
RESIDUAL	11	105781.42	9616.493		

Promedio: 307.35

C.V. 33.18%

Anexo 8: Análisis de varianza del número de plantas + macollos/m² en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	65362.13	21787.375	12.33	0.034
VARIEDAD	1	307720.13	307720.125	174.16	0.000
ERROR	3	5300.63	1766.875		
TRATAMIENTO	3	12941.13	4313.708	0.63	
INTERACCION	3	15954.63	5318.208	0.78	
ERROR	18	122365.25	6798.069		

Promedio general: 640.56

C.V. 12.87%

Anexo 9: Análisis de varianza del número de plantas + macollos/m² para Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	125280.55			
BLOQUE	3	43606.55	14536.517	2.80	0.085
TRATAMIENTO	4	19479.30	4869.825	0.94	
ERROR	12	62194.70	5182.892		
N-ADITIVIDAD	1	1967.03	1967.028	0.36	
RESIDUAL	11	60227.67	5475.243		

Promedio: 556.35

C.V. 12.94%

Anexo 10: Análisis de varianza del número de plantas + macollos/m² para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	168788.20			
BLOQUE	3	29245.00	9748.333	1.07	0.397
TRATAMIENTO	4	30306.70	7576.675	0.83	
ERROR	12	109236.50	9103.042		
N-ADITIVIDAD	1	429.21	429.211	0.04	
RESIDUAL	11	108807.29	9891.572		

Promedio: 730.3

C.V. 13.06%

Anexo 11: Análisis de varianza de la materia seca del tallo principal (tt/ha) en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	0.39	0.129		
VARIEDAD	1	0.00	0.000	0.00	
• ERROR	3	0.37	0.122		
TRATAMIENTO	3	0.28	0.094	0.39	
INTERACCION	3	0.36	0.121	0.51	
ERROR	18	4.29	0.238		

Promedio general: 2.95

C.V: 16.5%

Anexo 12: Análisis de varianza de la materia seca del tallo principal (tt/ha) para INIA Tacuarí

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	5.00			
BLOQUE	3	0.54	0.181	0.65	
TRATAMIENTO	4	1.10	0.275	0.98	
ERROR	12	3.36	0.280		
N-ADITIVIDAD	1	0.62	0.620	2.49	0.142
RESIDUAL	11	2.74	0.249		

Promedio: 3.058

C.V: 17.29%

Anexo 13: Análisis de varianza de la materia seca del tallo principal (tt/ha) para EP144

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	3.06			
BLOQUE	3	0.48	0.159	0.91	
TRATAMIENTO	4	0.48	0.119	0.68	
ERROR	12	2.10	0.175		
N-ADITIVIDAD	1	0.04	0.041	0.22	
RESIDUAL	11	2.06	0.187		

Promedio: 2.96

C.V: 14.13%

Anexo 14: Análisis de varianza de la materia seca de los macollos en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	0.42	0.141	1.33	0.410
VARIEDAD	1	8.56	8.564	80.93	0.002
ERROR	3	0.32	0.106		
TRATAMIENTO	3	0.35	0.116	0.92	
INTERACCION	3	0.07	0.023	0.18	
ERROR	18	2.29	0.127		

Promedio general: 0.78

C.V: 45.52%

Anexo 15: Análisis de varianza de la materia seca de los macollos para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	0.50			
BLOQUE	3	0.03	0.012	0.52	
TRATAMIENTO	4	0.20	0.049	2.21	0.103
ERROR	12	0.27	0.022		
N-ADITIVIDAD	1	0.03	0.026	1.17	0.302
RESIDUAL	11	0.24	0.022		

Promedio: 0.263

C.V: 56.55%

Anexo 16: Análisis de varianza de la materia seca de los macollos para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	3.77			
BLOQUE	3	0.62	0.206	1.14	0.372
TRATAMIENTO	4	0.97	0.243	1.34	0.311
ERROR	12	2.18	0.181		
N-ADITIVIDAD	1	0.31	0.307	1.81	0.205
RESIDUAL	11	1.87	0.170		

Promedio: 1.204

C.V: 35.37%

Anexo 17: Análisis de varianza de la materia seca total en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	1.30	0.434	1.24	0.431
VARIEDAD	1	8.52	8.522	24.42	0.015
ERROR	3	1.05	0.349		
TRATAMIENTO	3	0.23	0.076	0.35	
INTERACCION	3	0.47	0.156	0.72	
ERROR	18	3.89	0.216		

Promedio general: 3.73

C.V: 12.46%

Anexo 18: Análisis de varianza de la materia seca total para INIA Tacuarí

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	4.51	0.139		
BLOQUE	3	0.42	0.378	0.64	
TRATAMIENTO	4	1.51	0.215	1.76	0.202
ERROR	12	2.58	0.152		
N-ADITIVIDAD	1	0.15	0.221	0.69	
RESIDUAL	11	2.43			

Promedio: 3.32

C.V: 13.97%

Anexo 19: Análisis de varianza de la materia seca total para EP144

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	5.15			
BLOQUE	3	1.91	0.635	2.91	0.077
TRATAMIENTO	4	0.63	0.157	0.72	
ERROR	12	2.61	0.218		
N-ADITIVIDAD	1	0.33	0.330	1.59	0.233
RESIDUAL	11	2.28	0.208		

Promedio: 4.165

C.V: 11.21%

Anexo 20: Análisis de varianza del % de nitrógeno en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	0.11	0.035	17.53	0.020
VARIEDAD	1	0.31	0.310	154.80	0.001
ERROR	3	0.01	0.002		
TRATAMIENTO	3	0.05	0.017	5.98	0.005
INTERACCION	3	0.08	0.025	8.75	0.000
ERROR	18	0.05	0.003		

Promedio general: 1.648

C.V: 3.27%

Anexo 21: Análisis de varianza del % de nitrógeno para INIA Tacuarí.

F. de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	0.34			
BLOQUE	3	0.06	0.021	4.27	0.028
TRATAMIENTO	4	0.21	0.053	10.75	0.000
ERROR	12	0.06	0.005		
N-ADITIVIDAD	1	0.00	0.002	0.42	
RESIDUAL	11	0.06	0.005		

Promedio: 1.710

C.V: 4.12%

Anexo 22: Análisis de varianza del % de nitrógeno para EP144

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	0.10			
BLOQUE	3	0.04	0.014	5.86	0.010
TRATAMIENTO	4	0.03	0.007	2.99	0.052
ERROR	12	0.03	0.002		
N-ADITIVIDAD	1	0.00	0.000	0.00	
RESIDUAL	11	0.03	0.003		

Promedio: 1.562

C.V: 3.17%

Anexo 23: Análisis de varianza de los kg de nitrógeno/ha en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	435.10	145.035	2.49	0.236
VARIEDAD	1	1126.23	1126.226	19.36	0.001
ERROR	3	174.53	58.178		
TRATAMIENTO	3	37.08	12.358	0.22	
INTERACCION	3	361.13	120.376	2.18	0.13
ERROR	18	996.10	55.339		

Promedio general: 61.99

C.V: 12.0%

Anexo 24: Análisis de varianza de los kg de nitrógeno/ha para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	1310.86			
BLOQUE	3	66.75	22.251	0.26	
TRATAMIENTO	4	223.80	55.949	0.66	
ERROR	12	1020.31	85.026		
N-ADITIVIDAD	1	0.02	0.024	0.00	
RESIDUAL	11	1020.29	92.753		

Promedio: 56.529

C.V: 16.31%

Anexo 25: Análisis de varianza de los kg de nitrógeno/ha para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	1267.67			
BLOQUE	3	423.95	141.317	2.78	0.086
TRATAMIENTO	4	233.90	58.475	1.15	0.379
ERROR	12	609.82	50.818		
N-ADITIVIDAD	1	157.26	157.256	3.82	0.076
RESIDUAL	11	452.56	41.142		

Promedio: 67.202

C.V: 10.61%

Anexo 26: Análisis de varianza de la altura en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	41.80	13.935	0.79	
VARIEDAD	1	23.12	23.120	1.31	0.335
ERROR	3	52.86	17.618		
TRATAMIENTO	3	0.59	0.198	0.06	
INTERACCION	3	11.77	3.923	1.12	0.365
ERROR	18	62.81	3.489		

Promedio general: 77.6

C.V: 2.41%

Anexo 27: Análisis de varianza de la altura para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	91.83			
BLOQUE	3	6.13	2.043	0.55	
TRATAMIENTO	4	40.97	10.243	2.75	0.073
ERROR	12	44.72	3.727		
N-ADITIVIDAD	1	1.10	1.101	0.28	
RESIDUAL	11	43.62	3.966		

Promedio: 77.81

C.V: 2.48%

Anexo 28: Análisis de varianza de la altura para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	208.73			
BLOQUE	3	159.82	53.272	15.13	0.000
TRATAMIENTO	4	6.66	1.666	0.47	
ERROR	12	42.24	3.520		
N-ADITIVIDAD	1	0.09	0.087	0.02	
RESIDUAL	11	42.16	3.833		

Promedio: 76.88

C.V: 2.44%

Anexo 29: Análisis de varianza del rendimiento en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	1.99	0.664	5.44	0.98
VARIEDAD	1	6.78	6.779	55.47	0.005
ERROR	3	0.37	0.122		
TRATAMIENTO	3	1.60	0.534	1.86	0.172
INTERACCION	3	0.92	0.307	1.07	0.386
ERROR	18	5.17	0.287		

Promedio general: 7.037

C.V: 7.6%

Anexo 30: Análisis de varianza del rendimiento para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	7.09			
BLOQUE	3	1.06	0.355	1.20	0.351
TRATAMIENTO	4	2.48	0.619	2.10	0.144
ERROR	12	3.55	0.295		
N-ADITIVIDAD	1	0.03	0.027	0.09	
RESIDUAL	11	3.52	0.320		

Promedio: 7.37

C.V: 7.37%

Anexo 31: Análisis de varianza del rendimiento para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	8.95			
BLOQUE	3	3.66	1.219	4.52	0.024
TRATAMIENTO	4	2.05	0.514	1.90	0.174
ERROR	12	3.24	0.270		
N-ADITIVIDAD	1	0.32	0.324	1.22	0.292
RESIDUAL	11	2.91	0.265		

Promedio: 6.479

C.V: 8.02%

Anexo 32: Análisis de varianza del número de panojas/m² en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	46959.38	15653.125	1.13	0.461
VARIEDAD	1	27730.13	27730.125	2.00	0.252
ERROR	3	41642.38	13880.792		
TRATAMIENTO	3	24009.63	8003.208	1.35	0.288
INTERACCION	3	3048.63	1016.208	0.17	
ERROR	18	106493.75	5916.319		

Promedio general: 628.06

C.V: 12.25%

Anexo 33: Análisis de varianza del número de panojas/m² para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	71166.55			
BLOQUE	3	5215.75	1738.583	0.37	
TRATAMIENTO	4	9922.30	2480.575	0.53	
ERROR	12	56028.50	4669.042		
N-ADITIVIDAD	1	1373.34	1773.342	0.28	
RESIDUAL	11	54655.16	4968.651		

Promedio: 604.150

C.V: 11.31%

Anexo 34: Análisis de varianza en conjunto del número de panojas/m² para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	220188.20			
BLOQUE	3	128756.20	42918.733	7.39	0.004
TRATAMIENTO	4	21741.20	5435.300	0.94	
ERROR	12	69690.80	5807.567		
N-ADITIVIDAD	1	5750.41	5750.409	0.99	
RESIDUAL	11	63940.39	5812.763		

Promedio: 652.3

C.V: 11.68%

Anexo 35: Análisis de varianza del número de granos vacíos/panoja en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	162.92	54.306	1.70	0.336
VARIEDAD	1	0.58	0.578	0.02	
ERROR	3	95.57	31.858		
TRATAMIENTO	3	60.20	20.067	1.70	0.202
INTERACCION	3	61.13	20.377	1.73	0.197
ERROR	18	212.27	11.793		

Promedio general: 17.566

C.V: 19.55%

Anexo 36: Análisis de varianza del número de granos vacíos/panoja para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	545.55			
BLOQUE	3	198.07	66.024	4.63	0.022
TRATAMIENTO	4	176.20	44.049	3.09	0.037
ERROR	12	171.28	14.273		
N-ADITIVIDAD	1	13.52	13.517	0.94	
RESIDUAL	11	157.76	14.342		

Promedio: 16.49

C.V: 22.90%

Anexo 37: Análisis de varianza del número de granos vacíos/panoja para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	200.49			
BLOQUE	3	80.73	26.908	3.49	0.050
TRATAMIENTO	4	27.12	6.779	0.88	
ERROR	12	92.64	7.720		
N-ADITIVIDAD	1	1.96	1.963	0.24	
RESIDUAL	11	90.68	8.244		

Promedio: 17.315

C.V:16.05%

Anexo 38: Análisis de varianza del número de granos semillenos/panoja en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	1.32	0.439	0.75	
VARIEDAD	1	0.43	0.428	0.73	
ERROR	3	1.76	0.586		
TRATAMIENTO	3	0.47	0.158	0.85	
INTERACCION	3	2.68	0.893	4.81	0.012
ERROR	18	3.34	0.186		

Promedio general: 1.441

C.V: 29.9%

Anexo 39: Análisis de varianza del número de granos semillenos/panoja para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	9.23			
BLOQUE	3	2.86	0.955	3.05	0.070
TRATAMIENTO	4	2.61	0.652	2.08	0.146
ERROR	12	3.76	0.313		
N-ADITIVIDAD	1	0.09	0.094	0.28	
RESIDUAL	11	3.67	0.333		

Promedio: 1.520

C.V:36.83%

Anexo 40: Análisis de varianza del número de granos semillenos/panoja para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	1.73			
BLOQUE	3	0.27	0.090	1.39	0.294
TRATAMIENTO	4	0.68	0.170	2.63	0.037
ERROR	12	0.78	0.065		
N-ADITIVIDAD	1	0.01	0.008	0.12	
RESIDUAL	11	0.77	0.070		

Promedio: 1.305

C.V: 19.51%

Anexo 41: Análisis de varianza de los granos llenos/panoja en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	844.85	281.617	4.99	0.109
VARIEDAD	1	12620.63	12620.633	223.57	0.000
ERROR	3	169.35	56.451		
TRATAMIENTO	3	327.73	109.243	0.91	
INTERACCION	3	555.82	185.274	1.55	0.235
ERROR	18	2150.67	119.482		

Promedio general: 71.547

C.V: 15.28%

Anexo 42: Análisis de varianza de los granos llenos/panoja para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	3472.13			
BLOQUE	3	461.62	153.873	1.07	0.398
TRATAMIENTO	4	1284.95	321.238	2.23	0.126
ERROR	12	1725.55	143.796		
N-ADITIVIDAD	1	421.65	421.647	3.56	0.085
RESIDUAL	11	1303.91	118.537		

Promedio: 88.9

C.V: 13.49%

Anexo 43: Análisis de varianza de los granos llenos/panoja para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	1713.59			
BLOQUE	3	700.31	233.437	3.08	0.68
TRATAMIENTO	4	103.68	25.921	0.34	
ERROR	12	909.59	75.799		
N-ADITIVIDAD	1	235.77	235.769	3.85	0.075
RESIDUAL	11	673.82	61.257		

Promedio: 52.01

C.V: 16.74%

Anexo 44: Análisis de varianza del número de granos totales/panoja en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	1238.63	412.877	2.72	0.216
VARIEDAD	1	12592.85	12592.845	82.90	7.302
ERROR	3	455.73	151.908		
TRATAMIENTO	3	668.60	222.868	1.23	0.326
INTERACCION	3	994.92	331.641	1.84	0.176
ERROR	18	3252.46	180.692		

Promedio general: 90.55

C.V: 14.85%

Anexo 45: Análisis de varianza del número de granos totales/panoja para INIA Tacuari.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	6102.71			
BLOQUE	3	1032.38	344.126	1.59	0.244
TRATAMIENTO	4	2466.73	616.683	2.84	0.071
ERROR	12	2603.60	216.966		
N-ADITIVIDAD	1	723.87	723.874	4.24	0.064
RESIDUAL	11	1879.72	170.884		

Promedio: 106.915

C.V: 13.78%

Anexo 46: Análisis de varianza del número de granos totales/panoja para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	234.37			
BLOQUE	3	86.07	28.689	3.06	0.069
TRATAMIENTO	4	35.84	8.969	0.96	
ERROR	12	112.47	9.372		
N-ADITIVIDAD	1	3.59	3.593	0.36	
RESIDUAL	11	108.87	9.898		

Promedio: 24.620

C.V: 12.43%

Anexo 47: Análisis de varianza del % de esterilidad en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	99.50	33.165	1.69	0.338
VARIEDAD	1	737.28	737.280	37.53	0.003
ERROR	3	58.93	19.643		
TRATAMIENTO	3	26.84	8.945	1.07	0.385
INTERACCION	3	13.77	4.591	0.55	
ERROR	18	150.00	8.333		

Promedio general: 20.331

C.V: 14.20%

Anexo 48: Análisis de varianza del % de esterilidad para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	207.17			
BLOQUE	3	91.49	30.495	4.89	0.019
TRATAMIENTO	4	40.91	10.227	1.64	0.227
ERROR	12	74.78	6.231		
N-ADITIVIDAD	1	7.84	7.845	1.29	0.280
RESIDUAL	11	66.93	6.085		

Promedio: 15.095

C.V: 16.54%

Anexo 49: Análisis de varianza del % de esterilidad para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	234.37			
BLOQUE	3	86.07	28.689	3.06	0.069
TRATAMIENTO	4	35.84	8.969	0.96	
ERROR	12	112.47	9.372		
N-ADITIVIDAD	1	3.59	3.593	0.36	
RESIDUAL	11	108.87	9.898		

Promedio: 24.6

C.V: 12.43%

Anexo 50: Análisis de varianza del peso de los 100 granos en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	1.06	0.352	2.38	0.247
VARIEDAD	1	328.77	328.769	2216.00	0.000
ERROR	3	0.45	0.148		
TRATAMIENTO	3	0.17	0.057	0.46	
INTERACCION	3	0.51	0.171	1.38	0.280
ERROR	18	2.23	0.124		

Promedio general: 24.8

C.V: 1.42%

Anexo 51: Análisis de varianza del peso de los 1000 granos para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	5.20			
BLOQUE	3	1.21	0.403	3.09	0.067
TRATAMIENTO	4	2.42	0.605	4.64	0.017
ERROR	12	1.56	0.130		
N-ADITIVIDAD	1	0.08	0.083	0.61	
RESIDUAL	11	1.48	0.135		

Promedio: 21.78

C.V: 1.66%

Anexo 52: Análisis de varianza del peso de los 1000 granos para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2.09			
BLOQUE	3	0.34	0.113	1.07	0.396
TRATAMIENTO	4	0.48	0.121	1.15	0.379
ERROR	12	1.26	0.105		
N-ADITIVIDAD	1	0.03	0.034	0.30	
RESIDUAL	11	1.23	0.112		

Promedio: 28.010

C.V: 1.16%

Anexo 53: Análisis de varianza del número de granos llenos/m² en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	728889867.34	242963289.115	2.35	0.25
VARIEDAD	1	3315768536.53	3315768536.531	32.05	0.000
ERROR	3	310348959.09	103449653.031		
TRATAMIENTO	3	17705494.34	5901831.448	0.09	
INTERACCION	3	240821354.59	80273784.865	1.18	0.344
ERROR	18	1221610694.81	67867260.823		

Promedio general: 45292.9

C.V: 18.19%

Anexo 54: Análisis de varianza del número de granos llenos/m² para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	1633377435.20			
BLOQUE	3	316454966.80	105484988.933	1.16	0.364
TRATAMIENTO	4	228387860.70	57096965.175	0.63	
ERROR	12	1088534607.70	90711217.308		
N-ADITIVIDAD	1	40305684.84	40305684.844	0.42	
RESIDUAL	11	1048228922.86	95293538.441		

Promedio: 54478.2

C.V: 17.48%

Anexo 55: Análisis de varianza del número de granos llenos/m² para EP 144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	17542262272.95			
BLOQUE	3	1186629783.75	395543261.250	10.36	0.001
TRATAMIENTO	4	109276068.70	27319017.175	0.72	
ERROR	12	458356420.50	38196368.375		
N-ADITIVIDAD	1	84989277.59	84989277.585	2.50	0.141
RESIDUAL	11	373367142.91	33942467.538		

Promedio: 35078.95

C.V: 17.62%

Anexo 56: Análisis de varianza del número de granos totales/m² en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	1202691067.13	400897022.375	1.78	0.323
VARIEDAD	1	2871531544.50	2871531544.50	12.74	0.037
ERROR	3	676215764.75	225405254.917		
TRATAMIENTO	3	41445509.63	13815169.875	0.14	
INTERACCION	3	398194804.75	132731601.583	1.32	0.298
ERROR	18	1809442950.13	100524608.340		

Promedio general: 56362.8

C.V: 17.79%

Anexo 57: Análisis de varianza del número de granos totales/m² para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2654559260.95			
BLOQUE	3	764109094.55	254703031.517	2.16	0.146
TRATAMIENTO	4	474545613.20	118636403.300	1.01	0.442
ERROR	12	1415904553.20	117992046.100		
N-ADITIVIDAD	1	38262370.22	38262370.217	0.31	
RESIDUAL	11	1377642182.98	125240198.453		

Promedio: 64376.950

C.V: 16.87%

Anexo 58: Análisis de varianza del número de granos totales/m² para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2802839029.75			
BLOQUE	3	1859691051.75	619897017.250	9.36	0.001
TRATAMIENTO	4	148788211.50	37197052.875	0.56	
ERROR	12	794359766.50	66196647.208		
N-ADITIVIDAD	1	80776308.18	80776308.183	1.25	0.288
RESIDUAL	11	713583458.52	64871223.483		

Promedio: 46479.7

C.V: 17.5%

Anexo 59: Análisis de varianza del número de plantas/m² en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	12449.27	4149.758	0.23	
VARIEDAD	1	11.02	11.025	0.00	
ERROR	3	54303.08	18101.025		
TRATAMIENTO	4	2280.85	570.212	0.13	
INTERACCION	4	11298.85	2824.713	0.66	
ERROR	24	102763.9	4281.829		

Promedio general: 430.8

C.V: 15.2 %

Anexo 60: Análisis de varianza del número de plantas/m² para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	107017.75			
BLOQUE	3	35080.15	11693.38	2.15	0.147
TRATAMIENTO	4	6546.0	1636.5	0.3	
ERROR	12	65391.6	5449.3		
N-ADITIVIDAD	1	9062.55	9062.54	1.77	0.21
RESIDUAL	11	56329.05	5120.82		

Promedio: 430.2

C.V: 17.2

Anexo 61: Análisis de varianza del número de plantas/m² para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	76078.2			
BLOQUE	3	31672.2	10557.4	3.39	0.053
TRATAMIENTO	4	7033.7	1758.42	0.56	
ERROR	12	37372.3	3114.36		
N-ADITIVIDAD	1	2.07	2.071	0.00	
RESIDUAL	11	37370.23	3397.29		

Promedio: 431.3

C.V: 12.9

Anexo 62: Análisis de varianza del número de Macollos/m² en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	17980.5	5993.5	2.92	0.201
VARIEDAD	1	150798.4	150798.4	73.47	0.003
ERROR	3	6157.8	2052.6		
TRATAMIENTO	4	2831.65	707.91	0.42	
INTERACCION	4	9875.35	2468.84	1.46	0.245
ERROR	24	40638.2	1693.26		

Promedio general: 191.5

C.V: 21.5 %

Anexo 63: Análisis de varianza del número de Macollos/m² para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	33874.55			
BLOQUE	3	4159.35	1386.45	0.89	
TRATAMIENTO	4	11045.8	2761.45	1.77	0.198
ERROR	12	18669.4	1555.78		
N-ADITIVIDAD	1	7689.2	7689.2	7.7	0.018
RESIDUAL	11	10980.2	998.2		

Promedio: 130.5

C.V: 30.3 %

Anexo 64: Análisis de varianza del número de Macollos/m² para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	43608.95			
BLOQUE	3	19978.95	6659.65	3.64	0.044
TRATAMIENTO	4	1661.2	415.3	0.23	
ERROR	12	21968.8	1830.7		
N-ADITIVIDAD	1	4.78	4.78	0.00	
RESIDUAL	11	21964.02	1996.73		

Promedio: 252.9

C.V: 16.9 %

Anexo 65: Análisis de varianza del número de Plantas + Macollos/m² en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	11172.1	3724.03	0.14	
VARIEDAD	1	153264.4	153264.4	5.67	0.037
ERROR	3	81021.4	27007.13		
TRATAMIENTO	4	4847.35	1211.8	0.28	
INTERACCION	4	11780.35	2945.1	0.69	
ERROR	24	103059.5	4294.14		

Promedio general: 622.3

C.V: 10.5 %

Anexo 66: Análisis de varianza del número de Plantas + Macollos/m² para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	96708.95			
BLOQUE	3	34159.75	11386.58	2057	0.103
TRATAMIENTO	4	9353.2	2338.3	0.53	
ERROR	12	53196.0	4433.0		
N-ADITIVIDAD	1	8993.67	8993.67	2.24	0.162
RESIDUAL	11	44202.33	4018.4		

Promedio: 560.4

C.V: 11.9 %

Anexo 67: Análisis de varianza del número de Plantas + Macollos/m² para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	115171.75			
BLOQUE	3	58033.75	19344.6	4.66	0.022
TRATAMIENTO	4	7274.5	1818.6	0.44	
ERROR	12	49863.5	4155.29		
N-ADITIVIDAD	1	2423.45	2423.45	0.58	
RESIDUAL	11	47440.05	4312.7		

Promedio: 684.25

C.V: 9.4 %

Anexo 68: Análisis de varianza de la MS del tallo principal en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	4.27	1.422	0.51	
VARIEDAD	1	26.31	26.31	9.36	0.005
ERROR	3	8.43	2.81		
TRATAMIENTO	4	1.87	0.467	0.49	
INTERACCION	4	6.02	1.505	1.58	0.210
ERROR	24	22.79	0.950		

Promedio general: 8.73

C.V: 11.2 %

Anexo 69: Análisis de varianza de la MS del tallo principal para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	19.69			
BLOQUE	3	5.00	1.666	1.82	0.197
TRATAMIENTO	4	3.69	0.922	1.01	0.442
ERROR	12	11.01	0.917		
N-ADITIVIDAD	1	0.02	0.023	0.02	
RESIDUAL	11	10.98	0.998		

Promedio: 7.92

C.V: 12.1 %

Anexo 70: Análisis de varianza de la MS de tallo principal para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	23.69			
BLOQUE	3	7.70	2.567	2.61	0.099
TRATAMIENTO	4	4.20	1.05	1.07	0.413
ERROR	12	11.79	0.982		
N-ADITIVIDAD	1	1.37	1.368	1.44	0.254
RESIDUAL	11	10.42	0.947		

Promedio: 9.54

CV: 10.4 %

Anexo 71: Análisis de varianza de la MS de los Macollos en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	8.68	2.892	5.15	0.105
VARIEDAD	1	40.77	40.772	72.65	0.003
ERROR	3	1.68	0.561		
TRATAMIENTO	4	0.66	0.166	0.24	
INTERACCION	4	5.57	1.393	2.06	0.116
ERROR	24	16.25	0.677		

Promedio general: 2.75

C.V: 29.9%

Anexo 72: Análisis de varianza de la MS de los Macollos para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	14.07			
BLOQUE	3	1.67	0.556	0.83	
TRATAMIENTO	4	4.35	1.088	1.62	0.232
ERROR	12	8.05	0.671		
N-ADITIVIDAD	1	3.16	3.159	7.1	0.021
RESIDUAL	11	4.89	0.445		

Promedio: 1.74

C.V: 47.2%

Anexo 73: Análisis de varianza de la MS de los Macollos para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	18.77			
BLOQUE	3	8.69	2.897	4.24	0.029
TRATAMIENTO	4	1.88	0.470	0.69	
ERROR	12	8.2	0.683		
N-ADITIVIDAD	1	2.42	2.425	4.62	0.054
RESIDUAL	11	5.77	0.525		

Promedio: 3.75

CV: 22.0 %

Anexo 74: Análisis de varianza de la MS total en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	8.41	2.804	0.55	
VARIEDAD	1	132.57	132.569	25.85	0.014
ERROR	3	15.38	5.128		
TRATAMIENTO	4	0.69	0.172	0.13	
INTERACCION	4	2.36	0.590	0.44	
ERROR	24	32.37	1.349		

Promedio general: 11.47

C.V: 10.1 %

Anexo 75: Análisis de varianza de la MS total para INIA Tacuari.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	16.8			
BLOQUE	3	0.97	0.324	0.26	
TRATAMIENTO	4	0.75	0.188	0.15	
ERROR	12	15.07	1.256		
N-ADITIVIDAD	1	2.08	20.76	1.76	0.211
RESIDUAL	11	12.99	1.181		

Promedio: 9.65

C.V: 11.6%

Anexo 76: Análisis de varianza de la MS total para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	42.42			
BLOQUE	3	22.82	7.607	5.28	0.014
TRATAMIENTO	4	2.3	0.574	0.4	
ERROR	12	17.3	1.442		
N-ADITIVIDAD	1	1.12	1.119	0.76	
RESIDUAL	11	16.19	1.471		

Promedio: 13.29

CV: 9.0 %

Anexo 77: Análisis de varianza del % de nitrógeno en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	0.02	0.006	0.91	
VARIEDAD	1	0.07	0.066	9.43	0.004
ERROR	3	0.02	0.007		
TRATAMIENTO	4	0.01	0.002	1.02	0.417
INTERACCION	4	0.01	0.002	0.86	
ERROR	24	0.05	0.002		

Promedio general: 1.06

C.V: 4.5%

Anexo 78: Análisis de varianza del % de nitrógeno para INIA Tacuari.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	0.04			
BLOQUE	3	0.01	0.004	2.04	0.162
TRATAMIENTO	4	0.01	0.002	1.10	0.399
ERROR	12	0.02	0.002		
N-ADITIVIDAD	1	0.00	0.000	0.12	
RESIDUAL	11	0.02	0.002		

Promedio: 1.02

C.V: 4.23%

Anexo 79: Análisis de varianza del % de nitrógeno para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	0.07			
BLOQUE	3	0.03	0.01	3.56	0.047
TRATAMIENTO	4	0.01	0.002	0.83	
ERROR	12	0.03	0.003		
N-ADITIVIDAD	1	0.01	0.012	6072	0.025
RESIDUAL	11	0.02	0.002		

Promedio: 1.1

CV: 4.7%

Anexo 80: Análisis de varianza de los Kg de nitrógeno en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	1287.09	429.029	0.37	
VARIEDAD	1	22631.42	22631.425	19.73	0.001
ERROR	3	3441.31	1147.104		
TRATAMIENTO	4	366.956	91.737	0.42	
INTERACCION	4	446.96	111.740	0.51	
ERROR	24	5300.02	220.834		

Promedio general: 122.7

C.V: 12.1%

Anexo 81: Análisis de varianza de los Kg de nitrógeno para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2435.85			
BLOQUE	3	387.32	129.107	0.9	
TRATAMIENTO	4	320.81	80.202	0.56	
ERROR	12	1727.72	143.977		
N-ADITIVIDAD	1	310.54	310.540	2.41	0.148
RESIDUAL	11	1417.18	128.835		

Promedio: 98.9

C.V: 12.1 %

Anexo 82: Análisis de varianza de los Kg de nitrógeno para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	8406.47			
BLOQUE	3	4341.08	1447.027	4.86	0.019
TRATAMIENTO	4	493.10	123.275	0.41	
ERROR	12	3572.29	297.691		
N-ADITIVIDAD	1	11.66	11.656	0.04	
RESIDUAL	11	3560.64	323.694		

Promedio: 146.4

CV: 11.8%

Anexo 83: Análisis de varianza para la altura en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	36.34	12.112	1.34	0.408
VARIEDAD	1	633.62	633.616	69.93	0.003
ERROR	3	27.18	9.061		
TRATAMIENTO	4	54.69	13.673	1.74	0.174
INTERACCION	4	6.60	1.65	0.21	
ERROR	24	188.95	7.873		

Promedio general: 72.5

C.V: 3.9%

Anexo 84: Análisis de varianza de la altura para INIA Tacuari.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	206.47			
BLOQUE	3	53.28	17.761	1.63	0.234
TRATAMIENTO	4	22.37	5.592	0.51	
ERROR	12	130.82	10.902		
N-ADITIVIDAD	1	3.59	3.594	0.31	
RESIDUAL	11	127.23	11.566		

Promedio: 68.5

C.V: 4.82%

Anexo 85: Análisis de varianza de la altura para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	107.29			
BLOQUE	3	10.24	3.412	0.7	
TRATAMIENTO	4	38.92	9.731	2.01	0.157
ERROR	12	58.12	4.844		
N-ADITIVIDAD	1	8.07	8.070	1.77	0.209
RESIDUAL	11	50.06	4.55		

Promedio: 76.5

CV: 2.9%

Anexo 86: Análisis de varianza para el rendimiento en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	0.71	0.236	1.2	0.441
VARIEDAD	1	1.43	1.431	7.3	0.073
ERROR	3	0.59	0.196		
TRATAMIENTO	4	1.31	0.326	1.87	0.149
INTERACCION	4	1.97	0.492	2.81	0.047
ERROR	24	4.2	0.175		

Promedio general: 6.07

C.V: 6.9 %

Anexo 87: Análisis de varianza del rendimiento para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	6.38			
BLOQUE	3	0.94	0.312	1.48	0.27
TRATAMIENTO	4	2.91	0.727	3.44	0.042
ERROR	12	2.53	0.211		
N-ADITIVIDAD	1	0.02	0.019	0.08	
RESIDUAL	11	2.52	0.229		

Promedio: 5.88

C.V: 7.8 %

Anexo 88: Análisis de varianza del rendimiento para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2.39			
BLOQUE	3	0.36	0.120	0.86	
TRATAMIENTO	4	0.37	0.091	0.66	
ERROR	12	1.66	0.138		
N-ADITIVIDAD	1	0.05	0.049	0.33	
RESIDUAL	11	1.61	0.147		

Promedio: 6.26

CV: 5.9 %

Anexo 89: Análisis de varianza del número de panojas /m² en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	37291.95	12430.649	3.01	0.194
VARIEDAD	1	62015.86	62015.625	15.02	0.000
ERROR	3	12387.86	4129.286		
TRATAMIENTO	4	14333.61	3583.403	0.31	
INTERACCION	4	157881.50	39470.375	3.47	0.002
ERROR	24	273203.59	11383.483		

Promedio general: 661.6

C.V: 16.1 %

Anexo 90: Análisis de varianza del número de panojas/m² para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	233656.41			
BLOQUE	3	19430.26	6476.754	0.73	
TRATAMIENTO	4	107233.38	26808.344	3.01	0.062
ERROR	12	106992.77	8916.064		
N-ADITIVIDAD	1	4896.35	4896.355	0.53	
RESIDUAL	11	102096.42	9281.493		

Promedio: 622.2

C.V: 15.2 %

Anexo 91: Análisis de varianza del número de panojas/m² para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	261442.09			
BLOQUE	3	30249.54	10083.18	0.73	
TRATAMIENTO	4	64981.74	16245.434	1.17	0.37
ERROR	12	166210.81	13850.901		
N-ADITIVIDAD	1	13498.58	13498.581	0.97	
RESIDUAL	11	152712.23	13882.93		

Promedio: 700.9

CV: 16.8 %

Anexo 92: Análisis de varianza de los granos vacíos/panoja en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	45.48	15.161	0.35	
VARIEDAD	1	268.32	268.324	6.25	0.017
ERROR	3	128.69	42.898		
TRATAMIENTO	4	94.93	23.732	0.8	
INTERACCION	4	172.93	43.107	1.45	0.249
ERROR	24	714.93	29.789		

Promedio general: 16.8

C.V: 32.5 %

Anexo 93: Análisis de varianza de los granos vacíos/panoja para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	816.65			
BLOQUE	3	114.37	38.124	0.81	
TRATAMIENTO	4	139.33	34.832	0.74	
ERROR	12	562.95	46.912		
N-ADITIVIDAD	1	71.03	71.026	1.59	0.233
RESIDUAL	11	491.92	44.720		

Promedio: 19.4

C.V: 35.4 %

Anexo 94: Análisis de varianza de los granos vacíos/panoja para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	339.81			
BLOQUE	3	59.8	19.935	1.57	0.246
TRATAMIENTO	4	128.03	32.007	2.53	0.095
ERROR	12	151.98	12.665		
N-ADITIVIDAD	1	3.41	3.410	0.25	
RESIDUAL	11	148.57	13.506		

Promedio: 14.2

CV: 25.1 %

Anexo 95: Análisis de varianza de los granos semillenos/panoja en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	0.32	0.106	0.98	
VARIEDAD	1	1.98	1.98	18.29	0.003
ERROR	3	0.32	0.106		
TRATAMIENTO	4	0.7	0.175	1.36	0.275
INTERACCION	4	0.57	0.143	1.11	0.374
ERROR	24	3.08	0.129		

Promedio general: 1.85

C.V: 19.4 %

Anexo 96: Análisis de varianza de los granos semillenos/panoja para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2.96			
BLOQUE	3	2.04	0.162	1.47	0.271
TRATAMIENTO	4	1.16	0.289	2.63	0.059
ERROR	12	1.32	0.110		
N-ADITIVIDAD	1	0.00	0.000	0.0	
RESIDUAL	11	1.32	0.1120		

Promedio: 2.07

C.V: 16.0 %

Anexo 97: Análisis de varianza de los granos semillenos/panoja para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2.04			
BLOQUE	3	0.16	0.052	0.36	
TRATAMIENTO	4	0.12	0.029	0.20	
ERROR	12	1.77	0.147		
N-ADITIVIDAD	1	0.17	0.17	1.18	0.301
RESIDUAL	11	1.59	0.145		

Promedio: 1.6

CV: 23.6 %

Anexo 98: Análisis de varianza de los granos llenos/panoja en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	325.38	108.459	1.39	0.396
VARIEDAD	1	3147.08	3147.076	40.35	0.007
ERROR	3	233.98	77.993		
TRATAMIENTO	4	388.33	97.082	0.36	
INTERACCION	4	1350.38	337.594	1.26	0.311
ERROR	24	6408.95	267.041		

Promedio general: 51.0

C.V: 32.0 %

Anexo 99: Análisis de varianza de los granos llenos/panoja para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	6603.52			
BLOQUE	3	281.34	93.779	0.22	
TRATAMIENTO	4	1166.25	291.563	0.68	
ERROR	12	5155.93	429.661		
N-ADITIVIDAD	1	433.35	433.347	1.01	0.336
RESIDUAL	11	4722.58	429.326		

Promedio: 59.9

C.V: 34.6 %

Anexo 100: Análisis de varianza de los granos llenos/panoja para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2103.52			
BLOQUE	3	278.02	92.673	0.89	
TRATAMIENTO	4	572.45	143.113	1.37	0.301
ERROR	12	1253.05	104.421		
N-ADITIVIDAD	1	89.40	89.405	0.85	
RESIDUAL	11	1163.64	105.786		

Promedio: 42.2

CV: 24.2 %

Anexo 101: Análisis de varianza de los granos totales/panoja en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	507.77	169.257	1.67	0.341
VARIEDAD	1	5461.57	5461.569	53.97	0.005
ERROR	3	303.60	101.201		
TRATAMIENTO	4	396.24	99.059	0.24	
INTERACCION	4	2012.87	503.218	1.21	0.333
ERROR	24	10006.30	416.929		

Promedio general: 69.7

C.V: 29.3 %

Anexo 102: Análisis de varianza de los granos totales/panoja para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	11050.21			
BLOQUE	3	671.75	223.917	0.31	
TRATAMIENTO	4	1760.45	440.112	0.61	
ERROR	12	8618.01	718.167		
N-ADITIVIDAD	1	1036.88	1036.884	1.5	0.246
RESIDUAL	11	7581.12	689.193		

Promedio: 81.4

C.V: 32.9 %

Anexo 103: Análisis de varianza de los granos totales/panoja para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2176.58			
BLOQUE	3	139.62	46.541	0.4	
TRATAMIENTO	4	648.66	162.166	1.4	0.291
ERROR	12	1388.29	115.691		
N-ADITIVIDAD	1	47.89	47.892	0.39	
RESIDUAL	11	1340.40	121.855		

Promedio: 58

C.V: 18.5 %

Anexo 104: Análisis de varianza del % de esterilidad en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	65.6	21.866	0.29	
VARIEDAD	1	9.8	9.801	0.13	
ERROR	3	222.68	74.227		
TRATAMIENTO	4	198.42	49.604	1.74	0.175
INTERACCION	4	225.24	56.310	1.97	0.101
ERROR	24	685.9	28.579		

Promedio general: 24.4

C.V: 21.9 %

Anexo 105: Análisis de varianza del % de esterilidad para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	281.75			
BLOQUE	3	53.55	17.850	1.75	0.21
TRATAMIENTO	4	105.57	26.392	2.58	0.050
ERROR	12	122.63	10.219		
N-ADITIVIDAD	1	0.14	0.138	0.01	
RESIDUAL	11	122.49	11.136		

Promedio: 23.9

C.V: 13.4 %

Anexo 106: Análisis de varianza del % de esterilidad para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	1116.09			
BLOQUE	3	234.73	78.243	1.67	0.226
TRATAMIENTO	4	318.09	79.522	1.69	0.215
ERROR	12	563.27	46.939		
N-ADITIVIDAD	1	42.57	42.574	0.9	
RESIDUAL	11	520.69	47.336		

Promedio: 24.9

C.V: 27.5 %

Anexo 107: Análisis de varianza del peso de los 1000 granos en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	0.55	0.183	1.52	0.370
VARIEDAD	1	270.24	270.244	2234.97	0.000
ERROR	3	0.36	0.121		
TRATAMIENTO	4	1.05	0.263	1.11	0.374
INTERACCION	4	0.24	0.061	0.26	
ERROR	24	5.68	0.237		

Promedio general: 24.1

C.V: 2.0 %

Anexo 108: Análisis de varianza de los 1000 granos para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2.11			
BLOQUE	3	0.29	0.096	1.02	0.417
TRATAMIENTO	4	0.7	0.174	1.86	0.181
ERROR	12	1.12	0.094		
N-ADITIVIDAD	1	0.05	0.051	0.52	
RESIDUAL	11	1.07	0.097		

Promedio: 21.5

C.V: 1.4 %

Anexo 109: Análisis de varianza de los 1000 granos para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	5.78			
BLOQUE	3	0.63	0.209	0.55	
TRATAMIENTO	4	0.60	0.149	0.39	
ERROR	12	4.56	0.380		
N-ADITIVIDAD	1	0.05	0.047	0.12	
RESIDUAL	11	4.51	0.410		

Promedio: 26.8

C.V: 2.3 %

Anexo 110: Análisis de varianza del número de granos llenos/m² en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	107694323.50	35898107.833	0.8	
VARIEDAD	1	685650241.60	685650241.600	15.23	0.009
ERROR	3	135059152.40	45019717.467		
TRATAMIENTO	4	121280232.60	30320058.150	0.43	
INTERACCION	4	221076009.40	55269002.350	0.78	
ERROR	24	1692655189.60	70527299.567		

Promedio general: 34231.8

C.V: 24.5 %

Anexo 111: Análisis de varianza del número de granos llenos/m² para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	1593360362.95			
BLOQUE	3	216096715.35	72032905.117	0.72	
TRATAMIENTO	4	172993786.70	43248446.675	0.43	
ERROR	12	1204267860.90	100355655.075		
N-ADITIVIDAD	1	76399516.50	76399516.500	0.75	
RESIDUAL	11	1127868344.40	102533485.855		

Promedio: 38372.0

C.V: 26.1 %

Anexo 112: Análisis de varianza del número de granos llenos/m² para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	684404544.55			
BLOQUE	3	26654760.55	8884920.183	0.22	
TRATAMIENTO	4	169362455.30	42340613.825	1.04	0.426
ERROR	12	488387328.70	40698944.058		
N-ADITIVIDAD	1	54323122.61	54323122.607	1.38	0.265
RESIDUAL	11	434064206.09	39460382.372		

Promedio: 30091.6

C.V: 21.2 %

Anexo 113: Análisis de varianza del número de granos totales/m² en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	182131762.88	60710587.625	1.22	0.435
VARIEDAD	1	882857556.02	882857556.025	17.81	0.024
ERROR	3	148681539.67	49560513.225		
TRATAMIENTO	4	240963892.65	60240973.162	0.55	
INTERACCION	4	85309429.85	21327357.463	0.2	
ERROR	24	2613095444.70	108878976.863		

Promedio general: 44862.8

C.V: 32.6 %

Anexo 114: Análisis de varianza de los granos totales/m² para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2190402894.55			
BLOQUE	3	265775094.95	88591698.317	0.57	
TRATAMIENTO	4	73017148.30	18254287.075	0.12	
ERROR	12	1851610651.30	154300887.608		
N-ADITIVIDAD	1	269718185.56	269718185.557	1.88	0.198
RESIDUAL	11	1581892465.74	143808405.977		

Promedio: 49560.8

C.V: 25.1 %

Anexo 115: Análisis de varianza del número de granos totales/m² para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	1079779175.20			
BLOQUE	3	65038207.60	21679402.533	0.34	
TRATAMIENTO	4	253256174.20	63314043.550	1.00	
ERROR	12	761484793.40	63457066.117		
N-ADITIVIDAD	1	113279506.75	113279506.753	1.92	0.193
RESIDUAL	11	648205284.65	58927753.150		

Promedio: 40164.8

C.V: 19.8 %

Anexo 116: Análisis de varianza del índice de Sclerotium Oryzae en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	587.24	195.746	2.15	0.272
VARIEDAD	1	2859.48	2859.481	31.45	0.001
ERROR	3	272.79	90.931		
TRATAMIENTO	4	121.25	30.311	1.08	0.389
INTERACCION	4	23.19	5.798	0.21	
ERROR	24	675.26	28.136		

Promedio general: 27.4

C.V: 19.3 %

Anexo 117: Análisis de varianza del índice de Sclerotium Oryzae para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	1031.31			
BLOQUE	3	630.79	210.262	6.97	0.005
TRATAMIENTO	4	38.75	9.687	0.32	
ERROR	12	361.78	30.148		
N-ADITIVIDAD	1	3.12	3.121	0.1.	
RESIDUAL	11	358.66	32.605		

Promedio: 18.9

C.V: 28.9 %

Anexo 118: Análisis de varianza del índice de Sclerotium Oryzae para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	648.43			
BLOQUE	3	229.25	76.415	2.93	0.077
TRATAMIENTO	4	105.69	26.423	1.01	0.439
ERROR	12	313.49	26.124		
N-ADITIVIDAD	1	56.65	56.647	2.43	0.147
RESIDUAL	11	256.84	23.349		

Promedio: 35.9

C.V: 14.2 %

Anexo 119: Análisis de varianza del índice de Rhizoctonia Oryzae Sativae en conjunto.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
BLOQUE	3	355.96	118.652	0.6	
VARIEDAD	1	8514.72	8514.724	42.90	0.007
ERROR	3	595.05	198.499		
TRATAMIENTO	4	303.05	75.762	1.86	0.149
INTERACCION	4	181.84	45.461	1.12	0.371
ERROR	24	976.38	40.682		

Promedio general: 22.5

C.V: 28.4 %

Anexo 120: Análisis de varianza del índice de Rhizoctonia Oryzae Sativae para INIA Tacuarí.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	2324.12			
BLOQUE	3	924.83	308.275	3.93	0.036
TRATAMIENTO	4	457.57	114.392	1.46	0.275
ERROR	12	941.73	78.477		
N-ADITIVIDAD	1	46.05	46.052	0.57	
RESIDUAL	11	895.68	81.425		

Promedio: 37.1

C.V: 23.9 %

Anexo 121: Análisis de varianza del índice de Rhizoctonia Oryzae Sativae para EP144.

F.de variación	G.L	S.C	C.M	F.	Prob.
TOTAL	19	88.6			
BLOQUE	3	26.63	8.875	3.07	0.068
TRATAMIENTO	4	27.32	6.831	2.37	0.111
ERROR	12	34.65	2.887		
N-ADITIVIDAD	1	6.91	6.908	2.74	0.126
RESIDUAL	11	27.74	2.522		

Promedio: 7.9

C.V: 21.5 %

Anexo 122: Análisis de regresión del % de nitrógeno en conjunto.**% de nitrógeno para Tacuari.****1 CUADRÁTICA**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	1.33125	0.123	10.83		
B1	0.0662	0.0224	2.95	0.40	0.32
B2	-0.0022	0.000883	-2.49	0.32	0.23

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.111	2	0.0556
Acerca de la regresión	0.101	13	0.0078
Total	0.212	15	0.0142

$$R^2 = 0.52$$

$$F = 7.12$$

% de nitrógeno para EP 144**1 LINEAL**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	1.52125	0.04530	33.59		
B1	0.00225	0.00331	0.680	0.032	0.032

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.00253	1	0.00253
Acerca de la regresión	0.07656	14	0.00547
Total	0.07909	15	0.00527

$$R^2 = 0.032$$

$$F = 0.46$$

2 CUADRÁTICA

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	1.6556	0.0984	16.82		
B1	-0.0246	0.0179	-1.370	0.13	0.12
B2	0.0107	0.0007	1.520	0.15	0.15

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.0141	2	0.00704
Acerca de la regresión	0.0650	13	0.00500
Total	0.0791	15	0.00527

$$R^2 = 0.18$$

$$F = 1.41$$

Anexo 123: Análisis de regresión del % de nitrógeno para INIA Tacuari**CUADRÁTICA**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	1.5405	0.04410	34.94		
B1	0.0297	0.01044	2.848	0.3230	0.21
B2	-0.0008	0.00050	-1.697	0.1449	0.07

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.188	2	0.0939
Acerca de la regresión	0.149	17	0.0087
Total	0.337	19	0.01774

$$R^2 = 0.56$$

$$F = 10.7$$

Anexo 124: Análisis de regresión del % de nitrógeno para EP 144**CUADRÁTICA**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	1.5296	0.0656	23.31		
B1	-0.0056	0.0096	-0.585	0.02	0.010
B2	0.0004	0.0003	1.331	0.09	0.054

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.04922	2	0.0246
Acerca de la regresión	0.05289	17	0.0031
Total	0.10211	19	0.0053

$$R^2 = 0.48$$

$$F = 7.91$$

Anexo 125: Análisis de regresión de los Kg de nitrógeno absorbidos/ha en conjunto. INIA Tacuari**1 LINEAL**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	57.825	4.627	12.49		
B1	-0.1410	0.338	0.417	0.0123	0.0123

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	9.95	1	9.95
Acerca de la regresión	799.3	14	57.09
Total	809.3	15	53.95

$$R^2 = 0.012$$

$$F = 0.174$$

2 CUADRÁTICA

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	44.90	10.16	4.42		
B1	2.44	1.853	1.32	0.112	0.114
B2	-0.103	0.073	-1.42	0.134	0.132

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	116.81	2	58.40
Acerca de la regresión	692.47	13	53.27
Total	809.28	15	53.95

 $R^2 = 0.14$ $F = 1.09$

EP 144

1 LINEAL

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	65.48	5.611	11.67		
B1	0.196	0.409	0.477	0.0161	0.0161

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	19.18	1	19.18
Acerca de la regresión	1175.48	14	83.96
Total	1194.66	15	79.64

 $R^2 = 0.016$ $F = 0.228$

2 CUADRÁTICA

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	81.81	12.24	6.68		
B1	-3.07	2.23	-1.37	0.127	0.12
B2	0.13	0.088	1.48	0.145	0.14

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	189.93	2	94.97
Acerca de la regresión	1004.72	13	77.28
Total	1194.66	15	79.64

 $R^2 = 0.16$ $F = 1.23$

Anexo 126: Análisis de regresión de la altura para INIA Tacuarí.

CUADRÁTICA

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	75.20	0.817	92.06		
B1	0.642	0.193	3.31	0.393	0.360
B2	-0.0253	0.0093	-2.73	0.305	0.245

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	40.59	2	20.29
Acerca de la regresión	51.23	17	3.013
Total	91.82	19	4.83

 $R^2 = 0.44$

F = 6.63

Anexo 127: Análisis de regresión de los granos vacíos/panoja para INIA Tacuarí.

CUADRÁTICA

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	11.68	2.31	5.055		
B1	1.040	0.547	1.90	0.175	0.16
B2	-0.037	2.64	-1.42	0.106	0.09

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	135.68	2	67.84
Acerca de la regresión	409.87	17	24.11
Total	545.55	19	28.71

 $R^2 = 0.25$

F = 2.81

**Anexo 128. Análisis de regresión de los granos semillenos/panoja en conjunto.
INIA Tacuarí**

1 LINEAL

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	1.075	0.449	2.39		
B1	0.0385	0.033	1.17	0.09	0.09

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.7411	1	0.7411
Acerca de la regresión	7.52	14	0.5370
Total	8.26	15	0.550

 $R^2 = 0.09$

F = 1.38

2 CUADRÁTICA

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	0.419	1.04	0.40		
B1	0.169	0.19	0.89	0.06	0.05
B2	-0.000525	0.007	-0.70	0.04	0.03

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	1.02	2	0.508
Acerca de la regresión	7.24	13	0.557
Total	8.26	15	0.550

 $R^2 = 0.123$ $F = 0.912$ **EP 144****CUADRÁTICA**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	1.975	0.34	5.88		
B1	-0.082	0.061	-1.34	0.12	0.08
B2	0.002	0.0024	0.83	0.05	0.03

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.55	2	0.28
Acerca de la regresión	0.76	13	0.058
Total	1.31	15	0.087

 $R^2 = 0.42$ $F = 4.73$ **Anexo 129: Análisis de regresión de los granos semillenos/panoja para EP 144.****1 LINEAL**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	1.444	0.172	8.39		
B1	-0.00884	0.01	-0.88	0.0413	0.0413

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.071	1	0.0713
Acerca de la regresión	1.66	18	0.0921
Total	1.73	19	0.0910

 $R^2 = 0.041$ $F = 0.77$

2 CUADRÁTICA

Término	Coficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	1.924	0.342	5.62		
B1	-0.0874	0.060	-1.75	0.1522	0.015
B2	0.00258	0.00161	1.60	0.1310	0.12

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.29	2	0.14
Acerca de la regresión	1.44	17	0.085
Total	1.73	19	0.091

R² = 0.17

F = 1.70

Anexo 130: Análisis de regresión de los granos llenos/panoja para INIA Tacuari.

CUADRÁTICA

Término	Coficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	76.19	5.73	13.29		
B1	3.01	1.36	2.21	0.22	0.21
B2	-0.116	0.065	-1.77	0.16	0.13

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	950.4	2	475.2
Acerca de la regresión	2521.7	17	148.3
Total	3472.1	19	182.7

R² = 0.27

F = 3.20

Anexo 131: Análisis de regresión de los granos totales/panoja para INIA Tacuari.

CUADRÁTICA

Término	Coficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	89.10	7.44	11.97		
B1	4.074	1.76	2.31	0.24	0.22
B2	-0.153	0.084	-1.80	0.16	0.13

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	1852.1	2	926.03
Acerca de la regresión	425.6	17	250.03
Total	6102.7	19	321.20

R² = 0.30

F = 3.7

Anexo 132: Análisis de regresión del peso de los 1000 granos para INIA Tacuari.**CUADRÁTICA**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	22.39	0.19	119.32		
B1	-0.109	0.044	-2.447	0.26	0.19
B2	0.00321	0.0021	1.508	0.12	0.07

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	2.34	2	1.17
Acerca de la regresión	2.70	17	0.16
Total	5.04	19	0.26

 $R^2 = 0.46$ $F = 7.36$ **Anexo 133: Análisis de regresión del rendimiento para INIA Tacuari****LINEAL**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	6.3306	0.1905	33.22		
B1	-0.03211	0.0111	-2.89	0.317	0.317

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	2.02	1	2.02
Acerca de la regresión	4.36	18	0.24
Total	6.38	19	0.33

 $R^2 = 0.32$ $F = 8.35$ **Anexo 134: Análisis de regresión del número de panojas/m² para INIA Tacuari****CUADRÁTICA**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	724.25	47.35	15.30		
B1	-17.67	8.01	-2.20	0.222	0.2107
B2	0.494	0.27	1.80	0.16	0.1406

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	61.550,89	2	30.775,4
Acerca de la regresión	172.105,6	17	10.123,8
Total	233.656,5	19	12.297,7

 $R^2 = 0.26$ $F = 3.04$

Anexo 135: Análisis de regresión de los granos vacíos/panoja para EP 144.

LINEAL

Término	Coficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	16.5	1.54	10.69		
B1	-0.1657	0.09	-1.84	0.16	0.16

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	53.82	1	53.82
Acerca de la regresión	285.98	18	15.89
Total	339.81	19	17.89

 $R^2 = 0.16$ $F = 3.40$ **Anexo 136: Análisis de regresión de los granos semillenos/panoja para INIA Tacuari.**

LINEAL

Término	Coficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	1.57	0.1293	12.14		
B1	0.004	0.0075	0.52	0.15	0.15

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.0302	1	0.0302
Acerca de la regresión	2.00	18	0.111
Total	2.04	19	0.107

 $R^2 = 0.015$ $F = 0.27$

CUADRÁTICA

Término	Coficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	1.5093	0.16	9.46		
B1	0.0213	0.027	0.79	0.035	0.035
B2	-0.00062	0.00092	-0.67	0.036	0.025

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.082	2	0.041
Acerca de la regresión	1.95	17	0.115
Total	2.037	19	0.11

 $R^2 = 0.040$ $F = 0.35$

Anexo 137: Análisis de regresión del % de esterilidad para INIA Tacuarí.**LINEAL**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	25.045	1.50	16.74		
B1	-0.0821	0.087	-0.941	0.05	0.05

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	13.22	1	13.22
Acerca de la regresión	268.52	18	14.92
Total	281.75	19	14.83

$R^2 = 0.047$

$F = 0.89$

CUADRÁTICA

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	26.53	1.76	15.08		
B1	-0.5066	0.30	-1.70	0.14	0.14
B2	0.0152	0.0102	1.49	0.11	0.11

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	44.13	2	22.064
Acerca de la regresión	237.62	17	13.98
Total	281.75	19	14.83

$R^2 = 0.16$

$F = 1.58$

Anexo 138: Análisis de regresión del Índice de Rhizoctonia para EP 144**LINEAL**

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	8.105	0.86	9.46		
B1	-0.0153	0.05	-0.31	-0.0052	-0.0050

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	0.46	1	0.46
Acerca de la regresión	88.13	18	4.90
Total	88.60	19	4.66

$R^2 = 0.0052$

$F = 0.094$

CUADRÁTICA

Término	Coefficiente	STD. Error	T Estadístico	Part. Corr	Contr. R-SQ
B0	7.351	1.02	7.20		
B1	0.20	0.17	1.17	0.07	0.07
B2	-0.0077	0.0060	-1.30	0.09	0.09

	S.C	G.L	S.C.M
Debido a la regresión	8.41	2	4.20
Acerca de la regresión	80.18	17	4.71
Total	88.60	19	4.66

$R^2 = 0.095$

$F = 0.89$