UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EFECTO DEL RASTROJO Y DEL LARGO DEL BARBECHO EN LA IMPLANTACIÓN, CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE ARROZ SEMBRADOS SIN LABOREO

FACULTAD DE AGRONOMIA
BIBLIOTECA

por

Sebastián LARRALDE CAMACHO
Federico Eduardo NOLLA LANFRANCONI

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2002

Tesis aprobada por:

Director: Ing. Agr. Oswaldo ERNST

Nombre completo y firma

Ing. Agr. Grisel Fernandez

Nombre completo y firma

Ing. Agr. Rafael Bottaro

Nombre completo y firma

Fecha: 28 de mayo del 2002.

Autores: Sebastián LARRALDE CAMACHO

Nombre completo y firma

Federico Eduardo NOLLA LANFRANCONI

Nombre completo y firma

Agradecimientos

A Rafael, Bernardo, Grisel, Mónica, Oswaldo y Juana por su incondicional apoyo y buena disposición no solo en la parte académica. Al personal de la Facultad de Agronomía por la colaboración prestada para la realización de este trabajo.

A nuestra familias y amigos sin los cuales hubiera sido imposible llegar a esta instancia.

El arroz es amigo del agua, del agua callada.

No de aquella inquieta con claridad de piedras y vertientes,

o de esas turbulentas que bajan dando vueltas,

con olor a esquilas y marcelas.

Y aunque tiene en su origen un recuerdo lejano,

de arados de madera y de ojos monzónicos,

y aunque tiene en su origen de cielos amarillos

y de barcas de juncos un porte misterioso,

el arroz es tan criollo, tan diario y euclidiano,

que casi no se ve de estar con nosotros.

El arroz es amigo del agua, del agua que piensa.

Rubén Lena

A nuestros padres, hermanos, Tita y Victoria.

INDICE

Página N°.

1 INTRODUCCIÓN 1

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 2
- 2.1 IMPLANTACION Y DESARROLLO EN SIEMBRA DIRECTA Y LABOREO CONVENCIONAL 3
- 2.2 EFECTOS DE LA SIEMBRA DIRECTA EN EL SUELO 4
- 2.3 EFECTOS DEL MANEJO DEL RASTROJO Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y DINÁMICA DE NUTRIENTES DEL SUELO 5
- 2.4 FACTORES QUE AFECTAN LA IMPLANTACIÓN 8
  - 2.4.1 Temperatura 9
  - 2.4.2 Humedad del suelo 11
  - 2.4.3 Variedades 12
  - 2.4.4 Fitotoxicidad 13
    - 2.4.4.1 Identificación de sustancias aleloquímicas del arroz y de otros cultivo 16
    - 2.4.4.2 El arroz y su potencial alelopático sobre las malezas 18
    - 2.4.4.3 Características de la alelopatía en arroz 20
    - 2.4.4.4 Identificación de sustancia aleloquímicas de malezas sobre arroz 21
  - 2.4.5 LABOREO E INTERACCION CON MALEZAS 21

3 MATERIALES Y METODOS 23
- 3.1 ESTUDIO 1 23
  - 3.1.1 Localización 23
  - 3.1.2 Metodología de instalación 23
  - 3.1.3 Diseño experimental, modelo utilizado y tratamientos 24
  - 3.1.4 Determinaciones 26
    - 3.1.4.1 Implantación 26
    - 3.1.4.2 Número de hojas 26

3.1.4.3 Número de macollos 26
3.1.4.4 Altura 26
3.1.4.5 Peso aéreo 26
3.1.4.6 Peso radicular 26

3.2 ESTUDIO 2 26
3.2.1 Localización 27
3.2.2 Diseño experimental, modelo utilizado y tratamientos ... 27
3.2.3 Manejo del cultivo 29
3.2.4 Determinaciones 30
3.2.4.1 En suelo 30
3.2.4.1.1 Contenido de N- NO_3 30
3.2.4.2 En cultivo 30
3.2.4.2.1 Implantación 30
3.2.4.2.2 Peso y desarrollo de plantas 30
3.2.4.2.3 Número de panojas 31
3.2.4.2.4 Rendimiento 31
3.2.4.2.5 Peso de 100 granos 31

4 ESTUDIO 1 32
4.1 **PORCENTAJE DE IMPLANTACIÓN** 32
4.1.1 Fecha de siembra 32
4.1.2 Temperatura del suelo a la siembra 35
4.1.3 Condiciones hídricas 36
4.1.4 Bromuro de metilo 36
4.2 DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS 37
4.2.1 Número de hojas por planta 37
4.2.1.1 Fecha de siembra 37
4.2.1.2 Temperatura del suelo 39
4.2.1.3 Condiciones hídricas 39
4.2.1.4 Fecha de siembra x condición hídrica 40
4.2.1.5 Bromuro de metilo 41
4.2.2 Número de macollos por planta 41
4.2.2.1 Fecha de siembra 41
4.2.2.2 Bromuro de metilo 43
4.2.2.3 Fecha de siembra x efecto bromuro de metilo 44
4.2.2.4 Fecha de siembra x condiciones hídricas 45
4.2.3 Altura de la planta 46
4.2.3.1 Fecha de siembra 46
4.2.3.2 Efecto bromuro de metilo 48
4.2.3.3 Fecha de siembra x bromuro de metilo 48
4.2.4 Peso de parte aérea por planta 50
4.2.4.1 Fecha de siembra 50

4.2.4.2 Condición hídrica 51
4.2.4.3 Bromuro de metilo 51
4.2.4.4 Peso de raíz por planta 51
4.2.4.5 Fecha de siembra 52
4.2.4.6 Bromuro de metilo 52
4.2.4.7 Fecha de siembra x bromuro de metilo 53
4.3 CONCLUSIONES 54

5 ESTUDIO 2 56
5.1 DISPONIBILIDAD DE NO_3 EN EL SUELO 56
5.2 NÚMERO DE PLANTAS 58
5.2.1 Número de plantas a los 14, 20, 41 días después de la siembra 58
5.2.2 Número de plantas a los 61 días después de la siembra 63
5.3 DESARROLLO DE LAS PLANTAS 67
5.3.1 Desarrollo de las plantas a los 14 y 20 días después de siembra 67
5.3.1.1 El Paso 144 67
5.3.1.2 INIA CARAGUATA 73
5.3.2 Desarrollo a los 41 y 61 días después de la siembra 78
5.3.2.1 EL PASO 144 78
5.3.2.2 INIA CARAGUATA 86
5.3.3 Efecto sobre el peso de las plantas 94
5.3.3.1 EL PASO 144 94
5.3.3.2 INIA CARAGUATA 95
5.4 RENDIMIENTO Y COMPONENTES 100
5.5 CONCLUSIÓN 102

6 BIBLIOGRAFÍA 104

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N° Página N°

1. Peso de las raíces y parte aérea por planta y relación parte aérea/raíz de los cultivares El paso 144 y INIA Caraguatá a los 55 DDE..... 4
2. Peso de las raíces y parte aérea por planta y relación parte aérea/raíz de los cultivares El paso 144 y INIA Caraguatá a los 77 DDE..... 4
3. Historia agrícola de la chacra del Espinillar..... 27
4. Días entre siembra- comienzo de emergencia por Experimento y sustrato..... 34
5. Días entre siembra- máximo de implantación por Experimento y sustrato..... 35
6. Magnitud del número de hojas en porcentaje tomando al número de hojas más alto como 100 %..... 38
7. Días siembra- cosecha y suma térmica por fecha de siembra..... 39
8. Magnitud de la altura en porcentaje tomando a la fecha con mayor altura como 100%..... 48
9. Producción en kg. MS/ha, peso por planta g MF y número de plantas por tratamiento a los 41 y 61 DPS en la variedad EP- 144..... 94
10. Producción en kg. MS/ha, peso por planta g MF y número de plantas por tratamiento a los 41 y 61 DPS en la variedad Caraguatá..... 97
11. Rendimiento y sus componentes para los diferentes tratamientos dentro de las dos variedades ensayadas..... . 100

Figura N° Página N°

1. Porcentaje de implantación por fecha de siembra para los dos sustratos, en el Experimento 1..... 32
2. Porcentaje de implantación por fecha de siembra para los dos sustratos, en el Experimento 2..... 33
3. Porcentaje de implantación según aplicación o no de bromuro de metilo para los dos sustratos..... 36
4. Número de hojas promedio por planta según fecha de siembra para ambos sustratos para el Experimento 1..... 37
5. Número de hojas promedio por planta según fecha de siembra para ambos sustratos para el Experimento 2..... 38
6. Número de hojas según condición hídrica por sustrato..... 39
7. Interacción fecha de siembra- condición hídrica con respecto al número de hojas para la sustrato de Artigas..... 40
8. Número de hojas según aplicación o no de bromuro de metilo para ambos sustratos..... 41

9. Número de macollos según fecha de siembra ensayada para ambos sustratos en el Experimento 1 42

10. Número de macollos según fecha de siembra ensayada para ambos sustratos en el Experimento 2 42
11. Promedio del número de macollos por planta según la aplicación o no de bromuro de metilo para ambos sustratos 43
12. Interacción fecha de siembra x efecto bromuro de metilo para el número de macollos por planta para el sustrato de Artigas 44
13. Fecha de siembra x efecto bromuro de metilo para el número de macollos por planta para la sustrato de Salto 45
14. Interacción fecha de siembra- condición hídrica para el número de macollos para Salto 45
15. Interacción fecha de siembra- condición hídrica para el número de macollos para Artigas 46
16. Altura de planta promedio para las diferentes fechas de siembra para ambos sustratos en el Experimento 1 47
17. Altura de planta promedio para las diferentes fechas de siembra para ambos sustratos en el Experimento 2 47
18. Promedio de altura por planta según la aplicación o no de bromuro de metilo para ambas sustratos 48
19. Efecto de la interacción de la fecha de siembra x efecto del bromuro sobre la altura promedio de planta para el sustrato de Artigas 49
20. Fecha de siembra x efecto del bromuro sobre la altura promedio de planta para la sustrato de Salto 49
21. Peso promedio de la parte aérea según las diferentes fechas de siembra ensayadas para ambas sustratos en el Experimento 1 50
22. Peso promedio de la parte aérea según las diferentes fechas de siembra ensayadas para ambas sustratos en el Experimento 50
23. Peso de la parte aérea según la aplicación o no de bromuro de metilo para ambas sustratos en el Experimento 3 51
24. Peso de raíz según las diferentes fechas de siembra ensayadas para ambos sustratos en el Experimento 52
25. Peso de raíz según las diferentes fechas de siembra ensayadas para ambos sustratos en el Experimento 2 52
26. Peso de la raíz según la aplicación o no de bromuro de metilo para ambos sustratos en el Experimento 2 53
27. Efecto de la interacción fecha de siembra x aplicación de bromuro para el peso de la raíz dentro de la sustrato de Artigas en el Experimento 2 53
28. Fecha de siembra x aplicación de bromuro para el peso de la raíz dentro de la sustrato de Salto en el Experimento 2 54
29. $N–NO^{-}_{3}$ en suelo a los 27 y 95 días de iniciado el experimento 56

30. Contenido de $N\text{-}NO_3$ en Caraguatá para los diferentes tratamientos a los 27 y 95 DPT sin tomar en cuenta LC 57
31. Contenido de $N\text{-}NO_3$ en El Paso 144 para los diferentes tratamientos a los 27 DPT 58
32. Evolución del número de plantas en el metro lineal para los diferentes tratamientos dentro de la variedad El Paso 144 59
33. Evolución del número de plantas en el metro lineal para el tratamiento laboreado (LC), promedio de los tratamientos sin rastrojo (SRSMS y SRCMS) y con rastrojo (CRSMS, CRCMS y CRCM50) dentro de la variedad El Paso144 60
34. Evolución del número de plantas en el metro lineal para los diferentes tratamientos dentro de la variedad Caraguatá 61
35. Evolución del número de plantas en el metro lineal para el tratamiento laboreado (LC), promedio de los tratamientos sin rastrojo (SRSMS y SRCMS) y con rastrojo (CRSMS, CRCMS y CRCM50) dentro de la variedad Caraguatá 62
36. Número de plantas en el metro lineal a los 61 días después de la siembra para la variedad El Paso 144 63
37. Número de plantas en el metro lineal para LC y para el promedio de los tratamientos con presencia y ausencia de rastrojo a los 41 y 61 DDS dentro de la variedad El Paso 144 64
38. Número de plantas en el metro lineal a los 61 días después de la siembra para la variedad Caraguatá 65
39. Número de plantas en el metro lineal para LC y para el promedio de los tratamientos con presencia y ausencia de rastrojo a los 41 y 61 DPS dentro de la variedad Caraguatá 65
40. Número de plantas a los 14 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad El Paso 144 68
41. Porcentaje de plantas según el estado de desarrollo de las plantas de arroz a los 14 días después de la siembra dentro de la variedad El Paso 144 69
42. Porcentaje de plantas a los 14 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad El Paso 144 70
43. Número de plantas a los 20 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad El Paso 144 71
44. Porcentaje de plantas a los 20 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad El Paso 144 71
45. Porcentaje de plantas a los 20 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CMS siempre y CM50 para la variedad EP 144 72

46. Número de plantas a los 14 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad INIA Caraguatá..... 74
47. Porcentaje de plantas a los 14 días después de la siembra según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad INIA Caraguatá..... 75
48. Número de plantas a los 20 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad INIA Caraguatá. 76
49. Porcentaje de plantas a los 20 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad INIA Caraguatá. 76
50. Porcentaje de plantas a los 20 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad INIA Caraguatá..... 77
51. Porcentaje de plantas según número de macollos por tratamiento para la variedad EP- 144 41 DPS..... 78
52. Porcentaje de plantas a los 41 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad EP 144..... 79
53. Número de plantas según estado de desarrollo de las mismas por tratamiento para la variedad EP- 144 a los 61 DPS..... 80
54. Número de plantas por tratamiento según fecha de muestreo..... 80
55. Porcentaje de plantas a los 61 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad EP 144..... 81
56. Descripción de los tratamientos a través de la escala Haun para la variedad EP- 144 a los 41 DPS..... 82
57. Número de hojas presentes en el tallo principal y en el primer macollo para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre..... 82
58. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al número de hojas presentes en el tallo principal, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad EP- 144 a los 41 DPS..... 83
59. Descripción de los tratamientos a través de la escala Haun para la variedad EP- 144 a los 61 DPS..... 84
60. Número de hojas presentes en el tallo principal y en el primer macollo para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre..... 85
61. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al número de hojas presentes en el tallo principal, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad EP- 144 a los 61 DPS..... 85
62. Porcentaje de plantas según número de macollos por tratamiento para la variedad INIA Caraguatá 41 DPS..... 86

63. Porcentaje de plantas a los 41 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad INIA Caraguatá..... 87
64. Número de plantas según estado de desarrollo de las mismas por tratamiento para la variedad INIA Caraguatá a los 61 DPS..... 88
65. Porcentaje de plantas a los 61 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad INIA Caraguatá..... 89
66. Descripción de los tratamientos a través de la escala Haun para la variedad Caraguatá a los 41 DPS..... 90
67. Número de hojas presentes en el tallo principal y en el primer macollo para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre..... 90
68. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al número de hojas presente en el tallo principal, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad Caraguatá a los 41 DPS..... 91
69. Descripción de los tratamientos a través de la escala Haun para la variedad INIA Caraguatá a los 61 DPS..... 92
70. Número de hojas presentes en el tallo principal y en el primer macollo para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre..... 93
71. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al número de hojas en el tallo principal, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad Caraguatá a los 61 DPS..... 93
72. Peso por planta para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre..... 95
73. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al peso por planta, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad El Paso 144 a los 41 DPS..... 95
74. Peso por planta para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre..... 96
75. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al peso por planta, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad El Paso 144 a los 61 DPS..... 97
76. Peso por planta para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre..... 98
77. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al peso por planta, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad Caraguatá a los 41 DPS..... 98
78. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al peso por planta, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad Caraguatá a los 61 DPS..... 99

79. Rendimiento para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre..... 101
80. Rendimiento para el tratamiento laboreado (LC), promedio de los tratamientos sin rastrojo (SRSMS y SRCMS)y con rastrojo (CRSMS, CRCMS y CRCM50)..... 101

1 INTRODUCCIÓN

Según la última encuesta del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca 2000/01 (DIEA) aproximadamente 142 mil hectáreas se sembraron en la zafra 2000/01 en suelos que fueron sometidos a laboreo de algún tipo (incluyendo dentro de este concepto el laboreo mínimo) en tanto que sólo el 8% del área total fue sembrado en suelos sin laboreo previo. De este 8 %, el 2 % se realizó sobre campo natural, el resto sobre rastrojos de diferentes cultivos.

El laboreo de invierno (alrededor de 93 mil hectáreas, 61% del total) predomina claramente a nivel nacional sobre el de verano (48 mil hectáreas, 31% del total). Sin embargo, existen diferencias apreciables entre las regiones: el laboreo de invierno es una práctica mucho más extendida en las regiones arroceras "nuevas" (Norte-Litoral Oeste y Centro) en tanto que en la región arrocera "tradicional" (Este) su prevalencia no es tan acentuada.

La siembra convencional -esto es al voleo o en líneas- se utiliza en dos terceras partes de la superficie (102 mil de las casi 154 mil hectáreas).

La siembra convencional tiene mayor importancia en el Este y el Centro, en tanto que en el Norte es más importante la siembra directa.

La encuesta muestra un cierto grado de asociación entre la adopción de la siembra directa y el régimen de tenencia de la tierra: en términos porcentuales la práctica está más difundida en las tierras que son sembradas por sus propietarios.

Se mostró una importante expansión de la modalidad de siembra directa con respecto a años anteriores. En efecto, mientras en 1997/98 fue utilizada en el 16% del área, en la zafra 2000/2001 se aplicó a más de 51 mil hectáreas, equivalentes al 34% de la superficie sembrada.

La siembra sin laboreo en arroz ha presentado problemas de implantación que determinan un 20% de pérdida en el rendimiento en grano. Su implementación resultaría en una clara ventaja para lograr sembrar dentro del rango óptimo de siembra. Los trabajos realizados en el INIA 33 muestran rendimientos menores pero las causas del menor rendimiento no son claras y se asocian a fallas de implantación, menor macollaje y número de panojas.

Como forma esclarecer esas posibles causas en el presente estudio se intentará determinar si:

- La descomposición del rastrojo de arroz en condiciones de inundación y bajas temperaturas generan sustancias fitotóxicas que reducen la implantación, crecimiento y desarrollo inicial del arroz.

- El menor número de plantas logrados en siembra directa y su consecuente efecto negativo en el rendimiento de arroz es el resultado de la menor temperatura de suelo determinada por la presencia de rastrojo en superficie.

- El largo del barbecho afecta la implantación, crecimiento, desarrollo y rendimiento de arroz.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPLANTACION Y DESARROLLO EN SIEMBRA DIRECTA Y LABOREO CONVENCIONAL

Datos nacionales provenientes de un informe técnico del INIA (1999) muestran que el promedio de las zafras 1992/93, 1993/94, 1994/95 hubo un 37 % menos de plantas recuperadas por unidad de superficie (351 pl/m^2 vs. 221 pl/m^2) en siembra directa con respecto a laboreo convencional.

Sin embargo los promedios de plantas obtenidos con este tipo de siembra fueron menos variables que con métodos de siembra tradicional. No obstante, la implantación obtenida ha sido suficiente para obtener niveles de rendimientos aceptables (no se presentan valores en la información).

Es posible plantear como dato estimado y solamente como una orientación muy general, que en buenas condiciones de siembra se puede dar en siembra directa un 30 % de implantación comparado un 50 % de implantación en una siembra en línea convencional (Gamarra, 2000).

En un estudio realizado en la Unidad experimental Yacaré (Artigas), por INIA Tacuarembó (Lavecchia, et al., 2000) sobre rastrojo de arroz del año anterior se comparó el método de siembra directa con el convencional. Las variedades utilizadas fueron El paso 144 y INIA Caraguatá.

Desde el inicio ambas variedades sembradas sobre laboreo convencional tuvieron una excelente implantación y un buen desarrollo inicial , sin embargo en siembra directa se notó desde el comienzo una baja población de plantas y un muy lento desarrollo de las mismas (es importante remarcar la abundancia de rastrojo del año anterior en superficie para este sistema de siembra).

Comparando los dos métodos de siembra a los 50 días después de emergencia en ambos cultivares se dan diferencias para el Peso Parte Aérea/planta (PPA/pl) y no para Peso de Raíces/planta (PR/pl) ni relación PA/Raíz (RPA/R); como se dijo anteriormente los cultivos bajo siembra convencional lograron una mejor implantación y desarrollo inicial, no observándose diferencias en el crecimiento radicular. Los valores alcanzados por el cultivar El Paso 144 son mayores que para INIA Caraguatá, y las relaciones PA/R son mayores para convencional que en directa. *(Cuadro Nº 1).*

Cuadro N° 1 Peso de las raíces y parte aérea por planta y relación parte aérea/raíz de los cultivares El paso 144 y INIA Caraguatá a los 55 DDE.

	El paso 144		INIA Caraguatá	
	S.convencional	S.directa	S.convencional	S.directa
Peso Raíces/pl.	0.22	0.21	0.17	0.16
Peso PA/pl.	**0.50 a**	**0.32 b**	**0.35 a**	**0.28 b**
Relación PA/R	1.89	1.84	2.07	1.87

En el análisis de 77 días después de emergencia que se observa en el cuadro siguiente que para El Paso 144 se dan diferencias significativas para PR/pl a favor de la siembra directa, mientras que para el PPA/pl y la relación PA/r la tendencia es a ser mayores en convencional. Para INIA Caraguatá no hay diferencias significativas pero la tendencia es la misma que para El Paso 144.

Cuadro N° 2. Peso de las raíces y parte aérea por planta y relación parte aérea/raíz de los cultivares El paso 144 y INIA Caraguatá a los 77 DDE.

	El paso 144		INIA Caraguatá	
	S.convencional	S.directa	S.convencional	S.directa
Peso Raíces/pl.	**1.42 b**	**1.69 a**	1.74	1.77
Peso PA/pl.	3.30	2.91	2.98	2.69
Relación PA/R	2.14	1.96	1.68	1.65

Para los 109 DDE la tendencia es similar al cuadro anterior en cuanto a PR/pl siendo mayor en siembra directa.

Como conclusión las plantas de siembra directa tienden a presentar un mayor crecimiento radicular y menor de parte aérea, con la consiguiente menor relación PA/R. Esto se explica fisiológicamente ya que las plantas, al tener las raíces en un medio menos propicio para su crecimiento, distribuyen sus nutrientes más al crecimiento de las mismas enlenteciendo el desarrollo de la parte aérea.

2.2 EFECTOS DE LA SIEMBRA DIRECTA EN EL SUELO

Según Lal (1974), la aplicabilidad de la siembra directa depende de las condiciones físicas de los suelos a la siembra y de la naturaleza del cultivo a sembrar .

En siembra directa, cuando se retenían adecuados residuos de cultivos sobre superficie, se mantuvo altos niveles de materia orgánica en el horizonte superficial del suelo, y mayores concentraciones de nitrato como N, mayor disponibilidad del P, y cationes como Ca^{2+}, Mg^{2+}, y K^{+} comparado con los tratamientos laboreados.

Las parcelas no laboreadas mostraron mayor capacidad de retención de la humedad. Esto último podría ser atribuido a los cambios en el contenido de materia orgánica y la diferencia en textura de la superficie comparando los dos sistemas.

Con respecto a las tasas de infiltración luego de dos horas de comenzando la prueba, en promedio, las parcelas de cero laboreo en la cual se mantuvo el rastrojo en la superficie fue un 67 % mayor que las laboreadas (0.91 cm min^{-1} versus 0.30 cm min^{-1}).

En lo que se refiere escurrimiento en las parcelas no laboreadas fue de 1.9 % comparado con 17 % de aquellas laboreadas, en tanto que la pérdida de suelo fue 0.002 toneladas métricas/há contra 3.8 toneladas métricas/há, respectivamente. Una razón de la alta infiltración, menor escurrimiento y menos pérdidas de suelo en las parcelas no laboreadas fue por la mayor actividad de lombrices.

La lectura del penetrómetro en la parcelas laboreadas fue de 2.63 kg cm^{-2} a 20 cm de profundidad contra 2.20 kg cm^{-2} en la parcelas no laboreadas (similares valores se han encontrado en zonas templadas).

Por otro lado, las parcelas no laboreadas tuvieron mayor contenido de humedad, particularmente los primeros 10 cm.

Las diferencias entre los diferentes métodos de siembra en cuanto a la temperatura variaron de 11 a 5°C, 20 días después de sembrado, en los primeros 5 cm de suelo dependiendo del cultivo en cuestión, siempre a favor del laboreo convencional. A los 20 cm de profundidad la diferencia en temperatura fue de 5°C a favor del laboreo convencional.

Con respecto a la suma de grados-hora de la T° del suelo en las primeras 4 semanas de crecimiento del cultivo fue mucho mayor para las parcelas laboreadas (en promedio de la secuencia de cultivos a 5 cm de profundidad fue de 79 %).

2.3 EFECTOS DEL MANEJO DEL RASTROJO Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y DINÁMICA DE NUTRIENTES DEL SUELO

El manejo de los residuos de los cultivos, puede influenciar la capacidad del suelo de recibir, almacenar y hacer disponible el agua y los nutrientes (Sojka et al., 1984; Unger et al., 1988 citados por Roder et al., 1998).

Un gran volumen de información muestra que el mulch que forma los residuos de los cultivos, solo, o en combinación con laboreo conservacionista, podría reducir la erosión del suelo y mejorar la infiltración del agua (Lal, 1984; Gupta y O' Toole, 1986 citados por Roder et al., 1998).

Cultivos que no dejan una cantidad suficiente de rastrojo en la superficie del suelo no son aptos para ser sembrados de forma continua bajo un sistema de siembra directa ya que se deterioraría seriamente las propiedades físicas del suelo (Lal., 1976).

Diferente a lo visto en otros reportes (Sanchez et al., 1983 citados por Roder et al., 1998) se demostró que, el carbono orgánico de suelo, ph, el promedio en la densidad en los poros, el N total y el P extractable no tuvo diferencias significativas, afectados por la quema o los tratamientos previos de los residuos a la siembra en cualquiera de los sitios estudiados. Estas diferencias entre reportes se podían deber a la diferente cantidad de residuos dejados en superficie (2- 10 $t/há^{-1}$en este estudio versus 30-100 $t/há^{-1}$ en el estudio de Sánchez).

Según Roeder et al. (1998), no habría beneficios para los productores el manejo de rastrojos en sistemas de producción en donde los períodos de cultivo son cortos y los de barbecho son de cortos a medianos. Para sistemas de producción de arroz permanentes, sin embargo, y especialmente en razón de las pérdidas aceleradas de C orgánico del suelo y de N a través de la mineralización y la necesidad de conservación del agua y los nutrientes, la utilización de rastrojos en superficie como herramienta resulta una estrategia importante.

En un trabajo realizado por Eagle et al. (2000) se mencionó que el método tradicional de manejo del rastrojo de arroz en muchas partes del mundo es la quema (Becker et al., 1994; Miura Kanno, 1997) y las ventajas para este método son el control de enfermedades y pestes, ahorrando en laboreo y energía (Ponnamperuma, 1984).

Mientras que la producción de gas (CH_4) se incrementa cuando el rastrojo es incorporado al suelo (Bronson et al., 1997; Bossio et al., 1999 citados por Eagle et al., 2000) en trabajos en invernáculo, en la quema del rastrojo se pierden cantidades de CH_4 y NO_2 similares a las producidas por la descomposición del rastrojo (Miura y Kanno, 1997 citado por Eagle et al., 2000). Al incrementarse los niveles de carbono orgánico del suelo, la incorporación de rastrojo de arroz puede ser responsable de la reducción de gases en invernáculo, incluyendo CO_2 , llevando los rangos de carbono orgánico del suelo a máximos niveles.

La fertilidad dada por el N en el sistema del cultivo de arroz parece ser afectada por las alternativas en prácticas de manejo del rastrojo y a las características aeróbicas o anaerobias (esta característica está relacionada a los niveles de agua que presenta el suelo) del suelo (Eagle et al., 2000).

El N es el nutriente más limitante del rendimiento en el cultivo de arroz encontrado en todo el mundo (Mikkelsen, 1987; Cassman et al., 1996 citado por Eagle et al., 2000) y debido a la gran cantidad de oportunidades de pérdida, especialmente

cuando se alternan ciclos de mojado y secado del suelo en los sistemas de arroz, es el nutriente de más dificultad en su manejo (Mikkelsen, 1987; Buresh et al., 1989 citados por Eagle et al., 2000).

La incorporación del rastrojo de trigo y de arroz tiene inicialmente un efecto negativo en el rendimiento de arroz demostrado en numerosos estudios (Rao y Mikkelsen, 1976; Azzam et al., 1991; Verma y Bagha, 1992 citados por Eagle et al., 2000) con la inmovilización del N como una de las causas (Rao y Mikkelsen, 1976 citado por Eagle et al., 2000).

La depresión del rendimiento debido a la incorporación del rastrojo ha sido solucionado mediante la adición de N mineral (Azzam et al., 1991) y el efecto de la inmovilización del N ha sido minimizado cuando al rastrojo de arroz se le permitió descomponerse antes de que las plántulas de arroz tomaran lugar (Rao y Mikkelsen, 1976; Adachi et al., 1997 citados por Eagle et al., 2000). La disponibilidad de N para la planta, el rendimiento y el N tomado han sido positivamente afectado por la incorporación del rastrojo a largo plazo (Verma y Bagha, 1992; Kundu y Ladha, 1999 citados por Eagle et al., 2000).

Cerca de 1/3 de N total de la planta está en el rastrojo, alguno de los requerimientos de la fertilización N puede ser remplazada por el retorno del rastrojo al suelo (Ponnamperuma, 1984; Cassman et al., 1998 citados por Eagle et al., 2000).

La incorporación del rastrojo ha sido seguida por un incremento en le masa microobiana, mineralización del N (Bacon, 1990; Singh, 1995 citados por Eagle et al., 2000) y por mayores niveles de carbono orgánico en el suelo y N total (Cassman, et al, 1996 citado por Eagle et al., 2000).

A causa de altos potenciales de pérdida, el uso eficiente del nitrógeno tiende a ser bajo en arroz en comparación a otros cereales (Keeney y Sahrawat, 1986 citados por Eagle et al., 2000). La reducción en las pérdidas de N puede incrementar la eficiencia en el uso del N del suelo y del proveniente del fertilizante y reduce los costos ambientales asociados a la denitrificación y a la pérdida por percolación del NO_3 (George et al., 1993 citados por Eagle et al., 2000). Eliminando la práctica de la quema, disminuirían las pérdidas de N, ya que la mayoría del N del rastrojo se pierde en este proceso (Ponnamperuna, 1984 citados por Eagle et al., 2000).

Eagle et al. (2000) confirmó que después de cinco años con la alternativa de manejo del rastrojo, hubo repuestas diferentes entre los tratamientos en que se removía el rastrojo y aquellos en que se lo retenía, como el incremento del N suministrado por el suelo debido a la retención del rastrojo reduciendo la respuesta en rendimiento a al aplicación de fertilizante N. La mayor parte en el decrecimiento de la respuesta de la fertilización N esta relacionada al incremento de suministro de N por el suelo seguida de

la retención del rastrojo. Como conclusión de este estudio la retención del rastrojo de arroz en los campos es una beneficiosa alternativa de la quema en el manejo del rastrojo.

En el estudio de Eagle et al. (2000) también se vio que el incremento del suministro de N por parte del suelo seguido de la inundación de invierno (que fue otro de los tratamientos que se analizó) cuando el residuo fue retenido, como se evidenció en el incremento de N absorbido podría relacionarse con la adaptación de la comunidad microbiana o los cambios en los tiempos de descomposición. Ya que la tasa de descomposición disminuye en condiciones anaerobias (Broadbent, 1979 citado por Eagle et al., 2000), la inundación de invierno podría resultar en baja tasa de mineralización durante el invierno. La pérdida de N durante la época de barbecho podría ser limitante ya que la mayoría del N mineralizado tendería a ocurrir durante períodos aeróbicos y en la estación de crecimiento calurosa.

2.4 FACTORES QUE AFECTAN LA IMPLANTACION

Para este sistema de siembra es importante el manejo del tapiz anterior reflejándose en la cantidad y calidad del rastrojo que queda en superficie para el cultivo siguiente.

En busca de encontrar explicación a las posibles causas en el problema de implantación, información presentada por INIA (1999) trabajando sobre suelos de tipo solod, con mucha historia agrícola, se encontró un efecto negativo en la implantación de arroz en SD seguido de la siembra de raigrás en alta densidad (40 kg/há).

En el primer año de evaluación (1995/96) donde se compararon efectos de sembrar 20 y 40 kg/há del verdeo, se encontró en promedio una menor implantación de arroz con la siembra directa (217 pl/m^2 versus 150 pl/m^2 con la gramínea).

En el segundo año se incluyó además de la distinta densidad de siembra, dos manejos diferentes del tapiz (alta y baja intensidad de pastoreo). Cuando se realizó un pastoreo más intenso disminuyeron los efectos negativos de la pastura en la implantación del cultivo, aún con la siembra de 40 kg/há (con densidad de siembra: 40 kg/há y una alta intensidad de pastoreo se obtuvieron 319 pl/m^2; con densidad de siembra: 40 kg/há y una baja intensidad de pastoreo se obtuvieron 214 pl/m^2) . Esta reducción del problema se vio traducida en el logro de mejores rendimientos de grano, pero aún en niveles inferiores a cuando no se sembró la gramínea sobre laboreo de verano. Los efectos de la presencia de la pastura también se vieron reflejados en una menor cantidad de panojas en el cultivo en el momento de la cosecha.

En el tercer año del experimento fue instalado sobre un mejor suelo (brunosol) y se logró en general una mejor implantación del cultivo, no hallándose diferencia debido a los distintos manejos de la pastura (baja intensidad de pastoreo: 7411

kg/há; alta intensidad de pastoreo: 7438 kg/há). En esta situación el efecto negativo de la presencia de raigrás sobre el laboreo solo se manifestó con la dosis más alta (densidad 0: 7657 Kg/há; densidad de 20: 7670 kg/há; densidad de 40: 6946 kg/há).

Luego se planteó los efectos de aplicar glifosato (Roundup) un mes antes de lo que se venía haciendo en el experimento antes mencionado (40 días antes de la siembra vesus 13 días antes de la siembra), manteniendo de igual forma las otras condiciones y tratamientos de la evaluación. El análisis de los registros de implantación, cantidad de panojas a cosecha, número de granos llenos por unidad de superficie y rendimientos no revelaron diferencias.

Es de destacar que este experimento instalado sobre suelo más fértil que aquellos utilizados años previos, se obtuvieron en general promedios de implantación y de panojas por unidad de superficie muy aceptables para el logro de buenos rendimientos.

Los problemas encontrados en las instalaciones del cultivo parecerían estar asociados a determinadas características y/o tipos de suelos. Las dificultades encontradas en los estudios anteriores, tanto en los suelos del Arrozal 33, como de Paso de la Laguna, con mucha historia arrocera y falta de estructura física, no fueron observadas en cuatro años de trabajos realizados en los suelos de superior fertilidad en el área demostrativa de India Muerta (Rocha).

2.4.1 Temperatura

El factor climático con mayor influencia en el crecimiento del arroz, es la temperatura donde para alcanzar los distintos eventos fenológicos se requieren determinada cantidad de unidades de calor acumuladas; y las distintas variedades difieren en los valores de calor que necesitan (Ferreira et al., 1998).

Existen algunas diferencias entre la zona Este y Norte que han sido cuantificadas y que señalan que en promedio hay 4 °C más de temperatura media en el Norte que en el Este y 2 °C más en la zona Centro-Norte (Lavecchia, 1991 citado por Gamarra, 1996).

En la zona Este hay mayor posibilidad de ocurrencia de períodos muy fríos en las primeras etapas de cultivo, retrasando la emergencia de las plantas y deteniendo su crecimiento. Las temperaturas del suelo se mantienen muy frías hasta los primeros días de octubre. Por esta razón no es conveniente sembrar antes del 1° de octubre y la emergencia de las siembras tempranas es muy lenta y dificultosa. Dependiendo de las condiciones, el período de siembra a emergencia, puede ser de 18 a 20 días (Gamarra, 1996).

Sin embargo las siembras tempranas son una posibilidad cierta en el Norte. En esta zona del país, las temperaturas de aire y de suelo ya permiten sembrar a fines de setiembre, con períodos de siembra a emergencia de 10-15 días (Gamarra, 1996).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, cuanto más temprano se siembre hay más posibilidades de escaparle a los fríos de floración, pero la emergencia será más lenta y despareja, el crecimiento inicial también más lento y esto favorece a la competencia de las malezas. Inclusive el control de estas se hace más difícil debido a que las condiciones climáticas no le permiten estar en continuo crecimiento (Gamarra, 1996).

El rastrojo que queda sobre la superficie en siembra directa es uno de los factores que determina que halla una menor temperatura de suelo en una misma fecha de siembra comparando con el sistema de laboreo convencional (Lal, 1976).

Yoshida (1981), citado por Ferreira et al. (1998), reportó las temperaturas críticas máximas, mínimas y óptimas (°C) en diferentes etapas de desarrollo de la planta de arroz.

La etapa de germinación necesitaría una mínima de 10 °C, una máxima de 45 °C, y una óptima de 20-35 °C; mientras que la de establecimiento requiriría una mínima de 12-13 °C, una máxima de 35 °C, y una óptima de 25-30 °C. La óptima se refiere a la temperatura media diaria, con excepción de la germinación.

A su vez De Datta (1986), citado por Ferreira et al. (1998), identificó temperaturas críticas bajas , atlas y óptimas en diferentes etapas fenológicas. Para la etapa de germinación la temperatura crítica baja sería de 16-19 °C, la temperatura crítica alta sería de 45 °C, y la óptima oscila en un rango entre 18-40 °C. Por otro lado para la etapa fenológica de implantación la temperatura crítica baja sería de 12-35 °C, la temperatura crítica alta sería de 35 °C, y la óptima oscila en un rango entre 25-30 °C.

Según Chang, et. al. (1976), citado por Ferreira et al. (1998), el límite para la germinación y el crecimiento post-emergencia es de 15 °C.

Por su parte Toriyama (1975) citado por Ferreira et al. (1998), menciona que los síntomas debido al frío, cuando se hizo presente este factor, se observó una pobre germinación y un crecimiento lento y con decoloración de las láminas.

Por otro lado las siembras se pueden atrasar hasta cierta fecha límite, debido a las consecuencias que puede tener las bajas temperaturas en la etapa reproductiva en lo que se refiere a la esterilidad de los granos y por lo tanto en el rendimiento. También en este aspecto hay una diferencia regional mayor aún por la diferencia de siembra-

emergencia anterior. Por esta razón hay mucho menos posibilidades de que se produzcan bajas temperaturas en este período en el Norte (Gamarra, 1996).

2.4.2 Humedad del suelo

Según el trabajo de Eagle et al. (2000), citado anteriormente, muestra que las condiciones de capacidad de campo y saturado reduce marcadamente el potencial redox del suelo. Esta condición de suelo reducido incrementa la disponibilidad y la toma de nutrientes por parte de las plantas de arroz, especialmente P y Mn, los que permiten obtener mayores rendimientos bajo la condición de irrigado. Al mismo tiempo se incrementa la disponibilidad de Fe cuyo resultado muchas veces resulta tóxico. La condición de suelo reducido ayuda en la descomposición de malezas arrancadas y previene la germinación de semillas de malezas.

El efecto de la inundación de invierno (en la época de barbecho) en la dinámica del N en arroz no ha sido estudiado extensivamente. Los requerimientos de N por los microorganismos que descomponen la materia orgánica en suelos inundados son mas bajos que aquellos microorganismos de suelos aireados (Broadbent, 1979 citado por Eagle, 2000). Esto resulta en menor inmovilización neta de N en suelos inundados que en suelos aeróbicos bien drenados (Williams et. al., 1968; Mikkelsen, 1987 citados por Eagle, 2000). Incrementos en el nivel de carbono orgánico y N fueron encontrados en sistemas tropicales de arroz que se mantenían inundados la mayoría del año comparados con aquellas rotaciones de maíz-arroz que contienen una larga fase aeróbica (Witt et al., 1998 citado por Eagle, 2000). Sin embargo, esto no contribuyó en el incrementar el suministro de N por el suelo en los primeros dos cultivos de arroz y los efectos a largo plazo son desconocidos.

Ya que el N tomado está en función de su disponibilidad en el suelo, la inundación de invierno podría mejorar la sincronización del N tomado y el desprendido del rastrojo incorporado.

También en el estudio de Eagle, et al. (2000) hubieron significativos incrementos en la respiración y en los cambios en la diversidad metabólica debido a las condicionantes del carbono y a la inundación de invierno. Estos incrementos fueron notados después del primer año en los tratamientos de manejo del rastrojo en una de las localidades estudiadas. Esto continuó dentro del segundo año de los tratamientos, como la inundación de invierno afectó con relativa abundancia en hongos comparado con la población de bacterias, se encontraron características propias entre comunidades aeróbicas y anaerobias. Adaptaciones dentro de los límites de la comunidad de microorganismos durante la inundación de invierno pudieron afectar el carácter de la comunidad durante la estación de crecimiento, resultando en potencial para diferentes tasas de descomposición y/o el tiempo de esa descomposición.

2.4.3 Variedades

El paso 144 es una planta semienana, tropical de gran macollaje, con hojas erectas de color verde claro, pilosas. Es una variedad de alto potencial de rendimiento, susceptible a bajas temperaturas (Gamarra, 2000).

En siembras tempranas es la variedad de mayor potencial de rendimiento, ésta ventaja se amplia en la zona Centro-Norte y Norte. Se adapta bien a las siembras directas (sin laboreo o laboreo mínimo) y en agua. Aunque su vigor inicial sea bajo, su capacidad de macollaje compensa poblaciones ralas y compite bien con las malezas (Ferreira et al., 1998).

El ciclo de siembra a floración es de 102 días, siendo el más largo de todas las variedades sembradas en la actualidad (Ferreira et al., 1998).

El cultivar INIA Caraguatá es una planta de tipo semienano, de hojas erectas, con tallos resistentes al vuelco y altura de 80 cm. Requiere de una buena preparación de tierra y control de malezas (Gamarra, 2000).

En siembras de octubre su rendimiento es similar al El Paso 144. Es suceptible a bajas temperaturas en etapas reproductivas, no recomendándose su siembra en épocas tardías. La esterilidad de INIA Caraguatá se incrementa en siembras tardías hasta valores tan alto como los de El Paso 144 . Su ciclo de siembra a floración es de 97 días (Ferreira et al., 1998).

Adicionando, además de las diferentes características que presentan las variedades mencionadas, El Paso 144 es variedad índica, mientras que Caraguatá es una variedad japónica (Gamarra, 2000).

Las variedades índicas son marcadamente más afectadas por las variaciones climáticas principalmente la temperatura, seguido de la horas de sol (Gamarra, 2000)..

La distribución del parénquima clorofiliano es diferente en índicas y japónicas (clorénquima más compacto). En japónicas al ser más compacto conserva más la temperatura siendo esto más importante en la etapa de plántula (Ferreira et al., 1998).

Variedades japónicas tienen mayor % de germinación que variedades índicas a bajas temperaturas, debido a que estas son muy sensibles a las bajas temperatura en la germinación (Ferreira et al., 1998).

En trabajos en la Estación experimental del este durante 1996, conducidos por Zorrilla, se encontró que en siembras tempranas de agosto con temperaturas de suelo

FACULTAD DE AGRONOMIA

de 16-17°C, El Paso 144 (índica) mostró más bajos % de germinación y emergencia que INIA Caraguatá (japónica) y esta que INIA Tacuarí (japónica), coincidiendo con la conocida debilidad al Frío de El Paso 144 en otras etapas del cultivo (Ferreira et al., 1998).

Con respecto a la capacidad que tienen las variedades de hacer viable la técnica de siembra directa, las variedades semi-enanas han sido muy prometedoras (Ferreira et al., 1998)..

Como se dice anteriormente, El Paso 144 ha demostrado una capacidad asombrosa para compensar bajas poblaciones en base a su capacidad de macollar, esta se refleja en el número de panojas por m^2. Esta variedad ha permitido niveles de rendimiento prácticamente los mismos que los obtenidos en siembra convencional (Gamarra, 1996).

No ha ocurrido lo mismo con las variedades de tipo americano Caraguatá, El paso 48 y Bluebelle.(fuente de Gonnet y otros, 1994; citado por Gamarra, 1996)

En un trabajo realizado en 1993 en que se comparaban variedades en siembra directa y convencional, se observo que la variedad que mantuvo un comportamiento casi similar en siembra directa y convencional, fue El paso 144 (EP 144, s.c.: 8492 kg/há y s.d.: 7594 kg/há; Caraguatá, s.c.: 6087 kg/há y s.d.: 4473 kg/há). La única variedad que no tuvo diferencia significativa entre sistemas de siembra fue El Paso 144 (Gamarra, 1996).

2.4.4 Fitotoxicidad

La alelopatía es una influencia directa de un químico liberado por una planta viviente en el desarrollo y crecimiento de otra planta. Muchas especies de plantas han sido mostradas en su esfuerzo por la actividad supresora sobre otras especies de plantas. Otras autointoxican sus propias especies, resultando en una disminución del rendimiento en sistemas de monocultura. La alelopatía se cree que es una de las fuerzas predominantes en el desarrollo de la comunidad de las plantas y sus patrones concernientes dentro de este espacio (Rice, 1984; citado por Olofsdotter et al., 1995).

Según Olofsdotter et al. (1995), muchos supuestos aleloquímicos son encontrados en hojas de arroz y su rastrojo, en el rastrojo descompuesto, y en el suelo de arroz. Esta evidencia que estos químicos pueden ser liberados por las plantas vivas es todavía incompleta, pero como es un pre- requisito para la actividad alelopática en la naturaleza, tiene que ser probada. La actividad alelopática se cree que es una acción conjunta de muchos metabolitos secundarios, y esto tiene que ser confirmado para arroz.

El mismo autor señala que el largo del barbecho, afecta la población y potencial de rendimiento del cultivo siguiente, una de las posibles causas es la fitotoxicidad que se genera en la descomposición de los rastrojos.

Muchos grupos de estudio han reportado reducciones en el rendimiento de arroz causado por el rastrojo de arroz de suelos que fueron previamente cosechados (Chou y Lin, 1976; Chou, 1982 a, b, 1986; Tamak et al., 1994; citados por Olofsdotter et al. 1995).

Un experimento en invernáculo en Taiwan mostró que había fitotoxinas presentes en el suelo durante el primer mes de descomposición del rastrojo de arroz (Chou y Lin, 1976; citados por Olofsdotter et al. 1995).

Chou y Lin, (1976) citado por Olofsdotter et al. (1995), entreveraron el suelo con varias cantidades de rastrojo de arroz y se lo dejó descomponer bajo condiciones aeróbicas y anaerobias por 1, 2, 4, y 8 semanas. Extractos acuosos fueron obtenidos del material descompuesto y la presencia y nivel de fitotoxinas fue medido. La cantidad de rastrojo de arroz en el suelo, el descompuesto anaerobicamente así como también el descompuesto aerobicamente, determinó la cantidad de actividad fitotóxica y consecuente reducción en el crecimiento de la raíz. La supresión del crecimiento de la raíz fue mayor después de 4 semanas de descomposición, y declinó posteriormente. El crecimiento del coleóptile no fue afectado por la cantidad de rastrojo de arroz .

En experimentos de campo, las raíces de las plantas de arroz inhibidas por las fitotoxinas mostraron un color anormal (marrón claro), fueron ampliadas y se encontraron con células anormales (Chou, 1987; citados por Olofsdotter et al. 1995). La presencia de compuestos fitotóxicos de la descomposición del rastrojo de arroz puede llegar a explicar por que la segunda época del cultivo de arroz rinde un 25 % menos que la primer época de cultivo en Taiwan. La tierra presenta un barbecho de solo tres semanas después de que el primer cultivo es cosechado, el cual no permite la descomposición total de las fitotoxinas del rastrojo de arroz en las condiciones frías de Taiwan. Sin embargo, la tierra cuando presenta un barbecho de 10 semanas completas entre el final del segunda época de cultivo y el comienzo de la primera, le permite un tiempo para que lo efectos fitotóxicos del rastrojo de arroz descompuesto desaparezca (Chou et al., 1988; citados por Olofsdotter et al. 1995).).

En otro estudio observaron que son producidos en etapas tempranas de la descomposición de los residuos y es en esos primeros momentos donde se dan las mayores concentraciones, (Kimberg 1973; citado por Alvarez, 2000) por lo que debe haber un determinado período de tiempo entre la cosecha de un cultivo y la siembra del siguiente para reducir este efecto negativo. (Tang y Waiss, 1978; Raimbault et al, 1990; citado por Alvarez, 2000).

Otros experimentos han demostrado que el rastrojo de arroz inhibió la germinación de la Avena (Avena sativa) y Trigo (Triticum aestivum), Lens sp., Convolvulus arvensis, Avena ludoviciana y Phalaris minor (Young et al, 1989; Tamal et al., 1994; Tamak et al, 1994). Resultados de estos estudios indicaron que los extractos de la descomposición del rastrojo de arroz inhiben el crecimiento de las raíces más que los brotes. Esto puede ser debido a la exposición mas directa de las raíces a las fitotoxinas del suelo, y que los nutrientes de la semilla que sostienen al brote podrían disminuir el efecto tóxico (Young et al., 1989; citados por Olofsdotter et al. 1995).

El IAC165 es un cultivar Brasilero altamente alelopático y exámenes de laboratorio han demostrado que una gran proporción del germoplasma del arroz Brasileño es alelopático. Debido a esto, la selectividad de las malezas, autotoxicidad, y los efectos residuales del germoplasma del arroz Brasilero es diferente de aquellos germoplasmas Asiáticos (Dilday et al., 1994).

Dilday et al., 1994 afirma que cultivares de arroz alelopáticos han producido efectos residuales en la emergencia de malezas luego de cosechado . Experimentos en las Filipinas, a pesar de esto, podían diferir dentro de los cultivares de arroz. Esto sugiere que más de un aleloquímico está envuelto y que podrían tener diferente persistencia en los suelos. Entendiendo estos efectos residuales, incluyendo autotoxicidad, es importante para planear los ciclos de cosecha o los sistemas de cosecha. Problemas de autotoxicidad han ocurrido en los sistemas de arroz de los altos (upland) brasileros, de este modo es importante subrayar que estos riesgos de autotoxicidad tendrían que ser estudiados antes que el arroz alelopático sea introducido, para asegurar que estos cultivares no causen nuevos problemas agronómicos en un sistema continuo de producción de arroz.

Hay una evidencia fuerte que la alelopatía en las plantas son debido a un complejo de químicos (Rizvi y Rizvi, 1992; citados por Olofsdotter et al. 1995). Muchos supuestos aleloquímicos han sido identificados en suelos donde líneas alelopáticas de arroz habrían crecido (Mattice et al., 1998; citados por Olofsdotter et al. 1995) y además en suelos conteniendo residuos descompuestos de arroz (Chou y Lin, 1976; citados por Olofsdotter et al. 1995).

Diday et al. (1994) encontró que extractos acuosos provenientes de rastrojo de arroz seco que fueron encontrados con actividad alelopática en los campos teniendo un efecto inhibitorio pronunciado en la germinación de semillas de lechuga en invernáculo.

En adición a la alelopatía en arroz, otros cultivos como pepino (Cucumis sativus L.) (Putman y Duke, 1974), avena (Avena sativaL.) (Fay y Duke, 1977), triticale (Secale cereale L.)(Shilling et al., 1985; Barnes y Putman, 1986), girasol (Helianthus annus L.) (Leather 1983, 1987), y trigo (Triticum aestivum L.) (Steinsiek et al., 1982;

Shilling et al., 1985) liberan sustancias tóxicas al ambiente a través de la exudación de las raíces o de descomposición de los residuos (Dilday, 1994).

Patrick, Toussoun, y Snyder citado por Guenzi, et al. (1995), econtraron que la fitotoxicidad fue más severa después de los 10-25 días de la descomposición del material vegetal y disminuyo con el incremento en el período de descomposición.

2.4.4.1 Identificación de sustancias aleloquímicas del arroz y de otros cultivos

Todas las plantas presentan metabolitos secundarios. Muchos de los químicos de las plantas que estan asociados con la actividad fitotóxica son metabolitos secundarios de la vía del ácido shikimico o acetato o estructuras (Rice, 1984, 1985; Rizvi y Rizvi, 1992; citados por Olofsdotter et al. 1995). Estos químicos son cualquiera fitotóxicos por ellos mismos o se convierten en fitotóxicos luego de una transformación microbiológica. Es importante para el estudio recordar que solo compuestos liberados por las plantas siempre causan actividad alelopática en otras plantas.

El proceso alelopático todavía no es bien entendido, pero es conocido el efecto que causan en muchos procesos metabólicos primarios y en el sistema de regulación de crecimiento en plantas altamente desarrolladas (higher plants) (Einhelin, 1986; citados por Olofsdotter et al. 1995). Aleloquímicos pueden afectar la toma de minerales alterando la funcionalidad de la membrana celular en las raíces de las plantas, por ejemplo cuando los ácidos fenólicos depolarisan el campo eléctrico a través de la membrana en las raíces de las plantas y con eso inhiben la absorción activa de los iones minerales (Balkl, 1985; citados por Olofsdotter et al. 1995).

La disponibilidad de nutrientes y la eficiencia en la toma de estos por los cultivares de arroz probablemente interactuan con el proceso alelopático. La producción de metabolitos secundarios es siempre mejorado por estrés en la nutrición (Hoaglan y Williams,1985; citados por Olofsdotter 2001). Para arroz, ha sido demostrado que plantas creciendo en condición aeróbica en un suelo deficiente en P puede solubilizar fosfato de la rizósfera e incrementa la toma de P a través de la excreción de aniones orgánicos de las raíces, particularmente citrato (Kirk et al., 1999; citados por Olofsdotter 2001). Comparaciones de estos estudios con las investigaciones en alelopatía, demuestran que los cultivares de arroz eficientes en P son siempre los mismos que los alelopáticos.

Los cuatro más comunes, supuestos compuestos alelopáticos, encontrados en arroz son: p-hydroxybenzoic, vanillic, p-coumaric y ferulic acids (Rice, 1987; citado por Olofsdotter, 1995). Muchos de estos químicos están presentes también en otras especies de plantas y tienen también actividad alelopática (Rice, 1987; Rizvi y Rizvi, 1992; citados por Olofsdotter, 1995).

Cinco fitotoxinas han sido sacadas a luz de la descomposición del rastrojo de arroz: p-hydroxybenzoic, o-hydroxyphenolacetic, vanillic, p-coumaric y ferulic acids (Chou y Lin, 1976; citado por Olofsdotter, 1995).). Uno de estos ácidos, el o-hydroxyphenolacetic, ha sido demostrado que suprime el crecimiento de la raíz en arroz y lechuga en una concentración de 10^{-4} M (McPherson et al., 1971; citado por Olofsdotter, 1995). La composición, cantidad y el efecto del potencial aleloquímico del rastrojo de arroz en el campo, sin embargo, están afectados por las prácticas agronómicas (Chou y Chou, 1979; citado por Olofsdotter, 1995).

La misma autora observó que el rendimiento más alto de la primer estación del cultivo de arroz en Taiwan, discutido anteriormente, tiene significativamente mayores niveles de 4 de esos aleloquímicos potenciales (p-hydroxybenzoic, o-hydroxyphenolacetic, p-coumaric y ferulic acids) comparado con los que tenía el cultivo de rendimientos menores de la segunda estación. El alto nivel de los químicos anteriores en los estadios de crecimiento temprano en el primer cultivo de arroz podría causar una supresión alelopática de las malezas, y con esto le daría al cultivo de arroz una posición favorable para la competencia más adelante con las malezas.

Un estudio (Chou et al., 1991; citado por Olofsdotter, 1995) midió el nivel de 9 compuestos fenólicos en 24 accesiones de arroz salvaje, O. perennis. Algunos compuestos fueron detectados en todas las accesiones (ejemplo: ácido gallico (gallic acid)), pero en concentraciones variadas. Un análisis de correlación cuidadoso mostró que cuatro de los nueve fenólicos (protocatechuic acid, p-hydroxybenzoic acid, o-coumaric acid y ferulic acids) están correlacionados con la reducción en el largo de las raíces en B. oleracea. Sin embargo ninguno de estos individualmente estuvo correlacionado con la reducción del largo de raíz, lo cual indica que la actividad alelopática fue causada por todos efectos combinados de los cuatro fenoles.

Los aleloquímicos pueden presentarse en una concentración menor a la cual " ese nivel no afecta" pero la combinación de los mismos puede provocar un efecto severo (Einhelling, 1986; Rice, 1987; citado por Olofsdotter, 1995).

En otro estudio se observó que ninguno de los químicos conocidos por si solos en arroz explica la supresión vista en la maleza en el laboratorio y en el campo. Ácidos fenólicos han sido identificados en cultivares de arroz alelopáticos (Rimando et al., 2001) y han sido previamente descriptos como aleloquímicos (Inderjit, 1996; Mattice et al., 2001; Blum, 1998; citado por María Olofsdotter, 2001)). A pesar de esto, medidas de las concentraciones de ácidos fenólicos simples o la combinación de todos los ácidos fenólicos en arroz no se acercan a niveles fitotóxicos (Tanaka et al., 1990; citado por Olofsdotter et al., 2001).

Estudios anteriores habían mostrados sustancias fitotóxicas distintas a las citadas anteriormente. En un trabajo presentado por Rao et al. (1975) cita que cuando se

agregaba rastrojo como sustrato en suelos inundados se podría producir una descomposición aeróbica de los productos, como resultado los más importantes eran los ácidos orgánicos, los cuales afectaban el crecimiento de las plantas.

El tipo, cantidad, y tasa de producción de ácidos orgánicos dependía de la naturaleza del material orgánico agregado. Yamane y Sato citado por Rao et al. (1975) afirmaron que los principales ácidos orgánicos producidos eran acético y butírico.

Gotoh y Onikura citado por Rao et al. (1975) encontraron en estudios sobre la descomposición del arroz que la producción en cantidad de ácido acético era significativamente superior que ácido butírico y solo poca cantidad de otros ácidos. El pico de producción de ácido acético se encontró dentro de los 10 a 14 días después que el rastrojo fue agregado al suelo.

La toxicidad de los ácidos orgánicos sobre las plantas de arroz depende de los tipos de ácidos presentes. Estudios extensivos (Shiojima et al. 1960; Takijima, 1964; citado por Rao et al. 1975) mostraron que dentro de los ácidos alelopáticos monobásicos, su efecto inhibitorio incrementaba con el peso molecular. La inhibición del crecimiento de las plantas de arroz por los ácidos estudiados fue en orden de butírico > propiónico > fórmico.

Después de estudiar muchos ácidos orgánicos en solución, Takijima citado por Rao et al. (1975) sugirió que las concentraciones tóxicas para producir la reducción del largo de las raíces en un 25 % estaban dentro de los valores para el fórmico: 3.32 mN; acético: 4.6 mN; butírico: 0.7mN.

Por otra parte, varias investigaciones han detectado un número grande de especies de planta que contienen ácidos fenólicos (Guenzi, 1965) los cuales, como ha sido nombrado anteriormente, se han encontrado como fitotóxicos en bajas concentraciones. Cinco ácidos fenólicos (ferulic, p- coumaric, syringic, vanilic, y p-hydroxybenzoic) fueron encontrados en los residuos de trigo, maíz, sorgo y avena (citado por el anterior). El ácido p-coumaric apareció que bajo condiciones ideales de descomposición, este podría ser liberado en suficientes cantidades en áreas localizadas en el suelo para afectar al crecimiento de las plantas.

2.4.4.2 El arroz y su potencial alelopático sobre las malezas.

La primera observación de alelopatía en arroz fue hecha en experimentos de campo en Arkansas (en la época de cosecha de 1988)(Dilday et al., 1991; citado por Olofsdotter, 1995) debido a que algunas de las accesiones de arroz sembrados

presentaron un área considerable libre de una maleza natural (Heteranthera limosa) que se presentaba en la mayoría de las accesiones.

Luego de esto, un gran experimento conducido en la misma localidad mostró que 191 accesiones (3.8 %) de las estudiadas en 1988 y 156 accesiones (3.1 %) de las estudiadas dentro de 1989, tiene potencial alelopático sobre Heteranthera limosa. Aquellas accesiones que tuvieran un radio libre de malezas > 10 cm desde la base de la planta de arroz se consideraba alelopática (Diday et al.,1989; Dilday et al, 1991; citado por Olofsdotter, 1995).

Los mismos investigadores de la cita anterior en otro experimento con el mismo diseño encontraron que 195 accesiones (3.9 %) de la 5000 accesiones estudiadas de 27 países tuvieron efectos fitotóxicos sobre Ammania coccinea, Echinochloa sp., Brachiaria platyphylla y Heteranthera limosa. Un estudio llevado a cabo usando una accesión fuerte alelopaticamente plantada en una mezcla de mallezas, mostró un 72 a 95 % de control sobre Ammania coccinea, Heteranthera limosa, y Bacopa rotundifolia usando alelopatía solo comparado con un 100 % de control logrado por la aplicación de herbicidas. (Lin, Smith y Dilday, 1992; citado por Olofsdotter, 1995). El mismo experimento también mostró que usando la accesión alelopaticamente fuerte en combinación con rastrojo incorporado controlaba Cyperus iria tan bien como los herbicidas.

El control de malezas acuáticas fue testeado en el campo por los investigadores anteriores en 1992 y encontraron que 9 de 38 líneas encontró un gran control (80 %) de 37-48 cm de radio sobre una mezcla de malezas acuáticas sobre Ammania coccinea, Heteranthera limosa, y Bacopa rotundifolia. Las nueve accesiones alelopáticas produjeron un peso seco de raíz de 6-9 veces mayor que las accesiones no alelopáticas (Lin et al., 1992; citado por Olofsdotter, 1995).

Diversas accesiones fueron seleccionadas para estudiar su alelopatía: tipo Japónico, tipo Índico, tipo tropical Japónico, tipo Chino y otras no identificadas. Solo 24 (13 %) de las 189 accesiones testeadas mostraron una inhibición de más de un 75 % en el crecimiento de la raíz de lechuga (Fujii, 1992; citado por Olofsdotter, 1995). Los resultados mostraron que las accesiones de arroz alelopaticamente más fuerte eran las de tipo tropical Japónico comparadas con las otras.

En otro estudio que se hizo en Las Filipinas, se examinaron 111 cultivares de arroz por la capacidad de suprimir la maleza Echinochloa crus-galli bajo condiciones de campo en tres épocas. Los resultados mostraron que la altura del arroz fue el factor mas importante en suprimir la maleza, pero estuvo seguido de cerca por el potencial alelopático medido en el laboratorio con la técnica de relay-seeding para los mismos cultivares de arroz (Olofsdotter et al.,2001). El mismo resultado se tuvo en con los mismos cultivares (kim y Shin, 1998; citado por Olofsdotter, 2001). La similaridad en

los resultados de Las Filipinas y Corea, en la que las diferencias en los cultivares en la supresión de la maleza era relativamente estable en diferentes ambientes, sugiere que la alelopatía estuvo más influenciada por la genética más que la parte ambiental. Los experimentos también indicaron que la supresión máxima de las malezas fue obtenida en cultivares que tenían componentes: características competitivas así como también alelopáticas.

2.4.4.3 Características de la alelopatía en arroz.

Debido a que la actividad alelopática encontrada en los cultivares tradicionales y mejorados envuelve diferentes químicos y reacciones, puede ser argumentado que el potencial alelopático es una característica poligénica no correlacionadas con el rendimiento u otros factores (Dulday et al., 1991;citado por Olofsdotter et al, 1995)

En sentido amplio, la heredabilidad se encuentra en un rango entre 0-1, y el mayor puntaje indico que el genotipo esta descripto más cuidadosamente por el fenotipo medido. Para la alelopatía, información desarrollada usando la técnica de relay seeding produjo una heredabilidad en sentido amplio en la reducción de las raíces de Echinochloa crus-galli de 0.85, la cual satisface la necesidad de los criadores en los programas de estudio (Courtois y Olofsdotter, 1998; citado por Olofsdotter et al, 2001). Por esta razón estudios genéticos empezaron a realizarse en el Instituto Nacional de Investigación de Arroz en Las Filipinas.

En otro estudio se realizó el cruzamiento de IAC165 x Co39, este, tiene uno de los cultivares más alelopáticos (IAC165), y una accesión moderadamente alelopática (Co39). Usando la población de recombinaciones de líneas endocriadas (recombinant inbred lines) derivadas del cruzamiento, fue observada una segregación transgresiva hacia las dos direcciones en la población. No fue encontrada una correlación significativa entre la morfología de las raíces y el potencial alelopático, sugiriendo que la alelopatía en arroz fue bajo control genético independientemente de la morfología de las raíces. Cuatro efectos mayores QTLS (main-effect loci) localizados en tres cromosomas fueron identificados, los cuales en conjunto explican el 35 % de la variación total fenotípica de la actividad alelopática en la población, medida en Echinochloa crus-galli en la reducción de la raíz en los exámenes de laboratorio (Bach Jensen et al., 2001).

La estimación de la heredabilidad en sentido amplio para la actividad alelopática fue razonablemente alta con un valor de 0.68.

Estos resultados demostraron que el potencial alelopático se presenta ampliamente en el germoplasma de arroz, y es unas de las propiedades hereditarias envueltas durante el proceso natural y artificial de selección (Bach Jensen et al., 2001).

2.4.4.4 Identificación de sustancias aleloquímicas de malezas sobre arroz

Según Bhanderai et al. (1983) y Valliappan (1989) citados por Olofsdotter et al. (1995) encontró que la actividad alelopática es causada en repetidas ocaciones por malezas, y entre las que han demostrado alelopatía en campos de arroz se encuentran el *Cyperus rotundus* (exudado de las raíces y extractos acuosos de sus tubérculos) y *Cyperus difformis.*

Por su parte Indejit (1999) sostiene que en el caso de malezas perennes, como es el *Cyperus rotundus* (Tang et al., 1995; citado por Inderjit, 1999), es posible la acumulación de niveles de fitotoxinas alelopáticas. Incluso si compuestos dejados por estas especies de malezas son degradados en el suelo, son reestablecidos y mantenidos en el suelo, a través del crecimiento vegetativo de éstas especies.

2.4.5 Laboreo e interaccion con malezas

Varios estudios han indicado que el laboreo convencional es mas efectivo en el control de malezas y en lograr mayores rendimientos que siembra directa y laboreo reducido (Janiya and Moody, 1983; Shad y De Datta, 1986; citados por Bhagat, 1996). Se encontró además que los requerimientos de control de malezas eran máximos en labranza cero seguidos por los tratamientos de laboreo reducido.

Cuando el laboreo primario es eliminado o reducido, como en el caso de siembra directa o laboreo reducido, toman lugar cambios en las comunidades de malezas, lo que requiere de un aumento en el control de las mismas ya sea manual o químico (Bhagat, 1996).

Janiya y Moody (1983) y Bernasor y De Datta (1988), citados por Bhagat et al. (1996) observaron que el uso continuado de herbicidas no disminuye la población de malezas, si no que la población de malezas se incrementa en los años siguientes. Ya que ningún manejo del suelo y ningún herbicida usados solo, proveen un control total de una diversidad y persistencia de malezas, es que es importante combinar ambos métodos para lograr mayor efectividad y un control sostenido de malezas y obtener así altos y estables rendimientos en grano.

Investigaciones de varias intensidades de laboreo revelaron que invariablemente los suelos con laboreo cero tuvieron una mayor población de malezas comparados con aquellos laboreados convencionalmente sin presencia de herbicidas (Bhagat, 1996).

Muchos estudios han indicado que el laboreo convencional es superior al cero o mínimo laboreo para el control de malezas y rendimiento en grano (Janiya y Moody, 1983; Shad y De Datta, 1986; citados por Bhagat 1996). El requerimiento para el control de malezas fue encontrado máximo en el tratamiento de cero laboreo y el que le sigue es el tratamiento con una arada. Es por esta razón, que un arado con un buen trabajo de laboreo o dos aradas con un arado de campo combinada con una disqueada o una rastra, reduce el peso total de las malezas, no obstante el rendimiento de arroz no es afectado por diferentes métodos de preparación de suelo (Ahmed, 1982; citados por Bhagat, 1996). Cuando se hace un primer cultivo con cero laboreo o mínimo laboreo, ocurre un cambio en la flora de las malezas, requiriendo de incrementar el control manual o con herbicidas las malezas. Cuando malezas perennes como Paspalum distichum L. estan presentes en el campo, incrementar el laboreo es esencial para eliminar su crecimiento (De Datta y Bernasor, 1988; citado por Bhagat, 1996).

De Datta et al. (1979) reportó que después de dos cultivos sin laboreo, las malezas perennes se volvieron las dominantes porque no pudieron ser controladas por el herbicida usado antes de la siembra. El uso del cero laboreo y mínimo laboreo es la razón de que algunas veces sea cuestionable y pueda estar limitado a aquellas áreas que no hay presencia de malezas perennes (Moody y De Datta, 1980). El laboreo reducido también requiere mayor uso de herbicida comparado con el laboreo convencional para controlar malezas (Moody y De Datta, 1980).

3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo comprendió dos estudios, uno conducido en tarrinas al que se designó Estudio 1 y otro realizado a campo que se denominó Estudio 2.

3.1 ESTUDIO 1

Determinar los efectos de la condición hídrica, temperatura del suelo y los elementos bióticos, durante la descomposición del rastrojo de arroz, en la implantación, crecimiento y desarrollo inicial de arroz.

Para determinar los efectos de las condiciones hídricas durante la descomposición del rastrojo hasta la siembra, se dispusieron 2 regímenes de agua en el suelo durante 30 días previos a la siembra. En cuanto al efecto de la temperatura en la descomposición del rastrojo, se realizaron 3 fechas de siembra y 2 temperaturas para cada una de ellas a la siembra. Para ver los efectos bióticos en las mismas condiciones se midió el efecto de la aplicación de bromuro de metilo 32 días previos a la siembra.

3.1.1 Localización

Este estudio estuvo instalado en el departamento de Paysandú, en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, a poca distancia del invernadero.

3.1.2 Metodología de instalación

Se retiraron muestras de suelos de dos localidades, una en la localidad de Tomás Gomensoro (Artigas) y otra en la chacra donde se realizó el experimento 2 (El Espinillar, Salto).

Las muestras de suelo de cada localidad fueron introducidas en budineras de 25 x 7 x 7cm. Además de esto se le introdujo a las budineras rastrojo de arroz . La cantidad de rastrojo introducidas en las budineras era equivalente al promedio de rastrojo que había en cada chacra.

El 1° de agosto se aplicó el bromuro de metilo a las bandejas correspondientes.

Dos días después se establecieron los regímenes de agua (saturado y capacidad de campo) hasta la siembra para los tratamientos correspondientes.

La siembra constaba de poner 20 semillas de arroz por budinera. Un día antes las budineras que debían ser sembradas con temperaturas menores eran introducidas en una cámara a 4°C.

A continuación se detallan las fechas de siembra y recolección:

Fecha de siembra	Fecha de recolección
F1: 31/08/00	C1: 12/11/00
F2: 26/09/00	C2: 28/11/00
F3: 31/10/00	C3: 28/12/00

Luego de la siembra, se regaban las budineras a capacidad de campo cada dos días hasta la recolección y se realizaba un conteo de plantas por tratamiento para determinar la evolución de implantación.

3.1.3 Diseño experimental, modelo utilizado y tratamientos

Se realizaron dos experimentos en parcelas al azar, con 3 repeticiones. Los tratamientos fueron instalados según un arreglo factorial.

El experimento 1 quedó conformado por 12 tratamientos, consistiendo en la combinación de 3 fechas de siembra, 2 condiciones hídricas antes de la siembra y dos temperaturas de suelo a la siembra. Este experimento fue realizado con 2 sustratos lo que genero dos experimento iguales e independientes.

El experimento 2 también quedó conformado por 12 tratamientos cuyos factores fueron 3 fechas de siembra, dos temperaturas de suelo a la siembra y con dos niveles de aplicación de bromuro. También en este caso fueron utilizados 2 sustratos, lo que generan 2 experimentos iguales e independientes.

El modelo matemático utilizado para el Experimento 1 y 2 es el siguiente:

Experimento 1

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \delta_k + \tau\gamma_{ij} + \tau\delta_{ik} + \gamma\delta_{jk} + \tau\gamma\delta_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Experimento 2

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \beta_k + \tau\gamma_{ij} + \tau\beta_{ik} + \gamma\beta_{jk} + \tau\gamma\beta_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$i = 1,2,3$
$j = 1,2$
$k = 1,2$

μ = efecto de la media general
τ = efecto de la fecha de siembra
γ = efecto de la temperatura de siembra
δ = efecto de la condición hídrica
$\tau\gamma$ = efecto de la interacción fecha de siembra y temperatura de siembra
$\tau\delta$ = efecto de la interacción fecha de siembra y condición hídrica
$\gamma\delta$ = efecto de la interacción temperatura de siembra y condición hídrica
$\tau\gamma\delta$ = efecto de la interacción fecha de siembra, temperatura de siembra y condición hídrica
ε = error experimental
β = efecto del bromuro de metilo
$\tau\beta$ = efecto de la interacción fecha de siembra y bromuro de metilo
$\gamma\beta$ = efecto de la interacción temperatura de siembra y bromuro de metilo
$\tau\gamma\beta$ = efecto de la interacción fecha de siembra, temperatura de siembra y bromuro de metilo

Para cada variable fue realizado un análisis de varianza según este modelo, estudiándose las diferencias de medias por el test de Mínima Diferencia Significativa al 5 % (MDS) cuando fue necesario. También cuando fue necesario se marcaron tendencias al 10% de significancia.

El análisis fue realizado utilizando el procedimiento GLM (General Linear Models) del software SAS (Statistical Análisis System) versión 8.0.

3.1.4 Determinaciones

Luego de cada recolección se tomaron las siguientes determinaciones.

3.1.4.1 Implantación

Se realizó el conteo de plantas por budinera.

3.1.4.2 Número de hojas

Se tomó el número de hojas por planta por budinera.

3.1.4.3 Número de macollos

Se realizó el conteo del número de macollos por planta por budinera.

3.1.4.4 Altura

Esta fue medida como la altura máxima de la parte aérea.

3.1.4.5 Peso aéreo

Se tomó el peso seco aéreo por planta (peso seco estimado como el peso constante alcanzado después de estar en la estufa a 60 °c).

3.1.4.6 Peso radicular

Para estimar el peso radicular se procedió de la misma manera que la determinación anterior.

Se estimó la suma térmica del período de siembra- recolección para cada fecha de siembra como la sumatoria de la temperatura ambiente menos la temperatura base (12 °C) y el número de días correspondiente al período siembra- comienzo de implantación, siembra máxima implantación y siembra- recolección.

3.2 ESTUDIO 2

El estudio 2 comprende dos experimentos separados, uno para la variedad EP- 144 y otro para la variedad Caraguatá.

3.2.1 Localización

Los experimentos estuvieron instalados en el departamento de Salto, a 45 km. hacia el Norte de la capital departamental por ruta 3, en lo que fuera "El Espinillar", sobre la propiedad del señor Bernardo Delissa, en el año agrícola 2000- 2001.

El suelo fue clasificado como un Brunosol subeútrico (a veces éutrico) Lúvico, ArF (Ing A. Martínez, 1984), de la unidad de suelo "El Espinillar" de acuerdo a la clasificación de suelos de la Dirección Nacional de Suelos, Aguas y Fertilizantes (MGAP).

La historia agrícola de la chacra se describe a continuación.

Cuadro N° 3. Historia agrícola de la chacra del Espinillar.

	Año						
	Antes	*94- 95*	*95- 96*	*96- 97*	*97- 98*	*98- 99*	*99- 00*
Cultivo	Caña de azúcar	Maíz	Maíz	Descanso	Arroz	Arroz	Arroz

La chacra seleccionada para la instalación del experimento estaba con rastrojo de arroz del año anterior. Cabe destacar que la misma se encontraba en buenas condiciones en términos de "huelleado", debido a una cosecha en seco y abundante rastrojo de arroz en superficie. El total estimado resultó de 4956 kg. MS/há.

3.2.2 Diseño experimental, modelo utilizado y tratamientos

El diseño experimental utilizado en los dos experimentos, resultó de bloques completamente aleatorizados con 6 parcelas y 3 repeticiones.

Las parcelas de los tratamientos evaluados presentaron una superficie de 10 mts por 5 mts.

A continuación se muestra el croquis del diseño del experimento en la chacra y se describen los tratamientos:

EP- 144 **CARAGUATA**

B3	LC	SR SMS	SR CMS	CR CM50	CR SMS	CR CMS	SR CMS	SR SMS	CR SMS	CR CM50	CR CMS	LC
B2	LC	CR CMS	CR SMS	SR SMS	SR CMS	CR CM50	CR CM50	SR SMS	SR CMS	CR CMS	CR SMS	LC
B1	LC	CR CMS	SR CMS	CR CM50	SR SMS	CR SMS	SR SMS	CR SMS	CR CM50	CR CMS	SR CMS	LC
CAMINO													

T1: LC, testigo laboreado.

El laboreo de este tratamiento constó de una pasada de excéntrica el día 20 de octubre, una pasada de land plane el día 15 de noviembre y una pasada de vibrocultivador el mismo día de la siembra (17 de noviembre).

T2: SRSMS, sin rastrojo, sin malezas siempre.

Se retiró el rastrojo de arroz muerto, dejando la superficie libre de material vegetal de cualquier tipo 112 días antes de la siembra y a los 108 y 50 DAS se aplicó glifosato (3,5 lts). Se realizó en siembra directa.

T3: SRCMS, sin rastrojo con malezas siempre.

Se retiró el rastrojo de arroz muerto, dejando la superficie libre de material vegetal de cualquier tipo 112 días antes de la siembra y nunca se controló el crecimiento de malezas hasta la siembra. Se realizó en siembra directa.

T4: CRSMS, con rastrojo sin malezas siempre.

Se dejó el rastrojo parado, tal cual quedó de la cosecha y a los 108 y 50 DAS se aplicó glifosato (3,5 lts). Se realizó en siembra directa.

T5: CRCMS, con rastrojo, con malezas siempre.

Se dejó el rastrojo parado, tal cual quedó de la cosecha y nunca se controló el crecimiento de malezas hasta la siembra. Se realizó en siembra directa.

T6: CRCM50, con rastrojo, con malezas hasta 50 días antes de la siembra.

Se dejó el rastrojo parado, tal cual quedó de la cosecha y se controló las malezas glifosato (3,5 lts) 50 días antes de la siembra. Se realizó en siembra directa.

El modelo matemático utilizado es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1,....6$$

$$j = 1,2,3$$

μ = efecto de media general
τ = efecto de tratamientos
β = efecto de bloques
ε = error experimental

Se realizaron los análisis de varianza correspondientes al modelo especificado, utilizando contrastes ortogonales para cuantificar los efectos de los tratamientos con y sin rastrojo, con y sin malezas. También fueron relizados contrastes simples entre los tratamientos utilizando le técnica de MDS, siendo el nivel de significación usado el 5% para todos los análisis realizados. También cuando fue necesario se marcaron tendencias al 10% de significancia.

3.2.3 Manejo del cultivo

El 15 de noviembre del 2000 se realiza una aplicación de Glifosato (Round Up) 4.5 lt por há con 92 litros de agua a todo el ensayo con pulverizadora terrestre. Dos días después se realiza la siembra con 178 kg./ha de semilla certificada de El Paso 144, en línea con sembradora semeato de 17 cm de entre línea, 90 kg./há de 19-19-19 en la línea de fertilizacion basal. Luego de sembrada esta variedad, se cerraron las salidas de semilla para lograr la misma densidad en Caraguatá.

Luego, el 16 de diciembre se realiza una aplicación post- siembra de herbicida a saber: 100cc/há de Nominee mas 1.1lt/há de Clomatec (clomazone de origen chino) mas 40cc/há de Karate (insecticida cuyo principio activo es Lambda cialotrina) mas Kaytar a 300cc/há (coadyuvante especifico del Nominee) mas 3gr Aky (metsulfuron de origen chino).

El 15 de enero se realiza una aplicación de fertilizante en cobertura con 70 kg. de 46-0-0 por há.

El 20 de noviembre se realizó un baño para emparejar los nacimientos. Previo a la aplicación de herbicida (15 de diciembre) se realiza un segundo baño y el 19 de diciembre se instala el riego permanente.

La cosecha se realizó el 30 de marzo.

3.2.4 Determinaciones

3.2.4.1 En suelo

3.2.4.1.1 Contenido de N- NO_3

Cuando se nombra a las variedades El Paso 144 o Caraguatá, se hace referencia al espacio físico donde van a estar ubicadas éstas; por lo que no existiría efecto alguno de variedad.

La determinación de N- NO_3 fue realizada en el laboratorio de la EEMAC utilizando la técnica de electrodo de N- NO_3 , con equipo Orion, con $CaSO_4$ como floculante, a partir de las muestras, secadas (60 °C durante 72 horas), extraídas a campo.

Las muestras a campo se tomaron con taladro en los primeros 10 cm del suelo en cada parcela. Se realizó un muestreo general cuando se instaló el ensayo el 28/07/00. Luego se realizaron dos mediciones más en dos fechas; 27 DPT[1], en Caraguatá y EP-144, y 95 DPT solamente en Caraguatá.

3.2.4.2 En cultivo

3.2.4.2.1 Implantación

A los 14 y 21 días post- siembra se realizó el conteo de plantas nacidas y su estado de desarrollo (número de hojas y macollos). La determinación fue realizada en 1 mt. lineal por parcela.

3.2.4.2.2 Desarrollo y peso de plantas

A los 41 y 61 días se realizó la estimación del estado de crecimiento y desarrollo de las plantas utilizando como herramienta la escala Haun y el peso aéreo de las mismas.

En la primera determinación, para la realización del muestreo se sacaron las plantas en 1 metro lineal de cada parcela. Luego se retiraron al azar 25 plantas de cada

[1] DPT días post tratamiento

muestra y se tipificó a cada una de ellas con la escala Haun y se midió el peso aéreo (fresco). También se tomó el peso seco total de todas las plantas comprendidas en el metro lineal (peso seco estimado como el peso constante alcanzado en estufa a 60 °C).

En la segunda determinación se sacaron 2 muestras de plantas en 25 cm lineales por cada parcela. En una de las muestras se procedió a la tipificación de cada planta con la escala Haun y se le tomó el peso aéreo (fresco). En las dos muestras se midió el peso seco total (peso seco estimado como el peso constante alcanzado en estufa a 60 °C).

Por esa diferencia en la determinación del número de plantas y su estado de desarrollo, es que se analizan por separado en la discusión.

3.2.4.2.3 Número de panojas

A los 122 días post- siembra se estimó el N° de panojas, en dos muestreos de un metro lineal por parcela.

3.2.4.2.4 Rendimiento

El 30 de marzo se realiza la cosecha. Para la estimación del rendimiento se cosechó un área de 3 m^2 por parcela. El grano de esta recolección fue extraído con una trilladora experimental en la EEMAC, pesado, corregido por humedad y expresado finalmente como Kg./há.

3.2.4.2.5 Peso de 100 granos

A partir de 3 muestras por parcela en las que se realizaron la medición de HR y el peso correspondiente a 100 granos.

4. ESTUDIO 1

Para los Experimentos 1 y 2 correspondientes al estudio realizado en tarrinas en la EEMAC, se presentan y discuten a continuación los resultados obtenidos en los porcentajes de implantación y las restantes variables de crecimiento y desarrollo estimadas.

4.1 PORCENTAJE DE IMPLANTACIÓN

El porcentaje de implantación fue afectado por la fecha de siembra y por el agregado de bromuro de metilo para los dos sustratos.

4.1.1 Fecha de siembra.

Como se comentara en materiales y métodos el efecto de la fecha de siembra a nivel de esta variable fue estudiado en los 2 Experimentos. Los anovas señalaron efectos muy marcados ($P<0.0001$) y de igual tendencia en ambos Experimentos, tanto en el sustrato de Salto como en el de Artigas (*Fig. N°1 y Fig. N°2*).

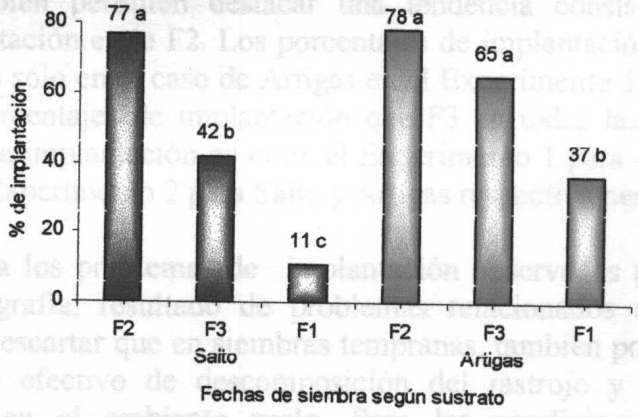

Figura N° 1. Porcentaje de implantación por fecha de siembra para los dos sustratos, en el Experimento 1. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para $P\leq0,05$.

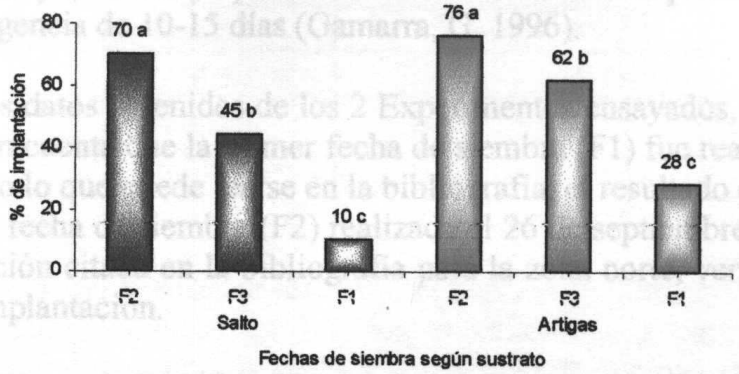

Figura N° 2. Porcentaje de implantación por fecha de siembra para los dos sustratos, en el Experimento 2. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

Las menores implantaciones se dieron en las fechas mas tempranas en cualquiera de los Experimentos estudiados y se correspondieron con valores que oscilaron entre 10 y 37%. Estos valores hallados para la primer fecha de siembra resultaron bajísimos y estarían señalando los riesgos de siembras tempranas.

Las gráficas también permiten destacar una tendencia consistente con mayores porcentaje de implantación en la F2. Los porcentajes de implantación para las fechas 2 y 3 resultaron iguales sólo en el caso de Artigas en el Experimento 1, mientras que la F2 mostró mejores porcentajes de implantación que F3 en todas las restantes evaluaciones (45% mayor en la implantación en el en el Experimento 1 para el sustrato de Salto y 36% y 18% para Experimento 2 para Salto y Artigas respectivamente).

La explicación para los problemas de implantación observados podría ser como se citara en la bibliografía, resultado de problemas relacionados con bajas temperaturas en el suelo, sin descartar que en siembras tempranas, también podría estar influyendo un menor tiempo efectivo de descomposición del rastrojo y por ende presencia de aleloquímicos en el ambiente suelo. Para las condiciones de los Experimentos que se comentan, no fue posible separar estos efectos, por lo tanto cuando se discute en relación a los efectos de la fecha de siembra se esta haciendo referencia a uno u otro o la combinación de los dos.

En la zona Este hay mayor posibilidad de ocurrencia de períodos muy fríos en las primeras etapas de cultivo, retrasando la emergencia de las plantas y deteniendo su crecimiento. Las temperaturas del suelo se mantienen muy frías hasta los primeros días de octubre, no es conveniente sembrar antes del 1° de octubre. Dependiendo de las condiciones, el período de siembra a emergencia, puede ser de 18 a 20 días. Sin embargo las siembras tempranas son una posibilidad cierta en el Norte. En esta zona del

país, las temperaturas de aire y de suelo ya permiten sembrar a fines de septiembre, con períodos de siembra a emergencia de 10-15 días (Gamarra, G. 1996).

De acuerdo a los datos obtenidos de los 2 Experimentos ensayados, también se verifica esto. Teniendo en cuenta que la primer fecha de siembra (F1) fue realizada el 27 de agosto, y considerando lo que puede leerse en la bibliografía, el resultado obtenido es el esperable. La segunda fecha de siembra (F2) realizada el 26 de septiembre, la cual coincide con la recomendación citada en la bibliografía para la zona norte, verificamos los mejores resultados de implantación.

En relación a la F3 con la F2 y de acuerdo a la bibliografía, era esperable que la primera tuviera mayores o iguales porcentajes de implantación que la segunda. Con las determinaciones realizadas resulta imposible explicar este comportamiento.

A los efectos de profundizar en el estudio de la fecha de siembra en la implantación, se analizaron los padrones de emergencia. Tal como se observa en el *cuadro N° 4*, resulta destacable la similitud que mostraran las fechas 2 y 3 y claras diferencias con la F1.

CuadroN° 4. Días entre siembra- comienzo de emergencia por Experimento y sustrato.

	Experimento 1		*Experimento 2*	
	Salto	*Artigas*	*Salto*	*Artigas*
F1	31	27	31	27
F2	7	7	7	7
F3	9	9	9	9

Para la primer fecha analizada, en el sustrato de Artigas el tiempo de emergencia de las primeras plantas fue de 27 días, mientras que para Salto fue de 31 días. Son lógicos entonces los resultados que mostraron los dos Experimentos, en cuanto a los días siembra- comienzo de emergencia, ya que la primer fecha propuesta (27 de agosto) es unos 30 días anticipada a la fecha temprana que cita la bibliografía.

El período siembra- comienzo de emergencia para las otras dos fechas de siembra evaluadas, las que se corresponden con las recomendadas, el mismo resultó sustancialmente menor, de sólo 7- 9 días, coincidentemente con lo establecido en la bibliografía.

Se analizó además el período siembra- máximo de implantación, donde también se encontraron semejanzas entre las fechas 2 y 3, difiriendo éstas de la primer fecha de siembra.

CuadroN° 5. Días entre siembra- máximo de implantación por Experimento y sustrato.

	Experimento 1		*Experimento 2*	
	Salto	*Artigas*	*Salto*	*Artigas*
F1	37	37	37	37
F2	25	27	27	25
F3	21	21	25	25

Como puede observarse el total de días para el periodo siembra- máximo de implantación son prácticamente idénticos en los dos experimentos y para los dos sustratos, lo cual lleva a pensar que el tipo de suelo o la cantidad de rastrojo, dos de las características diferenciales entre los sustratos, no afectaron este período. En estos dos cuadros y dadas la similitudes en días, a pesar de los diferentes experimentos, se observa la importancia de la temperatura como factor principal en el nacimiento de las plantas.

Cabe resaltar que las diferencias entre la F1 y las restantes se deben a que en la F1 nacieron muy pocas plantas y que todas ellas nacieron a los 30 DDS y ese fue también el máximo de implantación, siendo esa la razón de las diferencias en fechas que se observan entre el cuadro 4 y 5.

4.1.2 Temperatura del suelo a la siembra.

Solamente en el Experimento 2 para el sustrato de Artigas se detectaron efectos significativos (P=0,0326) de la temperatura de siembra. En este caso, la implantación en el tratamiento que recibiera frío resultó un 19% superior al tratamiento de temperatura ambiente. Este resultado no era el esperable teniendo en cuenta el resto de la información. Esta supuesta contradicción tiene su explicación en deficiencias metodológicas. El tratamiento de frío, durante 24 horas que se realizó previo a la siembra (en las condiciones de nuestro Experimento) parece no haber sido suficiente para determinar un cambio térmico importante en el ambiente suelo. En realidad, post-siembra y pasados unos minutos después de ser reincorporados al ambiente común, alcanzaron similares temperaturas a las que presentaba el otro tratamiento. Para el presente análisis debe tenerse en cuenta que el efecto estudiado, aún correspondiendo a distintas temperaturas al momento de la siembra, no representaron ambientes térmicos con la diferencia que pueden establecerse en las fechas de siembra que pretendieron ser ensayadas.

Por la misma razón recién explicada tampoco resultó sorprendente que no se detectara interacción fecha de siembra por temperatura.

4.1.3 Condiciones hídricas.

En el Experimento 1, que es en el único donde se incluye esta variable de diseño, no se detectaron diferencias para este efecto en ninguno de los 2 sustratos estudiados, pudiendo por tanto concluir que la condición hídrica previa a la siembra no repercutió en los porcentajes de implantación del arroz

4.1.4 Bromuro de metilo

Con la aplicación de bromuro se pretendió estudiar el efecto de posibles factores bióticos en la implantación y solo fue incluido en el Experimento 2.

Sólo en el sustrato de Salto fueron detectados efectos significativos (P = 0,047) del bromuro de metilo. Con el agregado de este producto la implantación de arroz se redujo en un 30% *(Fig. N°3).*

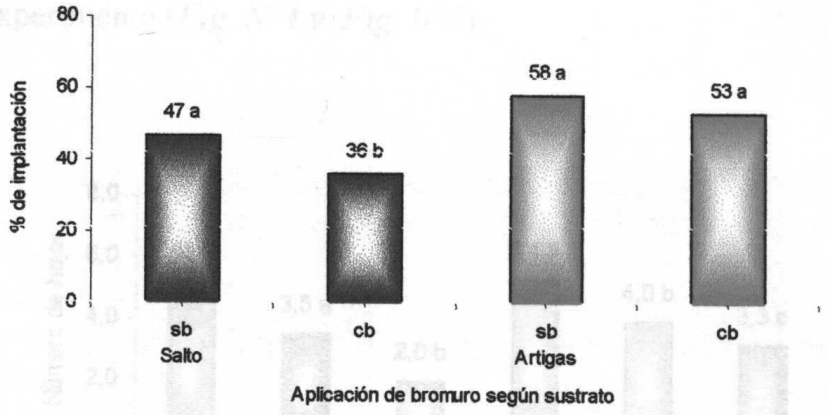

Figura N° 3. Porcentaje de implantación según aplicación o no de bromuro de metilo para los dos sustratos. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

El resultado obtenido en el sustrato de Salto no permite realizar ningún tipo de análisis ya que no se dispone en este Estudio de elementos que permitan elaborar conclusiones con respecto este resultado. Lo sucedido en Salto es totalmente contradictorio a lo que se planteara con respecto a la posibilidad de que existieran elementos bióticos que perjudicaran la implantación.

Lo que si se aprecia es que no serían los elementos bióticos los que afectan el nacimiento de las plantas si no que el factor mas influyente es la temperatura medido a través de las fechas de siembra ensayadas.

4.2 DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

4.2.1 Número de hojas por planta.

El número de hojas por planta fue afectado por la fecha de siembra y por el efecto del bromuro de metilo para los dos sustratos; mientras que solamente para el sustrato de Artigas hubo diferencias con respecto a la condición hídrica antes de la siembra.

Se encontraron efectos también para la interacción fecha de siembra x condición hídrica antes de la siembra para esta variable de respuesta solamente para el sustrato de Artigas.

4.2.1.1 Fecha de siembra.

En todos los casos estudiados, el número de hojas fue afectado fuertemente por la fecha de siembra ensayada, según lo comprobaron los ANOVAS ($P < 0.001$) realizados para cada Experimento (*Fig. N°4 y Fig. N°5*).

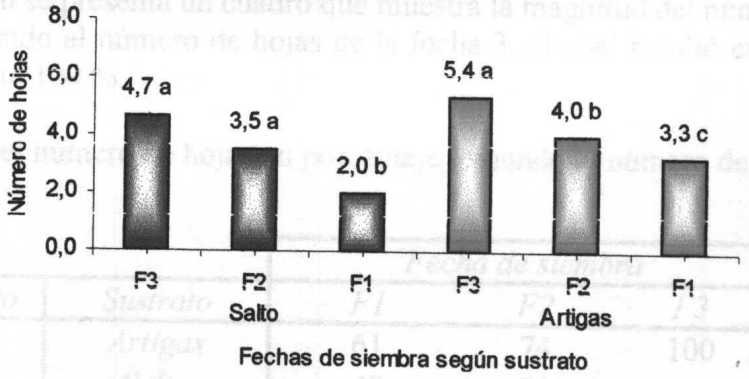

Figura N°4. Número de hojas promedio por planta según fecha de siembra para ambos sustratos para el Experimento 1. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para $P \leq 0,05$.

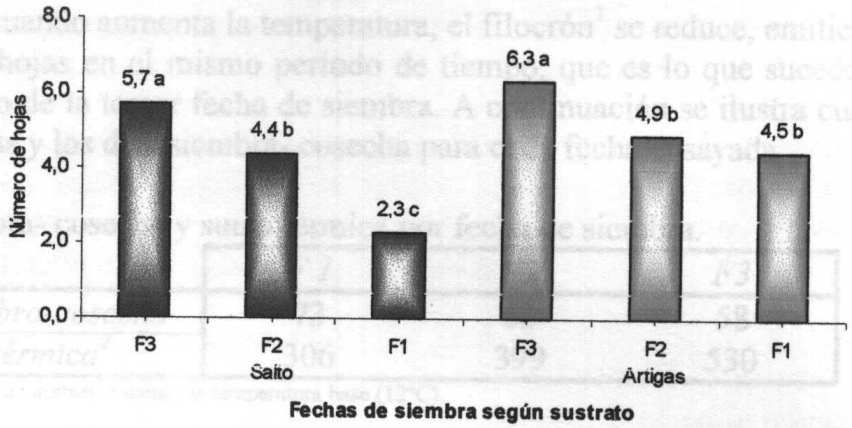

Figura N°5. Número de hojas promedio por planta según fecha de siembra para ambos sustratos para el Experimento 2. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

Como muestran los gráficos correspondientes, la tendencia en la respuesta mostró gran consistencia con claros incrementos en el número de hojas con el atraso de la siembra.

A continuación se presenta un cuadro que muestra la magnitud del número de hojas en porcentaje tomando al número de hojas de la fecha 3, el cual resultó en todos los casos el más alto, como 100 %.

Cuadro N° 6. Magnitud del número de hojas en porcentaje tomando al número de hojas más alto como 100 %

		Fecha de siembra		
Experimento	*Sustrato*	*F1*	*F2*	*F3*
1	*Artigas*	61	74	100
	Salto	43	74	100
2	*Artigas*	71	78	100
	Salto	40	77	100

Los resultados obtenidos para esta variable relacionados a las diferentes fechas de siembra son totalmente concordantes con los conocimientos teóricos . Al atrasar la fecha de siembra aumenta la temperatura ambiente, el cual es el factor climático con mayor influencia en el ciclo del cultivo, donde para alcanzar los distintos eventos fenológicos se requiere una determinada cantidad de unidades de calor acumuladas (Ferreira et. al, 1998). No se descarta que la posibilidad que efectos alelopáticos podrían estar afectando la respuesta de esta variable.

Por lo tanto cuando aumenta la temperatura, el filocrón[1] se reduce, emitiendo una mayor cantidad de hojas en el mismo período de tiempo, que es lo que sucede en mayor grado para el caso de la tercer fecha de siembra. A continuación se ilustra cuales fueron las sumas térmicas y los días siembra- cosecha para cada fecha ensayada.

Cuadro N° 7. Días siembra- cosecha y suma térmica por fecha de siembra.

	F 1	*F2*	*F3*
Días siembra-cosecha	73	63	58
Suma térmica[2]	306	399	530

(2) Como la sumatoria de la temperatura ambiente menos la temperatura base (12°C).

Con respecto al número de hojas y como se indicaba en párrafos anteriores, se esperaba que la tercer fecha de siembra mostrara los mayores valores y en efecto sucedió así.

4.2.1.2 Temperatura del suelo.

Por las razones que se explican en el la discusión de los efectos sobre la implantación no se consideró el estudio de este factor.

4.2.1.3 Condiciones hídricas

La condición hídrica no afectó el número de hojas en el sustrato de Salto y mostró efectos significativos (P= 0,0224) en el de Artigas en donde se determinaron mayores número de hojas en el tratamiento a capacidad de campo *(Fig. N° 6).*

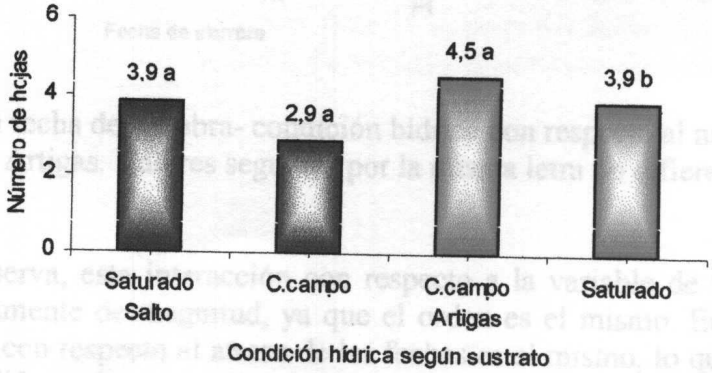

Figura N° 6. Número de hojas según condición hídrica por sustrato. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

[1] Se refiere al tiempo que transcurre entre la salida de una hoja y la siguiente.
[2] Como la sumatoria de temperatura ambiente menos base (12°C)

La tendencia observada en Artigas puede ser considerada como biológicamente lo esperable, aparentemente los efectos alelopáticos se amplifican con mayor contenido hídrico.

En un trabajo presentado por Rao et al. (1975) cita que cuando se agregaba rastrojo como sustrato en suelos inundados se podría producir una descomposición anaeróbica de los productos, como resultado los más importantes eran los ácidos orgánicos, los cuales afectaban el crecimiento de las plantas.

4.2.1.4 Fecha de siembra x condición hídrica.

En el sustrato de Artigas la interacción resultó significativa (P=0,0298). F1 resultó en menores números de hojas que F2 y F3 en saturado, mientras que en la condición de suelo de capacidad de campo resultaron iguales y menores la primer y segunda en relación a F3. Esto se muestra en el gráfico a continuación *(Fig. N° 7).*

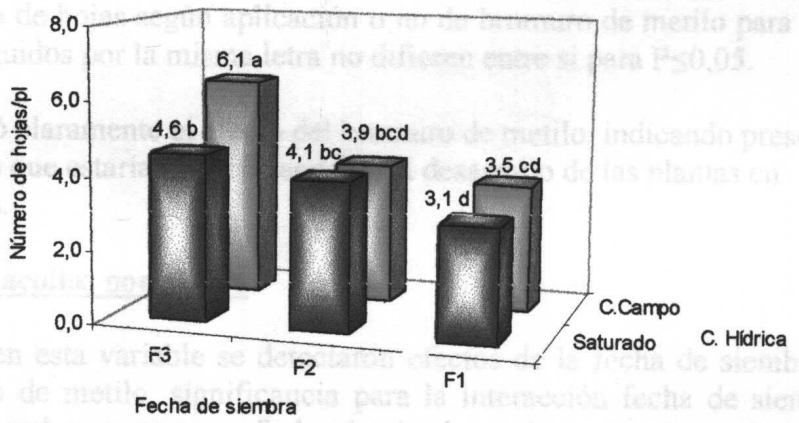

Figura N° 7. Interacción fecha de siembra- condición hídrica con respecto al número de hojas para la sustrato de Artigas. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

Como se observa, esta interacción con respecto a la variable de respuesta, muestra diferencias solamente de magnitud, ya que el orden es el mismo. Esto quiere decir que las tendencias con respecto al atraso de las fechas es el mismo, lo que cambia es la magnitud de estas diferencias.

4.2.1.5 Bromuro de metilo

El ANOVA señaló efectos muy significativos del agregado de bromuro de metilo en el total de hojas por planta para ambos sustratos (P=0,0001 para Salto y P=0,0006 para Artigas).*(Fig. N° 8).*

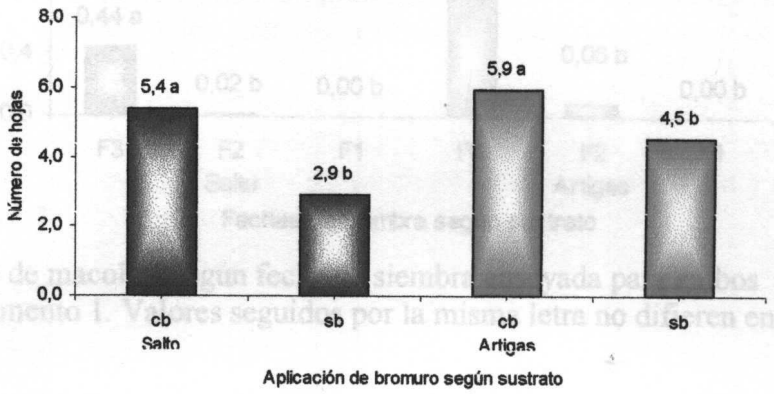

Figura N° 8. Número de hojas según aplicación o no de bromuro de metilo para ambos sustratos. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

Se observó claramente el efecto del bromuro de metilo, indicando presencia de elementos bióticos que estarían interfiriendo en el desarrollo de las plantas en condiciones normales.

4.2.2 Número de macollos por planta

También en esta variable se detectaron efectos de la fecha de siembra, del agregado de bromuro de metilo, significancia para la interacción fecha de siembra x condición hídrica en ambos sustratos y fecha de siembra x bromuro de metilo para el sustrato de Artigas.

4.2.2.1 Fecha de siembra.

Como se observa en los gráficos siguientes, el número de macollos al igual que el número de hojas mostró respuesta positiva al atraso en la fecha de siembra en el Experimento 1 y un comportamiento menos claro en el experimento 2 *(Fig. N° 9 y Fig. 10).*

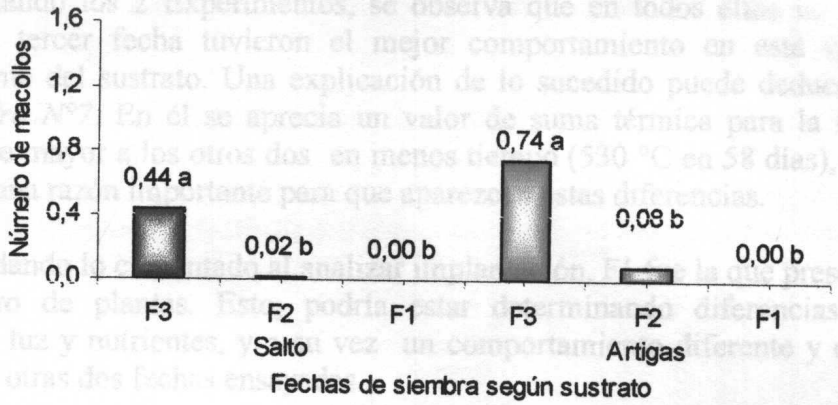

Figura N° 9. Número de macollos según fecha de siembra ensayada para ambos sustratos en el Experimento 1. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

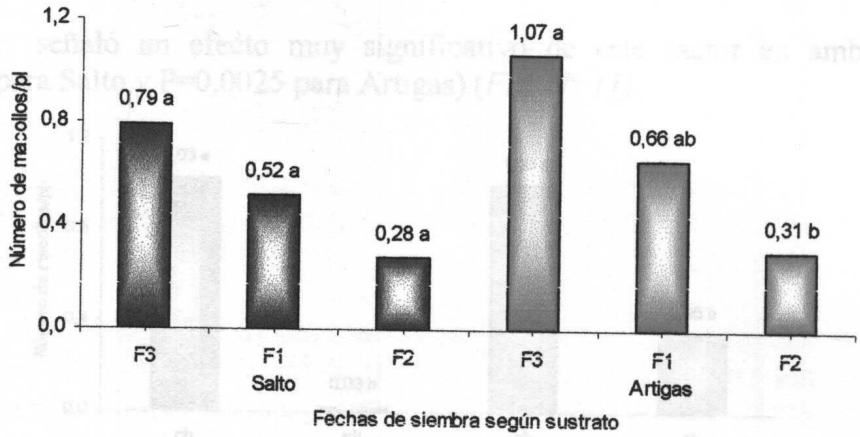

Figura N° 10. Número de macollos según fecha de siembra ensayada para ambos sustratos en el Experimento 2. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

El efecto resultó muy significativo para ambos sustratos en el Experimento 1 (P= 0,0003 para Artigas y P= 0,0085 para Salto) y señaló diferencias entre F3 con las restantes. Puede observarse que para éstas últimas el promedio de plantas con macollos es casi inexistente.

Con respecto al Experimento 2, las respuestas mostraron iguales tendencias en los dos sustratos, pero solo fue significativo en Artigas (P= 0,0141), aunque marcó interacción. La fecha 3 tuvo el mejor comportamiento diferenciándose de la fecha 2. La fecha 1 tuvo un comportamiento intermedio con respecto a las anteriores.

Analizando los 2 Experimentos, se observa que en todos ellos las plantas sembradas en la tercer fecha tuvieron el mejor comportamiento en esta variable, independientemente del sustrato. Una explicación de lo sucedido puede deducirse del análisis del *cuadro N°7*. En él se aprecia un valor de suma térmica para la fecha 3 considerablemente mayor a los otros dos en menos tiempo (530 °C en 58 días), lo cual podría constituir una razón importante para que aparezcan estas diferencias.

Recordando lo comentado al analizar implantación, F1 fue la que presentó un muy bajo número de plantas. Esto, podría estar determinando diferencias en la disponibilidad de luz y nutrientes, y a su vez un comportamiento diferente y errático con respecto a las otras dos fechas ensayadas.

4.2.2.2 Bromuro de metilo

El anova señaló un efecto muy significativo de este factor en ambos sustratos (P<0,0001 para Salto y P=0,0025 para Artigas) (*Fig. N° 11).*

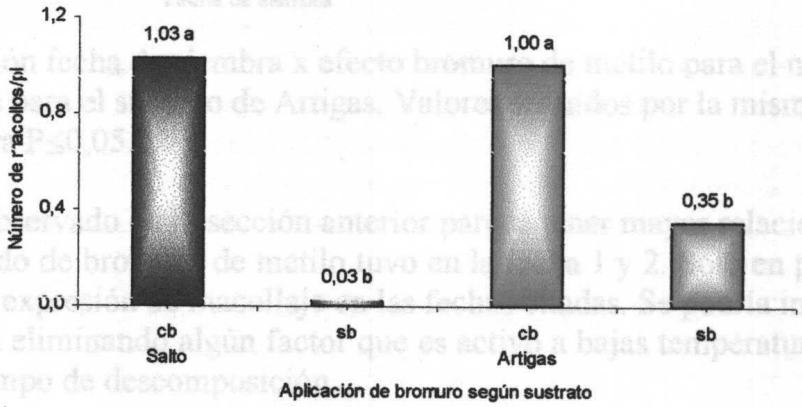

Figura N° 11. Promedio del número de macollos por planta según la aplicación o no de bromuro de metilo para ambos sustratos. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

Como puede observarse en el gráfico la tendencia fue idéntica para ambos sustratos comprobándose mayor macollaje con el agregado de bromuro de metilo. Al igual que se observó para número de hojas el efecto de bromuro, posiblemente en forma indirecta como resultado de su acción sobre algún componente biótico del suelo permite la eliminación de alguna limitante al desarrollo de las plantas. Cuando se aplicó bromuro se obtuvo, en promedio, en ambos sustratos un macollo plenamente desarrollado,

mientras que cuando no se aplicó se logró obtener en promedio 0,35 macollos en el sustrato de Artigas, mientras que en Salto no se desarrolló ninguno.

4.2.2.3 Fecha de siembra x efecto bromuro de metilo.

Solamente para el sustrato de Artigas se encontraron efectos significativos (P= 0,0385) para la interacción fecha de siembra x bromuro de metilo con el número de macollos por planta *(Fig. N° 12)*.

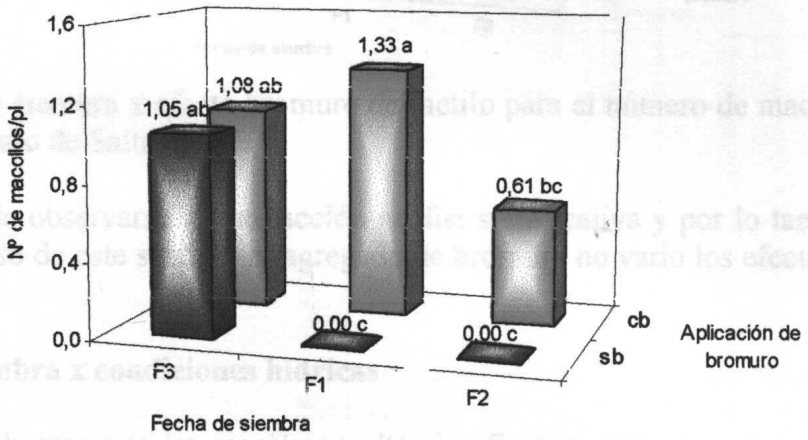

Figura N°12. Interacción fecha de siembra x efecto bromuro de metilo para el número de macollos por planta para el sustrato de Artigas. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

El efecto observado en la sección anterior parece tener mayor relación con el impacto que el agregado de bromuro de metilo tuvo en la fecha 1 y 2. Solo en presencia de este producto hubo expresión de macollaje en las fechas citadas. Se podría interpretar que el bromuro estaría eliminando algún factor que es activo a bajas temperaturas o con rastrojo con menor tiempo de descomposición.

También se observa en la figura, que la fecha mas atrasada suprime las restricciones bióticas antes mencionadas, dado que en esta fecha con o sin bromuro dio el mismo resultado.

Si bien en Salto no hubo interacción, se presenta el gráfico correspondiente *(Fig. N° 13)*.

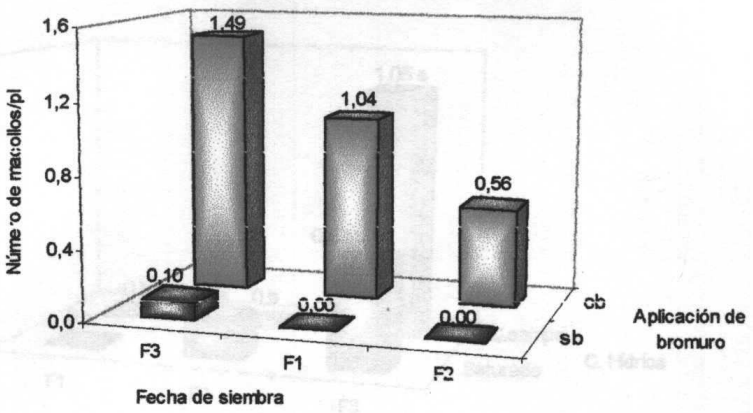

Figura N°13. Fecha de siembra x efecto bromuro de metilo para el número de macollos por planta para la sustrato de Salto.

Como puede observarse la interacción no fue significativa y por lo tanto se interpreta que en el caso de este sustrato el agregado de bromuro no varió los efectos de la fecha de siembra.

4.2.2.4 Fecha de siembra x condiciones hídricas

En ambas chacras esta interacción resultó significativa aunque se determinó diferencialmente. En el caso de Salto (P= 0,0439) es resultado de no haberse comprobado diferencias entre las fechas en el caso de los tratamientos a capacidad de campo mientras que si existieron en condiciones saturadas, en las que la F3 expresa un macollaje significativo. Por el contrario, en Artigas hubo una interacción al 10% (p= 0,0651) y la tendencia marca lo inverso a lo ocurrido en Salto. *(Fig. N°14 y Fig. N°15).*

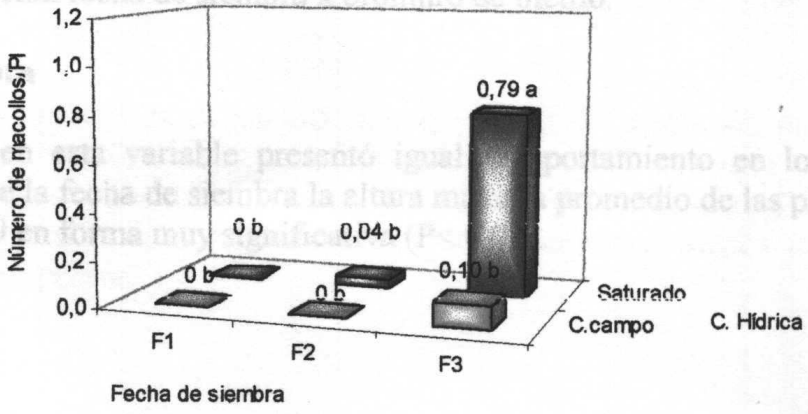

Figura N° 14. Interacción fecha de siembra- condición hídrica para el número de macollos para Salto. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

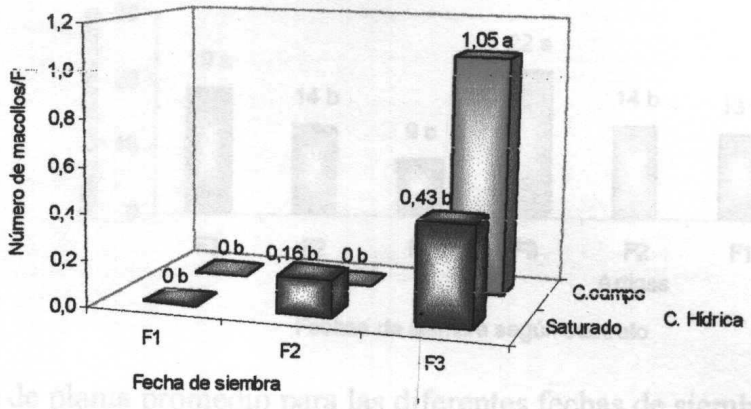

Figura N°15. Interacción fecha de siembra- condición hídrica para el número de macollos para Artigas. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,10.

No encontramos explicación lógica para estos resultados y creemos que estas diferencias puedan ser ajenas a la condición hídrica o que las diferencias entre saturado o capacidad de campo, no sean suficientes para que aparezcan efectos claros.

4.2.3 Altura de la planta

La fecha de siembra y bromuro de metilo afectaron la altura de las plantas en ambos sustratos al igual que las variables anteriores. Se detectó también efecto significativo de la interacción fecha de siembra x bromuro de metilo.

4.2.3.1 Fecha de siembra

La respuesta en esta variable presentó igual comportamiento en los dos experimentos. Al atrasarse la fecha de siembra la altura máxima promedio de las plantas aumentó *(Fig. N° 16 y 17)* en forma muy significativa (P< 0,01).

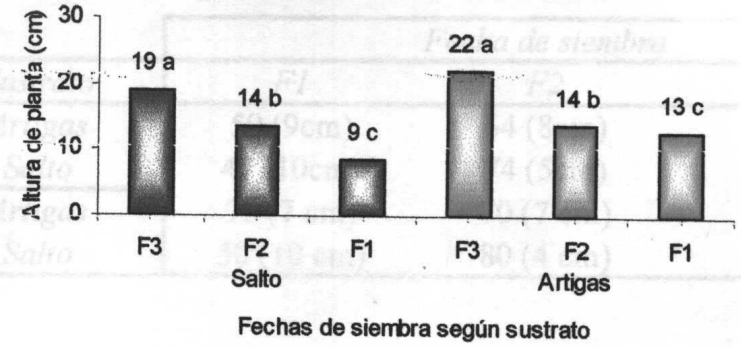

Figura N° 16. Altura de planta promedio para las diferentes fechas de siembra para ambos sustratos en el Experimento 1. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

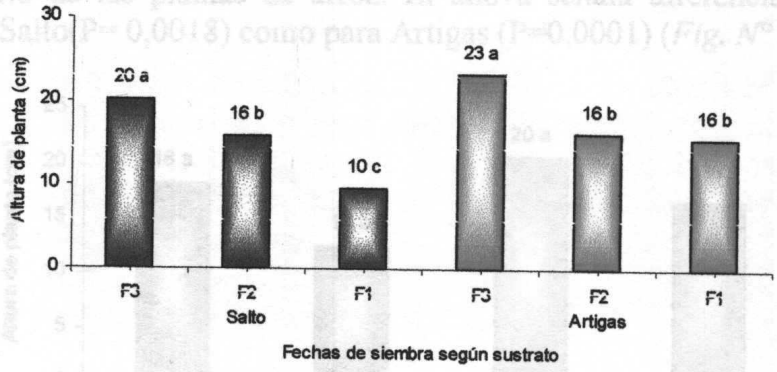

Figura N° 17. Altura de planta promedio para las diferentes fechas de siembra para ambos sustratos en el Experimento 2. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

Como muestra en las figuras anteriores, nuevamente F3 arroja los mejores resultados lo cual es comprensible considerando que esta variable, asociada con el crecimiento, también es afectada por la temperatura. Si recordamos en el cuadro de suma térmica *(Cuadro N°7)* F3 es la que acumula mayor temperatura en menos tiempo resultando esperable esta respuesta.

Cuadro N° 8. Magnitud de la altura en porcentaje tomando a la fecha con mayor altura como 100%.

		Fecha de siembra		
Experimento	*Sustrato*	*F1*	*F2*	*F3*
1	*Artigas*	59 (9cm)	64 (8cm)	100
	Salto	47 (10cm)	74 (5cm)	100
2	*Artigas*	70 (7 cm)	70 (7 cm)	100
	Salto	50 (10 cm)	80 (4 cm)	100

4.2.3.2 Efecto bromuro de metilo

Se observó una respuesta positiva en la altura de plantas al agregado de bromuro de metilo confirmando nuevamente su efecto favorable en el crecimiento posterior a la emergencia de las plantas de arroz. El anova señala diferencias muy significativas tanto para Salto(P= 0,0018) como para Artigas (P=0,0001) (*Fig. N° 18).*

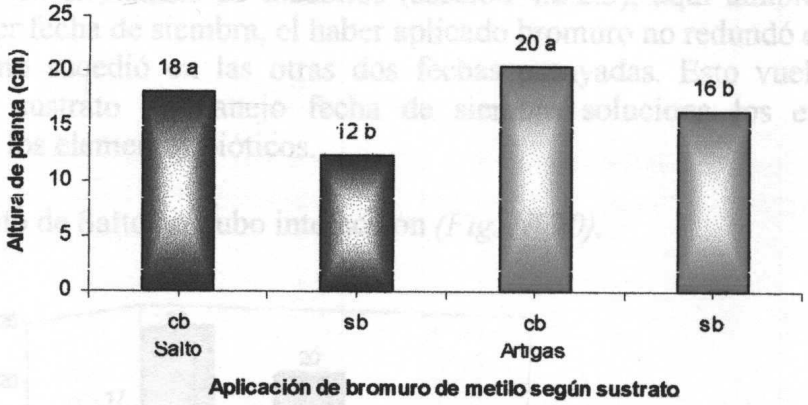

Figura N° 18. Promedio de altura por planta según la aplicación o no de bromuro de metilo para ambas sustratos. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

4.2.3.3 Fecha de siembra x bromuro de metilo

El anova realizado mostró efecto muy significativo de la interacción solo para el sustrato de Artigas (P= 0,0078) *(figura N°19).*

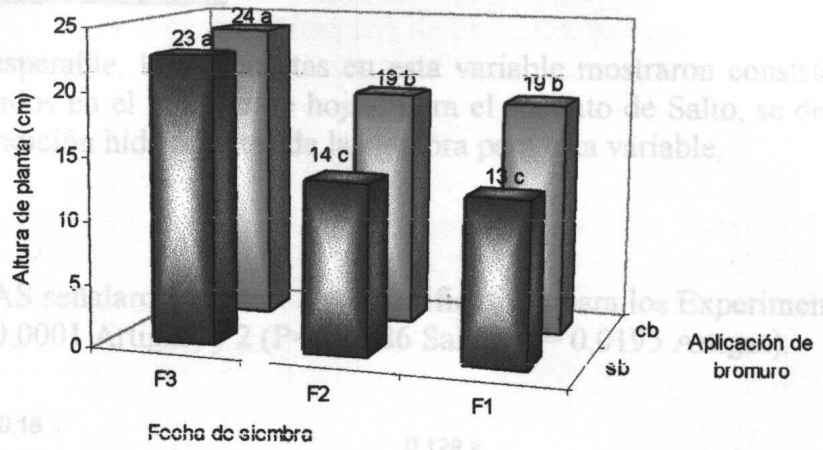

Figura N° 19. Efecto de la interacción de la fecha de siembra x efecto del bromuro sobre la altura promedio de planta para el sustrato de Artigas. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

Al igual que en el análisis de macollos (sección 4.2.2.3), aquí también se observa que para la tercer fecha de siembra, el haber aplicado bromuro no redundó en un aumento en altura, como sucedió en las otras dos fechas ensayadas. Esto vuelve a mostrar que para este sustrato el manejo fecha de siembra soluciona los efecto depresivos causados por los elementos bióticos.

Para el sustrato de Salto no hubo interacción *(Fig. N° 20).*

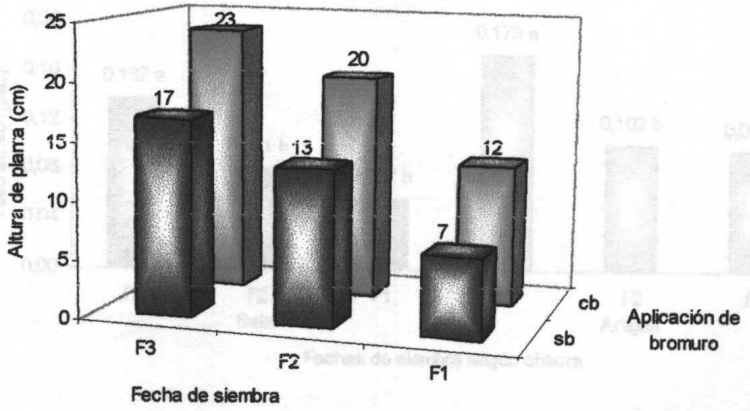

Figura N° 20. Fecha de siembra x efecto del bromuro sobre la altura promedio de planta para la sustrato de Salto.

Para este sustrato al atrasar la fecha de siembra existió una tendencia al aumento de la altura independientemente de la aplicación de bromuro de metilo.

4.2.4 Peso de parte aérea por planta

Como era esperable, las respuestas en esta variable mostraron consistencia con los efectos observados en el número de hojas. Para el sustrato de Salto, se detectó además efecto de la condición hídrica antes de la siembra para esta variable.

5.1 Fecha de siembra.

Los ANOVAS señalaron efectos muy significativos para los Experimentos 1 (P= 0,0064 Salto y P= 0,0001 Artigas) y 2 (P= 0,0186 Salto y P= 0,0195 Artigas).

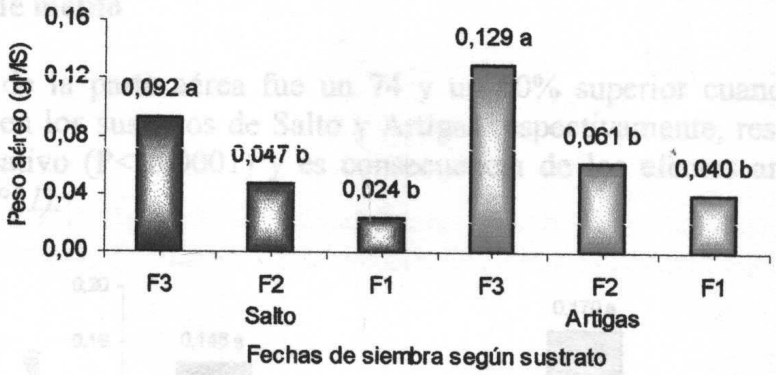

Figura N° 21. Peso promedio de la parte aérea según las diferentes fechas de siembra ensayadas para ambas sustratos en el Experimento 1. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

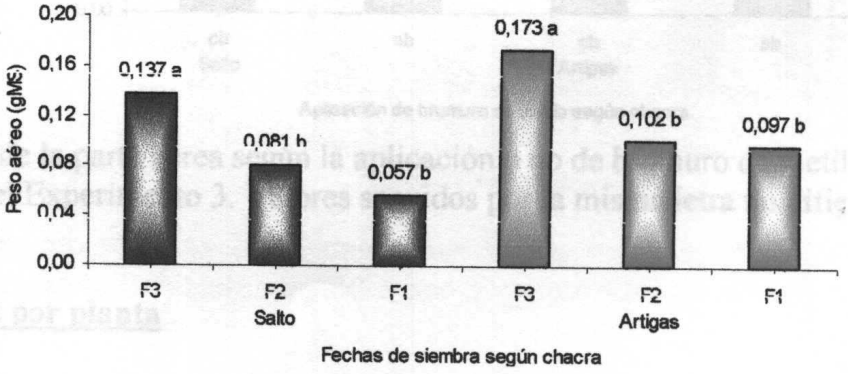

Figura N° 22. Peso promedio de la parte aérea según las diferentes fechas de siembra ensayadas para ambas sustratos en el Experimento . Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤ 0,05.

Se observa que para los dos experimentos y sustratos no se encontró diferencias entre la F1 y F2, siendo estas diferentes de F3. Cabe destacar el incremento en peso aéreo que significó F3, marcando un importante crecimiento.

4.2.4.1 Condición hídrica

Como se comentara solo en el sustrato de Salto, se detectó efecto significativo (P= 0,039) para este factor. El efecto fue similar al encontrado en el caso del número de hojas y seguramente consecuencia de aquel, por lo que los comentarios son los mismos.

4.2.4.2 Bromuro de metilo

El peso de la parte aérea fue un 74 y un 60% superior cuando se aplicó bromuro de metilo en los sustratos de Salto y Artigas respectivamente, resultando este efecto muy significativo (P< 0,0001) y es consecuencia de los efectos anteriormente comentados *(Fig. N°21).*

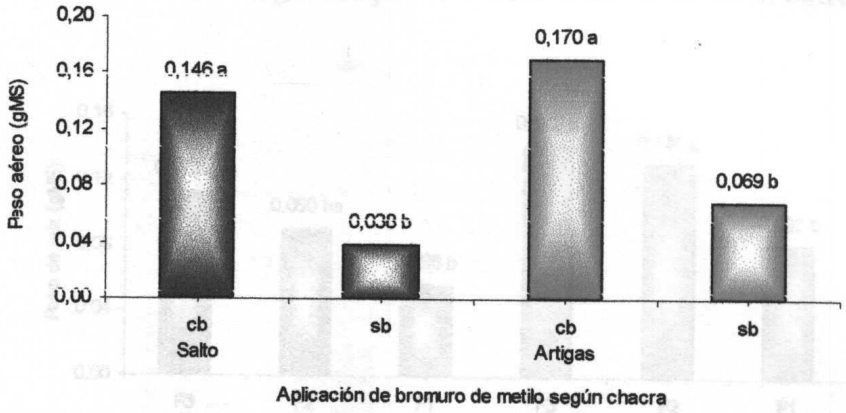

Figura N° 23. Peso de la parte aérea según la aplicación o no de bromuro de metilo para ambas sustratos en el Experimento 3. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

4.2.5 Peso de raíz por planta

El peso de raíz por planta fue afectado por la fecha de siembra y por el efecto del bromuro para los dos sustratos de forma similar a como ocurriera con el peso aéreo. A diferencia de éste último en peso de raíces se encontró además interacción fecha de siembra x aplicación bromuro de metilo para el sustrato de Artigas.

4.2.5.1 Fecha de siembra

Para ambos Experimentos y sustratos, los anovas realizaros señalaron diferencias significativas de las diferentes fechas de siembra ensayadas sobre el peso de la raíz por planta(P= 0,0368 y P= 0,0007 en el Experimento 1; p= 0.0512 y p= 0.0039 en el Experimento 2 para Salto y Artigas respectivamente) *(Fig. N° 24 y Fig. N°25).*

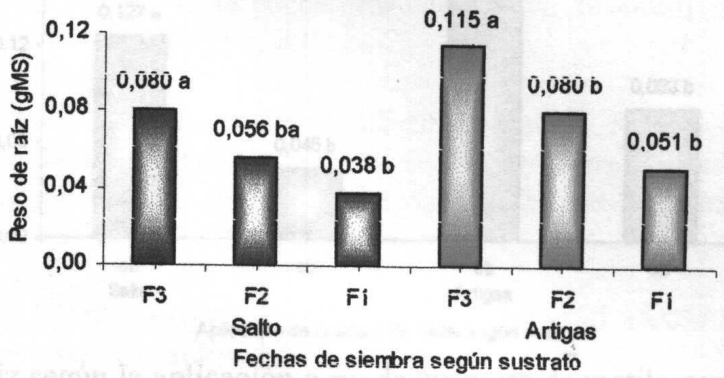

Figura N° 24. Peso de raíz según las diferentes fechas de siembra ensayadas para ambos sustratos en el Experimento 1. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

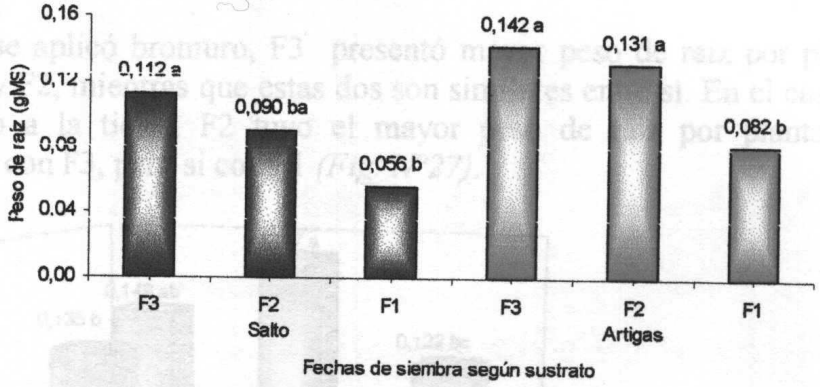

Figura N° 25. Peso de raíz según las diferentes fechas de siembra ensayadas para ambos sustratos en el Experimento 2. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

Las respuestas mostraron respuestas similares en todos los casos resultando el peso de raíz en F3 aproximadamente el doble del estimado en F1.

4.2.5.2 Bromuro de metilo

El efecto del agregado de bromuro de metilo fue muy significativo (P<0,0001) en ambos sustratos. Como puede apreciarse en la *Figura N° 26* a

continuación el incremento en el peso radicular determinado por la aplicación del bromuro fue de 65% y 46% para Salto y Artigas respectivamente, destacando la magnitud del efecto.

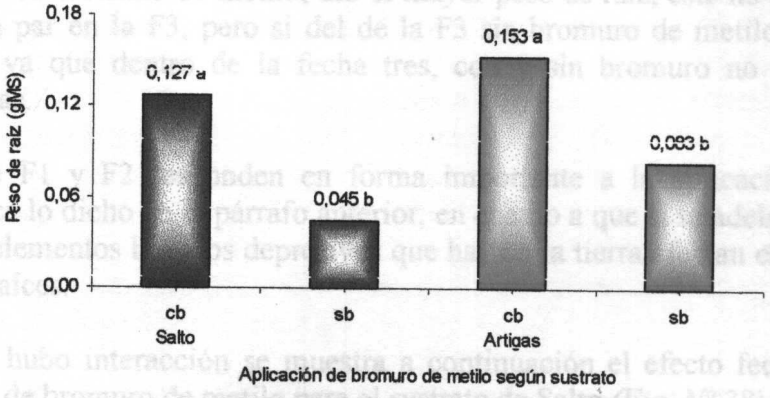

Figura N°26. Peso de la raíz según la aplicación o no de bromuro de metilo para ambos sustratos en el Experimento 2. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

4.2.5.3 Fecha de siembra x bromuro de metilo.

Cuando no se aplicó bromuro, F3 presentó mayor peso de raíz por planta siendo diferente de F1 y F2, mientras que estas dos son similares entre si. En el caso en que se aplicó bromuro a la tierra, F2 tuvo el mayor peso de raíz por planta, no presentando diferencias con F3, pero si con F1 *(Fig. N°27).*

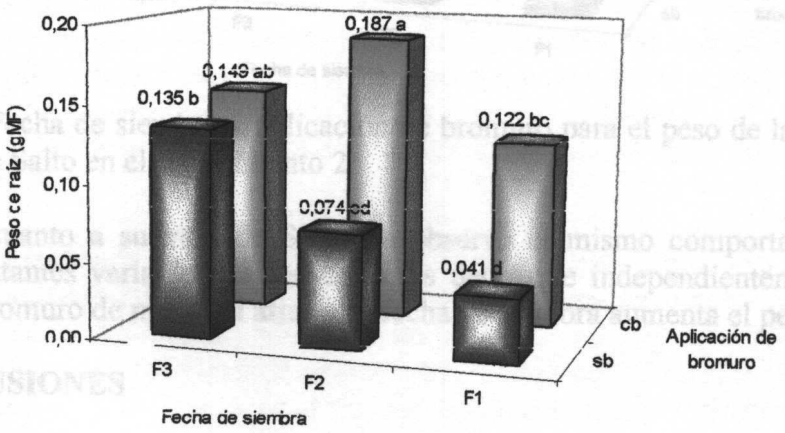

Figura N° 27. Efecto de la interacción fecha de siembra x aplicación de bromuro para el peso de la raíz dentro de la sustrato de Artigas en el Experimento 2. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si para P≤0,05.

Nuevamente para esta sustrato el hecho de sembrar en la tercer fecha, tuvo como resultado una respuesta igual, al de la misma fecha con bromuro. Es decir que sembrando en fechas óptimas se logran, para este sustrato, los mejores resultados en peso. Si bien en la F2 con bromuro de metilo, dio el mayor peso de raíz, este no difiere estadísticamente de su par en la F3, pero si del de la F3 sin bromuro de metilo. Esta diferencia es relativa ya que dentro de la fecha tres, con y sin bromuro no tienen diferencias significativas.

Vemos que F1 y F2 responden en forma importante a la aplicación de bromuro, lo cual ratifica lo dicho en el párrafo anterior, en cuanto a que si se adelanta la fecha de siembra, los elementos bióticos depresivos que hay en la tierra afectan en gran medida al peso de las raíces.

Aunque no hubo interacción se muestra a continuación el efecto fecha de siembra por aplicación de bromuro de metilo para el sustrato de Salto *(Fig. N° 28).*

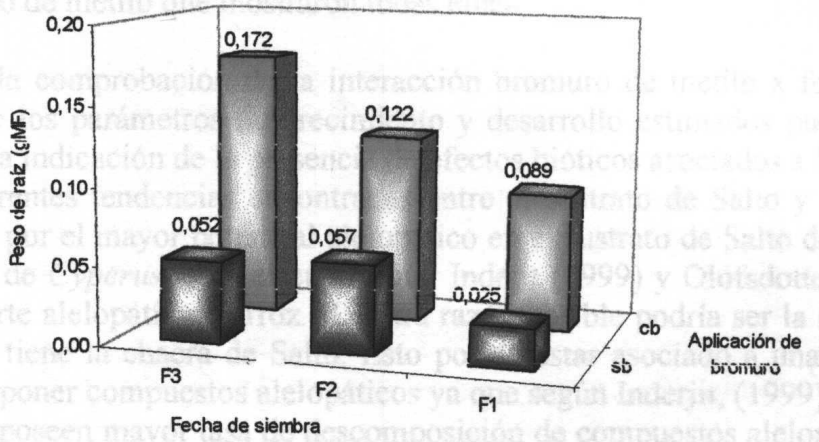

Figura N° 28. Fecha de siembra x aplicación de bromuro para el peso de la raíz dentro de la sustrato de Salto en el Experimento 2.

En cuanto a sustrato de Salto, se observó el mismo comportamiento que tuvieron las restantes variables de respuesta, es decir que independientemente del la aplicación de bromuro de metilo al atrasar la fecha de siembra aumenta el peso de raíz.

4.3 CONCLUSIONES

Del análisis anterior surge que el factor de variación de mayor peso es la fecha de siembra, con marcados efectos en la implantación, inclusive importantes impactos en el crecimiento y desarrollo inicial de arroz.

Aunque con la metodología utilizada no fue posible identificar en que medida los resultados obtenidos fueron consecuencia de solo efectos térmicos y cuanto, respuesta al grado de descomposición del rastrojo, creemos posible realizar algunas consideraciones al respecto.

Los marcados efectos en el porcentaje de implantación con resultados de tan solo 10 a 37 % para la primer fecha de siembra resultaron en parte lo esperado considerando las bajas temperaturas del suelo en ese momento y aún cuando no se descarta la posibilidad de efecto alelopáticos asociados a la presencia de rastrojo, este tipo de efectos no resultaron evidentes en esta determinación. Tanto Rao (1975) y Olofsdotter et al. (1995), concuerdan en que el coleoptile no es afectado por los aleloquímicos. Sin embargo ambos autores señalan efectos sobre la raíz. Esto puede ser debido a la exposición mas directa de las raíces a las fitotoxinas del suelo, y que los nutrientes de la semilla que sostienen al brote podrían disminuir el efecto tóxico (Young et al., 1989; citados por Olofsdotter et al. 1995).

Por el contrario las determinaciones de crecimiento y/o desarrollo parecen estar indicando la presencia de efectos bióticos, evidenciados por la respuesta a la aplicación de bromuro de metilo que mostraron todas ellas.

También la comprobación de la interacción bromuro de metilo x fecha de siembra en varios de los parámetros de crecimiento y desarrollo estimados puede ser interpretada como una indicación de la presencia de efectos bióticos asociados a la fecha de siembra. Las diferentes tendencias encontradas entre el sustrato de Salto y Artigas pueden ser explicada por el mayor potencial alelopático en el sustrato de Salto debido a una gran infestación de *Cyperus spp.*, el cual según Indejit (1999) y Olofsdotter et al. (1995), presenta fuerte alelopatía en arroz. La otra razón posible podría ser la extensa historia agrícola que tiene la chacra de Salto. Esto podría estar asociado a una menor capacidad de descomponer compuestos alelopáticos ya que según Inderjit, (1999) suelos con mayor fertilidad poseen mayor tasa de descomposición de compuestos alelopáticos. Manejando la fecha de siembra en suelos fértiles podemos suprimir los efectos negativos de los elementos bióticos, situación que se manifestó repetidas veces en el sustrato de Artigas.

En relación de la temperatura del suelo a la siembra y como ya se comentara las limitaciones metodológicas que presentara el trabajo, impiden extraer conclusiones al respecto. Las condiciones hídricas ensayadas no mostraron efectos importantes y cuando hubo alguna evidencia resulto imposible de explicar. Una razón de que los resultados no fueran contundentes, podría se porque las dos régimenes hídricos planteados en este estudio, son en efecto muy parecidos en cuanto al contenido de humedad. Sería interesante evaluar los mismos efectos en situaciones mas contrastantes como seco vs. saturado o capacidad de campo.

5. ESTUDIO 2

5.1 DISPONIBILIDAD DE NO_3 EN EL SUELO.

En la *Figura 29* se presenta la disponibilidad de N-NO_3 en los primeros 10 cm del perfil a los 27 y 95 días de iniciado el experimento.

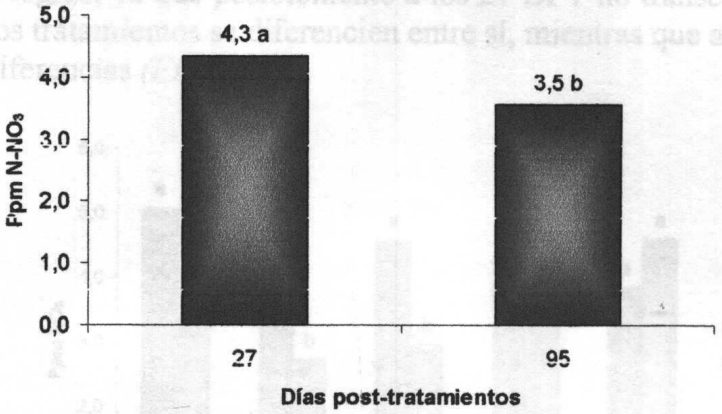

Figura Nº 29. N–NO^-_3 en suelo a los 27 y 95 días de iniciado el experimento. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0.1

El muestreo general de la chacra, que corresponde a la fecha de instalación del experimento, mostró un nivel de 3,87 ppm de N-NO_3, lo que indica una situación de muy baja disponibilidad en el suelo.

Las determinaciones realizadas a los 27 DPT[1], en Caraguatá y EP-144, y 95 DPT solamente en Caraguatá, también mostraron valores de disponibilidad extremadamente bajos.

El ANOVA conjunto entre las dos fechas de muestreo (27 DPT vs. 95 DPT) no detectó diferencias significativas para el efecto fecha (P= 0,092), si marcó tendencias al 10%, lo cual se ilustra en la *Figura Nº 29.* Tampoco mostró diferencias significativas para el efecto del tratamiento (P= 0,913), ni tampoco para el efecto de interacción fecha- tratamiento (P= 0,1884).

Esta diferencia de N-NO_3 entre las dos fechas pueden explicarse por la inmovilización del rastrojo, absorción por parte de las malezas y el lavado de nitratos. De todas formas, la diferencia cuantificada en los valores absolutos no tiene importancia agronómica, hincando muy baja disponibilidad en ambas fechas.

[1] DPT días post tratamiento

Los manejos de rastrojos y malezas durante el período de barbecho no determinaron diferencias significativas en la disponibilidad de $N–NO_3$ en el suelo ni a los 27 DPT ni a los 95 DPT (P= 0,5648 y P= 0,3919, respectivamente) en Caraguatá ni en El Paso 144.

Cuando se realizaron los ANOVA sin considerar LC, se detectó una tendencia del SRSMS a determinar mayor aporte de $N\text{-}NO_3$ en el suelo a los 95 DPT (P= 0,0679). Esto es lógico, ya que posiblemente a los 27 DPT no transcurrió el tiempo suficiente para que los tratamientos se diferencien entre sí, mientras que a los 95 DPT ya se observan ciertas diferencias *(Fig. N° 30)*.

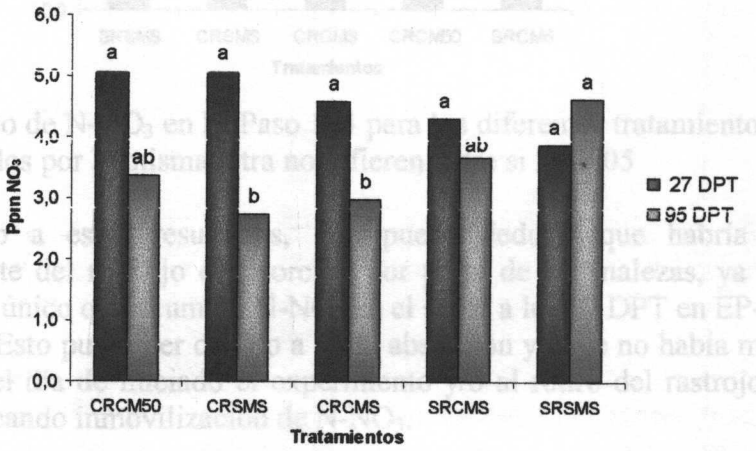

Figura N° 30. Contenido de $N\text{-}NO_3$ en Caraguatá para los diferentes tratamientos a los 27 y 95 DPT sin tomar en cuenta LC. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P< 0,10

Para El Paso 144,. el ANOVA sin considerar el LC también mostró diferencias significativas (P= 0,049). Nuevamente el SRSMS fue el manejo que determinó el mayor aporte de $N\text{-}NO_3$, siendo diferente de CRCMS, CRCM50 y SRCMS. El CRSMS se comportó en forma intermedia no difiriendo de SRSMS, ni tampoco de los tratamientos que arrojaron menor valor. Para este caso 27 DPT fue tiempo suficiente para que aparezcan diferencias entre tratamientos *(Fig. N° 31)*.

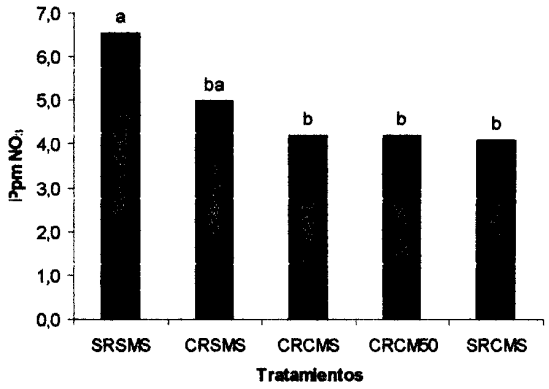

Figura N° 31. Contenido de N-NO_3 en El Paso 144 para los diferentes tratamientos a los 27 DPT. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P< 0,05

De acuerdo a estos resultados, se puede deducir que habría cierta inmovilización por parte del rastrojo o absorción por parte de las malezas, ya que el manejo SRSMS fue el único que acumuló N-NO_3 en el suelo a los 27 DPT en EP- 144 y 95 DPT en Caraguatá. Esto puede ser debido a la no absorción ya que no había malezas en el barbecho desde el día de iniciado el experimento y/o al retiro del rastrojo en la misma fecha, no provocando inmovilización de N-NO_3.

Si consideramos que la menor disponibilidad de N-NO_3 a los 95 DPT fue CRCMS y el CRSMS, las diferencias deben atribuirse a la presencia del rastrojo sobre la superficie del suelo. Lo que no queda claro, es que el tratamiento CRCM50 tuvo un comportamiento intermedio. Posiblemente los niveles tan bajos no permitan ver con claridad estas diferencias.

5.2 NÚMERO DE PLANTAS

5.2.1 Número de plantas a los 14, 20, 41 días después de la siembra

A los 14, 20 y 41 días después de la siembra (DPS) se observó que los ANOVAS no señalaron diferencias significativas (P=0,0703, P= 0,0941, P= 0,2399 respectivamente) en el número de plantas por metro lineal para la variedad El Paso 144. En el gráfico a continuación se observa la evolución de esta variable de respuesta para esta variedad.(*Fig. N° 32).*

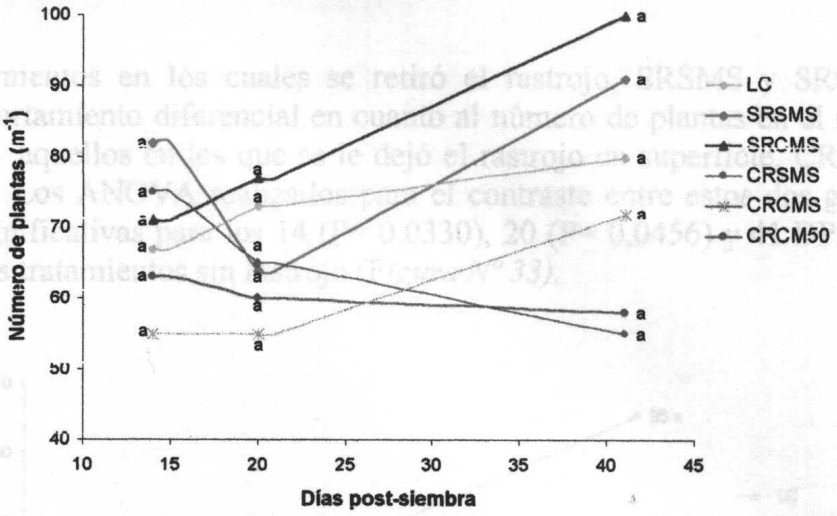

Figura Nº 32. Evolución del número de plantas en el metro lineal para los diferentes tratamientos dentro de la variedad El Paso 144. Valores seguidos por una misma letra dentro de fechas no difieren entre si (P< 0,05).

En el período de 14 DPS, los tratamientos tuvieron similar número de plantas en el metro lineal. El tratamiento CRCMS fue el que tuvo menor número de plantas, aunque no tuvo diferencias significativas con el resto. Lo mismo se aprecia a los 20 días DPS, viendo que se mantuvieron el mismo número de plantas en los tratamientos con excepción de SRSMS y CRSMS, en los cuales hubo pérdidas de plantas. A los 41 días, las diferencias entre tratamientos para este parámetro medido se hicieron más amplias. Aunque éstas fueron muy grandes, estadísticamente, no fueron diferentes, en lo cual esta influyendo el coeficiente de variación (32 %) de la determinación realizada a los 41 DPS que fue del triple del de las fechas anteriores (14 y 20 DPS).

Las malezas no tuvieron efecto alguno sobre el número de plantas emergidas. Si se comparan los tratamientos en los cuales se retiró el rastrojo (SRSMS vs. SRCMS), el tratamiento que se mantuvo siempre limpio tuvo menor número de plantas con respecto a aquel en el cual no se controlaron las malezas hasta la siembra.

Dentro de los tratamientos en los cuales se dejó el rastrojo en superficie, el CRSMS fue el que presentó mayor número de plantas emergidas a los 14 y a los 20 DPS. A los 41 DPS este tratamiento tuvo una importante pérdida de plantas quedando por debajo de los otros dos tratamientos, o por su parte que el tratamiento CRCMS haya dado el mayor número de plantas.

Aunque el número de plantas por metro lineal no presentó diferencias significativas para los diferentes manejos de barbecho ensayados, se encuentran algunas tendencias marcadas.

Los tratamientos en los cuales se retiró el rastrojo, SRSMS y SRCMS, presentaron un comportamiento diferencial en cuanto al número de plantas en el metro lineal con respecto a aquellos en los que se le dejó el rastrojo en superficie, CRSMS, CRCMS y CRCM50. Los ANOVA realizados para el contraste entre estos dos grupos señaló diferencias significativas para los 14 (P= 0,0330), 20 (P= 0,0456) y 41 DPS (P= 0,0243), a favor de los tratamientos sin rastrojo (*Figura Nº 33).*

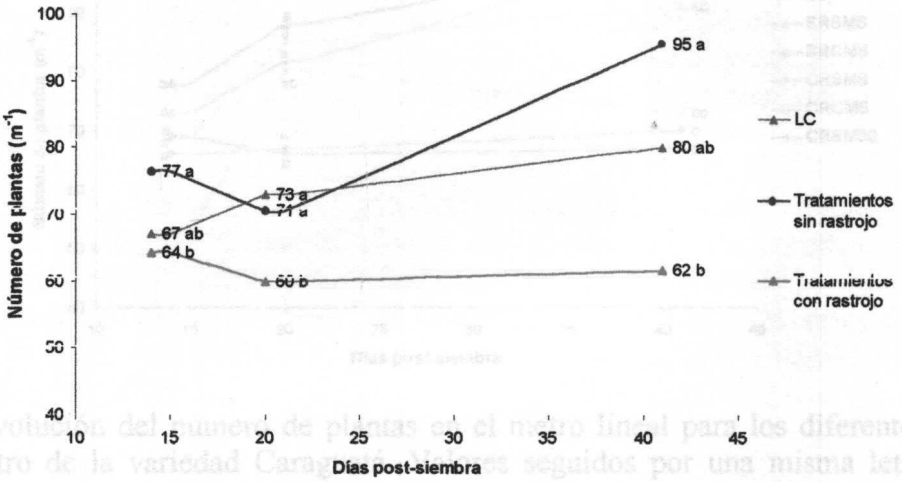

Figura Nº 33. Evolución del número de plantas en el metro lineal para el tratamiento laboreado (LC), promedio de los tratamientos sin rastrojo (SRSMS y SRCMS)y con rastrojo (CRSMS, CRCMS y CRCM50) dentro de la variedad El Paso 144. Valores seguidos por una misma letra dentro de fechas no difiren entre si (P< 0,05).

Los tratamientos sin rastrojo en superficie, en promedio presentaron a los 14 y 20 DPS una diferencia del 17 % y 15 % superior en cuanto al número de plantas en el metro lineal con respecto a el promedio de los tratamientos en que se retuvo el rastrojo en superficie. A los 41 DPS, esta diferencia a favor de los tratamientos sin rastrojo en superficie, aumentó al doble (35 %).

A los 14, 20 y 41 DPS LC con los tratamientos sin rastrojo no presentaron diferencias significativas (P= 0,1863, P= 0,7330, P= 0,3729 respectivamente), aún cuando para la última fecha los tratamientos sin rastrojo presentaron un 16% mas de plantas con respecto al primero.

Solamente a los 20 DPS LC con respecto al promedio de los tratamientos con rastrojo, presentó diferencias significativas (P= 0,0500), mientras a los 14 y 41 DPS no hubo (P=0,6632 y P= 0,2945 respectivamente).

En lo que se refiere al número de plantas en el metro lineal para la variedad INIA Caraguatá, el único ANOVA que no mostró diferencias significativas (P= 0,1859), fue para la determinación realizada a los 14 DPS. A los 20 y 41 DPS, se encontraron efectos muy significativos (P= 0,0159 y P= 0,0047, respectivamente) para esta variable de respuesta. *(Fig. N° 34).*

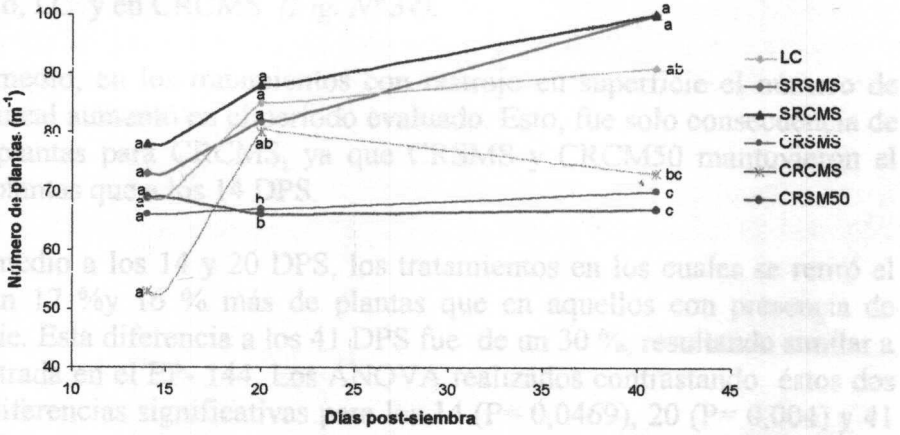

Figura N° 34. Evolución del número de plantas en el metro lineal para los diferentes tratamientos dentro de la variedad Caraguatá. Valores seguidos por una misma letra dentro de fechas no difieren entre si (P< 0,05).

Los distintos tratamientos tienen un número similar de plantas en el metro lineal a los 14 DPS, con excepción a CRCMS, aunque este no presente diferencias significativas con el resto.

A los 20 DPS, el número de plantas en el metro lineal del LC fue igual estadísticamente a los tratamientos sin presencia de rastrojo (SRSMS y SRCMS), pero estos a su vez, fueron diferentes de CRSMS y CRCM50, en los cuales se dejó el rastrojo en superficie. El CRCMS tuvo un comportamiento intermedio, el cual no se diferenció de LC, ni de los que se le retiró el rastrojo de la superficie, pero tampoco de aquellos que obtuvieron los valores más bajos.

A los 41 DPS, el número de plantas en el metro lineal de los dos tratamientos sin presencia de rastrojo en superficie (SRSMS y SRCMS) fue diferente estadísticamente de todos los que no se les retiró el rastrojo (CRSMS, CRCMS y CRCM50). El LC tuvo un comportamiento intermedio, entre el grupo de tratamientos con presencia de rastrojo y ausencia de este.

Contrastando SRSMS con SRCMS, se confirma que el control de las malezas, no afectó al número de plantas en el metro lineal en ninguna de las fechas. Lo mismo puede comentarse si se comparan aquellos tratamientos en los cuales no se retiró el rastrojo en superficie. Estos, estadísticamente, no presentaron diferencias entre si para ninguna de las determinaciones de esta variable. Por lo tanto ningún manejo de las malezas afectó el número de plantas en el metro lineal.

Mientras que en El Paso 144, se mantuvo e incluso en algún tratamiento se redujo el número de plantas en el período desde los 14 a los 20 DPS, para Caraguatá, en el mismo período, hubo una emergencia importante dentro de los tratamientos sin presencia de rastrojo, LC y en CRCMS *(Fig. N° 34).*

En promedio, en los tratamientos con rastrojo en superficie el número de plantas por metro lineal aumentó en el período evaluado. Esto, fue solo consecuencia de la emergencia de plantas para CRCMS, ya que CRSMS y CRCM50 mantuvieron el mismo número de plantas que a los 14 DPS.

En promedio a los 14 y 20 DPS, los tratamientos en los cuales se retiró el rastrojo lograron un 17 %y 16 % más de plantas que en aquellos con presencia de rastrojo en superficie. Esta diferencia a los 41 DPS fue de un 30 %, resultando similar a la diferencia encontrada en el EP- 144. Los ANOVA realizados contrastando éstos dos grupos, señalaron diferencias significativas para los 14 (P= 0,0469), 20 (P= 0,004) y 41 DPS (P= 0,0002) *(Figura N° 35).*

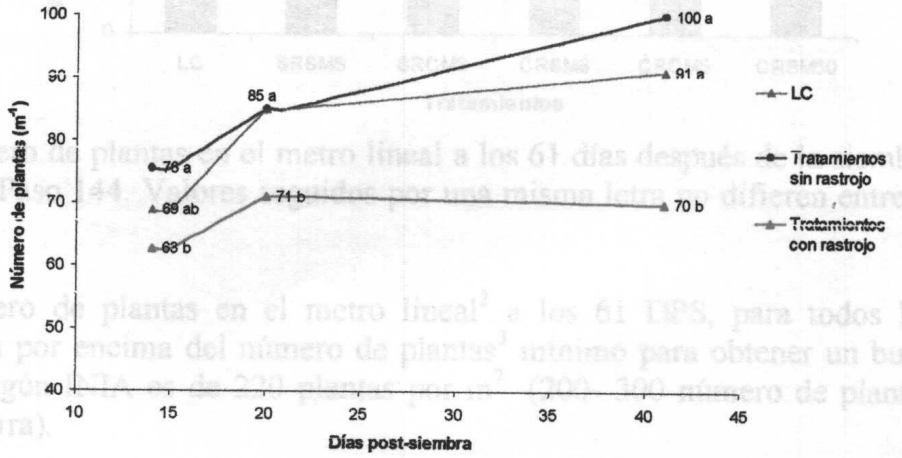

Figura N° 35. Evolución del número de plantas en el metro lineal para el tratamiento laboreado (LC), promedio de los tratamientos sin rastrojo (SRSMS y SRCMS)y con rastrojo (CRSMS, CRCMS y CRCM50) dentro de la variedad Caraguatá. Valores seguidos por una misma letra dentro de fechas no difieren entre si (P< 0,05).

Para estas mismas determinaciones el número de plantas de los tratamientos sin rastrojo, no presentaron diferencias con LC (P= 0,4262, P= 0,9190 y P=0,2484 para los 14, 20 y 41 DPS respectivamente).

Solamente a los 14 DPS el número de plantas del LC fue similar al promedio de los tratamientos con rastrojo (P= 0,3883), mientras que para los 20 DPS (P= 0,0182) y 41 DPS (P= 0,098) presentó diferencias significativas.

5.2.2 Número de plantas a los 61 días después de la siembra

El análisis del número de plantas en el metro lineal a los 61 DPS no se realiza en conjunto con los anteriores, debido a que la determinación de esta variable se realizó sobre una superficie de muestreo diferente, por lo que éste podría estar sobrestimando el número de plantas real en el metro lineal.

El ANOVA realizado para el número de plantas en el metro lineal a los 61 DPS no mostró diferencias significativas (P= 0,1739) dentro de la variedad El Paso 144. *(Fig. N° 36).*

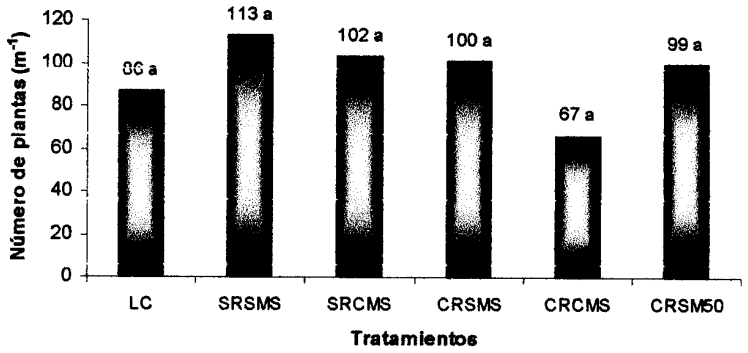

Figura N° 36. Número de plantas en el metro lineal a los 61 días después de la siembra para la variedad El Paso 144. Valores seguidos por una misma letra no difieren entre si (P< 0,05).

El número de plantas en el metro lineal[2] a los 61 DPS, para todos los tratamientos, estaría por encima del número de plantas[3] mínimo para obtener un buen rendimiento, que según INIA es de 220 plantas por m^2 (200- 300 número de plantas óptimo según Gamarra).

[2] La muestra fue tomada en 25 cm y fue llevada al metro para realizar el análisis.
[3] El tratamiento con menor número en el metro lineal presentó 394 plantas/m^2.

Si al número de plantas en el metro lineal a los 61 DPS se compara con el encontrado a los 41 DPS, observamos que para el CRSMS y CRCM50 emergieron un número importante de plantas.

La diferencia del 35 % del número de plantas encontrado a los 41 DPS entre los tratamientos sin rastrojo sobre aquellos con rastrojo en superficie, se redujo a un 21 % a los 61 DPS. El contraste entre estos dos grupos de tratamientos a los 61 DPS, no señaló diferencias significativas (P= 0,1017) marcando que en este período analizado desaparecieron los efectos depresivos que causaba el rastrojo sobre el número de plantas. El LC 61 DPS tampoco mostró diferencias contrastándolo con el promedio de tratamientos con y sin rastrojo (P=0,8574 y P= 0,1602 respectivamente) (*Fig. N° 37).*

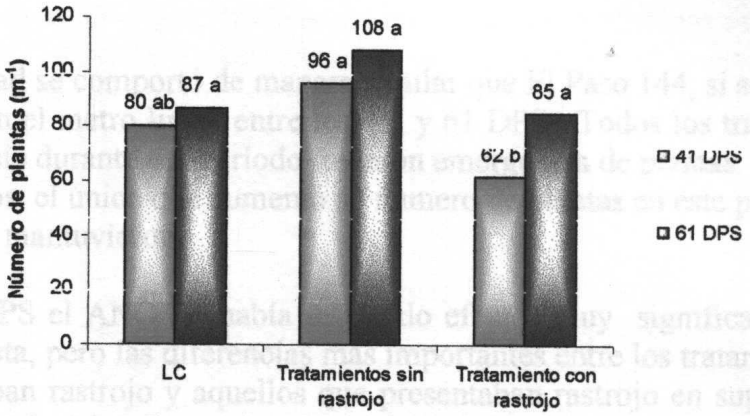

Figura N° 37. Número de plantas en el metro lineal para LC y para el promedio de los tratamientos con presencia y ausencia de rastrojo a los 41 y 61 días después de la siembra dentro de la variedad El Paso 144. Valores seguidos por una misma letra dentro de fechas no difieren entre si (P< 0,05).

Para la variedad Caraguatá, el ANOVA realizado para número de plantas en el metro lineal, a los 61 DPS tampoco mostró diferencias significativas (P= 0,4493) *(Fig. N° 38).*

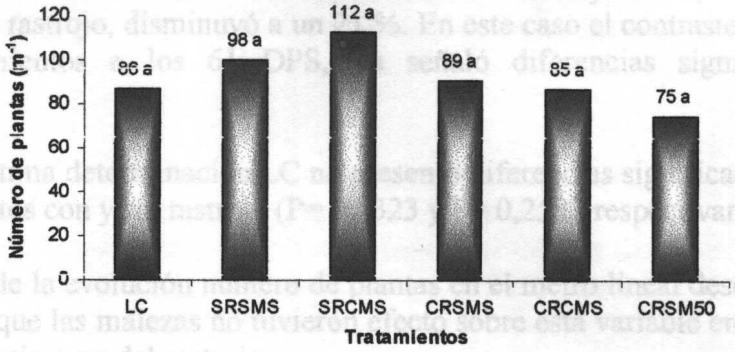

Figura Nº 38. Número de plantas en el metro lineal a los 61 días después de la siembra para la variedad Caraguatá. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P< 0,05

Esta variedad se comportó de manera similar que El Paso 144, si se compara el número de plantas en el metro lineal entre los 41 y 61 DPS. Todos los tratamientos con rastrojo en superficie durante ese período tuvieron emergencia de plantas. En cuanto a los demás tratamientos, el único que aumentó su número de plantas en este período fue el SRCMS, los otros se mantuvieron.

A los 41 DPS el ANOVA había mostrado efectos muy significativos para esta variable de respuesta, pero las diferencias más importantes entre los tratamientos en los cuales no presentaban rastrojo y aquellos que presentaban rastrojo en superficie se redujeron a los 61 DPS. El LC siguió manteniendo una buena implantación sin diferenciarse del resto de los tratamientos*(Fig. Nº 39)*.

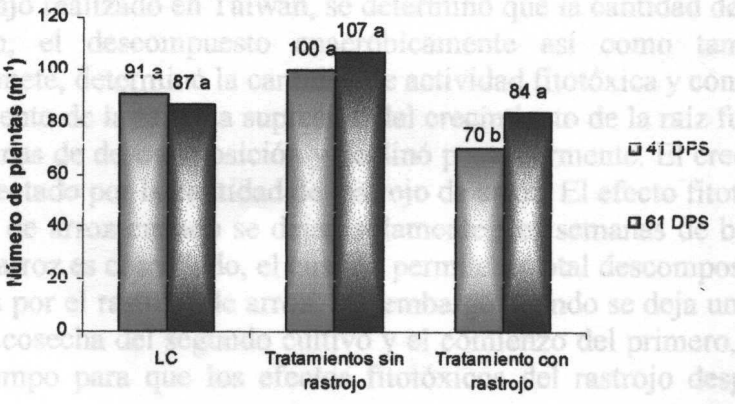

Figura Nº 39. Número de plantas en el metro lineal para LC y para el promedio de los tratamientos con presencia y ausencia de rastrojo a los 41 y 61 DPS dentro de la variedad Caraguatá. Valores seguidos por una misma letra dentro de fechas no difieren entre si (P< 0,05).

Como se dijo anteriormente, las diferencias de esta variable de respuesta del 30 % encontrada a los 41 DPS a favor de los tratamientos sin rastrojo en superficie con respecto a aquellos con rastrojo, disminuyó a un 21 %. En este caso el contraste de estos dos grupos de tratamientos a los 61 DPS, no señaló diferencias significativas (P=0,0909).

Para esta última determinación LC no presentó diferencias significativas con los grupos de tratamientos con y sin rastrojo (P= 0,8323 y P= 0,2582 respectivamente).

El análisis de la evolución número de plantas en el metro lineal desde los 14 a los 61 DPS, muestra que las malezas no tuvieron efecto sobre esta variable en estudio, pero sí lo tuvo la presencia o no del rastrojo.

La presencia de rastrojo sobre la superficie del suelo (CRSMS, CRCMS y CRCM50) , retrasó la emergencia de las plantas de arroz sin determinar diferencias estadísticas en el número final de plantas para las dos variedades. Este retraso, pudo deberse a que la presencia de rastrojo en superficie, redujo la temperatura del suelo, enlenteciendo la emergencia de plántulas. También el rastrojo podría haber estado liberando compuestos alelopáticos, no dejando nacer las semillas o emerger las plántulas de arroz.

En un estudio observaron que éstos compuestos son producidos en etapas tempranas de la descomposición de los residuos y es en esos momentos donde se dan las mayores concentraciones, (Kimperg, G. 1973) por lo que debe haber un determinado período de tiempo entre la cosecha de un cultivo y la siembra del siguiente para reducir este efecto negativo (Alvarez, A et al., 2000).

En otro trabajo realizado en Taiwán, se determinó que la cantidad de rastrojo de arroz en el suelo, el descompuesto anaeróbicamente así como también el descompuesto aeróbicamete, determinó la cantidad de actividad fitotóxica y consecuente reducción en el crecimiento de la raíz. La supresión del crecimiento de la raíz fue mayor después de cuatro semanas de descomposición y declinó posteriormente. El crecimiento del coleóptile no fue afectado por la cantidad de rastrojo de arroz. El efecto fitotóxico se presenta en las plantas de arroz cuando se dejan solamente tres semanas de barbecho, luego que el cultivo de arroz es cosechado, el cual no permite la total descomposición de las fitotoxinas liberadas por el rastrojo de arroz. Sin embargo cuando se deja un rastrojo de 10 semanas entre la cosecha del segundo cultivo y el comienzo del primero, permite que haya suficiente tiempo para que los efectos fitotóxicos del rastrojo desparezcan (Chou, et al., 1976).

Si bien en Uruguay entre un cultivo de arroz y el siguiente transcurren mas de 10 semanas (28 semanas en promedio), hay que tener en cuenta que la temperatura en ese período es bastante menor a la localidad que se mencionara en la cita anterior. Esto

puede hacer que esas 28 semanas no sean suficientes para descomponer el rastrojo, eliminando el efecto fitotóxico. Esto se debe a que las bajas temperaturas disminuirían la actividad biológica. Dada la nula información encontrada con respecto a este tema en nuestro país, se podría pensar que los elementos fitotóxicos podrían aún persistir cuando se siembra nuevamente el cultivo siguiente.

En cuanto al LC y SD, datos nacionales provenientes de un informe técnico del del INIA (Anónimo, 1999) muestran que en promedio delas zafras 1992- 93, 1993-94 , 1994-95 hubo un 37% menos de plantas recuperadas por unidad de superficie (351 plantas/m^2 vs 221 plantas/m^2) en SD con respecto a LC. Esto puede ser debido a la importante cantidad de rastrojo de arroz presente del año anterior (dato no presentado pero mencionado en este trabajo).

En este estudio en ambas variedades a los 61 DDS LC se comporta igual a todos los tratamientos en SD, no concordando con la bibliografía estudiada. Debe considerarse que las variaciones detectadas ocurrieron por encima de la población óptima establecida para el cultivo, lo cual es resultado de la cantidad de semilla utilizada a la siembra. Otra razón por la cual todos los tratamientos lograron un alto número de plantas es por la inundación realizada 3 días post-siembra.

5.3 DESARROLLO DE LAS PLANTAS

5.3.1 Desarrollo de las plantas a los 14 y 20 días después de siembra

5.3.1.1 El Paso 144

El desarrollo de las plantas presentes a los 14 DPS fue afectado significativamente por los tratamientos en la variedad El Paso-144, los ANOVAS realizados para el número de plantas con una hoja en desarrollo y número de plantas con 2 hojas indicaron diferencias muy significativas (P= 0,0027, y P= 0,0001 respectivamente), no siendo así para el número de plantas con una hoja. (P= 0,07). *(Figura N° 40).*

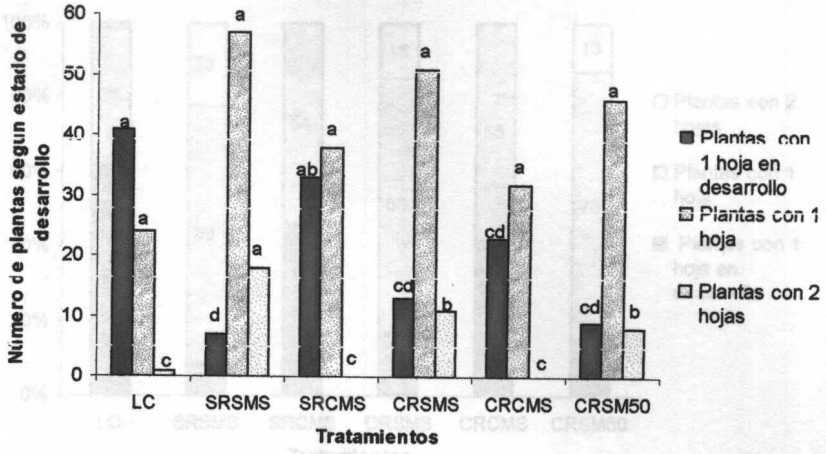

Figura Nº 40. Número de plantas a los 14 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad El Paso 144. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P< 0,05.

Las plantas de los tratamientos SRSMS, CRSMS y CRCM50 presentaron un estado mas avanzado de desarrollo que LC, SRCMS, CRCMS, de acuerdo a la presencia de menor número de plantas con una hoja en desarrollo y mayor número en una y dos hojas .

El LC es el que presentó mayor número de plantas con una hoja en desarrollo, no diferenciándose de SRCMS, pero si del resto.

En lo que se refiere al número de plantas con una hoja, que es donde se encuentra la mayor parte de la población en esta fecha de muestreo, SRSMS, tendió ser diferente de LC y CRCMS, pero no del resto (P<0,07).

Con respecto al número de plantas con dos hojas, SRSMS determinó mayor valor y fue diferente significativamente del resto. LC, SRCMS y CRCMS no presentaron plantas en este estado. SRSMS, CRSMS y CRCM50, tuvieron un 22 %, 15 % y 13 % de plantas con 2 hojas con respecto a total de las plantas. *(Fig. Nº 41).*

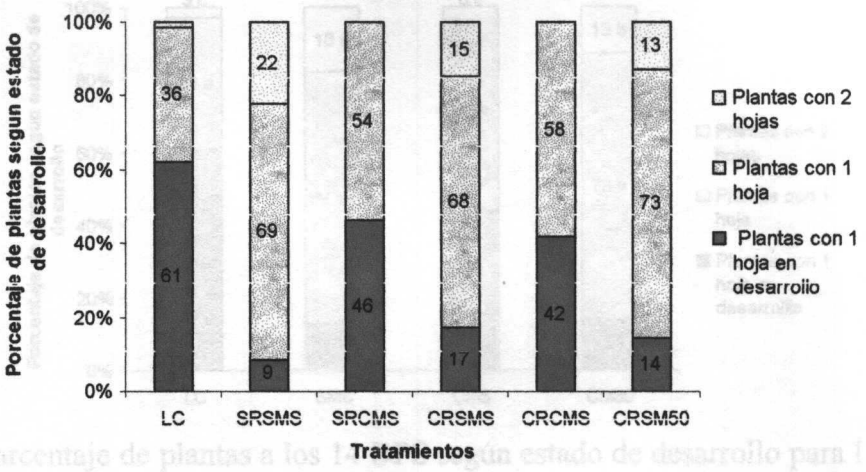

Figura Nº 41. Porcentaje de plantas según el estado de desarrollo de las plantas de arroz a los 14 días después de la siembra dentro de la variedad El Paso 144.

Llama la atención de acuerdo a lo mencionado en la bibliografía, que LC se presentó como el mas atrasado de todos, presentando el 61% de sus plantas 1 hoja en desarrollo. En contraparte lo observado anteriormente, la bibliografía encontrada (Lavecchia, *et. al.*, 1999) cita que la siembra convencional tiene un buen desarrollo inicial de las plantas, mientras que la siembra directa tiene un muy lento desarrollo de la mismas, teniendo en cuenta que la cantidad del rastrojo del cultivo anterior era importante (este dato no fue cuantificado en ese trabajo). La explicación a esta diferencia encontrada en este experimento, puede ser por el hecho de que no se controló la profundidad de siembra y seguramente en LC la semilla fue sembrada a mayor profundidad. Si bien la emergencia no se vio atrasada, si lo fue su desarrollo ya que debió crecer mas para llegar a la superficie del suelo.

Si se compara SRSMS con SRCMS, el primero estuvo siempre limpio y se encuentra en el grupo que tuvo las plantas con desarrollo más avanzado. Lo mismo pasa, si se contrasta CRSMS con CRCMS, en el primero se controlaron las malezas hasta la siembra y se comportó como uno de los tratamientos mas desarrollados al igual que SRSMS.

El CRCM50 pertenece a aquellos tratamientos con rastrojo en superficie, pero en el cual se controlaron las malezas 50 días antes de la siembra. A su vez se encuentra dentro del grupo SRSMS y CRSMS, los cuales presentaron las plantas con desarrollo más avanzado, por lo que no sería la presencia de rastrojo lo que afectó al desarrollo de las plantas, sino la presencia o ausencia de malezas durante los últimos 50 días de barbecho *(Fig. Nº 42).*

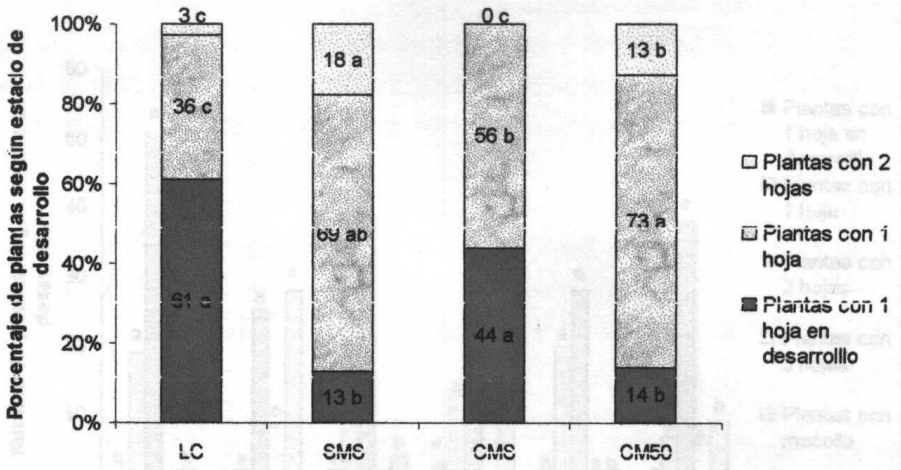

Figura N° 42. Porcentaje de plantas a los 14 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad El Paso 144. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P< 0,05

Los contrastes realizados entre LC, CRCM50, tratamientos sin malezas siempre (SMS) y los tratamientos con malezas siempre (CMS), muestran que los mas atrasados fueron LC y CMS. Estos dos tratamientos tienen mayor porcentaje de plantas en 1 hoja en desarrollo difiriendo estadísticamente de los otros dos (p< 0,05). CRCM50 y SMS fueron los únicos que presentaron plantas en dos hojas demostrando su mayor desarrollo.

El desarrollo diferencial encontrado entre tratamientos, no es causa de un número diferencial de plantas encontrada en el metro lineal, el cual podría ejercer algún tipo de competencia, ya que el SRSMS, es el que presentó mayor número de plantas y además éstas se encuentran en un estadio de desarrollo más avanzado.

Con respecto al desarrollo de las plantas presentes a los 20 días DPS, para la variedad El Paso 144, la única variable de respuesta en la que se detectó diferencias significativas (P=0,0183) fue para el número de plantas con macollo.

Para el caso del número de plantas con una hoja en desarrollo, 1 hoja, 2 hojas, 3 hojas los ANOVAS realizados no mostraron diferencias significativas (P= 0,2139, P= 0,1016, P= 0,4644 y P= 0,1162) *(Fig.N° 43).*

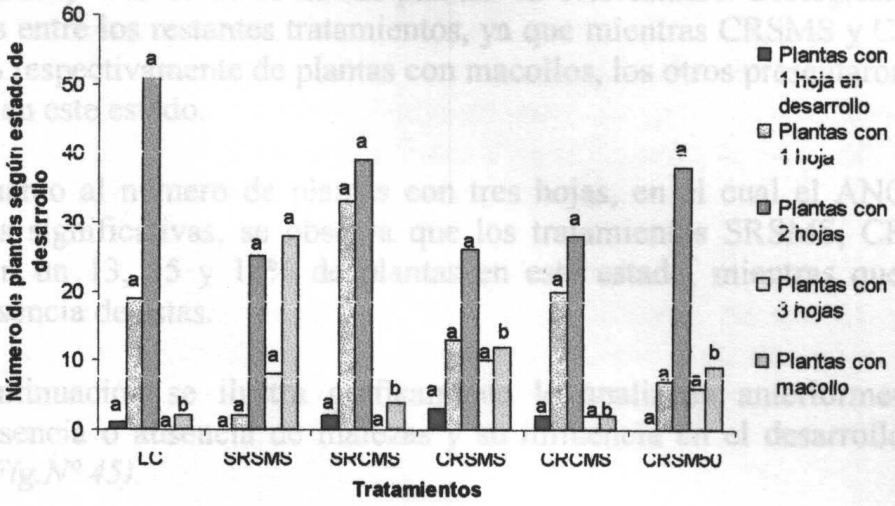

Figura Nº 43. Número de plantas a los 20 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad El Paso 144. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P< 0,05

Como se observa en la *Figura Nº 43,* hubo muy pocas plantas con una hoja en desarrollo, por lo tanto las emergidas en ese período fueron para todos los tratamientos muy pocas.

Agronómicamente, se siguen apreciando diferencias entre aquellos tratamientos en los cuales se controlaron las malezas antes de la siembra con respecto a las que no *(Figura Nº 44).*

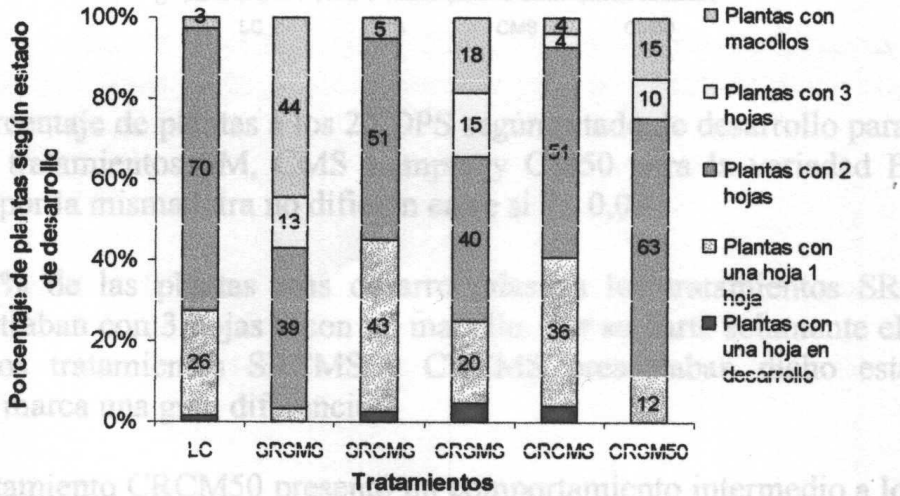

Figura Nº 44. Porcentaje de plantas a los 20 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad El Paso 144.

El único manejo que presentó diferencias estadísticas sobre las plantas con macollos fue SRSMS, con el 44 % de las plantas en este estadio. Biológicamente si habría diferencias entre los restantes tratamientos, ya que mientras CRSMS y CRCM50 tuvo un 18 y 15% respectivamente de plantas con macollos, los otros presentaron menos de 5% de plantas en este estado.

En cuanto al número de plantas con tres hojas, en el cual el ANOVA no señaló diferencias significativas, se observa que los tratamientos SRSMS, CRSMS y CRSM50 tuvieron un 13, 15 y 10% de plantas en este estado, mientras que en los restantes hubo ausencia de estas.

A continuación se ilustra gráficamente lo analizado anteriormente con respecto a la presencia o ausencia de malezas y su influencia en el desarrollo de las plantas nacidas.*(Fig.Nº 45)*.

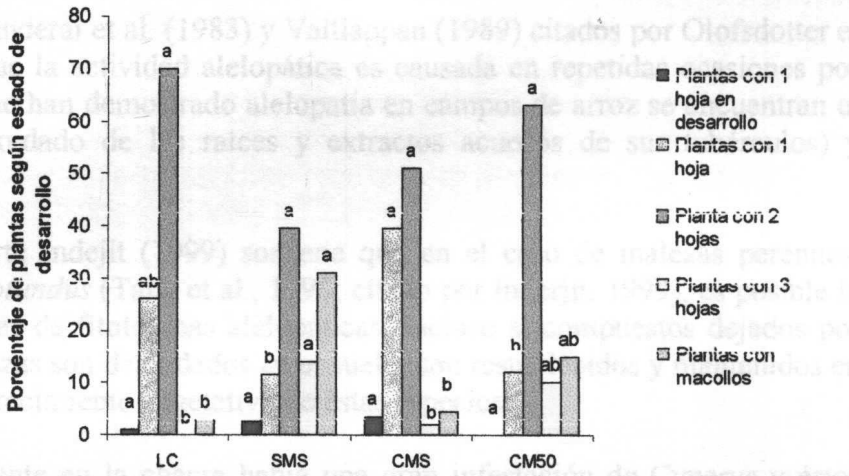

Figura Nº 45. Porcentaje de plantas a los 20 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CMS siempre y CM50 para la variedad EP 144. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P< 0,05

El 45% de las plantas mas desarrolladas en los tratamientos SRSMS y CRSMS se encontraban con 3 hojas o con un macollo. Por su parte solamente el 7% de las plantas en los tratamientos SRCMS y CRCMS presentaban dicho estado de desarrollo, lo que marca una gran diferencia.

El tratamiento CRCM50 presentó un comportamiento intermedio a los antes mencionados. Este tratamiento tuvo un 25% de sus plantas en los estados mas avanzados de desarrollo y solamente un 12% de sus plantas en el estado de menor desarrollo.

Los contrastes realizados entre estos tratamientos (LC y CRCM50) y grupos de tratamientos (SMS y CMS) confirman lo anteriormente mencionado. Los tratamientos SMS no difieren estadísticamente (P< 0,05) del CRCM50 para plantas con macollos y plantas con tres hojas, pero si del resto. Ninguno difiere estadísticamente en cuanto a plantas con dos hojas pero si en plantas en una hoja (p< 0,05), en donde CMS tuvo mayor porcentaje de plantas en este estado, y se diferenció únicamente de SMS mientras que LC y CRCM50 tuvieron un comportamiento intermedio.

Esto confirma que hubo un efecto de las malezas presentes durante el período de barbecho sobre el desarrollo de las plantas de arroz. Se encontró notoria diferencia entre aquellos tratamientos SMS frente a los CMS; a su vez un control 50 DAS determinó una mejora con relación a la situación sin control. La causa mas probable que se encuentra en este estudio seguramente sea algún factor alelopático de las malezas el que esté influyendo .

Según Bhanderai et al. (1983) y Valliappan (1989) citados por Olofsdotter et al. (1995) encontró que la actividad alelopática es causada en repetidas ocasiones por malezas y entre las que han demostrado alelopatía en campos de arroz se encuentran el *Cyperus rotundus* (exudado de las raíces y extractos acuosos de sus tubérculos) y *Cyperus difformis.*

Por su parte Indejit (1999) sostiene que en el caso de malezas perennes, como es el *Cyperus rotundus* (Tang et al., 1995; citado por Inderjit, 1999), es posible la acumulación de niveles de fitotoxinas alelopáticas. Incluso si compuestos dejados por estas especies de malezas son degradados en el suelo, son restablecidos y mantenidos en el suelo, a través del crecimiento vegetativo de éstas especies.

Efectivamente en la chacra había una gran infestación de Cyperus y éstos quedaron en los tratamientos CMS hasta la siembra y en el CM50 hasta su control 50 DAS.

5.3.1.2 INIA CARAGUATA

El la variedad INIA Caraguatá se detectaron efectos significativos en el desarrollo de las plantas a los 14 DPS. El número de plantas con una hoja en desarrollo y número de plantas con una hoja, mostraron diferencias muy significativas (P= 0,002 y P= 0,0012 respectivamente) *(Fig. N° 46).*

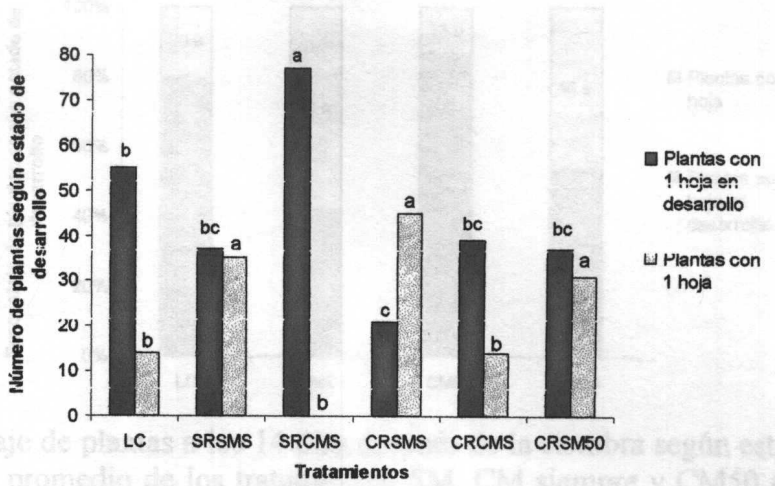

Figura N° 46. Número de plantas a los 14 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad INIA Caraguatá. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

El tratamiento con menor desarrollo fue SRCMS, ya que es el que tuvo la totalidad de las plantas con una hoja en desarrollo y difirió estadísticamente del resto. El que presentó menor número de plantas con una hoja en desarrollo, fue CRSMS, no teniendo diferencia con SRSMS, CRCMS y CRCM50, si con LC y SRCMS.

El análisis de las plantas con 1 hoja, mostró diferencias significativas, siendo que CRSMS, SRSMS y CRCM50 los que determinaron plantas en estadios de desarrollo más avanzado y fueron estadísticamente iguales entre ellos y diferentes del resto.

Como se aprecia en la *Figura N° 47*, se establecieron dos grupos de tratamientos, diferenciándose entre sí por el estado de desarrollo de las plantas.

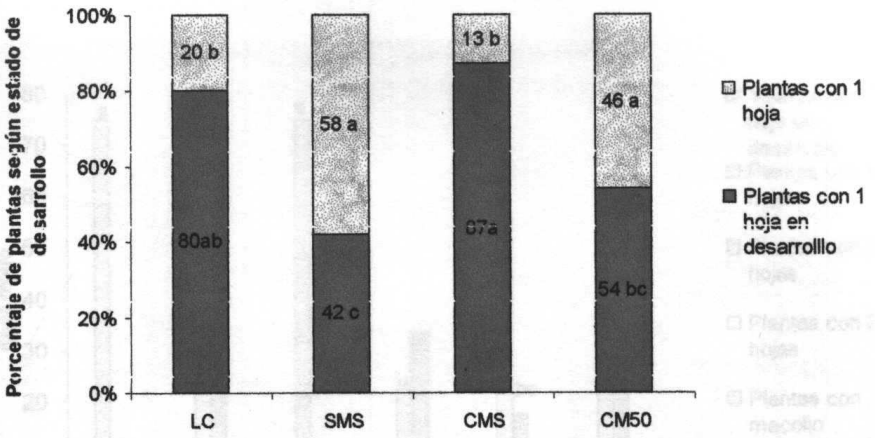

Figura Nº 47. Porcentaje de plantas a los 14 días después de la siembra según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad INIA Caraguatá. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P< 0,05.

Existió el mismo comportamiento que en El Paso 144, los tratamientos con desarrollo más atrasado a los 14 DPS, fueron aquellos CMS y LC. Los contrastes marcaron efectos significativos (P< 0,05) para las variables porcentaje de plantas con una hoja en desarrollo y porcentaje de plantas con una hoja, entre estos tratamientos con los del grupo SMS. CRCM50 tuvo el mismo comportamiento que SMS no difiriendo estadísticamente, con este, en ninguno de los parámetros medidos.

Igualmente a lo ocurrido en El Paso 144, dentro de los tratamientos evaluados en siembra directa, la presencia de malezas afectó el desarrollo de las plantas. Con respecto al tratamiento laboreado, contradictoriamente a lo encontrado en la bibliografía, sus plantas se presentaron al inicio del cultivo con un desarrollo similar al de aquellos tratamientos más atrasados, lo que seguramente la profundidad de siembra haya afectado este comportamiento.

Por otra parte, se confirma que la diferencia en desarrollo encontrada entre tratamientos, no se debió a las variaciones cuantificadas en el número de plantas logrado, ya que, SRSMS y SRCMS tuvieron un número similar de plantas para esta fecha de análisis, pero el primero, se mostró como uno de los tratamientos más avanzados en cuanto a su desarrollo, mientras que el segundo se comportó como uno de los más atrasados.

Con respecto al desarrollo de las plantas a los 20 DPS, para la variedad Caraguatá, los ANOVAS realizados marcaron diferencias muy significativas para el número de plantas con 1 y 2 hojas (P= 0,0006 y P= 0,0161, respectivamente) *(Fig. Nº 48).*

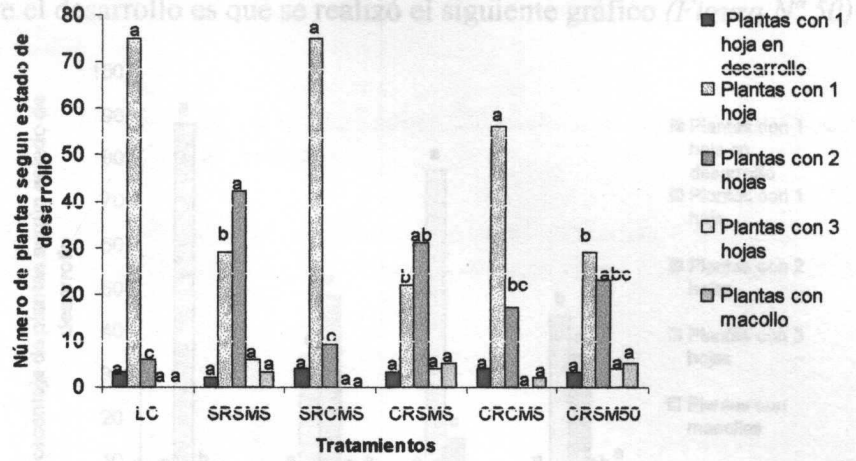

Figura N° 48. Número de plantas a los 20 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad INIA Caraguatá. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05

Se aprecia en las *Figura N° 48 y 49* que a los 20 DPS siguió el mismo patrón de desarrollo que a los 14 DPS. Los tratamientos SRSMS, CRSMS y CRCM50 tuvieron menor número de plantas con 1 hoja y su número difirió estadísticamente del resto. Por otro lado, SRSMS y CRSMS tuvieron mayor número de plantas en 2 hojas, sin diferenciarse estadísticamente de CRCM50, y se comenzó a observar plantas en 3 hojas e inicio de macollaje.

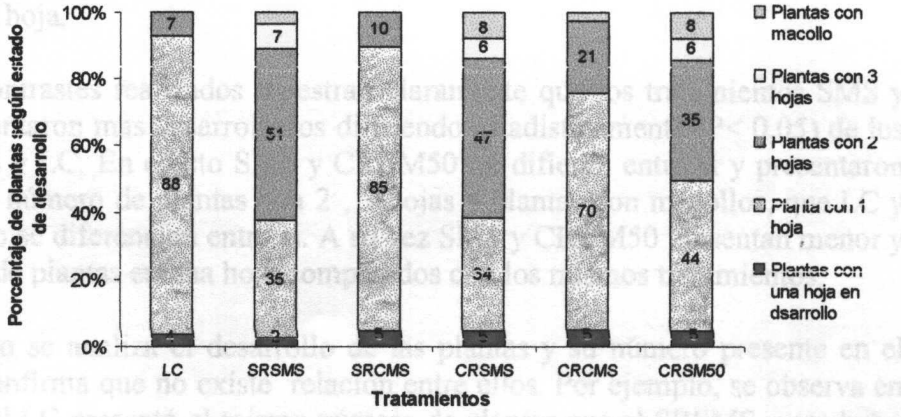

Figura N° 49. Porcentaje de plantas a los 20 días después de la siembra según el estado de desarrollo de las plantas de arroz dentro de la variedad INIA Caraguatá. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05

Es marcado el atraso en desarrollo que tuvo LC.

Para analizar con profundidad lo afirmado anteriormente, en cuanto al efecto de las malezas sobre el desarrollo es que se realizó el siguiente gráfico *(Figura N° 50)*.

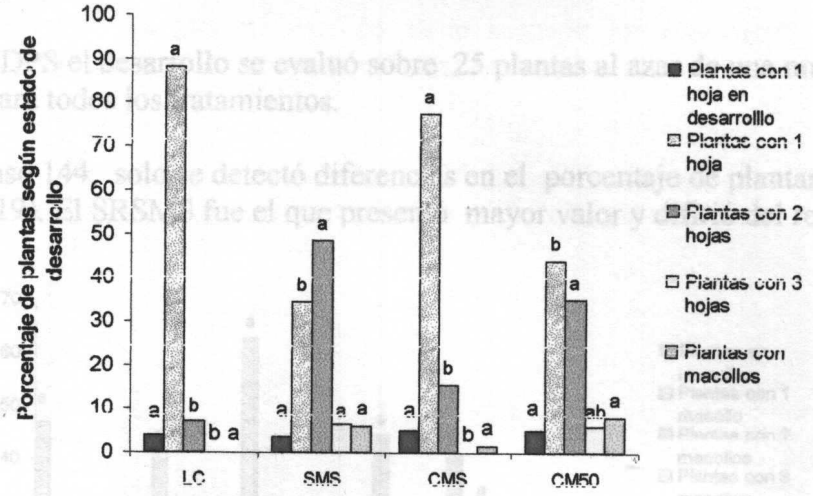

Figura N° 50. Porcentaje de plantas a los 20 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad INIA Caraguatá. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05

En los tratamientos hechos en SD, se observó que aquellos en los que se controló las malezas antes de la siembra, presentaron plantas con mayor desarrollo. Esto se ve claramente ya que los tratamientos SMS presentaron el 62% de sus plantas en estados de desarrollo de dos hojas en adelante, mientras que aquellos CMS el 82% de sus plantas en una hoja.

Los contrastes realizados muestran claramente que los tratamientos SMS y CRCM50 se presentaron mas desarrollados difiriendo estadísticamente (P< 0,05) de los tratamientos CMS y LC. En efecto SMS y CRCM50 no difieren entre si y presentaron mayor y diferente número de plantas con 2 , 3 hojas y plantas con macollos, que LC y CMS los cuales no se diferencian entre si. A su vez SMS y CRCM50 presentan menor y diferente número de plantas en una hoja comparados con los mismos tratamientos.

Cuando se analiza el desarrollo de las plantas y su número presente en el metro lineal, se confirma que no existe relación entre ellos. Por ejemplo, se observa en la *Figura N° 34*, el LC presentó el mismo número de plantas que el SRSMS, pero hubo una diferencia significativa de desarrollo a favor de este último tratamiento.

5.3.2 Desarrollo a los 41 y 61 días después de la siembra

5.3.2.1 EL PASO 144

A los 41 DPS el desarrollo se evaluó sobre 25 plantas al azar de una muestra de un metro lineal para todos los tratamientos.

En El Paso 144, solo se detectó diferencias en el porcentaje de plantas con un macollo (P=0,0219). El SRSMS fue el que presentó mayor valor y difirió del resto *(Fig. N° 51).*

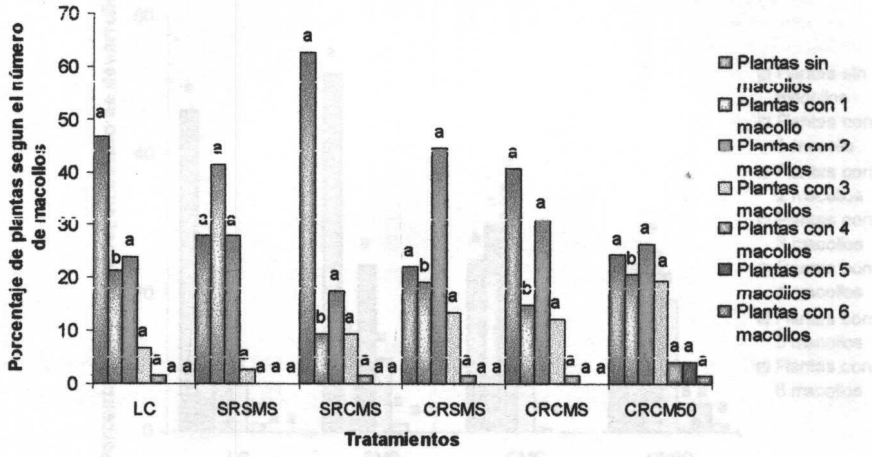

Figura N° 51. Porcentaje de plantas según número de macollos por tratamiento para la variedad EP- 144 41 DPS. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

A los 41 DPS las diferencias encontradas antes van desapareciendo. De los tratamientos que hasta los 20 DPS se mostraban mas desarrollados (SRSMS, CRSMS y CRCM50), solamente CRSMS y CRCM50 del punto de vista biológico lo siguieron siendo, pero no tan marcado como antes. Esto confirma que todos los tratamientos comenzaron a igualarse.

En la *Figura N° 32*, los tratamientos SRCMS, SRSMS, LC, CRCMS mostraron gran aumento en el número de plantas durante el período entre los 20 y 41 DPS. En la *Figura N° 51*, todos los tratamientos mencionados presentaron un número elevado de plantas sin macollos lo que confirmaría el aumento visto de los 20 a los 41 DPS.

El tratamiento SRSMS mostró un alto número de plantas con un macollo, difiriendo estadísticamente del resto, lo que indicaría que emergieron, y, la mayor parte de estas, en este período, desarrollaron un macollo. Esta presencia importante de plantas con un macollo, pudo ser consecuencia de la ausencia de rastrojo en superficie, lo cual

elevó la temperatura del suelo, adelantando la emergencia en ese período de 20 días, permitiendo que terminen con mayor desarrollo.

El tratamiento SRCMS si bien no tiene rastrojo en superficie, no se comportó igual que SRSMS, ya que presenta malezas, como observó hasta ahora éstas retrasan el desarrollo.

Como forma de aclarar las diferencias en el desarrollo cuando se controla o no malezas en los tratamientos, se presenta el siguiente gráfico *(Figura N° 52)*.

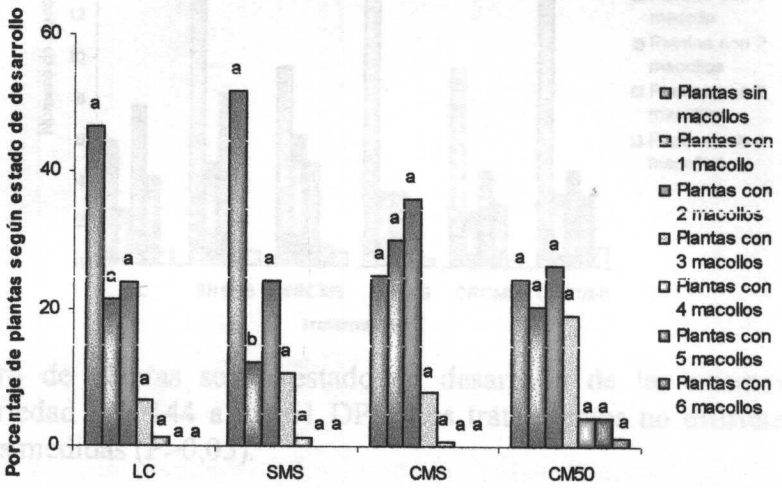

Figura N° 52. Porcentaje de plantas a los 41 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad EP 144. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

Las diferencias siguieron existiendo entre lo tratamientos CMS y SMS, pero éstas son menores. De hecho, de todas las variables de respuesta medidas, en el único caso que el ANOVA de contrastes marcó efectos significativos, es para las plantas con un macollo (P< 0,05). LC y CRCM50 para todas las variables se comportaron igual a los tratamientos SMS.

El aumento de plantas entre los 20 y 40 DPS pudo haber tenido algún efecto sobre los resultados. Dentro de los tratamientos CMS, ambos tuvieron una emergencia importante dentro del período entre 20 y 41 DPS, mientras que dentro de aquellos SMS, solamente uno de ellos aumentó el número de plantas (SRSMS), mientras que en el otro disminuyó (*Figura N° 32*). Esto hace que estas diferencias encontradas entre estos grupos contrastantes sean menores.

Los ANOVAS realizados no señalaron efectos significativos en ninguna de las variables medidas a los 61 DPS. *(Figura N° 53).*

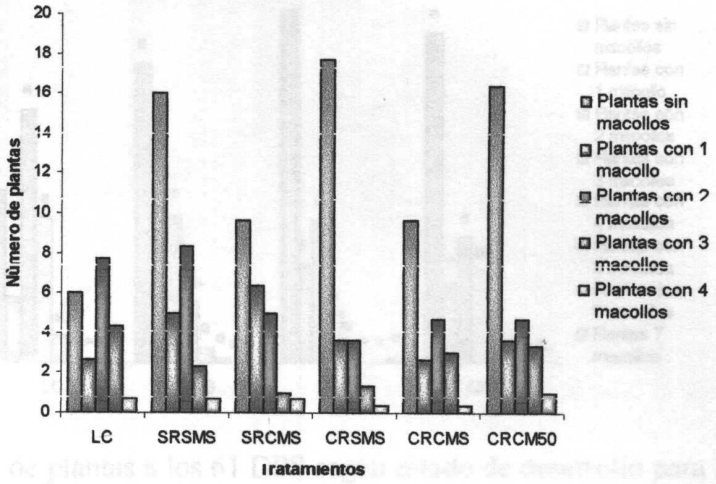

Figura N° 53. Número de plantas según estado de desarrollo de las mismas por tratamiento para la variedad EP- 144 a los 61 DPS. Los tratamientos no difirieron en ninguna de las variables medidas (P>0,05).

Se observó en los tratamientos SRSMS, CRSMS y CRCM50, que en el período entre los 41 a los 61 DPS emergieron más plantas. Quedó demostrado por el aumento de las plantas sin macollos. A continuación ilustraremos esto *(Fig. N° 54).*

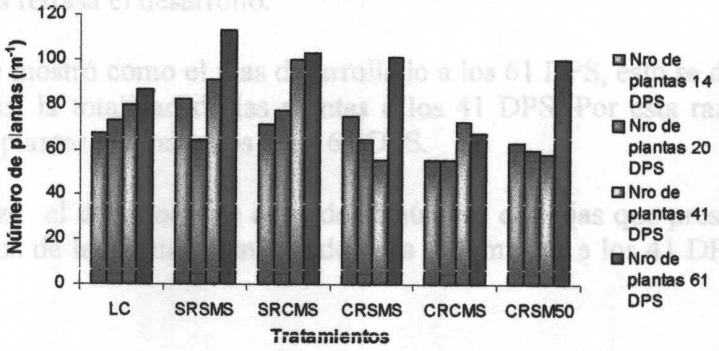

Figura N° 54. Número de plantas por tratamiento según fecha de muestreo.

Para observar el desarrollo de las plantas según la presencia o no de malezas se presenta el siguiente gráfico *(Figura N° 55)*.

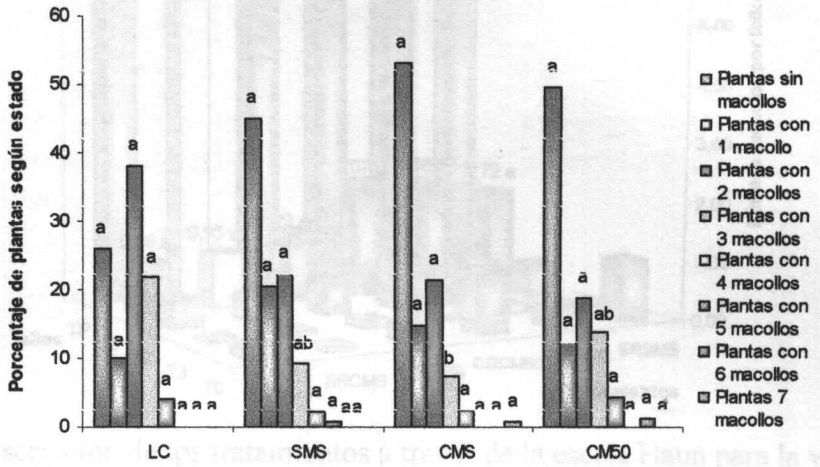

Figura N° 55. Porcentaje de plantas a los 61 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad EP 144. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

Es evidente como se nivelaron todos los tratamientos. Esto no fue solamente debido a que los tratamientos menos desarrollados se desarrollaron mas, si no que se explica por el nacimiento de nuevas plantas en el período de 41 a 61 DPS en los tratamientos SMS. Por su parte los tratamientos CMS no se mostraron mas desarrollados, ni tuvieron una emergencia importante, lo que confirmaría que la presencia de malezas retrasa el desarrollo.

El LC se mostró como el mas desarrollado a los 61 DPS, esto se debió a que en él emergieron casi la totalidad de las plantas a los 41 DPS. Por esta razón es que presentó muy pocas plantas sin macollos a los 61 DPS.

Se analizó el desarrollo de acuerdo al número de hojas que presentaron en cada uno de los tallos de la planta promedio de cada tratamiento a los 41 DPS *(Fig. N° 56)*.

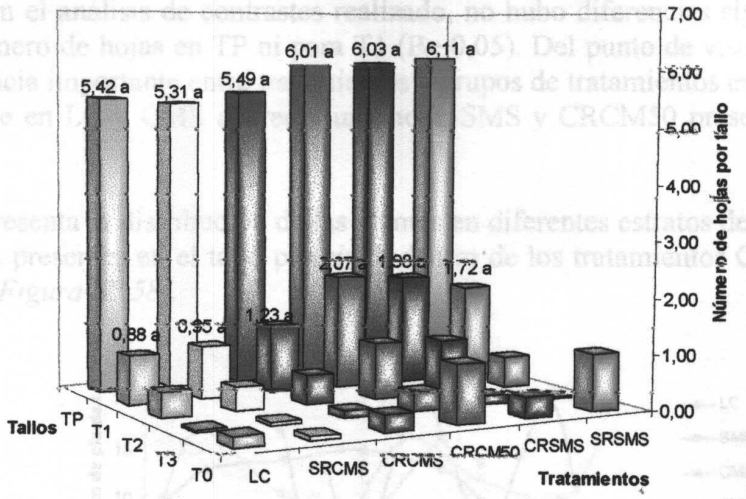

Figura Nº 56. Descripción de los tratamientos a través de la escala Haun para la variedad EP- 144 a los 41 DPS. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

Si bien no existieron diferencias significativas, en términos biológicos se observó que en la variedad El Paso- 144 aparecieron tratamientos con mayor desarrollo que otros. Cabe destacar que las mismas fueron más marcadas en el desarrollo del primer macollo. Mientras que los tratamientos CRSMS y CRCM50 desarrollaron dos hojas en el primer macollo, LC y SRCMS no terminaron de desarrollar una. Por su parte SRSMS y CRCMS tuvieron un comportamiento intermedio.

En la *Figura Nº 57* se observa que los tratamientos SMS o CM50 tuvieron diferencias mínimas en el número de hojas presentes en el tallo principal y primer macollo que aquellos CMS.

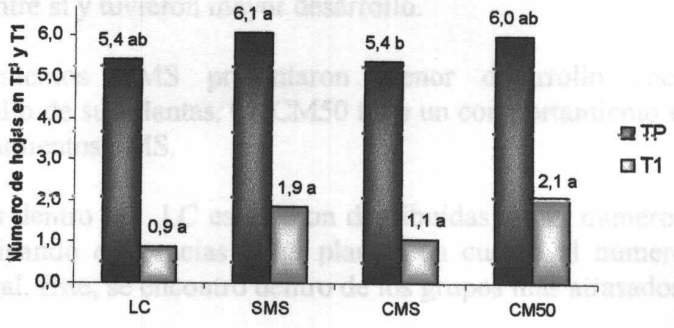

Figura Nº 57. Número de hojas presentes en el tallo principal y en el primer macollo para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

Según el análisis de contrastes realizado, no hubo diferencias significativas en cuanto al número de hojas en TP ni para T1 (P> 0,05). Del punto de vista biológico hubo una diferencia importante entre tratamientos y grupos de tratamientos en el caso de T1. Mientras que en LC y CMS apareció una hoja, SMS y CRCM50 presentaron dos hojas.

Se presenta la distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al número de hojas presentes en el tallo principal, dentro de los tratamientos CMS, SMS, LC y CRCM50 (*Figura N° 58).*

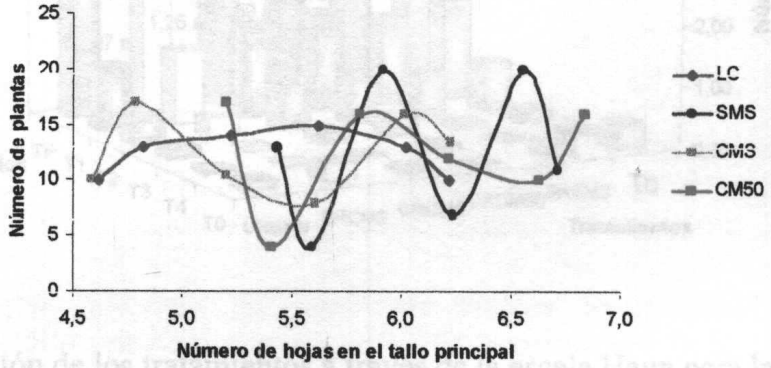

Figura N° 58. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al número de hojas presentes en el tallo principal, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad EP- 144 a los 41 DPS.

Los tratamientos CMS, SMS y el CRCM50 tuvieron similar distribución. La diferencia radica en que los SMS presentaron menor amplitud que los otros dos, lo que indicó que las plantas estuvieron mas concentradas y se ubicaron en estratos superiores, esto último principalmente si lo comparamos con los tratamientos CMS. Todo esto concluye en que las plantas dentro de éstos tratamientos (SRSMS y CRSMS) se diferenciaron menos entre si y tuvieron mayor desarrollo.

Los tratamientos CMS presentaron menor desarrollo encontrándose variación en el desarrollo de sus plantas. CRCM50 tuvo un comportamiento intermedio, semejándose a los tratamientos SMS.

Las plantas dentro del LC estuvieron distribuidas en un número similar en todos los estratos indicando diferencias entre plantas en cuanto al número de hojas dentro del tallo principal. Este, se encontró dentro de los grupos más atrasados en cuanto al desarrollo.

A continuación se analizó el desarrollo de acuerdo al número de hojas en sus tallos a los 61 DPS (*Figura N° 59).*

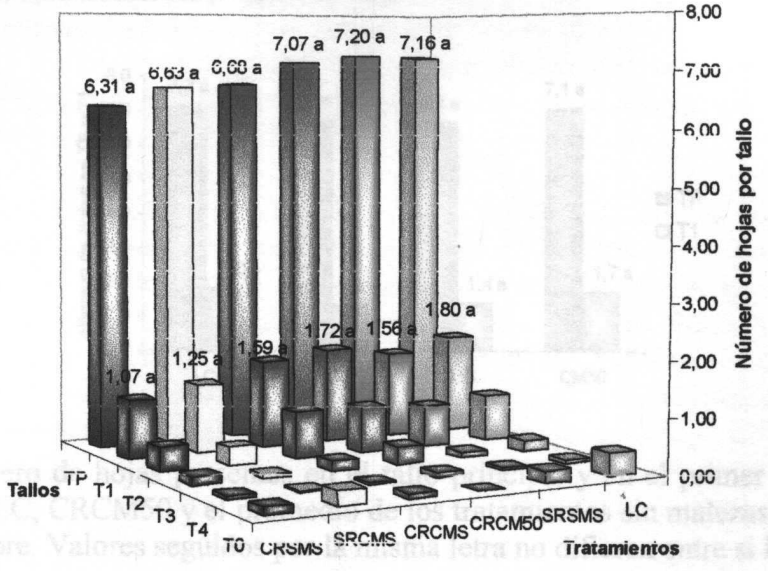

Figura N° 59. Descripción de los tratamientos a través de la escala Haun para la variedad EP- 144 a los 61 DPS. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

A los 61 DPS hubo una gran compensación de todos los tratamientos no difiriendo ni estadística ni biológicamente. Es interesante observar como el LC fue el que mas compenso. Nunca se presentaron diferencias significativas en desarrollo ni a los 41 ni a los 61 días, pero se observó que a los 41 no había formado una hoja en el primer macollo, mientras que tratamientos como CRCM50 ya habían formado su segunda hoja.

A continuación se analizó los grupos contrastantes tratados como forma de facilitar lo expresado anteriormente *(Figura N° 60)*.

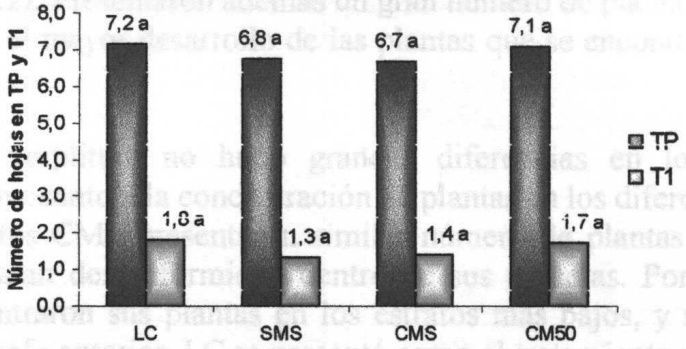

Figura N° 60. Número de hojas presentes en el tallo principal y en el primer macollo para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

Los contrastes realizados no mostraron efectos significativos sobre el número de hojas en el tallo principal y primer macollo, reafirmando la compensación antes mencionada.

A los 61 DPS los tratamientos CMS, SMS, LC y CRCM50 presentaron las siguientes distribuciones de plantas según el número de hojas en el tallo principal *(Figura N° 61)*.

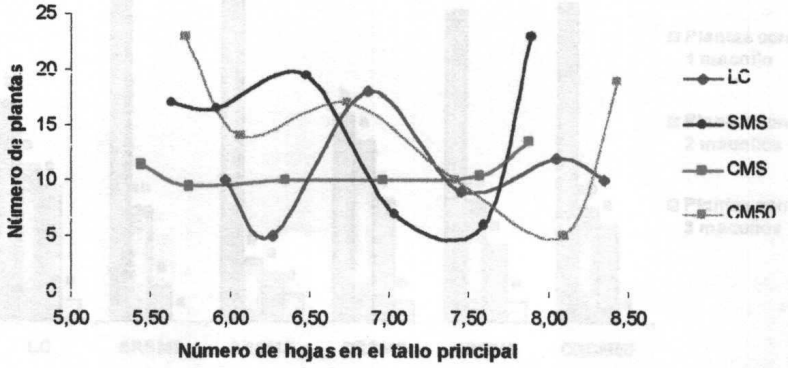

Figura N°61. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al número de hojas presentes en el tallo principal, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad EP- 144 a los 61 DPS.

Los tratamientos SMS y el CRCM50 tuvieron distribuciones similares. El alto número de plantas que presentaron los estratos mas bajos, fueron consecuencia del gran nacimiento de plantas que mostraron estos tratamientos en el último período analizado (41- 61 DPS, *Sección 5.2.2).* Presentaron además un gran número de plantas en el estrato superior lo que confirma el mayor desarrollo de las plantas que se encontraban en estos tratamientos a los 41DPS.

En cuanto a la amplitud, no hubo grandes diferencias en los grupos de tratamientos. Si las hay en cuanto a la concentración de plantas en los diferentes estratos. Es así que los tratamientos CMS presentaron similar número de plantas en todos los estratos, indicando una gran desuniformidad dentro de sus parcelas. Por su parte los tratamientos SMS concentraron sus plantas en los estratos mas bajos, y superiores, lo cual fue tratado en el párrafo anterior. LC se presentó como el tratamiento mas uniforme de todos concentrando sus plantas en los estratos intermedios de su rango. CRCM50 a pesar que tuvo una distribución similar a los tratamientos SMS, mostró gran desuniformidad dentro de la parcela, explicada por la mayor amplitud observada en el gráfico.

5.3.2.2 INIA CARAGUATA

Los ANOVAS no señalaron diferencias significativas para las distintas variables de respuesta analizadas (porcentaje de plantas sin macollos, con 1 macollo, con 2 macollos y con 3 macollos) *(Fig. N° 62).*

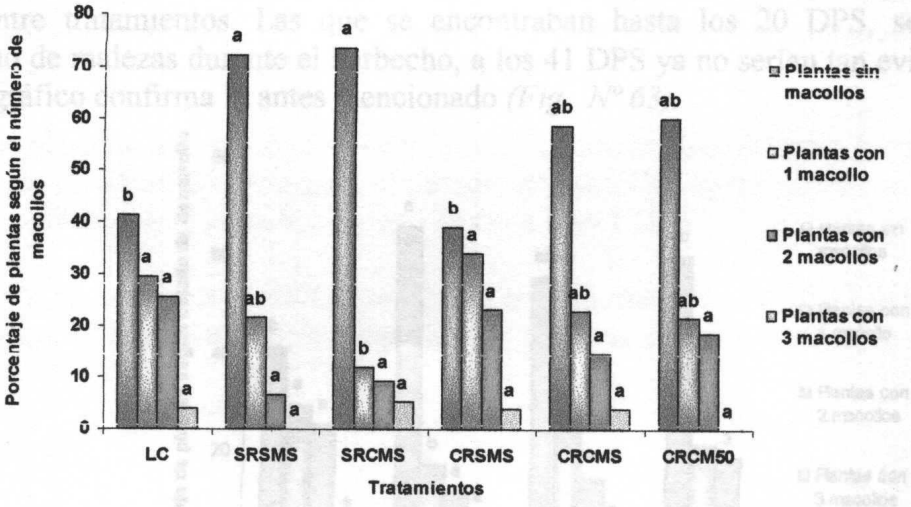

Figura N° 62. Porcentaje de plantas según número de macollos por tratamiento para la variedad INIA Caraguatá 41 DPS. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,10.

Existieron dos tratamientos (LC y CRSMS) que se diferenciaron del resto. Si bien no se encontraron diferencias estadísticas, se pudieron observar ciertas tendencias. Al 10% se encontraron diferencias significativas en plantas sin macollos, evidenciando lo antes mencionado. Es decir que LC y CRSMS diferirían del SRCMS y SRSMS y los cuatro serían similares a CRCMS y CRCM50. LC y CRSMS son los tratamientos que mostraron desarrollo mas avanzado y SRSMS y SRCMS son los que tuvieron mayor número de plantas (72 y 73%) sin macollo.

Era de esperar, que aquellos tratamientos que tuvieron menor porcentaje de plantas sin macollos fueron los que presentaron mayor porcentaje de plantas en 1 macollo. Al 5% de significancia, el ANOVA no señaló diferencias, mientras que al 10 % aparecieron en forma significativa, marcando a LC y CRSMS como los tratamientos con mayor porcentaje de plantas en 1 macollo difiriendo con SRCMS y presentándose CRCM50, SRSMS y CRCMS como intermedios.

En la *Figura Nº 34*, el tratamiento SRSMS tuvo un aumento en el número de plantas de un 18% frente al SRCMS que en el mismo fue de 13%. Este mayor nacimiento de plantas en el período de 20 a 41 DPS fue el responsable de lo que se aprecia en la figura anteriormente analizada, en relación al mayor porcentaje de plantas en el estadio menos avanzado.

Consolidado esto, se puede afirmar que para esta variedad y a diferencia de lo que ocurrió con El Paso 144, a los 41 DPS no habría diferencias en cuanto al desarrollo entre tratamientos. Las que se encontraban hasta los 20 DPS, según la presencia o no de malezas durante el barbecho, a los 41 DPS ya no serían tan evidentes. El siguiente gráfico confirma lo antes mencionado *(Fig. Nº 63)*.

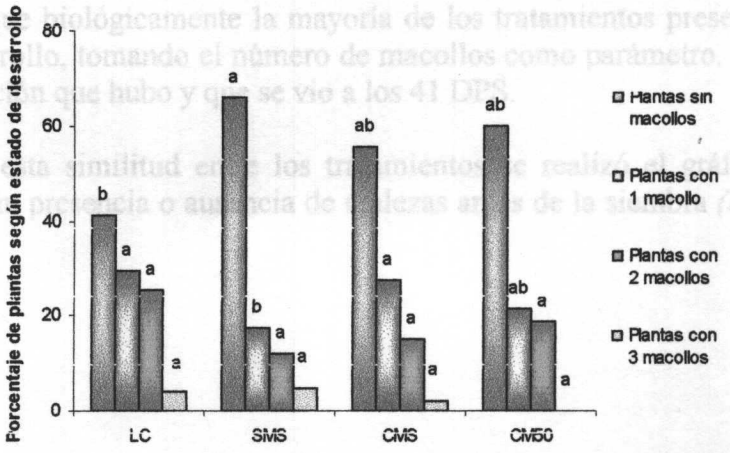

Figura Nº 63. Porcentaje de plantas a los 41 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad INIA Caraguatá. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

El único contraste, de los realizados, en que el anova señala efectos significativos (P< 0,05), fue para CMS y SMS para el porcentaje de plantas con un macollo. Esto confirma lo mencionado en párrafos anteriores.

Los ANOVAS correspondientes para número de plantas sin macollos y para aquellas plantas que presentaban macollos, no señalaron diferencias significativas a los 61 DPS *(Figura Nº 64).*

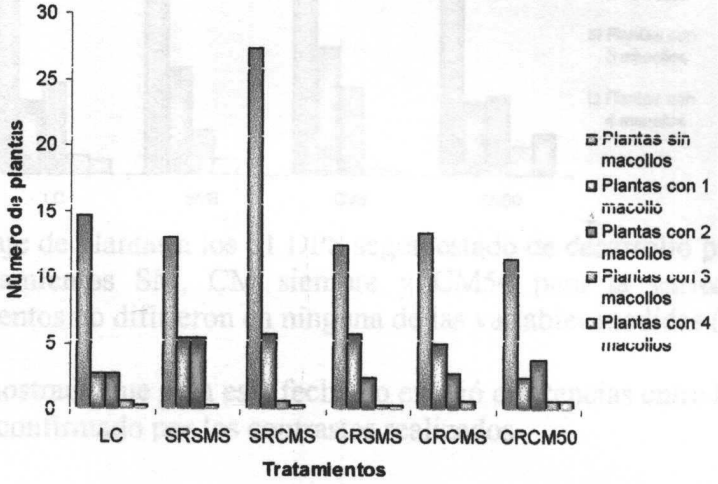

Figura Nº 64. Número de plantas según estado de desarrollo de las mismas por tratamiento para la variedad INIA Caraguatá a los 61 DPS. Los tratamientos no difirieron en ninguna de las variables medidas (P>0,05).

Se observa, que biológicamente la mayoría de los tratamientos presentaron un mismo grado de desarrollo, tomando el número de macollos como parámetro. Queda demostrado la compensación que hubo y que se vio a los 41 DPS.

Para ilustrar esta similitud entre los tratamientos se realizó el gráfico de número de macollos según presencia o ausencia de malezas antes de la siembra *(Figura Nº 65).*

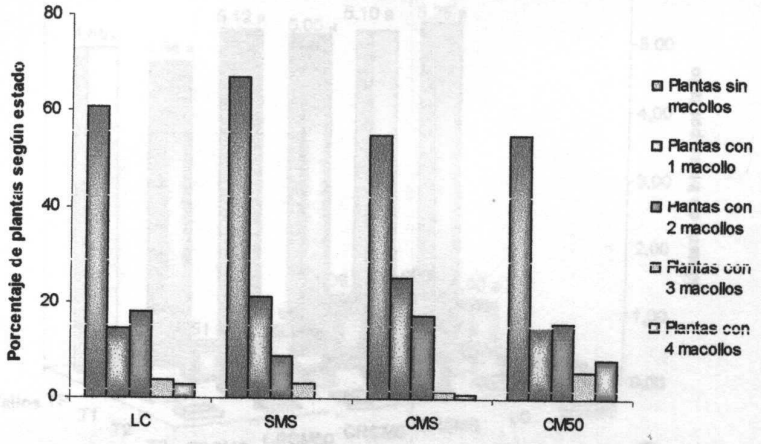

Figura N° 65. Porcentaje de plantas a los 61 DPS según estado de desarrollo para LC, el promedio de los tratamientos SM, CM siempre y CM50 para la variedad INIA Caraguatá. Los tratamientos no difirieron en ninguna de las variables medidas (P>0,05).

Queda demostrado que para esta fecha no existió diferencias entre los grupos contrastantes y así fue confirmado por los contrastes realizados.

También para Caraguatá se analizó el desarrollo de acuerdo al número de hojas que presentaban en cada uno de los tallos de la planta promedio de cada tratamiento (*Figura N°66).*

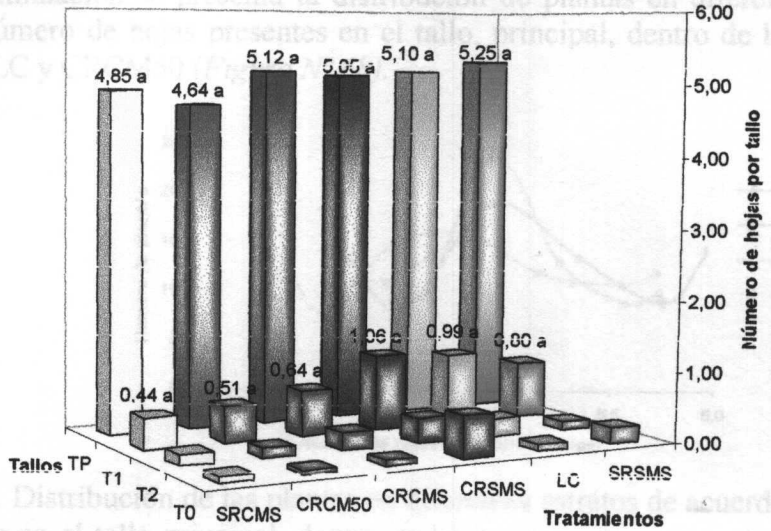

Figura Nº 66. Descripción de los tratamientos a través de la escala Haun para la variedad Caraguatá a los 41 DPS. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

En la variedad Caraguatá no se observaron diferencias ni estadísticas ni en términos biológicos.

Se presentará el gráfico correspondiente al desarrollo de los grupos contrastantes mencionados anteriormente *(Figura Nº 67).*

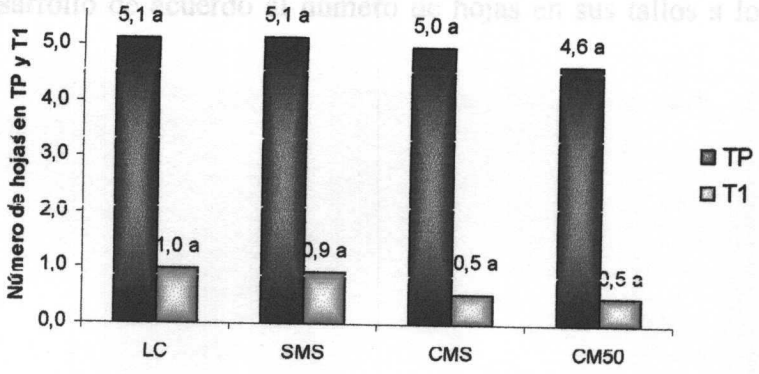

Figura Nº 67. Número de hojas presentes en el tallo principal y en el primer macollo para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

Los anovas de contrastes realizados no mostraron diferencias significativas para ninguna variable confirmando la compensación antes mencionada.

A continuación se presenta la distribución de plantas en diferentes estratos de acuerdo al número de hojas presentes en el tallo, principal, dentro de los tratamientos CMS, SMS, LC y CRCM50 (*Figura N° 68).*

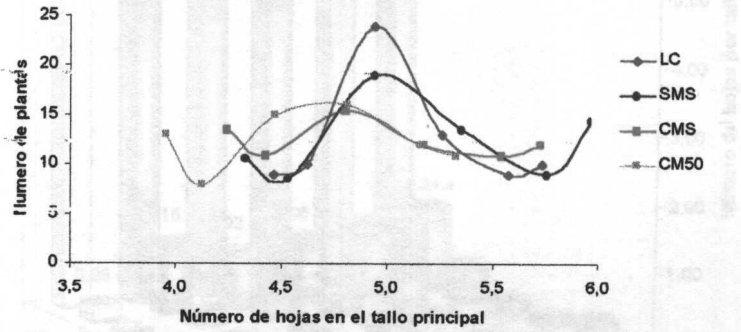

Figura N° 68. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al número de hojas presente en el tallo principal, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad Caraguatá a los 41 DPS.

Las distribuciones de las plantas para los diferentes tratamientos ensayados fueron similares, concentrando la mayoría de plantas en los estratos intermedios. Los tratamientos SMS, si bien tuvieron similar distribución, presentaron plantas con mayor número de hojas en el tallo principal. El tratamiento CRCM50 es el que manifestó plantas con menos hojas en el tallo principal. En el LC apareció mayor concentración de los datos y menor amplitud lo que confirmó la homogeneidad de esta parcela

Analizaremos el desarrollo de acuerdo al número de hojas en sus tallos a los 61 DPS *(Figura N° 69).*

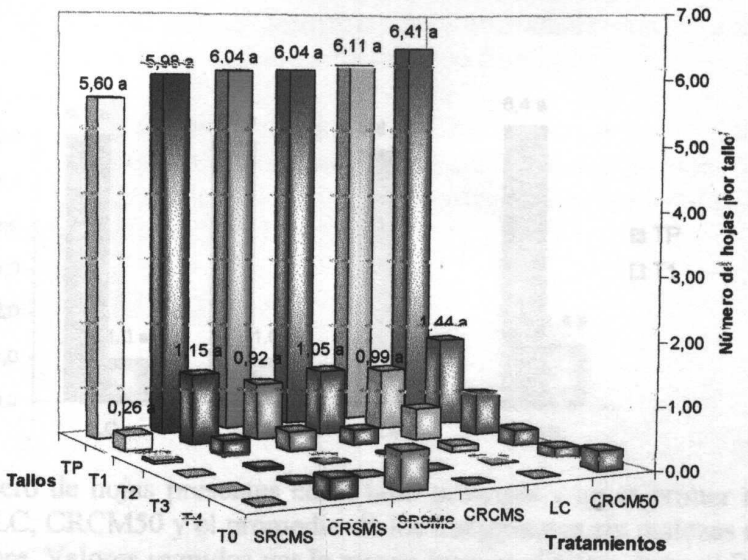

Figura N° 69. Descripción de los tratamientos a través de la escala Haun para la variedad INIA Caraguatá a los 61 DPS. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

Con excepción del SRCMS, vemos que a los 61 DPS hubo gran compensación quedando el resto de los tratamientos con diferencias mínimas en el desarrollo; lo mismo sucede para El Paso 144, donde sus tratamientos se comportaron de manera similar.

También se analizó los grupos contrastantes analizados hasta ahora, LC, CRCM50, SMS y CMS *(Fig. N° 70).*

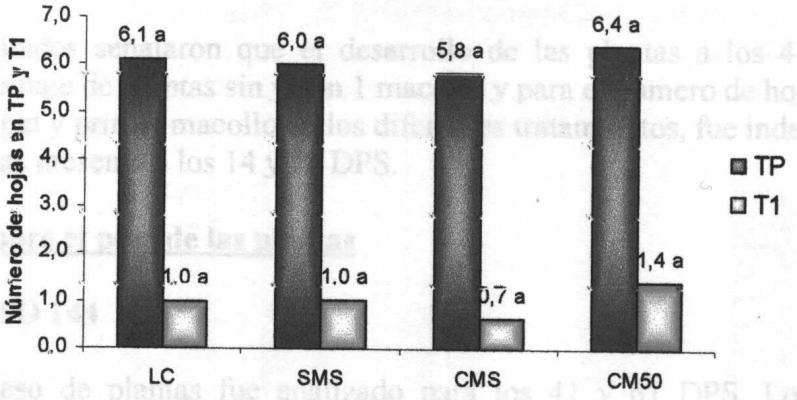

Figura N° 70. Número de hojas presentes en el tallo principal y en el primer macollo para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

Los anovas no señalaron diferencias significativas en ningún contraste, lo que afirma la compensación resultante.

A los 61 DPS los tratamientos agrupados CMS, SMS, LC y CRCM50 presentaron las siguientes distribuciones de plantas según el número de hojas en el tallo principal (*Figura N° 71).*

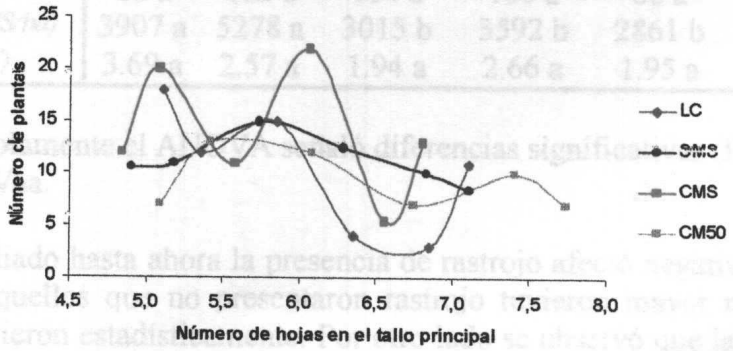

Figura N° 71. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al número de hojas en el tallo principal, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad Caraguatá a los 61 DPS.

A los 61 DPS las tendencias encontradas a los 41 DPS desaparecen. Los diferentes tratamientos tienen similar amplitud pero diferente distribución. Esto confirma lo analizado en la *Figura N° 70* que mostraba una compensación por parte de los que estaban mas atrasados a los 41 DPS.

Por otro lado, para comprobar si las diferencias encontradas en el desarrollo a los 41 DPS dentro de las dos variedades ensayadas se correspondía con el número de plantas presentes a los 14 y 20 DPS, se realizaron diferentes análisis.

Los resultados señalaron que el desarrollo de las plantas a los 41 DPS con respecto al porcentaje de plantas sin y con 1 macollo y para el número de hojas presentes en el tallo principal y primer macollo en los diferentes tratamientos, fue independiente al número de plantas presente a los 14 y 20 DPS.

5.3.3 Efecto sobre el peso de las plantas

5.3.3.1 EL PASO 144

El peso de plantas fue analizado para los 41 y 61 DPS. Los resultados obtenidos para la variedad El Paso 144 se observan en el *cuadro N° 9.*

Cuadro N°9. Producción en kg. MS/ha, peso por planta g MF y número de plantas por tratamiento a los 41 y 61 DPS en la variedad EP- 144. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

		El Paso 144					
		LC	*SRSMS*	*SRCMS*	*CRSMS*	*CRCMS*	*CRCM50*
41 DPS	*N° de plantas*	80 a	91 a	100 a	55 a	72 a	58 a
	Producción (KgMS/ha)	983 b	1792 a	1133 b	1226 b	841 b	965 b
	Peso/planta (gMF)	0.69 a	1.46 a	0.82 a	1.12 a	0.85 a	1.13 a
61 DPS	*N° de plantas*	88 a	112 a	104 a	100 a	68 a	100 a
	Producción (KgMS/ha)	3907 a	5278 a	3015 b	3592 b	2861 b	4073 ab
	Peso/planta (gMF)	3.69 a	2.57 a	1.94 a	2.66 a	1.95 a	2.56 a

A los 41 DPS solamente el ANOVA señaló diferencias significativas (P= 0,0336) para producción de MS/ha.

Como fue estudiado hasta ahora la presencia de rastrojo afectó negativamente el número de plantas. Aquellos que no presentaron rastrojo tuvieron mayor número de plantas aunque no difirieron estadísticamente. Por otro lado se observó que la presencia de malezas incidió negativamente el desarrollo. Los CMS durante el barbecho tuvieron menor peso por planta, también sin presentar diferencias estadísticas. El valor de producción de MS por hectárea, como es sabido, es afectado tanto por el peso por planta como por el número de ellas. El tratamiento SRSMS tuvo las mejores condiciones y mayor producción de materia seca difiriendo estadísticamente del resto de los tratamientos. Estos fueron similares entre si ya que SRCMS compensó la producción de MS por un mayor número de plantas, mientras que CRSMS y CRCM50 lo hizo con un

mayor peso por planta. CRCMS manifestó siempre las peores condiciones teniendo un número de plantas intermedio y de bajo peso.

Como se observa en el *cuadro N° 9,* los tratamientos muestran una tendencia en la cual aquellos sin malezas presentaron mayor peso por planta que los con malezas siempre. En el análisis de contrastes realizado entre LC, CRCM50, SMS y CMS se encontraron diferencias significativas (P<0,05)*(Fig. N°72).*

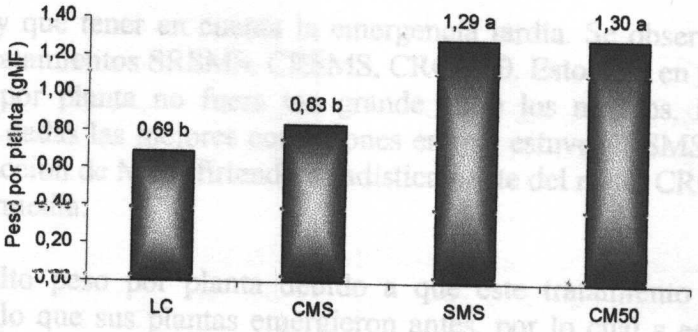

Figura N° 72. Peso por planta para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

Los tratamientos SMS y CRCM50, resultaron similares entre si, difiriendo estadísticamente con LC y CMS.

En la *Figura N° 73* se observa la distribución de la población de plantas con respecto al peso, correspondiente a los grupos contrastantes que se venían analizando anteriormente.

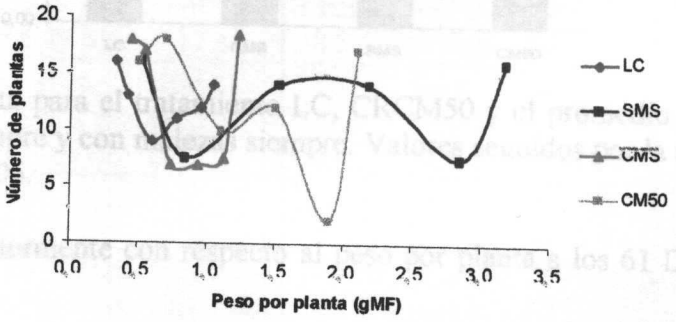

Figura N° 73. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al peso por planta, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad El Paso 144 a los 41 DPS.

Se confirma que los tratamientos sin malezas siempre fueron los que dieron mayor peso por planta. Estos no solo presentaron una amplitud mucho mayor sino que además concentraron las plantas en estratos superiores. Los tratamientos CMS mostraron muy baja amplitud y concentrándose en los estratos mas bajos, corroborando que sus plantas tuvieron menor peso. LC también presentó una amplitud muy baja y se concentró en los estratos mas bajos, mostrando homogeneidad en su crecimiento. CRCM50 tuvo un comportamiento intermedio.

A los 61 DPS hay que tener en cuenta la emergencia tardía. Se observaba una gran emergencia en los tratamientos SRSMS, CRSMS, CRCM50. Esto hizo en parte que las diferencias en peso por planta no fuera tan grande entre los mismos. De todas maneras, era de suponer, dadas las mejores condiciones en que estuvo SRSMS diera el mayor resultado en producción de MS difiriendo estadísticamente del resto. CRCM50 se comportó de manera intermedia.

El LC tuvo un alto peso por planta debido a que este tratamiento no tuvo emergencias tardías, por lo que sus plantas emergieron antes, por lo cual a esta fecha tuvieron mayor crecimiento y desarrollo.

Los mismos contrastes que se realizaron para peso por planta a los 41 DPS se realizaron a los 61 DPS. Lo mas importante a destacar es que ya no hay diferencias significativas entre los grupos con y sin malezas *(Fig. N° 74)*.

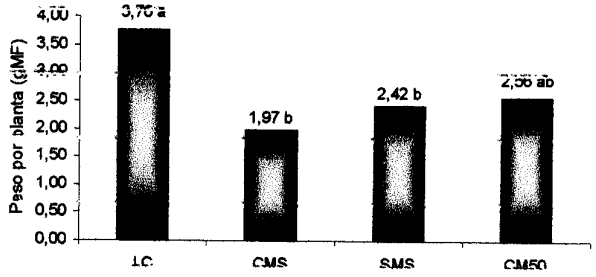

Figura N° 74. Peso por planta para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

Lo dicho anteriormente con respecto al peso por planta a los 61 DPS se observa en la *Figura N° 75.*

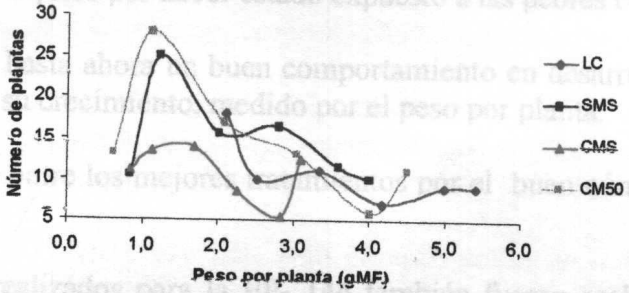

Figura N° 75. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al peso por planta, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad El Paso 144 a los 61 DPS.

Se manifestaron picos en los estratos inferiores de peso por planta dentro los tratamientos SMS y CRCM50, lo cual se correspondió a la emergencia tardía mencionada anteriormente.

5.3.3.2 INIA CARAGUATA

En el *Cuadro N° 10* se analiza lo que sucedió con la variedad Caraguatá con respecto al peso por planta y producción de cada tratamiento.

Cuadro N° 10. Producción en kg. MS/ha, peso por planta g MF y número de plantas por tratamiento a los 41 y 61 DPS en la variedad Caraguatá.

		INIA Caraguatá					
		LC	*SRSMS*	*SRCMS*	*CRSMS*	*CRCMS*	*CRCM50*
41 DPS	*N° de plantas*	91 ab	100 a	100 a	70 c	73 bc	67 c
	Producción (KgMS/ha)	829 cb	1302 a	773 bcd	883 a	587 d	579 cd
	Peso/planta (gMF)	0.89 **ab**	1.17 **a**	0.68 **b**	0.91 **ab**	0.71 **b**	0.73 **b**
61 DPS	*N° de plantas*	88 a	100 a	112 a	88 a	84 a	76 a
	Producción (KgMS/ha)	2152 a	3455 a	2719 a	2562 a	2224 a	2560 a
	Peso/planta (gMF)	2.08 a	2.12 a	1.68 a	2.28 a	1.66 a	2.69 a

Las letras en negrita indican significancia del 10%..

En Caraguatá se observó el mismo comportamiento que para EP- 144, pero para esta variedad el ANOVA señaló diferencias muy significativas a los 41 DPS para las variables producción de MS (P=0,0005) y número de plantas de plantas (P=0,0047). Los tratamientos sin rastrojo fueron los que tuvieron mayor número de plantas no difiriendo estadísticamente de LC pero si del resto. Los tratamientos SMS, fueron los que tuvieron mayor peso por planta (P=0,0729). Finalmente los que dieron mayor producción fueron SRSMS, que estuvo siempre en las mejores condiciones, siguiendo

CRSMS el cual tuvo uno de los valores mas altos en peso por planta. El peor de todos fue CRCMS, lo cual se explica por haber estado expuesto a las peores condiciones.

CRCM50 tuvo hasta ahora un buen comportamiento en desarrollo, pero existió algún factor que afectó su crecimiento, medido por el peso por planta.

El LC se colocó entre los mejores tratamientos por el buen número de plantas y peso de las mismas.

Los contrastes realizados para la EP- 144 también fueron realizados para esta variedad. Estos mostraron diferencias significativas (P<0,05) siendo LC y SMS los que presentaron mayor peso por planta *(Fig. N°76).*

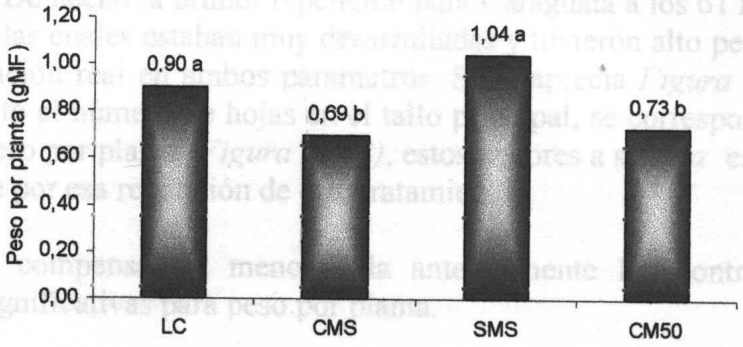

Figura N° 76. Peso por planta para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

En la *Figura N° 77* se presenta la distribución de la población de plantas con respecto al peso por planta correspondiente a los grupos contrastantes .

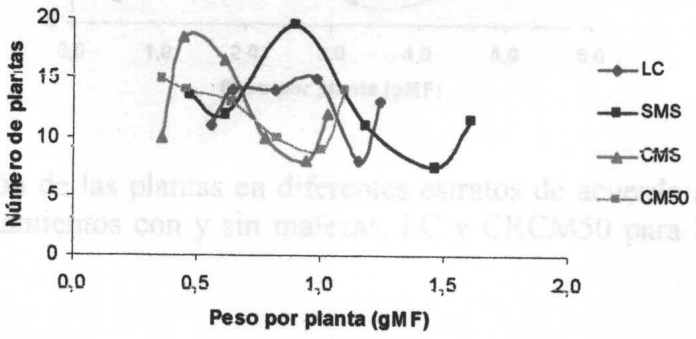

Figura N° 77. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al peso por planta, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad Caraguatá a los 41 DPS.

Los tratamientos CMS y SMS presentaron la misma distribución, pero los segundos siempre mayor peso de plantas, confirmando lo antes analizado.

A los 61 DPS el ANOVA no marcó diferencias significativas en ninguna de las variables medidas. Sin embargo, agronómicamente existieron, ya que el tratamiento SRSMS pesó 700 kg. MS mas que el tratamiento que le sigue (SRCMS).

El tratamiento SRCM50, tuvo una gran compensación en cuanto al peso por planta, ya que este se presentó como unos de los menores a los 41 DPS. Esta se observó también en la *Sección 5.3.2.2* cuando se analizó el desarrollo a los 61 DPS. Indudablemente se pudo haber incurrido en algún error de medición para este tratamiento ya que de los 41 a los 61 DPS tuvo grandes cambios que no se explican por efectos del tratamiento. De hecho la primer repetición para Caraguatá a los 61 DPS tuvo nada mas que 8 plantas las cuales estaban muy desarrolladas y tuvieron alto peso lo que sobrestima la compensación real en ambos parámetros. Si se aprecia *Figura Nº 71*, el estrato superior en cuanto al número de hojas en el tallo principal, se corresponden con el estrato superior del peso por planta *(Figura Nº 78)*, estos valores a sus vez estuvieron representados solamente por esa repetición de este tratamiento.

Confirmando la compensación mencionada anteriormente los contrastes no mostraron diferencias significativas para peso por planta.

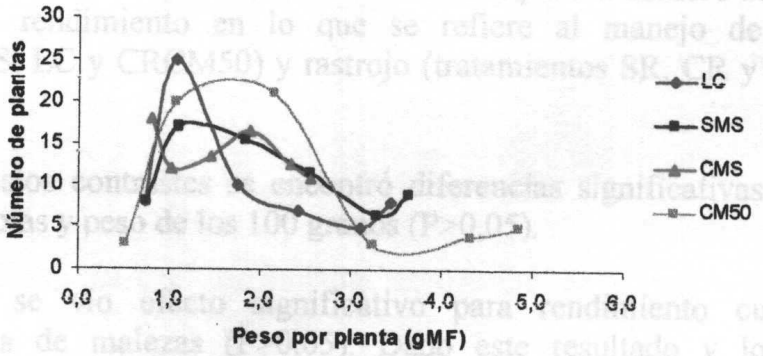

Figura Nº 78. Distribución de las plantas en diferentes estratos de acuerdo al peso por planta, dentro de los tratamientos con y sin malezas, LC y CRCM50 para la variedad Caraguatá a los 61 DPS.

5.4 RENDIMIENTO Y COMPONENTES.

El rendimiento y dos de sus componentes se presentan para las dos variedades en el *Cuadro N° 11.*

Cuadro N° 11. Rendimiento y sus componentes para los diferentes tratamientos dentro de las dos variedades ensayadas. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si $p< 0,05$.

Variedad	*Componentes*	*LC*	*SRSMS*	*SRCMS*	*CRSMS*	*CRCMS*	*CRCM50*
El paso 144	*Panojas (m^2)*	477 a	547 a	493 a	469 a	446 a	489 a
	Peso 100 granos (g)	2.404 a	2.460 a	2.433 a	2.528 a	2.380 a	2.504 a
	Rendimiento (Kg./há)	7321 a	8237 a	6762 a	6979 a	7126 a	7617 a
Caraguatá	*Panojas (m^2)*	542 a	586 a	509 a	416 a	505 a	471 a
	Peso 100 granos (g)	2.337 a	2.443 a	2.352 a	2.441 a	2.329 a	2.424 a
	Rendimiento (Kg./há)	5784 a	5871 a	5980 a	6338 a	5790 a	4916 a

A los 61 DPS no se encontraron diferencias significativas para el número de plantas, ni tampoco para el desarrollo de las mismas. Esta compensación se mantuvo ya que no se verificó diferencias significativas ni en número de panojas (P= 0,3159 y P= 0,2992), ni el peso de los 100 granos (P= 0,2790 y P= 0,3509) , ni en rendimiento (P= 0,6847 y P= 0,4225) para Caraguatá y El Paso 144 respectivamente.

Para profundizar este análisis, se realizaron contrastes para el número de panojas, peso de 100 granos y rendimiento en lo que se refiere al manejo de malezas (tratamientos SMS, CMS, LC y CRCM50) y rastrojo (tratamientos SR, CR y LC) para ambas variedades.

En ninguno de estos contrastes se encontró diferencias significativas para las variables número de panojas y peso de los 100 granos (P>0,05).

Tampoco se vio efecto significativo para rendimiento cuando se realizaron los contrastes de malezas (P>0,05). Dado este resultado y los demás manejados en este estudio, el largo del barbecho no tuvo efecto a partir de los 61 DDS *(Figura N° 79).*

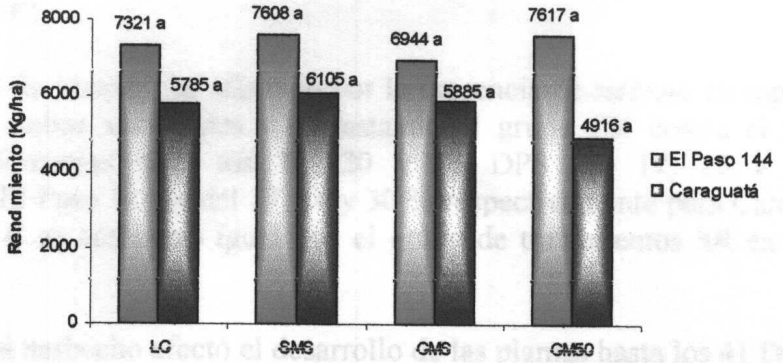

Figura Nº 79. Rendimiento para el tratamiento LC, CRCM50 y el promedio de los tratamientos sin malezas siempre y con malezas siempre. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si P<0,05.

Uno de los argumentos mas fuertes que utilizan en contra de la siembra directa es que el rastrojo en superficie perjudica el rendimiento. Los contrastes realizados, para las distintas situaciones de rastrojo manejadas, no señalan efectos significativos para la variable rendimiento (P>0,05) *(Figura Nº 80).*

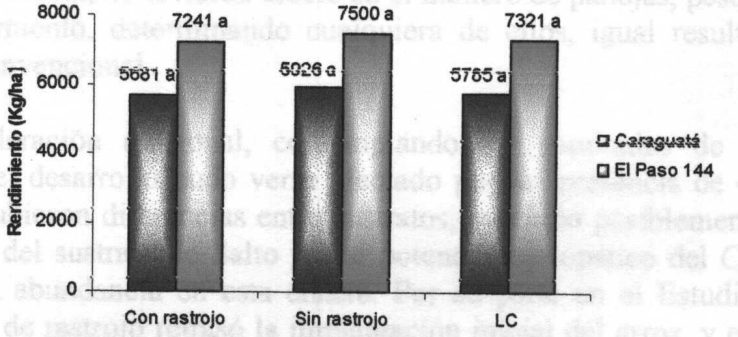

Figura Nº 80. Rendimiento para el tratamiento laboreado (LC), promedio de los tratamientos sin rastrojo (SRSMS y SRCMS)y con rastrojo (CRSMS, CRCMS y CRCM50). Valores seguidos por una misma letra dentro de fechas no difiren entre si (P< 0,05).

5.5 CONCLUSIONES

El número de plantas fue afectado por la presencia de rastrojo en superficie hasta los 41 dps en ambas variedades. Contrastando el grupo CR contra el SR, el primero presento diferencias para los 14, 20 y 41 DPS del 17, 15 y 35 % respectivamente para El Paso 144, y del 17, 16 y 30 % respectivamente para Caraguatá. Para este parámetro LC se comportó igual que el grupo de tratamientos SR en ambas variedades.

El largo del barbecho afectó el desarrollo de las plantas hasta los 41 DDS, también en ambas variedades. El grupo de tratamientos SMS fue el más desarrollado no diferenciándose del CM50, pero si éstos del CMS y LC para ambas variedades. Estas similitudes y diferencias se mantuvieron hasta los 41 DPS. A de los 61 DDS desaparecieron las diferencias entre tratamientos.

El tratamiento CRCMS, no presentó diferencias luego de los 61 días después de la siembra con el resto de los tratamientos en ninguna de las variables medidas, destacándose el hecho de no haber diferido con el tratamiento en laboreo convencional. Esto hace que en este estudio, el manejo del largo del barbecho y del rastrojo para los tratamientos en siembra directa, no tuvieron efecto en el número de panojas, peso de los 100 granos, ni en rendimiento, determinando cualquiera de ellos, igual resultado al tratamiento en laboreo convencional.

Como consideración adicional, contemplando los resultados de ambos estudios, del Estudio 1, el desarrollo pudo verse afectado por la presencia de efectos bióticos. Por otro lado hubieron diferencias entre sustratos, asociado posiblemente a la extensa historia agrícola del sustrato de Salto y/o al potencial alelopático del *Cyperus spp.*, maleza presente en abundancia en esta chacra. Por su parte en el Estudio 2 se observó que la presencia de rastrojo retrasó la implantación inicial del arroz, y el largo del barbecho el desarrollo de las plantas. De todos los supuestos manejados en el Estudio 1, dos de ellos, el potencial aleloquímico del rastrojo y la presencia de *Cyperus spp.*, podrían explicar en parte los resultados encontrados en el Estudio 2.

Hay que considerar que la siembra del Estudio 2 se correspondió con fechas en el que el estudio 1 los problemas fueron menores. En realidad los arroceros realizan siembra directa en septiembre encontrándose con los problemas observados para la primer fecha en el Estudio 1. Esto hace que el Estudio 2 no enfrentó tales condiciones en la que es de esperar que los efectos sean menores.

Hay que tener presente la alta densidad de plantas utilizada en este estudio, y comúnmente utilizada en predios comerciales, que pudieron haber corregido los efectos causados por los supuestos manejados anteriormente. Sería interesante evaluar los

mismos efectos a las densidades óptimas de cada variedad, para verificar si realmente el manejo del rastrojo como el largo del barbecho pueden afectar al rendimiento en las variedades utilizadas en este trabajo.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. ALVAREZ, A; DUCOS, G; MIETTO, F. 2000. Efecto del momento de inicio del barbecho químico, sobre la disponibilidad de nitrógeno como nitrato en el suelo sobre el crecimiento y desarrollo sobre avena sembrada sin laboreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 63.

1. BACH JENSEN, L; COURTOIS, B; SHEN, L; LI, Z; OLOFSDOTTER, M; MAULEON, R. P. 2001. Locating genes controlling alelopathic effects against barnyardgrass in upland rice. Agronomy Journal, 93: 21-26 .

2. BENNETT, O. L.; MATHIAS, E. L.; LUNDBERG, P. E. 1973. Crop responses to no-till management practices on hilly terrain. Agronomy journal, 65: 488-491 .

3. BHAGAT, R. M.; BHUIYAN, S. I.; MOODY, K. 1996. Water tillage and weed interactions in lowland tropical rice. Agricultural Water Management, 31: 165-184 .

4. DE DATTA, S. K.; BOLTON, F. R.; LIN, W. L. 1979. Prospects for using minimun and zero tillage in tropical lowland rice. Weed Research, 19: 9-15 .

5. DIEA. 2001. Encuesta arrocera zafra 2000-01. http://mgap.gub.uy/Diea/Encuestas/Se203/SE203_EncuestaArrocera2000_01.htm.

6. DILDAY, H.R; LIN, J; YAN, W. 1994. Identification of allelopathy in the USDA-ARS (United States Departament of Agriculture- Agricultural Reserch Service) rice germplasm collection. Australian Journal of Experimental Agriculture, 34: 907- 910 .

7. EAGLE, A. J.; BIRD, J. A.; HORWATH, W. R.; LINQUIST, B. A.; BROUDER, S. M.; HILL,J. E.; VAN KESSEL, C. 2000. Rice yield and nitrogen utilization efficiency under alternative straw management practices. Agronomy Journal, 92: 1096-1103 .

8. FERREIRA, E; MONTAUBAN, E. F. 1998. Incidencia de factores climáticos sobre rendimiento y componentes y vías de construcción del rendimiento en cultivares de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 186 .

9. GONZALO GAMARRA SANTA CRUZ. 1996. Arroz; Manual de producción. Montevideo. Hemisferio Sur S.R.L. 439 .

10. GUENZI, W. D; McCALLA, T. M. 1965. Phenolic acid in oat, wheat, sorghum and corn residues and their phytotoxicity. Agronomy Journal, 58: 303 – 304 .

11. GUENZI, W; McCALLA, T, M; NORSTADT, F,A. 1966. Presence and persistence of phitotoxic substances in wheat, oat, corn, and sorghum residues. Agronomy Journal, 59: 163- 164.

12. INFORME TÉCNICO (no se detalla el autor).1999. Reducción del laboreo y siembra directa en el cultivo de arroz. Arroz, 20: 16-20 .

13. JONES, J. N, JR.; MOODY, J. E., LILLARD, J. H. 1969. Effect of tillage, no tillage, and mulch on soil water and plant growth. Agronomy Journal, 61: 719-721 .

14. JORDAN, D. L; BOLLICH, P. K.; BRAVERMAN, M. P.; SANDERS, D. E. 1999. Influence of tillage and Triticum aestivum cover crop on herbicide efficacy in Oriza sativa. Weed Science , 47: 332-337 .

15. INDERJIT*. 1999. Soil: Environmental effects on allelochemical activity. Agronomy Journal, 93: 79-84.

16. LAL, R. 1976. No-tillage effects on soil propierties under different crops in Western Nigeria. Soil Science Society American Journal, 40: 762-768 .

17. LAVECCHIA, A.; MARCHESI, C.; MENDEZ, J. 2000. Siembra directa. In Arroz. Resultados experimentales de arroz - zafra 1999-2000. INIA Tacuarembó (Uruguay), Serie de actividades de difusión, 23: 10-1/10-5.

18. NORMAN, R. J.; GILMOUR, J. T.; WELLS, B. R. 1990. Mineralization of nitrogen-15 labaled crop residues and utilization by rice. Soil Science Society American Journal, 54: 1351-1356 .

19. OLOFSDOTTER, M.; NAVAREZ, D.; MODDY, K. 1995. Allelopathic potencial in rice (Oriza sativa L.) germplasm. Annals applied Biology, 127: 543-560 .

20. OLOFSDOTTER, M.; NAVAREZ, D.; REBULANAN, M.; STREIBIG, J. C. 1999. Weed-supressing rice cultivars - does allelopathy play a role?. Weed Research, 39: 441-454 .

21. OLOFSDOTTER, M; 2001. Rice – a step towards use allelopathy. Agronomy Journal, 93: 3 –8 .

22. RAO, N; MIKKELSEN, D. 1975. Effect of rice straw incorporation on rice plant growth and nutrition. Agronomy Journal, 68: 752 – 755 .

23. RODER, W.;KEOBOULAPHA, B.; PHENGCHANH; S.; PROT, J. C.; MATIAS D. 1998. Effect of residue mangement and falow length on weeds and rice yield. Weed Research, 38: 167-174 .

24. STEEL, R. G. D;TORRIE, J. H. 1985. Bioestadística. Principios y procedimientos. Bogotá. McGraw-Hill Latinoamericana S.A. 622 .