

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE LA CEBOLLA (*Allium
cepa* L) "PANTANOSO DEL SAUCE CRS" BAJO
DIFERENTES REGIMENES DE RIEGO, DENSIDAD Y
FERTILIZACION CON NITROGENO

Por

Marcelo ALTIERI BEQUIO
Pablo LEYS SOUZA
Marcelo MANCUELLO PIPPO

TESIS presentada como uno de los requisitos
para obtener el título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2003

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Guillermo Galván M.Sc.

Primer Vocal:

Ing. Agr. Lucía Puppo

Segundo Vocal:

Ing. Agr. Estela Priore

FECHA:

AUTORES:

Marcelo Altieri Bequio

Pablo Leys Souza

Marcelo Mancuello Pippo

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración y apoyo prestado para la realización de este trabajo a las siguientes personas:

- Al Ing. Agr. M.Sc. Guillermo Galván, director de este trabajo por su esfuerzo y dedicación durante la realización del mismo.
- A las Ing. Agr. Lucia Puppo, Margarita García y Estela Priore por los aportes brindados.
- A nuestro amigo y docente orientador Ing. Agr. M.Sc. Julio Rodríguez por su apoyo incondicional durante estos últimos años de nuestra carrera.
- A los funcionarios del Centro Regional Sur por la colaboración en el trabajo de campo.
- A los docentes y funcionarios de la Cátedra de Suelos y Agua de la Facultad de Agronomía por el uso del laboratorio para el análisis de suelo y plantas.
- Al personal de biblioteca de la Facultad de Agronomía.
- A nuestros amigos Martín Rodríguez, Pablo Llovet, Federico Altieri y Alberto Roland por su invalorable apoyo y colaboración.
- A nuestros padres, familiares y amigos por el estímulo y afecto, que nos ayudan a hacer nuestros sueños realidad y crecer como persona.
- A todas las personas que de una u otra manera han colaborado en el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
I. INTRODUCCION	1
A. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	1
B. OBJETIVO.....	3
C. HIPOTESIS DEL TRABAJO.....	3
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
A. FISIOLOGIA DEL RENDIMIENTO.....	4
1. <u>Evolución del crecimiento de la planta durante el ciclo del cultivo ...</u>	4
a. Desarrollo vegetativo.....	4
b. Formación del bulbo.....	4
2. <u>Factores determinantes de la bulbificación.....</u>	5
a. Influencia del fotoperíodo	5
b. Influencia de la temperatura.....	6
B. FACTORES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO.....	7
1. <u>Densidad de plantas.....</u>	7
2. <u>Tasa de crecimiento del bulbo.....</u>	8
a. Radiación interceptada.....	8
b. Eficiencia de conversión de la materia seca.....	8
c. Fracción cosechable de la materia seca.....	10
3. <u>Duración de la bulbificación.....</u>	11
a. Efecto de la radiación interceptada sobre la duración de la bulbificación.....	11
b. Efecto de la temperatura sobre la duración de la bulbificación.....	12
C. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SOBRE EL RENDIMIENTO.....	13
D. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE NITROGENO SOBRE EL RENDIMIENTO.....	15
E. INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE PLANTAS SOBRE EL RENDIMIENTO.....	18
F. EFECTO DEL NITROGENO SOBRE EL CRECIMIENTO.....	19
1. <u>Factores que determinan los requerimientos</u>	19
2. <u>Efecto del nitrógeno sobre el desarrollo foliar.....</u>	19
3. <u>Efecto del nitrógeno sobre el desarrollo del bulbo.....</u>	20

III. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	22
A. UBICACION DEL EXPERIMENTO	22
B. SUELO.....	22
1. <u>Descripción del perfil</u>	22
2. <u>Análisis de suelo</u>	23
3. <u>Caracterización de la tensión de retención de la humedad del suelo</u>	23
C. MANEJO DEL ALMACIGO	24
D. TRASPLANTE Y MARCO DE PLANTACION.....	24
1. <u>Distribución de las parcelas en el ensayo</u>	25
E. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	26
F. METODO DE RIEGO.....	27
G. HUMEDAD DEL SUELO.....	27
H. ANALISIS ESTADISTICO.....	29
I. MANEJO DEL CULTIVO.....	29
1. <u>Historia del suelo</u>	29
2. <u>Labores realizadas</u>	30
J. MUESTREOS Y DETERMINACIONES.....	31
1. <u>Muestreos de suelos</u>	31
2. <u>Determinación de nitratos</u>	31
3. <u>Muestreo de plantas</u>	31
K. COSECHA	32
1. <u>Metodología</u>	32
2. <u>Mediciones realizadas</u>	32
L. ANALISIS QUÍMICO	32
1. <u>Análisis de suelos</u>	32
2. <u>Análisis de plantas</u>	32
IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	33
A. RENDIMIENTO TOTAL.....	33
B. RENDIMIENTO COMERCIAL.....	44
C. PESO MEDIO COMERCIAL.....	45
V. <u>CONCLUSIONES</u>	46
VI. <u>RESUMEN</u>	47
VII. <u>SUMMARY</u>	48
VIII. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	49
IX. <u>ANEXOS</u>	54

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro N°	Página
1. Rendimiento total (t/ha) promedio según riego y densidad de plantas.....	33
2. Duración en días del período entre trasplante e inicio de bulbificación y entre inicio de bulbificación y último muestreo según tratamientos de riego	34
3. Variables de crecimiento según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	36
4. Correlación entre variables de crecimiento y el rendimiento.....	37
5. Peso fresco promedio en gramos de hojas medido el 5 de noviembre según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	38
6. Tasas de crecimiento (gramos/día) según tratamientos para diferentes etapas del ciclo del cultivo	39
7. Evaluación del vuelco expresado como porcentaje correspondiente al 5 de noviembre y al 2 de diciembre.....	40
8. Evolución del contenido de nitrógeno en planta según riego y nitrógeno aplicado al suelo expresado como porcentaje.....	41
9. Rendimiento comercial (t/ha) promedio según riego y densidad.....	44
10. Peso medio comercial promedio (gramos) según riego y densidad.....	45
11. Rendimiento total y peso medio comercial de bulbos según disponibilidad de agua.....	54
12. Costo anual (U\$S/ hectárea) según nivel de riego.....	54

13. Registros Agroclimáticos para los años 2000-2002 para el período de crecimiento del cultivo.....	56
14. Índice de bulbificación correspondientes al 5 de noviembre, según tratamientos de riego, densidad y nitrógeno.....	57
15. Variables de crecimiento, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	58
16. Evolución del peso fresco total en gramos, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	60
17. Evolución del peso fresco de hojas en gramos, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	61
18. Evolución del diámetro mayor en centímetros, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	62
19. Evolución del índice de bulbificación, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	63
20. Evolución del peso fresco del falso tallo en gramos, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	64
21. Evolución del peso fresco de bulbos en gramos, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	65
22. Rendimiento total, comercial (t/ha.) y peso promedio de bulbos (gr./bulbo), según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	66
23. Descartes obtenidos en el ensayo según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.	67
24. Contenido de nitrógeno en planta, muestreados el 5/11, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	68
25. Contenido de nitrógeno en planta, muestreados el 3/12, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	70

26. Contenidos de nitratos en suelo, muestreados el 8/10, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.....	72
27. Contenidos de nitratos en suelo, muestreados el 5/11, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.	74

Figura N^o

1. Esquema del flujo de masa asociado a la fijación del carbono.....	10
2. Componentes del rendimiento en el cultivo de cebolla y su relación con factores de manejo	13
3. Curva de tensión-humedad.....	23
4. Curvas de tensión de humedad durante el ciclo del cultivo.....	28
5. Precipitaciones durante el ciclo del cultivo.....	28
6. Porcentaje de plantas volcadas según su interacción con dosis de nitrógeno y densidad de plantas.....	41
7. Evolución del contenido de nitratos en el suelo según dosis de nitrógeno aplicadas para el tratamiento de secano.....	43
8. Evolución del contenido de nitratos en el suelo según dosis de nitrógeno aplicadas para el tratamiento de riego 50% ETc.....	43
9. Evolución del contenido de nitratos en el suelo según dosis de nitrógeno aplicadas para el tratamiento de riego 100 % ETc.....	43
10.Frecuencia de observaciones de nivel de enfermedad (<i>Peronospora destructor</i>) en hojas	59
11. Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de secano según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 5/11.....	69
12. Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de riego 50% ETc según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 5/11..	69

13. Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de riego 100% ETc según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 5/11	69
14. Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de secano según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 3/12.....	71
15. Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de riego 50% ETc según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 3/12..	71
16. Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de riego 100% ETc según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 3/12	71
17. Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de secano según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 8/10	73
18. Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de riego 50% ETc según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 8/10.....	73
19. Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de riego 100% ETc según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 8/10.....	73
20. Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de secano según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 5/11	75
21. Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de riego 50% ETc según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 5/11	75
22. Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de riego 100% ETc según dosis de nitrógeno aplicada, muestreado el 5/11	75
23. Evolución del IAF para el tratamiento de secano, cuando la dosis de nitrógeno fue de 100 Kg/ha.....	76
24. Evolución del IAF para el tratamiento de riego 50% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 100 Kg/ha	76
25. Evolución del IAF para el tratamiento de riego 100% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 100 Kg/ha	76
26. Evolución del IAF para el tratamiento de secano, cuando la dosis de nitrógeno fue de 200 Kg/ha.....	77

27. Evolución del IAF para el tratamiento de riego 50% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 200 Kg/ha	77
28. Evolución del IAF para el tratamiento de riego 100% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 200 Kg/ha	77
29. Evolución del IAF para el tratamiento de secano, cuando la dosis de nitrógeno fue de 300 Kg/ha.....	78
30. Evolución del IAF para el tratamiento de riego 50% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 300 Kg/ha	78
31. Evolución del IAF para el tratamiento de riego 100% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 300 Kg/ha	78
32. Evolución del AF para el tratamiento de secano, cuando la dosis de nitrógeno fue de 100 Kg/ha.....	79
33. Evolución del AF para el tratamiento de riego 50% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 100 Kg/ha	79
34. Evolución del AF para el tratamiento de riego 100% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 100 Kg/ha	79
35. Evolución del AF para el tratamiento de secano, cuando la dosis de nitrógeno fue de 200 Kg/ha.....	80
36. Evolución del AF para el tratamiento de riego 50% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 200 Kg/ha	80
37. Evolución del AF para el tratamiento de riego 100% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 200 Kg/ha	80
38. Evolución del AF para el tratamiento de secano, cuando la dosis de nitrógeno fue de 300 Kg/ha.....	81
39. Evolución del AF para el tratamiento de riego 50% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 300 Kg/ha	81
40. Evolución del AF para el tratamiento de riego 100% ETc, cuando la dosis de nitrógeno fue de 300 Kg/ha	81

I. INTRODUCCION

A. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El cultivo de cebolla ocupa el quinto lugar dentro de las hortalizas cultivadas en el país. Se mantiene una superficie estable de cultivo que oscila en las 2000 hectáreas (2112 hectáreas en 2195 explotaciones según Censo Agropecuario año 2000) anuales, con un rendimiento promedio de 11.000 Kg/ha (11.083 Kg/ha según MGAP-DIEA, PREDEG, 1999). Esta producción es básicamente para consumo en el mercado interno, en fresco.

La producción de cebolla en la región sur del país, que nuclea aproximadamente el 80% de los productores del país, se realiza entre los meses de abril a diciembre (de almácigo a cosecha). La entrada al mercado se da desde el mes de enero hasta el mes de setiembre, al final de este período es cuando se obtienen los mejores precios por lo que la conservación poscosecha de los bulbos juega un papel preponderante para obtener estos beneficios.

El sistema de producción utilizado en el país ha evolucionado durante la última década, pasando de un escaso o nulo uso del riego y baja densidad de plantas (166 a 200 mil plantas /ha), a medias y altas poblaciones (250 y 330 mil plantas /ha respectivamente) y uso creciente del riego, sumado a un ajuste progresivo del resto de los factores de producción (Puppo, L. y Baccino, G., 2001).

En el país se produce una gran gama de variedades, siendo las más utilizadas para la zona sur, Granex 33, Casera INIA, Pantanoso del Sauce, Valenciana INIA y Valcatorce INTA.

En la unidad de horticultura del Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, desde 1991 se ha desarrollado un programa de mejoramiento genético de cebolla basado en poblaciones locales. Desde 2001 se difunde el cultivar Pantanoso del Sauce CRS. Esta variedad obtenida mediante mejoramiento de poblaciones locales, de ciclo intermedio, con fotoperíodo crítico para bulbificar de 12-13 horas de luz, requisito que en la zona sur (Canelones) se alcanza a partir de la primera semana de octubre. Se logra la maduración para cosecha (50% de vuelco) a mediados de diciembre. Es una cebolla de forma esférica, con muy buen cerrado del cuello, color bronceado, con retención media de catáfilas, alto potencial de rendimiento y buena conservación post-cosecha, llegando al mes de agosto con el 50-80% en peso de los bulbos cosechados sanos. Presenta una resistencia parcial a la aparición

en almácigos de punta seca y manchas causadas por *Botrytis squamosa*. (Facultad de Agronomía C.R.S., 1999).

Los trabajos que condujeron a la selección de este cultivar (1991-1997) se realizaron sin riego, con una densidad de plantas media (25 plantas /m²) y se obtuvieron rendimientos de bulbos en torno a 25.000 Kg/ha.

En el período 1997 a 2000 se realizó un trabajo para analizar la interacción entre el ciclo del cultivar y la localidad (o tipo de suelo), en seco y con densidad media, se obtuvieron rendimientos entre 17.000 y 38.000 Kg/ha. Presentó buen potencial de rendimiento a través de diferentes situaciones de cultivo, destacándose en suelos pobres (con estructura degradada) y en condiciones de seco frente a cultivares mas tardíos. (Galván *et al*, 2000).

Maeso, D.; Arbolea, J.; Fernández, S.; (1999) evaluaron sistemas de pronósticos para el control de enfermedades con distintas variedades. Obtuvieron rendimientos con Granex 33 de 36.493 Kg /ha, Casera INIA 26.280 kg/ha, Pantanoso CRS 31.659 Kg/ha y Valenciana INIA 26.120 kg/ha

Existe interés entre los técnicos y productores que trabajan en el cultivo en explorar el rendimiento alcanzado con este cultivar, de reciente disponibilidad, bajo condiciones de cultivo no limitantes. Esto responde a la evolución del sector productivo hacia la especialización, con la aparición de empresas familiares altamente dedicadas al cultivo que alcanzan muy buenas condiciones de manejo.

B. OBJETIVO

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el rendimiento del cultivar nacional Pantanoso del Sauce C.R.S. con diferentes densidades de trasplante y distintas dosis de nitrógeno y de agua.

Se pretende generar información sobre el comportamiento en condiciones no limitantes, con rendimientos en torno al máximo potencial.

C. HIPOTESIS DEL TRABAJO

- Al ajustar el contenido de humedad del suelo al consumo de agua del cultivo se esperan obtener mayores rendimientos.
- Los aumentos en la densidad provocarían incrementos en el rendimiento total con disminución en el peso medio de los bulbos.
- Con las dosis mayores de nitrógeno se esperan obtener los mayores rendimientos, aunque dosis excesivas podrían retrasar la bulbificación y afectar negativamente el rendimiento.
- Mayor densidad de trasplante requeriría mayor disponibilidad de agua y de nitrógeno para obtener aumento del rendimiento con mantenimiento del peso medio de bulbos.
- Incrementos en las dosis de nitrógeno conducirían a mayores aumentos de rendimiento bajo mayor disponibilidad de agua.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. FISIOLOGIA DEL RENDIMIENTO

1. Evolución del crecimiento de la planta durante el ciclo del cultivo

a. Desarrollo vegetativo

Lefebre (1976, citado por Kasek y Melognio, 1995), divide en dos fases el crecimiento de la planta de cebolla: crecimiento de hojas y raíces, y acumulación de reservas. El crecimiento foliar y de las raíces es muy intenso hasta el inicio de la bulbificación, donde se enlentece y luego prácticamente se detiene.

Moltini y Silva (1981, citado por Kasek y Melognio, 1995), hallaron que el peso fresco y seco de las hojas de la planta tiene un rápido crecimiento inicial hasta los 80 días después del transplante, disminuyendo el peso fresco hacia la cosecha y manteniéndose estable hasta la misma. La disminución del crecimiento coincide con la traslocación de sustancias de reserva al bulbo, o sea, con el inicio de la bulbificación.

Según Brewster (1994), la tasa de aparición de las hojas es fuertemente dependiente de la temperatura. Los incrementos son lineales en el rango de 6 a 20 °C. Una temperatura de 6 °C puede considerarse cero fisiológico para el crecimiento foliar, y el máximo valor se alcanza entre los 22 y 25 °C, cayendo bruscamente por temperaturas mayores a 27 °C. De esta manera la tasa de aparición de las hojas puede medirse como la suma de grados día acumulados desde emergencia.

b. Formación del bulbo

El rendimiento en cebolla esta fuertemente relacionado al porcentaje de luz interceptada por el canopy foliar durante la bulbificación. Por lo tanto según sea el IAF logrado al inicio de la bulbificación, se determina la potencialidad de intercepción de luz por el canopy foliar (Brewster, 1994).

Posteriormente a la fase de desarrollo foliar, se inicia el proceso de traslocación de sustancias a las vainas de las hojas, produciéndose la bulbificación. Cuando el diámetro mayor del bulbo duplica el diámetro del cuello del mismo, arbitrariamente se considera iniciado el proceso de bulbificación (García y de la Peña, 1983).

Simultáneamente engrosan las vainas, algunas hojas interiores que no llegan a emerger al exterior, aparecen nuevos ápices de crecimiento y cesa la formación de raíces (Gómez y López Palmero, 1977; citados por Compiani y D'acunti, 1994).

El fenómeno de bulbificación ocurre principalmente por el agrandamiento celular y por el desarrollo de los espacios intercelulares, en tanto que es de importancia secundaria la división celular (Heath, 1945).

Genta y Ambrosoni (1995), mencionan que los cuatro factores que inciden en la bulbificación de la cebolla en orden decreciente son: fotoperíodo, temperatura, tamaño de la planta y fertilización nitrogenada. Destacan que si el alargamiento de los días y el aumento de temperatura encuentran a la planta con un pobre desarrollo, se producirá un atraso en la fecha de comienzo de bulbificación debido a que el inicio de bulbificación está determinado por el alargamiento en el fotoperíodo, siempre que la planta tenga un mínimo de desarrollo. Este atraso en el inicio de bulbificación trae como consecuencia un acortamiento del período de bulbificación, lo que determina un menor peso de bulbo en cosecha y un menor rendimiento.

2. Factores determinantes de la bulbificación

a. Influencia del fotoperíodo

En zonas templadas, la duración del día es el factor principal que determina el comienzo de la bulbificación, siendo la temperatura un moderador de dicho proceso (Abdala, 1967, citado por Brewster 1977).

La bulbificación es inducida por días largos. Cuanto mayor es el fotoperíodo, más temprano cesa el crecimiento de las hojas y antes alcanza el bulbo su madurez fisiológica (Thompson y Smith, 1938). El fotoperíodo mínimo para bulbificar es llamado fotoperíodo crítico. Es una característica intrínseca de la variedad y es transmitida genéticamente (Reis Filgueira, 1972).

Cada variedad de cebolla necesita una determinada longitud del día para iniciar la bulbificación. De acuerdo a la cantidad de horas es que los cultivares se clasifican en: cultivar de día corto, cultivar de día intermedio y cultivar de día largo.

Si el día es más corto que el fotoperíodo necesario para bulbificar, la planta continúa fabricando hojas sin llegar a formar el bulbo. Por el contrario, si una variedad se siembra demasiado tarde, con una longitud del día suficiente

para iniciar la bulbificación esta se inicia muy tempranamente, con muy poco número de hojas (Gómez et al., 1977).

Zink (1966) encontró que el mínimo de horas luz necesarias para el inicio de la bulbificación era de 13 horas mientras que 14 horas resultaron para la variedad Southport Yellow Globe.

Jones y Mann (1963) para temperaturas normales, indican que las horas luz necesarias para la formación del bulbo estarían en un rango de 12 a 16 horas, dependiendo del cultivar considerado. Así los cultivares de "día corto" dan buenos rendimientos en zonas de latitudes subtropicales, mientras que los cultivares de "día largo" lo hacen en latitudes más lejanas.

Cásseres (1980) señala que el rango de exigencia de horas de luz es de 10 a 12 horas para aquellas variedades que crecen entre 0 y 28° de latitud, 12 a 13 horas para las que crecen entre 28 y 40° y de 14 horas para las que crecen a más de 36° de latitud.

b. Influencia de la temperatura

A diferencia del fotoperíodo, las condiciones de temperatura varían año a año para una misma variedad, por lo que no es de esperar un comportamiento uniforme de los cultivares de cebolla aún cuando las prácticas de manejo sean las mismas (Jones y Mann, 1963).

Las temperaturas cálidas favorecen la bulbificación (Jones y Mann, 1963), mientras que las temperaturas frescas no sólo enlentecen este proceso, sino que además, inducen la emisión del escapo floral (Zink, 1966).

Schweisguth (1976) afirma que las altas temperaturas tienen el efecto de bajar el umbral de la duración del día, es decir, que el requerimiento de horas luz para la iniciación de la bulbificación disminuye al aumentar la temperatura.

Jones y Mann (1963) establecen que si prevalecen temperaturas bajas la maduración se ve retrasada. Brewster (1990a) menciona que se puede revertir el desarrollo del bulbo, haciendo que la planta produzca nuevamente hojas si el fotoperíodo es suficientemente corto. El estímulo para bulbificar es menor a baja temperatura y la ocurrencia de cebollas inmaduras o thick neck en estaciones frescas, estaría asociado a un estímulo insuficiente para comenzar o mantener la bulbificación y prevenir la reversión en la producción de tallos con hojas durante el verano tardío.

Heath y Holdsworth (1956, citados por Izquierdo, Maeso y Villamil 1981), afirman que la temperatura mínima para bulbificar es de 12.5 °C. Además, Thompson y Smith (1938, citados por Izquierdo, Maeso y Villamil 1981), indican que la bulbificación no tiene lugar si no existen temperaturas medias superiores a los 15 °C, aunque el fotoperíodo sea totalmente inductivo.

Holdsworth (1956, citado por Izquierdo, Maeso y Villamil 1981), afirma que el estímulo del fotoperíodo en la inducción de la bulbificación será efectivo una vez que la planta haya llegado a un determinado tamaño mínimo.

Según Ramos C. (1999), el cultivo de cebolla requiere de temperaturas entre 18 y 35 °C, lográndose los mejores rendimientos donde estas condiciones no superan los 26 °C.

B. FACTORES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO

1. Densidad de plantas

Brewster (1994) trabajando con densidades de 250.000 a 4.000.000 plantas por hectárea, encontró que al aumentar la densidad, los rendimientos de materia seca por hectárea del cultivo aumentaban debido a un mayor porcentaje de luz interceptada por el canopy. Pero estos incrementos de rendimientos, iban acompañados de una drástica reducción del tamaño de los bulbos. La fecha de maduración también se afectaba, adelantándose en 20 días.

Según este autor, para producir bulbos de tamaño comercial (5 a 7 cm) es común emplear densidades entre 250.000 y 500.000 pl/ha, dependiendo de las condiciones de crecimiento, particularmente la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua.

Según Arbolea y Capra (1993), en Uruguay las densidades más comúnmente empleadas en la zona sur van desde 125.000 pl/ha hasta 300.000 pl/ha.

Dentro de ciertos límites, al aumentar la población se obtiene un mayor rendimiento para cierta calidad de producto deseado. La respuesta a la población hasta un tamaño dado de bulbo es muy importante, interaccionando positivamente con la respuesta a nitrógeno y con la disponibilidad de riego. (Genta, H.; Moltini, C.; Zamalvide, J., 1994).

2. Tasa de crecimiento del bulbo

Según Brewster (1990), la tasa de crecimiento diario es el resultado de la radiación interceptada (fotosíntesis, expresada en gramos $C_6H_{12}O_6/m^2$), de la eficiencia de conversión de los carbohidratos en materia seca (gMS/g $C_6H_{12}O_6$), y de la fracción cosechable de la materia seca (fracción destinada a los bulbos).

a. Radiación interceptada

La cantidad de radiación interceptada por el cultivo, es función de la radiación incidente (MJ/m^2) y de la proporción interceptada por el canopy foliar, integrado durante el crecimiento del cultivo. En el caso de la cebolla, del total de la radiación solar incidente, una parte comparativamente pequeña es interceptada por las hojas del cultivo, lo que determina el bajo potencial fotosintético del cultivo (Brewster, 1990).

Por lo tanto, como el rendimiento del bulbo está correlacionado con la interceptación de la radiación total, el lograr un índice de área foliar alto, y por consiguiente un alto porcentaje de interceptación de la irradiación solar (l %), es necesario para alcanzar un alto rendimiento de bulbo.

Según Arias y Peluffo (2001), las variables de crecimiento de cultivo, que presentan una correlación alta y positiva, con el rendimiento y peso de bulbo son:

- Duración del área foliar durante bulbificación.
- Área foliar al inicio de la bulbificación.
- Peso fresco al inicio de bulbificación.
- Días de trasplante a inicio de bulbificación.

Contrariamente, ciertas variables de manejo como una baja densidad de plantas, siembras tardías y factores ambientales como la ocurrencia de un déficit hídrico, dan por resultado un bajo porcentaje en la radiación interceptada por el cultivo, afectando el rendimiento (Brewster, 1990).

b. Eficiencia de conversión de la materia seca

Una fracción de la asimilación bruta del cultivo es realmente destinada a incorporarse a la planta como materia seca. Del total de la radiación interceptada, solo una parte es transformada en los distintos compuestos que conforman la materia seca de la planta, y del bulbo en particular.

Según Brewster (1990), el incremento alcanzado en el rendimiento seco total entre el comienzo de la bulbificación y la cosecha, está relacionado con la radiación total interceptada por el canopy foliar durante este período. Pero en años secos o con períodos de altas temperaturas esta correlación disminuye debido a la baja eficiencia de conversión en materia seca.

Brewster (1990) menciona que si durante la bulbificación la planta está sometida a estrés por déficit de agua, en cultivos sin regar debido a ocurrencia de altas temperatura e irradiación, se reduce significativamente la eficiencia de conversión. Aunque igualmente en cultivos de cebolla bien regados, la eficiencia de conversión de la MS disminuye en estaciones de temperatura significativamente alta e irradiación alta. Posiblemente la fotosíntesis en el canopy foliar es a veces saturada por la luz en estas estaciones.

c. Fracción cosechable de la materia seca

Para Brewster (1990a), la cebolla es ineficiente en la intercepción de radiación, promedio en la conversión de radiación en materia seca (0.75 gMS/gC₆H₁₂O₆), y buena en la partición de la materia seca al órgano cosechable (>90%).

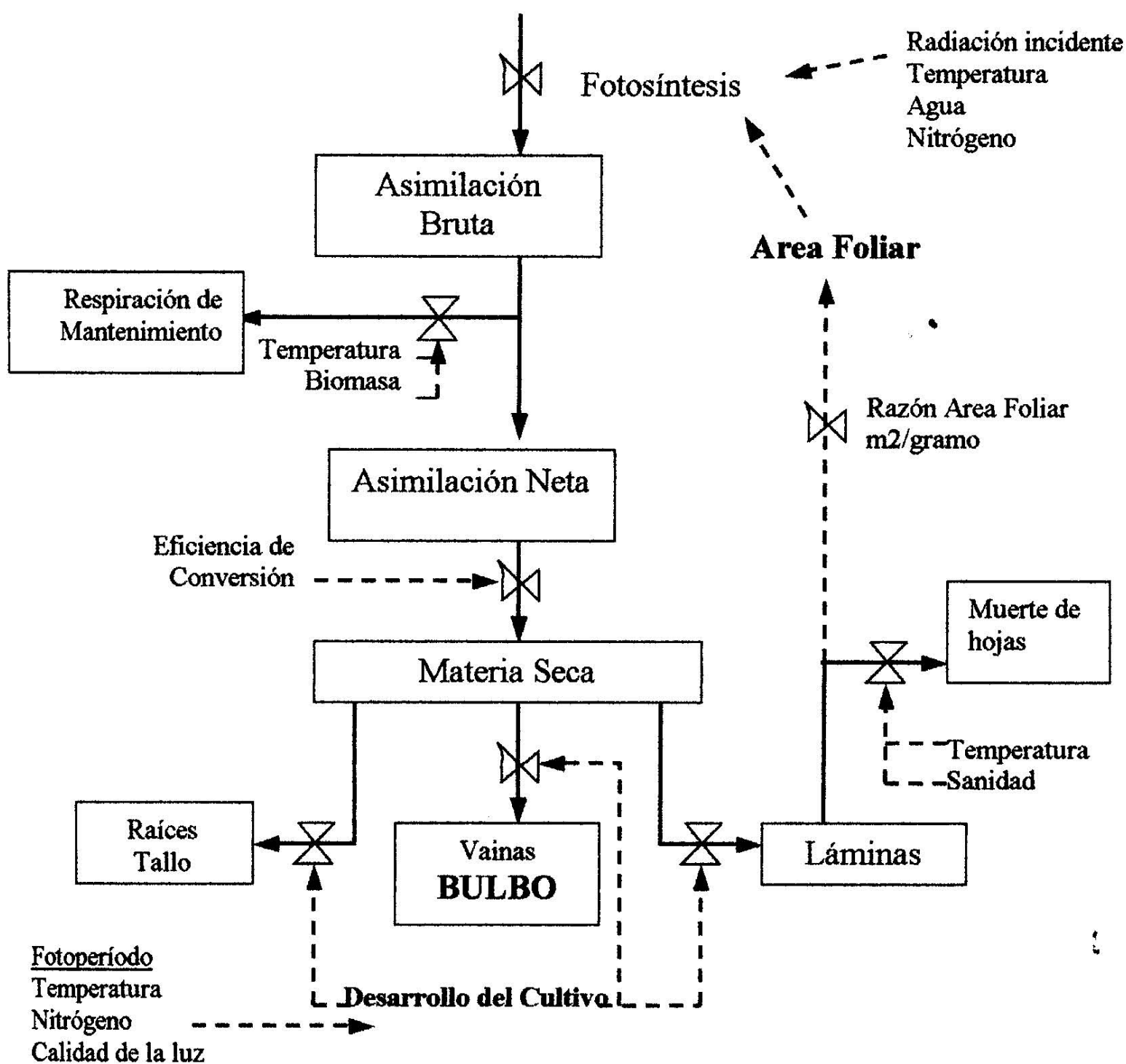


Figura 1 Esquema del flujo de masa asociado a la fijación del carbono.

Las líneas punteadas representan flujo de información. Sobre las flechas se representan "llaves de paso" junto a las que se mencionan algunos factores que regulan los procesos (Galván, 2001, basado en Visser, 1994).

3. Duración de la bulbificación

Una vez superados los requisitos ambientales de fotoperíodos y temperatura, comienza la bulbificación. El período comprendido entre inicio de bulbificación y cosecha se denomina duración de la bulbificación; durante esta etapa, los factores ambientales que más inciden sobre la duración, son la radiación interceptada y la temperatura.

Brewster (1990) estableció una ecuación de regresión múltiple mediante la cual relacionó la duración del crecimiento del bulbo con la radiación interceptada (I%) y con la temperatura media durante el crecimiento del bulbo (T), en la que la radiación interceptada explicó el 41.4 % de la variación y la temperatura explicó el 73.7 % de la variación:

$$\text{Duración del crecimiento del bulbo} = 104.8 - 0.245 I \% - 2.714 T$$

[días]

Algunas variables de manejo tales como el empleo de densidades altas o la realización de siembras tardías acortan la duración de este período.

La duración de la bulbificación en Uruguay de la variedad Pantanoso del Sauce CRS fue entre 38 y 43 días (Arias y Peluffo, 2001).

Scully, Parcker y Borthwick (1945, citados por Brewster 1977), señalan para condiciones de fotoperíodo crítico o cercanas al mismo, que un exceso de nitrógeno actuaría de igual forma que un acortamiento del fotoperíodo, o sea atrasa la bulbificación y una deficiencia adelanta la bulbificación.

Altos niveles de nitrógeno, retrasan la formación del bulbo (Brewster, 1977), interfiriendo en la síntesis de reservas (Lefebvre, 1976).

a. Efecto de la radiación interceptada sobre la duración de la bulbificación

Según Mondal *et al.* (1986, citados por Brewster 1990), la duración del ciclo disminuye linealmente con el aumento del flujo radiante interceptado por el canopy foliar, debido a un adelantamiento en la fecha de maduración y un adelantamiento relativamente menor en la fecha de inicio de bulbificación.

Para Brewster (1994), bajo condiciones dadas por altas densidades de plantas o sombreamiento del canopy por enmalezamiento, la iniciación de la bulbificación se adelanta. Este aceleramiento se debe a:

- a) una competencia por luz;

b) por el sombreamiento del follaje verde, que produce modificaciones en la relación rojo/rojo lejano de la luz disminuyendo dicha relación.

Este autor sostiene que los factores que reducen el IAF como enfermedades, plagas, daños de herbicida, deficiencias de nutrientes o agua y bajas temperaturas pueden suponer un retraso en la iniciación de la traslocación y en la maduración.

Condiciones de estrés hídrico durante el cultivo acortan la duración del crecimiento del bulbo, principalmente al adelantar la fecha de maduración, y con un efecto menor de retraso en el inicio de la bulbificación.

Por lo tanto, una corta duración de crecimiento del bulbo, una baja proporción de la radiación interceptada y baja eficiencia de conversión de radiación en materia seca, ocurren cuando se producen estrés hídrico, y todo esto ocasiona un bajo rendimiento de bulbo (Brewster, 1994).

Riekels (1977, citado por Pieri y Delgado 2000), señala que todas las cebollas regadas maduraron una semana mas tarde que las no regadas, incluso aquellas que recibieron altas tasas de nitrógeno. Esta respuesta indica que la maduración es mas influenciada por el agua disponible que por el nitrógeno.

b. Efecto de la temperatura sobre la duración de la bulbificación

Numerosos estudios han mostrado que el desarrollo del bulbo de cebolla es acelerado por incrementos en la temperatura (Brewster, 1990). En ensayos bajo fotoperíodos constantes y con temperaturas medias desde 17.5 a 22.5 °C se observaron diferencias en la iniciación y desarrollo de los bulbos.

Un mayor período de bulbificación, puede ser causado por temperaturas más frescas, que provocan un enlentecimiento en la maduración del bulbo y en la senescencia de las hojas (Brewster, 1994).

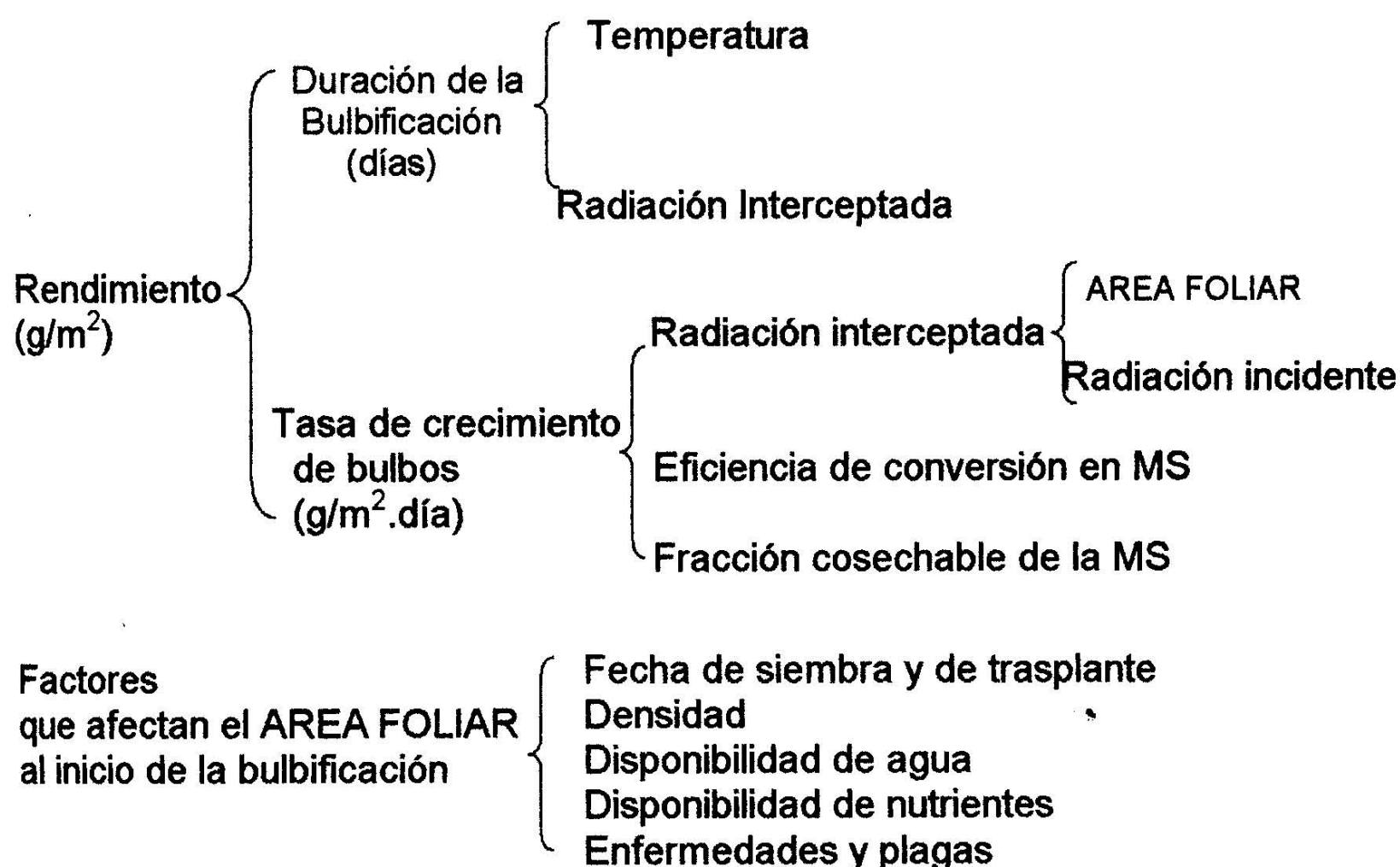


Figura 2 Componentes del rendimiento en el cultivo de cebolla y su relación con factores de manejo.(Galván,2001)

C. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SOBRE EL RENDIMIENTO

La cebolla posee uno de los más bajos valores de longitud de la raíz por unidad de peso seco. Es una de las plantas que posee un sistema radicular más superficial (Aldabe y Aldabe, 1980).

García F. *et al.* (1979), trabajaron con distintas densidades poblacionales, diferentes niveles de agua y nitrógeno. Encontraron que el riego era imprescindible para lograr un alto nivel de rendimiento estable entre años. Debe manejarse de tal manera de no provocar excesos de agua. Se concluye que el riego debe hacerse con poca cantidad (láminas máximas de alrededor de 25 mm), ya que el cultivo explora muy poca profundidad de suelo.

García, F *et al.* (1979), manifestaron que en condiciones de déficit hídrico que coincida con la bulbificación y el crecimiento de los bulbos, se logran aumentos de hasta 10 veces en la producción, como respuesta a la aplicación

de riego durante estas etapas. A su vez, déficit moderados durante el período de crecimiento foliar redujeron 15 % el rendimiento.

Dada la escasa capacidad de disminuir el potencial osmótico de los tejidos de la hoja para compensar la escasez de agua, el cierre de los estomas se produce rápidamente con lo que se da una disminución en la transpiración y como consecuencia una detención en la fotosíntesis (Brewster, 1968, citado por Moltini y Silva, 1981).

Se establece así un período crítico en cuanto a la necesidad de agua, que coincide con el comienzo de la bulbificación; durante este periodo el déficit de agua provocaría un efecto negativo sobre el rendimiento (Moltini y Silva, 1981).

Según Ramos, C. (1999), el cultivo de cebolla es relativamente resistente a la sequía, sin embargo no deberá faltar agua en las fases de germinación y desarrollo de raíces y bulbos. El sistema radical de la cebolla es superficial, por lo que el volumen de exploración de las raíces es muy reducido. En consecuencia, los riegos deben ser frecuentes y si la textura es gruesa, el tiempo de aplicación debe ser reducido para evitar pérdidas de agua y nutrientes por percolación. Por otra parte, el agua por encima de los bulbos, podría favorecer la proliferación de enfermedades fungosas y el amarillamiento de las hojas. Los rendimientos están en relación directa con el número de riegos aplicados durante el ciclo. Frecuencias de riego entre 8 y 20 días, obtuvieron los mejores rendimientos. Una vez trasplantados los bulbos, deben regarse rápidamente, de lo contrario, habría una disminución sensible en la producción. Pasado este período es necesario regar con frecuencia hasta que el bulbo se ha formado. El período de desarrollo y crecimiento del bulbo es importante y la producción se reducirá si los riegos se espacian mucho, ocasionando bulbos dobles, característica que disminuye considerablemente el valor comercial. Se encontró que la falta de humedad durante los períodos de crecimiento foliar y bulbificación, muestran cambios en la coloración normal típica del follaje, reducción del crecimiento del cultivo y del diámetro de bulbos, adelantándose la época de cosecha.

Riekels (1977, citado por Moltini y Silva, 1981), encontró que en un cultivo bajo riego, los aumentos en el nivel de nitrógeno aplicado incrementaron los rendimientos y estimularon la maduración temprana del cultivo.

Gale, Kohl, Hagen (1967, citados por Brewster, 1990), demostraron que las cebollas son muy sensibles al stress por agua, en estudios de respuesta del crecimiento y fotosíntesis a la salinidad y contenido de agua del suelo en

condiciones de diferentes demandas de evaporación. En las estaciones de demanda de evaporación alta, igualmente con tierra húmeda, la turgencia de la hoja se reduce a tal magnitud que parcialmente cierra las hojas y limita la fotosíntesis.

Según Brewster (1994), altos rendimientos fueron obtenidos en ensayos realizados en India y en Noruega, cuando bajo condiciones deficitarias de agua, se regaba con umbrales de potencial agua en el suelo de 0.045 Mpa, ya que la cebolla es sensible tanto a la falta como al exceso de agua. En Inglaterra se recomiendan riegos de 25 mm cuando el déficit hídrico alcanza los 30 mm.

D. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE NITROGENO SOBRE EL RENDIMIENTO

El conocimiento de la cantidad de nitrógeno extraído proporciona una idea global de las necesidades de este nutriente por este cultivo (Lefebvre, 1976).

Haag, Home y Kinoto (1970) obtuvieron con una densidad de 167.000 plantas /ha y un rendimiento de 36.700 Kg /ha, una extracción de 132.8 Kg. de nitrógeno. Por otro lado, Lorenz y Bartz (1968), indican una extracción de 162 Kg. de nitrógeno /ha para un rendimiento de 88.000 bulbos /ha.

A su vez, Moltini, C.; Genta, H. y Zamalvide, J. (1994), sobre el cultivo de cebolla citan a diversos autores que señalan rangos de extracciones de nitrógeno por el cultivo que van desde 106 a 163 Kg/ha. de N, para rendimientos que variaron entre 36 y 60 t/ha.

García de Souza, M. y Reyes, C. (2001) analizando los resultados de los rendimientos de cebolla según las dosis de nitrógeno se constató que existe un ajuste cuadrático para los rendimientos totales y comerciales, con significación estadística. Las dosis utilizadas en el ensayo (150 Kg de N/ha.) no permitieron obtener el máximo de producción posiblemente debido a las lluvias caídas en septiembre (141 mm), momento en que se refertilizó el cultivo con nitrógeno.

Zink (1962) expresa la existencia de un paralelismo entre la tasa de absorción de nitrógeno por las plantas y la tasa de crecimiento.

Haag, Home y Kinoto (1970) indicaron que la absorción de nitrógeno es lenta hasta los 85 días después del trasplante, se intensifica y se hace máxima hacia los 145 días y luego decrece lentamente.

Un comportamiento similar fue encontrado por Zink (1966), donde se observó que la remoción de nitrógeno fue muy lenta durante el crecimiento temprano. El cultivo extrajo a la mitad de su ciclo 14 Kg. de nitrógeno de un total de 159 Kg. extraídos, o sea, un 8.8 %. Posteriormente desde el inicio de la bulbificación a la cosecha fueron removidos 108 Kg. de nitrógeno por hectárea o sea un 68%.

Bishop et al. (1972 y Henriksen 1987, citados por Delgado y Pieri , 2000), han reportado que se requirieron dosis medias a altas, 120-300 Kg N/ha. para maximizar el rendimiento.

Gaviola, Lipinski y Nijensohn (1998) reportaron que se obtuvieron los máximos rendimientos totales (30 y 36 t/ha) con una fertilización de 100 Kg N/ha, en dos años de experimentación en suelos franco-arenoso de origen aluvial de Mendoza.

De La Peña y García (1983) trabajando sobre dosis de nitrógeno y distintas densidades concluyeron que para cultivos con bajas densidades de población 100.000 a 130.000 pl/ha la demanda de nitrógeno sería satisfecha con 40 a 50 unidades de nitrógeno por hectárea; y para cultivos con altas densidades 250.000 a 400.000 pl/ha los requerimientos de nitrógeno son mayores oscilando entre 60 a 90 unidades /ha.

Se concluye entonces, que el total de nitrógeno extraído oscila entre 60 y 160 Kg /ha, dependiendo de la densidad de plantas utilizadas y del rendimiento obtenido, (García et al. 1983).

Maier, Dahlemburg y Twigden (1990) reportan en su estudio que la aplicación de nitrógeno incrementó significativamente el rendimiento de bulbos comercializables.

Según Reis Filgueira (1972), tanto la deficiencia de nitrógeno como el exceso pueden ocasionar disminución de los rendimientos.

Las dosis de nitrógeno recomendadas están en función de diversos factores, tales como: el nivel de producción esperado del cultivo y la estimación de aporte de nitrógeno del suelo. Para caracterizar el aporte o suministro de nitrógeno por parte del suelo se puede tener en cuenta: la antigüedad de la chacra, la fertilidad natural, el contenido de materia orgánica, el contenido de nitrato y las condiciones climáticas. (Genta, H.; Moltini, C.; Zamalvide, J. ,1994).

Además, en los cultivos realizados en secano se es dependiente de las precipitaciones y la disponibilidad de agua puede variar la utilización del nitrógeno por las plantas (García y De La Peña, 1983).

Según Riekels (1977), la utilización de nitrógeno fluctúa mucho de acuerdo con la humedad suministrada, y bajo condiciones de sequía, altas dosis de nitrógeno pueden causar un efecto adverso en el desarrollo del cultivo.

La disponibilidad de agua afecta la respuesta a la fertilización nitrogenada, ya que las plantas extraen el nitrógeno bajo forma de nitratos solubilizados en el agua del suelo (Black, 1975).

El escaso volumen de suelo explorado por las raíces y la imposibilidad de crear diferencias de potencial importantes para solventar la insuficiencia de agua en la superficie de absorción, explicarían la variación en la respuesta a la fertilización nitrogenada dada por el nivel de agua disponible (Brewster, 1968).

García y De La Peña (1983) en ensayos realizados en la Facultad de Agronomía, con la variedad Sintética 14 y sobre un Brunosol muy degradado, con un contenido de materia orgánica de 2.4 %; encontraron una clara respuesta al agregado de nitrógeno, con dosis de 80 y 120 Kg/ha registraron aumentos del rendimiento promedio con respecto al tratamiento testigo de hasta 21 t/ha.

Así lo demuestra el resultado obtenido por García, Cardellino y Moltini (1982), en un ensayo de riego, población y nitrógeno sobre un suelo con alta capacidad de suministro de este nutriente, en el que se obtuvo respuesta a 40 Kg/ha con alta aplicación de agua, con rendimientos del orden de 85 a 67 t/ha correspondientes a 800.000 y 400.000 pl/ha respectivamente.

E. INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE PLANTAS SOBRE EL RENDIMIENTO

La población de plantas ha demostrado ser el factor más importante que está limitando los rendimientos a nivel comercial en nuestro país (García, F *et al.* 1979).

Vik, 1970; Dowkwer y Fennell, 1974,(citados por Delgado y Pieri, 2000), han reportado que existe un marcado efecto de la densidad sobre el largo del ciclo del cultivo, donde al aumentar la densidad se produce un acortamiento del ciclo,

Rogers (1972) considera que existen dos componentes fundamentales a estudiar: la densidad, considerada como el número de plantas por unidad de superficie, y el arreglo espacial o rectangularidad, que es la relación que existe entre la distancia a las que se encuentran las filas, y la distancia entre plantas dentro de la fila. Ambos componentes pueden estudiarse en conjunto o por separado, en este caso se puede dejar constante el número de plantas por unidad de superficie y se cambia la distancia en la entre fila y dentro de la misma, o viceversa, dejando la rectangularidad constante se cambia el número de plantas.

Según Black (1975), el suministro de nitrógeno de los suelos es uno de los factores ambientales por los cuales es mayor la competencia entre plantas.

En el cultivo de cebolla el escaso volumen de suelo explorado acentúa la competencia por agua y nitrógeno entre las plantas (García y De La Peña, 1983).

Los requerimientos de fertilizante se incrementan con el aumento de la población de plantas. Este incremento no es proporcional, sin embargo la eficiencia en el uso del fertilizante se incrementa con poblaciones de plantas mayores. Consecuentemente un aumento del 30 % de plantas requiere un 20 % más de fertilizante (Maynard y Lorenz, 1984).

Bleasdale (1966) encontró que el rendimiento aumentaba a medida que disminuía el espaciamiento entre filas, pero en su máximo rendimiento obtuvo bulbos demasiado pequeños, aptos sólo para la industria del pickle. Frappel (1973, citado por Beloqui, Camussi y Faroppa, 1983), también señala este aspecto; a medida que ensayaba densidades mayores, notó un progresivo aumento modal de los tamaños menores.

Churata- Masca e Ikawa (1976) ensayaron en Brasil el cultivar Excel y el Texas Early Grano 502 para tres densidades: 150.000, 300.000 y 600.000 pl/ha espaciadas respectivamente 14.8, 7.4 y 3.7 cm con una entre fila constante de 45 cm. Verificaron un aumento creciente de rendimiento en ambos cultivares a medida que la población iba aumentando, la diferencia fue significativa entre 150.000 y 300.000 pl/ha, no habiendo diferencias entre 300.000 y 600.000. El peso promedio de bulbo fue decreciendo: 190 gramos, 135.9 y 80 gramos estadísticamente diferentes entre si. Como el mercado no acepta bulbos grandes, prefiriendo los de tipo medio, las densidades de 300.000 hasta poblaciones próximas a 600.000 pl/ha son las más adecuadas, según los autores, para proporcionar los mayores rindes con el tamaño comercial buscado.

F. EFECTO DEL NITROGENO SOBRE EL CRECIMIENTO

1. Factores que determinan los requerimientos

Las características morfológicas y fisiológicas a considerar son, por ejemplo: forma y desarrollo del sistema radicular, eficiencia en la absorción, utilización de nutrientes y otras. En el cultivo de cebolla se destaca su sistema radicular fasciculado con 20 a 200 raíces por planta, con escasa o nula ramificación y pocos pelos absorbentes. El desarrollo de este sistema radicular es muy superficial (máximo 45-60 cm) estando la mayoría de las raíces en los primeros 15 cm de suelo. Por otra parte, las hojas son subcilíndricas huecas, lisas y cerosas, lo cual dificulta la absorción de nutrientes por vía foliar. (Genta, H.; Moltini, C.; Zamalvide, J., 1994).

El potencial productivo marca fuertemente los requerimientos de nutrientes, aumentando las necesidades a medida que aumentan los rendimientos. (Genta, H.; Moltini, C.; Zamalvide, J., 1994).

2. Efecto del nitrógeno sobre el desarrollo foliar

Distintos autores utilizan como medida del desarrollo foliar para la determinación del mismo y de los factores que inciden, peso fresco y seco de las hojas fundamentalmente y también altura de planta y número de hojas.

Minotti y Stone (1988) mostraron que el nitrógeno aumenta significativamente el peso fresco de la planta, la altura de planta y el número de hojas. También reportaron que el peso fresco de planta y la altura, determinados a mitad de estación estaban correlacionados con el rendimiento a cosecha. Estas correlaciones concuerdan con lo reportado por Brewster (1977),

en cuanto a que el rendimiento de los bulbos está determinado por el tamaño de la planta cuando comienza la formación del bulbo.

Uno de los principales factores que afectan el desarrollo foliar y de la planta es el nitrógeno, como lo demuestran diferentes trabajos. Según Maier, Dahlenburg y Twigden, (1990), a medida que la tasa de nitrógeno aplicado aumentaba (hasta 590 Kg/ha en suelos arenosos) hubo un aumento significativo del peso fresco del área foliar cosechada cuando los bulbos más grandes tenían 25 – 30 mm de diámetro. Además el peso fresco del área foliar estuvo significativamente correlacionado con el rendimiento comercializable final de los bulbos.

3. Efecto del nitrógeno sobre el desarrollo del bulbo

Según García y De La Peña, (1983), la variación en el peso fresco del bulbo se corresponde con la curva de acumulación de materia fresca en la hoja. En todos los casos estudiados hasta los 68 días del trasplante no hubo (o hubo muy poca) variación en el peso fresco del bulbo. A partir de ese momento el bulbo manifestó un rápido crecimiento en la materia fresca llegando a valores diferentes dependiendo de la dosis de nitrógeno.

El peso fresco de los bulbos al principio mostró un crecimiento lento hasta aproximadamente los 80 y 55 días del trasplante, donde comienza a incrementarse la velocidad de crecimiento, siendo mayor en los tratamientos con mayores dosis de fertilizantes, alcanzándose un máximo próximo o en la cosecha (Moltini y Silva, 1981).

Según Moltini y Silva, (1981), el peso seco se incrementa a partir de los 80 y 55 días del transplante para estabilizarse en la cosecha.

Según García y De La Peña, (1983), con respecto a la variación del peso seco en el bulbo, se vio que hasta los 52 días del trasplante la acumulación es lenta, y a partir de este momento experimenta un abrupto crecimiento, llegando a valores distintos según el tratamiento. Este crecimiento coincide con los decrecimientos en hoja, indicando una intensa traslocación de nutrientes de la hoja al bulbo, siendo mayor en los tratamientos con nitrógeno, con respecto al testigo sin fertilizante nitrogenado.

Maier, Dahlenburg y Twigden (1990) encontraron que la tasa de nitrógeno aplicado no afectó significativamente el contenido de materia seca de los bulbos.

Está ampliamente comprobado que el desarrollo del bulbo de cebolla es promovido por fotoperíodo largo y altas temperaturas (Brewster, 1989).

La inducción por fotoperíodo para la bulbificación según Izquierdo, Maeso y Villamil, (1981 citados por Beloqui, Camussi y Faropa (1983), es alcanzada a partir de la primera semana de octubre, y las condiciones de temperatura aptas para el proceso se dan a partir de el mes de octubre para cebollas de día largo, en nuestro país.

El nitrógeno suplementario debe ser hecho antes del tiempo crítico de longitud de día, para producir un crecimiento vegetativo temprano, según Maynard y Lorenz ,1984).

El nitrógeno y el potasio tienen un marcado efecto sobre la calidad y conservación del producto cosechado. Dosis de nitrógeno mayores a las recomendadas producen bulbos más succulentos, cuellos mas gruesos y mal cerrados y mayor división de los mismos. Esto también puede ocurrir con aplicaciones tardías de este elemento. (Genta, H.; Moltini, C.; Zamalvide, J., 1994).

III. MATERIALES Y METODOS

A. UBICACION DEL EXPERIMENTO

El ensayo fue realizado en el Centro Regional Sur (C.R.S.), Facultad de Agronomía, camino Folle Km. 35, Rincón del Gigante, Progreso, Canelones.

El trabajo de campo fue llevado a cabo entre los meses de julio de 2002 y enero de 2003.

B. SUELO

El suelo en el cual se llevo a cabo el experimento se clasifica dentro del Orden Suelos Melánicos, Gran Grupo Brunosoles.

En tal sentido el Gran Grupo reúne a suelos caracterizados por su color oscuro, alto contenido de materia orgánica, elevada saturación de bases, texturas medias o algo pesadas- pero no muy pesadas- de drenaje bueno o moderadamente bueno y carente de reacciones extremas, muy ácidas o muy alcalinas. La secuencia de horizontes mas frecuentes es A-B-C, en la que el B es un horizonte argilúvico y el C presenta acumulación secundaria de carbonatos (Cca).

1. Descripción del perfil

0-20 cm- Horizonte A, color pardo grisáceo muy oscuro, franco limoso; bloques subangulares medios y pequeños, moderados, friable, raíces abundantes, transición clara. Dap 1,3.

20-50 cm- Horizonte Bt, gris muy oscuro, arcilloso, bloques angulares medios y gruesos, fuertes; películas de arcilla delgadas, moteado común, pequeño, contraste neto, borde difuso, raíces comunes; transición gradual. Dap 1,35.

50-70 cm- Horizonte BCk, pardo amarillento, arcilloso limoso, bloques angulares gruesos. Concreciones de CaCO_3 de tamaño variable, friables y duras, a veces pulverulento, transición difusa.

70 y más- Horizonte Ck, arcilloso limoso a franco arcilloso limoso. Concreciones de CaCO_3 abundantes.

2. Análisis de suelo

Un mes antes del transplante se tomó una muestra compuesta del cuadro donde posteriormente tuvo lugar el ensayo, con el fin de determinar el contenido inicial de nutrientes y la acidez del suelo.

El análisis químico fue realizado por el laboratorio de suelos de la Dirección de Suelos y Aguas del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (D. de S. y A. del M.G.A.P).

Análisis químico del suelo utilizado en el ensayo.

PH (en agua)	PH (KCl)	MO (%)	Fósforo (Ppm)	Potasio (Meq)	Calcio (Meq)	Magnesio (Meq)	Sodio (Meq)
5.9	5	3.1	>60	1.19	10.1	3.5	0.14

3. Caracterización de la tensión de retención de la humedad del suelo

Con el fin de caracterizar la tensión de retención de la humedad en el suelo se procedió a la obtención de muestras imperturbadas a una profundidad de 20 cm, las cuales en el laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Agronomía fueron colocadas en una olla de presión u olla Richards, la cual permitió la construcción de la curva de tensión-humedad (Ver Figura 3).

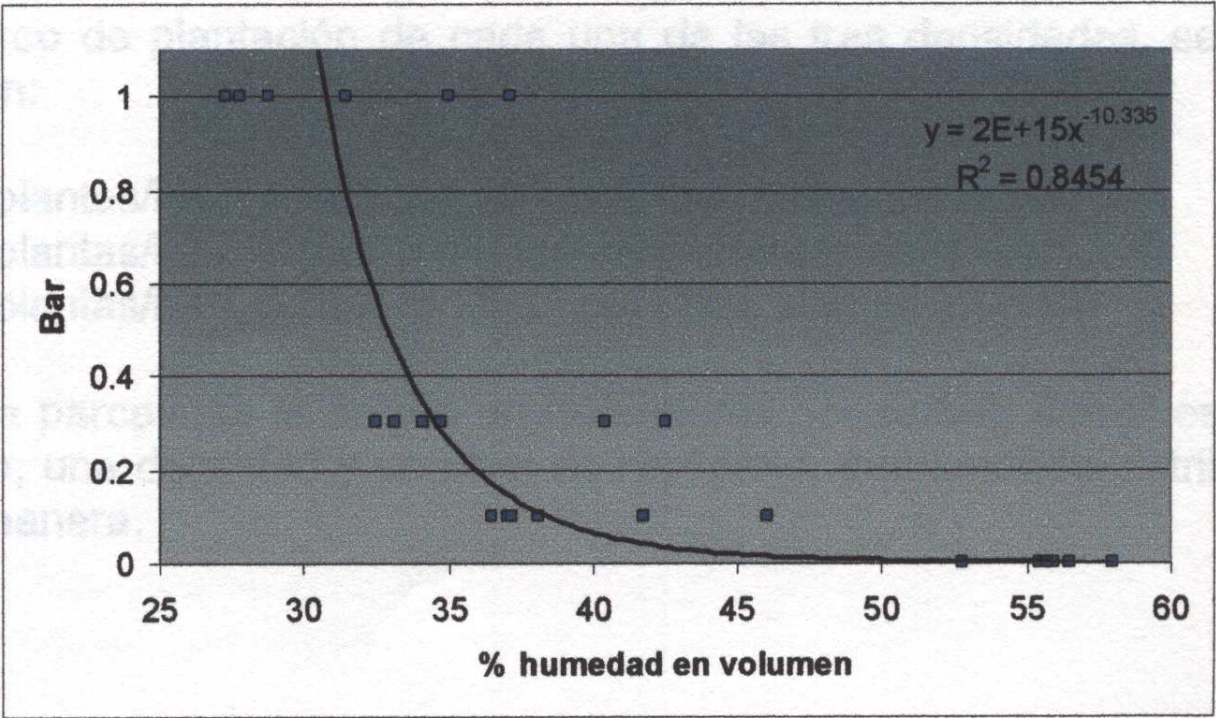


Figura 3 Curva de tensión-humedad.

C. MANEJO DEL ALMACIGO

La instalación del almacigo tuvo lugar entre los días 15 y 18 de abril de 2002. Se sembraron en forma manual dos canteros de 50 metros lineales de largo y un metro de ancho cada uno; la cantidad de semilla utilizada fue de 4.5 g/m².

A los 60 días de la siembra se aplicaron 60 Kg. de N/ha. Las curas fueron realizadas semanalmente con Oxiclورو de cobre y Mancozeb.

El control de malezas consistió en la aplicación de herbicidas pre-emergentes, luego de emergidos los plántines se llevó a cabo un control manual.

D. TRASPLANTE Y MARCO DE PLANTACION

El trasplante fue realizado entre el 12 y 16 de Agosto del año 2002, en forma manual.

El área en donde se realizó el ensayo fue dividida en cuatro bloques con 27 parcelas, cada una correspondiéndose con un tratamiento.

Cada parcela consistió en canteros de 0,8 metros de ancho por 4,5 metros de largo (4 metros efectivos plantados), con una distancia de centro a centro de 1,4 metros, estas dimensiones hacen que la superficie efectiva plantada por parcela sea de 5,6 m².

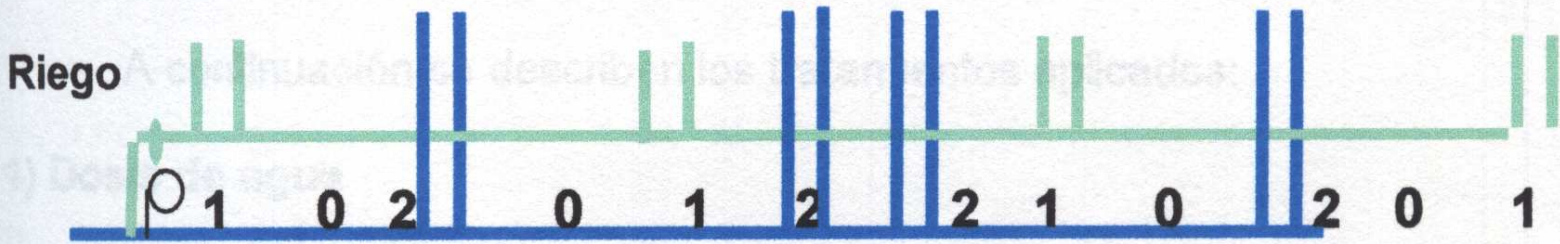
El marco de plantación de cada una de las tres densidades, se describe a continuación:

D1	286 mil plantas/ha	4 filas con 10 cm entre plantas en la fila
D2	357 mil plantas/ha	4 filas con 8 cm entre plantas en la fila
D3	428 mil plantas/ha	5 filas con 8.33 cm entre plantas en la fila

A cada parcela se le asignó un tratamiento por sorteo, compuesto por un nivel de riego, una densidad y un nivel de nitrógeno; quedando la distribución de la siguiente manera.

1. Distribución de las parcelas en el ensayo

Bloques		1			2			3			4		
Norte		N3D3	N2D2	N1D1	N3D1	N2D3	N3D1	N1D2	N2D1	N1D3	N3D1	N2D2	N1D1
		N2D3	N3D2	N1D2	N3D2	N3D1	N1D1	N3D3	N2D2	N3D2	N3D2	N3D1	N1D2
		N1D3	N2D3	N3D1	N2D3	N1D2	N2D3	N2D3	N1D2	N1D2	N2D2	N1D1	N1D3
		N3D2	N1D1	N2D3	N1D3	N3D3	N2D2	N1D1	N2D3	N2D3	N2D1	N2D3	N2D1
		N2D2	N1D3	N3D2	N2D2	N1D3	N3D3	N2D1	N1D1	N3D3	N1D2	N3D3	N2D2
		N1D2	N3D1	N2D2	N2D1	N2D1	N1D2	N2D2	N3D3	N3D1	N1D1	N2D1	N2D3
		N3D1	N3D3	N1D2	N1D2	N1D1	N2D1	N3D1	N3D2	N2D1	N3D3	N3D2	N3D1
		N2D1	N2D1	N2D1	N3D3	N2D2	N3D2	N1D3	N3D1	N1D1	N1D3	N1D2	N3D2
Sur		N1D1	N1D2	N3D3	N1D1	N3D2	N1D3	N3D2	N1D3	N2D2	N2D3	N1D3	N3D3



Riego	
0	Nulo
1	50% de la ETc
2	100% de la ETc

E. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

En este ensayo, el diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas en bloques completos al azar.

Dentro de cada bloque se sortea el tratamiento de riego que se aplicará en la parcela grande y en la parcela chica la combinación de nitrógeno y densidad. Cada tratamiento se corresponde con un nivel de riego, una dosis de nitrógeno y una densidad de plantas. En total se realizaron 27 tratamientos (tres niveles de riego x tres dosis de nitrógeno x tres densidades de plantas) con cuatro repeticiones (bloques) totalizando 108 parcelas.

Modelo experimental:

Sea

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \delta_{ij} + \tau_k + (\beta\tau)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

μ La media general.

β_j El efecto del bloque.

α_i El efecto del riego.

τ_k El efecto de la combinación densidad por nitrógeno.

$\delta_{ij} \sim N(0; \sigma^2_\delta)$

$\varepsilon_{ijk} \sim N(0; \sigma^2_\varepsilon)$

A continuación se describen los tratamientos aplicados:

1) Dosis de agua

- Secano.
- 50% de la ETc (evapotranspiración potencial del cultivo).
- 100% de la ETc (evapotranspiración potencial del cultivo).

2) Nitrógeno aplicado

- N1 100 Kg de N/ha
- N2 200 Kg de N/ha
- N3 300 Kg de N/ha

Las cantidades expuestas anteriormente fueron fraccionadas en dos aplicaciones, una de 50 % a los 15 días del trasplante y el restante 50% a los 45 días del trasplante.

3) Densidad de trasplante

- D1 286 mil plantas/ha 4 filas con 10 cm entre plantas en la fila
- D2 357 mil plantas/ha 4 filas con 8 cm entre plantas en la fila
- D3 428 mil plantas/ha 5 filas con 8.33 cm entre plantas en la fila

F. METODO DE RIEGO

El método de riego utilizado en el ensayo fue de tipo localizado. Se colocaron dos cintas con goteros incorporados por cantero, distanciadas a 20 centímetros entre sí. Los goteros eran de flujo turbulento, tipo laberinto, distanciados a 30 centímetros, totalizando un caudal de 3.87l/hora por metro de longitud de tubería, trabajando a una presión operativa de 10 PSI.

G. HUMEDAD DEL SUELO

Con el propósito de cuantificar la tensión de humedad en el suelo durante el ciclo del cultivo se utilizaron tensiómetros, se colocaron dos por tratamiento, ubicados en el centro del cantero entre dos goteros consecutivos, con la cápsula porosa ubicada a 15 cm. de profundidad.

Las tres curvas presentadas en la figura 4 se corresponden cada una con un tratamiento de riego, perteneciendo la de menor tensión al tratamiento en el cual se suministró el 100% de la Etc. Los descensos abruptos en las curvas de tensión indican la ocurrencia previa de una precipitación. Se pueden apreciar en las dos figuras siguientes la relación existente entre las precipitaciones y la tensión de humedad medida por los tensiómetros.

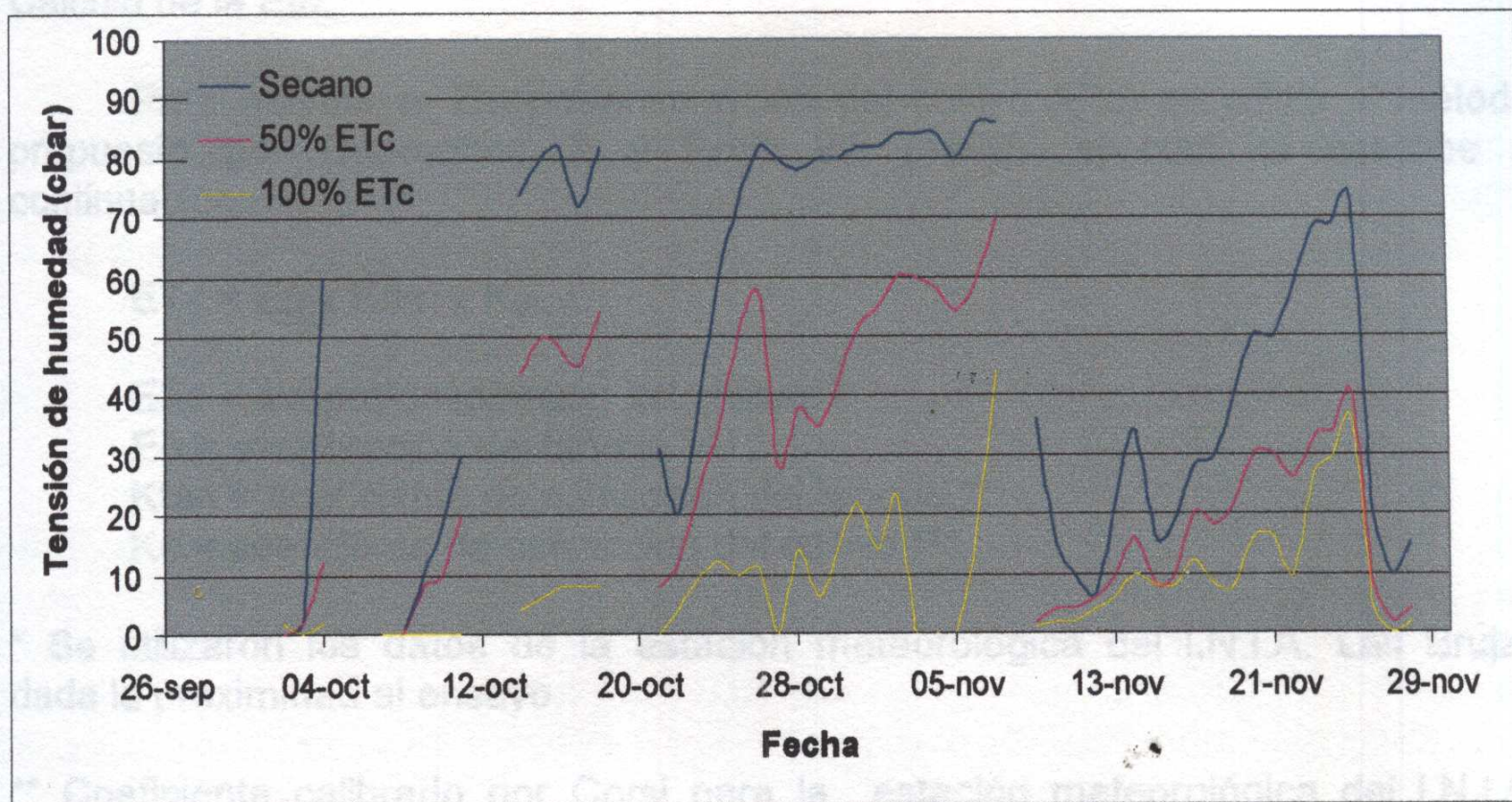


Figura 4 Curvas de tensión de humedad durante el ciclo del cultivo.

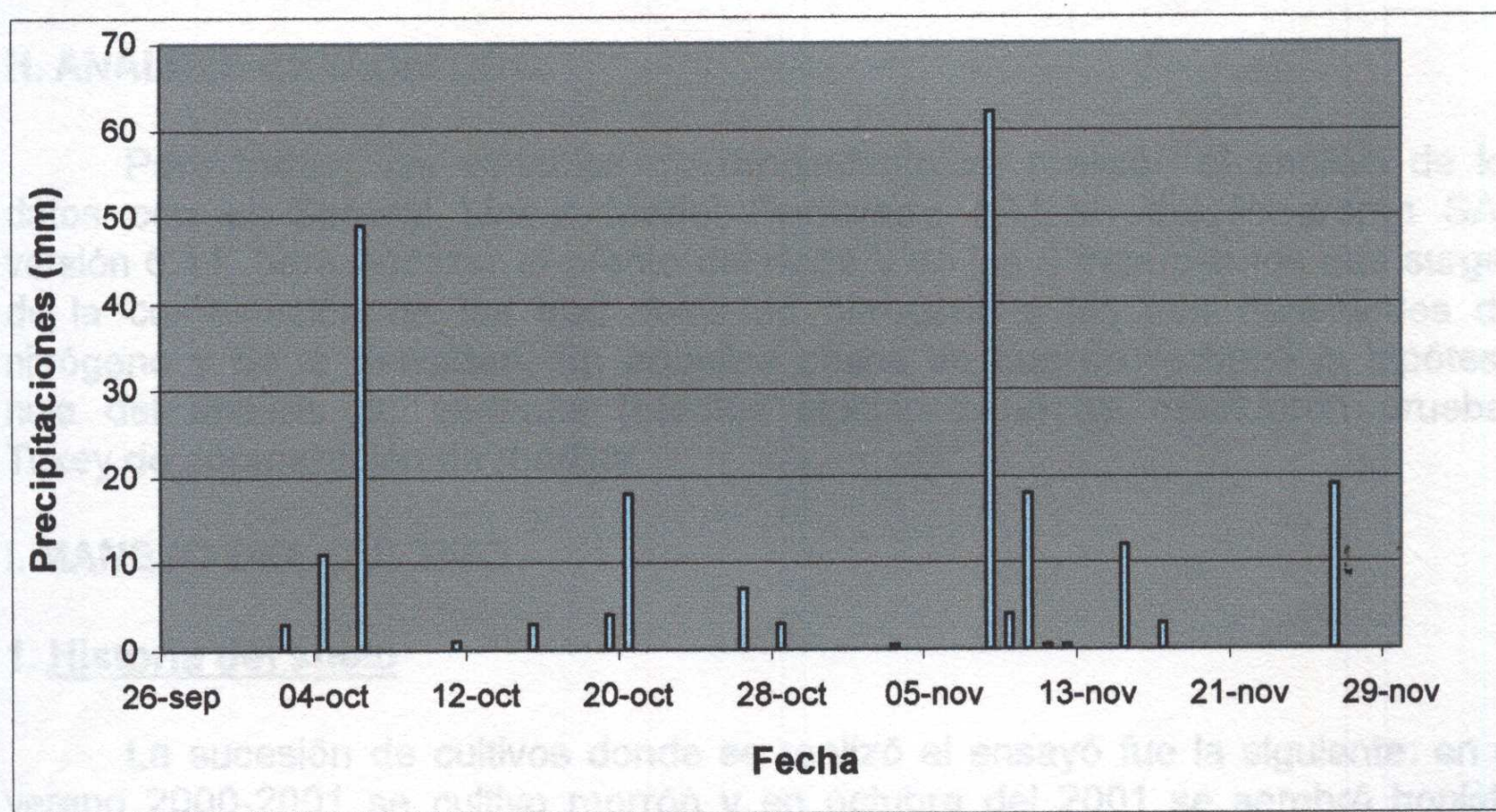


Figura 5 Precipitaciones durante el ciclo del cultivo

Cálculo de la Etc:

Para estimar la Evapotranspiración del cultivo (Etc) se utilizó el método propuesto por Doorenbos J. y Pruitt W. (1990), el cual se describe a continuación:

$$ETc = Eo \times K_{tan} \times Kc$$

ETc = evapotranspiración del cultivo.

Eo = evaporación del tanque "A" *

Ktan = coeficiente de corrección del tanque **

Kc = coeficiente de corrección del cultivo ***

* Se utilizaron los datos de la estación meteorológica del I.N.I.A. Las Brujas dada la proximidad al ensayo.

** Coeficiente calibrado por Corsi para la estación meteorológica del I.N.I.A. Las Brujas.

*** Se utilizaron los propuestos por Allen *et al.* (1998).

H. ANALISIS ESTADISTICO

Para todas las variables de rendimiento se realizó el análisis de los datos con el General Linear Model Procedure (G.L.M) del Programa SAS versión 6.11, para analizar el efecto del riego y de los 9 tratamientos que surgen de la combinación de las tres dosis de nitrógeno y las tres densidades del nitrógeno y de la densidad. En aquellos casos en que se rechazó la hipótesis nula del análisis de varianza (efectos significativos) se efectuaron pruebas Tukey de comparación de medias.

I. MANEJO DEL CULTIVO

1. Historia del suelo

La sucesión de cultivos donde se realizó el ensayo fue la siguiente: en el verano 2000-2001 se cultivo morrón y en octubre del 2001 se sembró boniato finalizando el cultivo en marzo-abril.

2. Labores realizadas

Como forma de preparar el suelo se realizó una pasada de excéntrica (11/05/02) y encanterado (3/07/02). Previo al trasplante (12/08/02) se pasó un rotobador con el fin de afinar más el suelo, para luego proceder al re-armado de los canteros.

Luego de las labores de suelo antes mencionadas se aplicó una fertilización base con 60 Kg. de P_2O_5 /ha el día 12 de agosto de 2002.

El control de malezas se llevó a cabo mediante la aplicación de productos químicos, así como también un control manual de las mismas. El control químico consistió de dos aplicaciones de Linurex a los 15 y 45 días pos-trasplante, la dosis utilizada fue de 25 cc /10 litros de agua. Las gramíneas fueron controladas los días 2/10 y 17/10 con Isómero en una dosis de 60 cc/10 litros de agua. El control manual fue realizado periódicamente, haciendo una limpieza intensa el día 19/11.

El manejo fitosanitario fue en base a Oxicloruro de Cobre y Mancozeb. La primer cura fue realizada el día 8/10, haciendo aplicaciones semanales hasta el día 29/11, totalizando ocho curas desde el trasplante a cosecha. Además se hizo una aplicación de Ridomil el 12 de noviembre.

J. MUESTREOS Y DETERMINACIONES

1. Muestreos de suelos

Las muestras de suelo se hicieron a las profundidades de 0 a 20 cm.

2. Determinación de nitratos

Con dicho fin se procedió el día 26/08 a la toma de cuatro muestras compuestas de la superficie experimental.

La metodología para los restantes muestreos (8/10 y 5/11) consistió en una muestra compuesta de dos tomas por parcela de un mismo tratamiento, en un total de 27 tratamientos.

3. Muestreo de plantas

Las plantas fueron muestreadas desde el trasplante hasta la cosecha en forma destructiva, mediante la extracción quincenal de dos plantas por repetición de cada uno de los veintisiete tratamientos. Las variables evaluadas consistieron en:

- Número de hojas fotosintéticas activas.
- Peso fresco de hoja, falso tallo y bulbo.
- Peso seco total.
- Estimación del área foliar determinada en forma gravimétrica (a través del peso de una superficie de hoja de área conocida) se midió el área de un trozo rectangular de una hoja promedio (2cm de ancho) y se peso en una balanza de precisión. Conjuntamente con el peso total de todas las hojas de la planta y por regla de tres se obtuvo el área foliar de la planta (método gravimétrico, Peterson R. 1961 citado por Joseph Balcar, 1989.)
- Índice de Bulbificación. Se determinó el índice de bulbificación mediante el cociente entre el diámetro mayor y el diámetro menor del falso tallo. Cuando el índice supera el valor 2, es cuando se considera que la planta inicia la bulbificación (Brewster, 1990a).

K. COSECHA

1. Metodología

De cada parcela constituida por 4.5 metros de largo del cantero (4 metros plantados) y 0.8 metros de ancho se descontó 0.5 metros de largo, para evitar el efecto de borde, lo que dejó una superficie de cosecha de 2.8 m² (3.5 m x 0.8m).

El momento de cosecha fue establecido según la senescencia de más del 75% del follaje, la misma fue realizada en forma manual.

2. Mediciones realizadas

De cada parcela cosechada se hizo una clasificación de todas las cebollas, se tomaron como cebollas comerciales aquellas que tenían un diámetro mayor a 4 cm y como descartes a todas aquellas que presentaban características como ser: diámetro menor a 4 cm, florecidas, dobles y/o en estado de putrefacción.

Dentro de cada una de las categorías antes indicadas se contabilizó el número total de cebollas y el peso de estas.

L. ANALISIS QUÍMICO

1. Análisis de suelos

Las muestras de suelo fueron secadas en estufa y molidas con una malla de 2 mm.

La extracción de NO₃ se realizó según la técnica de Bremner (1965), utilizando sulfato de calcio como floculante. El contenido de nitrato se determinó potenciométricamente utilizando un electrodo de actividad específica.

2. Análisis de plantas

Las muestras de planta fueron secadas en estufa y luego molidas. Las determinaciones de nitrógeno se realizaron posteriormente a la digestión de la materia vegetal con ácido sulfúrico concentrado (a 350°) y peróxido de hidrógeno. Sobre el producto de dicha digestión, se realizó la determinación de nitrógeno a través de la destilación del amoníaco y posterior recuperación en ácido bórico (Kjeldahl).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. RENDIMIENTO TOTAL

Ambos tratamientos regados alcanzaron mayor rendimiento total que el tratamiento en seco ($\alpha < 0.0001$), sin diferencias significativas entre el riego 50% ETc y el riego 100% ETc. Para el tratamiento densidad, se puede concluir que no se encontraron diferencias significativas entre las distintas densidades (Tukey $\alpha = 0.05$). Las diferentes dosis de nitrógeno no tuvieron efecto significativo sobre el rendimiento total ($\alpha = 0.5106$). El efecto del riego sobre el rendimiento total fue independiente de la densidad de plantas utilizada (Cuadro 1).

Se obtuvo un 17% más de rendimiento total para el tratamiento de riego 50% ETc y un 16% más para el riego 100% ETc con respecto al tratamiento seco. Este resultado es similar al obtenido por García, F. *et al.* (1979) donde observaron que un déficit moderado de agua durante el período de crecimiento foliar redujo en un 15 % el rendimiento.

Cuadro 1

Rendimiento total (toneladas/hectárea) promedio según riego y densidad de plantas.

TRATAMIENTOS	286.000 pl/ha	357.000 pl/ha	428.000 pl/ha	MEDIA	C.V.
Secano	36.219	36.945	40.406	37.856 b	8
Riego 50% ETc	45.382	44.060	47.682	45.708 a	10
Riego 100% ETc	43.265	44.856	44.786	44.302 a	6
MEDIA	41.622 a	41.953 a	44.291 a		
C.V.	12	11	12		

Las medias seguidas de las mismas letras dentro del promedio de los riegos y dentro del promedio de las densidades no difieren estadísticamente ($\alpha > 0.05$).

La cosecha de todas las parcelas del ensayo se realizó en función del porcentaje de plantas volcadas, ya que es un indicador de madurez del cultivo. Se encontró que bajo condiciones de secano se dio un acortamiento en la duración del período de crecimiento del bulbo, esto se debió a que se adelantó la fecha de maduración en siete días para el tratamiento secano en comparación a los tratamientos regados. La fecha de cosecha para los tratamientos de secano fue el 3/12, mientras que los tratamientos con riego se cosecharon el día 10/12.

Se dio un retraso en el inicio de la bulbificación de tres días para los tratamientos con riego (Cuadro 2). En el cuadro 7 de vuelco se aprecia el efecto del riego sobre la duración del ciclo, el cual tuvo un efecto marcado. Se observa que el porcentaje de plantas volcadas fue de 53.6 y 49.7% para los tratamientos regados con 50 y 100% de la ETc respectivamente, en comparación con el tratamiento secano en el cual el porcentaje de vuelco fue de 98.3% para la misma fecha (2/12). Se puede concluir entonces que los mayores contenidos de humedad del suelo alargarían la duración del ciclo, lo cual puede ser positivo sobre el rendimiento del cultivo, ya que el período de llenado del bulbo sería mayor en comparación con los cultivos que no son regados; siendo el efecto aún mayor si el año es poco lluvioso. El efecto ocasionado por el agua sobre el ciclo del cultivo es indirecto, actúa sobre la temperatura del follaje determinando que a mayor temperatura mayor senescencia (Galván, G., comunicación personal) .

Cuadro 2

Duración en días del período entre trasplante e inicio de bulbificación y entre inicio de bulbificación y cosecha según tratamientos de riego.

TRATAMIENTOS	Días entre trasplante e inicio de bulbificación	Días entre inicio de bulbificación y cosecha
Secano	85	28
Riego 50% ETc	88	32
Riego 100% ETc	88	32

El cuadro 3 muestra como fueron afectadas las diferentes variables de crecimiento según los tratamientos de riego, nitrógeno y densidad. Se observa que todas las variables de crecimiento evaluadas, (a excepción del peso fresco del bulbo a inicio de bulbificación) tienden a incrementarse con los tratamientos regados en relación al tratamiento secano, no existiendo diferencias entre ambos tratamientos regados. La ocurrencia de precipitaciones, con frecuencias

semanales, durante el período de riego, impidieron que se manifestaran diferencias en la tensión de retención del agua en el suelo, en los tres tratamientos de riego. Los valores de tensión de agua en el suelo en los que se mantuvo el tratamiento de riego con 100% ETc oscilaron en los valores de 10 a 20 cbar, valores correspondientes a capacidad de campo, según la definición tradicional de este parámetro hídrico. El tratamiento de riego con 50% de ETc alcanzó valores de tensión de 60 cbar, en períodos en que los registros de precipitaciones fueron bajos. Para estos mismos períodos el tratamiento de secano superó valores de tensión de 80 cbar (máximo valor de tensión que pueden medir los tensiómetros).

Las diferencias en tensión de retención de agua en el suelo entre los dos tratamientos de riego, durante períodos de tiempo cortos (del 22/10 al 5/11, figura N° 4), no fueron suficientes para que se manifestaran en el rendimiento. La diferencia de los valores de tensión entre los tratamientos de riego (con 50% y 100% de ETc) y el secano, resultaron en diferencias de rendimiento y peso promedio del bulbo estadísticamente significativas.

Los tratamientos con riego presentaron una mayor duración del área foliar durante la bulbificación en comparación al tratamiento secano. Esto determina un mayor potencial en la capacidad fotosintética, por lo tanto se dará una mayor traslocación de carbohidratos durante el llenado de bulbo, produciendo bulbos de mayor tamaño y mayor rendimiento final.

Cuadro 3

Variables de crecimiento por planta según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

TRATAMIENTOS	PFT IB (g)	PFH IB (g)	PFFT IB (g)	PFB IB (g)	PFB UM (g)	AF IB (cm ²)	IAF IB	DAF Tr-Um (cm ² . dia)	DAF Ib-Um (cm ² . dia)
Secano	149	84	21	43	158	1016	3,6	47602	25535
Riego 50% Etc	172	99	28	44	195	1102	3,9	59897	29808
Riego 100% Etc	170	99	28	42	186	1098	3,9	56195	28827
Nitro. 100 Kg/ha	163	93	26	44	178	1059	3,8	52829	27444
Nitro. 200 Kg/ha	167	95	26	45	184	1095	3,9	54380	28335
Nitro. 300 Kg/ha	160	94	25	41	177	1061	3,8	56485	28391
Dens. 28.6 pl/m²	176	100	27	48	192	1114	3,2	57270	29319
Dens. 35.7 pl/m²	157	92	26	38	182	1053	3,8	52823	27354
Dens. 42.8 pl/m²	158	90	25	42	165	1049	4,5	53600	27497

(Nitro.) Nitrógeno; (Dens.) Densidad; (Tr) Trasplante; (Um) Ultimo muestreo (Ib) Inicio de bulbificación;; (PFT) Peso fresco total; (PFH) Peso fresco de hojas; (PFFT) Peso fresco falso tallo; (PFB) Peso fresco de bulbos; (AF) Área foliar; (IAF) Índice de área foliar; (DAF) Duración del área foliar.

Las distintas dosis de nitrógeno no tuvieron efecto marcado sobre las variables de crecimiento estudiadas, lo que se corresponde con la no significancia en el rendimiento total (Cuadro 3). Los mismos resultados que en el ensayo, fueron encontrados por Gaviola, Lipinski y Nijenshon (1998) quienes obtuvieron los máximos rendimientos con una fertilización de 100 Kg. de N/ha. García de Souza, M. y Reyes, C. (2001), encontraron que con las dosis utilizadas (150 Kg. de N/ha.) no permitieron obtener el máximo de producción, probablemente debido a las lluvias caídas en el mes de septiembre (141 mm), momento en que se refertilizó el cultivo con nitrógeno.

En lo referente a la densidad de plantas se encontró que las diferentes densidades utilizadas mostraron un efecto importante sobre el crecimiento individual de cada planta. A medida que se aumentó la densidad disminuyó el crecimiento de cada planta debido a la ocurrencia de una mayor competencia. Se aprecia un efecto marcado de las diferentes densidades sobre el peso fresco del bulbo en el último muestreo, observándose que a medida que se aumentó la densidad el peso fresco del bulbo se vio disminuido (Cuadro 3).

Se puede inferir que el mayor rendimiento total que se dio en los tratamientos regados en relación al tratamiento seco, no estaría explicado solo por una mayor duración del periodo de bulbificación, sino también por un mayor tamaño de planta (PFT IB) a inicio de bulbificación (Cuadro 3). Se encontró para el ensayo una correlación de 0.51 (0.88 según Arias y Peluffo, 2001) entre el peso fresco total a inicio de bulbificación y el rendimiento final, lo que indica la gran importancia que tiene el peso fresco total con que llega la planta a inicio de bulbificación sobre el rendimiento final (Cuadro 4). El cuadro 5 trata de explicar el efecto de los tratamientos de riego, nitrógeno y de la densidad sobre el peso fresco promedio de hojas a inicio de bulbificación. Los tratamientos de riego 50 y 100% ETc obtuvieron mayor peso de hojas que el tratamiento seco, no habiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos de riego. El peso de hojas va a reflejar el tamaño de la planta, siendo de gran importancia este parámetro ya que existió una correlación de 0.59 entre el peso fresco de hojas a inicio de bulbificación con el rendimiento final (Cuadro 4). Se observa que las diferentes dosis de nitrógeno no tuvieron efecto sobre el peso de las hojas. Para el tratamiento densidad, con 286.000 pl/ha fue donde se obtuvo el mayor peso fresco de hojas, no habiendo diferencias significativas entre las densidades de 357.000 y 428.000 pl/ha.

Cuadro 4
Correlación entre variables de crecimiento y el rendimiento.

Variables	PF TOT IB	PF HOJA IB	PFB IB	AF IB	DAF TR-UM	DAF IB-UM
	(gramos)	(gramos)	(gramos)	(cm²)	(cm².día)	(cm².día)
Rendimiento total (kg/ha)	0,51	0,59	0,17	0,42	0,26	0,36
Peso medio comercial (gr)	0,52	0,56	0,25	0,48	0,43	0,54

(PF TOT IB) Peso fresco total a inicio de bulbificación; (PF HOJA IB) Peso fresco de hojas a inicio de bulbificación; (PFB IB) Peso fresco del bulbo a inicio de bulbificación; (AF IB) Area foliar a inicio de bulbificación; (DAF TR-UM) Duración del área foliar entre trasplante y último muestreo; (DAF IB-UM) Duración del área foliar entre inicio de bulbificación y último muestreo.

Cuadro 5

Peso fresco promedio en gramos de las hojas medido el 5 de noviembre según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

TRATAMIENTOS	SECANO	RIEGO 50% ETP	RIEGO 100% ETP	PROMEDIO
Nitrógeno 100 Kg/ha	86,8	104,1	89,1	93,3
Nitrógeno 200 Kg/ha	86,3	101,0	100,3	95,9
Nitrógeno 300 Kg/ha	80,1	94,2	108,8	94,4
PROMEDIO	84,4	99,8	99,4	
Densidad 28.6 pl/m ²	81,5	108,6	111,9	100,7
Densidad 35.7 pl/m ²	86,3	97,8	92,4	92,2
Densidad 42.8 pl/m ²	85,3	93,0	93,8	90,7
PROMEDIO	84,4	99,8	99,4	

Los mayores pesos frescos de hojas previo al inicio de la bulbificación tanto para los dos tratamientos regados, así como también para la densidad de 286.000 pl/ha son debido a la mayor tasa de crecimiento diario ocurrida en este período. Para la etapa de llenado de bulbo (inicio de bulbificación - último muestreo) se encontró que los dos tratamientos regados tuvieron una tasa de crecimiento muy por encima al tratamiento seco (Cuadro 6), siendo también esta una de las determinantes del mayor rendimiento de los tratamientos regados.

Cuadro 6

Tasas de crecimiento (gramos/día) según tratamientos para diferentes etapas del ciclo del cultivo.

TRATAMIENTOS	Período TR-IB	Período IB-UM	Período TR-UM
Secano	1,74	2,82	2,01
Riego 50% ETc	2,02	4,88	2,73
Riego 100% ETc	1,99	4,28	2,56
Nitrógeno 100 Kg/ha	1,91	3,86	2,40
Nitrógeno 200 Kg/ha	1,96	4,06	2,48
Nitrógeno 300 Kg/ha	1,88	4,06	2,42
Densidad 28.6 pl/m²	2,06	4,28	2,61
Densidad 35.7 pl/m²	1,83	4,21	2,43
Densidad 42.8 pl/m²	1,85	3,49	2,26

(TR-IB) período en días entre trasplante e inicio de bulbificación; (IB-UM) período en días entre inicio de bulbificación y último muestreo; (TR-UM) período en días entre trasplante y último muestreo.

En el cuadro 7, se puede observar para el muestreo del 2 de diciembre que los tratamientos con 28.6 pl/m² presentaban en promedio un porcentaje de plantas volcadas de 60.3%, mientras que en las densidades de 35.7 y 42.8 pl/m² el porcentaje de vuelco fue de 68.8 y 72.6% respectivamente. Se observó una tendencia que a medida que se aumenta la densidad se adelanta la maduración del cultivo, esto se puede deber a que el IAF es mayor al aumentar la densidad, por lo tanto el sombreado por parte de las hojas será mayor lo que llevara a que se de antes la senescencia del cultivo en correspondencia con las conclusiones de Brewster (1990).

Cuadro 7

Evaluación del vuelco expresado como porcentaje correspondiente al 27 de noviembre y al 2 de diciembre.

Efectos / fecha	27 de Noviembre	2 de Diciembre
dosis de Agua		
Secano	73,5	98,3
50% ETc	29,8	53,6
100% ETc	22,6	49,7
Nitrógeno		
100 Kg/ha	42,5	66,8
200 Kg/ha	42,6	66,1
300 Kg/ha	44,4	68,8
Densidad		
28.6 pl/m ²	36,4	60,3
35.7 pl/m ²	41,8	68,8
42.8 pl/m ²	49,1	72,6

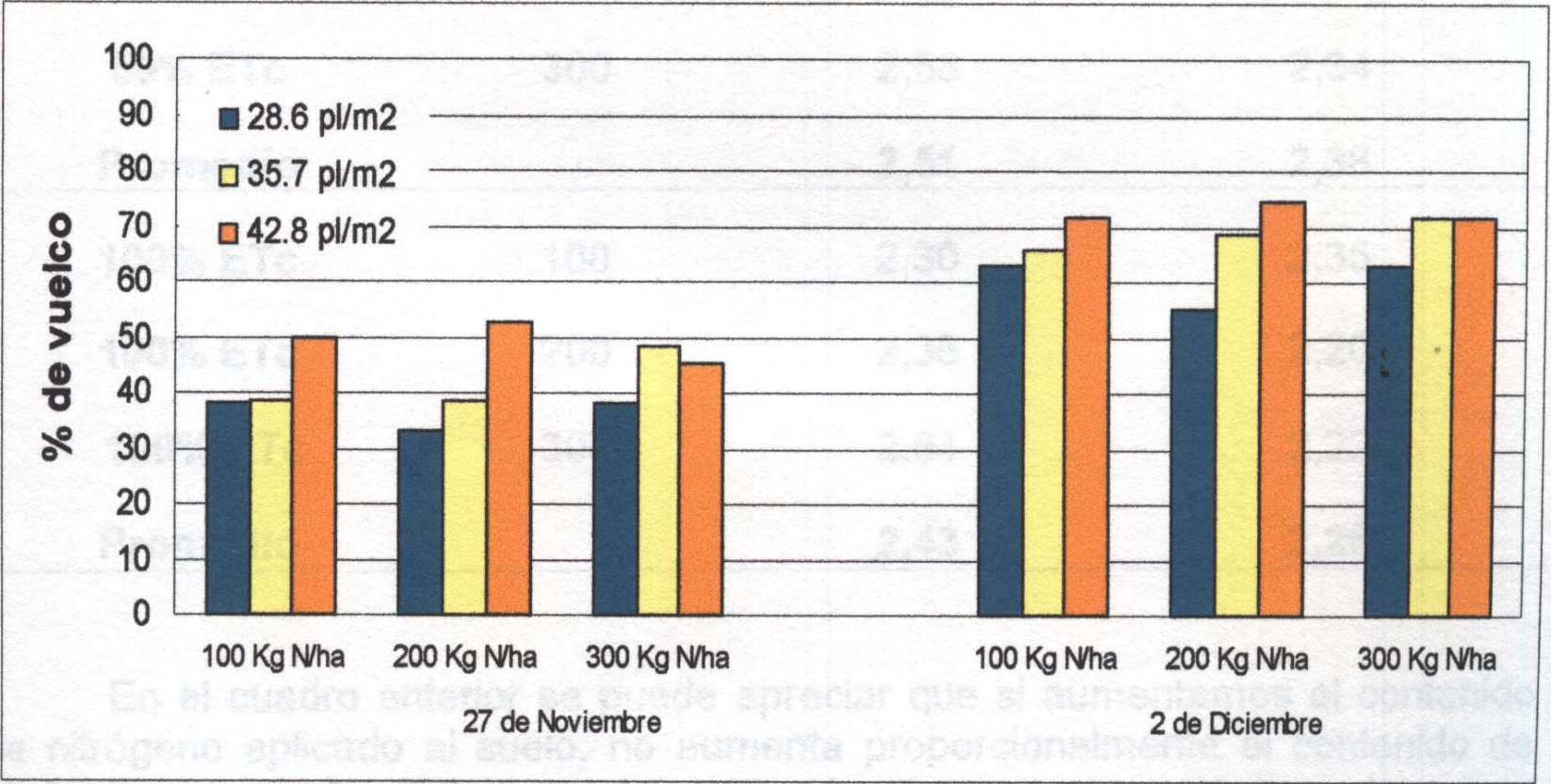


Figura 6 Porcentaje de plantas volcadas según nitrógeno y densidad de plantas.

Como se mencionó anteriormente las diferentes dosis de nitrógeno utilizadas no tuvieron efecto sobre el rendimiento total, ya que tanto el peso fresco de las plantas a inicio de bulbificación y la duración de la bulbificación no fueron afectados con las distintas dosis. Esto se puede deber a que la dosis más baja utilizada (100 Kg. de N/ha) ya sería suficiente para expresar el máximo potencial de rendimiento de esta variedad.

Cuadro 8

Evolución del contenido de nitrógeno en planta expresado como porcentaje, según dosis de agua y nitrógeno aplicado al suelo.

TRATAMIENTOS	N (kg/ha)	5 de Noviembre	3 de Diciembre
Secano	100	2,58	2,47
Secano	200	2,67	2,50
Secano	300	2,46	2,46
Promedio		2,57	2,48
50% ETc	100	2,44	2,45
50% ETc	200	2,50	2,35
50% ETc	300	2,58	2,34
Promedio		2,51	2,38
100% ETc	100	2,30	2,35
100% ETc	200	2,36	2,20
100% ETc	300	2,64	2,22
Promedio		2,43	2,26

En el cuadro anterior se puede apreciar que si aumentamos el contenido de nitrógeno aplicado al suelo, no aumenta proporcionalmente el contenido de nitrógeno en planta. Esto se debe a que la planta tiene un límite máximo de absorción, a partir del cual el nitrógeno aplicado no se absorbe. El nitrógeno

que no se absorbe puede quedar expuesto a pérdidas como ser la lixiviación, siendo esta de mayor importancia en los tratamientos con riego.

Realizando el promedio del porcentaje de nitrógeno en planta, para las tres dosis de nitrógeno aplicada según disponibilidad de agua, se puede ver que a medida que se aumentó la dosis de agua del suelo, el porcentaje de nitrógeno en planta se vio levemente disminuido. Esta disminución del contenido de nitrógeno en planta no se tradujo en descensos en el rendimiento total, ya que las parcelas que más rindieron fueron las que tuvieron el 50 y 100% de los requerimientos de la ETc.

Si observamos las figuras 7, 8 y 9 que se presentan a continuación, donde se presenta la evolución del contenido de nitratos en el suelo, al inicio del cultivo el suelo contenía en promedio 47 ppm de N-NO₃, lo que determinó que no se encontraran diferencias significativas en el rendimiento con las diferentes dosis de nitrógeno utilizadas en el ensayo. Cabe destacar que el total de precipitaciones durante el ciclo del cultivo (218,05 mm) no fue de magnitud como para ocasionar lixiviación de nitratos. Se puede inferir entonces que el contenido de nitratos en suelo no fue limitante para el crecimiento de la planta, ya que Genta, H.; Moltini, C.; Zamalvide, J. mencionan que las dosis recomendadas para una expectativa de producción alta en suelos con alto poder de suministro de N-NO₃ (> 20 ppm en los primeros 20 cm del suelo) serían entre 50- 70 Kg. N/ha.

Se puede apreciar que a medida que aumenta el contenido de humedad en el suelo, el contenido de nitratos en suelo disminuyó. Esto puede ser debido a un efecto de lavado que ocasionó el riego. El menor contenido de nitratos en suelo en aquellas parcelas con mayor contenido de humedad no tuvo efecto sobre el rendimiento total, ya que las parcelas que más rindieron fueron las que tenían el 50 y 100% de los requerimientos de la ETc.

A medida que se aumentó la dosis de nitrógeno aplicado al suelo, el contenido de nitratos en suelo se vio incrementado (en forma no proporcional), siendo el efecto menor cuanto más contenido de humedad contenía el suelo. Para el tratamiento de 50% de los requerimientos de la ETc no se encontraron diferencias en la evolución del contenido de nitratos en suelo entre las dosis 200 y 300 Kg. de nitrógeno aplicado al suelo.

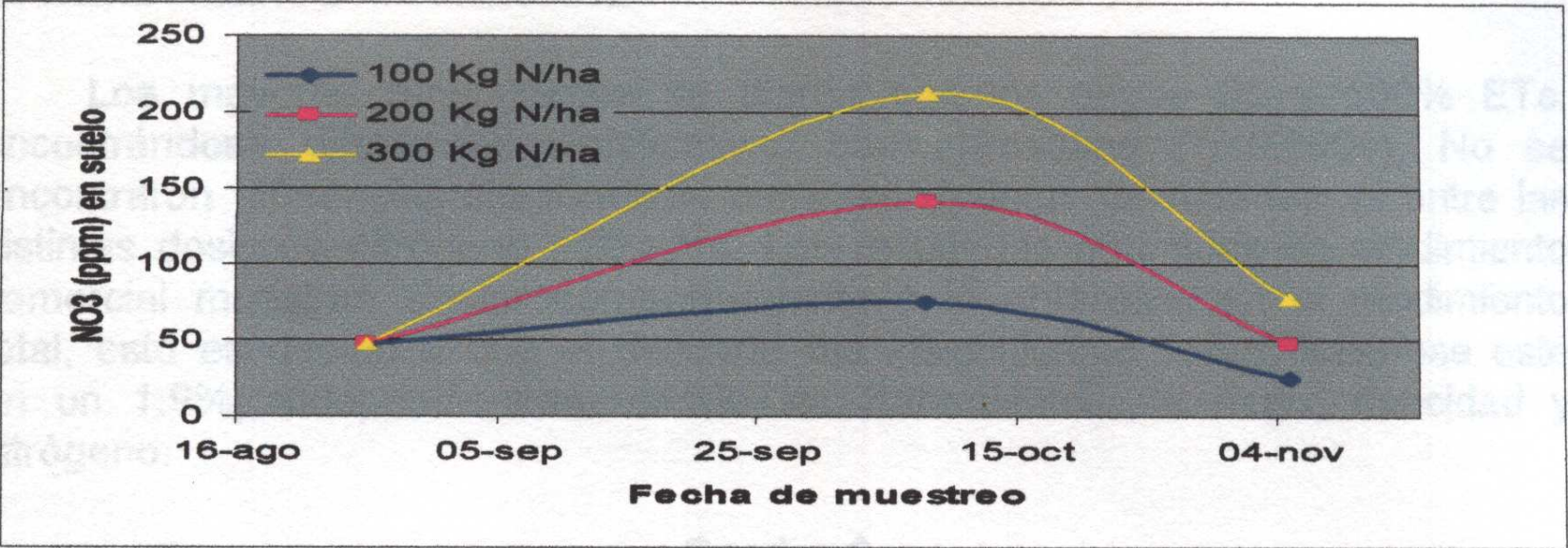


Figura 7 Evolución del contenido de nitratos en el suelo según dosis de nitrógeno aplicadas para el tratamiento de secano.

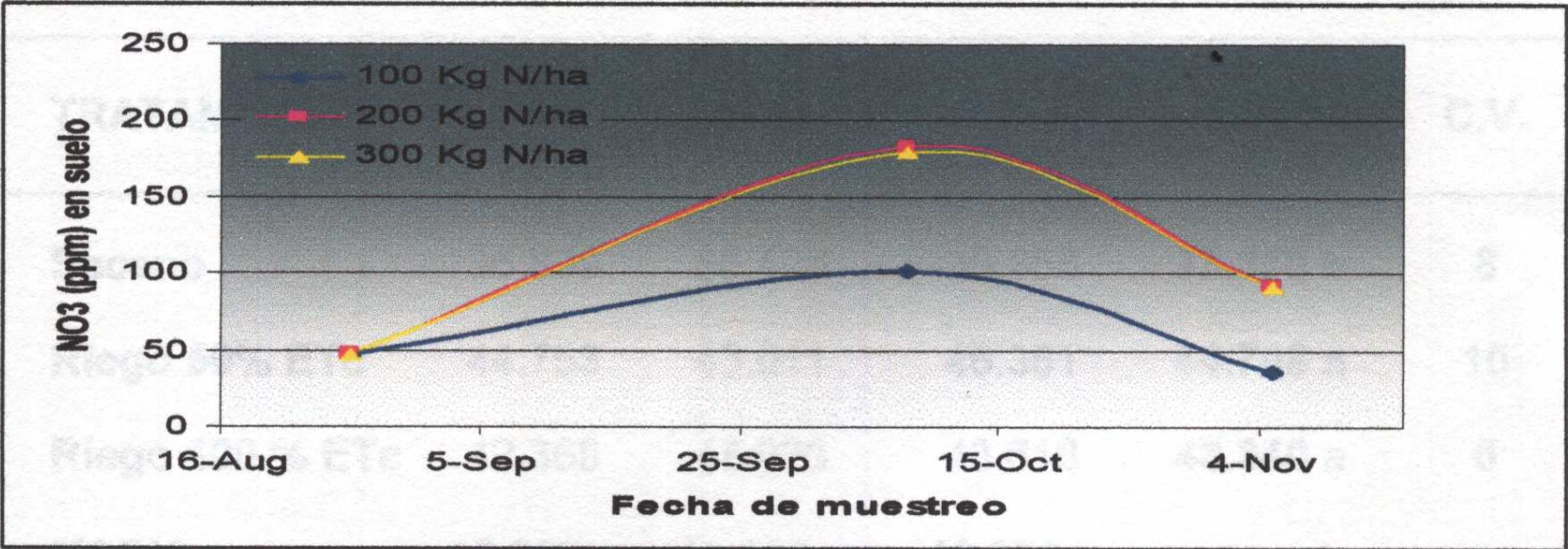


Figura 8 Evolución del contenido de nitratos en el suelo según dosis de nitrógeno aplicadas para el tratamiento de riego 50% ETc.

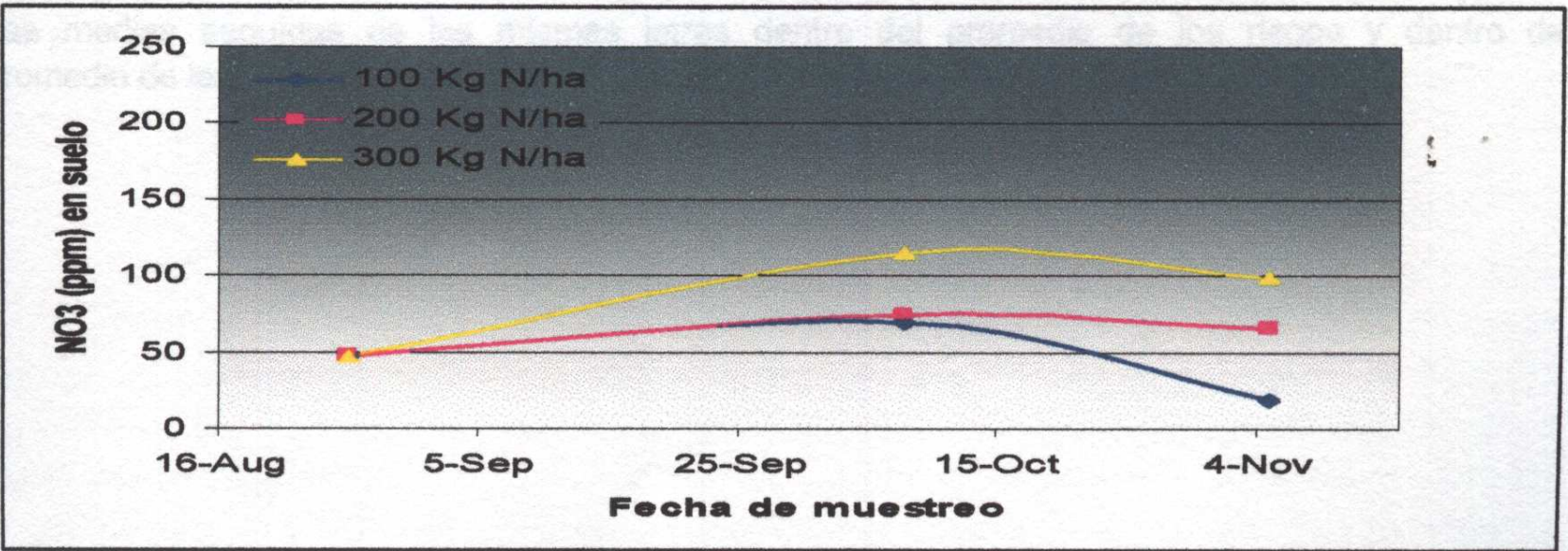


Figura 9 Evolución del contenido de nitratos en el suelo según dosis de nitrógeno aplicadas para el tratamiento de riego 100% ETc.

B. RENDIMIENTO COMERCIAL

Los mayores rendimientos se dieron con los riegos 50 y 100% ETc, encontrándose diferencias significativas con el secano ($\alpha < 0.0001$). No se encontraron diferencias significativas entre las distintas densidades, ni entre las distintas dosis de nitrógeno utilizadas. Los resultados obtenidos en rendimiento comercial muestran similar comportamiento a lo obtenidos en el rendimiento total, esto es debido a que el descarte fue insignificante, cuantificándose este en un 1.9%, independientemente de los tratamientos de riego, densidad y nitrógeno.

Cuadro 9

Rendimiento comercial (toneladas/hectárea) promedio según riego y densidad de plantas.

TRATAMIENTOS	286.000 pl/ha	357.000 pl/ha	428.000 pl/ha	MEDIA	C.V.
Secano	35.839	36.426	39.868	37.378 b	8
Riego 50% ETc	44.753	43.011	46.361	44.708 a	10
Riego 100 % ETc	42.368	44.033	43.618	43.340 a	6
MEDIA	40.987 a	41.156 a	43.282 a		
C.V.	12	11	12		

Las medias seguidas de las mismas letras dentro del promedio de los riegos y dentro del promedio de las densidades no difieren estadísticamente ($\alpha > 0.05$).

C. PESO MEDIO COMERCIAL

En el cuadro 10, se observa que para el tratamiento riego, los mayores pesos promedios se obtuvieron con los tratamientos 50 y 100% ETc, no encontrándose diferencias entre los mismos. Para el tratamiento nitrógeno no se encontraron efectos significativos sobre el peso medio comercial entre las distintas dosis. Para el tratamiento densidad se encontraron diferencias significativas entre cada una las densidades, disminuyendo el peso medio a medida que se aumento la densidad. Esto se puede deber a que las densidades más altas llegaron a inicio de bulbificación con tamaños de planta menores, tuvieron una tasa de crecimiento menor durante la bulbificación y por la menor duración del área foliar ocurrida durante el llenado del bulbo.

Cuadro 10

Peso medio comercial promedio (gramos) según riego y densidad de plantas.

TRATAMIENTOS	286.000 pl/ha	357.000 pl/ha	428.000 pl/ha	MEDIA	C.V
Secano	132,13	126,76	105,85	121,58 b	12
Riego 50% ETc	173,89	145,53	129,42	149,62 a	14
Riego 100 % ETc	164,28	154,87	123,57	147,57 a	16
MEDIA	156,77 a	142,39 b	119,61 c		
C.V	13	13	9		

Las medias seguidas de las mismas letras dentro del promedio de los riegos y dentro del promedio de las densidades no difieren estadísticamente ($\alpha > 0.05$).

Como se mencionó anteriormente los mayores pesos medios de bulbos se lograron para los tratamientos regados, obteniéndose un 18% más de peso medio con respecto al tratamiento seco. El efecto del riego sobre el tamaño medio de los bulbos esta explicado por el mayor tamaño de planta obtenido a inicio de bulbificación ($r^2 = 0.52$) y por la mayor duración del área foliar durante la bulbificación ($r^2 = 0.54$), lo cual se puede apreciar en el cuadro 3. Los valores más elevados del DAF van a determinar una mayor capacidad fotosintética, una mayor traslocación de fotoasimilados, produciendo bulbos de mayor tamaño.

V. CONCLUSIONES

- 1) En las condiciones de este año de ensayo, el riego produjo mayores rendimientos que el cultivo en secano. En los tratamientos de riego 50 y 100% de los requerimientos de la ETc se obtuvieron los mayores rendimientos totales, comerciales y peso medio comercial de bulbos.**
- 2) El máximo rendimiento obtenido fue de 47.682 Kg. por hectárea, el cual fue obtenido con el riego que cubría el 50% de la ETc, 428.000 plantas por hectárea, en promedio para los tres tratamientos de nitrógeno aplicado.**
- 3) No se encontró efecto para las diferentes dosis de nitrógeno aplicadas en las variables rendimiento total, comercial y peso medio comercial de bulbos.**
- 4) El incremento de la densidad de plantas no produjo aumentos (estadísticamente significativos) de rendimiento total y comercial. En cambio, las diferentes densidades utilizadas si tuvieron efecto sobre el peso medio comercial de los bulbos. El mayor peso medio comercial de bulbos fue 173,89 gramos, el cual se obtuvo con el riego que cubrió el 50% de la ETc, 286.000 plantas por hectárea, en promedio para los tres tratamientos de nitrógeno aplicado**

VI. RESUMEN

Se evaluó el crecimiento y rendimiento del cultivar de cebolla Pantanoso del Sauce C.R.S., con diferentes densidades de transplante y distintas dosis de nitrógeno y agua. El ensayo fue realizado en el Centro Regional Sur (C.R.S.), Facultad de Agronomía, Progreso, Canelones. El trabajo de campo fue llevado a cabo entre los meses de julio de 2002 y enero de 2003.

Se utilizaron tres dosis de agua (secano, 50% y 100% de la ETc), tres densidades (286.000, 357.000 y 428.000 plantas por hectárea) y tres niveles de nitrógeno (100, 200 y 300 Kg por hectárea). El diseño experimental fue el de parcelas divididas en bloques completos al azar. Dentro de cada bloque la parcela grande corresponde a un tratamiento de riego y la parcela chica a las variables densidad y nitrógeno.

En los tratamientos de riego 50 y 100% de la ETc se obtuvieron los mayores rendimientos totales, comerciales y peso medio comercial de bulbos. Estos mayores rendimientos estarían explicados por: mayor área foliar a inicio de bulbificación, mayor peso fresco total a inicio de bulbificación, mayor duración del área foliar durante de llenado de bulbo y por una mayor tasa de crecimiento durante la etapa de llenado de bulbo.

El mayor rendimiento se logro con el riego que cubría el 50% de la ETc, 428.000 plantas por hectárea, en promedio para los tres tratamientos de nitrógeno aplicado.

Las distintas dosis de nitrógeno utilizadas no tuvieron efecto significativo en las variables rendimiento total, comercial y peso medio comercial de bulbos. Esto se asocia al elevado contenido de nitratos en suelo y a que no se registraron precipitaciones de magnitud como para ocasionar grandes perdidas por lixiviación.

No se encontró efecto significativo entre las distintas densidades utilizadas para rendimiento total y comercial. Si se encontraron diferencias en el peso medio comercial de bulbos, el que fue máximo con el riego que cubrió el 50% de la ETc, 286.000 plantas por hectárea, en promedio para los tres tratamientos de nitrógeno aplicado. Esto es debido a la menor competencia entre plantas que se presentó con las mínimas densidades de plantas.

VII. SUMMARY

The growth and performance of the onion *Pantanoso del Sauce C.R.S.*, was evaluated under different densities and different dose of nitrogen and water. The trial was carried out in the South Regional Centre (C.R.S.), Faculty of Agronomy, Progreso, Canelones. The field work was carried out among July 2002 and January 2003.

Three dose of water (0%, 50% and 100% of the ETc), three densities (286.000, 357.000 and 428.000 plants per hectare) and three levels of nitrogen (100, 200 and 300 Kg per hectare) have been evaluated. The experimental design was split plots into four random complete blocks . The large plot corresponds to an irrigation and the small plot to a combination of density and nitrogen.

For irrigation of 50 and 100% of the ETc were obtained the greater commercial and total yield and average commercial weight of bulbs. These greater performances would be explained by: greater area foliar at bulbing onset, greater weight fresh total to start of bulbificación, greater duration of the area foliar during of filled of bulb and by a greater rate of growth during the phase of filled of bulb.

The best performance resulted with the irrigation that covered the 50% of the ETc, 428.000 plants per hectare, on the average for the three treatments of nitrogen applied.

The different dose of nitrogen did not have significant effect in the commercial and total yield and average commercial weight of bulbs. This result could be related to the high content of nitrates in soil and not much rain were registered as to cause large lost by lixiviation.

Non significant effect was found among the different densities utilized for commercial and total performance. As opposed to the half commercial weight of bulbs, achieving a maximum with 50% of the ETc, 286.000 plants per hectare, on the average for the three processing of nitrogen applied. This it is due to the smaller competence among plants.

VIII. BIBLIOGRAFIA

ALLEN, R.; PEREIRA, L.; RAES, D. and SMITH, M. 1998. Crop evapotranspiration. FAO. Serie Riego y Drenaje N° 56, FAO, Roma.

ARBOLEYA, J.; CAPRA, G.; ALBIN, A., 1993. Producción de cebolla en la zona sur. Boletín de divulgación Abril, N° 29. INIA LAS BRUJAS. 91p.

ARIAS, A; PELUFFO, S. 2001. Crecimiento y rendimiento de tres cultivares de cebolla (*Allium cepa* L) de diferente ciclo en diferentes localidades y fechas de siembra. Tesis Ing. Agr., Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 80p.

BELOQUI, C.; CAMUSSI, G.; FAROPPA, S. 1983. Influencia de la densidad de población y fertilización nitrogenada en el cultivo de cebolla bajo riego. Tesis Ing. Agr., Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 119p.

BLACK, C. A. Relaciones suelo- planta. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1975. v.2 p. 445-612.

BLEASDALE, J. K. A. The effects of plants spacing on the yield of bulb onions (*Allium cepa* L.) grown from seeds. Journal of Horticultural Science 41 (2): 145-153. 1966.

BREWSTER, J. L. 1994. Onions and other vegetable alliums. Crop Production Science in Horticulture. serie n° 3. CAB International. Wallingford. UK. p 236.

BREWSTER, J. L. 1990a. Physiology of Crop Growth and Bulbing. In: Brewster, J.L.; Rabinovitch, H. D. Onions and allied crops (Vol. 1).

BREWSTER, J. L. 1990b. The Influence of Cultural and Enviroment on The Time of Maturity of Bulb Onions Crops. AFRC Institute of Horticultural Research, Wellesburne, United Kingdom. p 280-287.

BREWSTER, J. L. 1977. The fisiology of the onion. Horticultural Abstracts 47 (1): 17-23.

BREWSTER, J. L.; RABINOVICH, H. D. 1990a. Onions and allieids crops (Vol 2) Agronomy, Biotic Interactions, Pathology, and Crop Protection. CRC press. Florida, EEUU. 320p.

BREWSTER, J. L.; RABINOVICH, H. D. 1990b. Onions and allied crops (Vol 1) Physiology of Crop Growth and Bulbing. Physiology and Genetics CRC press. Florida, EEUU.320p.

CASSERES, E. Producción de hortalizas. San José, IICA, 1980. p 238-254.

CHURATA- MASCA, M. G. C. e IKAWA, J. Efeito de diferentes densidades de populações sobre a produção de cebola (*Allium cepa* L.). Científica (Brasil) 4 (1): 3- 5. 1976.

CHURCHILL EISENHART; COCHRAN, W. G.; BARTLETT M. S. 1953. Sobre el análisis de varianza. Rosario, Republica Argentina. 57p.

COMPIANI, L.; D'ACUNTI, M. 1994. Influencia de la época de siembra de bulbillos, tamaño de bulbillos y cultivar en el rendimiento y calidad de bulbos de cebolla. Tesis Ing. Agr., Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 64p.

DELGADO, D.; PIERI, S. 2000. Efectos de diferentes dosis y fuentes de nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad de la cebolla. Tesis Ing. Agr., Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 77p.

DOORENBOS, J. and PRUIT, W.O. 1990. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO. Serie Riego y drenaje N° 24, FAO, Roma.

GALMARINI C., 1997. Características botánicas y fisiológicas p18-25 en Manual de cultivo de la cebolla. Publicación del INTA, Centro Regional Cuyano. 128p.

GALVAN G., 1999. Jornada sobre el cultivo de cebolla. Centro Regional Sur. Facultad de Agronomía. 19p.

GARCIA, F.; MOLTINI, C; CARDELLINO, G.; 1982. Agua, población y nitrógeno en el cultivo de cebolla. In reunión técnica de la facultad de agronomía, 5ª. Montevideo 89p.

GARCÍA, M.; DE LA PEÑA, C. 1983. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L) Tesis Ing. Agr., Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 183p.

GARCIA DE SOUZA, M.; REYES, C. 2001. Evaluación de la respuesta del cultivo de cebolla a diferentes abonos orgánicos en un sistema de rotaciones hortícolas. Mesa Nacional de Ajo y Cebolla. Uruguay, p 5-10.

GAVIOLA, S.; LIPINSKI, V. V; NIJENSOHN, L. 1998. Respuesta de la cebolla para deshidratar a la fertilización. Ciencia del Suelo. 16:119-121.

GENTA, H.; AMBROSONI, S. 1995. Producción de cebolla dulce para exportación. Serie de Actividades de difusión N° 46, INIA. p. 49-61.

GENTA, H.; MOLTINI, C.; ZAMALVIDE, J., 1994. Fertilización en cebolla. Manejo de la fertilidad en producciones intensivas. Uruguay. Facultad de Agronomía. P 67-71.

GONZALEZ, P.; HACKEMBRUCH, F. 1995. Análisis de crecimiento de dos poblaciones de cebolla (*Allium cepa* L) en dos fechas de siembra. Tesis Ing. Agr., Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.

HAAG, H. P.; HOME, P.; KINOTO, T. Nutrição mineral de hortliças VIII. Absorção de nutrientes pela cultura da cebola. Anais da Escola Superir de Agricultura "Luiz de Queiroz". Brasil 9 27:143-155. 1970.

IZQUIERDO, J. A.; MAESO, C. R.; VILLAMIL, J. 1981. Efecto de las fechas de almácigo y de trasplante sobre la producción de cebollas Valencianas. Investigaciones Agronómicas (Uruguay) 2(1):34-37.

JONES, H. A.; MANN, L. K. 1963. Onions and Their Allies. 1stedn. (Leonard Hill Limited: London)

KASEK, R.; MELOGNIO R. 1995. Influencia de la época de siembra, y la densidad de plantación en el rendimiento y calidad de los bulbillos de cebolla (*allium cepa* L.) para propagación. Trabajo de tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de agronomía, 82p.

LARZABAL N.; MOLTINI, C.; ZAMALVIDE, J. Respuesta a nitrógeno y fósforo en cebolla. In Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía, 3ª. Montevideo, 1980. Resúmenes, Montevideo, Facultad de Agronomía, 1980. 47p.

LEFEVRE, J. M. La nutrition de l'oignon; la fertilisation de l'oignon de Mulhouse et de semis. In INFUFLEC. L'oignon. Paris, 1976. 67-70p.

MAIER, N. A.; DAHLENBURG, A. P.; TWIGDEN, T. K. 1990. Assessment of the nitrogen status of onion (*Allium cepa* L. 9 cv. Cream Gold by plants analysis. Australian Journal of Experimental Agriculture 30: 853-859.

MGAP, DIEA, PREDEG 1999. Encuesta hortícola 1999 ajo y cebolla.

MGAP, DIEA, Censo General Agropecuario 2000.

MINOTTI, P. L.; STONE, K. W. 1988. Consequenses of not fertilizing onions on organicc soils with high soil test values. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 19, 1887-1906.

MOLTINI, C.; ZAMALVIDE, J. Manejo de la fertilización nitrogenada en el cultivo de cebolla. *In* Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía, 3ª, Montevideo, 1980. p 1-46.

MOLTINI, C.; SILVA, A. 1981. Fertilización con nitrógeno y fósforo en cebolla (*Allium cepa* L.) bajo diferentes situaciones de suelo. Tesis Ing. Agr., Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 162p.

MOROSOLI, A.; RIERACKER, J. 1983. Efecto de la densidad de siembra y la dosis de nitrógeno en la producción de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis Ing. Agr., Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 134p.

PUPPO, L.; BACCINO, G. Evaluación física y económica de diferentes métodos de riego en los cultivos de ajo y cebolla. Convenio de validación N° 58 MGAP-PREDEG. 2001. 78p.

RAMOS, C. 1999. Determinación de funciones de producción y comportamiento del cultivo de la cebolla bajo diferentes láminas de riego y dosis de fertilización fosforada en San Juan de Lagunillas, Meridas, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 16(1): 38-50.

REIS FILGEIRA, F. A. Manual de olericultura. Sao Paulo, Ceres, 1972. p 273-285.

RIEKELS, J. W. 1977. The influence of nitrogen on the growth and maturity of onions on organic soil. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 97 (1): 37-41.

ROGERS, I. S. 1972. Practical considerations is the use of systematic spacing designs. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 12: 306-309.

SCHWEISGUTH, B. 1976. Physiologie de l'oignon, adaptation des cultivars et aptitudes a la conservation. *In* INVUFLEC. L'oignon. Paris, p 27-32.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. McGRAW-Hill. U.S.A., p 384.

ZINK, F. W. 1962. Growth and Nutrient Absorption of Green Bunching Onions. American Society for Horticultural Science 80: 430-435

ZINK, F. W. 1966. Studies on the Growth Rate and Nutrient Absorption of Onion. Hilgardia 37 (8) : 203- 217

IX. ANEXOS

RESULTADOS ECONOMICOS

A continuación se presentan los rendimientos y costos por tratamiento de riego, los que incluyen costos fijos y variables del sistema utilizado. El sistema de riego analizado es de dos cintas de goteo por cantero.

Cuadro 11

Rendimiento total y peso medio comercial de bulbos según disponibilidad de agua.

Disponibilidad de agua	Rendimiento total (Kg/hectárea)	Peso medio comercial de bulbos (gramos)
Secano	37.856 b	121,58 b
Riego 50% ETc	45.708 a	149,62 a
Riego 100% ETc	44.302 a	147,57 a

Las medias seguidas de las mismas letras entre los distintos tratamientos no difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Cuadro 12

Costo anual (U\$S/ hectárea) según nivel de riego.

Tratamiento de riego	50% ETc (174 mm aplicados)	100% ETc (332 mm aplicados)
Costos fijos		
Amortización	122	122
Repos. Anual	686	686
Interés	136	136
Sub total	944	944
Costos variables		
Mano de obra	132	132
Energía	95,7	182,6
R y M (1% inver.)	26	26
Sub total	253,7	340,6
Total anual U\$S /ha	1197,7	1284,6

Fuente: Puppo, L.; Baccino, G. (Convenio de validación N° 58 MGAP-PREDEG. 2001).

Dado que el tratamiento regado con 50% de los requerimientos de la ETc fue el que obtuvo, para las condiciones de este año en particular el mayor rendimiento (cuadro 11), se lo tomó a este como referencia para compararlo con el tratamiento seco.

Si se observa el cuadro 11, el incremento en rendimiento total del tratamiento regado con 50% de los requerimientos de la ETc con respecto al tratamiento seco, fue de 7.852 kg/hectárea (45.708 – 37.856).

Con el fin de determinar el precio (X) en el cual se igualan los costos con los beneficios se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{Precio (X)} = \frac{\text{Incremento en costo}}{\text{Incremento en rendimiento}}$$

$$\text{Incremento en rendimiento} = 7.852 \text{ kg/ha.}$$

$$\text{Incremento en costo} = 1.197,7 \text{ U\$S/ha.}$$

$$X = \frac{1.197,7 \text{ (U\$S/ha)}}{7.852 \text{ (kg/ha)}}$$

$$X = 0,152 \text{ U\$S/kg.}$$

A través del cálculo anterior se puede concluir que, para compensar la utilización de un sistema de riego de estas características se debe de obtener un precio por encima de 0,152 U\\$S/ha.

Cuadro 13
Registros Agroclimáticos para los años 2000-2002 para el período de crecimiento del cultivo.

Fecha	T med. (0C)	T max. (0C)	T min. (0C)	HR med. (%)	Precip. (mm/d)	Precip. (mm/m)	Eo. (mm/d)	Viento (Km./d)	Heliof. (hs./d)	ETP P (mm/d)
Abr-00	17.4	22.0	13.2	90.2	5.7	169.7	2.5	130.5	5.2	1.5
May-00	13.7	17.5	10.4	90.9	12.1	375.6	1.7	157.5	5.2	0.8
Jun-00	12.5	16.4	8.6	93.3	4.0	118.5	1.5	173.1	3.7	0.6
Jul-00	8.7	12.8	5.0	88.8	2.8	88.0	1.6	214.8	4.5	0.7
Ago-00	10.6	15.9	5.7	85.6	4.3	133.4	1.9	135.6	6.0	1.1
Set-00	12.5	17.8	7.9	82.9	4.5	135.3	2.8	166.9	6.1	1.9
Oct-00	15.6	20.5	11.2	85.5	3.2	100.2	4.0	174.4	6.6	2.8
Nov-00	17.3	23.1	11.7	78.6	2.6	78.0	5.1	133.8	9.4	4.0
Dic-00	21.0	27.8	13.9	72.7	3.3	103.4	6.9	111.1	11.1	5.1
Prom.	14.4	19.3	9.7	85.4	4.7	144.7	3.1	155.3	6.4	2.1
Abr-01	16.7	22.3	11.7	84.3	1.7	50.4	3.3	71.7	7.5	1.9
May-01	13.7	18.0	10.0	93.6	2.4	75.0	1.5	104.8	4.1	0.7
Jun-01	12.7	17.5	8.5	93.5	4.8	144.9	1.4	115.4	4.8	0.5
Jul-01	10.9	15.8	6.4	90.1	2.8	86.7	1.5	149.4	4.6	0.6
Ago-01	14.9	20.4	10.4	90.0	3.5	108.3	1.9	125.8	6.0	1.2
Set-01	13.5	18.6	8.8	84.0	1.6	48.6	3.1	178.6	6.1	2.0
Oct-01	17.1	21.5	13.5	90.9	8.3	258.0	3.0	181.9	4.3	2.3
Nov-01	18.0	23.6	12.4	80.1	3.9	116.6	5.8	131.1	9.8	4.0
Dic-01	20.2	26.3	14.6	79.9	1.5	45.4	6.6	136.6	10.0	4.7
Prom.	15.3	20.4	10.7	87.4	3.4	103.8	3.1	132.8	6.4	2.0
Abr-02	16.3	21.0	12.1	88.6	2.5	74.0	2.6	92.0	5.6	1.6
May-02	15.0	20.3	10.6	90.9	6.0	187.5	1.7	146.1	5.7	0.9
Jun-02	9.0	14.1	4.5	89.8	1.0	29.5	1.6	134.6	5.9	0.4
Jul-02	10.0	15.0	6.0	91.0	2.4	74.8	1.4	143.1	4.8	0.6
Ago-02	12.9	18.5	8.3	86.7	2.3	69.8	2.4	211.1	6.0	1.4
Set-02	12.6	17.7	8.0	87.9	2.3	69.8	2.9	185.5	6.6	1.8
Oct-02	17.7	23.4	12.2	85.2	2.9	91.2	4.3	197.7	7.2	3.1
Nov-02	19.1	24.7	13.4	83.1	4.3	127.6	5.6	195.4	8.8	4.1
Dic-02	20.5	25.6	15.0	82.4	4.7	146.2	5.8	172.0	8.4	4.4
Prom.	14.8	20.0	10.0	87.3	3.2	96.7	3.2	164.2	6.6	2.0

T med., máx., min. (Temperatura del Aire Media, Máxima y Mínima en grados Celcius); HR med. (Humedad Relativa media %); Precip.mm/d (Precipitación diaria en mm/día); Precip. mm/m Precipitación mensual en mm/mes); Eo (Evaporación del Tanque A diaria en mm/día) Viento acumulado: diario (km/día); Heliof.(Horas de sol diario hs/día); ETP P (Evapotranspiración Potencial diaria en mm/día). FUENTE: INIA Las Brujas.

Cuadro 14

Indice de bulbificación correspondientes al 5 de noviembre, según
tratamientos de riego, densidad y nitrógeno.

TRATAMIENTOS	SECANO	RIEGO 50% ETc	RIEGO 100% ETc	PROMEDIO
100 Kg N /ha	1,93	1,91	1,81	1,88
200 Kg N /ha	1,97	1,80	1,87	1,88
300 Kg N /ha	2,09	1,89	1,83	1,94
PROMEDIO	2,00	1,87	1,84	
28.6 pl/m ²	1,96	1,94	1,94	1,95
35.7 pl/m ²	2,00	1,77	1,69	1,82
42.8 pl/m ²	2,03	1,89	1,88	1,93
PROMEDIO	2,00	1,87	1,84	

Indice de bulbificación determinado como el cociente entre el diámetro ecuatorial del bulbo y el diámetro del cuello. Cuando en índice supera el valor 2, se considera que la planta inicia la bulbificación.

Cuadro 15

Variables de crecimiento, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Nitro.	Dens.	Período	Período	PFT	PFH	PFFT	PFB	PFB	AF	IAF	DAF	DAF
(Kg N/ha)	(pl/m ²)	(días)	(días)	IB	IB	IB	IB	UM	IB	IB	TR-UM	IB-UM
		TR-IB	IB-UM	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	cm ²		(cm ² .día)	(cm ² .día)

Secano (cosecha 3/12)

100	26.6	85	28	166	92	23	50	211	1005	2,87	60839	28688
100	33.3	85	28	115	64	18	32	154	870	3,11	45777	23033
100	41.7	85	28	177	103	26	48	133	1150	4,93	39342	25342
200	26.6	85	28	128	78	19	31	138	976	2,79	42840	23777
200	33.3	85	28	178	99	25	53	198	1075	3,84	47178	26249
200	41.7	85	28	147	81	20	44	124	996	4,27	39645	23254
300	26.6	85	28	129	73	17	38	155	969	2,77	41067	23232
300	33.3	85	28	170	95	24	50	145	1107	3,96	50103	27436
300	41.7	85	28	131	71	18	41	160	1000	4,28	61630	28808

Riego 50% ETc (cosecha 10/12)

100	26.6	88	25	219	122	30	66	199	1309	3,74	63654	33649
100	33.3	88	25	165	99	30	35	184	1131	4,04	51265	28055
100	41.7	88	25	163	90	29	44	187	1036	4,44	58710	28581
200	26.6	88	25	187	108	29	50	205	1255	3,59	57016	31234
200	33.3	88	25	169	98	29	40	220	1066	3,81	60226	29393
200	41.7	88	25	169	96	27	44	190	1000	4,29	63743	29348
300	26.6	88	25	160	95	26	38	211	1057	3,02	66157	30739
300	33.3	88	25	161	95	29	37	186	1074	3,84	68247	31510
300	41.7	88	25	156	92	26	37	173	989	4,24	50056	25763

Riego 100% ETc (cosecha 10/12)

100	26.6	88	25	171	94	28	48	196	1036	2,96	61468	29278
100	33.3	88	25	151	89	28	33	170	1073	3,83	48156	26464
100	41.7	88	25	143	83	23	36	164	924	3,96	46254	23911
200	26.6	88	25	203	111	32	59	198	1234	3,53	56541	30824
200	33.3	88	25	155	95	25	35	184	1065	3,80	54162	27854
200	41.7	88	25	170	94	28	47	200	1190	5,10	68070	33084
300	26.6	88	25	220	130	35	55	212	1185	3,38	65854	32453
300	33.3	88	25	148	92	25	31	194	1015	3,63	50296	26196
300	41.7	88	25	168	103	25	39	157	1160	4,97	54956	29383

(Nitro) Nitrógeno; (Dens.) Densidad; (TR) Trasplante; (IB) Inicio de bulbificación; (UM) Ultimo muestreo; (PFT) Peso fresco total; (PFH) Peso fresco de hojas; (PFFT) Peso fresco falso tallo; (PFB) Peso fresco de bulbos; (AF) Área foliar; (IAF) Índice de área foliar; (DAF) Duración del área foliar.

Evaluación del nivel de enfermedad (*Peronospora destructor*) en hojas.

La evaluación se realizó el 19 de noviembre, sobre 10 plantas al azar por parcela, considerando las hojas de las mismas plantas.

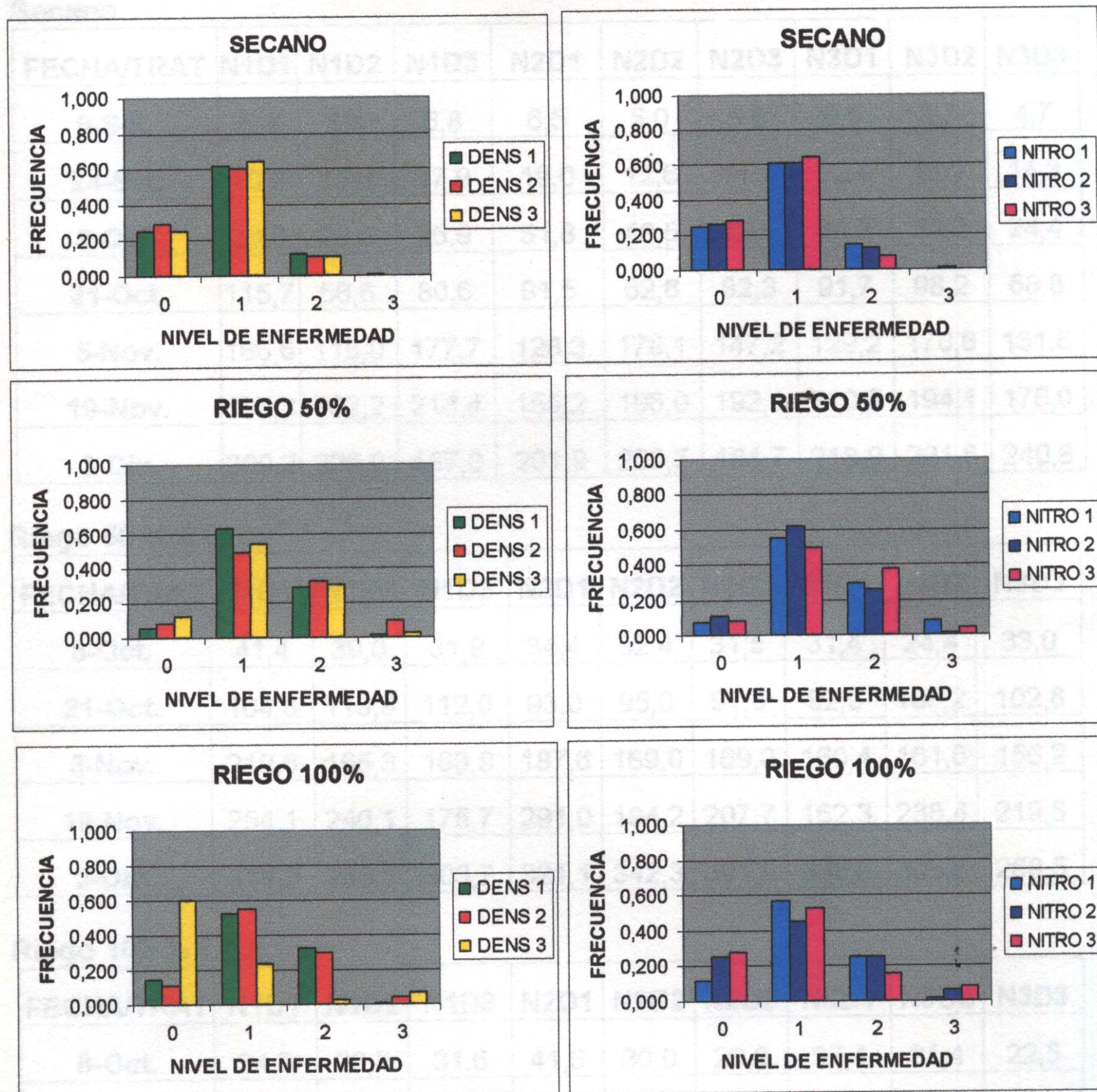


Figura 10 Frecuencia de observaciones de nivel de enfermedad (*Peronospora destructor*) en hojas, en función del nivel de la densidad de plantación (Correspondiendo DENS 1, 2, 3 a 28.6, 35.7 y 42.8 pl/m² respectivamente) y de nitrógeno aplicado (Correspondiendo NITRO 1, 2, 3 a 100, 200 y 300 Kg de N/ha). Riego 50 y 100% corresponden al porcentaje de la ETC. Niveles: (0) ausencia de síntomas; (1) presencia de manchas; (2) manchas esporulando; (3) manchas generalizadas y esporulando.

Cuadro 16
Evolución del peso fresco total en gramos, según tratamientos de riego,
nitrógeno y densidad de plantas.

Secano

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
9-Set.	5,3	5,1	6,8	6,5	5,0	5,8	6,5	5,7	4,7
24-Set.	10,9	15,8	17,9	19,0	12,6	11,7	12,4	14,1	14,3
8-Oct.	38,6	29,5	35,9	51,8	48,5	33,5	39,3	34,2	24,4
21-Oct.	115,7	56,6	80,6	91,5	62,6	82,3	91,7	98,2	68,8
5-Nov.	166,6	115,0	177,7	128,3	178,1	147,2	129,2	170,6	131,6
19-Nov.	197,3	162,2	214,4	155,2	196,0	192,1	210,6	194,1	176,0
3-Dic.	309,2	226,0	187,0	201,9	265,7	184,7	218,0	221,5	240,8

Riego 50 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
8-Oct.	41,4	39,0	31,9	34,4	32,4	31,5	31,4	24,4	33,0
21-Oct.	104,8	113,9	112,0	93,0	95,0	91,5	92,9	109,2	102,8
5-Nov.	219,6	165,3	163,9	187,6	169,0	169,0	160,4	161,6	156,2
19-Nov.	254,1	246,1	175,7	291,0	194,2	207,7	162,3	238,4	219,5
3-Dic.	314,3	288,1	303,7	321,1	342,3	301,9	338,0	305,6	268,5

Riego 100 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
8-Oct.	34,5	26,8	31,6	41,6	30,0	29,9	37,4	31,4	22,5
21-Oct.	12,1	98,2	83,4	96,1	89,7	90,2	149,9	91,8	108,6
5-Nov.	171,2	15,5	143,8	203,4	155,8	170,1	220,2	148,9	168,6
19-Nov.	265,8	184,9	173,9	216,4	177,1	238,4	273,7	201,5	202,9
3-Dic.	302,3	264,8	251,3	313,7	279,4	321,4	345,4	283,8	249,3

Cuadro 17

Evolución del peso fresco de hojas en gramos, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Secano

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
9-Set.	2,8	2,8	3,9	3,7	2,8	3,2	3,6	3,1	2,6
24-Set.	7,2	10,5	12,3	12,4	8,4	7,8	8,3	9,4	9,7
8-Oct.	29,8	21,5	24,1	33,8	33,9	22,5	26,9	23,2	16,0
21-Oct.	81,1	38,6	54,0	60,0	43,2	54,8	63,3	68,3	46,3
5-Nov.	92,7	64,1	103,3	78,0	99,3	81,4	73,6	95,5	71,2
19-Nov.	71,4	58,9	84,5	55,1	75,8	72,6	78,2	66,9	73,0
3-Dic.	81,9	57,4	41,0	51,6	51,6	47,0	47,5	60,1	63,1

Riego 50 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
8-Oct.	29,2	27,5	21,0	23,7	21,6	21,7	20,6	16,3	22,5
21-Oct.	72,2	74,6	75,1	66,1	63,9	63,7	63,0	75,2	71,1
5-Nov.	122,1	99,6	90,5	108,1	98,6	96,3	95,4	94,9	92,2
19-Nov.	107,4	98,3	72,7	122,2	84,2	75,7	67,6	91,7	88,1
3-Dic.	90,2	74,5	82,5	84,9	90,4	82,8	94,4	88,0	70,2

Riego 100 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
8-Oct.	23,9	16,7	20,6	26,6	20,5	20,4	26,3	19,4	14,0
21-Oct.	84,0	69,2	54,5	65,4	63,9	64,6	100,8	63,5	75,6
5-Nov.	94,4	89,1	83,7	111,3	95,4	93,9	130,0	92,4	103,8
19-Nov.	93,8	83,0	69,1	87,0	64,6	89,7	116,5	81,1	76,3
3-Dic.	76,7	66,4	62,8	82,6	68,5	90,4	97,6	64,8	66,7

Cuadro 18

Evolución del diámetro mayor en centímetros, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Secano

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
9-Set.	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,9	1,0	1,0	0,9
24-Set.	1,1	1,3	1,3	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3
8-Oct.	1,5	1,4	1,7	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5
21-Oct.	2,7	2,0	2,4	2,5	2,1	2,3	2,5	2,5	2,1
5-Nov.	3,8	3,4	3,8	3,0	3,8	3,6	3,5	3,9	3,6
19-Nov.	5,7	5,4	5,8	5,2	5,5	5,8	5,9	5,9	5,3
3-Dic.	7,4	6,6	6,1	6,6	6,2	6,2	6,6	6,5	6,6

Riego 50 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
8-Oct.	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,6
21-Oct.	2,5	2,6	2,6	2,1	2,4	2,3	2,3	2,5	2,4
5-Nov.	4,3	3,0	3,8	3,7	3,3	3,5	3,4	3,4	3,4
19-Nov.	6,1	5,9	4,9	6,2	5,2	5,7	4,7	5,9	5,6
3-Dic.	7,5	7,0	7,2	7,4	7,4	7,2	7,3	7,2	6,9

Riego 100 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
8-Oct.	1,6	1,7	1,6	1,9	1,6	1,6	1,7	1,5	1,8
21-Oct.	2,9	2,3	2,3	2,4	2,3	2,1	3,0	2,2	2,5
5-Nov.	3,9	3,4	3,3	4,2	3,3	3,9	4,1	2,8	3,3
19-Nov.	6,5	4,7	5,1	5,7	5,1	5,9	5,9	5,5	5,6
3-Dic.	7,2	6,8	6,8	7,2	7,2	7,4	7,4	7,2	6,7

Cuadro 19
Evolución del índice de bulbificación, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Secano

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
5-Nov.	2,08	1,81	1,89	1,80	2,09	2,03	2,00	2,11	2,17
19-Nov.	3,08	3,09	2,92	3,20	2,95	3,17	3,07	3,33	2,94
3-Dic.	4,05	4,47	4,18	4,30	3,74	4,68	4,59	4,16	4,06

Riego 50 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
5-Nov.	2,03	1,73	1,97	1,91	1,75	1,76	1,89	1,84	1,94
19-Nov.	2,86	2,76	2,45	2,73	2,82	2,56	2,54	2,85	2,66
3-Dic.	3,80	3,92	3,50	3,78	4,01	3,92	3,67	3,85	4,10

Riego 100 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
5-Nov.	1,88	1,71	1,84	1,97	1,72	1,93	1,97	1,62	1,89
19-Nov.	2,86	2,26	2,50	2,76	2,54	2,86	2,52	2,71	2,80
3-Dic.	3,42	3,40	3,97	3,55	3,77	3,65	3,41	4,36	3,90

Cuadro 20

Evolución del peso fresco del falso tallo en gramos, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Secano

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
9-Set.	2,4	2,3	2,9	2,8	2,1	2,6	2,8	2,5	2,1
24-Set.	3,77	5,3	5,5	6,6	4,2	3,9	4,1	4,7	4,6
8-Oct.	8,7	8,0	11,8	17,9	14,5	10,9	12,3	11,0	8,4
21-Oct.	34,5	18,0	26,6	31,5	19,4	27,5	28,4	29,9	22,4
5-Nov.	23,4	18,4	26,2	19,2	25,3	20,8	17,5	24,7	18,6
19-Nov.	19,2	14,2	22,3	15,0	18,0	18,1	18,4	16,7	17,4
3-Dic.	15,3	13,7	12,7	12,0	15,2	13,3	14,6	15,9	17,4

Riego 50 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
8-Oct.	12,2	11,4	10,8	10,7	10,7	9,8	10,8	8,0	10,5
21-Oct.	32,6	39,3	36,9	26,8	31,1	27,8	29,9	33,9	31,7
5-Nov.	30,7	30,2	28,9	29,5	29,9	27,8	26,1	29,4	26,1
19-Nov.	27,4	29,0	19,0	30,6	21,6	23,9	19,6	24,5	25,4
3-Dic.	24,4	29,1	33,7	30,4	31,9	28,8	32,3	31,3	24,9

Riego 100 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
8-Oct.	10,6	10,0	11,0	15,0	9,4	9,4	11,1	11,9	8,5
21-Oct.	40,1	29,0	28,8	30,7	25,7	25,5	49,1	28,2	32,9
5-Nov.	28,8	28,7	23,3	32,2	25,2	28,7	34,9	25,2	25,5
19-Nov.	32,0	28,3	23,1	27,1	27,7	31,6	37,1	25,5	25,8
3-Dic.	28,8	27,6	23,5	32,6	26,0	31,1	35,3	24,7	25,1

Cuadro 21

Evolución del peso fresco de bulbos en gramos, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Secano

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
5-Nov.	50,4	32,3	48,2	31,0	53,4	44,9	38,0	50,3	41,8
19-Nov.	106,5	89,0	107,5	85,0	102,0	101,3	113,9	110,5	85,5
3-Dic.	211,9	154,8	133,2	138,3	198,8	124,3	155,9	145,4	160,3

Riego 50 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
5-Nov.	66,7	35,4	44,4	50,0	40,4	44,8	38,8	37,3	37,8
19-Nov.	119,3	118,7	84,0	138,1	88,3	108,0	75,0	122,0	106,0
3-Dic.	199,6	184,5	187,5	205,8	219,9	190,2	211,2	186,2	173,4

Riego 100 % ETc

FECHA/TRAT	N1D1	N1D2	N1D3	N2D1	N2D2	N2D3	N3D1	N3D2	N3D3
5-Nov.	47,95	33,5	36,7	59,7	35,1	47,4	55,2	31,2	39,3
19-Nov.	139,9	73,5	81,5	102,3	84,8	117,1	120,1	94,9	100,7
3-Dic.	196,6	170,7	164,9	198,4	184,8	199,9	212,5	194,2	157,5

Cuadro 22
Rendimiento total, comercial (t/ha.) y peso promedio de bulbos (g/bulbo), según
tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Dosis de agua	Densidad	Nitrógeno	Rendimiento	Peso medio	Rendimiento	Peso medio
	(pl/m ²)	(Kg/ha)	total (t/ha)	total (g/bulbo)	Comercial (t/ha)	Comercial (g/bulbo)
Secano	28,6	100	35.740	132	35.424	133
Secano	28,6	200	33.344	126	32.796	128
Secano	28,6	300	39.571	134	39.296	135
Secano	35,7	100	34.311	141	33.827	144
Secano	35,7	200	37.074	113	36.564	116
Secano	35,7	300	39.449	117	38.888	120
Secano	42,8	100	42.156	106	41.724	107
Secano	42,8	200	41.543	104	40.978	107
Secano	42,8	300	37.519	100	36.903	103
50% ETc	28,6	100	45.623	181	44.678	183
50% ETc	28,6	200	48.408	179	48.061	180
50% ETc	28,6	300	42.115	156	41.519	159
50% ETc	35,7	100	48.591	146	47.179	147
50% ETc	35,7	200	42.749	145	41.601	147
50% ETc	35,7	300	40.839	141	40.252	142
50% ETc	42,8	100	49.016	128	47.207	131
50% ETc	42,8	200	39.760	125	38.756	128
50% ETc	42,8	300	54.272	127	53.120	129
100% ETc	28,6	100	41.021	152	39.787	154
100% ETc	28,6	200	42.695	158	41.832	160
100% ETc	28,6	300	46.078	177	45.486	178
100% ETc	35,7	100	41.982	137	41.013	137
100% ETc	35,7	200	46.160	181	45.429	183
100% ETc	35,7	300	46.454	141	45.656	145
100% ETc	42,8	100	45.541	113	43.922	116
100% ETc	42,8	200	41.246	124	40.567	127
100% ETc	42,8	300	47.570	126	46.365	127

Cuadro 23

Descartes obtenidos en el ensayo según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Dosis de agua	Densidad (pl/m ²)	Nitrógeno (Kg/ha)	Chicas (t/ha)	Florecidas (t/ha)	Dobles (t/ha)	Podridas (t/ha)
Secano	28,6	100	0,051	-	0,047	0,217
Secano	28,6	200	0,068	-	0,099	0,381
Secano	28,6	300	0,051	-	0,046	0,179
Secano	35,7	100	0,254	-	-	0,230
Secano	35,7	200	0,138	-	0,033	0,339
Secano	35,7	300	0,179	-	0,056	0,327
Secano	42,8	100	0,143	-	-	0,288
Secano	42,8	200	0,278	0,041	-	0,246
Secano	42,8	300	0,363	0,054	-	0,199
50% ETc	28,6	100	0,025	0,478	-	0,442
50% ETc	28,6	200	0,015	0,117	-	0,214
50% ETc	28,6	300	0,032	0,292	-	0,272
50% ETc	35,7	100	0,059	1,125	0,120	0,109
50% ETc	35,7	200	0,097	0,341	0,061	0,281
50% ETc	35,7	300	0,157	0,592	0,064	0,235
50% ETc	42,8	100	0,194	1,051	0,140	0,424
50% ETc	42,8	200	0,179	0,404	0,033	0,388
50% ETc	42,8	300	0,254	0,534	-	0,365
100% ETc	28,6	100	0,107	0,727	-	0,400
100% ETc	28,6	200	0,268	0,272	0,153	0,171
100% ETc	28,6	300	0,066	0,311	-	0,215
100% ETc	35,7	100	0,022	0,752	0,145	0,050
100% ETc	35,7	200	0,059	0,426	0,125	0,122
100% ETc	35,7	300	0,222	0,421	0,051	0,103
100% ETc	42,8	100	0,456	0,827	-	0,337
100% ETc	42,8	200	0,243	0,134	0,144	0,158
100% ETc	42,8	300	0,192	0,601	0,094	0,318

Cuadro 24

Contenido de nitrógeno en planta, muestreados el 5/11, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Dosis de agua	Densidad (pl/m ²)	Nitrógeno (Kg/ha)	% Nitrógeno en planta
Secano	28,6	100	2,38
Secano	28,6	200	2,96
Secano	28,6	300	2,41
Secano	35,7	100	2,74
Secano	35,7	200	2,63
Secano	35,7	300	2,63
Secano	42,8	100	2,41
Secano	42,8	200	2,52
Secano	42,8	300	2,44
50% ETc	28,6	100	2,44
50% ETc	28,6	200	2,41
50% ETc	28,6	300	2,46
50% ETc	35,7	100	2,52
50% ETc	35,7	200	2,58
50% ETc	35,7	300	2,41
50% ETc	42,8	100	2,24
50% ETc	42,8	200	2,69
50% ETc	42,8	300	2,82
100% ETc	28,6	100	2,13
100% ETc	28,6	200	2,49
100% ETc	28,6	300	2,27
100% ETc	35,7	100	2,44
100% ETc	35,7	200	2,41
100% ETc	35,7	300	2,24
100% ETc	42,8	100	2,71
100% ETc	42,8	200	2,55
100% ETc	42,8	300	2,66

Contenido de nitrógeno en planta muestreados el 5/11, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

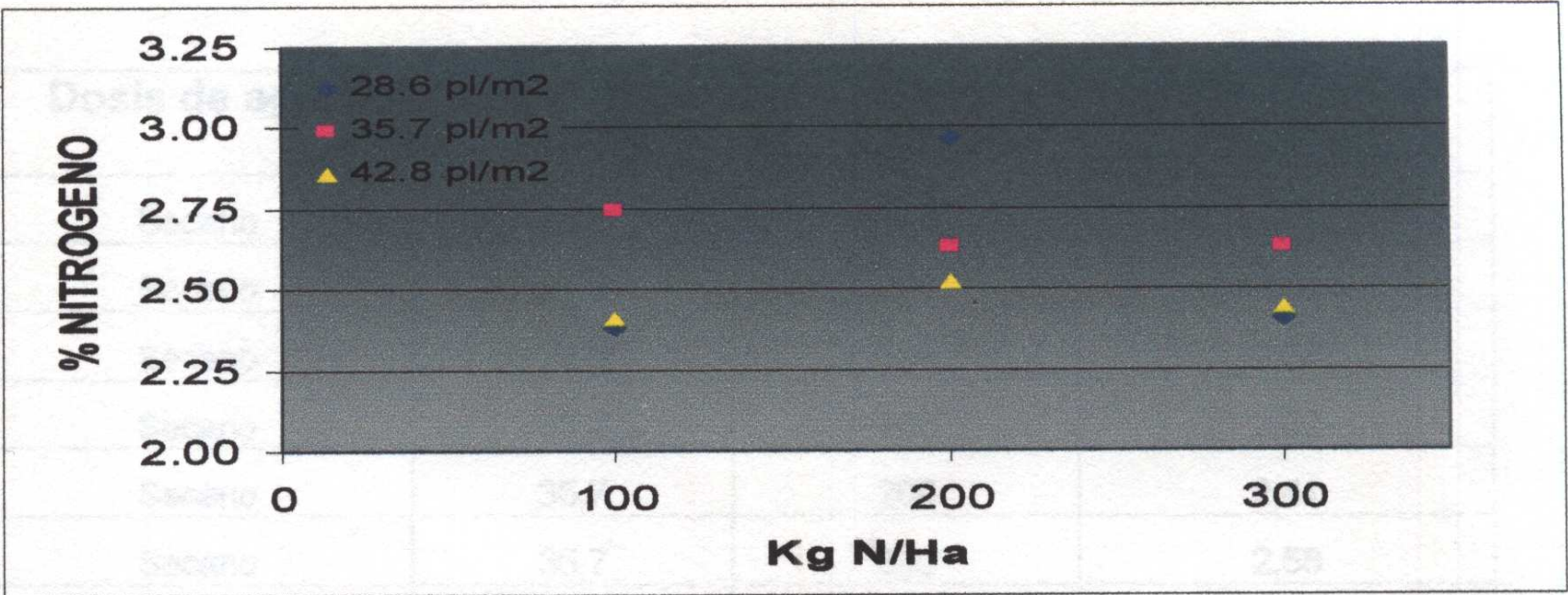


Figura 11 Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de secano según dosis de nitrógeno aplicada.

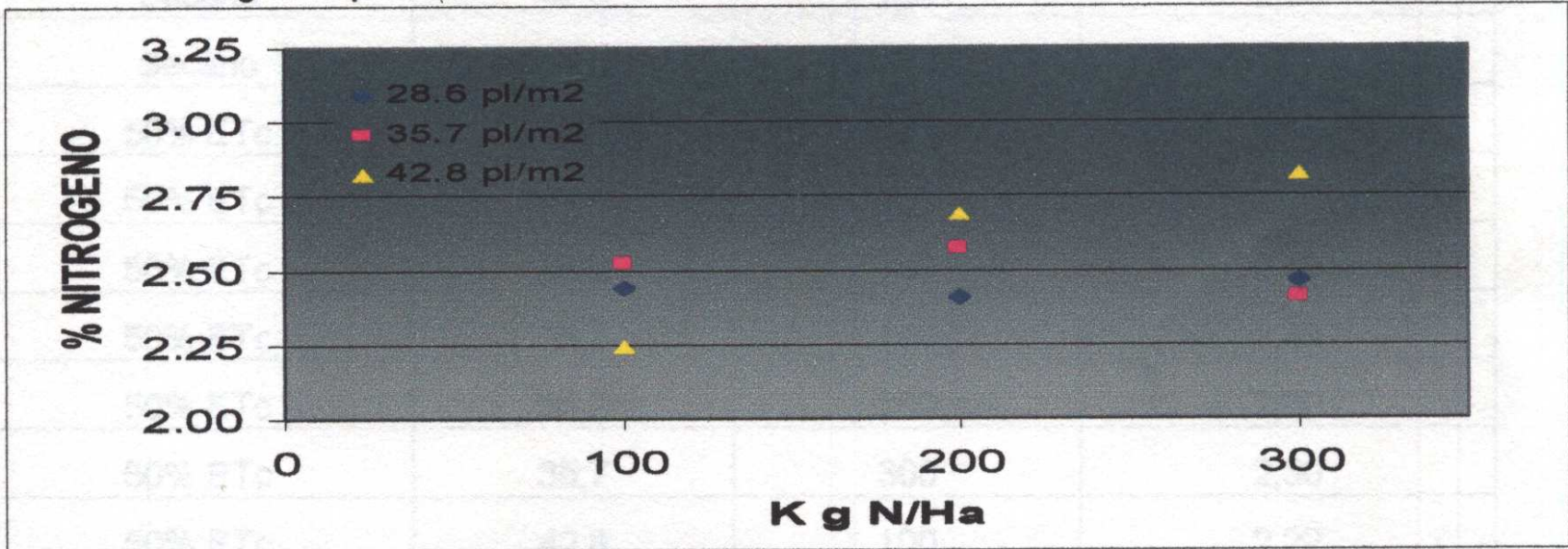


Figura 12 Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de riego 50% ETc según dosis de nitrógeno aplicada.

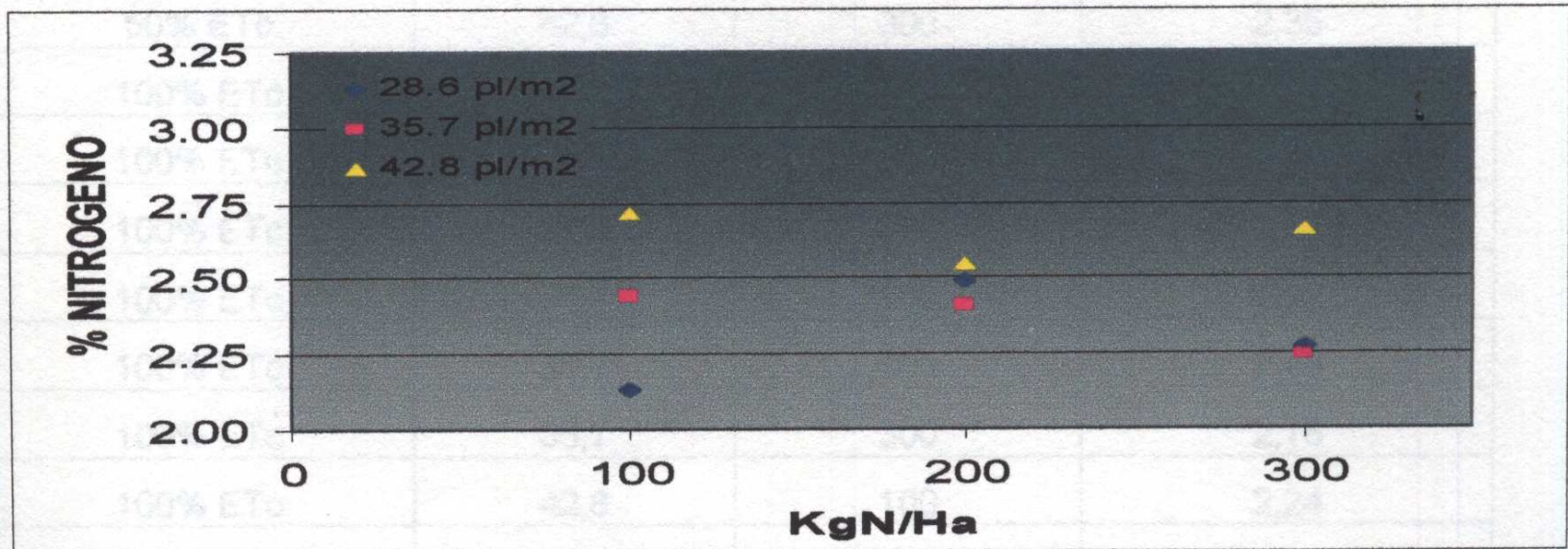


Figura 13 Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de riego 100% ETc según dosis de nitrógeno aplicada.

Cuadro 25

Contenido de nitrógeno en planta, muestreados el 3/12, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Dosis de agua	Densidad (pl/m²)	Nitrógeno (Kg/ha)	% Nitrógeno en planta
Secano	28,6	100	2,35
Secano	28,6	200	2,49
Secano	28,6	300	2,58
Secano	35,7	100	2,52
Secano	35,7	200	2,41
Secano	35,7	300	2,58
Secano	42,8	100	2,38
Secano	42,8	200	2,58
Secano	42,8	300	2,41
50% ETc	28,6	100	2,44
50% ETc	28,6	200	2,71
50% ETc	28,6	300	2,19
50% ETc	35,7	100	2,46
50% ETc	35,7	200	2,30
50% ETc	35,7	300	2,30
50% ETc	42,8	100	2,22
50% ETc	42,8	200	2,46
50% ETc	42,8	300	2,35
100% ETc	28,6	100	2,02
100% ETc	28,6	200	2,44
100% ETc	28,6	300	2,60
100% ETc	35,7	100	1,99
100% ETc	35,7	200	2,44
100% ETc	35,7	300	2,16
100% ETc	42,8	100	2,24
100% ETc	42,8	200	2,16
100% ETc	42,8	300	2,27

Contenido de nitrógeno en planta muestreados el 3/12, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

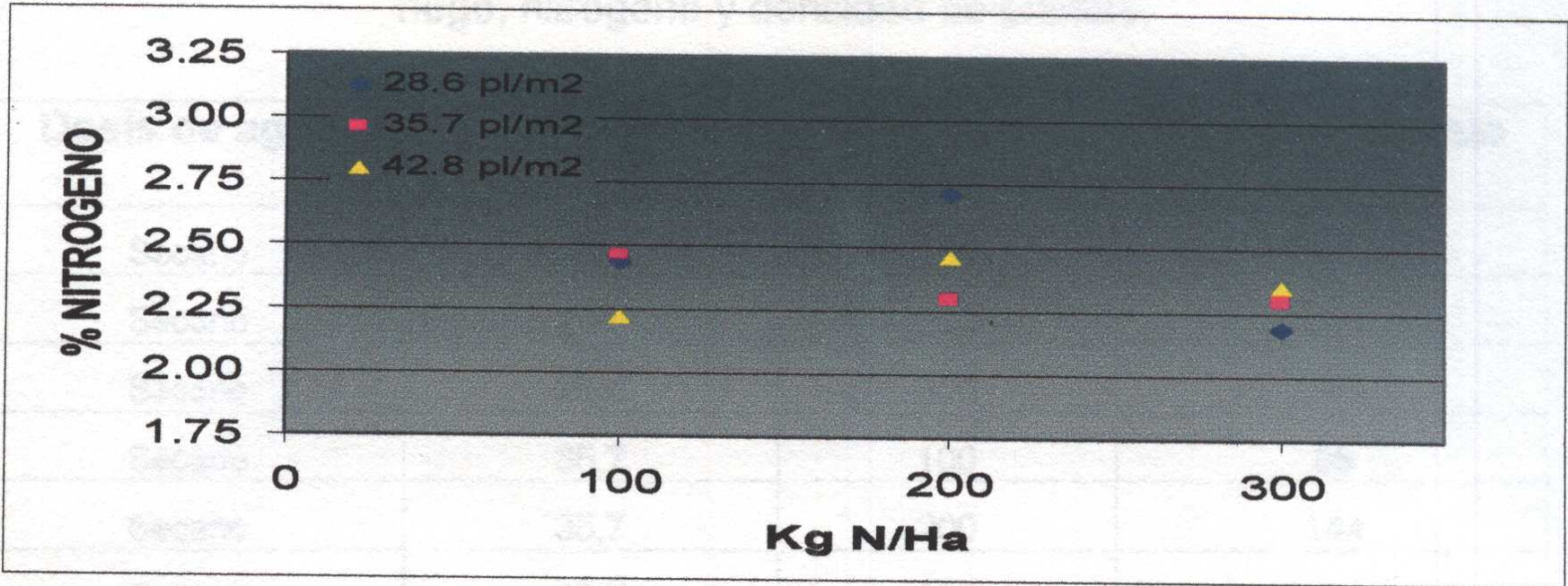


Figura 14 Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de secano según dosis de nitrógeno aplicada.

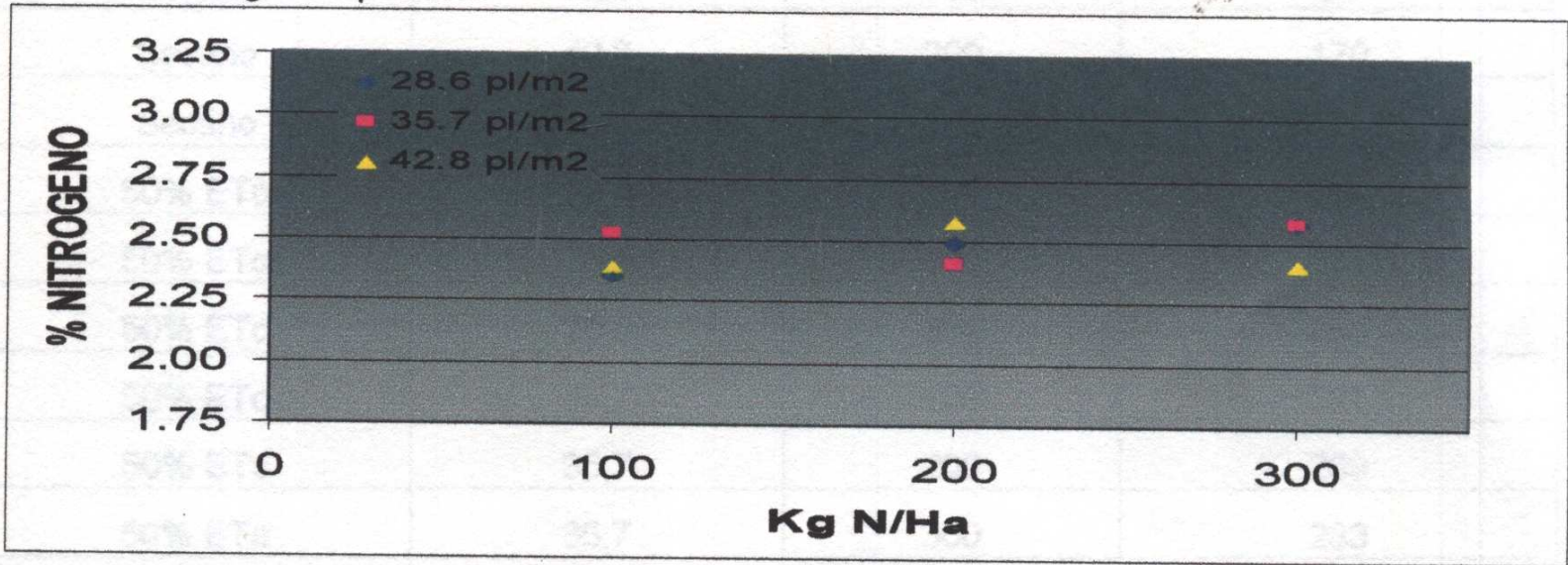


Figura 15 Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de riego 50% ETc según dosis de nitrógeno aplicada.

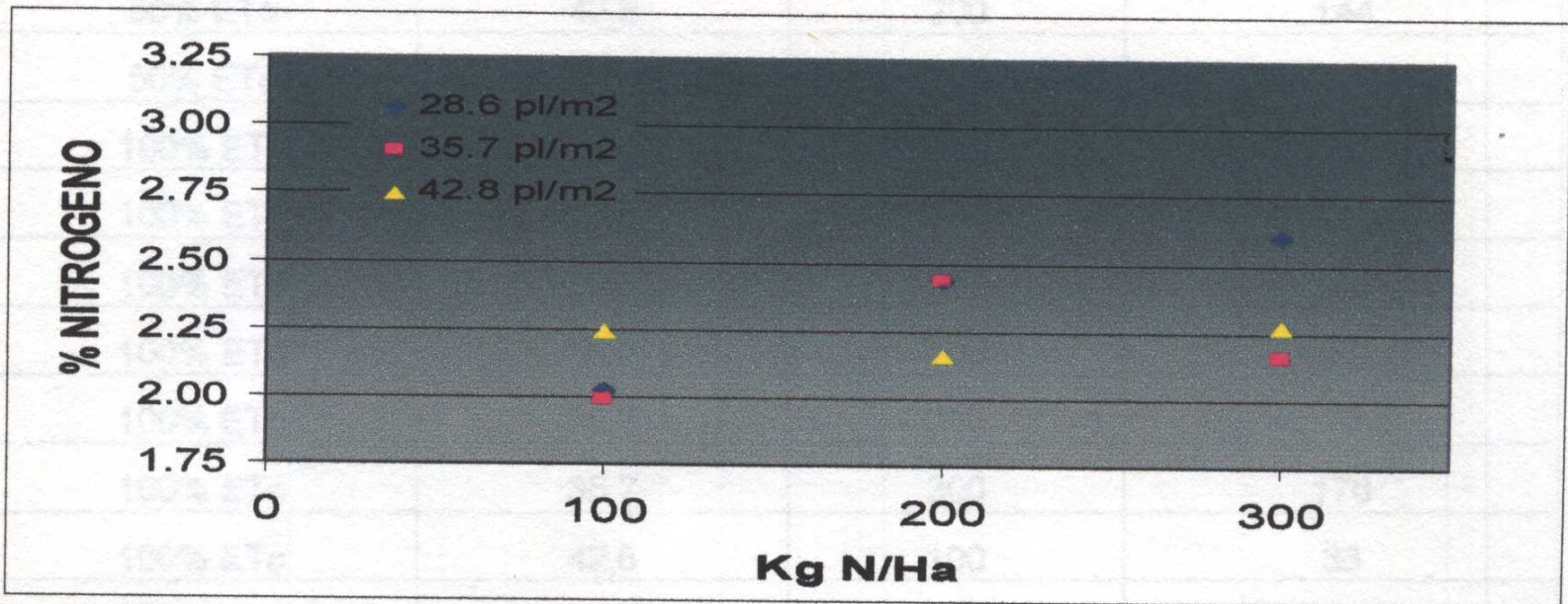


Figura 16 Contenido de nitrógeno en la planta para el tratamiento de riego 100% ETc según dosis de nitrógeno aplicada.

Cuadro 26
Contenidos de nitratos en suelo, muestreados el 8/10, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Dosis de agua	Densidad (pl/m²)	Nitrógeno (Kg/ha)	Nitratos en suelo (ppm)
Secano	28,6	100	78
Secano	28,6	200	110
Secano	28,6	300	240
Secano	35,7	100	85
Secano	35,7	200	144
Secano	35,7	300	184
Secano	42,8	100	61
Secano	42,8	200	170
Secano	42,8	300	213
50% ETc	28,6	100	110
50% ETc	28,6	200	197
50% ETc	28,6	300	155
50% ETc	35,7	100	121
50% ETc	35,7	200	209
50% ETc	35,7	300	233
50% ETc	42,8	100	75
50% ETc	42,8	200	144
50% ETc	42,8	300	149
100% ETc	28,6	100	111
100% ETc	28,6	200	59
100% ETc	28,6	300	84
100% ETc	35,7	100	57
100% ETc	35,7	200	70
100% ETc	35,7	300	170
100% ETc	42,8	100	38
100% ETc	42,8	200	94
100% ETc	42,8	300	90

Contenidos de nitratos en suelo muestreados el 8/10, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

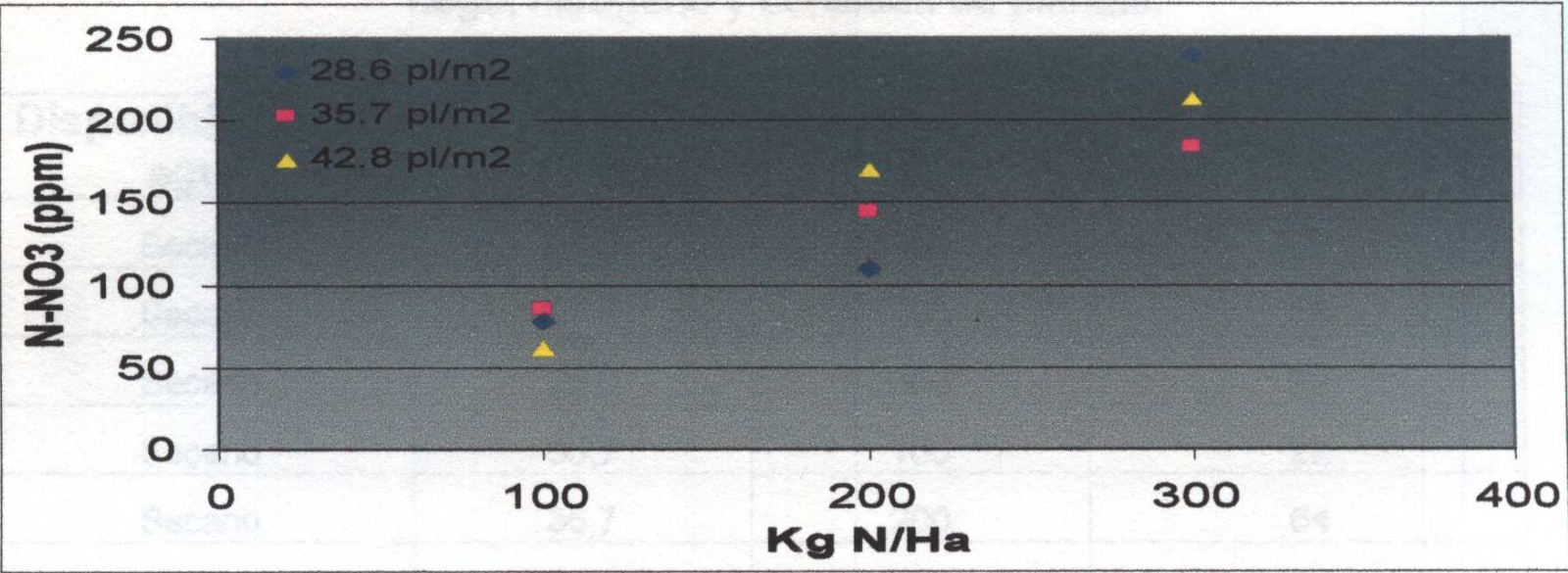


Figura 17 Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de secano según dosis de nitrógeno aplicada.

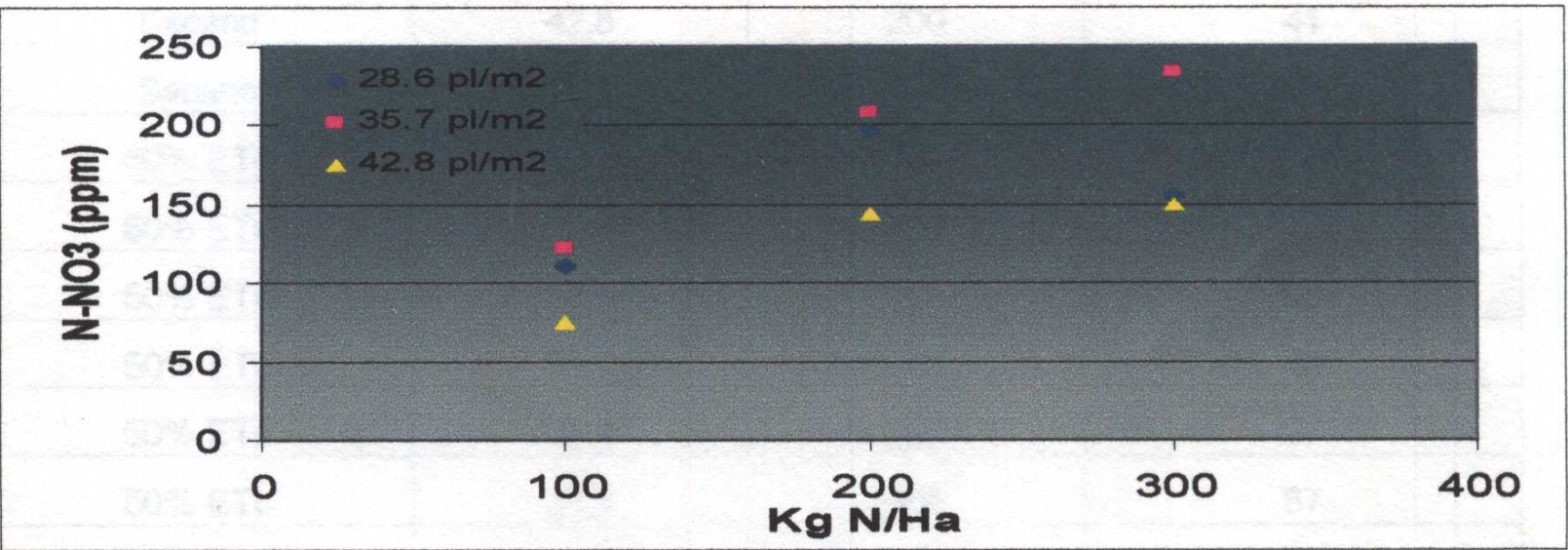


Figura 18 Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de riego 50% ETc según dosis de nitrógeno aplicada.

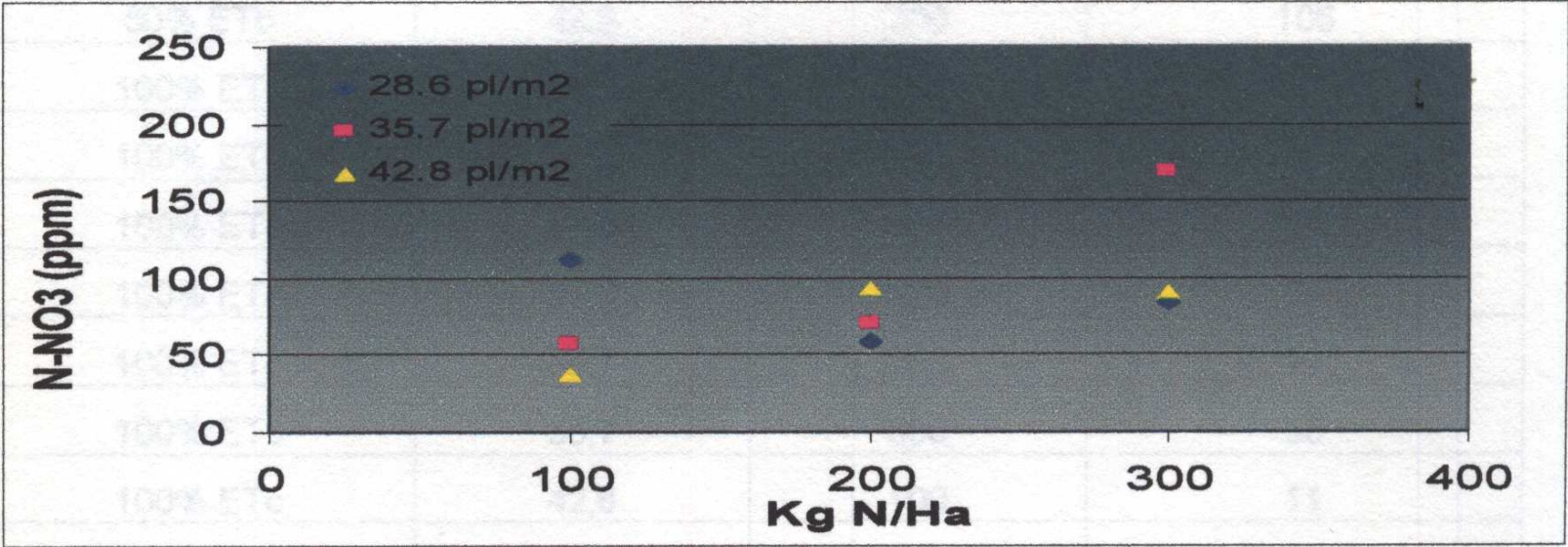


Figura 19 Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de riego 100% ETc según dosis de nitrógeno aplicada.

Cuadro 27

Contenidos de nitratos en suelo, muestreados el 5/11, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

Disponibilidad de agua	Densidad (pl/m²)	Nitrógeno (Kg/ha)	Nitratos en suelo (ppm)
Secano	28,6	100	29
Secano	28,6	200	38
Secano	28,6	300	92
Secano	35,7	100	22
Secano	35,7	200	64
Secano	35,7	300	71
Secano	42,8	100	23
Secano	42,8	200	41
Secano	42,8	301	67
50% ETc	28,6	100	36
50% ETc	28,6	200	109
50% ETc	28,6	300	83
50% ETc	35,7	100	49
50% ETc	35,7	200	97
50% ETc	35,7	300	87
50% ETc	42,8	100	22
50% ETc	42,8	200	65
50% ETc	42,8	300	106
100% ETc	28,6	100	17
100% ETc	28,6	200	80
100% ETc	28,6	300	103
100% ETc	35,7	100	26
100% ETc	35,7	200	77
100% ETc	35,7	300	95
100% ETc	42,8	100	11
100% ETc	42,8	200	36
100% ETc	42,8	300	99

Contenidos de nitratos en suelo muestreados el 5/11, según tratamientos de riego, nitrógeno y densidad de plantas.

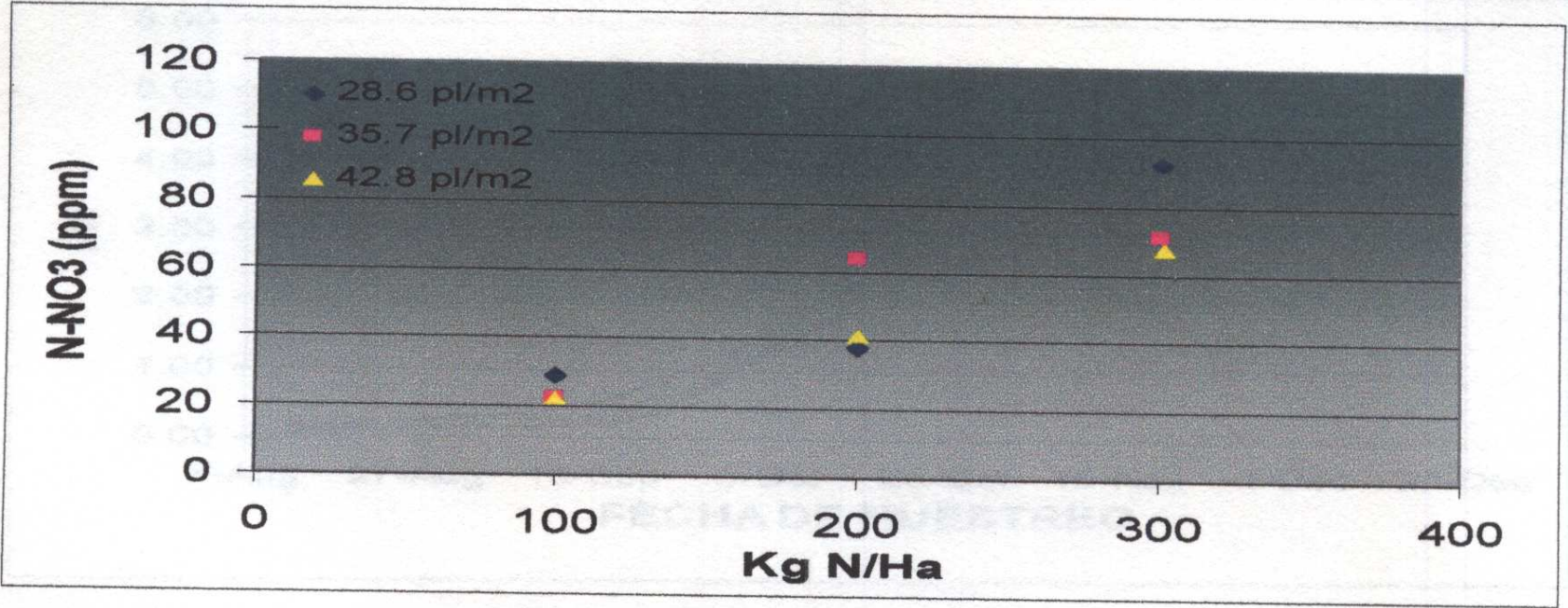


Figura 20 Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de secano según dosis de nitrógeno aplicada.

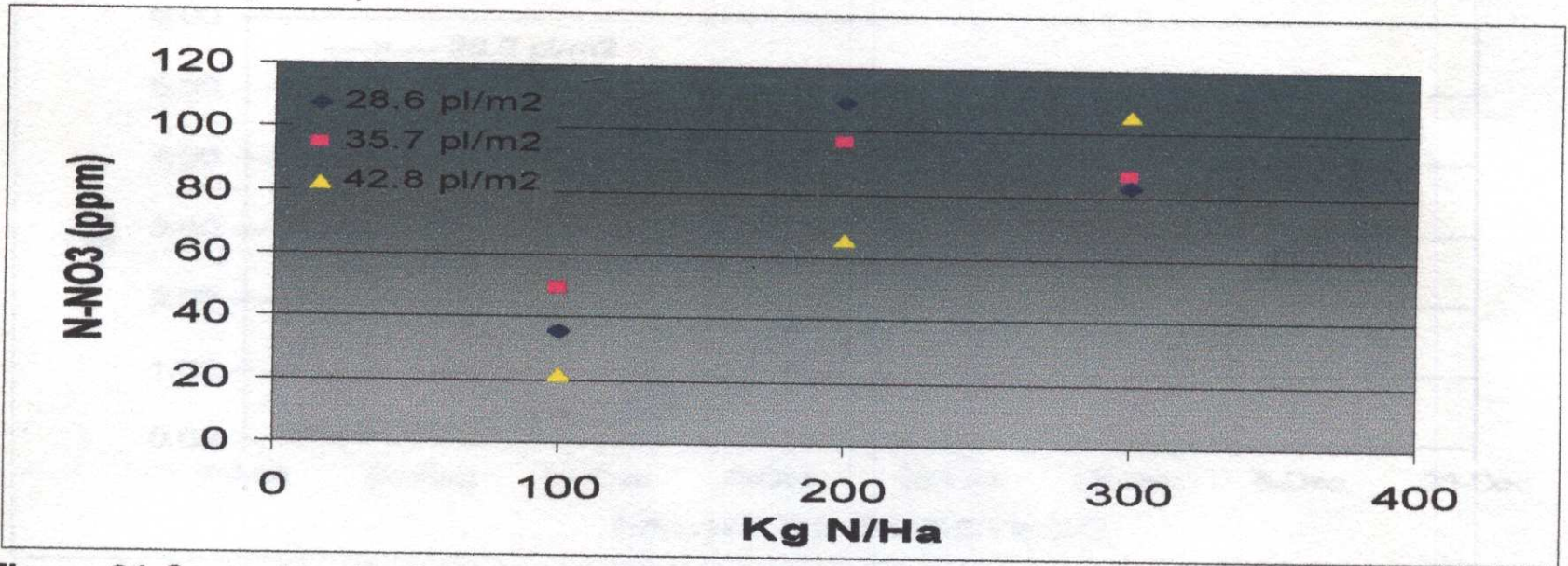


Figura 21 Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de riego 50% ETc según dosis de nitrógeno aplicada.

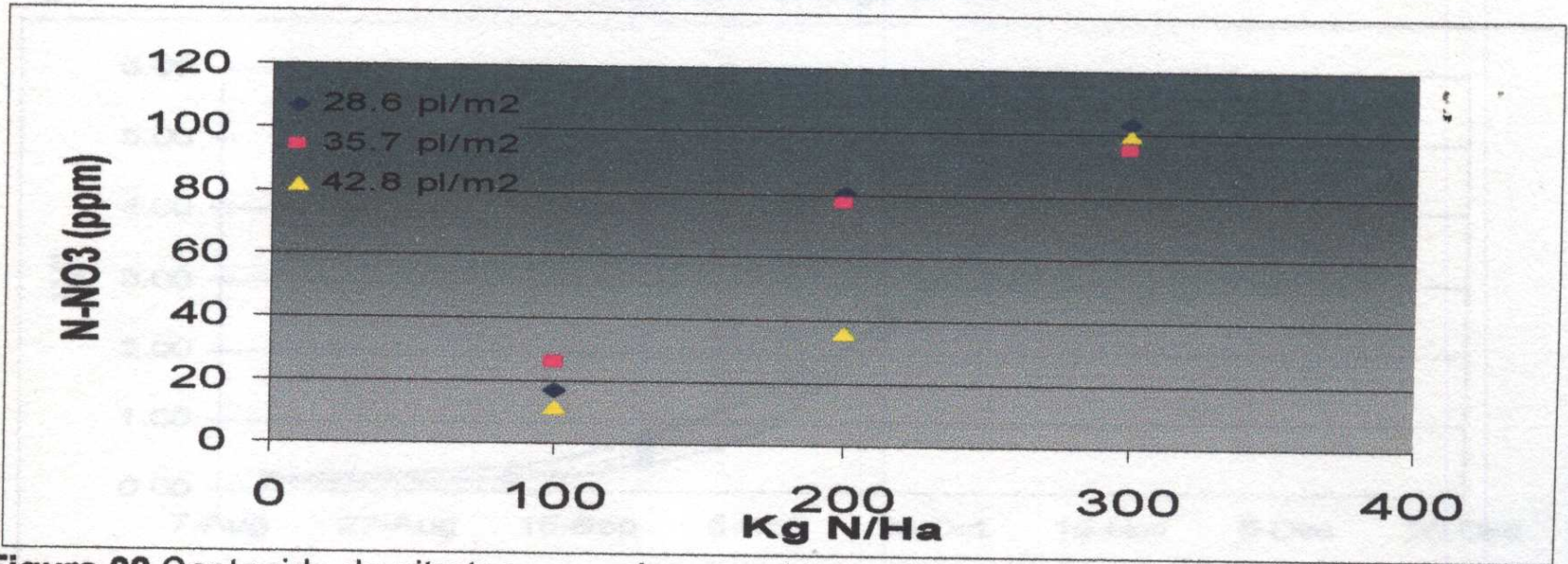


Figura 22 Contenido de nitratos en suelo para el tratamiento de riego 100% ETc según dosis de nitrógeno aplicada.

Figura 23 Evolución del IAP para el tratamiento de riego 100% ETc

Evolución del Índice de Área Foliar (IAF), según tratamientos de riego y densidad de plantas, cuando la dosis de nitrógeno fue de 100 Kg./ha.

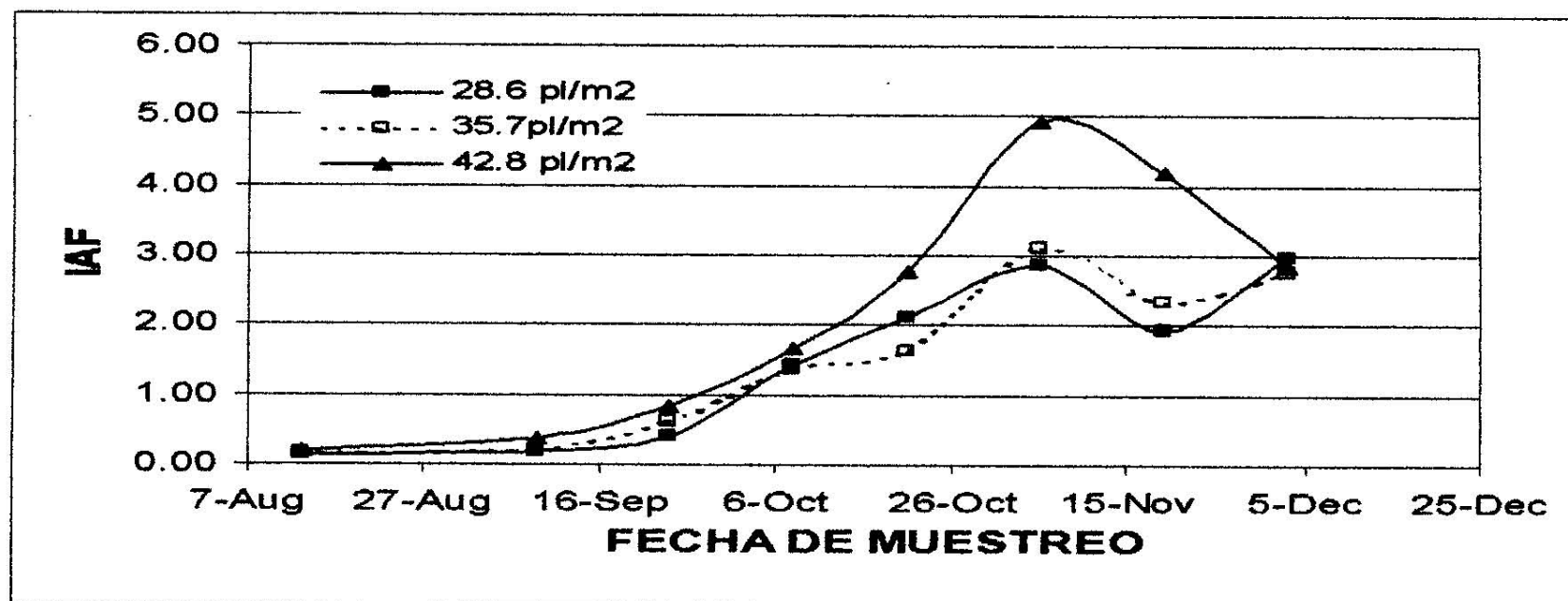


Figura 23 Evolución del IAF para el tratamiento de secano.

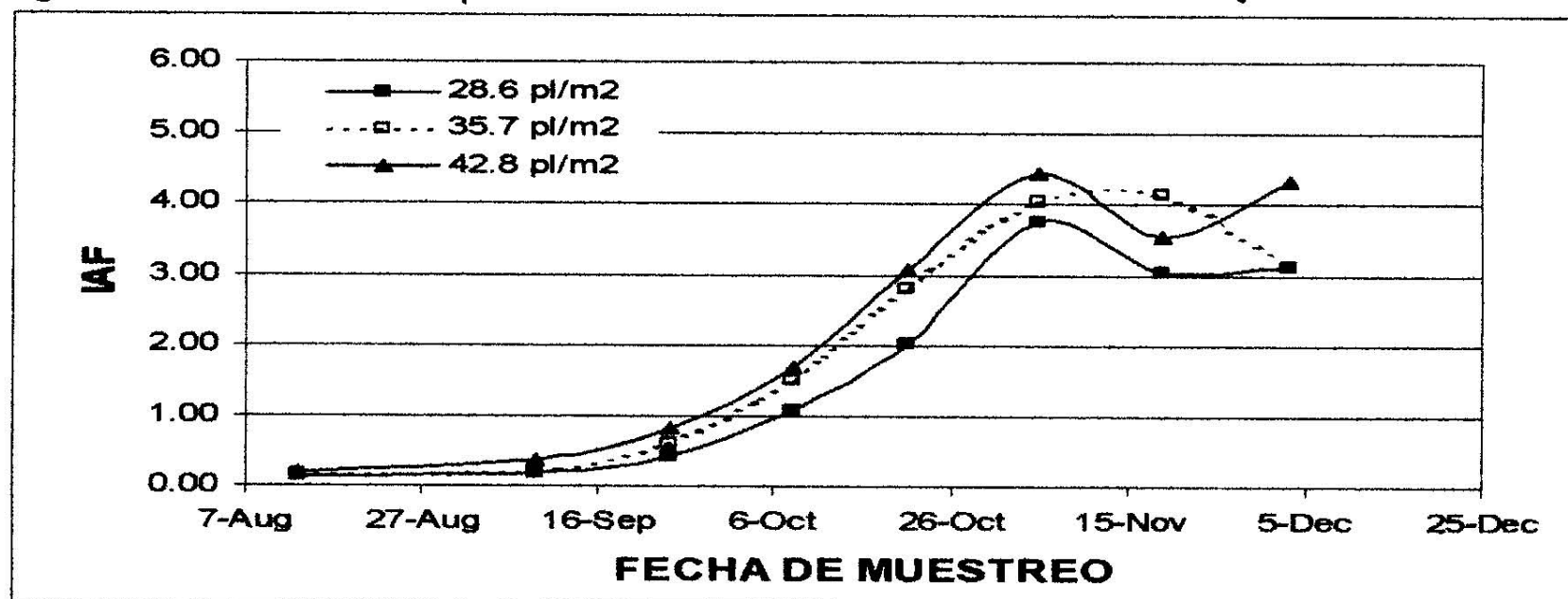


Figura 24 Evolución del IAF para el tratamiento de riego 50% ETc.

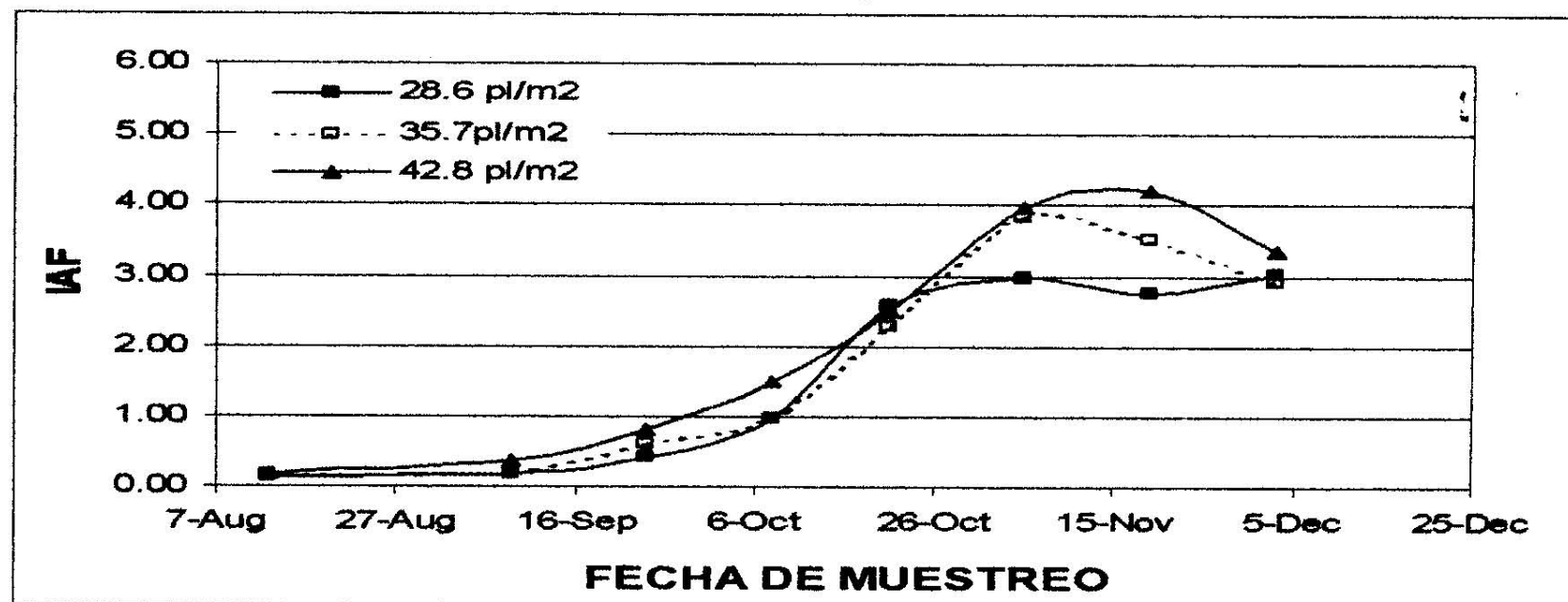


Figura 25 Evolución del IAF para el tratamiento de riego 100% ETc.

Evolución del Índice de Área Foliar (IAF), según tratamientos de riego y densidad de plantas, cuando la dosis de nitrógeno fue de 200 Kg/ha.

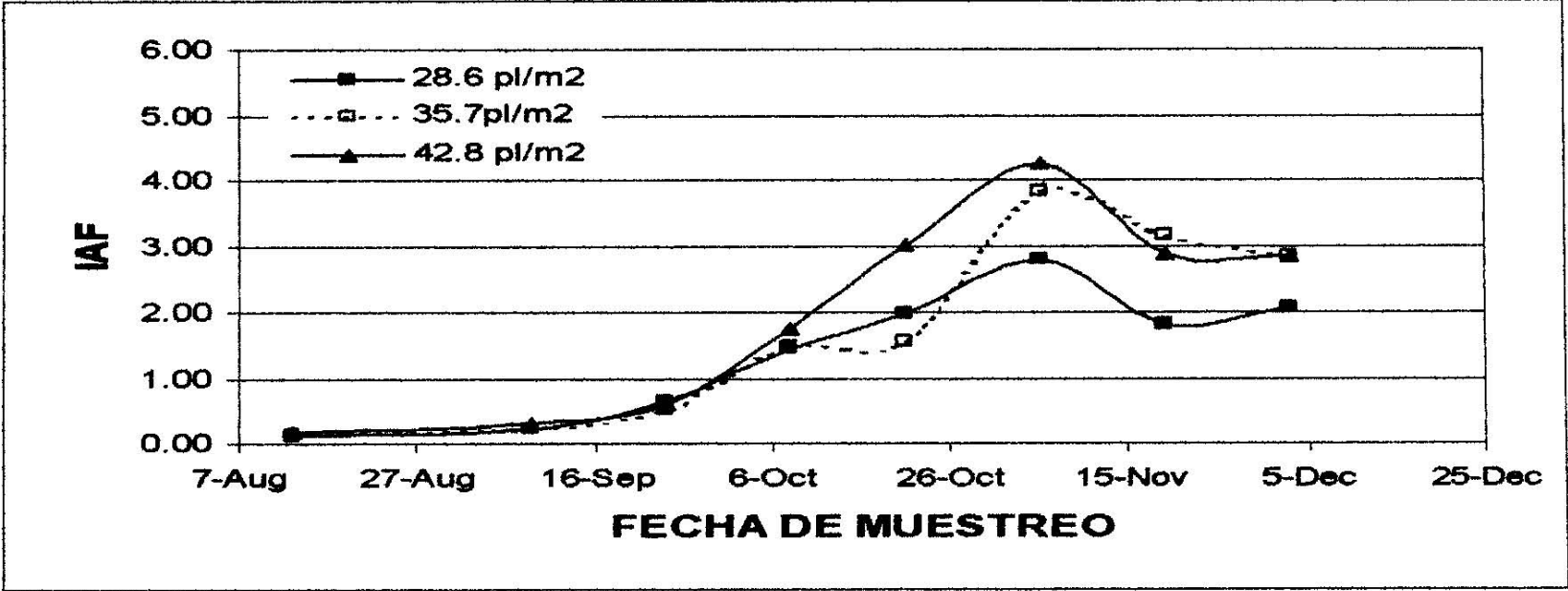


Figura 26 Evolución del IAF para el tratamiento de secano.

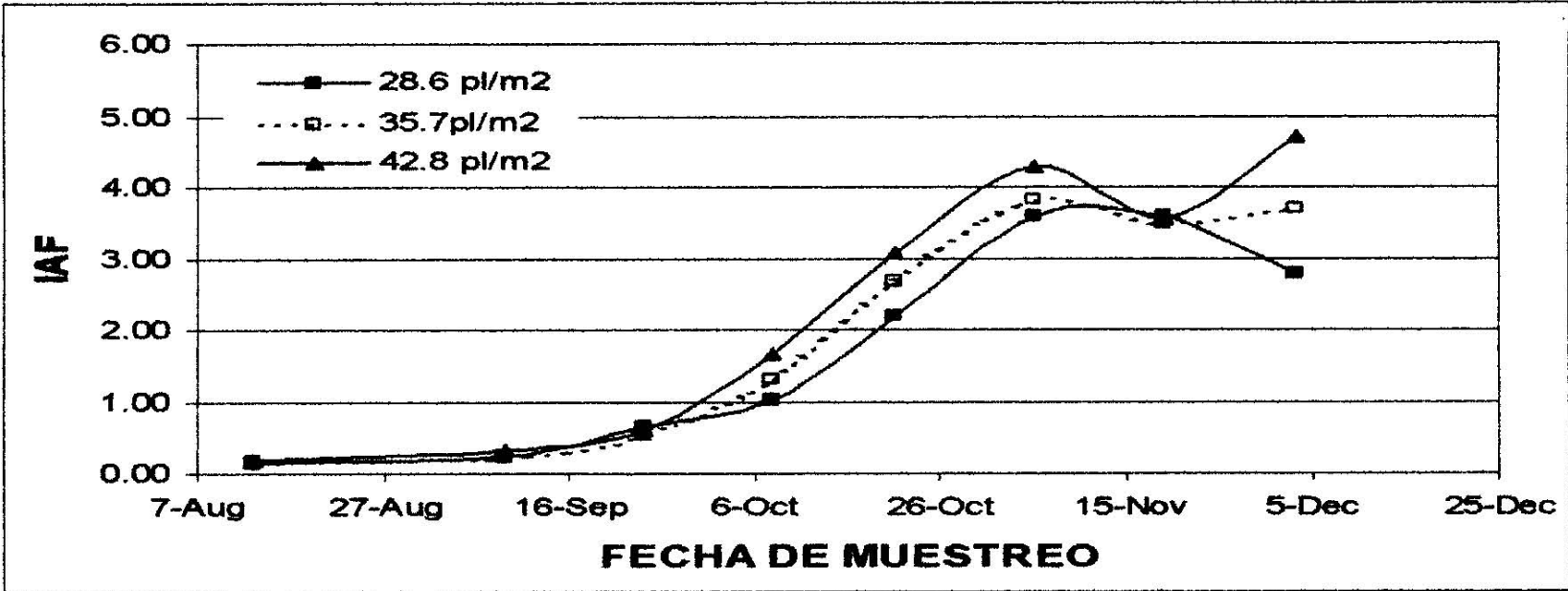


Figura 27 Evolución del IAF para el tratamiento de riego 50% ETc.

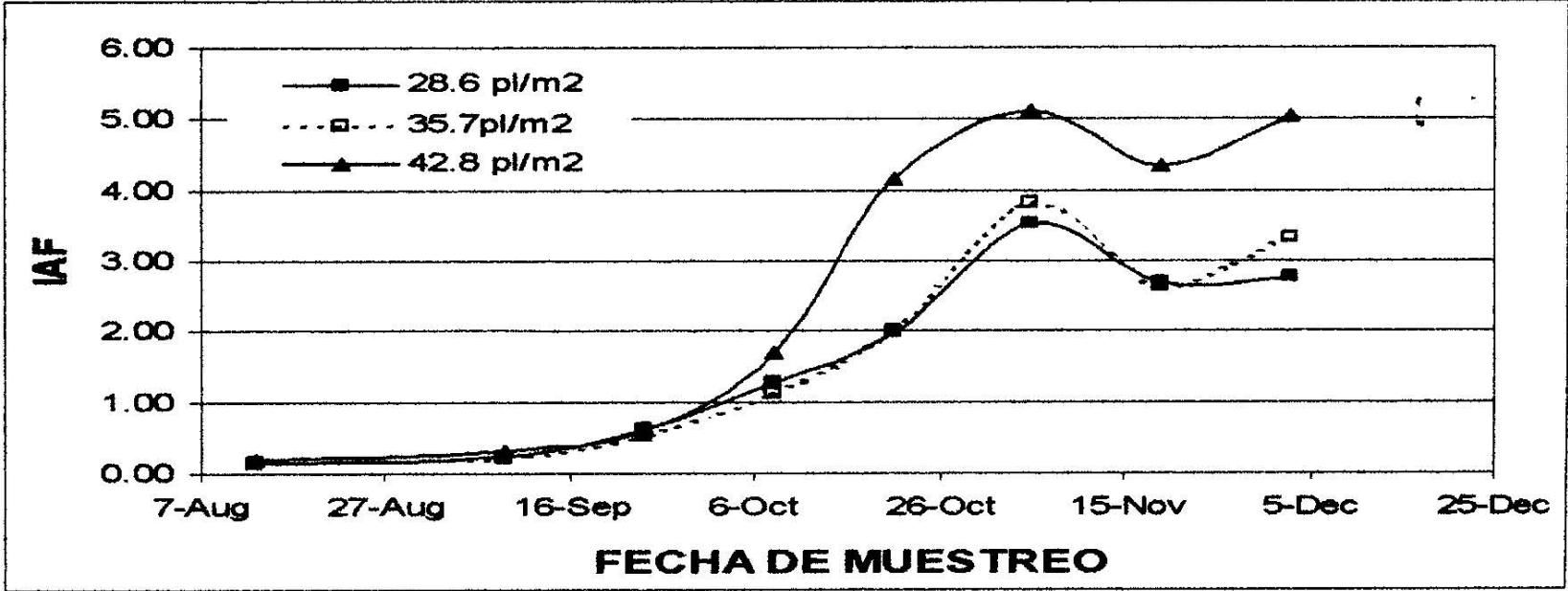


Figura 28 Evolución del IAF para el tratamiento de riego 100% ETc.

Evolución del Índice de Area Foliar (IAF), según tratamientos de riego y densidad de plantas, cuando la dosis de nitrógeno fue de 300 Kg/ha.

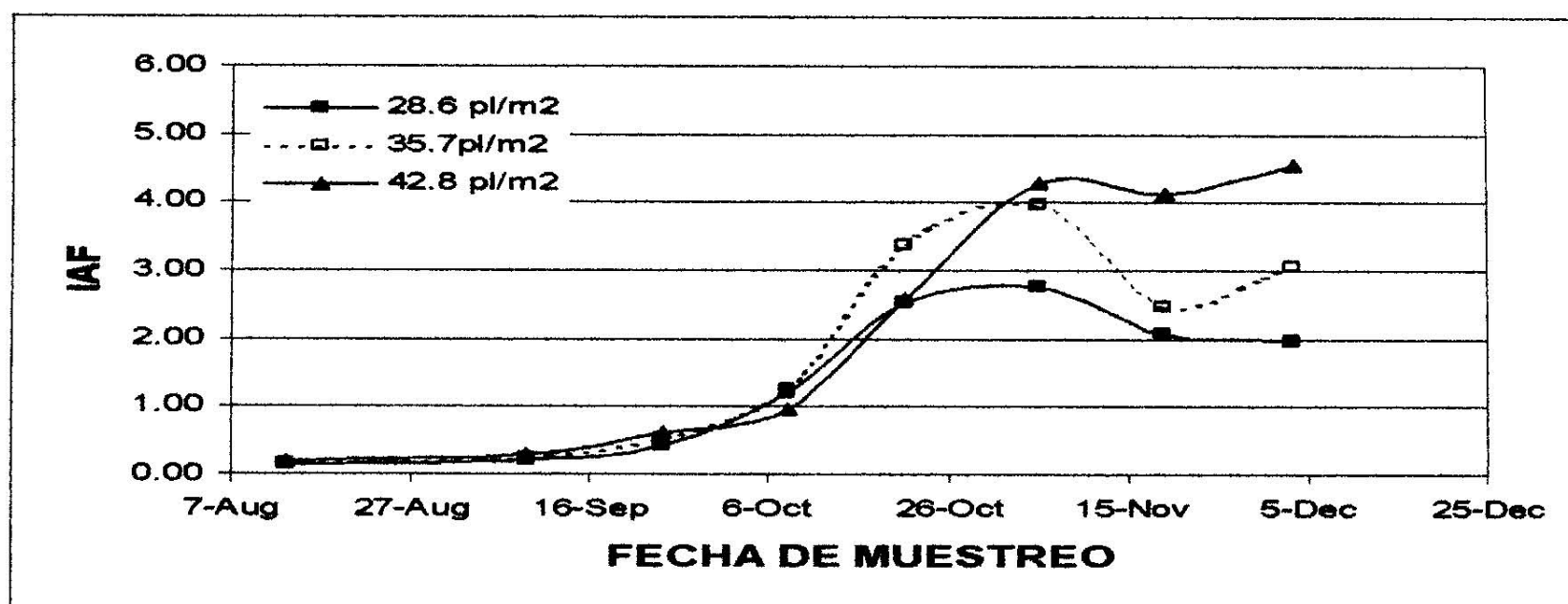


Figura 29 Evolución del IAF para el tratamiento de secano.

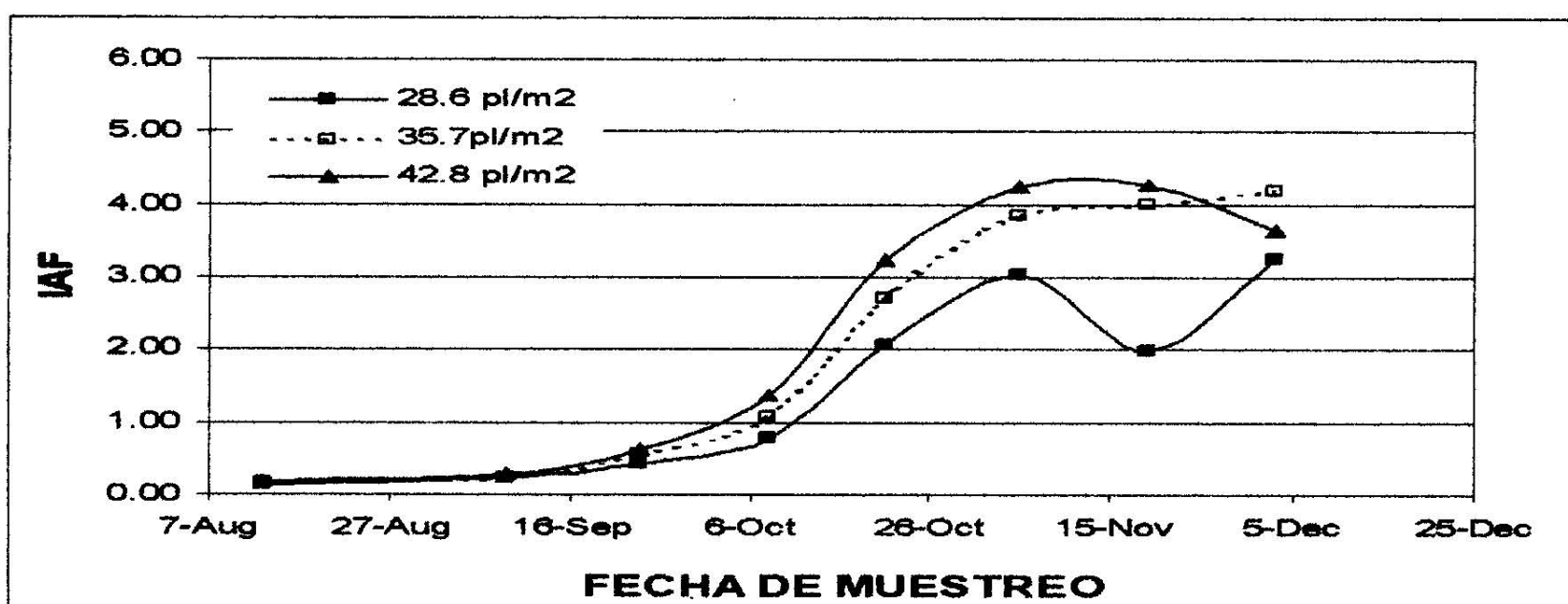


Figura 30 Evolución del IAF para el tratamiento de riego 50% ETc.

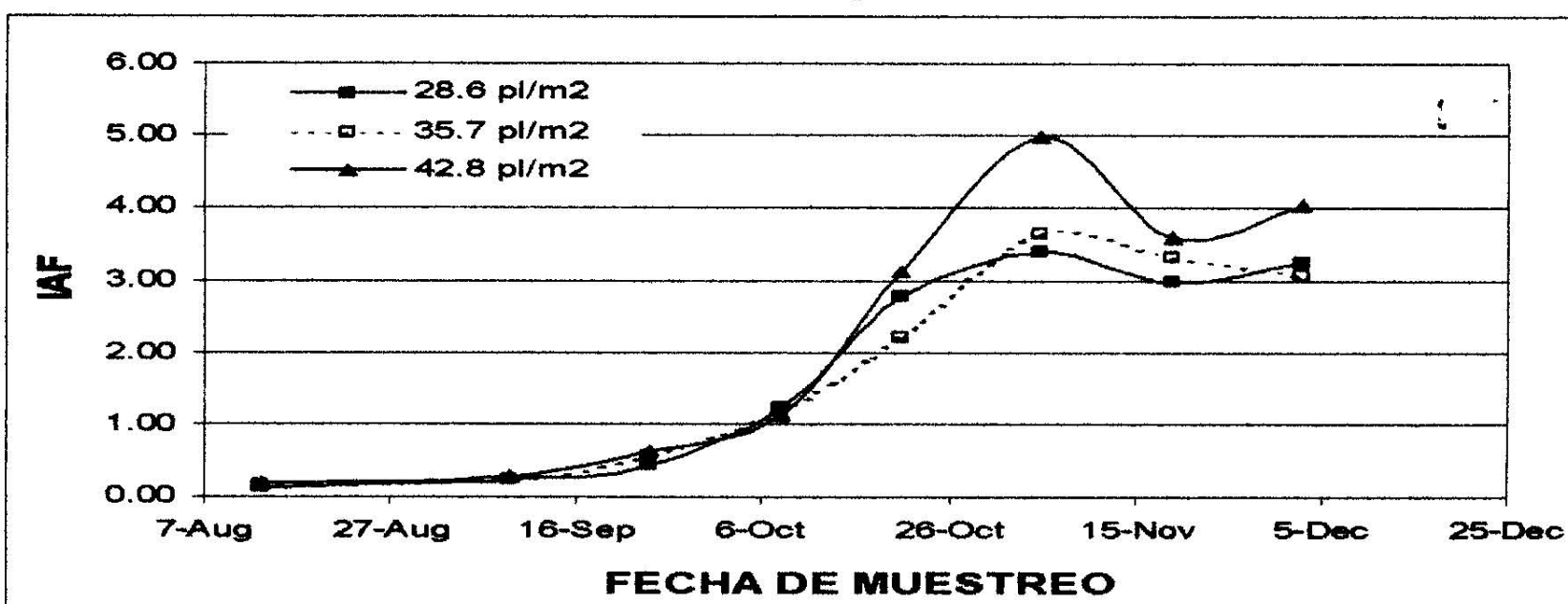


Figura 31 Evolución del IAF para el tratamiento de riego 100% ETc.

Evolución del Area Foliar (AF) por planta (cm^2), según tratamientos de riego y densidad de plantas, cuando la dosis de nitrógeno fue de 100 Kg/ha.

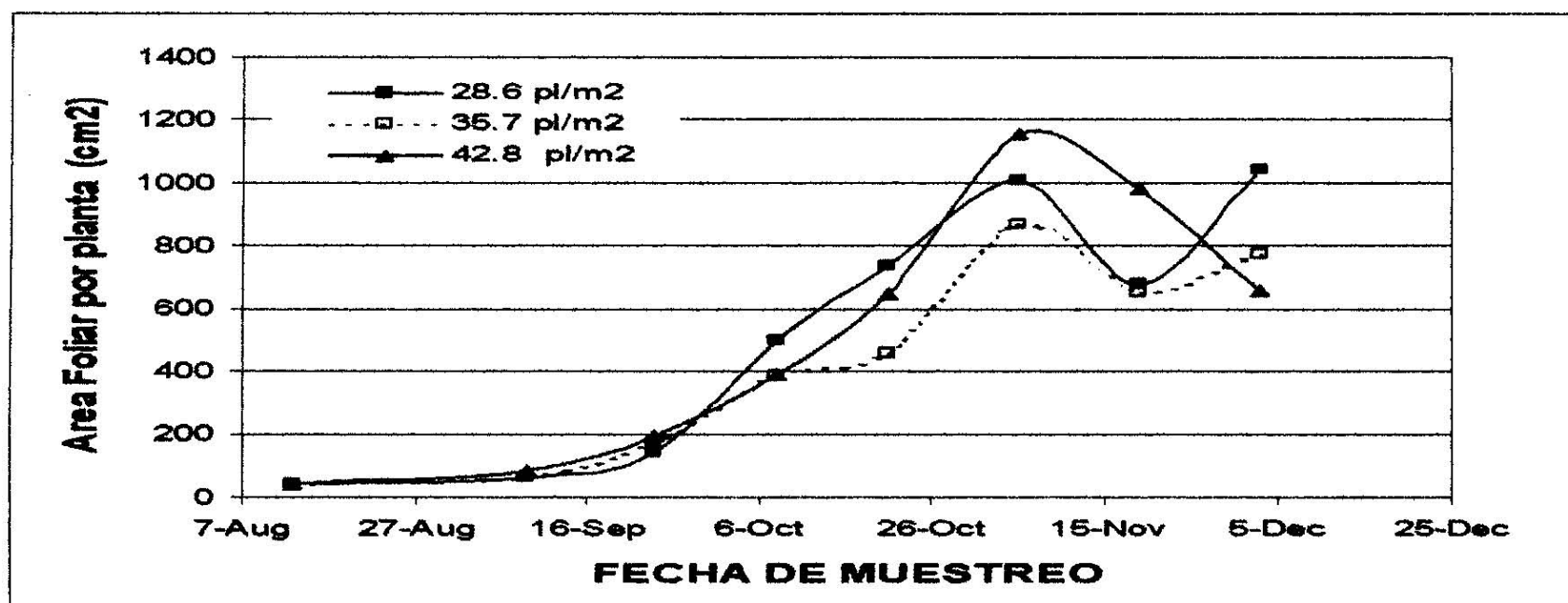


Figura 32 Evolución del AF para el tratamiento de secano

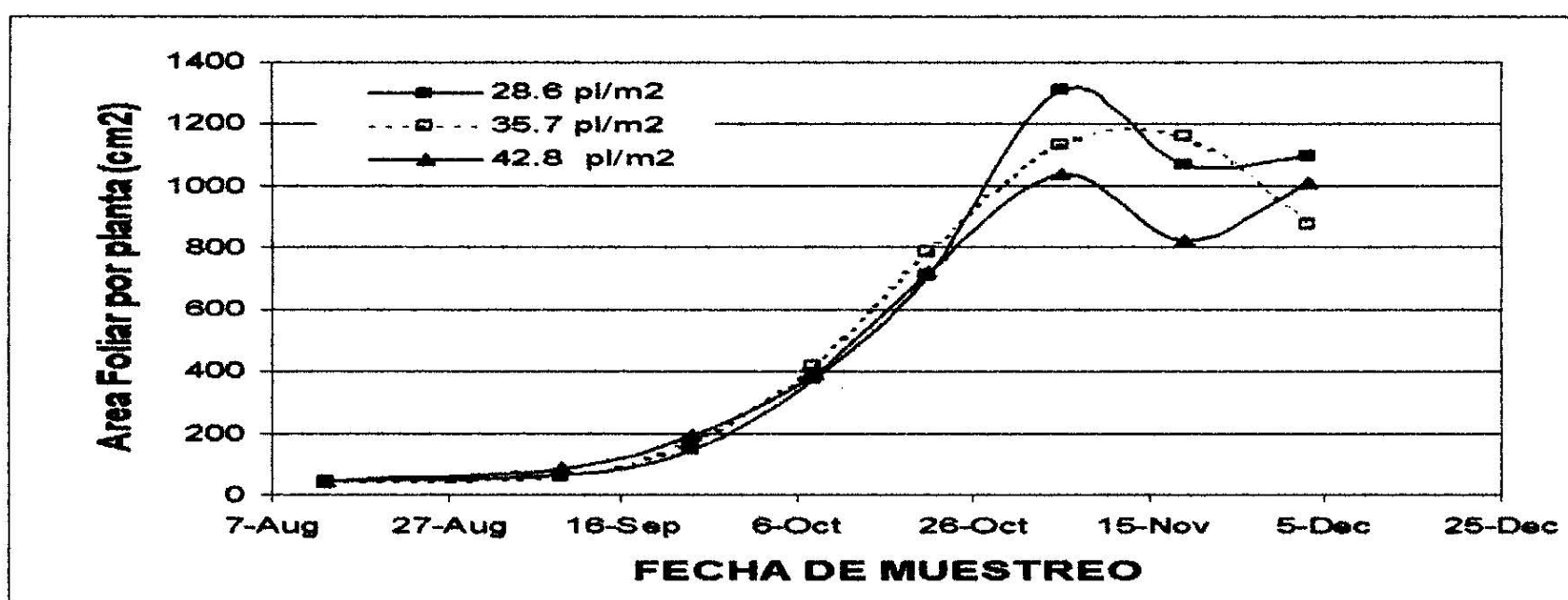


Figura 33 Evolución del AF para el tratamiento de riego 50% ETc.

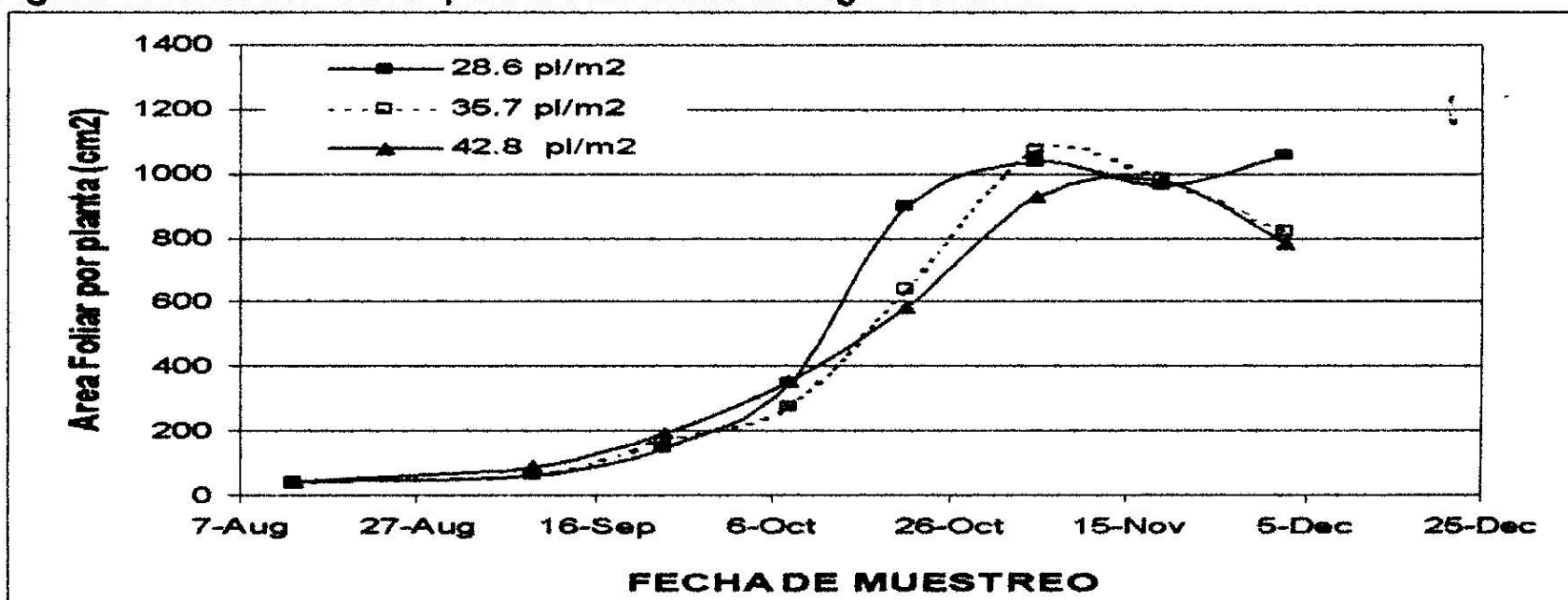


Figura 34 Evolución del AF para el tratamiento de riego 100% ETc.

Evolución del Area Foliar (AF) por planta (cm^2), según tratamientos de riego y densidad de plantas, cuando la dosis de nitrógeno fue de 200 Kg/ha.

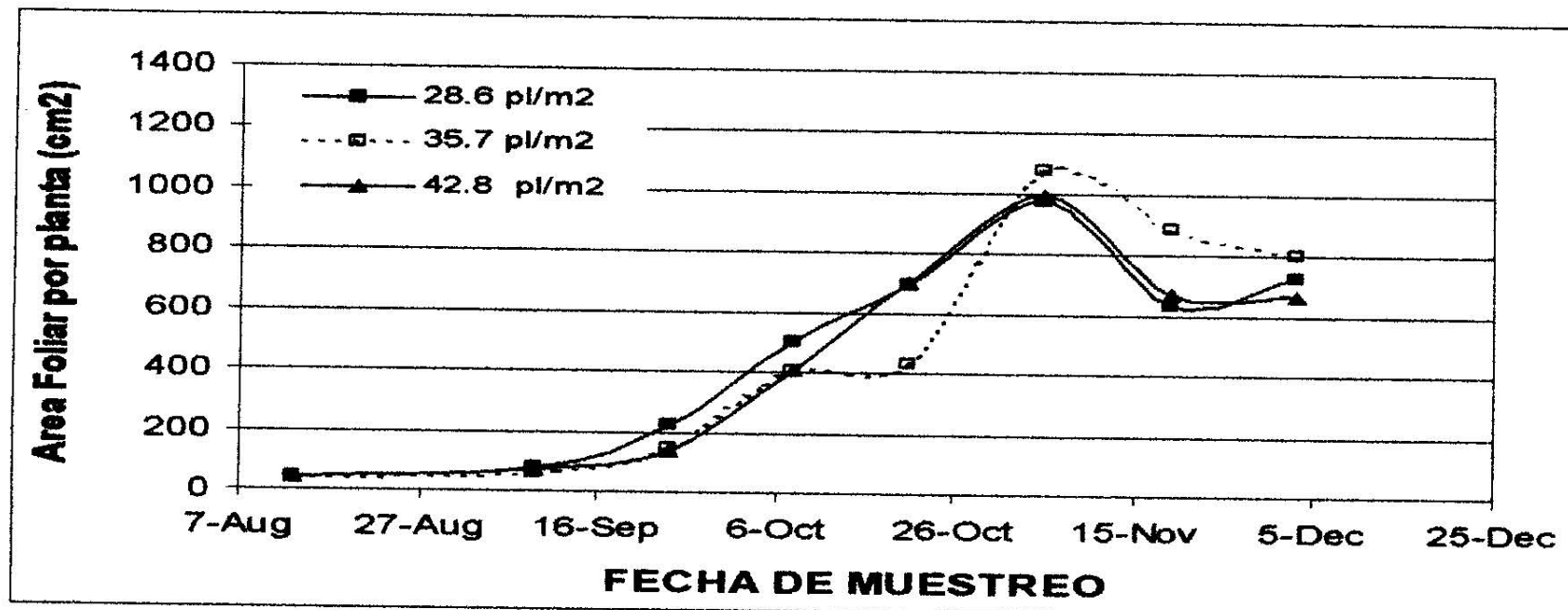


Figura 35 Evolución del AF para el tratamiento de seco

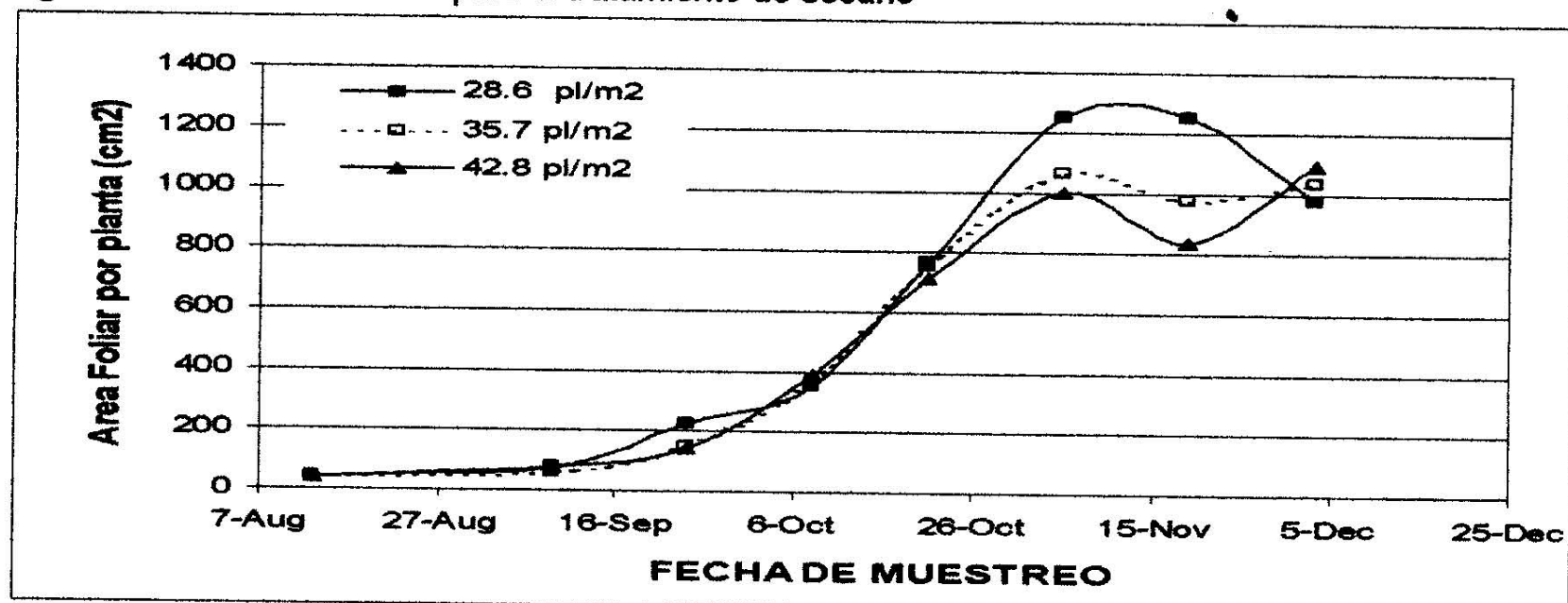


Figura 36 Evolución del AF para el tratamiento de riego 50% ETc.

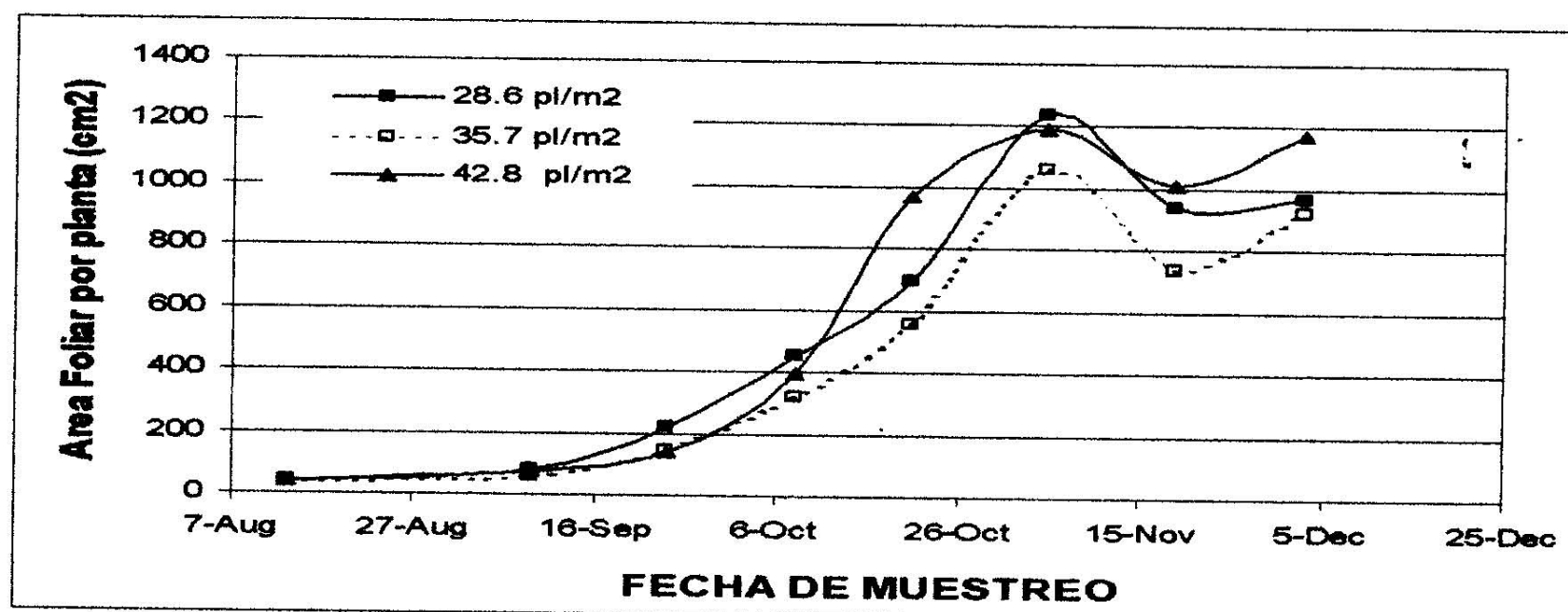


Figura 37 Evolución del AF para el tratamiento de riego 100% ETc.

Evolución del Area Foliar (AF) por planta (cm^2), según tratamientos de riego y densidad de plantas, cuando la dosis de nitrógeno fue de 300 Kg/ha.

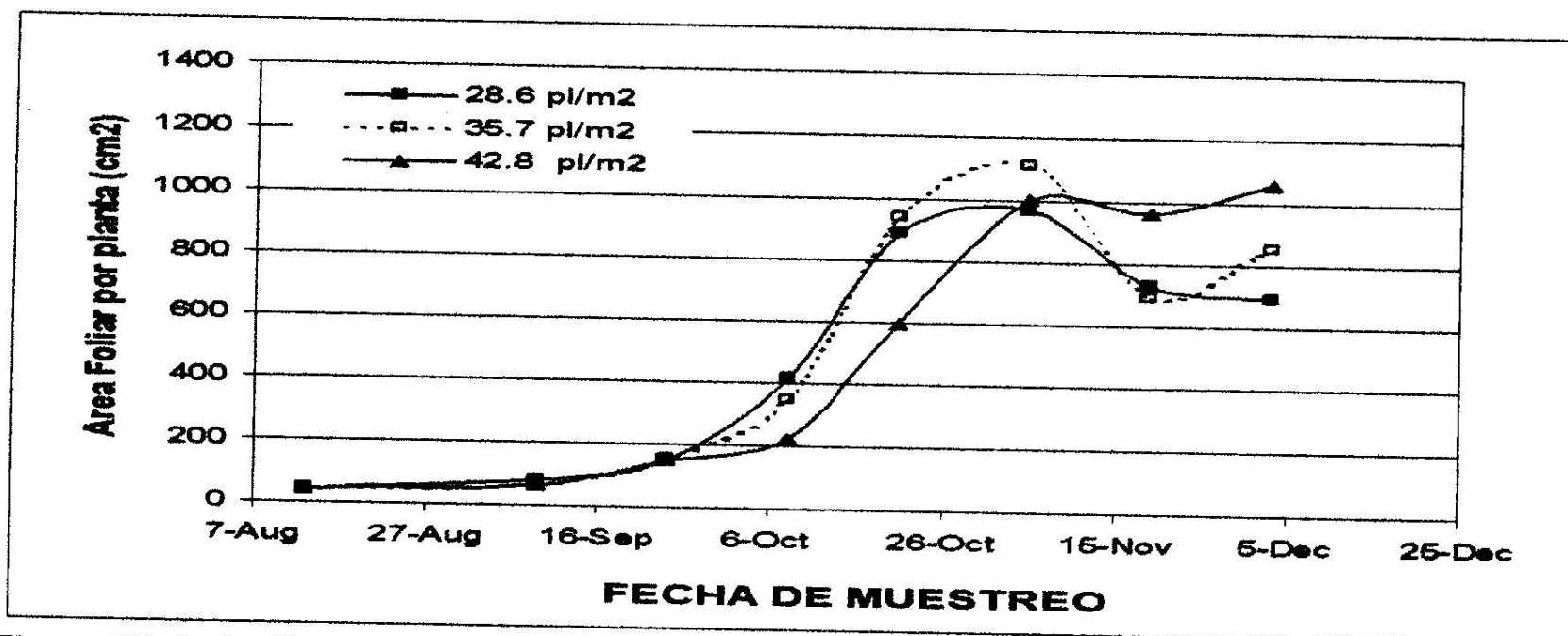


Figura 38 Evolución del AF para el tratamiento de secano.

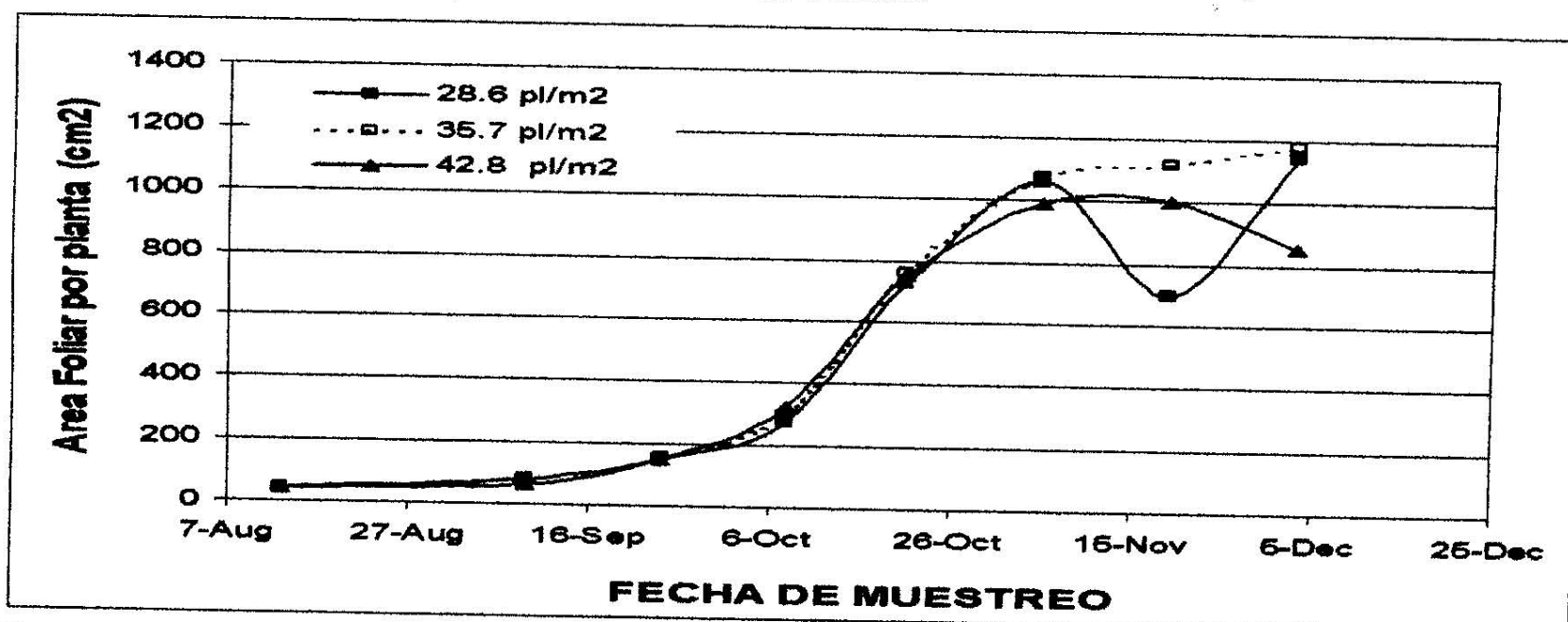


Figura 39 Evolución del AF para el tratamiento de riego 50% ETc.

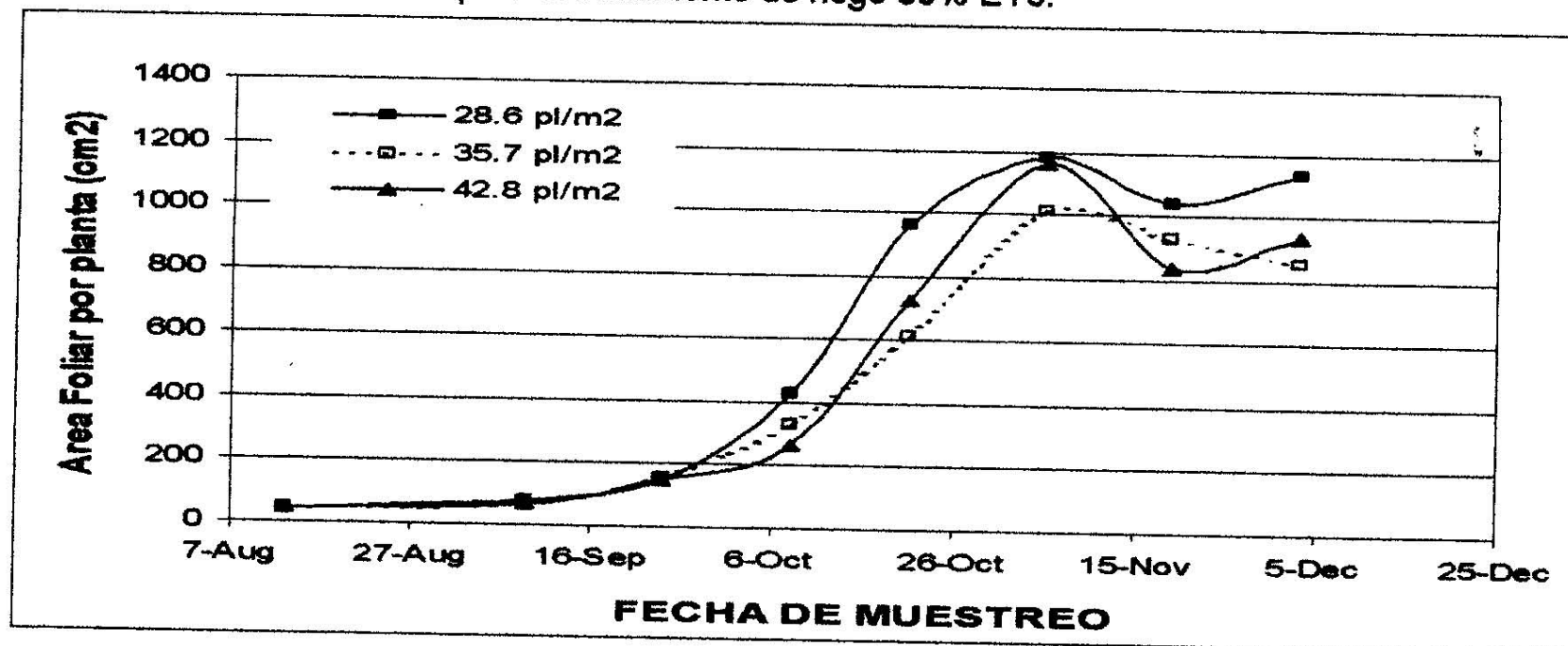


Figura 40 Evolución del AF para el tratamiento de riego 100% ETc.