

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

ESCUELA DE POSGRADO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - INTA REGIONAL CUYO

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN Y EL RIEGO SOBRE
ASPECTOS CUALI-CUANTITATIVOS DE LA PRODUCCIÓN DE
CEBOLLA (*Allium cepa* L.) PARA LA INDUSTRIA DEL DESHIDRATADO

Silvia Gaviola de Heras
Ingeniera Agrónoma

TESIS

presentada para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Mendoza, diciembre de 1996

COMITÉ ASESOR

Consejero Principal:

Prof. Ing. Agr. León NIJENSOHN

Consejero:

Ing. Agr. (MSc) Víctor LIPINSKI

Consejero:

Ing. Agr. (MSc) Claudio GALMARINI

AGRADECIMIENTOS

La autora desea manifestar su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

- Muy especialmente a mi Consejero Principal, Prof. Ing. Agr. León Nijensohn por sus valiosas enseñanzas brindadas durante toda mi carrera tanto en el aspecto científico como humano.
- Mi más sincero reconocimiento al Ing. Agr. Víctor Lipinski por sus oportunas observaciones y aportes que permitieron enriquecer el trabajo.
- Al Ing. Agr. Claudio Galmarini por proponer la realización de este estudio.
- Al Ing. Agr. Roberto Borgo Coordinador de la Carrera de Maestría en Horticultura.
- Al Ing. Agr. Carlos Belettieri por su colaboración durante la realización de este trabajo.
- A las autoridades de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo por propiciar estudios de post grado a sus docentes.
- Al Sr. Alejandro Ferreyra por su eficiente labor en la compaginación del trabajo.
- Al personal de la EEA La Consulta (INTA) que mediante su apoyo material y humano posibilitaron la realización del presente aporte.
- A Refinerías de Maíz SACIF y al Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Cuyo (CIUNC) por financiar los estudios de postgrado y el trabajo de investigación, respectivamente.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 Aspectos generales y antecedentes

| | |
|--|---|
| 1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1 Aspectos generales | 2 |
| 1.2 Materia prima, antecedentes locales | 3 |
| 1.3 Superficie, producción y exportación | 3 |
| 1.4 Evaluación de calidad de la materia prima, en diferentes países | 4 |
| 1.5. La asociación de los fructanos con la alta proporción de materia seca | 6 |
| 1.6 Materia seca de hojas y catáfilas, evolución temporal | 7 |
| 1.7 Manejo vs. calidad y producción | 8 |

CAPÍTULO 2 Efecto de la fertilización sobre el cultivo cebolla irrigada para deshidratar: Respuesta en un suelo franco de Mendoza.

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 14 |
| 1.1 Aspectos generales | 14 |
| 1.2 Los nutrimentos minerales. Un factor de estrés | 15 |
| 1.3 Los elementos nutritivos en la planta. Efecto sobre la fotosíntesis | 15 |
| 1.4 Dinámica de crecimiento. Efecto de la fertilización | 16 |
| 1.5 Concentración y absorción de nutrimentos. Efecto de la fertilización | 18 |
| 1.6 Producción y calidad. Efecto de la fertilización | 19 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 20 |
| 2.1 Sitio | 20 |
| 2.2 Parámetros meteorológicos | 20 |
| 2.3 Material vegetal | 22 |
| 2.4 Suelo | 22 |
| 2.5 Tratamientos y diseño experimental | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 2.6 Extracción de muestras vegetales y determinaciones | 25 |
| 2.7 Cálculo de variables relativas | 26 |
| 2.8 Datos culturales y cosecha | 27 |
| 2.9 Análisis estadístico | 27 |
| 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 28 |
| 3.1 Análisis del crecimiento y partición de asimilados | 28 |
| 3.1.1 Ciclo 1994-1995 | 28 |
| 3.1.2 Ciclo 1995-1996 | 37 |
| 3.2 Parámetros tisulares de valor diagnóstico y ritmo de extracción de elementos nutritivos | 42 |
| 3.2.1 Nitrógeno | 42 |
| 3.2.1.1 Ciclo 1994-1995 | 42 |
| 3.2.1.2 Ciclo 1995-1996 | 46 |
| 3.2.2 Fósforo | 49 |
| 3.2.2.1 Ciclo 1994-1995 | 49 |
| 3.2.2.2 Ciclo 1995-1996 | 52 |
| 3.2.3 Potasio | 54 |
| 3.2.3.1 Ciclo 1994-1995 | 54 |
| 3.2.3.2 Ciclo 1995-1996 | 57 |
| 3.2.4 Calcio y Magnesio | 59 |
| 3.2.5 Micronutrientes | 61 |
| 3.3 Extracciones totales de elementos y equilibrios nutricionales de N, P y K | 65 |
| 3.4 Efecto de la fertilización sobre el rendimiento total (RT), rendimiento de materia seca (RMS) y porcentaje de sólidos totales (ST) | 68 |
| 3.4.1 Ciclo 1994-1995 | 68 |
| 3.4.2 Ciclo 1995-1996 | 71 |

CAPÍTULO 3 Efecto de regímenes de riego sobre el cultivo de cebolla para deshidratar: Relaciones entre disponibilidad hídrica y parámetros cuali-cuantitativos

| | |
|--|------------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 75 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 77 |
| 2.1 Sitio y parámetros meteorológicos | 77 |
| 2.2 Material vegetal | 78 |
| 2.3 Suelo | 78 |
| 2.4 Tratamientos y diseño experimental | 80 |
| 2.5 Cálculo del balance hídrico | 82 |
| 2.6 Ensayo de infiltración | 83 |
| 2.7 Datos culturales y cosecha | 84 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 84 |
| 3.1 Curso de los tratamientos | 84 |
| 3.1.1 Ciclo 1994-1995 | 84 |
| 3.1.2 Ciclo 1995-1996 | 87 |
| 3.2 Parámetros de infiltración | 91 |
| 3.3 Relación entre rendimiento total y agua aplicada | 99 |
| 3.4 Relación entre rendimiento cualitativo y agua aplicada | 100 |
| 4. CONCLUSIONES | 102 |
| BIBLIOGRAFÍA | 104 |

Influencia de la Fertilización y el Riego sobre Aspectos Cualitativos y Cuantitativos de la Producción de Cebolla (*Allium cepa* L.) para Industria

RESUMEN

La creciente demanda, en los últimos años, a nivel mundial y nacional de los productos deshidratados hace que esta actividad se perfile como promisorio en la región cuyana. Prácticamente el 100 % de la deshidratación de cebolla (*Allium cepa* L.) del país se realiza en Mendoza, habiéndose hecho sólo producciones aisladas y de escaso volumen en otras plantas del país. Las estimaciones prevén que se seguirá abasteciendo el mercado local y se incrementarán las exportaciones de cebolla deshidratada.

El objetivo general del presente trabajo fue establecer la influencia de la fertilización y el riego sobre la productividad y calidad de un cultivar mejorado de cebolla de importancia económica para la industria del deshidratado.

En el Campo Experimental del INTA La Consulta se llevaron a cabo durante los años 1994-'95 y 1995-'96, dos ciclos de ensayos, con una línea de cebolla para deshidratar derivada del cultivar *Southport White Globe*. El suelo es de origen aluvial, profundo y de textura franca (Torrifluente típico). Se determinaron los principales parámetros físicos, químicos e hídricos de la fracción fina del suelo. Para determinar el efecto de la fertilización sobre componentes de crecimiento y calidad y estudiar la variación de la concentración y ritmo de absorción de nutrientes se ensayaron diferentes tratamientos. En el primer ciclo se ensayaron nueve tratamientos con tres niveles de N (0, 100, 200 kg N ha⁻¹) aplicado como urea y tres niveles de P (0, 30, 60 kg P ha⁻¹) como superfosfato. En el segundo ciclo se probaron ocho tratamientos con los siguientes niveles de N, P y K, respectivamente: (0 y 100 kg N ha⁻¹), (0 y 40 kg P ha⁻¹) y (0 y 60 kg K ha⁻¹), éste último como sulfato de potasio.

Para evaluar el efecto de diferentes regímenes de riego al final del ciclo de cultivo sobre la producción cuantitativa y cualitativa de cebolla para la industria del deshidratado se programaron cortes anticipados de riegos, según diferentes fechas anteriores a la cosecha. Estas fueron para el primero y segundo ciclo de ensayo, respectivamente: (33, 27, 21, 8) y (21, 14, 7) días anteriores a la fecha de cosecha estimada.

Las principales conclusiones fueron:

- A) Con respecto a la **fertilización**:
 - i) En todos los casos, e independientemente del tratamiento ensayado el mayor incremento relativo de sustancia seca aérea se evidencia durante la II fase de

desarrollo que tiene lugar entre los primeros días de noviembre y mediados de diciembre

- ii) En dicha II fase se comienzan a manifestar incrementos absolutos de peso seco aéreo y área foliar atribuibles a la fertilización
- iii) También en todos los tratamientos se verifica que al finalizar la II fase el peso de los bulbos alcanza el 20 % de su peso de cosecha. En ese momento, los valores determinados para el porcentaje de sólidos totales (% ST) oscilan entre 13 % y 14 %
- iv) La mayor tasa de crecimiento del bulbo se constató en la III fase en la que se logra el 80% restante de su peso final
- v) En la III fase el % ST del bulbo sigue en aumento hasta casi el momento de cosecha y alcanzó valores promedios de 20 % y 21 %. La fertilización con diferentes dosis de N, P y K no influyó en el contenido de materia seca de los bulbos aunque sí lo hizo positivamente sobre su peso fresco
- vi) Los máximos rendimientos de bulbos (37.3 Mg ha^{-1}) y de materia seca (7.92 Mg ha^{-1}) se obtuvieron, en el segundo ciclo de ensayo, con las dosis de 100 kg N ha^{-1} y 40 kg P ha^{-1}
- vii) Los parámetros tisulares aéreos de valor diagnóstico asociados a máximos rendimientos, y al final de la II fase, correspondieron a una Alimentación Global (N, P, K) de $4.96 \text{ g \% g s. seca}$ y concentraciones de N, P y K respectivamente de: 2.56 g \% , 0.22 g \% y 2.18 g \% . En cuanto a los tenores de Ca y Mg los porcentajes respectivos fueron: 2.10 g \% y 0.16 g \% . Los valores medios de equilibrios nutricionales fueron: N - P - K: $52 \% - 4\% - 44\%$. Con respecto a los micronutrientes sus concentraciones fueron, en mg kg^{-1} , Fe: 400, Zn: 55, Mn: 35 y Cu:19 y los valores de equilibrios nutricionales : $78.5 \% - 11 \% - 7 \% - 3.5 \%$, respectivamente
- viii) La extracción total efectuada por el cultivo para esas máximas producciones, en kg ha^{-1} , de N - P - K - Ca - Mg fueron: 214 - 40 -187 - 184 -19

B) Con respecto a los **regímenes de riego**:

- i) El rendimiento máximo obtenido -38.9 Mg ha^{-1} - en el ensayo de cortes anticipados de riego correspondió al tratamiento R7 del ciclo 1995-'96
- ii) El mismo perteneció al tratamiento, que además de la fertilización básica con 100 kg N ha^{-1} , aseguró durante los meses de noviembre, diciembre y enero,

hasta siete días antes de cosecha, una humedad edáfica mínima (umbral de riego) correspondiente al 50 % del agua disponible. Este tratamiento se caracterizó por un total de 18 riegos y una incorporación de agua de 6120 m³ ha⁻¹.

- iii) Los rendimientos totales de materia seca fueron afectados detrimentalmente por los otros regímenes de riego de cortes más anticipados
- iv) Se constató una relación lineal positiva altamente significativa entre el rendimiento y la lámina total de agua aplicada al cultivo.

Palabras claves:

Allium cepa L. - alto contenido de materia seca - fertilización - irrigación - propósito industrial

Influence of Fertilization and Irrigation Régimen on the Quali-cuantitative Yields of Onion (*Allium cepa* L.) for industrial purpose

SUMMARY

Onions (*Allium cepa* L.) dehydration in Argentina is almost 100% realized in Mendoza, only isolated productions has been carried out in other agroindustrial centers of the country. As increasing demand for internal and foreign markets are estimated for the near future, the improving of the economical efficiency of this industry acquires special importance. One of the main factors of that efficiency is the dry matter content of the onions to be elaborated.

The aim of this thesis was to study the fertilization and irrigation régimes effects on the productivity and quality of an improved onion cultivar locally used in this industry.

Two trials were conducted during 1994-'95 and 1995-'96 at La Consulta Experimental Station (INTA), Mendoza, with a line derived from cultivar Southport White Globe. The soil was identified as a deep alluvial loam type (Typic Torrifuvent). The main physical, chemical and hydric parameters of the soil fine fraction were determined: (medium total nitrogen and available phosphorus, 600 to 900 mg kg⁻¹ and 4 to 5 mg kg⁻¹ P-CO₂ 1:10, respectively; rather high available ca. 350 mg kg⁻¹ K-NH₄ and 200 mm m⁻¹ available water). In order to establish the fertilizer effects on the physiological and quality parameters and the nutrient absorption rhythms during the growing cycle, different treatments were assayed in the two consecutive seasons. In 1994-'95 the combinations of three levels of urea N (0, 100, 200 kg ha⁻¹) and three levels of superphosphate P (0, 30, 60 kg ha⁻¹) were applied, while in 1995-'96 the combination of two levels of each nutrient N (0 and 100 kg ha⁻¹); P (0 and 40 kg ha⁻¹) and sulphate K (0 and 60 kg ha⁻¹) were tried.

The irrigation régimes were characterized by their interruption at different days before the estimated harvest date (dbh). These were: in the first year 33, 27, 21 and 8 dbh and in second year 21, 14 and 7 dbh.

The main conclusion arrived at were the following:

A) With respect to the **fertilization** treatment:

- i) The greatest areal increase takes place at the II development phase, between the first days of november and middle december
- ii) During that II phase it begins an aerial dry weight and leave area increase attributable to the fertilization

- iii) At the end of the II phase all the treatment reach 20% of their final harvest weight and their dry matter content (DM) oscilates between 13% and 14%
- iv) During the III phase the bulbs gains the remains 80% of their final total
- v) In the course of the III phase the DM of the bulb continue to increase and reaches at the harvest time, average values of 20 % and 21%. The fertilization with differents doses of N, P and K does not affect the bulb dry matter content at level of p:0.05
- vi) The highest total average bulb yields (37.3 Mg ha^{-1}) and dry matter content (7.29 Mg ha^{-1}) were obtained at the second trial cycle on plots fertilized with 100 kg N ha^{-1} in combination with 40 kg P ha^{-1}
- vii) The foliar concentration of N, P, K, Ca and Mg in onion associated with the highest yield were,at the end of the second phase, respectively: 2.56 g %, 0.22 g %, 2.18 g %, 2.10 g % and 0.16 g %. The optimal equilibria values were: N - P - K: 52 % - 4 % - 44 %. The corresponding micronutrient concentration were, in mg kg^{-1} , Fe: 400, Zn: 55, Mn: 35 and Cu: 19
- viii) The N - P - K - Ca and Mg total extraction by the onion crops at the highest yield conditions were: 214 - 40 - 187 - 184 - 19, kg ha^{-1} , respectively.

B) With respect to the irrigation régimes:

- i) The highest total yields obtained were 38.9 Mg ha^{-1} during the 1995-'96 season
- ii) The best régime was the one that, beaside the basic 100 kg N ha^{-1} , was characterized by a minimum level of available water of 50 % during november, december and january until seven days before the harvesting. This treatment corresponded to 18 water applications which totalized $6120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$
- iii) The other régimes, which implied earlier irrigation interruptions had detrimental effects on the total dry matter yield
- iv) Was established a positive highly significant lineal relation between the yields obtained and the total water applied.

Key words:

Allium cepa L. - high dry matter - fertilization - irrigation - industrial purpose

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 1.1 | Producción y exportación de cebolla deshidratada en Argentina (1988-1993).... | 4 |
| Figura 1.2 | Separación cromatográfica de carbohidratos no-estructurales de bulbos de cebolla en cultivares con diferentes porcentaje de materia seca: a) cv. White Spanish, 7,5 %; b) cv. Australian Brown, 10.6 %; c) White Creole x Southport White Globe, 17.3 %. Los números sobre saltos indican grados de polimerización de los fructanos (Darbyshire, Henry. 1979). | 7 |
| Figura 2.1 | Temperaturas máximas (TM) y mínimas (Tm), precipitación (PR) y humedad relativa (HR), por década durante los diferentes ciclos de cultivo de cebolla SWG - La Consulta - Mendoza | 21 |
| Figura 2.2 | (1994-'95) Variación del peso seco aéreo y de bulbo durante el ciclo de cultivo de cebolla SWG. Media de tres tratamientos. Fases I, II y III. | 28 |
| Figura 2.3 | (1994-'95) Influencia de la fertilización sobre la producción de materia fresca y seca (g planta^{-1}), de la parte aérea, bulbo y total de cebolla SWG.... | 29 |
| Figura 2.4 | (1994-'95) Partición de materia seca aérea y bulbo, en porcentaje del total durante el ciclo de cebolla SWG. Media de tres tratamientos. Fases I, II y III. | 30 |
| Figura 2.5 | (1994-'95) Influencia de la fertilización sobre la superficie foliar ($\text{cm}^2 \text{planta}^{-1}$) en cebolla SWG. | 31 |
| Figura 2.6 | (1994-'95) Efecto de la fertilización sobre la evolución del porcentaje de sólidos totales (%), en bulbos de cebolla SWG a lo largo del ciclo de cultivo.. | 33 |
| Figura 2.7 | (1994-'95) Relación entre área foliar y peso foliar, en cebolla SWG | 34 |
| Figura 2.8 | (1994-'95) Influencia de la fertilización sobre la Relación de Área Foliar (RAF), la Tasa de Asimilación Neta (TAN) y la Tasa de Crecimiento relativo (TCR) en cebolla SWG | 36 |
| Figura 2.9 | (1995-'96) Variación del peso seco aéreo y de bulbo durante el ciclo de cultivo de cebolla SWG. Media de cuatro tratamientos. Fases II y III | 37 |
| Figura 2.10 | (1995-'96) Influencia de la fertilización sobre la producción de materia fresca y seca (g planta^{-1}), de la parte aérea, bulbo y total de cebolla SWG.... | 38 |
| Figura 2.11 | (1995-'96) Partición de materia seca aérea y bulbo, en porcentaje del total durante el ciclo de cebolla SWG. Media de cuatro tratamientos. Fases II y III.. | 38 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 2.12 | (1995-´96) Influencia de la fertilización sobre la superficie foliar ($\text{cm}^2 \text{planta}^{-1}$) en cebolla SWG. | 39 |
| Figura 2.13 | (1995-´96) Efecto de la fertilización sobre la evolución del porcentaje de sólidos totales en bulbos de cebolla SWG a lo largo del ciclo de cultivo .. | 40 |
| Figura 2.14 | (1995-´96) Influencia de la fertilización sobre la Relación de Area Foliar (RAF), la Tasa de Asimilación Neta (TAN) y la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en cebolla SWG | 41 |
| Figura 2.15 | (1994-´95) Variación de la concentración de N foliar y en bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 43 |
| Figura 2.16 | (1994-´95) Variación de la concentración de N (%) foliar y de bulbo vs. índice de cosecha (IC) | 44 |
| Figura 2.17 | (1994-´95) Influencia de la fertilización sobre la absorción de nitrógeno ($\text{mg N s.s. planta}^{-1}$) en cebolla SWG | 45 |
| Figura 2.18 | (1995-´96) Variación de la concentración de N foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 47 |
| Figura 2.19 | (1995-´96) Influencia de la fertilización sobre la absorción de nitrógeno ($\text{mg N s.s. planta}^{-1}$) en cebolla SWG | 48 |
| Figura 2.20 | (1994-´95) Variación de la concentración de P foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 50 |
| Figura 2.21 | (1994-´95) Influencia de la fertilización sobre la absorción de fósforo ($\text{mg P s.s. planta}^{-1}$) en cebolla SWG | 51 |
| Figura 2.22 | (1995-´96) Variación de la concentración de P foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 52 |
| Figura 2.23 | (1995-´96) Influencia de la fertilización sobre la absorción de fósforo ($\text{mg P s.s. planta}^{-1}$) en cebolla SWG | 53 |
| Figura 2.24 | (1994-´95) Variación de la concentración de K foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 54 |
| Figura 2.25 | (1994-´95) Influencia de la fertilización sobre la absorción de potasio ($\text{mg K s.s. planta}^{-1}$) en cebolla SWG | 56 |
| Figura 2.26 | (1995-´96) Variación de la concentración de K foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 57 |
| Figura 2.27 | (1995-´96) Influencia de la fertilización sobre la absorción de fósforo ($\text{mg K s.s. planta}^{-1}$) en cebolla SWG | 58 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 2.28 | (1995- '96) Variación de la concentración de Ca foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 59 |
| Figura 2.29 | (1995- '96) Variación de la concentración de Mg foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 60 |
| Figura 2.30 | (1995- '96) Variación de la concentración de Fe foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 61 |
| Figura 2.31 | (1995- '96) Variación de la concentración de Zn foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 62 |
| Figura 2.32 | (1995- '96) Variación de la concentración de Mn foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 63 |
| Figura 2.33 | (1995- '96) Variación de la concentración de Cu foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG | 64 |
| Figura 2.34 | (1994- '95) Efecto de diferentes dosis de N sobre el rendimiento total, rendimiento en materia seca y peso medio de bulbos en cebolla SWG | 70 |
| Figura 3.1 | Curvas de capacidad hídrica del suelo de La Consulta correspondientes a los ensayos de corte anticipado de riego en cebolla SWG | 79 |
| Figura 3.2 | Parcela N° 35. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 30 días después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995- '96. | 92 |
| Figura 3.3 | Parcela N° 35. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 1 día después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995- '96. | 93 |
| Figura 3.4 | Parcela N° 35. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 7 días después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995- '96. | 94 |
| Figura 3.5 | Parcela N° 26. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 30 días después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995- '96. | 95 |
| Figura 3.6 | Parcela N° 26. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 1 día después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995- '96. | 96 |
| Figura 3.7 | Parcela N° 26. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 7 días después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995- '96. | 97 |

| | | |
|------------|--|------|
| Figura 3.8 | Relación entre rendimiento total vs. lámina de agua aplicada en el cultivo de cebolla SWG | .100 |
| Figura 3.9 | Relación entre el rendimiento de materia seca vs. lámina de agua aplicada en el cultivo de cebolla SWG | .101 |

LISTA DE CUADROS

| | | |
|-------------|---|----|
| Cuadro 2.1 | Características físicas, químicas y de fertilidad de la fracción fina (menor de 2 mm) del suelo de La Consulta de los ensayos de fertilidad | 23 |
| Cuadro 2.2 | Síntesis de algunos aspectos relacionados con el manejo del cultivo de cebolla SWG en los ensayos de fertilización | 24 |
| Cuadro 2.3 | Códigos de tratamientos y cantidad de elemento aplicado en los ensayos de fertilización del cultivo de cebolla SWG | 25 |
| Cuadro 2.4 | Valores medios de equilibrios nutricionales (EN) de micronutrientos foliares según los diferentes tratamientos de fertilización en la II y III fase de desarrollo del cultivo de cebolla SWG. T (N0P0K0), F (N100P40K0) | 65 |
| Cuadro 2.5 | Variaciones temporales de las extracciones totales (hojas + bulbo) de nutrientes de cebolla SWG según diferentes tratamientos de fertilización. T (N0P0), F (N100P30) | 66 |
| Cuadro 2.6. | Valores medios de contenidos de elementos y de equilibrios nutricionales (EN) para N, P y K, en hojas de cebolla SWG al final de la II fase, para cada tratamiento de fertilización. | 66 |
| Cuadro 2.7 | Variaciones temporales de las extracciones totales (hojas+bulbo) de nutriente de cebolla SWG, según diferentes tratamientos de fertilización. T (N0P0K0), F (N100P40K0) | 67 |
| Cuadro 2.8 | Variaciones temporales de las extracciones totales (hojas+bulbo) de micronutrientos de cebolla SWG, según diferentes tratamientos de fertilización. T (N0P0K0), F (N100P40K0) | 67 |
| Cuadro 2.9 | (1994 - '95) .Cebolla Southport White Globe: Influencia de los tratamientos de fertilización sobre el rendimiento total (Mg ha^{-1}), rendimiento de materia seca (Mg ha^{-1}), peso medio de bulbos (g) y porcentaje de materia seca (%).. | 68 |
| Cuadro 2.10 | (1994 - '95). Niveles de F y su probabilidad, para los efectos estudiados .. | 68 |
| Cuadro 2.11 | (1994 - '95) .Cebolla Southport White Globe: Efecto global de la fertilización con N y P, sobre el rendimiento total (Mg ha^{-1}), rendimiento de materia seca (Mg ha^{-1}), peso medio de bulbos (g) y porcentaje de materia seca (%) | 71 |
| Cuadro 2.12 | (1995 - '96) Cebolla Southport White Globe: Influencia de los tratamientos de fertilización sobre el rendimiento total (Mg ha^{-1}), rendimiento de materia seca (Mg ha^{-1}), peso medio de bulbos (g) y porcentaje de materia seca (%).. | 72 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Cuadro 2.13 | (1995- '96) Niveles de F y su probabilidad, para los efectos estudiados | 72 |
| Cuadro 2.14 | (1995 -'96) .Cebolla Southport White Globe: Efecto global de la fertilización con N , P y K, sobre el rendimiento total ($Mg\ ha^{-1}$), rendimiento de materia seca ($Mg\ ha^{-1}$), peso medio de bulbos (g) y porcentaje de materia seca (%).. | 73 |
| Cuadro 3.1 | Características físicas, químicas y de fertilidad de la fracción fina (menor de 2 mm) del suelo de La Consulta de los ensayos de corte anticipado de riego.. | 78 |
| Cuadro 3.2 | Números de riegos efectuados durante los ensayos de corte anticipado de riegos en cebolla SWG | 80 |
| Cuadro 3.3 | Síntesis de algunos aspectos relacionados con el manejo del cultivo de cebolla SWG en los ensayos de corte anticipado de riego | 81 |
| Cuadro 3.4 | Códigos de los tratamientos en los ensayos de corte anticipado de riego del cultivo de cebolla SWG | 82 |
| Cuadro 3.5 | Láminas de riego incorporadas en los diferentes tratamientos de corte anticipado de riego en cebolla SWG | 82 |
| Cuadro 3.6 | Valores de Evapotranspiración, para los tratamientos R8 y R7, durante los ensayos de corte anticipado de riego en el cultivo de cebolla SWG | 83 |
| Cuadro 3.7 | (Ciclo 1995-'96). Parámetros de las ecuaciones de infiltración acumulada (I_{cum}) e infiltración instantánea (I), infiltración básica (I_b) y tiempo básico (t_b) del suelo de algunas de las parcelas del ensayo de corte anticipado de riego en cebolla SWG. | 98 |
| Cuadro 3.8 | (1994-1995).Cebolla Southport White Globe: Influencia de los tratamientos de corte anticipado de riego sobre el rendimiento total ($Mg\ ha^{-1}$), rendimiento de materia seca ($Mg\ ha^{-1}$), peso medio de bulbos (g), porcentaje de materia seca (%) y humedad removida ($Mg\ ha^{-1}$) | 99 |
| Cuadro 3.9 | (1995-1996). Cebolla Southport White Globe: Influencia de los tratamientos de corte anticipado de riego sobre el rendimiento total ($Mg\ ha^{-1}$), rendimiento de materia seca ($Mg\ ha^{-1}$), peso medio de bulbos (g), porcentaje de materia seca (%) y humedad removida ($Mg\ ha^{-1}$) | 99 |

CAPÍTULO 1 |

Aspectos generales y antecedentes

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Aspectos generales

Dentro de la superficie total dedicada al cultivo de hortalizas en el país, la cebolla (*Allium cepa* L.) ocupa un lugar importante. La producción de cebolla para consumo en fresco es una actividad tradicional de los agricultores cuyanos, sin embargo el sector pasa por un momento de crisis que en realidad acompaña a la situación general que transita la actividad agrícola argentina.

Una búsqueda de propuestas alternativas podría ser, entre otras, la de lograr una mayor diferenciación del producto. Algunas de las estrategias para ello sería la de insistir en su importancia como alimento para la salud. Buscar nuevas variedades que generen nuevos hábitos de consumo, tales como las cebollas dulces y, sin duda, insistir en mejorar la calidad del producto que se ofrece. Otra alternativa es tratar de incrementar el volumen de cebolla que se destina a la industria (Galmarini 1994).

Las plantas del género *Allium* (ajo, cebolla, puerro y echalote) son usadas por su sabor, aroma y pungencia como materiales de una gran variedad de alimentos procesados o industrializados (deshidratados, congelados, envasados, etc.). La cebolla es, sin duda, la de mayor importancia dentro del rubro.

A partir de la Segunda Guerra Mundial se impulsó el desarrollo de diversas técnicas de deshidratado de alimentos debido a la necesidad de obtener productos comestibles livianos, de menor costo de transporte y fácil almacenamiento. La producción de ellos ha continuado hasta nuestros días debido a la creciente demanda de los mismos.

De acuerdo a un informe de la FAO 1987, la producción total mundial de cebolla para deshidratación en ese año excedió los 25 millones de toneladas, representando un incremento de casi una tercera parte sobre la década pasada. Los principales productores fueron Asia (49 %), seguida por Europa, incluida Rusia (27 %) y América (17 %). Se estima que los países en desarrollo contribuyeron con el 58 % del total (Fenwick, Hanley 1990). Argentina cuenta con once plantas de deshidratación: una en el Valle Medio de Río Negro, una en Viedma, una en la Provincia de Buenos Aires, dos en Villa Dolores (Córdoba), una en La Rioja, una en Chilecito (La Rioja), una en San Juan y tres en Mendoza (Belletieri 1994). Prácticamente el 100 % de la deshidratación de cebolla se realiza en Mendoza, habiéndose hecho sólo producciones aisladas y de escaso volumen en otras plantas del resto del país.

1.2 Materia prima, antecedentes locales

En la década del 60 se inició la actividad de las plantas de deshidratado en Mendoza. Se comenzó utilizando las variedades «criollas» (Valencianita, Torrentina y Valenciana) de muy bajo contenido de sólidos totales, alrededor del 9 % y por ende escaso rendimiento industrial (5 %).

Al comienzo de la década del 70 se logró el primer híbrido, el híbrido INTA, de catáfilas blancas y con el 12 % de sólidos totales, un 30 % por sobre las variedades de mercado, lo que dio un avance significativo en el rendimiento industrial que llegó a 8 %.

A mediados de la década del 70 se comenzaron a sembrar materiales provenientes de EEUU, híbridos y cultivares de polinización abierta, y de varios de ellos se seleccionó por bondades de campo y de fábrica *Southport White Globe*; se comenzó allí un largo trabajo de mejoramiento para lograr su adaptación al medio, ya que provenían de los 42 ° de latitud y nuestra zona está a 33 ° de latitud. Además se aumentó sus sólidos totales hasta llegar al 16 %, a fines de los 70, lo que llevó el rendimiento industrial al 12 %.

En la década del 90, la variedad *Southport White Globe* ya se encuentra adaptada al medio y con un valor de sólidos totales de 18 % y con planes de manejo y mejoramiento en plena ejecución por parte de las empresas deshidratadoras del medio, ya sea en forma privada o mediante Convenios de Vinculación Tecnológica con el INTA y Facultad de Ciencias Agrarias con el objetivo de que, en un término muy corto, se llegue a 20 % de sólidos totales y a mediano plazo superar ese valor (Belletieri 1994).

En el marco del convenio INTA-Refinerías de Maíz ya se han logrado líneas de más de 23 % de sólidos totales (Galmarini 1993).

Como se ha expuesto se triplicaron los rendimientos industriales en los 30 años que lleva esta actividad.

| Década | Cebolla fresca (kg) | Cebolla deshidratada (kg) |
|--------|---------------------|---------------------------|
| 1960 | 20 | 1 |
| 1990 | 7 | 1 |

1.3 Superficie, producción y exportación

En la actualidad se están cultivando anualmente en Mendoza alrededor de 300 ha de cebolla para deshidratar, que representan el 7 % de la superficie total cultivada con cebolla en la provincia y el 2 % del total a nivel de país. El rendimiento promedio logrado es de 30 t/ha.

La figura 1.1 muestra cómo la producción de cebolla deshidratada en el país ha ido

creciendo en forma constante, con un descenso en el año 1989, de características muy particulares en cuanto al tipo de cambio que dio lugar a que se importara gran parte de las necesidades del producto elaborado.

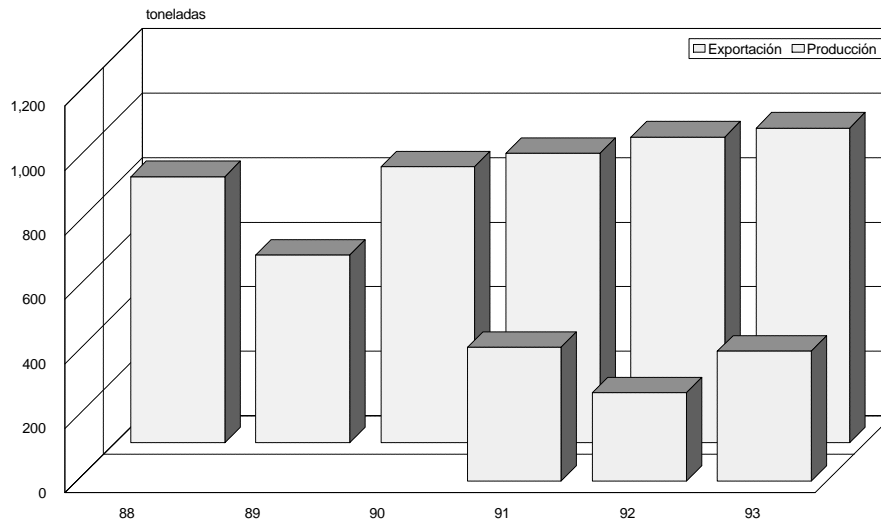


Figura 1.1 Producción y exportación de cebolla deshidratada en Argentina (1988-1993)
Fuente: Refinerías de Maíz

En los tres últimos años se ha exportado el 38 % de lo producido en el país. El principal comprador es Brasil (50 % al 70 % de lo exportado). Las exportaciones de cebolla deshidratadas han representado al país un ingreso anual estimado en un millón de dólares como promedio de los últimos años (Belletieri 1994).

1.4 Evaluación de calidad de la materia prima, en diferentes países

Los cultivares de cebolla con alto contenido de materia seca (MS) han sido desarrollados específicamente con propósito de industrialización. En muchos países desde hace varias décadas se está trabajando en la obtención de nuevas variedades para deshidratación y, en algunos casos, se evalúa la calidad para este fin de los cultivares que se utilizan habitualmente para consumo en fresco en las diferentes regiones.

En EEUU la cebolla para deshidratar se cultiva en diversos estados del oeste del país, pero el procesamiento se efectúa principalmente en California. Los cultivares blancos son usados exclusivamente, entre ellos los que se destacan son *White Creole* y *Southport White Globe* (Jones, Mann 1963). Las cosechas se efectúan escalonadamente, según el cultivo se realice hacia el norte o hacia el sur, lo que asegura una oferta casi sostenida del producto a través del año a las plantas de deshidratación.

En Gran Bretaña se realizaron ensayos para determinar los contenidos de sólidos totales y la pungencia de 36 cultivares de cebolla de diferentes orígenes, cultivados en las condiciones edafoclimáticas de ese país. Los resultados indicaron que las cebollas desarrolladas en esas condiciones no tuvieron altos % MS si se acepta que 18 % es un límite inferior aceptable. Si ese límite se aceptaba como de 12 % se destacaron los siguientes: *Excellent*, *Hyduro* y *Southport Red Globe*. Sin embargo los autores estiman que con este nivel de % MS resultaba dudoso competir con los productos importados (Bedford 1984).

En Australia también se probaron 35 cultivares de cebolla y se destacaron para industrializar: *Southport White Globe*, *Hysol* y *F1 Dehydrator*, por sus tamaños adecuados de bulbos (peso promedio de bulbo, mayor de 106 g) y altos sólidos solubles (mayor de 15 %). Los cultivares de cebolla para mercado en fresco con menores contenidos de sólidos (12 %) generalmente tuvieron más altos rendimientos (Rogers, Henderson 1989).

Lancaster *et al.* (1988) evaluaron la variabilidad de ciertas características de calidad, entre ellas el porcentaje de materia seca total de 7 cultivares de cebolla que se utilizan en diferentes áreas de Nueva Zelandia. Encontraron que el % MS de los bulbos varió entre 10.7 % y 15.9 %. Los cultivares blancos tuvieron los más altos % MS, entre ellos el de mayor proporción resultó ser *Dehyso* (15.9 %) y los Japoneses, *Tsukei* (11.3 %), *Higuma* (10.7 %) y *Sapporo Yellow* (12.5 %). También se destacaron *Pukekohe Long Keeper* y *Early Long Keeper*, con 12.7 % y 14.2 %, respectivamente.

En Puerto Rico se determinó el tamaño y sólidos totales de bulbos y rendimiento de nueve cultivares de cebolla híbridos y de polinización abierta. El rango de % MS estuvo entre 8 % y 8.5 % por lo que las consideraron no aptas para deshidratación (Caraballo *et al.* 1990).

En la India la demanda de cebolla en fresco y para deshidratar ha tenido un incremento considerable en las últimas dos décadas. Sharma, Nirankar (1991) evaluaron diversas características de deshidratación de diez cultivares de la región. Realizaron análisis físicos (peso promedio y diámetro de bulbo, diámetro de cuello), análisis químicos (sólidos solubles y totales, azúcares totales y reducidos, ácido ascórbico y ácido pirúvico) y evaluaron ciertas cualidades en anillos deshidratados de 5 mm de espesor (coeficientes de contracción, deshidratación, rehidratación y grado de oscurecimiento no enzimático). Determinaron que la deshidratación redujo los niveles de pungencia y de ácido ascórbico e indujo oscurecimiento. El color del producto deshidratado mostró una correlación positiva significativa con el color de las catáfilas interiores y no con las exteriores coriáceas. Las variedades fueron clasificadas sobre la base de la calidad de los anillos deshidratados: *VL-1* (excelente), *Pusa Red* (muy buena) y *Punjab Red* y *Sel- 102-1* (buenas).

1.5. La asociación de los fructanos con la alta proporción de materia seca

El porcentaje de materia seca de los bulbos de cebolla es una característica altamente heredable (Mc Collum 1968, Scheisguth 1974) la cual varía muy poco, para cada cultivar, con los años y la localidad (Sarada, Tomoskozi 1977). Estos resultados señalan que el % MS está expresado fenotípicamente desde muy temprano; en prebulbificación ya existe un contenido de materia seca que está relacionado con el que tendrá el bulbo maduro, lo que permite la selección desde etapas muy tempranas del cultivo.

Las cebollas usadas para el consumo en fresco tienen comúnmente entre el 7 % y 10 % de % MS, mientras que los cultivares para procesamiento exceden el 20 %.

Los carbohidratos de almacenamiento, o no-estructurales, del género *Allium* constituyen una gran proporción de la materia seca de los bulbos. La bioquímica de estos carbohidratos ha sido recientemente estudiada y revisada, entre otros, por Darbyshire, Henry (1979), Fennwick, Hanley (1985), Darbyshire, Steer (1990). Estos autores determinaron que las plantas de género *Allium* carecían casi totalmente de almidón y que los principales carbohidratos que contenían incluían: glucosa, fructosa y sacarosa junto con una serie de oligosacáridos llamados fructanos.

Los fructanos son polímeros de fructosa mucho más pequeños que los polímeros de glucosa del almidón. Por lo común, los fructanos sólo tienen de tres a unos pocos cientos de unidades de fructosa. Son muy solubles en agua y se sintetizan y almacenan por completo o casi por completo en vacuolas. La mayoría contienen una unidad glucosa terminal, lo cual indica que se originaron por la adición de unidades fructosa a la fructosa de una molécula de sacarosa (Salisbury, Ross 1994).

La composición de los diferentes carbohidratos que componen la materia seca de los bulbos de cebolla puede variar significativamente según se trate de cultivares para consumo en fresco o para deshidratación (Darbyshire, Henry 1979). *White Sweet Spanish*, un cultivar que tenía 7.5 % MS contenía: 75 % de los carbohidratos en los bulbos como glucosa y algo de fructosa, 18 % como sacarosa y 7 % como fructanos. En cambio, el cruzamiento de los cultivares *White Creole x Southport White Globe* con 17.5 % MS contenía: 3 %, 7 % y 90 % de los carbohidratos antes mencionados, respectivamente (figura 1.2). También mientras mayor era el % MS mayor era el grado de polimerización de los fructanos en los bulbos.

Otros estudios (Darbyshire, Henry 1978) demostraron la capacidad de dichos fructanos para ser hidrolizados a fructosa libre para facilitar la osmorregulación. De esa manera los bulbos de cebolla pueden absorber agua y expandir sus catáfilas. Esto sugiere que en los

cultivares de cebolla con altos contenidos de materia seca, está controlada genéticamente su capacidad de impedir o restringir la hidrólisis de los fructanos a fructosa, con lo cual se limita el mecanismo de osmorregulación y, por lo tanto, la absorción de agua (Darbyshire, Steer 1990). En consecuencia, los cultivares con mayor contenido de materia seca son más ricos en carbohidratos no estructurales.

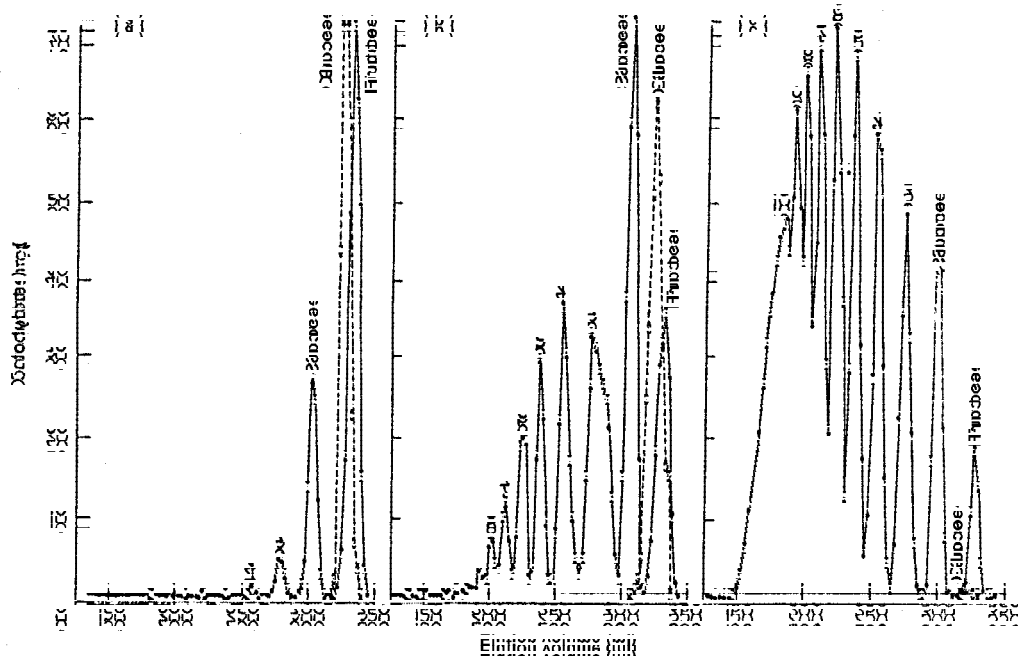


Figura 1.2 Separación cromatográfica de carbohidratos no-estructurales de bulbos de cebolla en cultivares con diferentes porcentaje de materia seca: a) cv. White Spanish, 7.5 %; b) cv. Australian Brown, 10.6 %; c) White Creole x Southport White Globe, 17.3 %. Los números sobre saltos indican grados de polimerización de los fructanos (Darbyshire, Henry. 1979).

1.6 Materia seca de hojas y catáfilas, evolución temporal

Como un alto % MS en los bulbos es requerido para la industria del deshidratado se han hecho esfuerzos a lo largo de los últimos 20 años, a nivel mundial, en relación con planes de selección y mejoramiento respecto a esta cualidad. Lancaster, Kelly (1984) evaluaron la variación del % MS de las hojas de las plantas y catáfilas de los bulbos a través del período de crecimiento en dos cultivares de cebolla de alto y medio % MS, *Southport White Globe* y *Spartan Sleeper*, respectivamente. Determinaron que el % MS de los bulbos enteros de los dos cultivares tenían una tendencia a aumentar desde el comienzo hasta el final del ciclo de cultivo y que el % MS alcanzado por el bulbo a la madurez estaba relacionado con el del bulbo joven.

También estudiaron la variación de % MS dentro de los bulbos. Encontraron que cada bulbo tenía una amplia diferenciación en % de MS entre una catáfila a otra, con una tendencia a aumentar desde las catáfilas de afuera hacia las de adentro.

En los planes de selección y mejoramiento para obtener cultivares con bulbos con alto % MS uno de los problemas que se plantea es que la determinación habitual de materia seca es destructiva. Una posibilidad es usar una parte de la planta como un elemento predictivo del % MS total del bulbo. Lancaster , Kelly (1984) hallaron una alta correlación (R: 0.88 y R: 0.99, para *Southport White Globe* y *Spartan Sleeper*, respectivamente) entre la tercera catáfila contada desde el interior del bulbo y el % MS del bulbo entero, a través de todo el ciclo de cultivo. También encontraron menores correlaciones (R:0.64) en ambos cultivares entre el % de los bulbos y el % MS de las hojas, por lo que concluyeron que este último no era un buen elemento predictivo. Con estos resultados confirmaron las conclusiones obtenidas anteriormente por Nagai (1967) y Schweisguth, Bruant (1973).

La cebolla *Southport White Globe* (SWG) considerada como un cultivar de alto % MS (Lancaster, Kelly 1984) no dio diferencias significativas en cuanto a la media de % MS de los bulbos comparada con los del cv. *Spartan Sleeper*. Sin embargo, la población de SWG contenía algunas plantas con bulbos con muy alto % MS (ej. 19.3 %). Esta cualidad de SWG es la que se aprovecha en los métodos de selección y cruzamiento, lo que hace a este cultivar como valioso para los planes de mejoramiento que tienen como objetivos lograr materiales con altos sólidos totales.

1.7 Manejo vs. calidad y producción

El rendimiento medio de las cosechas ha aumentado en la mayor parte de los países durante este siglo, y particularmente en los últimos cuarenta años. Los incrementos más recientes se han obtenido con el cultivo de variedades mejoradas, aplicando programas de control de plagas, enfermedades y malezas, y con prácticas avanzadas en el manejo del suelo (incluyendo el drenaje y las labores de cultivo). Sin embargo, las mejoras más significativas han resultado, con toda seguridad, del mayor y mejor empleo de fertilizantes que han permitido corregir deficiencias de nutrimentos en el suelo y ha mantenido el mayor rendimiento posible acorde con las variedades y técnicas de cultivo que se citaron anteriormente (Gregory 1992).

La rentabilidad de la agricultura intensiva regadía de Mendoza exige la obtención de elevados rendimientos cuali-cuantitativos, los que a su vez dependen de la optimización en el empleo adecuado de todos los recursos tecnológicos disponibles.

Hasta el momento, los factores de producción, entre ellos la fertilización e irrigación, han sido estudiados principalmente para aumentar la producción de cebolla (Nijensohn et

al. 1967, Lipinski 1994), mientras que recientemente hay una tendencia en las investigaciones orientadas a conocer la influencia de estos factores sobre la calidad de los vegetales.

Los componentes intrínsecos de calidad pueden ser clasificados en diferentes tipos según su incremento de subjetividad de apreciación: calidad *higiénica y sanitaria*, calidad *nutricional*, calidad *tecnológica* y calidad *organoléptica*. Muchos de ellos ahora pueden ser medidos y la objetiva apreciación de la influencia de la fertilización e irrigación sobre ciertos parámetros de calidad es posible a través del conocimiento de diferentes datos experimentales (Peron 1984).

La cebolla para deshidratar tiene requerimientos que la diferencian de aquellas para mercado en fresco y por lo tanto también necesita de un manejo del cultivo diferente. Mientras la cebolla para consumo en fresco requiere de un tamaño determinado de bulbo, catáfilas bronceadas o pardas y una prolongada calidad de almacenamiento, los bulbos de cebolla para deshidratar deben ser de catáfilas blancas y tener un alto contenido de materia seca para reducir los costos de su procesamiento .

Un elemento importante para lograr una correcta planificación de un programa de fertilización es el conocimiento de los parámetros de crecimiento de una planta y del ritmo de absorción de los principales elementos nutritivos durante las diferentes fases fenológicas.

Para comprender la importancia de los factores edáficos y climáticos en la fisiología de las plantas es necesario distinguir los conceptos de crecimiento y desarrollo.

El crecimiento se define como aumento de tamaño de la planta. El aumento puede ser en materia seca o en dimensiones, y se origina como consecuencia de la formación de nuevas células, de la expansión de las células constituyentes y de la producción de asimilados. La velocidad de crecimiento se expresa, en consecuencia, como aumento de peso, volumen, área o longitud por unidad de tiempo.

El desarrollo es el paso de la planta, desde la germinación hasta la madurez, por una serie de fases fisiológicas que, en la mayor parte de los cultivos están bien definidas.

En general, los principales factores que influyen en la velocidad de desarrollo son la temperatura y el fotoperíodo, mientras que los que determinan la velocidad de crecimiento son más numerosos e incluyen, además de luz, el CO₂, los nutrimentos y el agua (Gregory 1992).

El estudio de la dinámica del crecimiento tiene como objetivo la comprensión e interpretación de los procesos fisiológicos con que la planta responde a un factor ambiental al que fue sometida, como ser los diferentes tratamientos de fertilización.

Para analizar el crecimiento se puede hacer a través de una técnica «clásica» o «funcional». La «clásica» es aquella en el que el curso de los eventos es seguido a través de una serie de datos tomados a intervalos no muy frecuentes, pero con muchas repeticio-

nes y la « funcional » con datos medidos muy frecuentemente, con pocas repeticiones y un ajuste curvilíneo de los datos (Hunt 1982).

En este trabajo se utilizó el método «clásico» y el cálculo de los índices de crecimiento se efectuó como un valor medio en un intervalo de tiempo comprendido entre dos sucesivos muestreos, según las consideraciones de Radford (1967), Hunt (1978) y Evans (1972).

Paralelamente con los índices de crecimiento es importante conocer la concentración de los elementos nutritivos en la planta y su acumulación durante el ciclo de cultivo.

El principal factor que controla la concentración mineral en las plantas es de tipo genético, es decir que la potencial absorción de los diferentes nutrimentos está prefijada. Este hecho se comprueba porque la proporción de N y K en los tejidos verdes de las plantas es cerca de diez veces mayor que la de P y Mg, los cuales son a su vez cien a mil veces mayores que las concentraciones de micronutrimentos. Este patrón general ocurre en todas las especies de plantas superiores. Dentro de las diferentes especies, sin embargo, ocurren considerables diferencias en cuanto a su contenido mineral, lo cual también está determinado genéticamente. El segundo factor que controla el contenido de minerales en la planta es la disponibilidad de los elementos en el suelo o medio de cultivo.

Las concentraciones de los elementos difieren considerablemente entre los distintos órganos de las plantas. Generalmente las partes vegetativas tales como hojas, tallo y raíces varían con mayor amplitud en su composición mineral que los frutos, bulbos, tubérculos y semillas.

También la composición mineral varía con el estado del ciclo vegetativo. Los tejidos de plantas jóvenes tienen mayores concentraciones de N, P y K que en los maduros, ocurriendo lo inverso respecto a Ca, Mn, Fe y B (Mengel , Kirby 1982).

El conocimiento de las principales funciones biológicas de los elementos nutritivos en la planta, el modelo de crecimiento y absorción de los nutrimentos, los niveles de elementos nutritivos en el suelo y las concentraciones en los tejidos vegetales, como también las exigencias nutricionales de cada especie, son una herramienta importante para la correcta planificación de la fertilización.

Si hay deficiencia de un elemento se compromete el resultado productivo de la planta. También sucede esto si hay un exceso, con el agravante que en este caso se produce contaminación del ambiente (Magnifico 1987).

Durante el desarrollo de este trabajo se determinó -para la línea INTA-Refinerías 2121 derivada del cv. *Southport White Globe*- la variación de la concentración y absorción total de N, P y K y producción total en relación con diferentes tratamientos de fertilización, durante el ciclo de cultivo.

Otro aspecto muy importante que se debe considerar es el riego. La disponibilidad de agua es un factor de notable importancia para las plantas ya que afecta su crecimiento y reproducción y por lo tanto su rendimiento económico. En el caso de la cebolla, el agua desempeña un papel fundamental considerando que su sistema radical es poco extendido, con poca profundidad (30 cm) y densidad. Las raíces de cebolla son muy sensibles al déficit de agua en el suelo y para poder elongarse necesitan que la humedad llegue hasta la base del tallo (Jones, Mann 1963).

El principio fundamental de todos los sistemas de riego es proporcionar a los cultivos suficiente agua para que la evapotranspiración sea próxima a la intensidad determinada por la demanda atmosférica de agua; esto, a su vez, asegura el máximo crecimiento del cultivo.

El riego eficiente requiere conocimiento de los cultivos, los suelos y los parámetros meteorológicos y de las relaciones entre ellos, de modo que pueda controlarse la cantidad y el momento del riego. Por ejemplo, para determinar cuándo regar es importante saber cómo cambia el agua disponible conforme se agota en el suelo, y la relación entre el crecimiento del cultivo y el agua disponible. El crecimiento de algunos cultivos se reduce cuando se ha extraído sólo una pequeña fracción del agua útil del suelo, mientras que otros no sufrirán efectos adversos hasta que se han alcanzado potenciales hídricos del suelo mucho más bajos (Gregory 1992).

Algunos cultivos también parecen ser particularmente sensibles a la sequía en etapas particulares del crecimiento. Vega *et al.* (1972) determinaron, en Luján-Mendoza, que el sometimiento a un estrés hídrico durante el período crítico comprendido entre el 20 de diciembre y 10 de enero, dañaba irreversiblemente el follaje de la planta de cebolla cv. Valenciana sintética N° 1, al impedirle completar su crecimiento previo al período de activo crecimiento del bulbo. Posteriormente al período de estrés, el crecimiento de las hojas se efectúa en competencia con el bulbo por los fotoasimilados y sin llegar a igualar, en peso total, a las plantas sin sequía en período crítico.

Nijensohn *et al.* (1967) determinaron en Luján-Mendoza que la mejor concordancia entre rendimiento de bulbos de un cultivar de Valenciana y valores relacionados con el contenido hídrico del suelo se observó en el período que comienza a mediados de diciembre y que cubre el lapso de máximas exigencias climáticas de evapotranspiración como el de formación y crecimiento del bulbo.

Lipnski (1994) determinó en La Consulta-Mendoza que con una frecuencia de riego de cada 5 días obtuvo los mejores rendimientos de bulbos en un cv. Valenciana.

También es importante conocer la influencia del riego sobre ciertos componentes de calidad. Es posible que el corte anticipado de riego antes de cosecha pueda aumentar la proporción de sólidos totales.

Roger (1985) en un ensayo con *Southport White Globe* comprobó que agregando agua a través del riego, por encima de un umbral necesario, provocó una reducción de sólidos totales. Además una importante cantidad de agua debía ser removida en el proceso de deshidratación, lo cual implicaba un aumento de costo para la industria.

El **objetivo** general del presente trabajo fue establecer la influencia de las condiciones de fertilidad edáfica y riego sobre la productividad y calidad de un cultivar mejorado de cebolla de importancia económica para la industria del deshidratado. El **segundo capítulo** de este trabajo de tesis examina, en particular, el efecto de la fertilización sobre componentes del crecimiento, concentración y absorción de nutrimentos, y rendimiento total de bulbos y de materia seca. El **tercer capítulo** evalúa el efecto de la disponibilidad hídrica edáfica sobre el rendimiento cuali-cuantitativo de la cebolla para deshidratar.

CAPÍTULO 2 |

**Efecto de la fertilización sobre el cultivo cebolla
irrigada para deshidratar:
Respuesta en un suelo franco de Mendoza**

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Aspectos generales

La creciente demanda, en los últimos años, a nivel mundial y nacional de los productos deshidratados hace que esta actividad se profile como promisoría en la región cuyana.

Las estimaciones prevén que se seguirá abasteciendo el mercado local y se mantendrá e inclusive se pueden incrementar las exportaciones de cebolla deshidratada, especialmente a Brasil, dentro del marco del Mercosur porque la región tiene en relación con ese país ventajas comparativas muy importantes en la faz de producción de materia prima debido a que las condiciones climáticas de ese país no son favorables para la calidad de la cebolla. Además en el país en general, y en Mendoza en particular, está mucho más desarrollada la tecnología en el deshidratado de esta especie que en otros países de la región que son fuerte competencia en otros vegetales deshidratados (Belletieri 1994).

Esta situación justifica trabajos conducentes a lograr maximizar los rendimientos totales de campo y los rendimientos industriales de la cebolla para deshidratar. Entre los diversos factores que tienden a lograr estos objetivos, están los relacionados con el manejo de la fertilización.

Para las plantas cultivadas en condiciones intensivas el objetivo del agricultor es, habitualmente, impedir que el suministro de nutrimentos imponga limitaciones de rendimientos. Para actuar así es necesario que las plantas dispongan de todos los nutrimentos minerales esenciales y que la velocidad de suministro de cada uno sea, al menos, igual a la demanda del cultivo.

Es bien conocido y ha sido confirmado a través de ensayos experimentales que el desarrollo del bulbo de cebolla es promovido por fotoperíodo largo y altas temperaturas (Brewster 1990). Interacciones de la humedad y fertilidad edáfica con esas condiciones ambientales producen efectos significativos sobre la respuesta al crecimiento de las plantas.

La producción de cebolla está ampliamente distribuida en el mundo desde los trópicos hasta las latitudes altas. Dentro de esa amplitud de climas existe también una gran diversidad de suelos que van desde los ácidos a alcalinos y de los orgánicos a minerales. Desórdenes nutricionales en cebolla que son de gran importancia en algunas áreas son desconocidas en otras. Particularmente significativa es la gran producción comercial de esta especie sobre suelos orgánicos en Europa y EEUU. En Ontario, Canadá, cultivos de cebolla crecen satisfactoriamente en suelos orgánicos con un pH de 4 (Brewster 1994).

Las modalidades de manejo del cultivo, sumadas a la influencia de los factores edafoclimáticos y el comportamiento de los distintos cultivares obligan a realizar experiencias locales para determinar las normas de manejo más adecuadas a la región.

1.2 Los nutrimentos minerales. *Un factor de estrés*

Cuando un elemento esencial no está presente en cantidad suficiente en el suelo, o no está disponible para las plantas, se producen alteraciones en el crecimiento y/o desarrollo de las mismas. Algunos autores (Nátr 1992, Levitt 1990) consideran que los nutrimentos minerales actúan como un factor de estrés omnipresente para la fotosíntesis en la mayoría de los cultivos en sus condiciones ambientales naturales. Osmond *et al.* (1987) definieron al estrés como « algún factor que disminuye el crecimiento y la reproducción de la planta por debajo del potencial dado por el genotipo».

Esta definición es clara y corresponde estrechamente con la forma de organización y evaluación de los ensayos experimentales sobre la relación entre nutrimentos minerales y producción (Moorby, Besford 1983). En la mayoría de los ensayos los tratamientos con nutrimentos incluyen concentraciones en incremento o decrecimiento, según el testigo considerado, de un ión determinado de modo de evaluar, a través de las plantas, niveles adecuados, deficientes o en exceso. La concentración crítica del nutrimento ha sido definida frecuentemente como una cantidad del elemento en la planta o en sus órganos que asegure la producción de biomasa o producción económica, la tasa de asimilación neta de fotosíntesis, etc., correspondiente al 90 % del máximo (Benton Jones 1985, Summer 1979; Savoy, Robinson 1990).

Diversos autores (Garnier 1991, Chapin *et al.* 1987, Hamblin *et al.* 1990, Hull, Mooney 1990) consideran que las plantas prácticamente siempre son cultivadas bajo condiciones no óptimas. Es decir que la mayoría de los ambientes naturales son subóptimos con respecto a uno o más factores, tales como el agua o disponibilidad de nutrimentos.

1.3 Los elementos nutritivos en la planta. *Efecto sobre la fotosíntesis*

El nitrógeno ocupa habitualmente el cuarto lugar en cuanto a contenido en la planta, detrás del carbono, oxígeno e hidrógeno. Juega un papel esencial como constituyente de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y hormonas del crecimiento. La mayor parte de las plantas dependen, absolutamente, para su crecimiento del nitrógeno inorgánico absorbido del suelo en forma de iones nitratos o amonio (Wild, Jones 1992).

La deficiencia de nitrógeno en las plantas inhibe considerablemente su tasa de asimilación neta (Evans, Terashima 1987, Buttery, Buzzel 1988). En plantas de cebada deficientes en nitrógeno Hák, Nátr (1987) midieron un decrecimiento de la tasa de asimilación neta, fotorrespiración y de la concentración de compensación de anhídrido carbónico. Contrariamente, la relación fotorrespiración a tasa de asimilación neta, y la proporción de oxigenación y carboxilación en plantas con déficit de nitrógeno, se incrementó significativamente.

Hull, Monney (1990) en un ensayo con cuatro pastos anuales también encontraron correlaciones positivas significativas entre tasa de asimilación neta y concentración de nitrógeno en hojas. La validez general de la relación es debida por un lado a la alta proporción de nitrógeno en la hoja localizado en los cloroplastos (Chapin *et al.* 1987) y a su función en la fotosíntesis (Lawlor 1990).

Después del nitrógeno las más frecuentes investigaciones sobre los efectos nutricionales sobre la fotosíntesis fueron hechas en fósforo. Este elemento es parte esencial de muchos glucofosfatos que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos, y también forma parte de nucleótidos (RNA y DNA) y de fosfolípidos presentes en las membranas. Se ha demostrado que la deficiencia de fósforo produce una reducción de la regeneración y actividad de la ribulosa bisfosfato carboxilasa (Brooks 1986). Esta enzima es importante porque cataliza una reacción esencial durante la fotosíntesis.

Asimismo es indispensable en el metabolismo energético, debido a su presencia en las moléculas de ATP, ADP y pirofosfatos (Salisbury 1994). Es decir que el fósforo es esencial para la transferencia de energía dentro de la planta, su deficiencia afecta todos los aspectos relacionados con el crecimiento.

El potasio es un activador de muchas enzimas que son esenciales en la fotosíntesis y la respiración, además de que activa enzimas necesarias para formar almidón y proteínas. Interviene, también, en el transporte de los fotoasimilados desde las hojas por lo que ejerce una acción indirecta sobre la actividad fotosintética. Este elemento es tan abundante en la planta que contribuye de manera importante al potencial osmótico de las células y, por consiguiente, a su presión de turgencia (Salisbury 1994).

1.4 Dinámica de crecimiento. Efecto de la fertilización

El estudio de la dinámica de crecimiento, como se explicó anteriormente, tiene como objetivo la comprensión e interpretación de los posibles procesos fisiológicos con que la planta responde a un factor, como es la fertilización.

La productividad de una especie vegetal depende de la eficiencia de ese cultivo para convertir los recursos del ambiente como CO₂ y luz, en materia seca y de particionar los fotoasimilados a los órganos de interés económico. El resultado de este proceso, en cultivos bien fertilizados y no sometidos a déficit hídrico, es que el rendimiento está relacionado linealmente con la radiación interceptada durante el período de crecimiento (Gifford *et al.* 1984, Gregory 1992).

La fertilización promueve el crecimiento foliar y aumenta el tiempo que permanecen verdes las hojas y, en consecuencia, incrementa la radiación total captada, la materia seca producida y también el «índice de cosecha».

El análisis de crecimiento ha sido ampliamente usado para cuantificar el patrón de distribución de materia seca en las plantas (Toniolo *et al.* 1985, Graifenberg *et al.* 1987, Santamaria *et al.* 1993). Los parámetros de crecimiento varían entre y dentro de las especies y también por acción de los nutrimentos y la disponibilidad hídrica (Hedge 1987).

Uno de los requerimientos para realizar un análisis de crecimiento es disponer de datos exactos sobre pesos secos y área foliar de los órganos de asimilación como son las hojas y los pesos secos de las diferentes partes de la planta.

Abdala, Mann (1963) encontraron que el tamaño del área foliar estuvo relacionada con el crecimiento y desarrollo del bulbo de cebolla.

Iortsuum, Khan (1989) realizaron un estudio sobre el patrón de distribución de materia seca de tres cultivares de cebolla. Los resultados de todas las características de crecimiento mostraron que Red Kano fue superior que *Eclipse* Bermuda y *Texas Grano*, con un mayor tamaño de bulbo debido a su mayor área foliar y mayor período de crecimiento, que resultó en una mayor traslocación de carbohidratos a los bulbos. Además, en los últimos años, se han realizado trabajos para obtener modelos dinámicos de simulación del crecimiento del cultivo de cebolla. Parámetros específicos de crecimiento de cebolla fueron obtenidos usando ensayos experimentales de campo. El modelo logrado simula el crecimiento potencial de un cultivo de cebolla cuando las plagas y enfermedades, malezas y condiciones de suelo no son limitantes del crecimiento. El modelo considera la influencia de la época de plantación y la densidad de plantas. Se incorporaron al modelo la influencia combinada de factores ambientales sobre el crecimiento del follaje, iniciación de la bulbificación y la madurez del bulbo. Este modelo, según el autor, puede ser usado para estimar la producción y la precocidad del cultivo, en condiciones ambientales similares a las de Holanda, dependiendo de la fecha y densidad de plantación. También es posible usar el modelo para predecir la producción simulando el desarrollo de enfermedades o carencia de un elemento mineral (Visser (a). 1994).

Posteriormente, el mismo autor realizó la validación del modelo usando datos de índice de área foliar, producción de materia seca aérea y bulbo, fechas de iniciación de la bulbificación, etc., de cultivos de cebolla realizados en forma independiente en cuatro localidades de Holanda. Concluye que el comportamiento del modelo en relación con la producción de materia seca de bulbo fue bueno, bajo condiciones ambientales óptimas, pero insuficiente bajo condiciones de estrés (Visser (b). 1994).

1.5 Concentración y absorción de nutrimentos. Efecto de la fertilización

Paralelamente con los índices de crecimiento siempre es importante evaluar la influencia de los nutrimentos sobre aspectos cuali-cuantitativos de la producción; de singular utilidad resulta la evaluación de la concentración y absorción durante el ciclo de cultivo.

Las concentraciones de nutrimentos en hoja, y en etapas específicas del crecimiento, se usan como índice del nivel nutricional en planta. El análisis se basa en la opinión de que la hoja es el lugar principal de la actividad metabólica, que los cambios en el suministro de iones se reflejan en la composición de nutrimentos de la hoja, que estos cambios son más pronunciados en algunas etapas del crecimiento que en otras y que esas concentraciones están relacionadas con el desarrollo y el rendimiento de la cosecha.

Estudios comparativos sobre los requerimientos de diferentes cultivos hortícolas han mostrado que tanto la cebolla como otra especie del género *Allium* como es el puerro, requieren altos niveles de P y K disponible en el suelo para lograr máximas producciones (Greenwood *et al.* 1980 (a), (b)). A primera vista esto resulta paradójico por que ellos están entre las especies vegetales de crecimiento más lento y los bulbos de cebolla remueven menos N, P y K del suelo en el momento de cosecha que otras hortalizas, ej. repollo, que logran máximas producciones con niveles de P y K más bajos en el suelo (Brewster 1994). Sin embargo, las especies del género *Allium* tienen un sistema radical escaso y de baja densidad. Debido a esta estructura de las raíces, ellos necesitan altas concentraciones de P y K en la solución del suelo para que lleguen, por difusión, a las raíces a una tasa suficiente para satisfacer las potenciales demandas del cultivo.

Se puede decir que el diagnóstico foliar basado en el nivel crítico es el más difundido. Sin embargo, la metodología sustentada en el valor crítico o rango de nutrimento crítico (Dow, Roberts 1982) para diagnosticar problemas de nutrición mineral en plantas está limitada. Requiere que la composición de la planta sea comparada con valores estándares para un determinado estado fenológico y para un órgano establecido. Algunos investiga-

dores (Shear *et al.* 1946, Malatova *et al.* 1989) aceptan la terminología de equilibrios fisiológicos que, en la actualidad, convertida en técnica de diagnóstico de nutrición para análisis foliar, mantiene su vigencia. El equilibrio entre los nutrimentos ha demostrado ser una técnica adecuada para definir el estado nutritivo de la planta. El equilibrio nutritivo óptimo debe reflejarse en una producción cercana a la que el cultivo podría tener.

Es importante complementar estos estudios con la absorción total de elementos y con los análisis de suelo previos a la siembra o transplante para poder decidir sobre las cantidades adecuadas de fertilizantes que se deben aplicar.

1.6 Producción y calidad. Efecto de la fertilización

En Mendoza diversos trabajos se han realizado en décadas pasadas para evaluar el efecto de la fertilización sobre la producción de diversas especies hortícolas como papa (*Solanum tuberosum* L.), ajo (*Allium sativum* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), cebolla (*Allium cepa* L.), pimiento (*Capsicum annuum* L.), etc. No han sido muy habituales aquellos trabajos relacionados sobre su efecto sobre la calidad de productos hortícolas probablemente porque en algunos casos, los criterios o parámetros de evaluación son difíciles de medir o son de tipo subjetivo, lo que dificulta su estimación.

Sin embargo, a nivel mundial, hay una tendencia en los estudios orientados a conocer la influencia de los factores de producción, entre ellos la fertilización, sobre la calidad de los vegetales.

En general la calidad de un producto vegetal está determinada genéticamente, difícilmente se puede modificar a través de la gran mayoría de técnicas de manejo. Sin embargo, considerando que a través de la fertilización se están incorporando los elementos nutritivos a los mecanismos biológicos de la planta, se puede esperar una influencia sobre la cantidad y calidad de los mismos. Por efecto de los principales nutrimentos, una corta revisión de algunos trabajos sobre su efecto sobre la calidad (Pimpini *et al.* 1973, Mantovani 1977, Giardini 1986, Bianco 1990, Pimpini *et al.* 1992) muestran que :

- i) el nitrógeno, si está bien balanceado con otros nutrimentos, mejora el contenido de materia seca (papa, tomate, cebolla, y espinaca), la cantidad y calidad de proteína (papa), el tamaño y forma de productos (papa, tomate); excesivos contenidos de nitrógeno tiene, por otro lado, un efecto detrimental sobre la calidad, como un menor contenido de sacarosa en remolacha, reducido contenido de azúcar y pH en tomate, un decrecimiento de almidón en papa y un incremento de nitratos en la mayoría de los vegetales.

- ii) el potasio usualmente mejora la calidad, incrementa el contenido de azúcares (en remolacha y otros vegetales), mejora el sabor y color, la firmeza y las condiciones de cocimiento en papa. A veces, un exceso de potasio induce efectos negativos, tales como una reducción de almidón, proteína y materia seca de papa.
- iii) el fósforo también tiene importantes efectos sobre la calidad; por ejemplo acelera la madurez, incrementa la acidez en tomate, aunque ellos son menos evidentes que su efecto sobre la producción.

En función de todo lo anteriormente expuesto es que en este trabajo se plantearon para la cebolla para deshidratar correspondiente a la línea INTA - Refinería 2121 derivada del cultivar *Southport White Globe*, los siguientes objetivos:

- i) Determinar el efecto de la fertilización con N, P y K sobre componente del crecimiento y calidad.
- ii) Estudiar la variación de la concentración y el ritmo de absorción de nutrimentos a lo largo del ciclo de cultivo y calcular la exportación de nutrimentos en las diferentes fases de crecimiento.
- iii) Proponer los momentos oportunos de fertilización.
- iv) Relacionar componentes de crecimiento, calidad, producción total y de materia seca con la fertilización.
- v) Obtener mediante el manejo de la fertilización la mayor producción total de materia seca.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Sitio

Los ensayos correspondientes a los períodos hortícolas 1994-1995 y 1995-1996 se realizaron en el campo experimental del INTA, en La Consulta, departamento de San Carlos, Mendoza. Dicha localidad se encuentra a una altura de 950 m sobre el nivel del mar y su ubicación geográfica es 33° 42' 21" S y 69° 04' 43" W.

2.2 Parámetros meteorológicos

Los datos climáticos se obtuvieron de los registros de la estación meteorológica de la EEA INTA La Consulta. En las figuras 2.1 a, b se presentan algunas variables climáticas

de los dos ciclos de ensayos, correspondientes a los años 1994-1995 y 1995-1996, respectivamente.

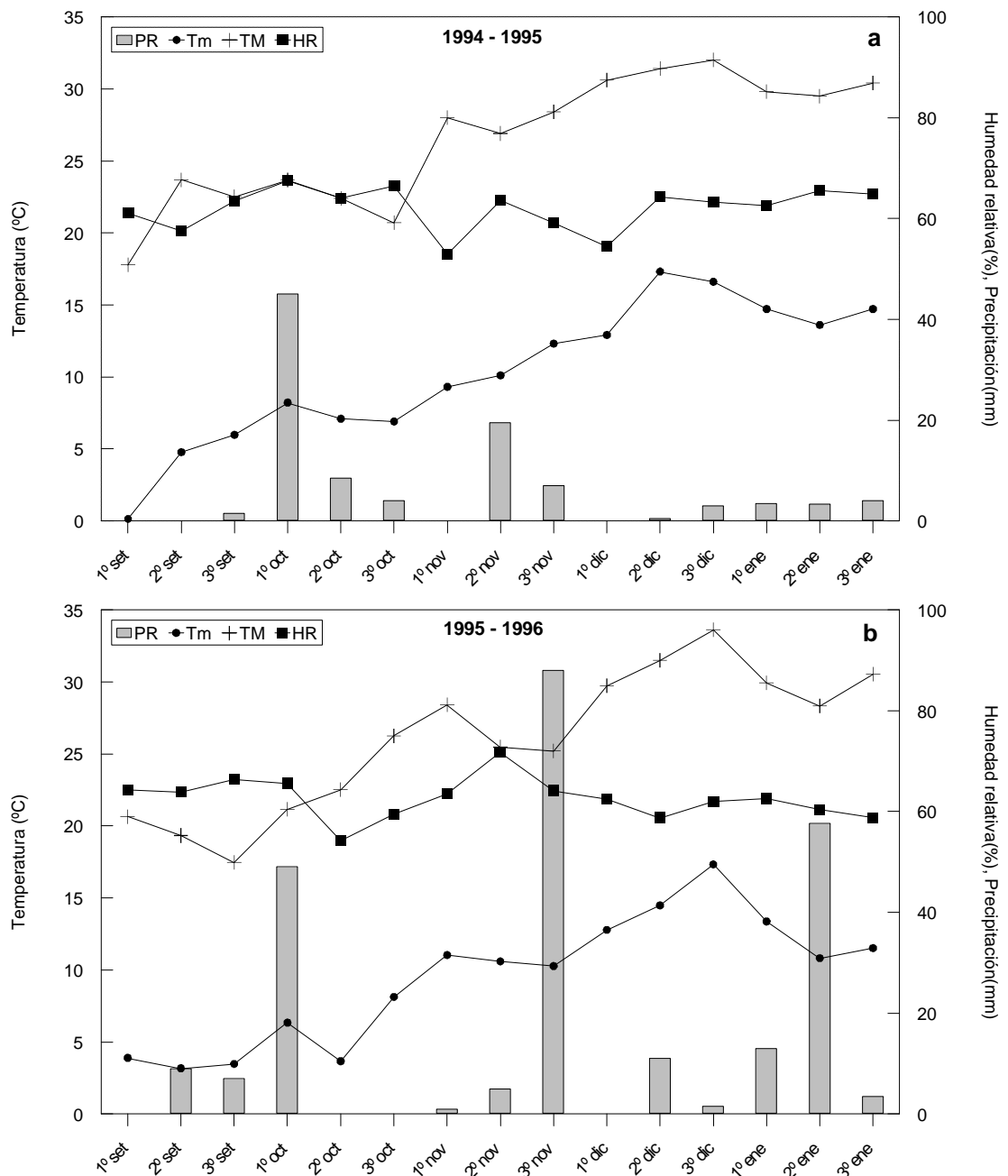


Figura 2.1 Temperaturas máximas (TM) y mínimas (Tm), precipitación (PR) y humedad relativa (HR), por década durante los diferentes ciclos de cultivo de cebolla SWG - La Consulta - Mendoza

Durante el ciclo 94-95 las temperaturas máximas y mínimas, durante el período de transplante, primera década de setiembre, fueron de 17 °C y 2 °C, respectivamente. Luego la tendencia fue a ascender hasta la tercera década de diciembre en que se alcanzan las mayores temperaturas máximas y mínimas, 32 °C y 18 °C, respectivamente. Después

descienden paulatinamente hasta cosecha. La humedad relativa durante el ciclo se mantuvo entre 50 y 70 %. Las precipitaciones pluviales totales fueron de 99.8 mm de los cuales 45 mm ocurrieron en un solo día, el 10 de octubre.

Durante el ciclo 95-96 las temperaturas máximas y mínimas durante la fecha del transplante fueron de 20 °C y 4 °C, respectivamente. Luego ascendieron hasta la tercera década de diciembre a 34 °C y 18 °C y a partir de esa fecha comienzan a descender. La humedad relativa durante el ciclo osciló entre 58 % y 70 %. Las precipitaciones pluviales totales durante el período en que duró el ciclo de cultivo fueron de 255 mm, de las cuales 49 mm, 88 mm y 53.4 mm ocurrieron durante dos días de octubre, dos días de noviembre y un día de enero, respectivamente.

2.3 Material vegetal

Se utilizó una línea de cebolla denominada INTA - REFINERÍA 2121 derivada del cultivar *Southport White Globe* obtenida por mejoramiento para aumentar sólidos totales, en la EEA INTA de La Consulta.

2.4 Suelo

Antes de realizar el transplante de la cebolla, correspondiente a cada ciclo de ensayo, se extrajeron muestras compuestas de suelo de 30 cm de profundidad, de cada bloque de las parcelas de ensayo.

En el cuadro 2.1 se consignan los valores medios de los principales parámetros físicos y químicos de la fracción fina de suelo, de los ensayos correspondientes a los dos ciclos de cultivo. Se trata de un suelo de origen aluvial, profundo y de textura franco (Torrifluente típico).

Para estimar expeditivamente la textura se determinó el volumen de sedimentación (Nijensohn, Pilasi 1962). En una pasta saturada de suelo se determinó el pH y en el extracto de saturación, la conductividad eléctrica específica y la valoración de iones (USDA 1954). También se determinaron los contenidos de materia orgánica con el método de Walkley-Black (USDA 1954), N total con el método de Kjeldahl (Bremner, Mulvaney 1982), K intercambiable con acetato de amonio pH: 7 (Jackson 1964), P disponible con extracción carbónica (Mc George 1939) y calcáreo con el método del calcímetro (Nelson 1982).

Cuadro 2.1 Características físicas, químicas y de fertilidad de la fracción fina (menor de 2mm) del suelo de La Consulta de los ensayos de fertilidad

| | 1994-1995 | 1995-1996 |
|--|--------------|--------------|
| Profundidad, cm | 0 - 30 | 0 - 30 |
| Calificación | franco | franco |
| Volumen de sedimentación, ml kg ⁻¹ | 980 ± 4.00 | 990 ± 2.00 |
| CaCO ₃ total, dag kg ⁻¹ | 6.2 ± 0.18 | 5.59 ± 0.40 |
| pH saturado | 7.50 ± 0.17 | 7.6 ± 0.12 |
| Materia orgánica, dag kg ⁻¹ | 1.60 ± 0.15 | 1.28 ± 0.18 |
| En Extracto de Saturación | | |
| Conductividad Eléctrica, dS m ⁻¹ , 25°C | 4.62 ± 0.36 | 3.47 ± 0.27 |
| Ca + Mg, mmol _c L ⁻¹ | 28.06 ± 3.30 | 26.30 ± 2.60 |
| Na, mmol _c L ⁻¹ | 18.30 ± 5.60 | 19.20 ± 3.40 |
| Relación Adsorción de Sodio | 4.89 ± 0.60 | 5.30 ± 0.80 |
| Macro-Nutrientes | | |
| Nitrógeno total, mg kg ⁻¹ | | |
| Media | 906 ± 60.5 | 640 ± 54.3 |
| Rango | 840 - 980 | 574 - 700 |
| Coeficiente de Variabilidad, % | 6.60 | 8.50 |
| Fósforo asimilable, mg kg ⁻¹ (P-CO ₂ 1:10) | | |
| Media | 5.79 ± 1.07 | 4.12 ± 0.33 |
| Rango | 4.01 - 6.87 | 3.64 - 4.57 |
| Coeficiente de Variabilidad, % | 18 | 8 |
| Potasio intercambiable, mg kg ⁻¹ | | |
| Media | 390 ± 50.2 | 337.5 ± 46.9 |
| Rango | 312 - 450 | 295 - 417 |
| Coeficiente de Variabilidad, % | 13 | 14 |

2.5 Tratamientos y diseño experimental

En el primer ciclo se programaron nueve tratamientos de fertilización con tres niveles de nitrógeno (0, 100 y 200 kg N ha⁻¹) aplicado como urea y tres niveles de fósforo (0, 30 y 60 kg P ha⁻¹) como superfosfato. En el segundo ciclo agrícola se probaron ocho tratamien-

tos de dos niveles de nitrógeno (0 y 100 kg N ha⁻¹), aplicado como urea, dos niveles de fósforo (0 y 40 kg P ha⁻¹) como superfosfato y dos niveles de potasio (0 y 60 kg K ha⁻¹) como sulfato de potasio. El P y K fueron aplicados antes del transplante en línea, 5 cm debajo de la línea de plantación. Las aplicaciones de N se realizaron con la mitad de la dosis a los 15 días después de transplante (ddt) y el resto a los 45 ddt, aproximadamente. Estas prácticas fueron comunes en ambos ciclos.

En ambos ensayos el diseño fue en bloque al azar con un arreglo factorial con cuatro repeticiones. Algunos detalles de los ensayos correspondientes a los dos ciclos de ensayos como así también los códigos de los tratamientos de fertilización se presentan en los cuadros 2.2 y 2.3.

Cuadro 2.2 Síntesis de algunos aspectos relacionados con el manejo del cultivo de cebolla SWG en los ensayos de fertilización

| Cultivar : INTA - Refinerías 2121 - <i>Southport White Globe</i> | | |
|---|------------------------------|---------------------|
| | 1994 - 1995 | 1995 -1996 |
| Fecha de siembra del almácigo | 20-05-94 | 27-05-95 |
| Fecha de transplante | 08-09-94 | 11-09-95 |
| Fecha de cosecha | 25-01-95 | 01-02-96 |
| Distancia entre hileras, cm | | 0.40 |
| Distancia dentro de la hilera, cm | | 6.6 |
| Parcelas | 3 camas (0.80 m) x 3 m largo | |
| Plantación | doble hilera | |
| Superficie de la parcela, m ² | 7.50 | |
| Densidad de plantas , n ^o plantas m ² | 37.5 | |
| Diseño | bloques al azar | |
| Combinaciones de tratamientos | 9 | 8 |
| Números de repeticiones | 4 | |
| Fertilización | N -P | N-P-K |
| Fecha de fertilización de base (P y/o K) | 06-09-94 (P) | 09-09-95 (P,K) |
| Fecha de la fertilización de cobertura (N) | 23-09-94 / 21-10-94 | 26-09-95 / 31-10-95 |
| Fechas de muestreos de hojas y bulbos (días después de transplante) | 41,64,88,103,115,137 | 71,86,99,111,139 |

Cuadro 2.3 Códigos de tratamientos y cantidad de elemento aplicado en los ensayos de fertilización del cultivo de cebolla SWG

| Tratamientos Códigos | Fertilización 1994 -1995 (kg ha ⁻¹) | | |
|---|---|----|----|
| | N | P | K |
| N0P0 | 0 | 0 | |
| N0P30 | 0 | 30 | |
| N0P60 | 0 | 60 | |
| N100P0 | 100 | 0 | |
| N100P30 | 100 | 30 | |
| N100P60 | 100 | 60 | |
| N200P0 | 200 | 0 | |
| N200P30 | 200 | 30 | |
| N200P60 | 200 | 60 | |
| Fertilización 1995-1996 (kg ha ⁻¹) | | | |
| N0P0K0 | 0 | 0 | 0 |
| N0P0K60 | 0 | 0 | 60 |
| N0P40K0 | 0 | 40 | 0 |
| N0P40K60 | 0 | 40 | 60 |
| N100P0K0 | 100 | 0 | 0 |
| N100P0K60 | 100 | 0 | 60 |
| N100P40K0 | 100 | 40 | 0 |
| N100P40K60 | 100 | 40 | 60 |

2.6 Extracción de muestras vegetales y determinaciones

En una de las hileras de plantas dejadas para tal fin y en las parcelas correspondientes a los diferentes tratamientos se realizaron extracciones periódicas de plantas para las mediciones de pesos frescos y secos, aéreos y de bulbo. Luego de cosechadas las parcelas se seleccionaron las muestras de los tratamientos testigo y las correspondientes al tratamiento que tuvo un rendimiento máximo, T (N0P0), F(N100P30) y T(N0P0K0), F (N100P40K0), para los ciclos 1994-1995 y 1995-1996 respectivamente. En estas muestras además se determinaron los porcentajes de sólidos totales de bulbos y las concentraciones minerales de hojas y bulbos en las diferentes fechas de muestreo.

En el primer ciclo de ensayo se determinó la concentración de N, P y K y en el segundo ciclo N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn y Cu. En las muestras foliares y de bulbos, secos a 65 °C, se evaluó N total (microkjeldahl) y en el extracto clorhídrico de las cenizas: P total (nitrovanadomolibdico), K total (fotometría de llama) y Ca, Mg, Fe, Zn, Mn y Cu (espectrofotometría de absorción atómica).

A partir de los valores de concentración y peso seco se calcularon los de absorción referidas a la parte aérea y de bulbo. Los resultados experimentales obtenidos expresan el crecimiento de la parte aérea y bulbo y absorción de elementos respecto al tiempo, en forma discreta, como un valor medio de muestreos sucesivos. Gráficamente se representan mediante histogramas.

Con un medidor de área foliar LICOR, en el primer ciclo de ensayo, se obtuvo la superficie de láminas y se efectuó un análisis de regresión entre peso fresco de hojas y área de las mismas lo cual permitió ajustar una ecuación.

2.7 Cálculo de variables relativas

Se consideran variables relativas aquellas que representan variaciones de una magnitud - peso seco - por unidad de otra magnitud - peso seco total, área foliar, tiempo, etc. El cálculo de algunas variables relativas se efectuó como un valor medio en un intervalo de tiempo comprendido entre dos sucesivos muestreos según las consideraciones de Radford (1987), Hunt (1978) y Evans (1972). Se calculó:

- **Tasa de crecimiento relativo (TCR):** representa el aumento de peso seco de la planta entera por gramo de peso seco total y por unidad de tiempo. ($\text{g g}^{-1} \text{ semana}^{-1}$). Mide la eficiencia de la planta como productor de nuevo material.

$$\text{TCR} = \frac{1}{W} \frac{dW}{dt}$$

Derivando esta ecuación se obtiene:

$$\text{TCR} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

Donde W= peso t = tiempo

- **Tasa de asimilación neta (TAN):** mide el aumento de peso seco de toda la planta, por unidad de área foliar (dm^2) y por unidad de tiempo (semana). Es un estimador de la capacidad de asimilación de las hojas. ($\text{g dm}^{-2} \text{ semana}^{-1}$).

$$TAN = \frac{1}{AF} \frac{dW}{dt}$$

Como la relación entre área foliar y peso seco es lineal, se deriva según:

$$TAN = \frac{W2 - W1}{t2 - t1} \frac{\ln AF2 - \ln AF1}{AF2 - AF1}$$

Donde W= peso, AF= área foliar, t= tiempo

- **Relación de área foliar (RAF)**, en $dm^2 g^{-1}$, es la relación entre área foliar de la planta y el peso total de la misma. Es el componente morfológico de la TCR y representa la relación entre material fotosintético a material respirante.

$$RAF = \frac{\frac{AF1}{W1} + \frac{AF2}{W2}}{2}$$

2.8 Datos culturales y cosecha

Sólo se considera importante destacar, además de lo ya consignado en el cuadro 2.2, que en el ciclo 1994-1995 a los 26 días después de transplante se aplicó Linurón, como herbicida de post-emergencia en dosis de 1.7 kg ha^{-1} y en general se observaron problemas de fitotoxicidad que retrasaron el desarrollo de las plantas.

Las cosechas se realizaron el 25/01/95 y el 01/02/96, que correspondió a los 137 ddt y 139 ddt, para los dos ciclos respectivamente. Se arrancó y dejaron orear las plantas de cebolla ocho días en el campo en cordones. Luego se embolsaron los bulbos, previo a proceder al cortado de las hojas. Se pesaron los bulbos correspondientes a cada parcela de ensayo y se determinaron: rendimiento total por parcela (kg) y total por ha (Mg), rendimiento de materia seca por parcela (kg) y total por ha (Mg), peso promedio de bulbos (g) y porcentaje de sólidos totales (%).

2.9 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente con el programa SAS (SAS Institute 1989) aplicando el análisis de la varianza y luego se efectuó comparación de medias por test de Tukey para un nivel de significancia de 0.05.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis del crecimiento y partición de asimilados

3.1.1 Ciclo 1994-1995

La figura 2.2 muestra la variación del peso seco aéreo y de bulbo a lo largo del ciclo vegetativo 1994-1995, promedio de los tres tratamientos de fertilización. De acuerdo con lo observado al respecto, se pueden distinguir tres fases durante el ciclo de la cebolla:

fase I: desde el transplante hasta que comienza a insinuarse un crecimiento significativo del bulbo (64ddt)

fase II: desde el fin de la anterior y hasta comienzo de un crecimiento acentuado del bulbo (103 ddt)

fase III: desde el fin de la anterior hasta cosecha (137 ddt)

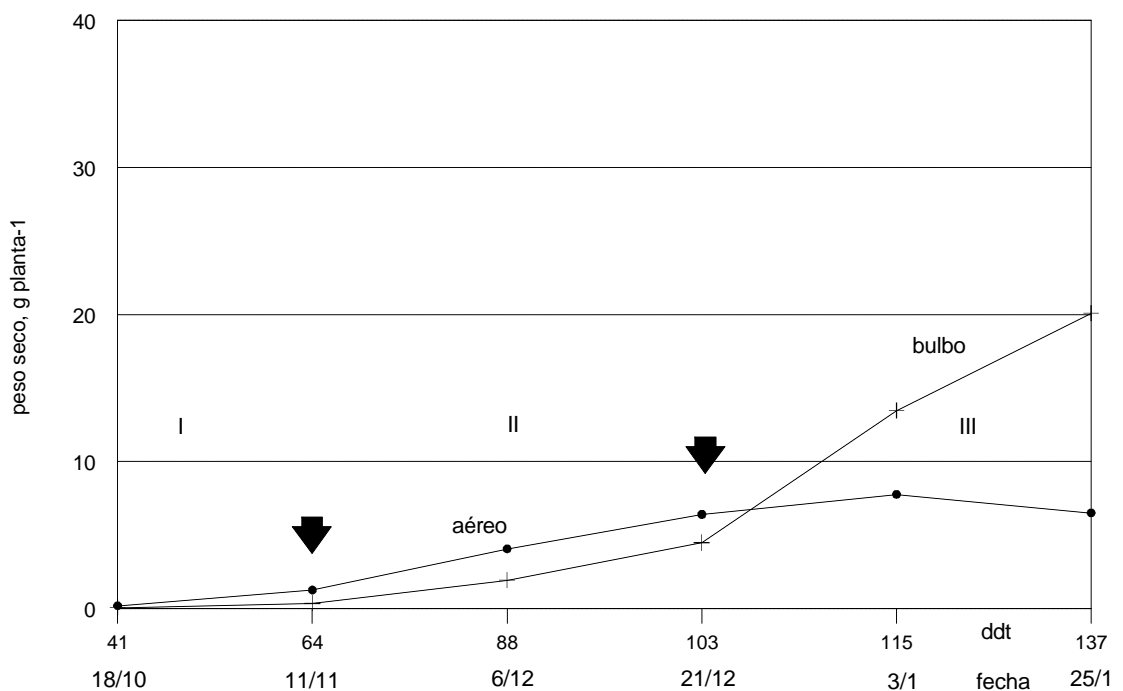


Figura 2.2 (1994-'95) Variación del peso seco aéreo y de bulbo durante el ciclo de cultivo de cebolla SWG. Media de tres tratamientos. Fases I, II y III.

En la fase I se determinó que el crecimiento del protobulbo fue insignificante, sólo aumentó el 1.8 % del peso que logra el bulbo en el momento de cosecha. La materia seca aérea aumentó casi linealmente con el tiempo, con una tasa promedio de $19.70 \text{ mg día}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ y alcanza en esta fase un 19 % de su peso máximo (figuras 2.2 y 2.3).

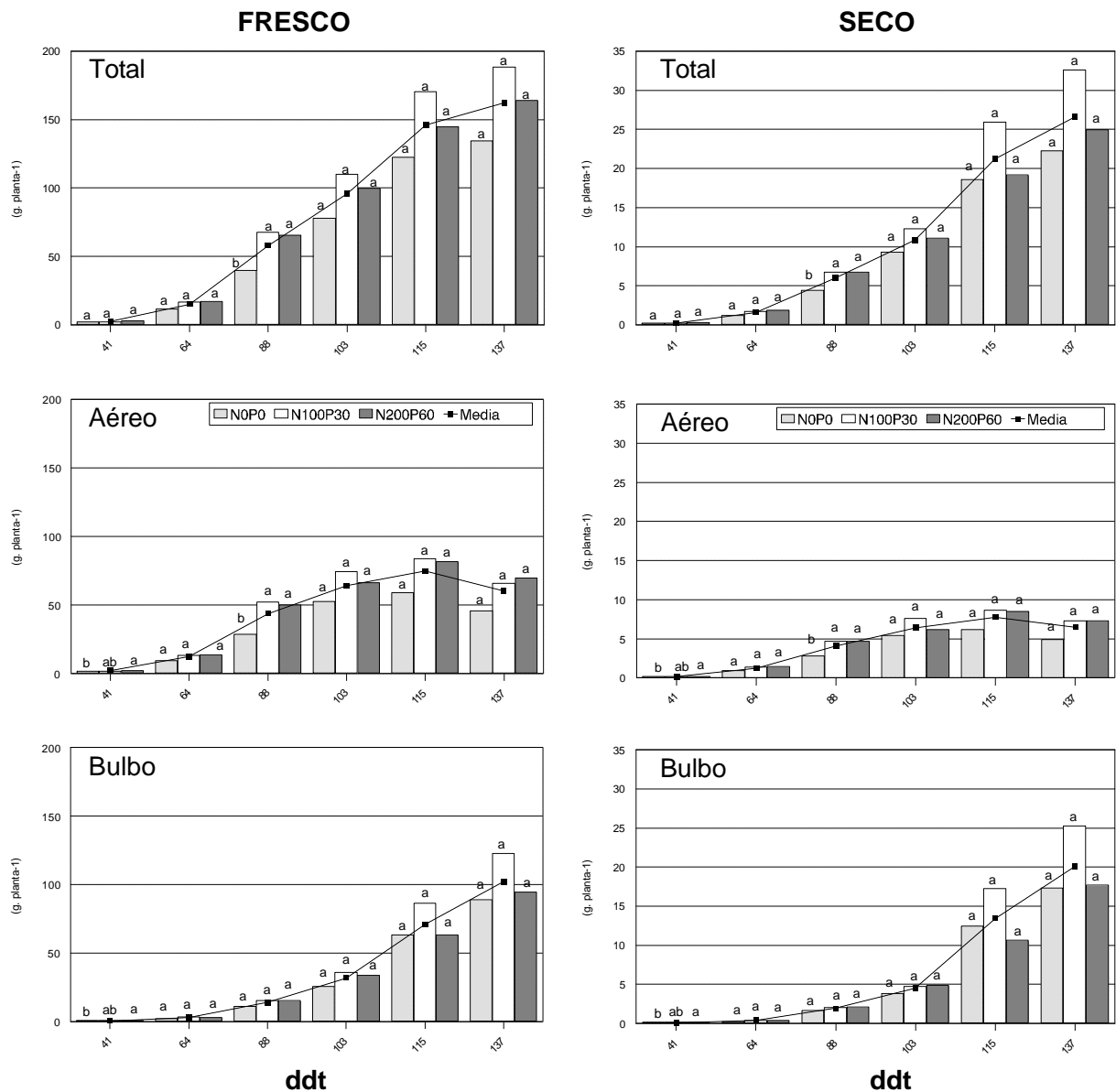


Figura 2.3 (1994-'95) Influencia de la fertilización sobre la producción de materia fresca y seca (g planta^{-1}), de la parte aérea, bulbo y total de cebolla SWG
Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativa-mente $P > 0.05$ (Tukey)

Según Brewster (1994) la tasa de crecimiento de las Alliaceas en esta primera fase es baja comparada con la mayoría de las especies cultivadas. Las plantas del género *Allium* están adaptadas a clima árido y continental muy frío y su canopia baja, crecimiento vegetativo lento, baja cantidad de raíces, etc., se consideran adaptaciones a esas condiciones de origen. La mayor diversidad de especies se considera su lugar de origen y es la zona de Afganistán, Turquía, Pakistán, Mongolia y Siberia. La cebolla es la de crecimiento más rápido dentro de la Alliaceas comestibles pero tiene una Tasa de Crecimiento Relativa (TCR) que es la mitad de la del repollo o lechuga. Esto signi-

fica que comenzando con el mismo peso y desarrollándose bajo las mismas condiciones, la cebolla va a demorar más tiempo para alcanzar el peso de una de ellas. Las velocidades absolutas de crecimiento se usan, habitualmente, para comparar tratamientos o aplicaciones durante la fase lineal de crecimiento. Sin embargo, en muchas ocasiones, y especialmente en las primeras etapas de desarrollo, es más lógico utilizar la velocidad relativa expresada en función de la cantidad de materia seca existente (Gregory 1992). Los resultados del ensayo muestran una diferencia en esta etapa, en cuanto a las TCR de los tratamientos de fertilización. La cebolla a los 41 ddt evidenció una TCR del conjunto hoja-bulbo o planta entera, en $g\ g^{-1}\ semana^{-1}$, de 0.25 (N0P0) y 0.28 (N100P30) y alcanza los máximos valores a los 64 ddt con 0.52 (N0P0) y 0.59 (N100P30) (figura 2.8).

En la figura 2.4 se puede observar la contribución en porcentaje de materia seca acumulada, en los diferentes destinos principales de fotoasimilados, sin considerar las raíces, a lo largo del ciclo en relación a la materia seca total de la planta. En esta fase la parte aérea registra el máximo porcentaje de peso (78 %) de la materia seca y sólo el 22 % corresponde al bulbo. Estos resultados coinciden con los de Khan (1980) quien trabajó en cebolla con ^{14}C para determinar el patrón de distribución del carbono en relación a los diferentes estados de la planta. Este autor señala que en esta fase temprana, la raíz, las hojas en crecimiento y el pseudotallo fueron los principales destinos de los carbohidratos, en orden decreciente. Actuaron como fuente de los mismos las partes basales de las hojas más viejas.

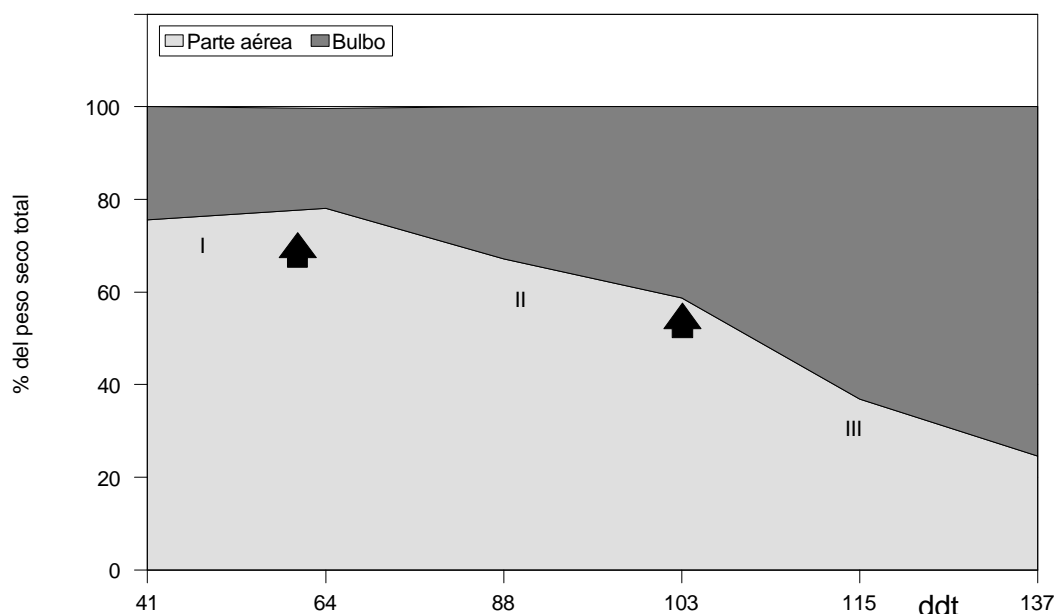


Figura 2.4 (1994-'95) Partición de materia seca aérea y bulbo, en porcentaje del total durante el ciclo de cebolla SWG. Media de tres tratamientos. Fases I, II y III.

Al finalizar esta fase la planta cuenta con 5 a 7 hojas y con un área foliar promedio de 166 cm² planta⁻¹ (figura 2.5).

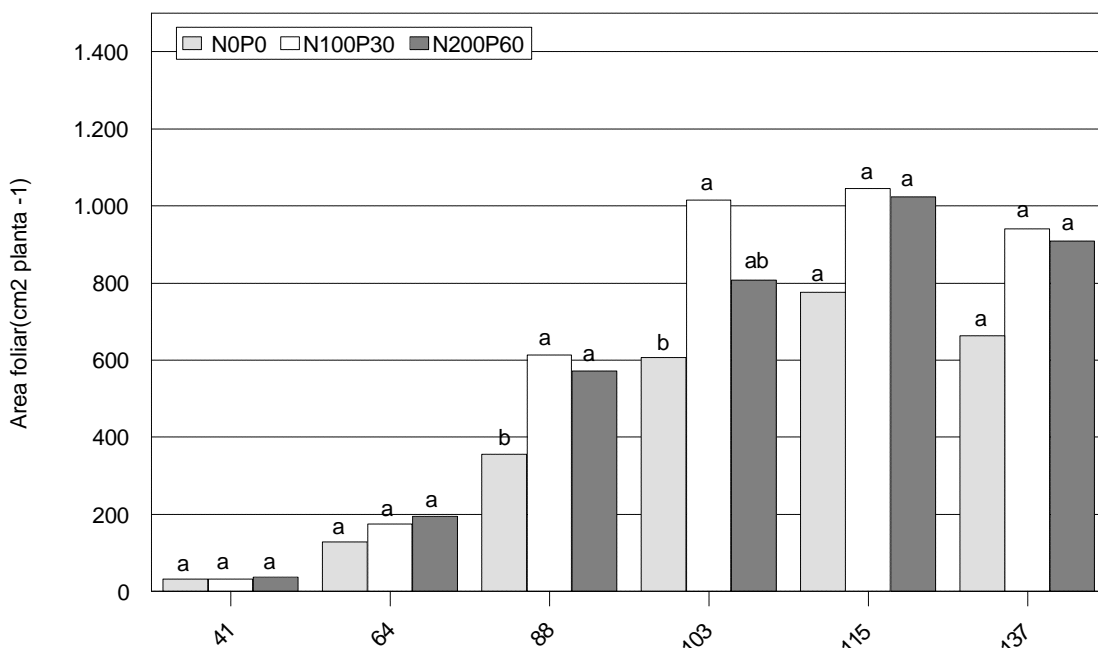


Figura 2.5 (1994-'95) Influencia de la fertilización sobre la superficie foliar (cm² planta⁻¹) en cebolla SWG.

Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

El porcentaje de sólidos totales de los bulbos no manifiesta diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de fertilización y alcanzan valores promedios de 11.4 % (figura 2.6).

El comienzo de la fase II -primeras semanas de noviembre- empieza con una significativa síntesis de biomasa aérea y de bulbo. Se observa con respecto a la etapa anterior que el bulbo comienza a ser un destino fuerte de fotoasimilados y que hay una continua declinación de la contribución de la materia seca de las hojas (58 %), en forma relativa, con respecto al peso seco total de la planta considerada como el 100 % de la materia seca y simultáneamente hay un incremento de la materia seca del bulbo (42 %) al mismo. La inducción de la bulbificación que se produce en esta fase es una respuesta a condiciones de fotoperíodo y temperatura. Cuando esto ocurre se produce un aumento de los carbohidratos no estructurales como la glucosa, fructosa y sacarosa junto con oligosacáridos, los fructanos, tanto en el pseudotallo como en las láminas de las hojas (Brewster 1994). Se sabe que todos ellos son los mayores componentes de la materia seca de los bulbos. Al mismo tiempo ha sido medida una disminución de la enzima que cataliza la conversión de la sacarosa a azúcares reductores como la glucosa y fructosa. Estos cambios ocurren antes de que sea visible la expansión del

bulbo (Lecari 1982). Para que las catáfilas del bulbo se hinchen se produce la hidrólisis de los fructanos a fructosa y glucosa. Esto producirá un aumento de la actividad osmótica de los solutos en las células de las catáfilas que absorben agua y así se produce la expansión celular (Dabyshire, Henry 1978). Según Dabyshire, Steer (1990) los cultivares de cebolla con altos sólidos totales tienen esta cualidad porque está controlada genéticamente su incapacidad de hidrolizar los fructanos a fructosa con lo cual se restringe la capacidad de las células de osmorregulación y se limita la absorción de agua.

La materia seca aérea absoluta aumenta a una tasa promedio de $132 \text{ mg día}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ como promedio para los tres tratamientos de fertilización. La Tasa de Crecimiento de las Hojas es fuertemente dependiente de la temperatura. En cebolla se consigna que ésta aumenta linealmente en un rango de 6 °C y 20 °C (Brewster 1994). Como se observa en las figuras 2.2 y 2.3, en esta fase comienza a manifestarse un incremento de peso seco aéreo y área foliar atribuible a la fertilización. Al finalizar esta etapa la planta tiene entre 9 y 10 hojas y un área foliar de $600 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ en el tratamiento testigo y entre 13 a 14 hojas y un área foliar de $1000 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ en el fertilizado (N100P30). El tratamiento N200P60 resultó intermedio. Como se sabe, el rendimiento de bulbos de cebolla está relacionado con la cantidad de luz interceptada por la canopia del cultivo. En este ensayo se verifica que la fertilización con 100 kg N ha^{-1} produjo, en esta etapa, el doble de área foliar que el tratamiento testigo sin fertilizar.

En esta fase, el bulbo aumenta un 20 % de su peso final. Comienza a notarse un crecimiento diferencial de los bulbos según los diferentes tratamientos de fertilización, aunque sus diferencias no resultan estadísticamente significativas (figura 2.3). Khan (1981) determina que a los 71 ddt se produce un cambio en el patrón de distribución de los fotoasimilados. El bulbo comienza a ser un destino fuerte el cual importa entre el 15 % y 28 % de los asimilados marcados desde las hojas. Le siguió el pseudotallo con 10 % y 15 % del C marcado y las hojas más jóvenes con el 9 % y 12 % . Las raíces importaron sólo el 2 % y 4 %, y como destinos de poca significancia actuaron el disco o tallo verdadero y las hojas más viejas. Es importante destacar, según el autor, que las hojas fuentes retuvieron, en esta etapa, cerca del 50 % de sus carbohidratos.

El porcentaje de sólidos totales de los bulbos aumentó con respecto a la fase anterior y llegó a 13 y 14 %, pero sin presentar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (figura 2.6).

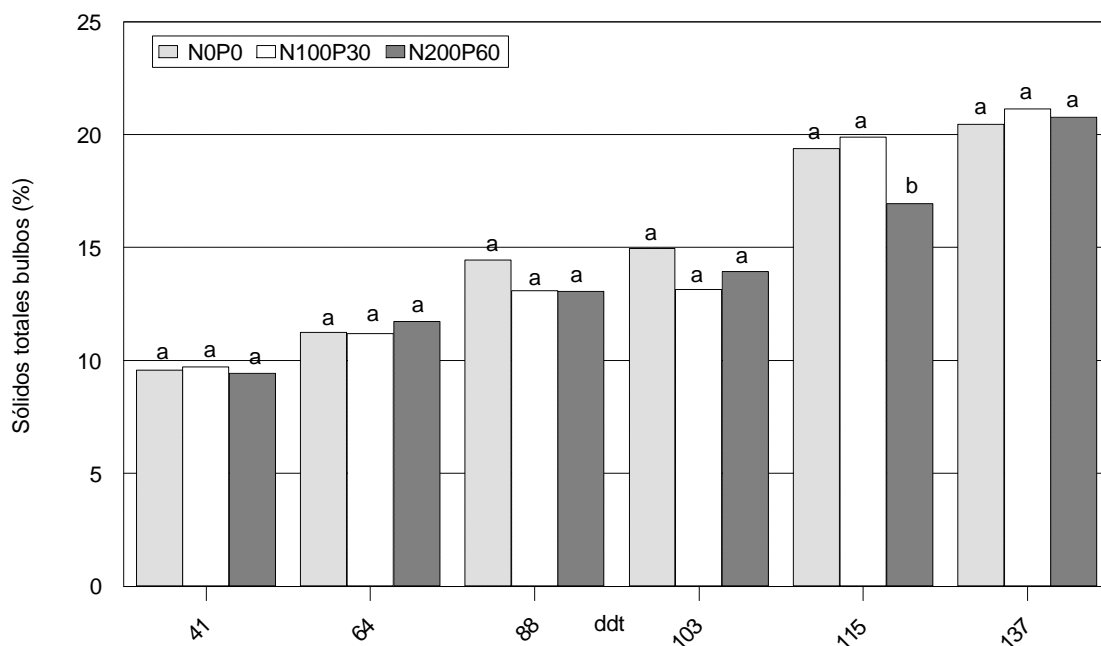


Figura 2.6 (1994-'95) Efecto de la fertilización sobre la evolución del porcentaje de sólidos totales (%), en bulbos de cebolla SWG a lo largo del ciclo de cultivo
Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

En la fase III el crecimiento y «llenado» de bulbos se realiza a un ritmo constante y elevado (figuras 2.2 y 2.3), desde mediados de diciembre y hasta el momento de cosecha, fines de enero. La tasa promedio de crecimiento de bulbo de los diferentes tratamientos de fertilización fue de $459 \text{ mg día}^{-1} \text{ planta}^{-1}$. El bulbo aumenta en este período un 78 % de su peso final. La tasa de crecimiento entre tratamientos, medida a través del incremento en gramos de peso seco de bulbos por planta por tiempo, se hace muy notable, aunque las diferencias de la materia seca total acumulada en el bulbo al final del ciclo no resultaron estadísticamente significativas, probablemente por la gran variabilidad entre repeticiones. Khan (1980) verifica que a los 112 ddt el bulbo monopoliza la importación de fotoasimilados marcados con ^{14}C . El bulbo de cebolla se forma por una expansión de las hojas de la base o catáfilas debido al movimiento de carbohidratos a ese órgano de reserva, desde las láminas de las hojas verdes. Mann (1983) trabajó con el cultivar *Soutport White Globe* y determinó que en esta fase de crecimiento la mitad del total de los fotosintatos producidos por una hoja o lámina son retenido en su base o catáfila. El resto es exportado a otras catáfilas internas sin superficie fotosintetizante. También encontró que las catáfilas con hojas verdes se autoabastecen, pero si se les extrae la lámina, en 24 horas se convierten en importadoras de fotoasimilados.

Se pudo comprobar en este ensayo que el porcentaje de sólidos totales aumenta un 30 % con respecto a la fase anterior, alcanzando valores promedios entre 20 % y 21 % (figura 2.6). Las medias entre tratamientos no dieron diferencias estadísticamente significativas.

Simultáneamente con este proceso en los bulbos comienza la senescencia de la parte aérea, disminuye en forma significativa su materia seca y por lo tanto también su área foliar. En el momento de cosecha la parte aérea sólo contribuye con el 22 % al peso total de la planta hasta que la planta se «entrega» vuelca y este hecho determinó el momento oportuno de cosecha.

El aérea foliar (figura 2.7) tuvo un comportamiento de relación lineal positiva con su peso fresco y seco, a lo largo del ciclo vegetativo. La ecuación obtenida, para $n = 71$ y $r^2 = 0.98$ resultó ser : Área foliar (cm^2) = $16.82 + 12.31$ Peso fresco aéreo (g).

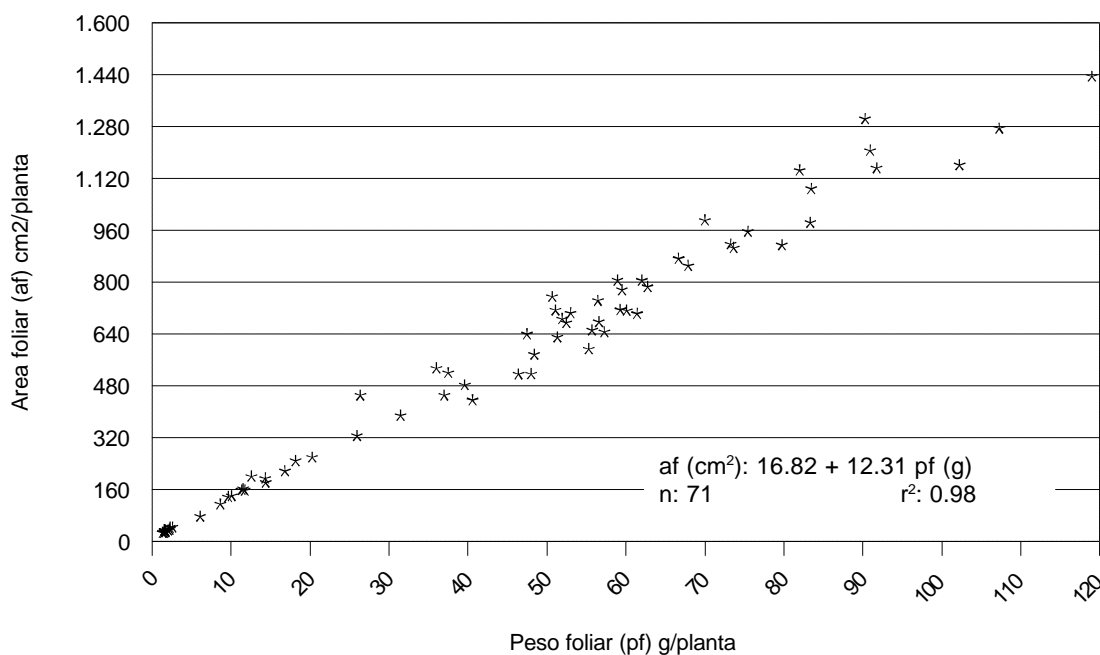


Figura 2.7 (1994-'95) Relación entre área foliar y peso foliar, en cebolla SWG

La Tasa de Crecimiento Relativa (TCR) representa la eficiencia de crecimiento en cierto período del ciclo relacionado con la materia seca presente en ese período considerado. Diferencias en TCR pueden ser debidas a componentes fisiológicos, como la Tasa de asimilación Neta (TAN), la cual representa el balance entre la tasa de fotosíntesis y la respiración de la planta completa, y también puede ser debida a un componente morfológico, la Relación de Área Foliar (RAF) (Lambers, 1987). La TCR de la planta entera alcanza un valor, en $\text{g g}^{-1} \text{ semana}^{-1}$ de 0.25 (N0P0) y 0.28 (N100P30) en

el lapso posterior al trasplante y aumenta a un máximo al final de la fase I y comienzo de la fase II a 0.52 (N0P0) y 0.59 (N100P30) en coincidencia con el máximo crecimiento foliar (figura 2.8). Posteriormente declina y vuelve a aumentar durante la fase III de «llenado de bulbo». Se verifica que la fertilización produce un aumento de la TCR en los períodos de máxima TCR (41- 64 ddt y 103 - 115 ddt), aunque sus diferencias no resultaron estadísticamente significativas con respecto al testigo.

La Tasa de Asimilación Neta (TAN) sigue una evolución general similar a la TCR. Presenta el máximo valor al final de la fase I, con valores en $g\ dm^{-2}\ semana^{-1}$, de 0.42 (N0P0) y 0.54 (N100P30). Posteriormente desciende y vuelve a aumentar en el período de 103 - 115 ddt, a 0.69 (N0P0) y 0.74 (N100P30). Se verifica que en ambos períodos considerados la TAN del tratamiento fertilizado superó a los del testigo no fertilizado, aunque sus diferencias no fueron estadísticamente significativas.

La Relación de Área Foliar (RAF) disminuye con el avance del ciclo vegetativo, siendo mayor en el inicio, debido a una mayor área de láminas con relativamente pequeña cantidad de biomasa acumulada por la planta. Con el avance del crecimiento se acumula biomasa y el RAF disminuye. En la segunda fase de desarrollo (entre 64 - 88 ddt y 88 - 103 ddt), las plantas del tratamiento fertilizado (N100P30) despliegan mayor superficie de hojas por gramo de biomasa de la planta que el testigo sin fertilizar. Esto demuestra que en este estadio las plantas fertilizadas tienen menor «carga» de biomasa no fotosintetizante por unidad de área fotosintética, que las del tratamiento testigo sin fertilizar.

Considerando la variación general de la TCR parece evidente que tal índice está influenciado de modo prevalente por la TAN aunque en cierto período (final de la fase II que coincide con la de máximo crecimiento foliar) hay una influencia del RAF.

A lo ya expuesto sobre este aspecto cabe hacer una reflexión sobre la influencia de la fertilización sobre la TCR. Está demostrado que la tasa de fotosíntesis, que a su vez influye sobre la TAN, está correlacionada con la concentración de compuestos nitrogenados en las hojas (Evans 1983, Hunt *et al.* 1985). Esta correlación está explicada por el hecho de que el 75 % de todo el nitrógeno de las células del mesófilo de las plantas C3 está asociado con la fotosíntesis (Evans 1984). Por otro lado, se sabe que el rendimiento de un cultivo está relacionado con la cantidad de radiación interceptada por el follaje y que es función del área foliar atravesada. La fertilización con nitrógeno promueve el crecimiento foliar. En relación con estos dos aspectos se puede concluir que la fertilización influye tanto en los componentes fisiológicos como morfológicos en el aumento de la TCR de la planta .

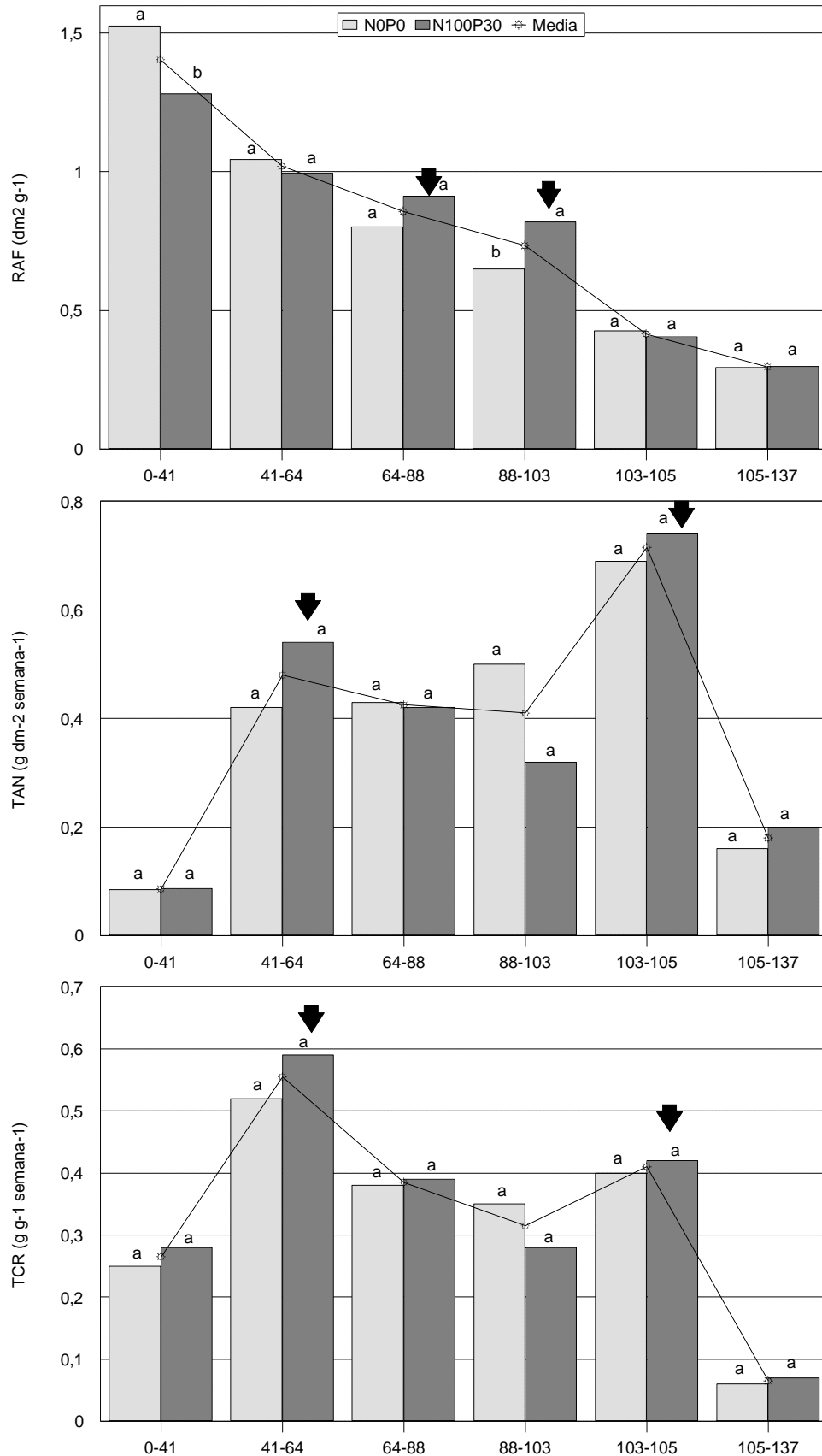


Figura 2.8 (1994-'95) Influencia de la fertilización sobre la Relación de Área Foliar (RAF), la Tasa de Asimilación Neta (TAN) y la Tasa de Crecimiento relativo (TCR) en cebolla SWG. Medias en un mismo lapso con la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

3.1.2 Ciclo 1995-1996

En la figura 2.9 se ha representado la evolución con el tiempo del peso seco aéreo y de bulbo, promedio de los cuatro tratamientos.

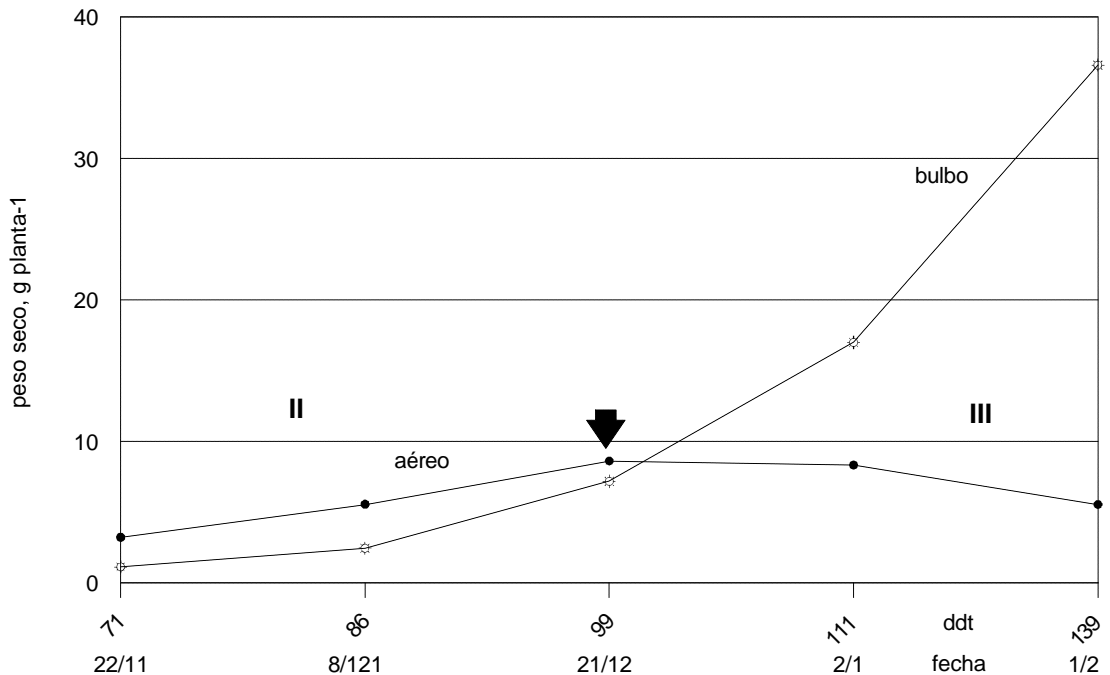


Figura 2.9 (1995-'96) Variación del peso seco aéreo y de bulbo durante el ciclo de cultivo de cebolla SWG. Media de cuatro tratamientos. Fases II y III

El muestreo en este caso se inició en la fase II de desarrollo -mediados de noviembre-. Durante esta fase que dura treinta días aproximadamente, se observa una significativa síntesis de materia seca aérea y de bulbo (figura 2.10). En la figura 2.11 se aprecia la contribución de la parte aérea y bulbo al peso seco total de la planta en cada una de las fechas de muestreo. Se constata que hay una declinación de la materia seca aérea y un incremento de la del bulbo. El porcentaje correspondiente a cada uno de ellos coincide con el observado al final de esta fase en el ensayo 94-95.

La materia seca aérea absoluta aumenta en esta etapa a una tasa promedio de $192.8 \text{ mg día}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ como promedio para los cuatro tratamientos. Se verifica que en la fase II comienza un crecimiento diferencial de la parte aérea, evaluada a través de su peso y área foliar, atribuible a los diferentes tratamientos de fertilización. A los 86 ddt hay un incremento de peso seco aéreo y área foliar de los tratamientos fertilizados con respecto al testigo no fertilizado. Sus diferencias de medias resultaron

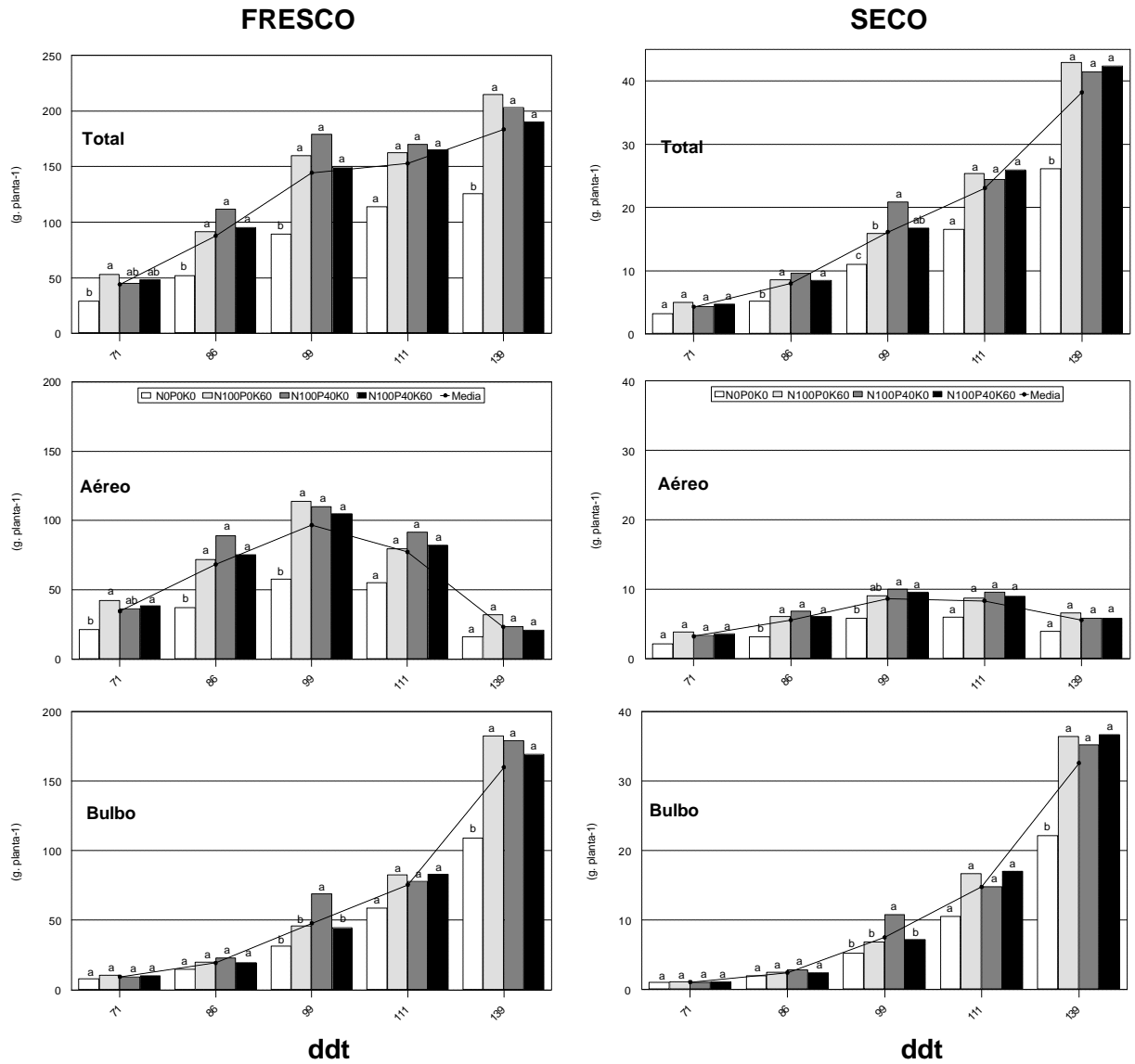


Figura 2.10 (1995-'96) Influencia de la fertilización sobre la producción de materia fresca y seca (g planta⁻¹), de la parte aérea, bulbo y total de cebolla SWG
Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente P > 0.05 (Tukey)

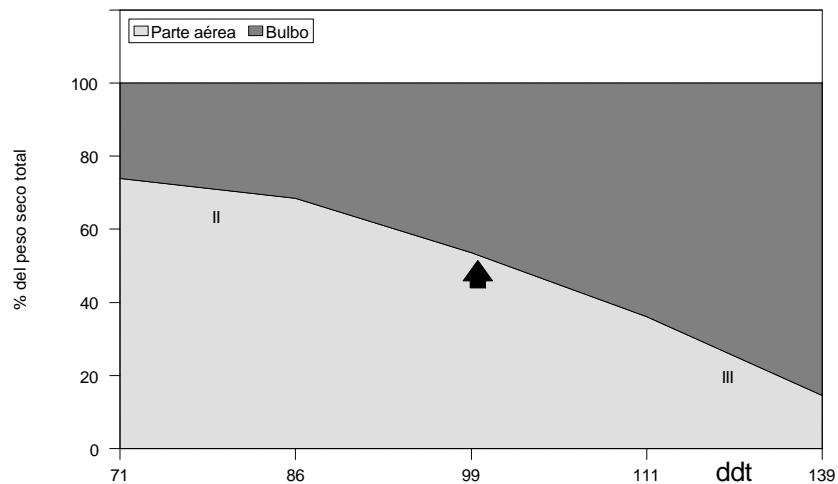


Figura 2.11 (1995-'96) Partición de materia seca aérea y bulbo, en porcentaje del total durante el ciclo de cebolla SWG. Media de cuatro tratamientos. Fases II y III

estadísticamente significativas al 5 %. Al finalizar esta etapa (99 ddt) las plantas presentaron un área foliar de 730 cm² planta⁻¹ en el testigo y 1364 cm² planta⁻¹ como promedio en los tratamientos fertilizados (figura 2.12).

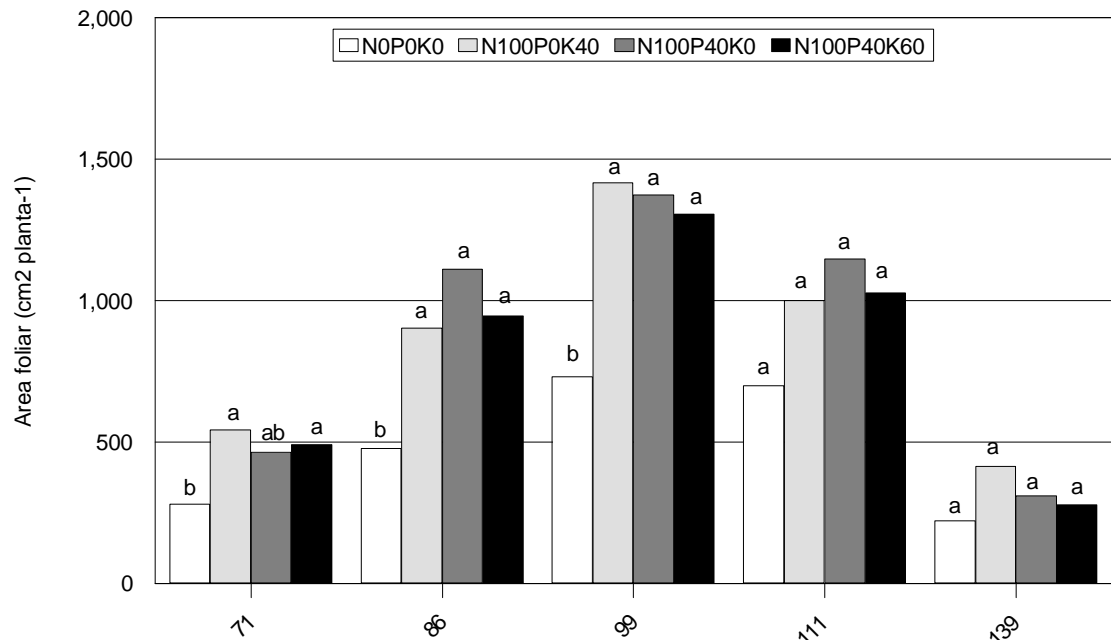


Figura 2.12 (1995-'96) Influencia de la fertilización sobre la superficie foliar (cm² planta⁻¹) en cebolla SWG
Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente P > 0.05 (Tukey)

Es importante destacar que en los tres tratamientos de fertilización se aplicó 100 kg N ha⁻¹ y que entre ellos no hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a desarrollo de área foliar pero sí con respecto al testigo no fertilizado. En esta etapa el bulbo aumentó sólo un 20 % de su peso final. Comienza a insinuarse un crecimiento diferencial de los bulbos según los diferentes tratamientos, que se acentúa al final de la misma. El tratamiento testigo resultó el de menor peso seco de bulbo. Estas apreciaciones coinciden con lo observado durante el ciclo 94-95. Los porcentaje de sólidos totales de los bulbos aumentan progresivamente y llegan a los 99 ddt entre 15 % y 16 %, pero no se verifican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (figura 2.13).

En la fase III hay un importante aumento de peso seco de los bulbos. Las diferencias entre la tasa de crecimiento de los bulbos de los distintos tratamientos de fertilización se hace muy notable (figura 2.10). Mientras que en el testigo fue de 422 mg día⁻¹ planta⁻¹, en los fertilizados su promedio fue de 736 mg día⁻¹ planta⁻¹. Las diferencias de medias de peso seco de bulbos entre tratamientos testigos y fertilizados resultaron estadísticamente significativas a nivel de 5 %. El porcentaje de sólidos totales aumen-

ta con respecto a la fase II y alcanza en el momento de cosecha valores promedio de 20 % y 21 %. Las medias entre tratamientos no dieron diferencias estadísticamente significativas (figura 2.13). Simultáneamente se manifiesta una marcada disminución del peso seco aéreo y del área foliar. En el momento de cosecha, la parte aérea sólo contribuye con el 17 % al peso seco total de la planta.

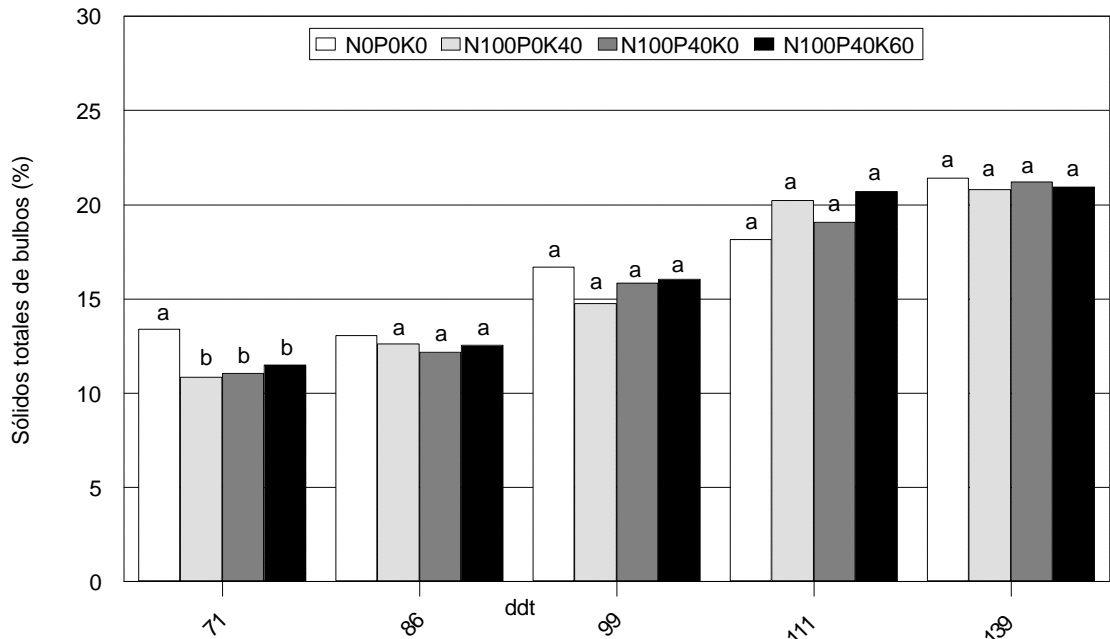


Figura 2.13 (1995- '96) Efecto de la fertilización sobre la evolución del porcentaje de sólidos totales en bulbos de cebolla SWG a lo largo del ciclo de cultivo
Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

La máxima TCR en relación con la materia seca presente se da en el período de 71 y 99 ddt y en coincidencia con la máxima TAN (figura 2.14). El aumento de la TAN al final del período no se debe a una mayor eficiencia fotosintética en este período sino al gran incremento de peso seco del bulbo y la significativa disminución del de las hojas, lo que hace aumentar esa relación. La figura 2.12 muestra cómo la superficie foliar al final de este ciclo es muy baja comparada con la del ciclo anterior. Este hecho puede ser debido a que el cultivo estuvo más «entregado» en el momento de cosecha.

También en relación con las características del área foliar puede comprobarse lo señalado para el ciclo 94-95. El RAF disminuye con el avance del ciclo y se vuelve a comprobar que en la fase II de desarrollo (entre 71 ddt y 88 ddt), el RAF de las plantas del tratamiento fertilizado fue mayor que las del testigo. A pesar de que sus diferencias no resultaron estadísticamente significativas hay un evidente mayor índice en las plantas fertilizadas.

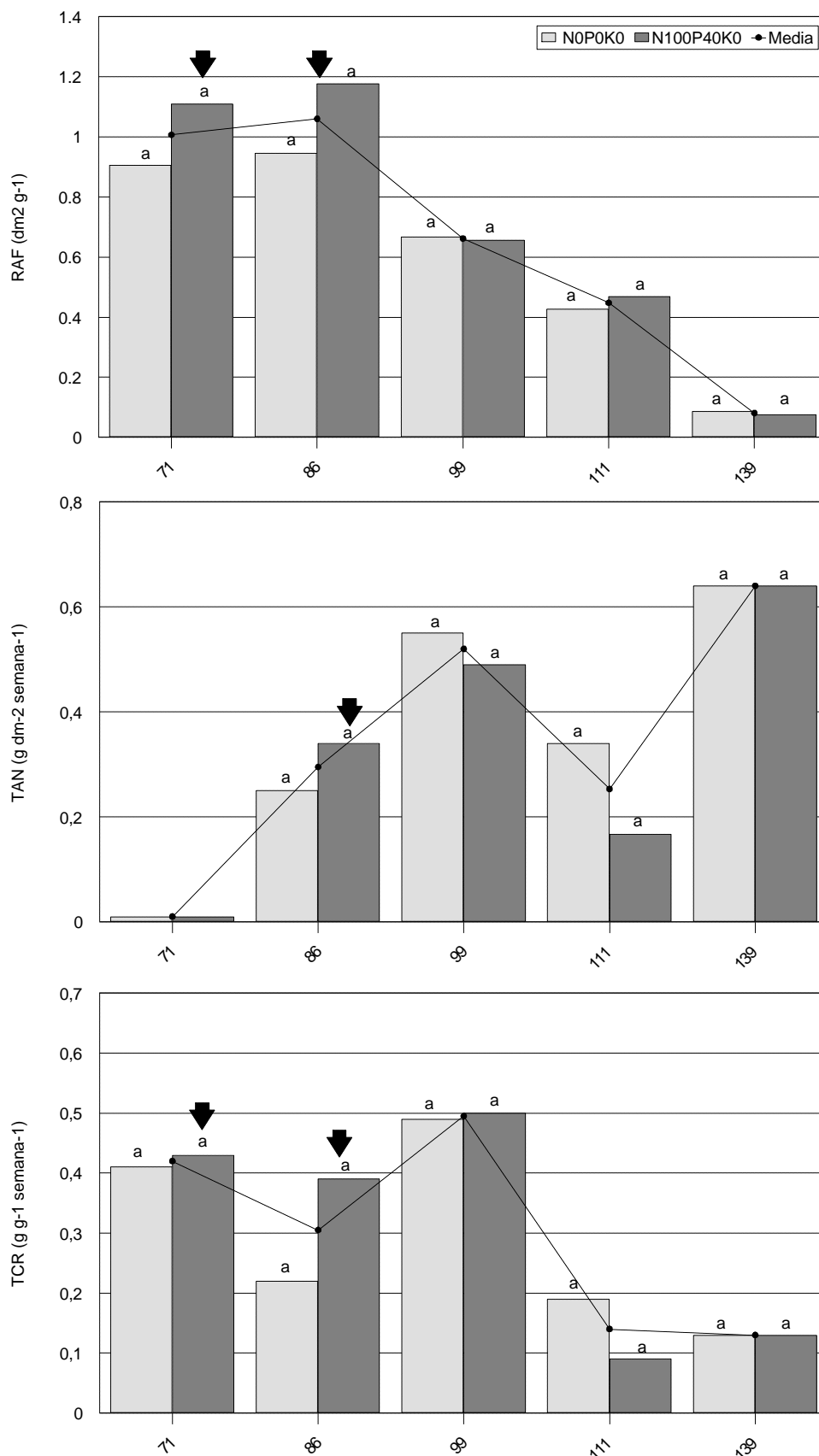


Figura 2.14 (1995-'96) Influencia de la fertilización sobre la Relación de Area Foliar (RAF), la Tasa de Asimilación Neta (TAN) y la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en cebolla SWG. Medias en un mismo lapso con la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

En este segundo ciclo de ensayo se verifica un comportamiento evolutivo general similar de materia seca aérea y de bulbo, con respecto a ciclo 1994-1995. Es importante destacar que en ambos ensayos se manifiesta, a partir de los 86 ddt, un efecto notable de mayor producción de biomasa foliar por acción de los tratamientos de fertilización. Como se ha indicado anteriormente, gran parte de los fotosintetizados se emplean durante el crecimiento del bulbo, por lo que tanto el buen desarrollo del área foliar como la persistencia de las hojas verdes presenta una influencia importante sobre el rendimiento de cosecha.

3.2 Parámetros tisulares de valor diagnóstico y ritmo de extracción de elementos nutritivos

3.2.1 Nitrógeno

3.2.1.1 Ciclo 1994-1995

La evolución con el tiempo de los tenores foliares y de bulbo de nitrógeno según los tratamientos considerados se presenta en la figura 2.15.

La concentración foliar es elevada en la fase I de desarrollo del cultivo (entre 3.6 % y 3.8 %) y luego desciende hasta el momento de cosecha. Durante esta fase la concentración en el bulbo, que es menor que en las hojas, se encuentra entre 2.3 % y 2.6 % , para (T): (N0P0) y (F): (N100P30) respectivamente.

Durante la fase II (64 -103 ddt), de máximo crecimiento foliar, hay una marcada disminución de los tenores de N en hojas con respecto a la fase anterior, de 3.6 % a 2.65 % (T) y de 3.65 % a 2.68 % (F). Entre los 88 ddt y los 103 ddt el tratamiento fertilizado tuvo un 10 % más de concentraciones foliares que el testigo sin fertilizar, aunque sus diferencias no fueron estadísticamente significativas. En el bulbo también se observa una disminución pronunciada de su concentración y a los 103 ddt se alcanzan valores de 0.95 % y 1.18 % de N, en el (T) y (F), respectivamente.

La fase III -caracterizada por una acentuada senescencia de las hojas- muestra una disminución de la concentración de N foliar que alcanzan en el momento de cosecha valores de 1.90 % y 2.10 %, en (T) y (F), respectivamente. El bulbo, con un gran ritmo de crecimiento, aumenta en esta etapa con respecto a la anterior su concentración a valores de 1.92 % (T) y 2.12 % (F) en el momento de cosecha.

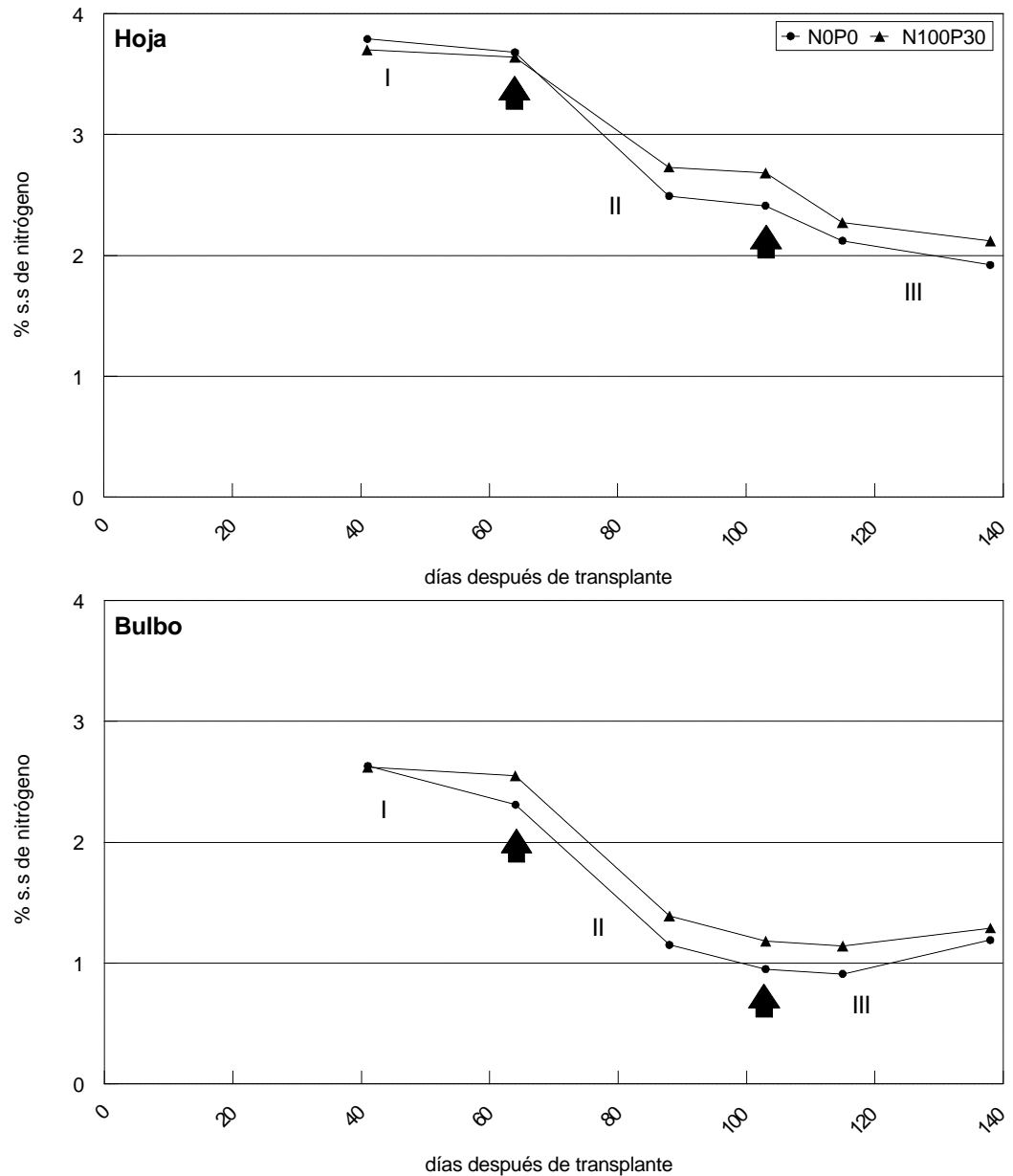


Figura 2.15 (1994-'95) Variación de la concentración de N foliar y en bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG

Las diferencias de medias para un mismo día de muestreo no fueron significativas $P > 0.05$ (Tukey)

Según Buwalda (1986) en otra Alliácea -como es el ajo- el crecimiento del bulbo depende más del desarrollo del área foliar que de la concentración de N en el bulbo.

En un ensayo de fertilización de cebolla, Minotti, Stone (1988) encontraron que la aplicación de 112 kg N ha^{-1} produjo concentraciones en un rango de 2.46 % - 3.45 % de N total, en hojas muestreadas a mitad del ciclo. Mientras que donde no fue aplicado varió entre 1.85 % - 2.81 %. Maier *et al.* (1990) observaron que la concentración en los tejidos de las hojas más jóvenes recientemente expandidas, de un cultivo de cebolla se incrementó con las dosis de N aplicado y los valores

obtenidos fueron similares a los citados por Minotti, Stone (1988). Definieron a través de los resultados obtenidos en su trabajo, que el rango crítico de nutrientes (RCN) (Dow, Roberts 1982) para la cebolla del cv. *Cream Gold*, fueron de 2.4 % - 2.9 % de N foliar total. Dentro de ese RCN las respuestas a la aplicación de N eran poco probable.

Las comparaciones entre los RCN del trabajo de Maier *et al.* (1990) y otros trabajos publicados a veces son difíciles por las diferencias en el momento del ciclo muestreado. Por ejemplo, Zink (1966) informa que concentraciones de N total en planta entera del cv *Southport White Globe*, en el rango de 3.2 % - 4.2 %, muestreadas en un momento temprano del ciclo, fueron adecuadas para el crecimiento de la cebolla. En cambio, Piggott (1986) publica que para obtener máximas cosechas se requieren concentraciones de N total, en hojas maduras recientemente expandidas y bulbos, de 1.3 % y 1 %, respectivamente. Estas diferencias sugieren la necesidad de definir cuidadosamente tanto el tejido muestreado como el momento del mismo, para asegurarse un correcto diagnóstico a través de esta técnica. En nuestro ensayo, si tomamos como fecha oportuna de muestreo el de máximo crecimiento foliar (103 ddt), los valores de N total foliar de 2.41% (T) y 2.68% (F) están dentro del RCN citado por Maier *et al.* (1990). Los valores adecuados en el tratamiento testigo, sin fertilizar con N, podrían deberse a los relativamente buenos contenidos de N total (cuadro 2.1) en el suelo (ca. 990 mg kg⁻¹).

En la figura 2.16 se ha representado la relación entre el índice de cosecha (IC) (peso seco bulbo/peso seco aéreo) y las concentraciones foliares y de bulbos.

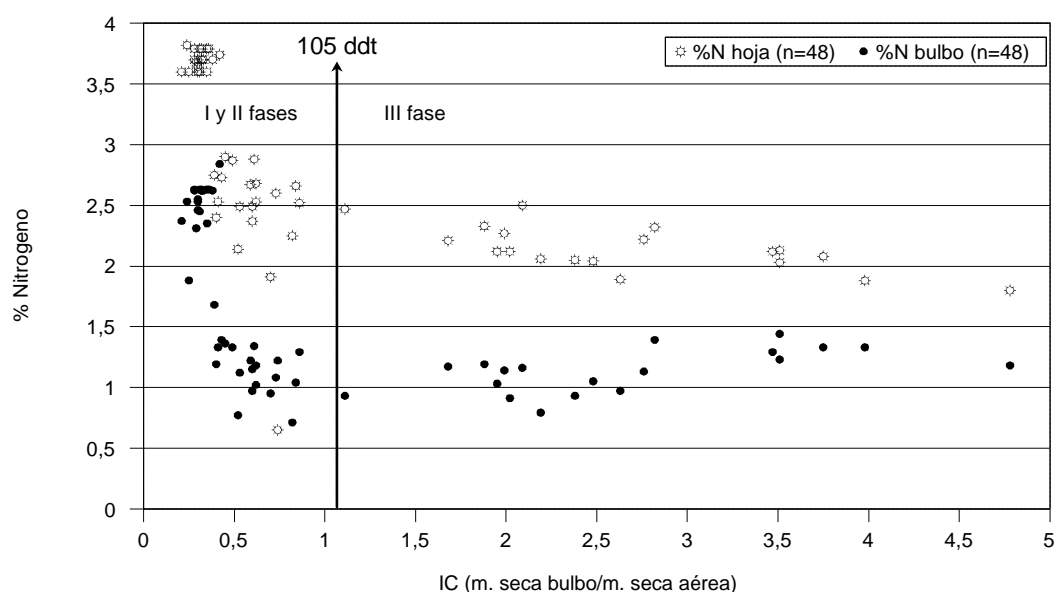


Figura 2.16 (1994-'95) Variación de la concentración de N (%) foliar y de bulbo vs. índice de cosecha (IC)

Se constata que en la fase I y II el IC varía muy poco mientras que las concentraciones foliares y de bulbos disminuyen casi a la mitad, mientras que en la fase III, es decir cuando el bulbo comienza a ser un destino fuerte de asimilados, el IC aumenta casi cuatro veces y las concentraciones casi se mantienen sin variación.

En la figura 2.17 se presentan las acumulaciones de N de la parte aérea, bulbo y la suma de ambas, expresadas en mg planta⁻¹, a lo largo del ciclo.

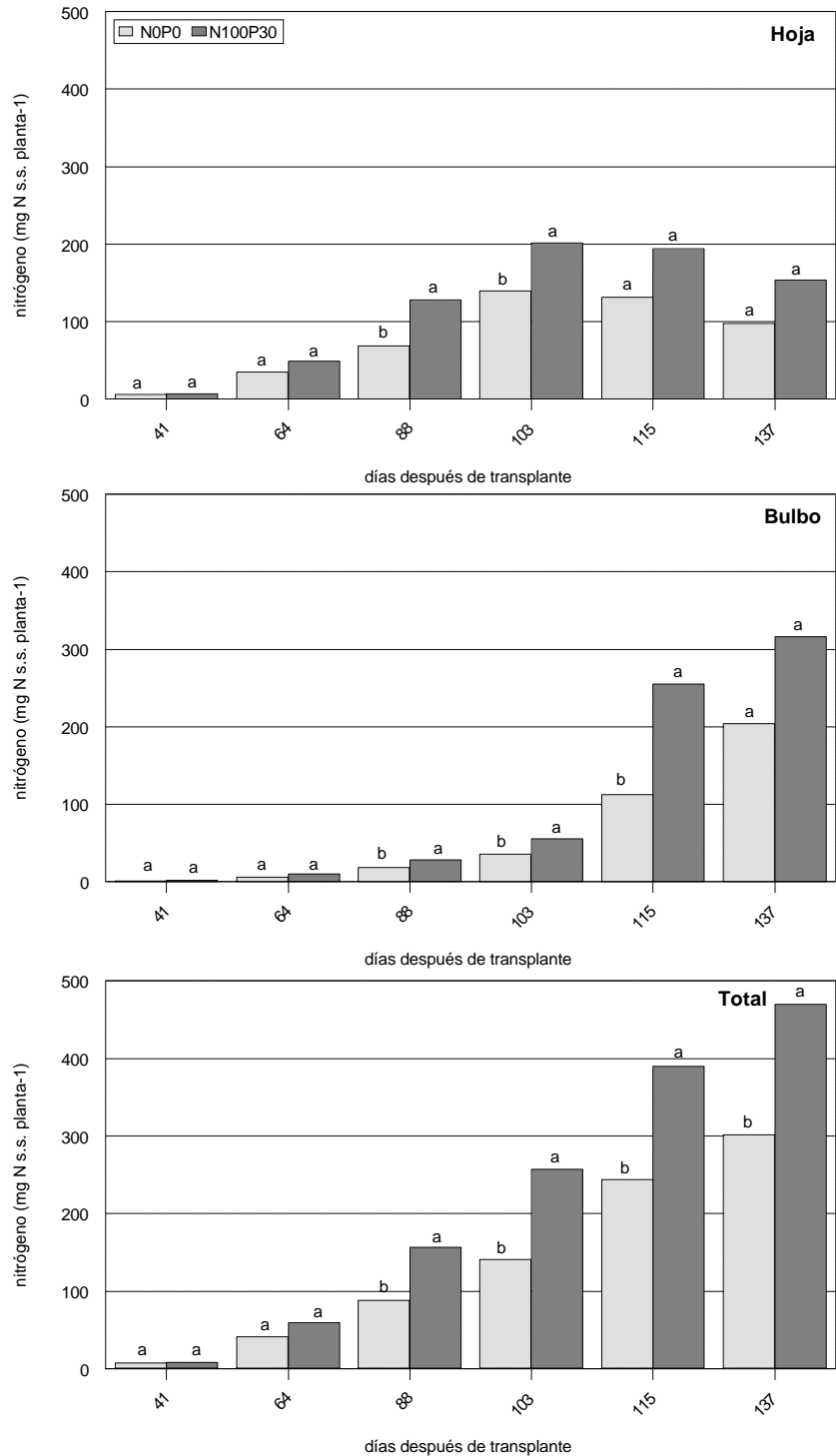


Figura 2.17 (1994-'95) Influencia de la fertilización sobre la absorción de nitrógeno (mg N s.s. planta⁻¹) en cebolla SWG

Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

Se observa que en general sigue la evolución de la materia seca y que la tasa de absorción es muy lenta en la fase I y aumenta significativamente en la fase II. En esta última la tasa de acumulación de N en las hojas fue a razón de 2.69 mg N día⁻¹ planta⁻¹ (T) y de 3.90 mg N día⁻¹ planta⁻¹ (F). Luego, en la fase III la acumulación de N en hojas disminuye hasta la cosecha como resultado de la migración del elemento hacia los bulbos. En los bulbos se acumula el N a una tasa de 4.9 mg N día⁻¹ planta⁻¹ (T) y 7.6mg N día⁻¹ planta⁻¹ (F).

La migración y acumulación de N desde las hojas hacia el bulbo, calculadas por la pérdida de N que experimentan las hojas desde el final de la fase II y hasta cosecha y la ganancia que experimenta el bulbo, es sólo de 18 % (F) y 25 % (T). Esto coincide con Bertoni *et al.* (1988) quienes determinaron en ajo que la ganancia que experimentó el bulbo en N provino sólo un 28 % de las hojas. Los autores hipotetizan sobre la posibilidad de que el resto del N acumulado en el bulbo durante esta última fase provenga o bien de una removilización desde la raíz o de una absorción tardía de N del suelo.

3.2.1.2 Ciclo 1995-1996

El comportamiento evolutivo de los parámetros determinados fue similar al del ciclo 94-95, independientemente de que dichos parámetros alcanzaran valores diferentes dependiendo del tratamiento, (T): (N0P0K0) y (F):(N100P40K0), y/o condiciones edafoclimáticas.

La fertilización tuvo un efecto positivo sobre la concentración de N en las hojas (figura 2.18) durante todo el ciclo analizado, pero es entre los 99 ddt y 111 ddt cuando las diferencias se hacen estadísticamente significativas, con tenores de 1.75 % (T) y 2.65 % (F) y 1.71 % (T) y 2.10 (F), respectivamente. El tratamiento testigo sin fertilizar tiene contenidos de N en hojas bajos, no están en el RCN según el criterio de Maier *et al.* (1990). Los contenidos de N total en el suelo (cuadro 2.1) en este ciclo de ensayo fue sensiblemente menor (ca. 600 mg kg⁻¹) que el anterior y síntomas visuales en cuanto a color del follaje verde pálido observados coinciden con los bajos tenores foliares.

Los bulbos de las plantas fertilizadas presentaron mayores concentraciones durante todo el ciclo pero sus diferencias de medias fueron significativas sólo en el momento de cosecha.

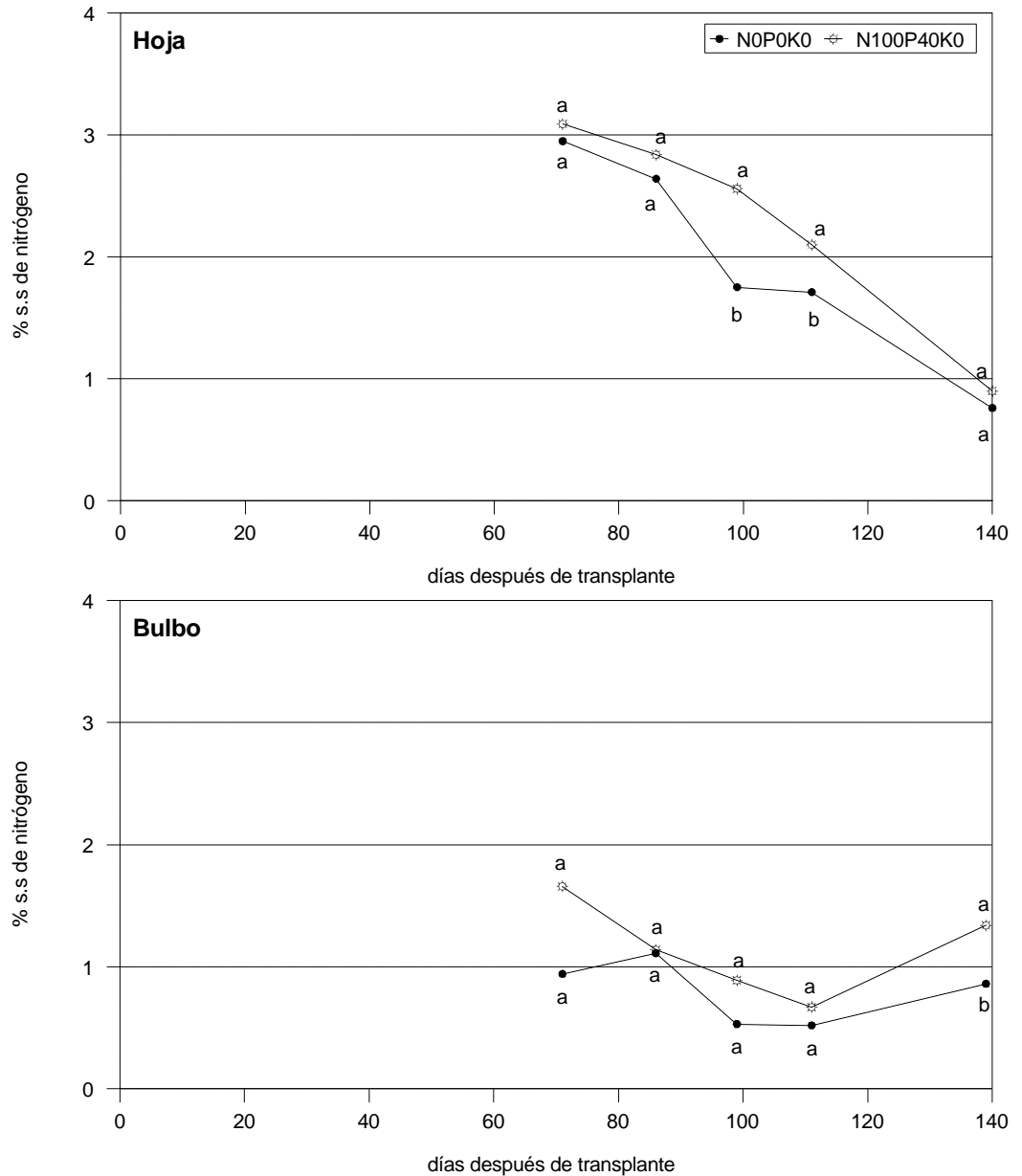


Figura 2.18 (1995-'96) Variación de la concentración de N foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG
Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

Entre los 71 ddt y los 99 ddt (II fase) la tasa de acumulación de N en hojas fue de $1.8 \text{ mg N día}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ (T) y de $6.8 \text{ mg N día}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ (F) (figura 2.19). En este último caso, a pesar de que la fertilización nitrogenada fue con la misma dosis, la tasa de absorción y acumulación de N en hojas fue sensiblemente superior a la alcanzada en el ensayo del ciclo anterior. Esta mayor acumulación probablemente produjo un aumento, con respecto al ciclo anterior, de la cantidad de N acumulado en el bulbo y el mayor rendimiento total de bulbos obtenido en este ensayo.

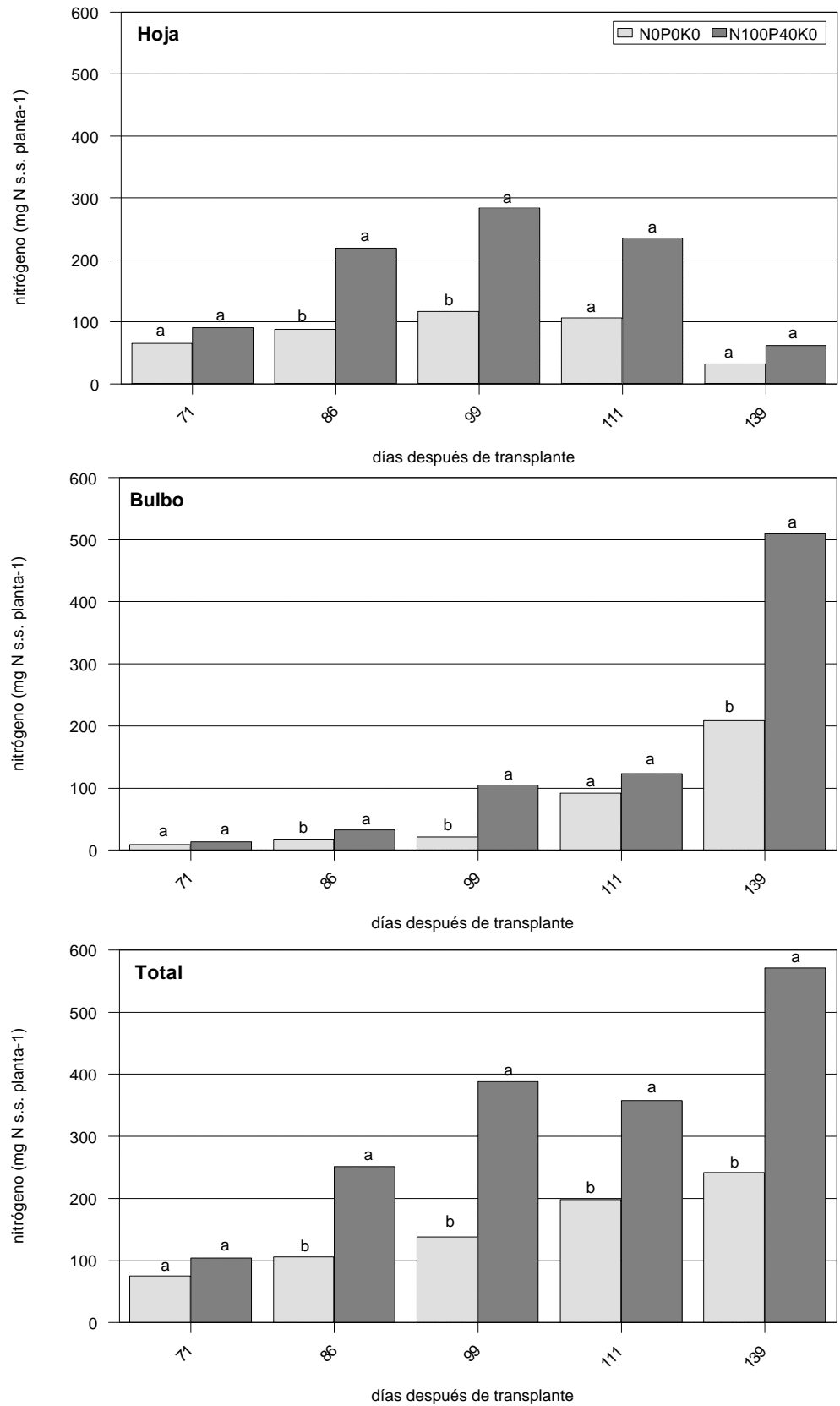


Figura 2.19 (1995-'96) Influencia de la fertilización sobre la absorción de nitrógeno (mg N s.s. planta⁻¹) en cebolla SWG
 Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente P > 0.05 (Tukey)

En los bulbos del tratamiento testigo (fase III), el N se acumuló a una tasa similar a la del ciclo anterior para ese tratamiento, $4.7 \text{ mg N día}^{-1} \text{ planta}^{-1}$, en cambio el fertilizado lo hizo a una tasa sensiblemente superior ($10 \text{ mg N día}^{-1} \text{ planta}^{-1}$). Brewster (1989) explica en su trabajo los posibles mecanismos fisiológicos de los efectos del N sobre la bulbificación ya que encontró que bajos niveles de N retardaban la bulbificación. Por un lado considera que hay un efecto directo y que baja concentración de N retardaba la transición del estado vegetativo al de bulbificación. Hay una tasa de crecimiento lenta por baja concentración de N y también menciona un efecto indirecto porque se reduce el área foliar y por lo tanto disminuye la cantidad de superficie de captación de estímulos fotoperiódicos que son los que desencadenan la bulbificación. Por último y a nivel de cultivo, al reducirse el índice de área foliar hay un decrecimiento en la relación luz rojo: rojo lejano bajo la canopia y de esta forma se retarda la bulbificación.

3.2.2 Fósforo

3.2.2.1 Ciclo 1994-1995

La variación con el tiempo de las concentraciones de fósforo, foliares y de bulbo según los dos tratamientos considerados, se presentan en la figura 2.20 .

Los tenores foliares evidencian un comportamiento irregular a lo largo del ciclo de cultivo, con una tendencia a disminuir que se hace más evidente en el tratamiento fertilizado (N100P30). En la fase I sus valores se mantuvieron entre 0.32 % y 0.33 % (T) y 0.28 % y 0.32 % (F). En la fase II hay una tendencia a disminuir y es a los 88 ddt , fecha ésta importante por su valor diagnóstico, se producen diferencias estadísticamente significativas. En esta fecha el tratamiento fertilizado presenta mayores concentraciones foliares (0.28 %) que el testigo (0.25 %) no fertilizado. Luego, a los 103 ddt se observa un aumento de la concentración foliar con respecto a la fecha anterior, en ambos tratamientos (0.30 %), justo en el momento en que va a comenzar el gran crecimiento del bulbo. Maier *et al.* (1990) obtuvieron los máximos rendimientos con concentraciones de P foliar en el rango de 0.26 % y 0.35 % muestreado cuando los bulbos tenían entre 25 - 30 mm (89 - 97 ddt). Bender (1993) cita como valores foliares adecuados para cebolla entre 0.25 % y 0.40 %.

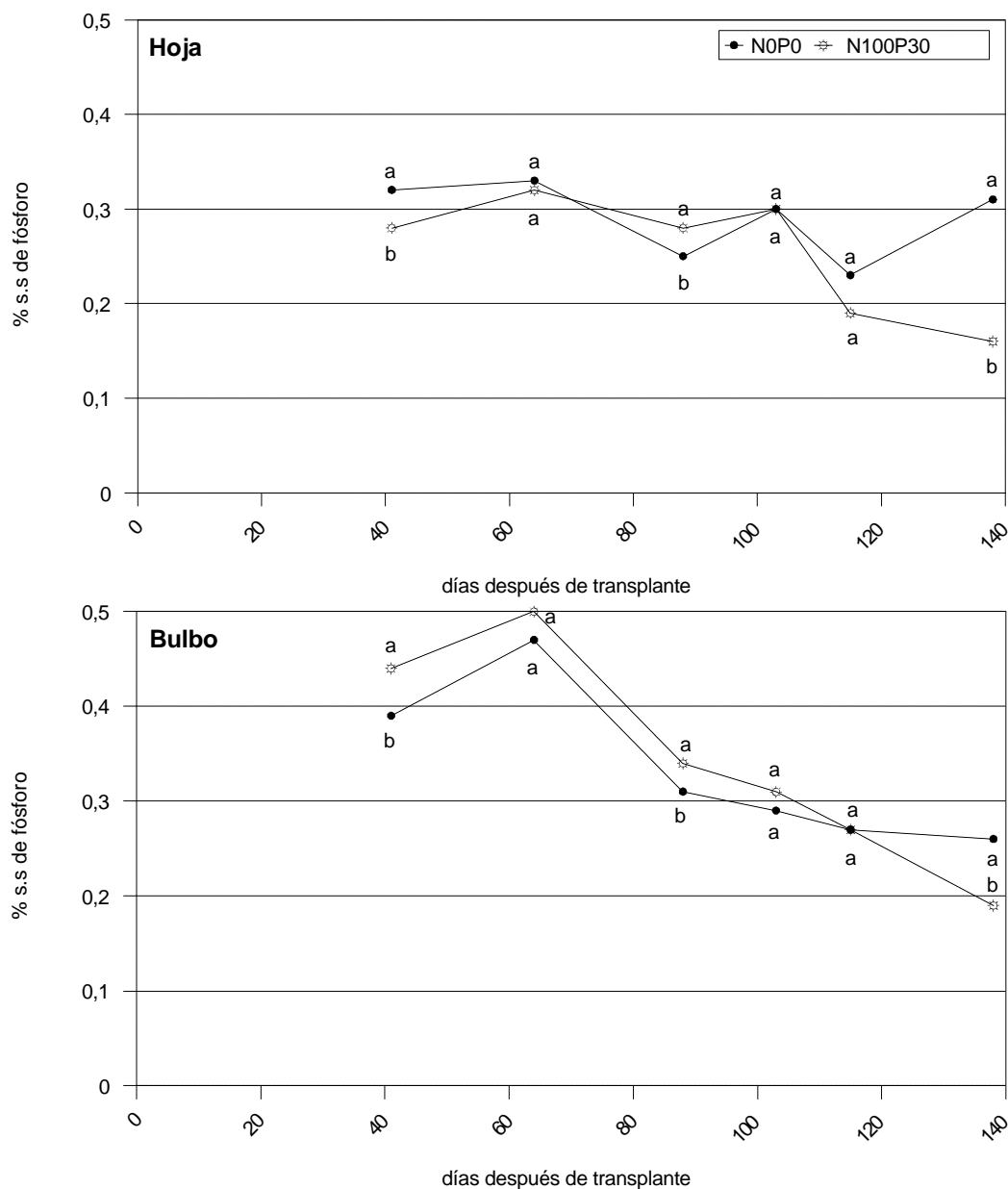


Figura 2.20 (1994-'95) Variación de la concentración de P foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG
Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

Durante la fase III la concentración foliar disminuye (0.12 %) en forma muy pronunciada hasta cosecha en el tratamiento fertilizado, posiblemente debido a la traslocación de este elemento al bulbo. Este comportamiento no se manifestó en el testigo sin fertilizar cuyos valores foliares en el momento de cosecha alcanzan 0.31 %.

A diferencia del nitrógeno, la concentración de fósforo en los bulbos fue mayor que en las hojas para todas las fechas de muestreos. Los bulbos del tratamiento fertilizado presentan mayores concentraciones de P que los del tratamiento testigo, sin fertilizar. Las diferencias se hacen estadísticamente significativas entre los 41 ddt y 88 ddt. En el

momento de cosecha hay una notable disminución de la concentración de P en los bulbos fertilizados con nitrógeno y fósforo, probablemente debido a un efecto de dilución provocado por la mayor producción de materia seca de los bulbos de este tratamiento con respecto al testigo.

En la figura 2.21 se presentan las absorciones de P de la parte aérea, bulbo y total, expresadas en mg P planta⁻¹, a lo largo del ciclo.

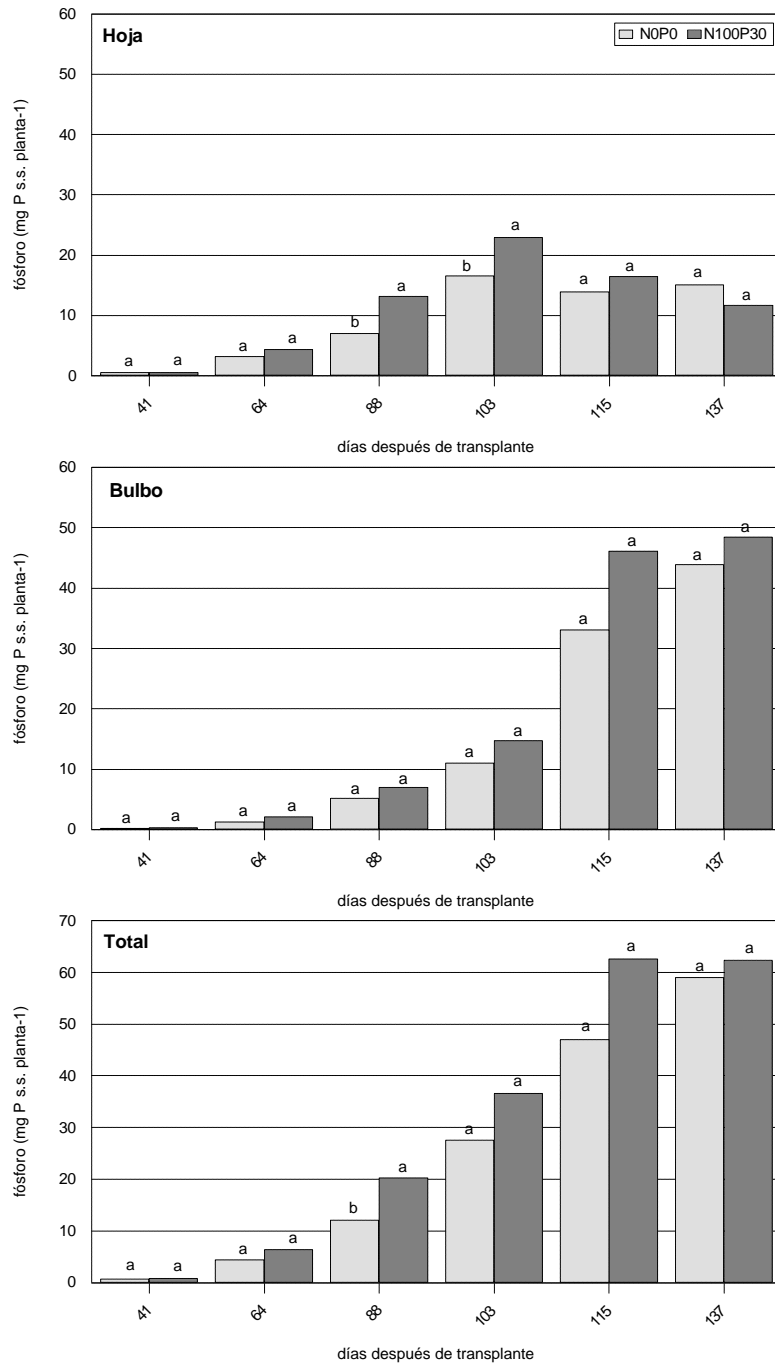


Figura 2.21 (1994-'95) Influencia de la fertilización sobre la absorción de fósforo (mg P s.s. planta⁻¹) en cebolla SWG

Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

Como era de esperar, la tasa es muy lenta en la fase I. En la fase II la acumulación de este elemento en hojas del tratamiento fertilizado (N100P30) es significativamente mayor que las del testigo. La acumulación de P en los bulbos también fue mayor en el tratamiento fertilizado, aunque, en general, sus diferencias no resultaron estadísticamente significativas con el testigo.

Los porcentajes de P acumulado en el total de la planta, según los distintos tratamientos, (T) y (F) son las siguientes: en la fase I 7 % y 10 %, en la fase II: 39 % y 46 % y en la fase III: 54 % y 44 %, respectivamente. Es importante destacar que el tratamiento fertilizado supera al testigo en la fase I y II. Sin embargo, la mayor parte de esta absorción podría provenir del efecto indirecto del N y en relación con el mayor volumen de suelo explorado por las raíces, producto del mayor crecimiento general de la planta fertilizada con respecto a la testigo no fertilizado.

3.2.2.2 Ciclo 1995-1996

El tratamiento fertilizado presentó menores concentraciones foliares de P que el testigo en la fase II, probablemente por un efecto de dilución, con carbohidratos y otros sólidos estructurales, provocado por el mayor crecimiento foliar (figura 2.22).

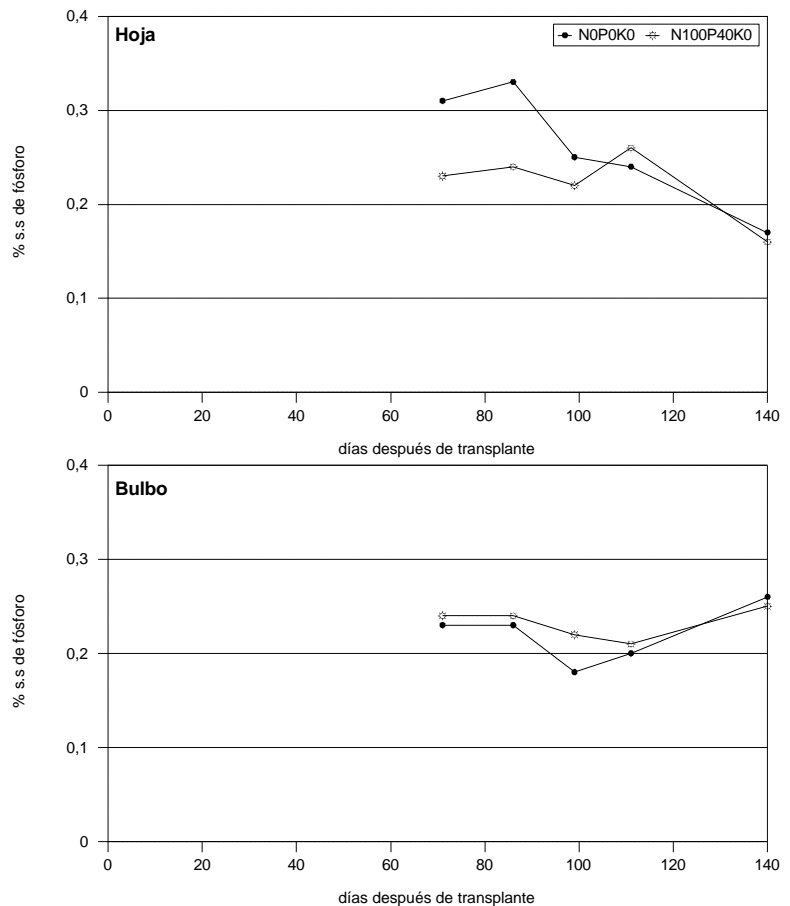


Figura 2.22 (1995-'96) Variación de la concentración de P foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG. Las diferencias de media para un mismo día de muestreo, no fueron significativas $P = 0.05$ (Tukey)

A los 111 ddt se produce en (F) un aumento de la concentración de P foliar respecto a la fecha anterior (0.26 %), justo en el momento en que va a comenzar el gran crecimiento del bulbo. Este comportamiento también se verificó en el ciclo anterior. Luego decrece en forma acentuada la concentración en ambos tratamientos debido a su traslocación al bulbo.

Los bulbos del tratamiento fertilizado (N100P40) presentaron mayores concentraciones de P que los testigos sin fertilizar, aunque sus diferencias de medias no fueron estadísticamente significativas. Sus valores en la fase III se mantuvieron entre 0.24 % y 0.17 % (T) y 0.26 % y 0.16 % (F), a los 111 ddt y 139 ddt, respectivamente.

En la figura 2.23 se presentan las absorciones de P de la parte aérea, bulbo y total, para cada uno de los tratamientos y a lo largo del ciclo.

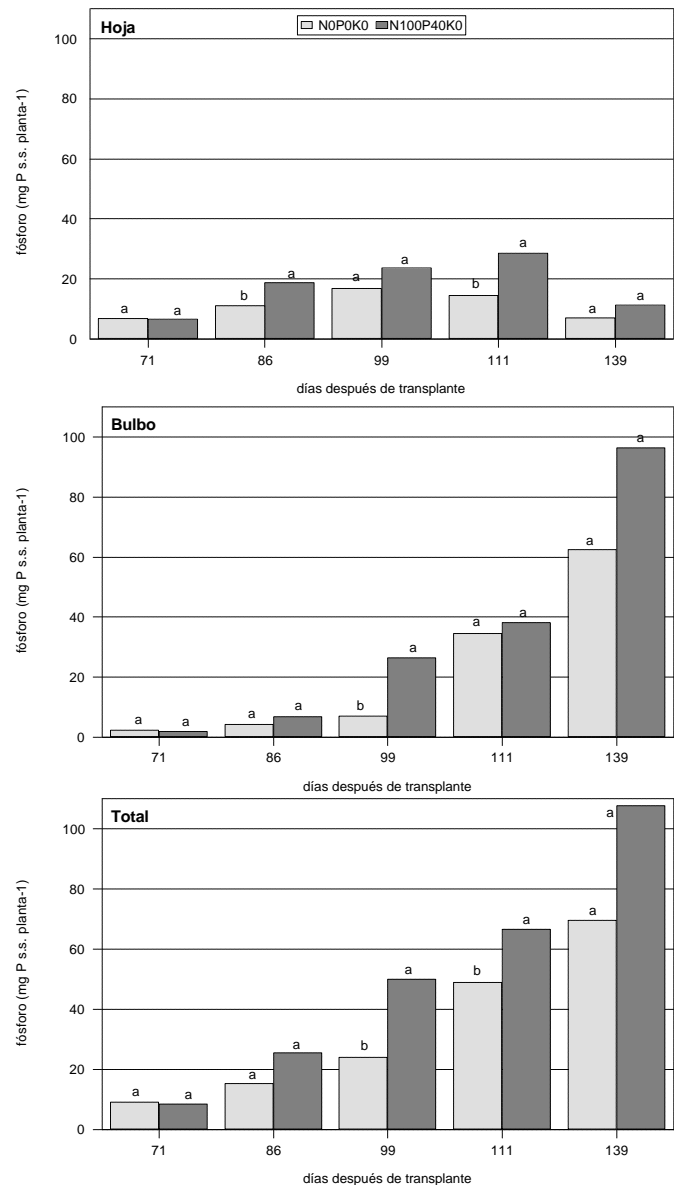


Figura 2.23 (1995-'96) Influencia de la fertilización sobre la absorción de fósforo (mg P s.s planta⁻¹) en cebolla SWG
Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente P > 0.05 (Tukey)

Con respecto a este aspecto es importante destacar que durante este ciclo de cultivo el tratamiento testigo absorbe prácticamente lo mismo que en el ciclo anterior, en cambio el fertilizado absorbe un 62 % más de fósforo, lo cual está relacionado con el mayor rendimiento de bulbos. En esto hay que considerar por un lado que las condiciones de manejo y edafoclimáticas variaron y que hubo una mayor dosis de abonado fosfórico en este ciclo 95-96 que en el ciclo 94-95.

3.2.3 Potasio

3.2.3.1 Ciclo 1994-1995

A medida que se avanza hacia la madurez el porcentaje de K en la materia seca aérea y de bulbo (figura 2.24) disminuye. Al final de la fase I los valores, en la parte aérea, se mantuvieron entre 3.98 % (T) y 4.20 % (F). El bulbo tiene una concentración menor que la hoja durante todo el ciclo y en esta fase presenta valores de 2.13 % y 1.75 % (T) y de 2.34 % y 2.20 % (F).

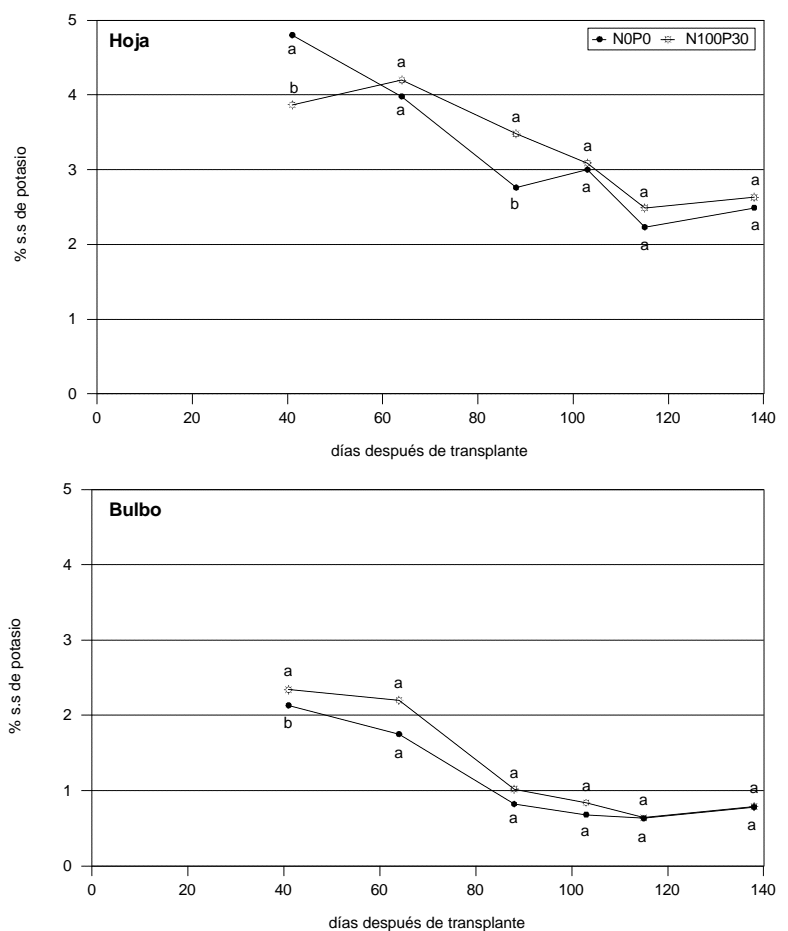


Figura 2.24 (1994-'95) Variación de la concentración de K foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG
Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

Durante la fase II, de gran desarrollo foliar, los tenores foliares de K en el tratamiento fertilizado fueron mayores que el testigo y a los 88 ddt se presentan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Los tejidos de las plantas del tratamiento testigo presentaron 2.7 % de K y las fertilizadas 3.48 % K.

En el bulbo se registra una disminución pronunciada de su concentración de potasio. Los bulbos del tratamiento fertilizado presentan mayores concentraciones que las del testigo sin fertilizar y a los 103 ddt se alcanzan valores de 0.68 % de K (T) y 0.84 % (F).

Si bien el tratamiento de fertilización no incluyó una fuente potásica, la mayor concentración foliar y de bulbo obtenidos en esta fase II podría atribuirse al producto del mayor crecimiento general de la planta fertilizada con nitrógeno y fósforo, respecto a las del tratamiento testigo.

Se sabe que el aprovisionamiento de K por parte de las plantas depende, entre otras, de la extensión que alcanza la raíz en el suelo. Es decir que la velocidad de absorción del elemento, que a su vez influye en la concentración en los tejidos depende, en gran medida, del ritmo de crecimiento de las plantas.

En la fase III la concentración de K foliar en el momento de cosecha fue de 2.49 % (T) y de 2.63 % (F), y en el bulbo de 0.78 % (T) y 0.79 % (F).

En la figura 2.25 se observa que en la segunda fase hay una acumulación foliar significativamente mayor de K en los tejidos del tratamiento fertilizado (N100P30) que en los testigos.

La acumulación de K en los bulbos también fue mayor en los fertilizados, aunque sus diferencias no resultaron estadísticamente significativas debido a la variabilidad obtenida.

En la fase III se comprueba que a pesar de que el K es un elemento de los considerados móviles a través del floema, la migración y acumulación de K desde las hojas hacia los bulbos, calculada por la pérdida de K que experimentan las hojas desde el final de la fase II y la ganancia que experimenta el bulbo hasta cosecha, es sólo de 44 % (T) y 28 % (F).

Esto indicaría que durante el gran desarrollo del órgano de reserva que constituye el bulbo de cebolla, sus exigencias nutritivas son satisfechas, en parte, por la continua absorción de nutrimentos en esta fase y, en parte, por transferencia desde las hojas.

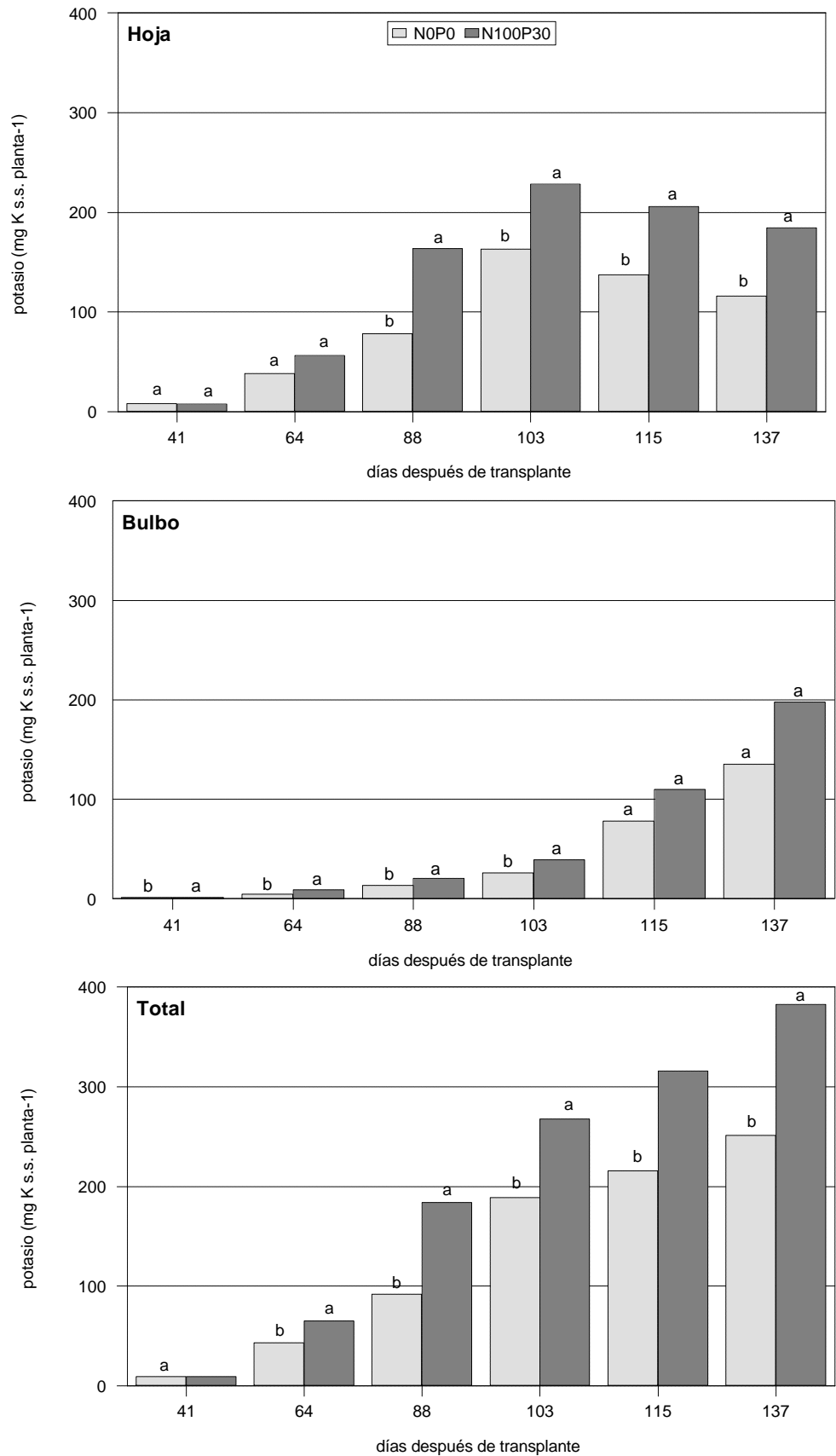


Figura 2.25 (1994-'95) Influencia de la fertilización sobre la absorción de potasio (mg K s.s. planta⁻¹) en cebolla SWG
 Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

3.2.3.2 Ciclo 1995-1996

El comportamiento evolutivo a medida que avanzó el ciclo fue similar al del ciclo 94-95, aunque en general se observaron menores concentraciones foliares con respecto a aquél, en todas las fechas de muestreo, tanto en (T) como en (F). Durante todo este ciclo de ensayo se obtuvo mayor área foliar (figura 2.26) que el año anterior por lo que se puede atribuir esa menor concentración a un efecto de dilución (Jarrel, Beverly 1981).

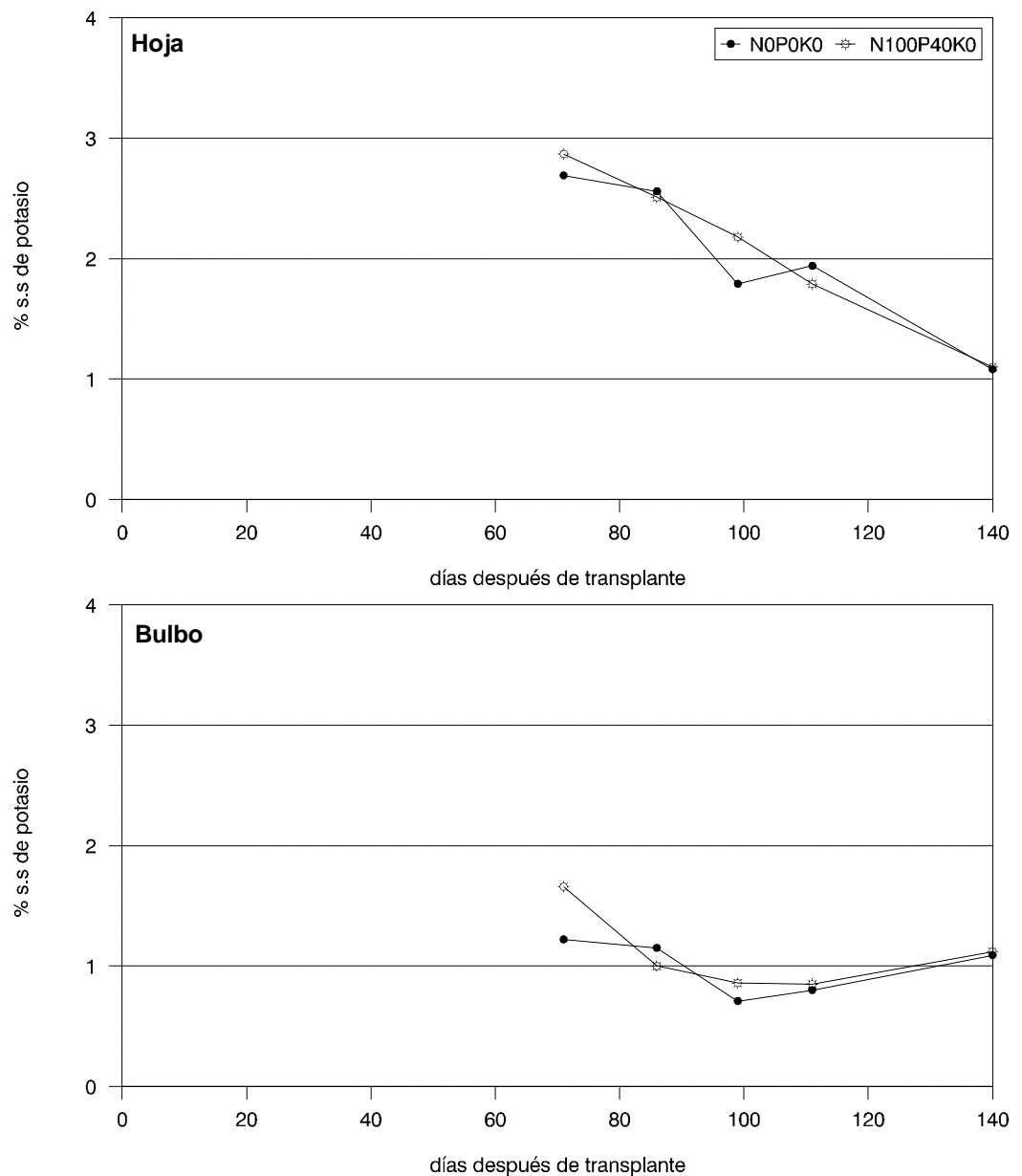


Figura 2.26 (1995-'96) Variación de la concentración de K foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG
Las diferencias de medias para un mismo día de muestreo, no fueron significativas
P = 0.05 (Tukey)

Sin embargo con estas menores concentraciones foliares se obtuvieron mayores rendimientos de bulbo, es decir que no se llegó a una concentración crítica del K. Las mayores concentraciones del ensayo anterior podrían indicar un «consumo de lujo» del elemento.

No hubo diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a los niveles de K en hojas y de bulbos en ninguna de las fechas de muestreo.

Uno de los rasgos distintivos del potasio es la gran tasa a la cual es absorbido por los tejidos de las plantas. Entre los 71 ddt y 99 ddt (fase II) la tasa de acumulación de K en hoja fue de 2.10 mg K día⁻¹ planta⁻¹ (T) y 5.7 mg K día⁻¹ planta⁻¹ (F).

En la fase III el K se acumuló en los bulbos a una tasa de 5.8 mg K día⁻¹ planta⁻¹ (T) y 8.11 mg K día⁻¹ planta⁻¹ (F) (figura 2.27).

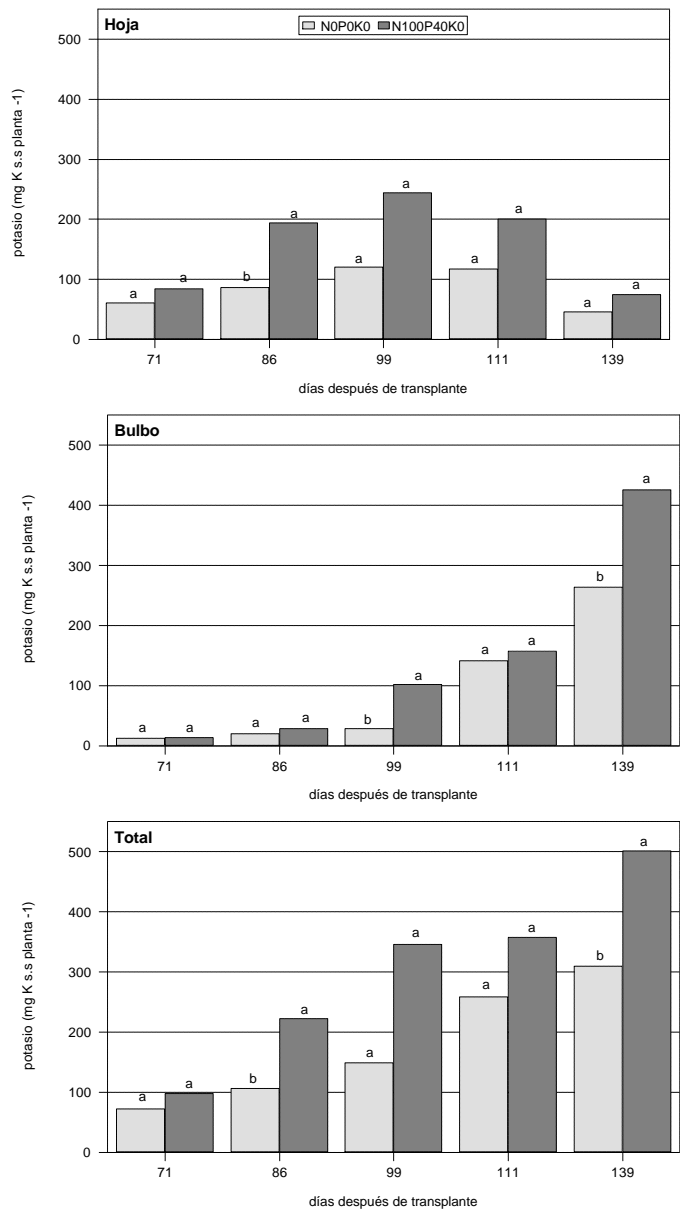


Figura 2.27 (1995-'96) Influencia de la fertilización sobre la absorción de fósforo (mg K s.s. planta⁻¹) en cebolla SWG
Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente P > 0.05 (Tukey)

La absorción en bulbos y total de la planta en el momento de cosecha fue significativamente mayor en (F) que en (T), y se considera que este hecho se debió al mayor ritmo de crecimiento de biomasa del tratamiento fertilizado con respecto al testigo.

3.2.4 Calcio y Magnesio

Durante el ciclo 1995-1996 se verifica que la concentración de Ca en la materia seca de las hojas de las plantas de cebolla varió entre 1.70 % y 2.10 %, aunque al final del ciclo aumenta considerablemente hasta 4.20 % (figura 2.28).

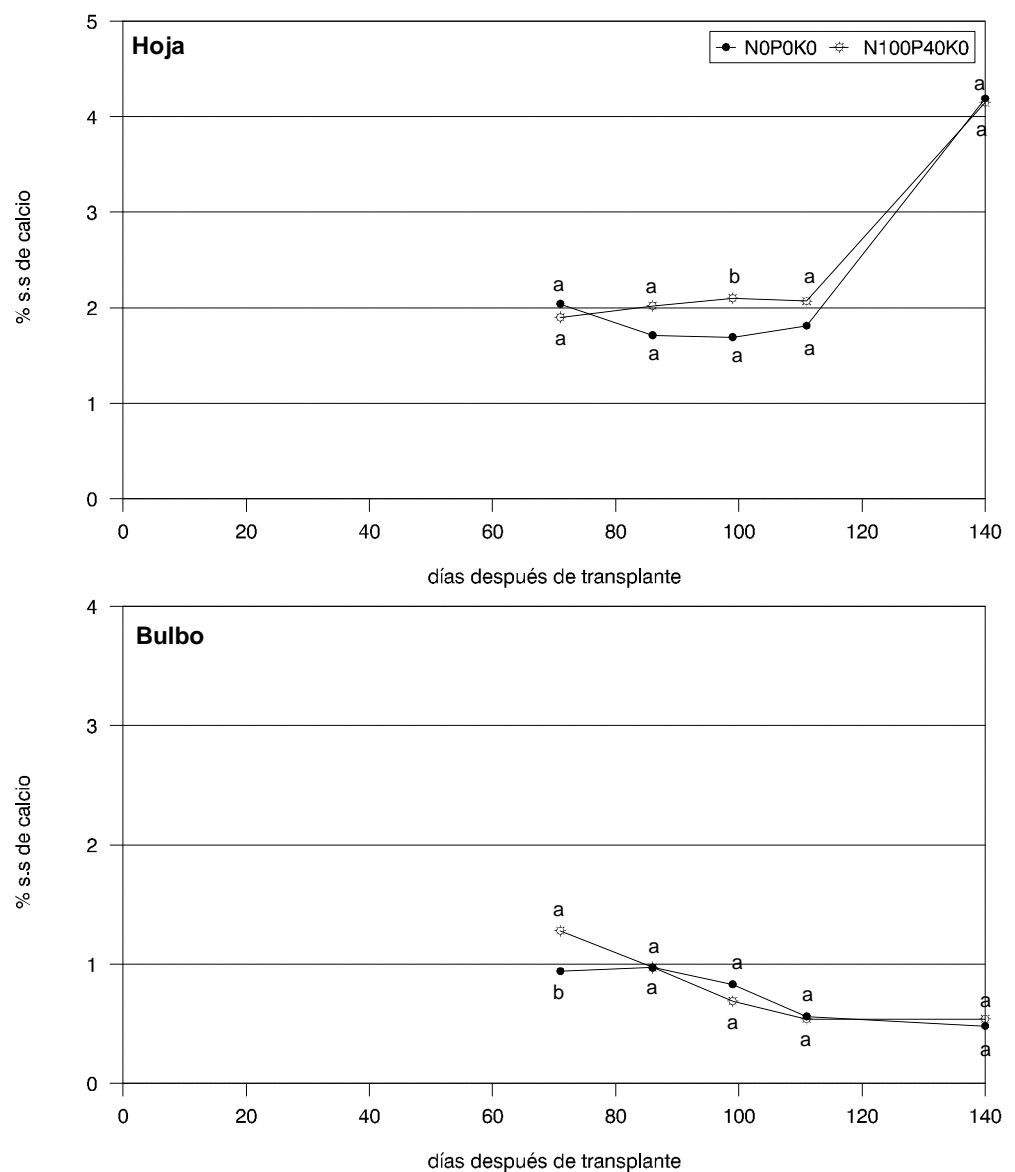


Figura 2.28 (1995-'96) Variación de la concentración de Ca foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG
Medias en un mismo día de muestreo, seguida de la misma letra, no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey)

Los tenores de calcio en la materia seca de los bulbos son aproximadamente un 50 % menor que en los tejidos de las hojas, salvo en el momento de cosecha que aún es menor y tiene entre 0.48 % y 0.58 % que representa sólo 10 % del contenido en hojas.

La concentración de magnesio en hojas se mantuvo entre 0.15 % y 0.19 % aunque al final del ciclo aumenta a 0.25 % y 0.29 %. Los valores en bulbos fueron, en general, un 50 % menor que el de las hojas.

El aumento de los contenidos en Ca y Mg al final del ciclo de la planta está en consonancia con la pérdida de funcionalidad de la hoja y su envejecimiento. Además el calcio es un elemento que tiene baja movilidad en el floema y no puede redistribuirse desde las hojas a los bulbos.

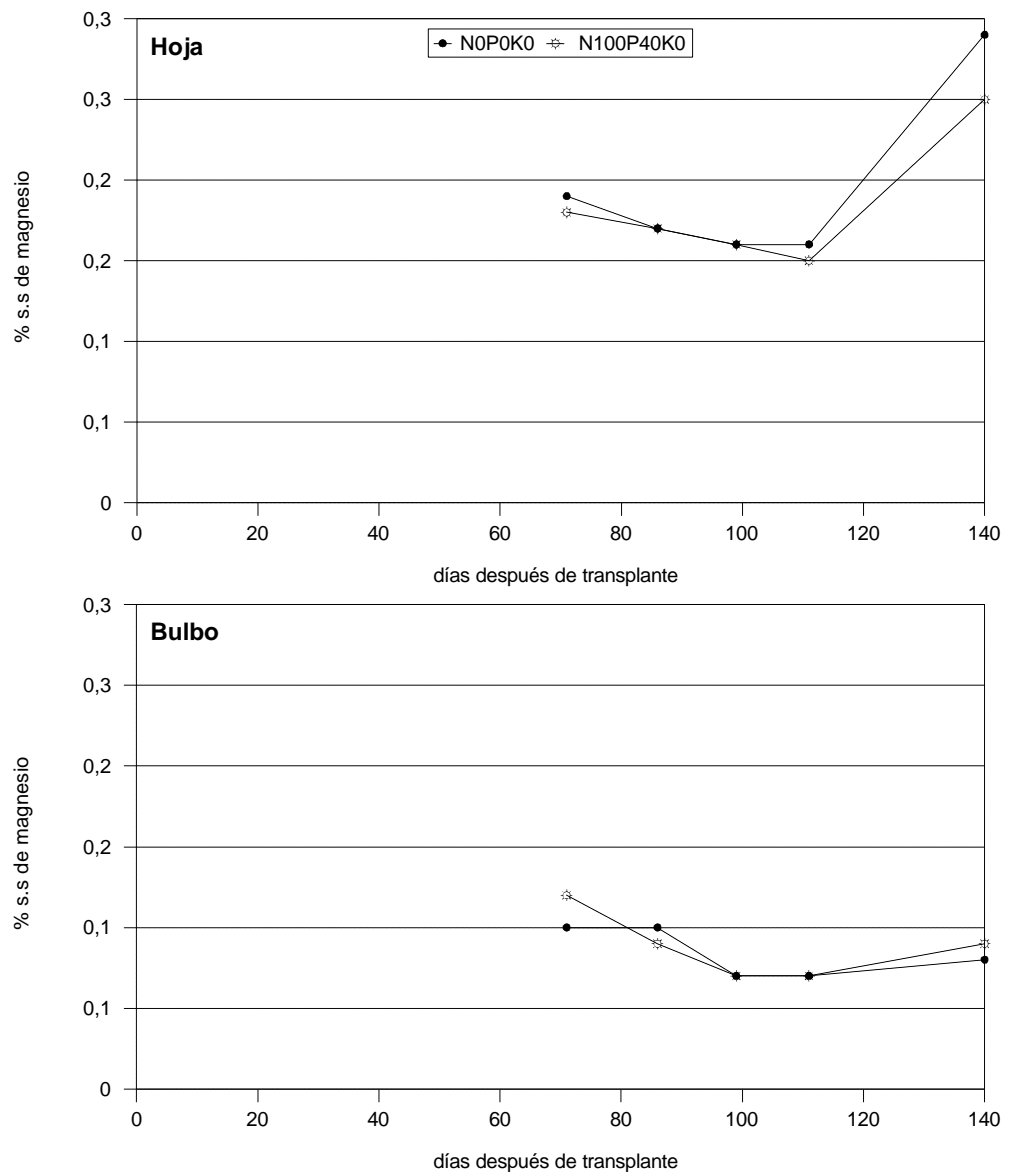


Figura 2.29 (1995- '96) Variación de la concentración de Mg foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG

Las diferencias de medias para un mismo día de muestreo, no fueron significativas
 $P = 0.05$ (Tukey)

3.2.5 Micronutrientos

Los valores medios de las concentraciones foliares y de bulbos de Fe, Zn, Mn y Cu del cultivo del ciclo 1995-1996 se presentan en las figuras 2.30, 2.31, 2.32, 2.33.

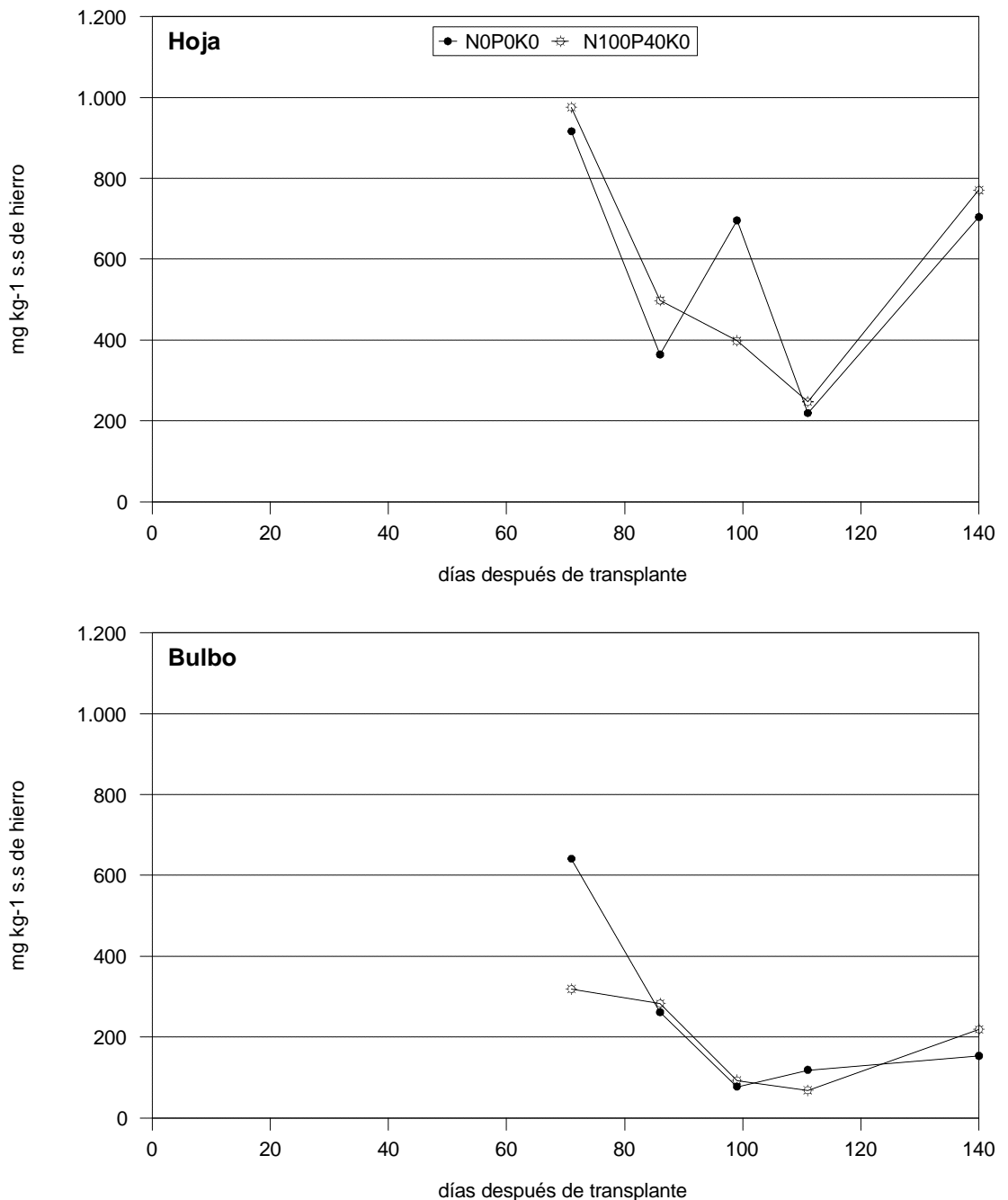


Figura 2.30 (1995-'96) Variación de la concentración de Fe foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG
Las diferencias de medias para un mismo día de muestreo, no fueron significativas
 $P = 0.05$ (Tukey)

Se observa que los resultados obtenidos para Fe y Zn en los tejidos foliares presentan una distribución irregular y no reflejan una tendencia definida. En cambio, con respecto a las concentraciones foliares de Cu y Mn se verifica una disminución durante el ciclo y al final del mismo aumentan significativamente.

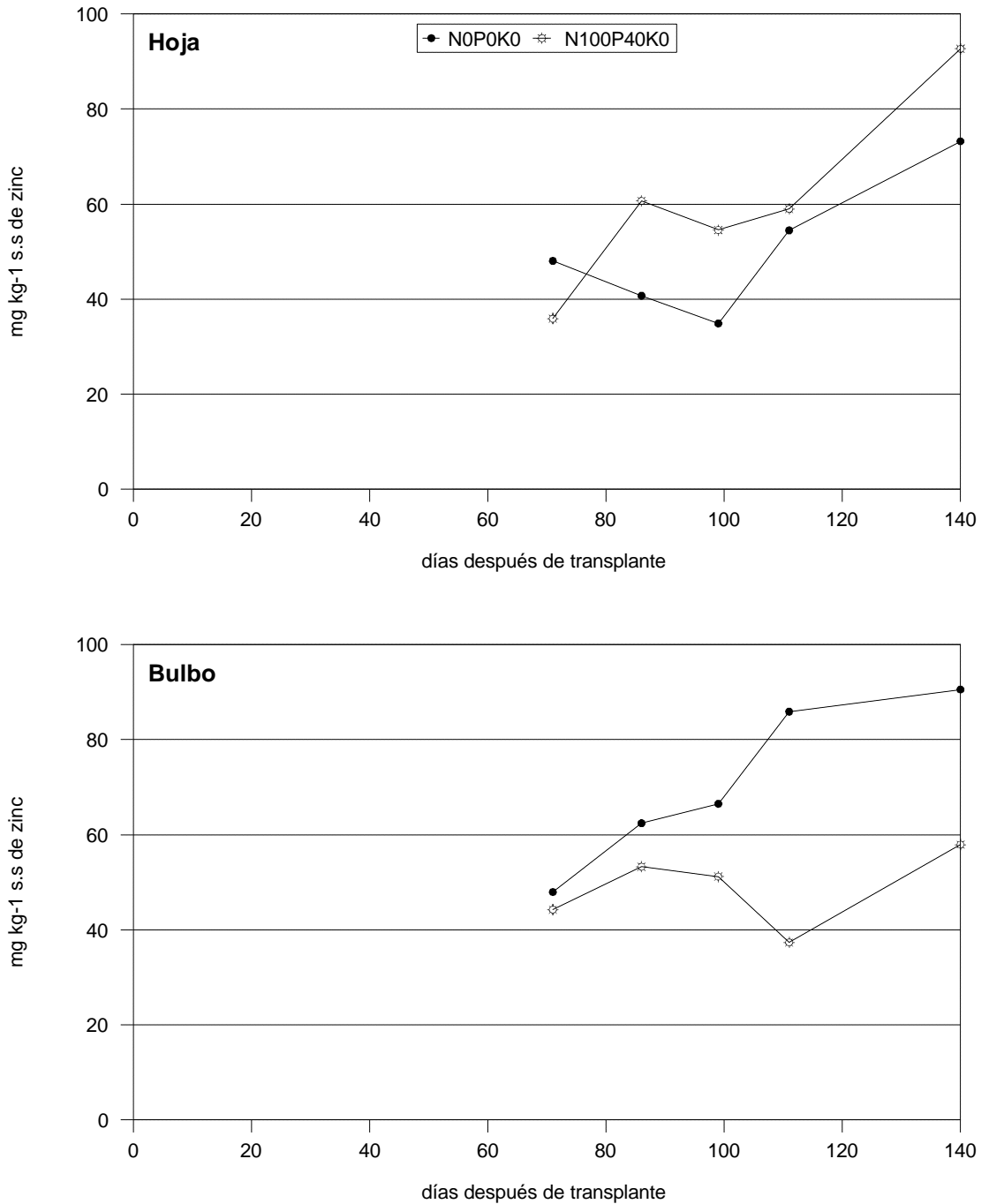


Figura 2.31 (1995-'96) Variación de la concentración de Zn foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG
 Las diferencias de medias para un mismo día de muestreo, no fueron significativas
 $P = 0.05$ (Tukey)

En los bulbos las concentraciones de Fe y Cu tienden a disminuir con el tiempo pero al final del ciclo hay un aumento. La concentración de Mn se mantiene muy estable, en cambio no ocurre lo mismo con el Zn.

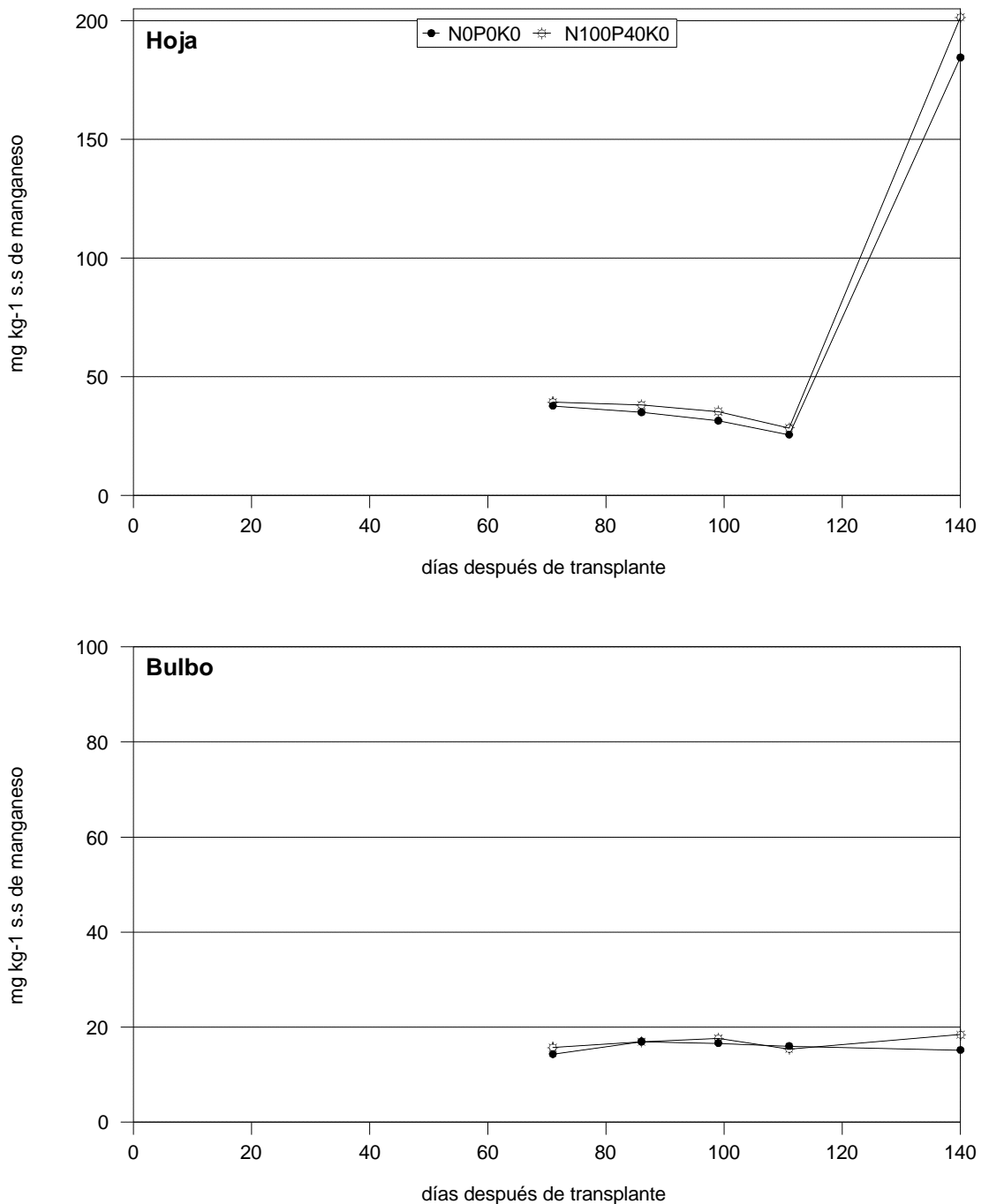


Figura 2.32 (1995-'96) Variación de la concentración de Mn foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG
 Las diferencias de medias para un mismo día de muestreo, no fueron significativas
 $P = 0.05$ (Tukey)

Numerosos investigadores aceptan la terminología de equilibrios fisiológicos que en la actualidad, convertida en técnica de diagnóstico de nutrición por análisis foliar, mantiene su vigencia. El equilibrio entre nutrimentos ha demostrado ser una técnica de diagnóstico adecuada para definir el estado nutritivo de la planta.

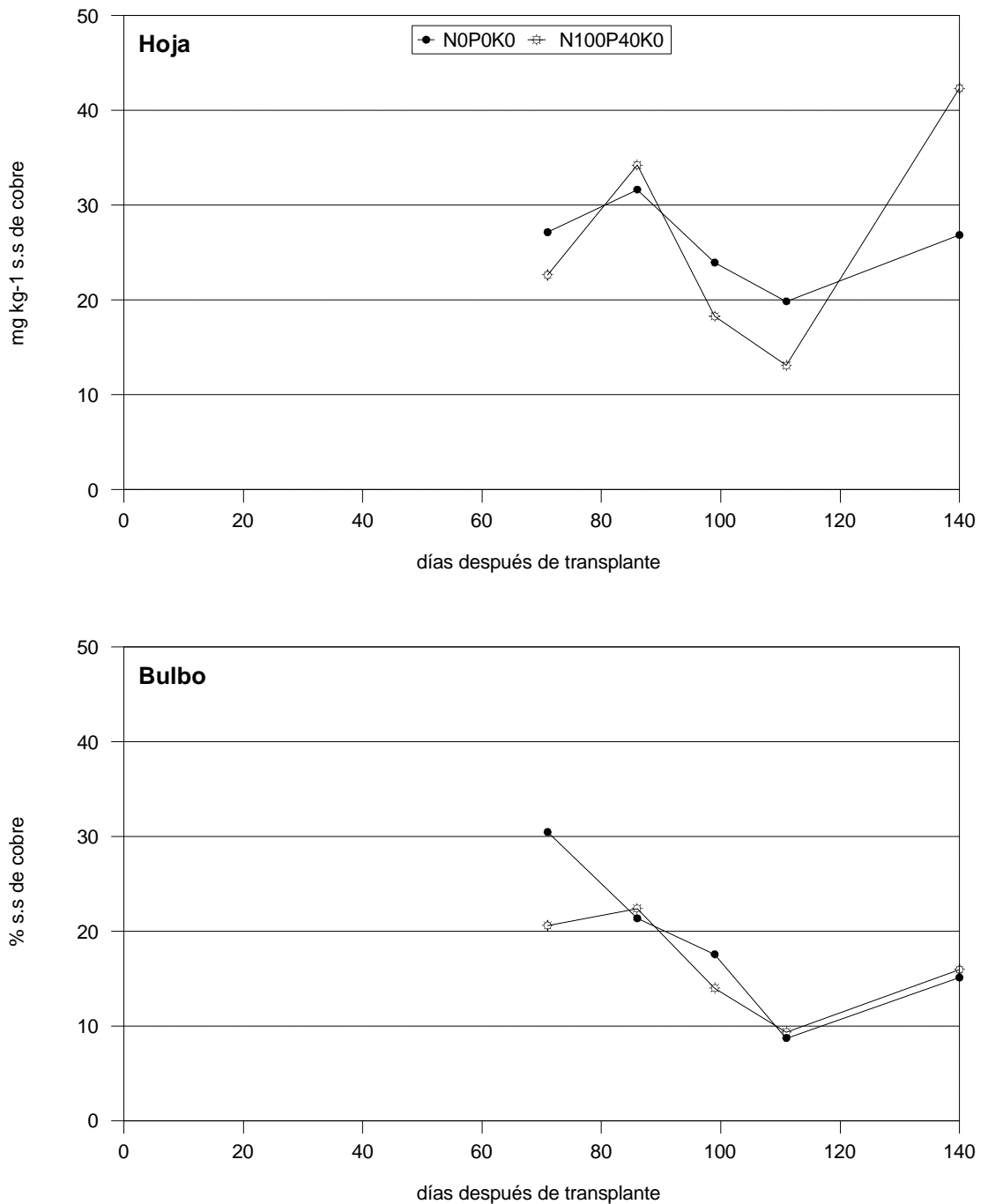


Figura 2.33 (1995-'96) Variación de la concentración de Cu foliar y de bulbo según los tratamientos de fertilización en cebolla SWG
 Las diferencias de medias para un mismo día de muestreo, no fueron significativas
 $P = 0.05$ (Tukey)

Este equilibrio nutritivo óptimo debe reflejarse en una producción cercana a la máxima para la especie considerada. Una forma rápida de definir una deficiencia, antes de que aparezcan síntomas visibles, es el equilibrio que hay entre los micronutrientes en los tejidos foliares.

En el cuadro 2.4 se presentan los valores de equilibrios foliares obtenidos al final de las fases II y III de desarrollo del cultivo de cebolla durante el ciclo 1995-1996.

Cuadro 2.4 Valores medios de equilibrios nutricionales (EN) de micronutrientes foliares según los diferentes tratamientos de fertilización en la II y III fase de desarrollo del cultivo de cebolla SWG. T (N0P0K0), F (N100P40K0)

| | | Ciclo 1995 - '96 | | | | |
|----------|--------------|------------------|------|-----|-----|------|
| Fases | Tratamientos | Fe | Zn | Cu | Mn | EN % |
| | | | | | | |
| II fase | 99 ddt | T | 88.5 | 4.5 | 3 | 4 |
| | | F | 78.5 | 11 | 3.5 | 7 |
| III fase | 139 ddt | T | 71 | 7 | 3 | 19 |
| | | F | 70 | 8 | 4 | 19 |

Los valores que se observan en todos los elementos, en cada fase tienen una distribución bastante homogénea. En la fase II el Cu y Mn son los que presentan menores proporciones en los equilibrios y en la fase III, es decir en el momento de cosecha, el Fe tiende a disminuir y el Mn aumenta con respecto a la fase anterior. El Fe que es un ión muy poco móvil en la planta siempre se encuentra en una proporción significativamente mayor que los otros micronutrientes.

La mayor producción de bulbos de cebolla se obtuvo con el tratamiento fertilizado (N100P40K0) y se correspondió con el siguiente equilibrio nutricional (%) foliar, para la fase II y III: Fe > Zn > Mn > Cu: 78.5 - 11 - 7 - 3.5 y Fe > Mn > Zn > Cu: 70 - 18 - 8 - 4, respectivamente

3.3 Extracciones totales de elementos y equilibrios nutricionales de N, P y K

Como las concentraciones de elementos minerales en las hojas y bulbos son diferentes, las extracciones que realiza el cultivo dependen de la relación bulbo:hojas.

Durante el ciclo 1994-1995 (cuadro 2.5) la extracción total realizada por el cultivo de cebolla (kg ha^{-1}) de N - P - K, respectivamente, para las condiciones del ensayo, con los rendimientos de materia seca de bulbos consignada (Mg ha^{-1}) y una densidad de siembra

de 375.000 planta ha⁻¹ fue: T: (5.15 Mg ha⁻¹): 113- 22- 94 y F (7.29 Mg ha⁻¹): 176 - 23 - 143. La tasa de acumulación de nutrimentos es muy baja durante la fase I de desarrollo. Durante la fase II las planta acumularon el 55 % (T) y 45 % (F) de N, el 53 % (T) y 40 % (F) de P y el 75 % (T) y 70 % (F) de K. Se verifica una significativa mayor extracción de N y K del tratamiento de mayor rendimiento con respecto al testigo.

Cuadro 2.5. Variaciones temporales de las extracciones totales (hojas + bulbo) de nutrimentos de cebolla SWG según diferentes tratamientos de fertilización. T (N0P0), F (N100P30)

| Ciclo 1994 - '95 | | | | | | |
|--------------------|---------------------|----------|---------|---------|---------|----------|
| Fechas de muestreo | N | | P | | K | |
| | kg ha ⁻¹ | | | | | |
| | T | F | T | F | T | F |
| 18-10- 94 | 2.83 a | 3.28 a | 0.27 a | 0.30 a | 3.34 a | 3.34 a |
| 11-11- 94 | 15.46 a | 22.43 a | 1.66 a | 2.40 a | 16.90 b | 24.38 a |
| 06- 12- 94 | 32.97 b | 58.71 a | 4.55 b | 7.57 a | 34.37 b | 69.03 a |
| 21- 12- 94 | 52.74 b | 96.41 a | 10.33 a | 14.02 a | 70.88 b | 100.38 a |
| 03- 01- 95 | 91.49 b | 146.23 a | 17.61 a | 23.40 a | 80.88 b | 118.36 a |
| 25- 01- 95 | 113.06 b | 176.25 a | 22.12 a | 23.48 a | 94.22 b | 143.44 a |

Medias con iguales letras entre tratamientos y para un mismo elemento e igual fecha de muestreo no difieren significativamente P> 0.05 (Tukey). Media de cuatro repeticiones

Se calcularon por su posible valor diagnóstico los valores medios de equilibrios, en las hojas de cebolla al final de la fase II para N - P - K, en %, (T): 42.5 - 5 - 52.5 y (F): 44 - 5 - 51 (cuadro 2.6).

Cuadro 2.6. Valores medios de contenidos de elementos y de equilibrios nutricionales(EN) para N,P y K, en hojas de cebolla SWG al final de la II fase, para cada tratamiento de fertilización. RMS: rendimiento de materia seca (Mg ha⁻¹). Ciclo: 94-'95 T(N0P0), F(N100P30); 95-'96 T(N0P0), F(N100P40)

| Ciclo 1994 - '95 | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------------|-----|------|------|-----|----|-----|-----|-----|----|--------------------------------|
| Trat. | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Zn | Mn | Cu | EN | RMS |
| | mg % g materia seca foliar | | | | | | | | | | Mg ha ⁻¹ |
| T | 2410 | 300 | 3000 | | | | | | | | N: 43 P: 5 K: 52 5.15 |
| F | 2680 | 300 | 3090 | | | | | | | | N: 44 P: 5 K: 51 7.29 |
| Ciclo 1995- '96 | | | | | | | | | | | |
| T | 1750 | 250 | 1790 | 1690 | 160 | 69 | 3.5 | 3.1 | 2.4 | | N: 46 P: 7 K: 47 6.35 |
| F | 2560 | 220 | 2180 | 2100 | 160 | 40 | 5.5 | 3.5 | 1.9 | | N: 52 P: 4 K: 44 7.92 |

Durante el ciclo 1995-1996 (cuadro 2.7) la extracción total realizada por el cultivo de cebolla de N - P - K - Ca - Mg (kg ha^{-1}), respectivamente, para las condiciones edafoclimáticas del ensayo, con los rendimientos de materia seca de bulbos consignada (Mg ha^{-1}) y una densidad de siembra igual que el ciclo anterior fue: (T): (6.35 Mg ha^{-1}): 90 - 26 - 115 - 108 - 11 y (F) (7.92 Mg ha^{-1}): 214 - 40 - 187 - 184 - 19. La exportación de Mg y P es de un orden de magnitud significativamente menor que la de N - K y Ca. En la fase III se acumuló el 57 % (T) y 68 % (F) de N, el 34.5 % (T) y 46 % (F) de P y el 48 % y 69 % (F) de K. Zink (1966) en un estudio en el valle de California sobre la absorción de nutrimentos en el cv. *Southport White Globe* concluye que para una producción de 35 Mg ha^{-1} el cultivo removió del suelo una media en kg ha^{-1} de: 160 (N), 27.6 (P), 135.6 (K), 104.4 (Ca) y 15.6 (Mg).

Cuadro 2.7 Variaciones temporales de las extracciones totales (hojas+bulbo) de nutrimento de cebolla SWG, según diferentes tratamientos de fertilización. T (N0P0K0), F (N100P40K0)

| Ciclo 1995 - '96 | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| Fechas de muestreo | N | | P | | K | | Ca | | Mg | |
| | kg ha^{-1} | | | | | | | | | |
| | T | F | T | F | T | F | T | F | T | F |
| 22-11- 95 | 28.10 a | 39.05 a | 3.38 a | 3.20 a | 27.04 a | 36.56 a | 20.28 a | 25.19 a | 1.95 a | 2.35 a |
| 08 -12- 95 | 39.76 b | 99.40 a | 5.71 a | 9.53 a | 39.71 b | 83.48 a | 28.04 b | 69.68 a | 2.71 b | 5.74 a |
| 21-12- 95 | 51.89 b | 145.62 a | 8.98 b | 18.77 a | 55.71 a | 129.56 a | 54.36 b | 117.99 a | 5.03 a | 9.81 a |
| 02- 01- 96 | 74.37 b | 134.28 a | 18.38 b | 25.00 a | 97.03 a | 134.14 a | 80.23 a | 123.95 a | 8.05 a | 10.95 a |
| 02- 02- 96 | 90.54 b | 214.20 a | 26.10 a | 40.43 a | 115.99 b | 187.84 a | 108.24 a | 184.24 a | 11.36 a | 19.22 a |

Medias con iguales letras entre tratamientos y para un mismo elemento e igual fecha de muestreo no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey). Media de cuatro repeticiones.

Los valores medios de equilibrio en las hojas de cebolla al final de la fase II para N - P - K, en %, fue: T: 46 - 7 - 47 y F: 52 - 4 - 44 (cuadro 2.6).

La extracción total de micronutrimentos en g ha^{-1} se presenta en el cuadro 2.8.

Cuadro 2.8 Variaciones temporales de las extracciones totales (hojas+bulbo) de micronutrimentos de cebolla SWG, según diferentes tratamientos de fertilización. T (N0P0K0), F (N100P40K0)

| Ciclo 1995 - '96 | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Fechas de muestreo | Fe | | Zn | | Cu | | Mn | |
| | g ha^{-1} | | | | | | | |
| | T | F | T | F | T | F | T | F |
| 22-11- 95 | 940 a | 924 a | 71 a | 53 a | 35 a | 32 a | 36 a | 49 a |
| 08 -12- 95 | 641 a | 1423 a | 89 b | 233 a | 55 b | 126 a | 56 b | 130 a |
| 21-12- 95 | 1421 a | 1380 a | 191 a | 445 a | 84 a | 138 a | 103 b | 225 a |
| 02- 01- 96 | 1766 a | 1513 a | 674 a | 475 a | 85 a | 120 a | 166 a | 227 a |
| 02- 02- 96 | 2576 a | 5140 a | 924 a | 1065 a | 177 a | 339 a | 435 a | 783 a |

Medias con iguales letras entre tratamientos y para un mismo elemento e igual fecha de muestreo no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey). Media de cuatro repeticiones.

3.4 Efecto de la fertilización sobre el rendimiento total (RT), rendimiento de materia seca (RMS) y porcentaje de sólidos totales (ST)

3.4.1 Ciclo 1994-1995

Los resultados experimentales obtenidos en cada tratamiento de fertilización y su desviación estándar se presentan en el cuadro 2.9.

Cuadro 2.9 (1994 - '95) .Cebolla Southport White Globe: Influencia de los tratamientos de fertilización sobre el rendimiento total (Mg ha⁻¹), rendimiento de materia seca (Mg ha⁻¹), peso medio de bulbos (g) y porcentaje de materia seca (%)

| Tratamientos códigos | Rendimiento Total | | Rendimiento Materia Seca | | Peso Medio de Bulbos | | Sólidos Totales | |
|-------------------------|----------------------|--------|-----------------------------|--------|-------------------------|---------|--------------------|--------|
| | Mg ha ⁻¹ | | Mg ha ⁻¹ | | g | | % | |
| N0P0 | 25.35 | (5.56) | 5.15 | (0.99) | 67.62 | (12.83) | 20.45 | (1.01) |
| N0P30 | 26.29 | (3.13) | 5.54 | (0.62) | 69.86 | (7.23) | 21.20 | (0.52) |
| N0P60 | 26.35 | (3.06) | 6.22 | (1.74) | 80.59 | (20.42) | 20.51 | (0.64) |
| N100P0 | 29.44 | (6.87) | 5.89 | (1.47) | 78.50 | (18.32) | 19.97 | (0.45) |
| N100P30 | 34.53 | (2.77) | 7.29 | (0.43) | 92.06 | (7.44) | 21.15 | (0.60) |
| N100P60 | 28.22 | (4.40) | 5.79 | (1.12) | 75.26 | (11.73) | 20.45 | (1.13) |
| N200P0 | 26.08 | (5.92) | 5.31 | (1.15) | 69.55 | (15.80) | 20.43 | (0.78) |
| N200P30 | 27.20 | (6.81) | 5.52 | (1.43) | 72.54 | (18.16) | 20.33 | (1.23) |
| N200P60 | 25.54 | (1.65) | 5.30 | (0.43) | 68.12 | (4.41) | 20.77 | (0.85) |

Media de cuatro repeticiones y desvío estándar

La variación global de los rendimientos totales de bulbos oscilaron en Mg ha⁻¹ entre 25.3 (N0P0) y 34.5 (N100P30), los de materia seca entre 5.15 (N0P0) y 7.29 (N100P30) y los sólidos totales en % entre 19.97 (N100P0) y 21.20 (N0P30).

Los valores de F y su significación estadística se resumen en el cuadro 2.10.

Cuadro 2.10 (1994 - '95). Niveles de F y su probabilidad, para los efectos estudiados

| Fuente de Variación | Rendimiento Total | | Rendimiento Materia Seca | | Peso Medio Bulbos | | Sólidos Totales | |
|------------------------|----------------------|------|-----------------------------|------|----------------------|------|--------------------|------|
| | F | P(%) | F | P(%) | F | P(%) | F | P(%) |
| Bloque | 6.29 | ** | 7.39 | ** | 6.29 | ** | 1.16 | ns |
| Nitrógeno (N) | 3.65 | * | 3.79 | * | 3.64 | * | 0.26 | ns |
| Fósforo (P) | 0.92 | ns | 1.75 | ns | 0.92 | ns | 0.30 | ns |
| NxP | 1.61 | ns | 1.79 | ns | 1.61 | ns | 1.23 | ns |
| CV % | 15 | | 15 | | 15 | | 5 | |

ns: no significativo P > 0.05

*: Significativo P > 0.05

** : Altamente significativo P > 0.01

Se aprecian los siguientes resultados: hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la producción total y de materia seca entre los distintos tratamientos de fertilización con N y no la hubo a la aplicación de P y a la interacción de ambos nutrimentos. También se puede verificar que no existió un efecto estadísticamente significativo de la fertilización sobre el porcentaje de sólidos totales de los bulbos. Esto coincide con el trabajo de Maier *et al.* (1990) quienes entre las conclusiones de su trabajo destacan que la materia seca y los sólidos totales de los bulbos de un cv. de cebolla *Cream Gold* no fueron afectados por la fertilización con N.

Dado que la interacción N x P no resultó significativa se efectuó un análisis por separado de cada nutrimento. En el cuadro 2.11 se presentan las medias de los efectos globales de los tratamientos con N y P y su comparación estadística a través del test de Tukey.

El incremento absoluto de RT atribuible al tratamiento de fertilización con 100 kg N ha⁻¹ no alcanza niveles de significatividad al 5 %, con respecto al testigo sin fertilizar con N, aunque se obtuvo con esa dosis de N los mejores rendimientos totales (30.7 Mg ha⁻¹) que representan un 11 % más del RT y RMS que el testigo. Sin embargo, se observó (cuadro 2.9) que la media de un tratamiento superó ampliamente ese límite, como ser el tratamiento N100P30 que rindió 34.5 Mg ha⁻¹. Esto indica potencialidades que si no se han concretado en forma general es por otro tipo de deficiencias de manejo, como ser el hídrico y cuya identificación constituye uno de los objetivos de la segunda parte del trabajo. Rogers (1985) en Nueva Zelandia en un ensayo donde evaluó el potencial para deshidratación de cuatro cultivares de cebolla blancas cuyas semillas fueron suministradas por compañías de EEUU y Holanda encontró que las producciones fueron relativamente bajas. Estos cultivares rindieron entre 27 Mg ha⁻¹ y 33 Mg ha⁻¹, la mitad de lo que rindió un cv. de cebolla local de catáfilas pardas: *Pukekoh Long Keeper* (56 Mg ha⁻¹ y 63 Mg ha⁻¹). Pero los cv. blancos superaron ampliamente el % MS -estuvieron en un rango de entre 14 % y 19 %- mientras que el cv. PKL dio entre 12 % y 13 % de MS. Rogers, Henderson (1989) informan que en ensayos en Australia con cv. blancos para deshidratar, tales como *Southport White Globe*, *Hysol* y *F1 Dehydrator*, que el tamaño adecuado para alcanzar las máximas producciones era de un peso promedio de bulbos de aproximadamente 106 g. La industria prefiere este tamaño de bulbos para minimizar costos y pérdidas durante el pelado. La dosis de 200 kg N ha⁻¹ resultó detrimental de los rendimientos ya que los mismos bajaron aun con respecto al testigo sin fertilizar.

La relación de los RT, RMS y PMB con las diferentes dosis de N ensayadas permitieron ajustar ecuaciones cuadráticas estadísticamente significativas cuyas expresiones y su representación se presentan en la figura 2.34.

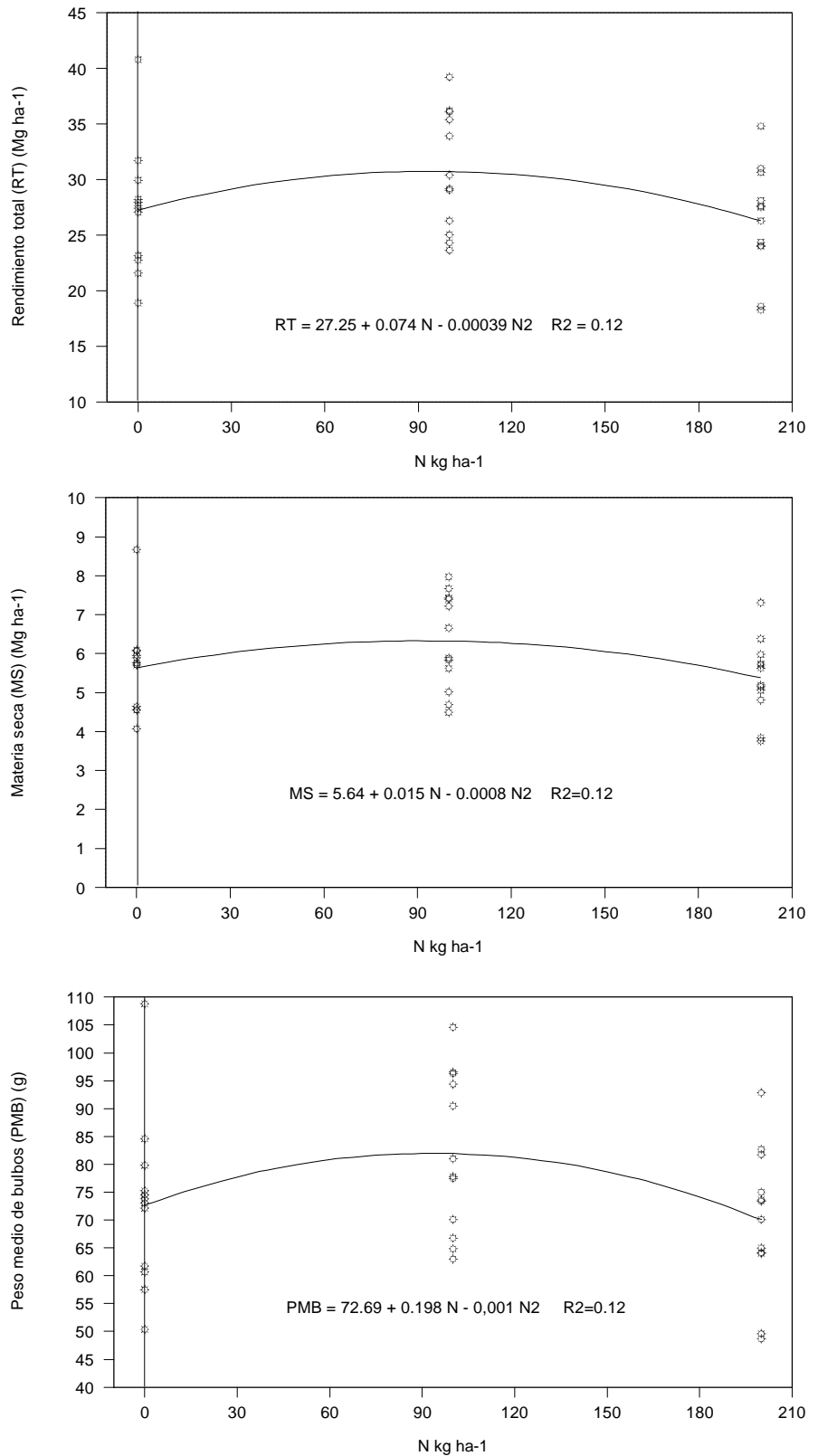


Figura 2.34 (1994-'95) Efecto de diferentes dosis de N sobre el rendimiento total, rendimiento en materia seca y peso medio de bulbos en cebolla SWG

Se observa una gran variabilidad entre las medias de las repeticiones y un r^2 (0.12) bajo aunque es clara la tendencia cuadrática de la respuesta. La derivada primera de la ecuación cuadrática igualada a cero: $RT \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = 27.25 N + 0.00039 N^2$, permitió obtener la dosis óptima que en este caso resultó ser: 95 kg N ha^{-1} .

Las medias obtenidas para los efectos de las dosis de P no dieron diferencias estadísticamente significativas.

La falta de respuesta a la aplicación de 100 kg N ha^{-1} con respecto a los no fertilizados se podría explicar por los niveles de N al momento del transplante (cuadro 2.1). El valor promedio de N total fue de 900 ppm y de acuerdo con las pautas generales de calibración existentes, estos niveles implican respuestas poco probables a este elemento.

Cuadro 2.11 (1994 - '95) .Cebolla Southport White Globe: Efecto global de la fertilización con N y P, sobre el rendimiento total (Mg ha⁻¹), rendimiento de materia seca (Mg ha⁻¹), peso medio de bulbos (g) y porcentaje de materia seca (%)

| Tratamientos | Rendimiento Total | Rendimiento Materia Seca | Peso Medio de Bulbos | Sólidos Totales |
|------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|
| | Mg ha ⁻¹ | Mg ha ⁻¹ | g | % |
| Nitrógeno | | | | |
| N0 | 27.25 ab | 5.64 ab | 72.69 ab | 20.72 a |
| N100 | 30.73 a | 6.32 a | 81.94 a | 20.53 a |
| N200 | 26.27 b | 5.38 b | 70.07 b | 20.85 a |
| Fósforo | | | | |
| P0 | 26.95 a | 5.45 a | 71.89 a | 20.62 a |
| P30 | 29.31 a | 6.12 a | 78.15 a | 20.90 a |
| P60 | 27.99 a | 5.77 a | 74.65 a | 20.58 a |

Medias con iguales letras entre tratamientos (N y P, independientemente) no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey). Medias de 12 repeticiones

3.4.2 Ciclo 1995-1996

Los resultados experimentales obtenidos en cada tratamiento de fertilización y su desvío estándar se presentan en el cuadro 2.12.

La variación global de los rendimientos totales de bulbos oscilaron, en Mg ha^{-1} , entre 28.5 (N0P0K60) y 37.4 (N100P40K0), los de materia seca entre 6.02 (N0P0K60) y 7.92 (N100P40K0) y los sólidos totales en % entre 20.8 (N100P0K60) y 21.4 (N0P0K0).

Cuadro 2.12 (1995 - '96) Cebolla Southport White Globe: Influencia de los tratamientos de fertilización sobre el rendimiento total (Mg ha^{-1}), rendimiento de materia seca (Mg ha^{-1}), peso medio de bulbos (g) y porcentaje de materia seca (%)

| Tratamientos códigos | Rendimiento Total | | Rendimiento Materia Seca | | Peso Medio de Bulbos | | Sólidos Totales | |
|-------------------------|----------------------|--------|-----------------------------|--------|-------------------------|--------|--------------------|--------|
| | Mg ha^{-1} | | Mg ha^{-1} | | g | | % | |
| N0P0K0 | 29,59 | (3,85) | 6,35 | (0,97) | 81,4 | (11,2) | 21,43 | (0,91) |
| N0P0K60 | 28,46 | (2,79) | 6,02 | (0,49) | 79,2 | (6,3) | 21,19 | (0,73) |
| N0P40K0 | 29,00 | (2,54) | 6,20 | (0,51) | 80,7 | (4,4) | 21,37 | (0,10) |
| N0P40K60 | 28,85 | (2,35) | 6,16 | (0,68) | 78,5 | (7,5) | 21,30 | (0,63) |
| N100P0K0 | 37,12 | (2,97) | 7,60 | (0,66) | 100,5 | (4,4) | 20,47 | (0,30) |
| N100P0K60 | 36,76 | (3,37) | 7,64 | (0,64) | 96,4 | (4,1) | 20,80 | (0,50) |
| N100P40K0 | 37,35 | (1,74) | 7,92 | (0,18) | 102,3 | (2,3) | 21,22 | (0,68) |
| N100P40K60 | 34,85 | (4,25) | 7,31 | (0,96) | 94,5 | (10,1) | 20,94 | (0,37) |

Media de cuatro repeticiones y desvío estándar

Los valores de F y su significación estadística se resumen en el cuadro 2.13. Se constata que hubo respuesta estadísticamente significativa a la aplicación de N, en cuanto a la producción total y de materia seca, aunque se verifica que los porcentajes de sólidos totales no fueron afectados por la fertilización nitrogenada. Estos últimos resultados coinciden con lo obtenido en el ciclo 94-95.

Cuadro 2.13 (1995- '96) Niveles de F y su probabilidad, para los efectos estudiados

| Fuente de Variación | Rendimiento Total | | Rend. Materia Seca | | Peso Medio Bulbos | | Sólidos Totales | |
|------------------------|-------------------|-------|-----------------------|-------|----------------------|-------|-----------------|-------|
| | F | P (%) | F | P (%) | F | P (%) | F | P (%) |
| Bloque | 4.61 | ns | 4.15 | ns | 2.73 | ns | 0.37 | ns |
| Nitrógeno (N) | 69.90 | ** | 56.31 | ** | 68.65 | ** | 2.48 | ns |
| Fósforo (P) | 0.27 | ns | 0.06 | ns | 0.02 | ns | 0.29 | ns |
| NxP | 0.16 | ns | 0.04 | ns | 0.02 | ns | 2.39 | ns |
| Potasio (K) | 1.31 | ns | 1.94 | ns | 3.28 | ns | 0.78 | ns |
| NxK | 0.19 | ns | 0.00 | ns | 0.70 | ns | 0.97 | ns |
| PxK | 0.10 | ns | 0.45 | ns | 0.17 | ns | 1.18 | ns |
| NxPxK | 0.74 | ns | 1.00 | ns | 0.17 | ns | 0.11 | ns |
| CV % | 4.50 | | 8.00 | | 7.00 | | 2.90 | |

ns: no significativo $P > 0.05$

** : Altamente significativo $P > 0.01$

El análisis de la variancia demostró un efecto no significativo de las aplicaciones de P, K en las dosis empleadas y de las interacciones de estos elementos con N, tanto en cuanto a RT, RMS y ST.

En el cuadro 2.14 se presentan las medias de los efectos globales de los tratamientos con N, P y K y su comparación estadística a través del test de Tukey. El incremento medio de RT y RMS atribuibles a la fertilización con 100 kg N ha⁻¹ fue de 26 % y 24 % respectivamente, respecto a los no fertilizados con ese elemento. La respuesta a la aplicación de N en este ciclo se podría deber a los relativamente bajos contenidos de N total del suelo (640 ppm).

Cuadro 2.14 (1995 - '96) .Cebolla Southport White Globe: Efecto global de la fertilización con N , P y K, sobre el rendimiento total (Mg ha⁻¹), rendimiento de materia seca (Mg ha⁻¹), peso medio de bulbos (g) y porcentaje de materia seca (%)

| Tratamientos | Rendimiento Total | Rendimiento Materia Seca | Peso Medio de Bulbos | Sólidos Totales |
|------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|
| | Mg ha ⁻¹ | Mg ha ⁻¹ | g | % |
| Nitrógeno | | | | |
| N0 | 28.98 b | 6.14 b | 79.94 b | 21.19 a |
| N100 | 36.52 a | 7.62 a | 98.43 a | 20.86 a |
| Fósforo | | | | |
| P0 | 32.98 a | 6.90 a | 89.36 a | 20.97 a |
| P40 | 32.51 a | 6.85 a | 89.01 a | 21.09 a |
| Potasio | | | | |
| K0 | 33.27 a | 7.01 a | 91.27 a | 21.12 a |
| K60 | 32.23 a | 6.74 a | 87.17 a | 20.93 a |

Medias con iguales letras entre tratamientos (N, P y K, independientemente) no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey). Medias de 16 repeticiones

A pesar de que las interacciones no dieron estadísticamente significativas se verifica que el tratamiento N100P40K0 fue el que logró mayor rendimiento total con 37.35 Mg ha⁻¹. Esto coincide con lo obtenido en el ciclo 94-95 cuyo máximo rendimiento correspondió al tratamiento N100P30.

Las medias de los efectos globales por la aplicación de P y K con respecto a las no fertilizadas con estos elementos no dieron diferencias estadísticamente significativas (cuadro 2.14). La falta de respuesta en este caso y en el ciclo anterior se podría explicar por los valores de estos elementos en el muestreo inicial al momento de transplante.

El valor promedio para el ciclo 94-95 y 95-96 de P asimilable fue de 5.8 ppm y 4.12 ppm, y los de K intercambiable de 390 ppm y 337 ppm, respectivamente. De acuerdo con las pautas generales de calibración existentes, estos niveles implican poca a nula probabilidad de respuesta a esos elementos.

CAPÍTULO 3|

**Efecto de regímenes de riego sobre el cultivo de
cebolla para deshidratar:
Relaciones entre disponibilidad hídrica y
parámetros cuali-cuantitativos**

1. INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la supervivencia y el crecimiento de las plantas. En contraste con la mayoría de los nutrimentos, que son retenidos en la planta, la característica del agua es su flujo desde el suelo a través de las raíces y tallos a las hojas y de ahí al aire. El agua se usa en la fotosíntesis para formar azúcares, como disolvente para reacciones bioquímicas y para la translocación de constituyentes celulares, y para soporte de la planta por turgencia, pero sólo alrededor del 1% del agua absorbida por las plantas se utilizan para estas actividades metabólicas. La mayoría es vaporizada o evaporada en el aire circundante, predominantemente por los estomas (Gregory 1992).

Los antecedentes relacionados con el riego de cebolla indican que este cultivo es muy sensible a los cambios de humedad del suelo y que responde positivamente a mayores frecuencias de riego, dependiendo ello de las características del suelo y clima (Nijensohn *et al.* 1967, Lipinski 1994). En regiones de clima árido, como en nuestro caso, es evidente que el agua necesaria debe ser suministrada por el riego.

Una razón de la variable respuesta de la cebolla a la irrigación que se cita en algunos trabajos (Rogers 1985, Pfübb, Zengerle 1990) es probable que se deba a la interacción entre el agua aplicada y la disponibilidad de nitrógeno en la zona radicular. Muchos estudios han indicado que una suplementación extra de N es necesaria para obtener máximas producciones cuando el riego es abundante (Hedge 1986, Maier *et al.* 1990). Por otro lado un adecuado suministro de N en ausencia de agua no produce un incremento de producción (Brewster, Butter 1989). Irregular crecimiento causado por períodos de estrés hídrico ha sido citado en cebolla. Como ya se mencionó anteriormente Vega *et al.* (1972) determinaron, en Luján-Mendoza, que el sometimiento a un estrés hídrico durante el período crítico comprendido entre el 20 de diciembre y 10 de enero, dañaba irreversiblemente el follaje de la planta de cebolla del cv. Valenciana sintética N° 1, al impedirle completar su crecimiento previo al período de activo crecimiento del bulbo. Posteriormente al período de estrés, el crecimiento de las hojas se efectúa en competencia con el bulbo por los fotoasimilados y sin llegar a igualar, en peso total, a las plantas sin sequía en el período crítico.

En general, la irrigación y el adecuado suministro de N durante el desarrollo temprano del bulbo y del área foliar debe asegurar que el cultivo de cebolla logre lo más rápidamente posible un gran Índice de Área Foliar (Brewster 1990). Algunos autores (Drinkwater, Jones 1956, Riekels 1977) constataron asimismo que riegos abundantes en cebolla retrasaban la maduración. Se menciona un retraso en la madurez por encima de los 19 días entre trata-

mientos no irrigados y fuertemente irrigados. Por otro lado se cita como efecto beneficioso el corte anticipado de riego dos a tres semanas antes de cosecha ya que con esta práctica se estimula la maduración, se evita defectos y se aumenta la conservación de bulbos (Bleasdale 1966). También es posible que el corte anticipado de riego logre aumentar los sólidos totales en los bulbos. Rogers (1985) en un ensayo con *Southport White Globe* comprobó que agregando agua a través del riego por encima de un umbral necesario, provocó una reducción de los sólidos totales. Además una importante cantidad de agua debía ser removida en el proceso de deshidratación lo cual, como se mencionó anteriormente, implica un aumento del costo para la industria.

La frecuencia de irrigación y la cantidad de agua requerida por la cebolla depende de muchos factores como el cultivar, el tipo de suelo, el clima, enfermedades, etc.; de allí surge la necesidad de realizar experiencias locales (Jones, Mann 1963). Para manejar el agua de riego en cuanto a oportunidad y cantidad se ha utilizado, con bastante éxito, el balance hídrico, el cual toma en cuenta el suelo, clima y cultivo: el suelo, a través de la profundidad efectiva de raíces y “constantes hídricas”; el clima por medio de la evaporación de bandeja de tipo A; y el cultivo a través de los coeficientes de cultivo (k_c) (Grassi 1966).

La oferta de agua al cultivo está determinada por la cantidad de agua que pueda retener el suelo en la zona explorada por las raíces y que pueda ser aprovechada por la planta, sin disminuir los rendimientos. El concepto de agua útil ha sido definido como la cantidad de agua que retiene un suelo entre su situación en capacidad de campo (W_c) y su punto de marchitez (W_m).

Hay problemas para calcular la magnitud de agua útil de un suelo particular. La principal dificultad es identificar la capacidad de campo que indica “la cantidad de agua retenida en el suelo después de que el exceso... de agua ha drenado y después de que el ritmo del movimiento descendente del agua se ha reducido sustancialmente”. La dificultad impuesta por esta definición es la interpretación del tiempo para que el movimiento descendente “se haya reducido sustancialmente”. Inicialmente muchos investigadores eligieron un tiempo de dos o tres días después de un riego o una lluvia fuerte, pero numerosos suelos, incluso de textura gruesa, continúan drenando durante muchas semanas.

Como un medio práctico se ha definido el contenido de humedad en capacidad de campo en términos de tensión matricial. Se ha estimado en 33 kPa un valor aceptable para suelos francos bien drenados (Israelsen, Hansen 1962).

El límite inferior del agua útil, el punto de marchitez permanente fue definido como el contenido de humedad del suelo cuando las hojas de las plantas que crecían en él alcanzaron un estado de marchitez del que no se recuperan al colocarlos en una atmósfera saturada sin adición de agua al suelo.

Esto supone que todas las plantas actuarán de la misma manera en cualquier suelo; los resultados experimentales demuestran que ésto no es válido (Wild, Jones 1992). También se ha tomado un valor medido directamente de tensión matricial cuyo valor usualmente es de 1500 kPa.

Además es importante recordar el concepto de “umbral de riego” el cual indica la fracción de agua almacenada en el suelo que puede extraer el cultivo, sin tener un gasto de energía que haga disminuir su rendimiento. Bradley (1955) encontró que el mejor régimen de riego para la cebolla fue el que mantuvo la humedad del suelo mínima (umbral de riego) correspondiente al 50 % del agua disponible. El mayor daño sobre la producción de bulbos la tuvieron los bajos niveles hídricos en el período comprendido desde arraigue hasta el fin del crecimiento vegetativo. Nijensohn *et al.* (1967) determinaron en un suelo franco-arenoso en La Consulta-Mendoza que el mejor tratamiento entre los ensayados con cebolla cv. Valenciana fue el que aseguró un nivel mínimo de agua disponible del 63 % de la capacidad de almacenamiento.

Recientemente se ha reconocido la importancia de considerar la absorción de agua dinámicamente, en contraposición al concepto estático de disponibilidad.

Conforme se desarrolló el concepto de evaporación potencial determinada por factores meteorológicos, estuvo cada vez más claro que la absorción de agua por las planta era un sistema dinámico que incluía flujos de agua a través del suelo a la raíz, a lo largo de la raíz, de las raíces a las hojas y de aquí a la atmósfera ocurriendo a lo largo de un gradiente de potencial hídrico decreciente (Gregory 1992). Este sistema suelo-planta-atmósfera forma la base de las más recientes explicaciones de la disponibilidad de agua del suelo.

En función de lo expuesto es que se planteó como **objetivo** del presente Capítulo, evaluar el efecto de diferentes regímenes de riego al final del ciclo de cultivo, obtenidos a través de cortes anticipados del riego, sobre la producción cuantitativa y cualitativa de cebolla para la industria del deshidratado y caracterizar el suelo en cuanto a sus parámetros hídricos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Sitio y parámetros meteorológicos

Los ensayos correspondientes a los períodos hortícolas 1994 -1995 y 1995-1996 se realizaron en un sitio próximo a los ensayos de fertilidad en el campo experimental del INTA, en La Consulta, departamento de San Carlos, Mendoza.

Los parámetros meteorológicos correspondientes, a cada año de ensayo se consignan en la figura 2.1.

2.2 Material vegetal

Se utilizó la línea de cebolla INTA-REFINERÍAS 2121 derivada del cultivar *Southport White Globe* obtenido por mejoramiento para aumentar sólidos totales en la EEA INTA de La Consulta.

2.3 Suelo

Es de origen aluvial, de textura superficial franca, profundo y bien drenado (Torrifluente típico). Sus características físicas, químicas y parámetros hídricos se presentan en el cuadro 3.1. Algunos de los métodos analíticos utilizados están consignados en el Capítulo 1.

Cuadro 3.1 Características físicas, químicas y de fertilidad de la fracción fina (menor de 2 mm) del suelo de La Consulta de los ensayos de corte anticipado de riego

| Parámetros | 1994-1995 | 1995-1996 |
|--|--------------|--------------|
| Profundidad, cm | 0 - 30 | 0 - 30 |
| Arena, % | 59 | 60 |
| Limo americano, % | 33 | 33 |
| Arcilla, % | 8.5 | 8.0 |
| Calificación | franco | franco |
| Volumen de sedimentación, mL kg ⁻¹ | 1050 ± 2.00 | 1020 ± 1.00 |
| Densidad aparente, g cm ⁻³ | 1.40 ± 0.38 | 1.38 ± 0.20 |
| Capacidad Hídrica a 30 KPa, g % g ⁻¹ | 22.89 ± 1.2 | 23.00 ± 1.3 |
| Idem, cm ³ cm ⁻³ | 0.320 | 0.320 |
| Capacidad Hídrica a 1500 kP, g % g ⁻¹ | 10.7 ± 0.42 | 10.60 ± 0.50 |
| Idem, cm ³ cm ⁻³ | 0.149 | 0.147 |
| Lámina de Agua Disponible, cm cm ⁻¹ | 0.171 | 0.173 |
| Capacidad Hídrica de Saturación, g % g ⁻¹ | 42.01 ± 1.25 | 44.36 ± 1.30 |
| Idem, cm ³ cm ⁻³ | 0.588 | 0.62 |
| CaCO ₃ total, dag kg ⁻¹ | 6.1 ± 0.15 | 5.50 ± 0.20 |
| pH saturado | 7.44 ± 0.17 | 7.67 ± 0.18 |
| Materia orgánica, dag kg ⁻¹ | 1.56 ± 0.20 | 1.45 ± 0.25 |
| En Extracto de Saturación | | |
| Conductividad Eléctrica, dS m ⁻¹ 25°C | 4.25 ± 0.25 | 4.35 ± 0.30 |
| Ca + Mg mmol _c L ⁻¹ | 28.83 ± 3.50 | 29.30 ± 3.00 |
| Na mmol _c L ⁻¹ | 19.00 ± 8.50 | 21.00 ± 4.50 |
| Relación Adsorción de Sodio | 5.00 ± 0.89 | 5.49 ± 0.50 |

Macro-Nutrientes

Nitrógeno total, mg kg⁻¹

| | | |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| Media | 882 ± 72 | 770 ± 40 |
| Rango | 770 - 952 | 714 - 826 |
| Coeficiente de Variabilidad, % | 8.17 | 5.30 |

Fósforo disponible, mg kg⁻¹ (P-CO₂ 1:10)

| | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| Media | 3.59 ± 0.89 | 3.78 ± 0.30 |
| Rango | 2.88 - 5.08 | 3.42 - 4.08 |
| Coeficiente de Variabilidad, % | 25 | 8 |

Potasio intercambiable, mg kg⁻¹

| | | |
|--------------------------------|----------------|-------------|
| Media | 325,75 ± 37.25 | 321,25 ± 34 |
| Rango | 292 - 385 | 292 - 378 |
| Coeficiente de Variabilidad, % | 11.43 | 10.7 |

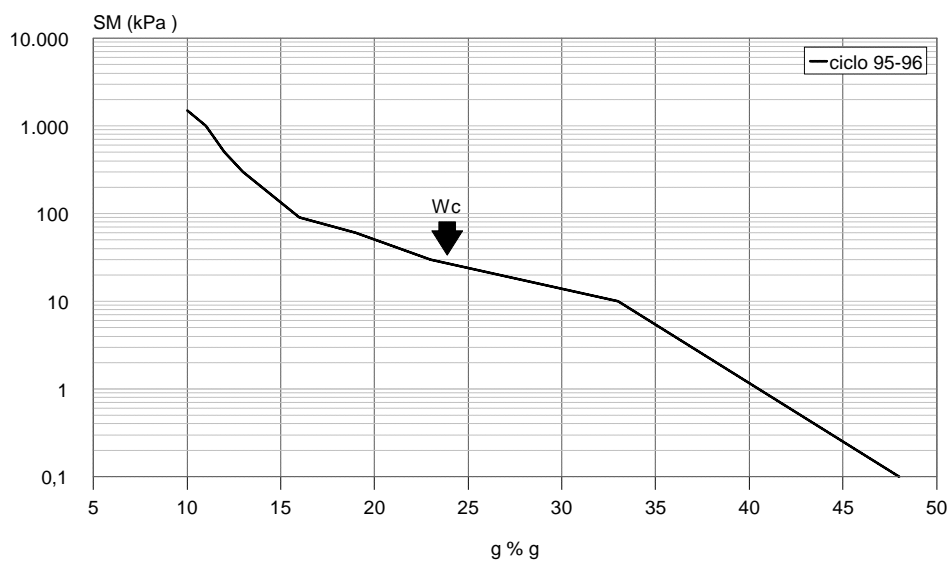
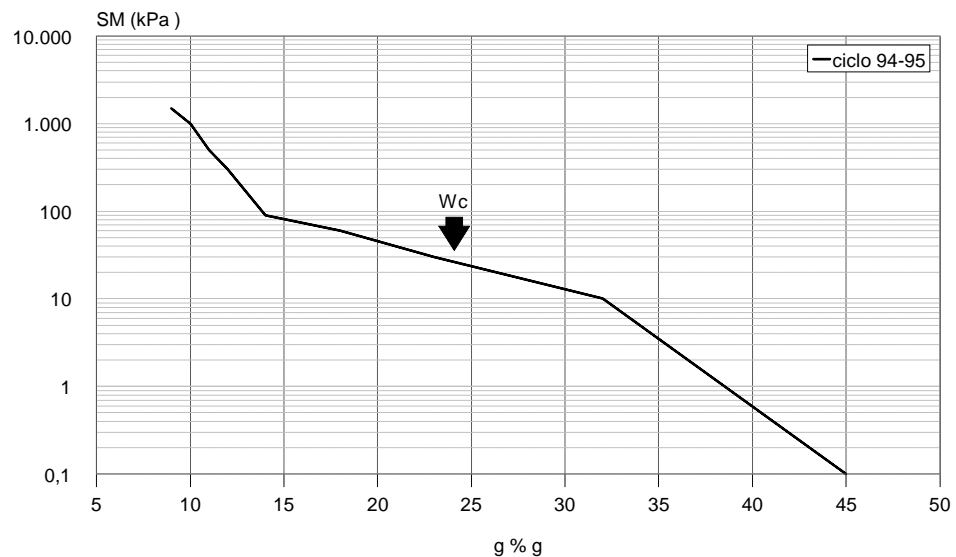


Figura 3.1 Curvas de capacidad hídrica del suelo de La Consulta correspondientes a los ensayos de corte anticipado de riego en cebolla SWG

En una muestra representativa del suelo de cada ciclo de ensayo se determinaron las curvas de capacidad hídrica por desplazamiento con presión de nitrógeno, empleando la olla y cámara de presión con placa de porcelana porosa y membrana de celofán. Como valor aproximado de capacidad de campo (W_c) y capacidad de marchitamiento (W_m) se tomó el contenido hídrico en correspondencia con 30 kPa y 1500 KPa, respectivamente (figura 3.1).

El peso específico aparente (PEA) se determinó por el método del cilindro. Para calcular la capacidad de almacenaje de agua útil del suelo se consideró como límite inferior y superior, el contenido hídrico entre W_m y W_c , respectivamente. Considerando el PEA de 1.39 g cm^{-3} y una profundidad de exploración radicular para el cultivo de cebolla de 40 cm de profundidad, la capacidad de agua disponible resultó de 68.9 mm en los dos ciclos de ensayo.

2.4 Tratamientos y diseño experimental

Los riegos se efectuaron con frecuencias medias, aplicables normalmente en la práctica, de entre 5 y 7 aproximadamente y los tratamientos consistieron en cortes anticipados de los riegos, según diferentes fechas anteriores a la cosecha.

Para el ciclo 1994-1995 se cortó el riego 33, 27, 21 y 8 días anteriores a la fecha fijada para la cosecha que en este caso fue el 25/1/95. Durante el segundo ciclo se realizó el corte a los 21, 14 y 7 días anteriores de cosecha (18/1/96).

Cuadro 3.2 Números de riegos efectuados durante los ensayos de corte anticipado de riegos en cebolla SWG

| Trat. | Números de Riegos | | | | | Total |
|--------------------------|-------------------|------|------|------|-------|-------|
| | Set.* | Oct. | Nov. | Dic. | Ene.* | |
| ciclo 1994 - 1995 | | | | | | |
| R8 | 4 | 3 | 5 | 5 | 3 | 22 |
| R21 | 4 | 3 | 5 | 5 | 0 | 19 |
| R27 | 4 | 3 | 5 | 4 | 0 | 18 |
| R33 | 4 | 3 | 5 | 3 | 0 | 17 |
| ciclo 1995 - 1996 | | | | | | |
| R7 | 3 | 3 | 5 | 5 | 2 | 18 |
| R14 | 3 | 3 | 5 | 5 | 1 | 17 |
| R21 | 3 | 3 | 5 | 5 | 0 | 16 |

* solo se consideran los días desde transplante y hasta cosecha

El número de riegos efectuados se presenta en el cuadro 3.4. Los tratamientos fueron distribuidos en bloques al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas de ensayo fueron de 10 m² y cada una de ellas estuvo sistematizada en cuatro camellones distanciados a 80 cm uno de otro. Las plántulas de cebolla se transplantaron en doble línea a ambos lados del camellón, separadas por 40 cm; la distancia entre plantas en la línea fue de casi 7 cm.

Para el cálculo de rendimiento por parcela se cosecharon los dos camellones centrales completos y dos medios camellones a cada costado.

Como bordura de costado se dejaron los otros dos medios camellones y como bordura de cabeza y pie se despreciaron 0.50 cm de cada extremo. Algunos detalles de los ensayos correspondientes a los dos ciclos de ensayo como también los códigos de los tratamientos se presentan en los cuadros 3.3 y 3.4.

Cuadro 3.3 Síntesis de algunos aspectos relacionados con el manejo del cultivo de cebolla SWG en los ensayos de corte anticipado de riego

| | 1994 - 1995 | 1995 -1996 |
|--|------------------------------|--|
| Cultivar: INTA - Refinerías 2121 - Southport White Globe | | |
| Fecha de siembra del almácigo | 20-05-94 | 27-05-95 |
| Fecha de transplante | 08-09-94 | 11-09-95 |
| Fecha de cosecha | 24-01-95 | 18-01-96 |
| Distancia entre hileras, cm | | 0.40 |
| Distancia dentro de la hilera, cm | | 6.6 |
| Parcelas | 4 camas (0.80 m) x 3 m largo | |
| Plantación | doble hilera | |
| Superficie de la parcela, m ² | 10 | |
| Densidad de plantas , nº plantas m ² | 37.5 | |
| Diseño | bloques al azar | |
| Tratamientos(Cuadro 3.4) | 4 | 3 |
| Números de repeticiones | 4 | |
| Fertilización | N -P | N-P-K |
| Fecha de fertilización de base (P y/o K) | 06-09-94 (P) | 09-09-95 (P,K) |
| Fecha de la fertilización de cobertura (N) | 21-09-94 | 26-09-95 |
| | 21-10-94 | 31-10-95 |
| Dosis de fertilización | 100 kg ha ⁻¹ N | 100 kg ha ⁻¹ N |
| | 45 kg ha ⁻¹ P | 40 kg ha ⁻¹ P 60 kg ha ⁻¹ K |

Cuadro 3.4 Códigos de los tratamientos en los ensayos de corte anticipado de riego del cultivo de cebolla SWG

| Tratamientos códigos | 1994 - '95 | 1995 - '96 |
|----------------------|--|------------|
| | Corte de riego antes de cosecha (días) | |
| R8 | 8 | |
| R21 | 21 | |
| R27 | 27 | |
| R33 | 33 | |
| R7 | | 7 |
| R14 | | 14 |
| R21 | | 21 |

2.5 Cálculo del balance hídrico

En cada ciclo de cultivo se efectuó el control de humedad edáfica por gravimetría en estufa a 105 °C. Se extrajeron muestras de suelo con pala barreno, antes y después de 24 horas de efectuado un riego, en el surco y en el medio del camellón en las capas de 0-20 cm y 20-40 cm. La lámina de agua incorporada en cada riego en el perfil explorado por las raíces se calculó a partir de los datos de humedad antes y después del riego, para el promedio de los valores del surco y camellón y hasta los 40 cm de profundidad. La heterogeneidad característica de los suelos aluviales hace que frecuentemente, aun dentro de una misma unidad de parcela, se puedan identificar sectores de distintas texturas. Al no muestrear siempre en el mismo lugar esta heterogeneidad puede ser fuente de error pero la gran cantidad de muestreos realizados a lo largo de cada ciclo de ensayo podría compensar esta situación.

Cuadro 3.5 Láminas de riego incorporadas en los diferentes tratamientos de corte anticipado de riego en cebolla SWG

| Trat. | Láminas, mm | | | | | Total |
|-------------------------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|
| | Set.* | Oct. | Nov. | Dic. | Ene.* | |
| ciclo 1994 - '95 | | | | | | |
| R8 | 45.7 | 67.6 | 94.3 | 150.3 | 96.1 | 466.9 |
| R21 | 45.7 | 67.6 | 94.3 | 150.3 | 0 | 370.8 |
| R27 | 45.7 | 67.6 | 94.3 | 123.2 | 0 | 343.7 |
| R33 | 45.7 | 67.6 | 94.3 | 98.6 | 0 | 319.1 |
| ciclo 1995 - '96 | | | | | | |
| R7 | 109.2 | 85.2 | 134.8 | 231.5 | 51.3 | 612.0 |
| R14 | 109.2 | 85.2 | 134.8 | 231.5 | 9.95 | 570.6 |
| R21 | 109.2 | 85.2 | 134.8 | 231.5 | 0 | 560.7 |

* Sólo se consideran los días desde transplante y hasta cosecha

En la oferta de agua al perfil del suelo se consideró además de la del riego la incorporada por la lluvia efectiva. Esta última se calculó considerando la precipitación registrada multiplicada por un factor empírico para la zona, de acuerdo al tipo de lluvia.

La demanda de agua del cultivo o evapotranspiración fue estimada diariamente a partir de la evaporación de bandeja clase A afectada por el coeficiente de bandeja ($k_p:0.75$) y por el coeficiente del cultivo (k_c) que aumentó gradualmente con valores al principio de cada mes de 0.43 (setiembre), 0.48 (octubre), 0.61 (noviembre), 0.78 (diciembre) llegando a un máximo de 0.90 al comienzo de enero y luego comienza a descender hasta cosecha. Se mantuvieron estos valores para los dos ciclos de ensayo. Entre intervalos de riegos se calculó el déficit hídrico máximo alcanzado en el suelo mediante la suma de la evapotranspiración calculada (cuadro 3.6). Se consideró como umbral de riego el correspondiente al 50 % de agua disponible.

Cuadro 3.6 Valores de Evapotranspiración, para los tratamientos R8 y R7, durante los ensayos de corte anticipado de riego en el cultivo de cebolla SWG

| Trat. | Evapotranspiración del tanque tipo A (mm) | | Evapotranspiración máxima del cultivo (mm) | | Evapotranspiración diaria (mm día ⁻¹) | |
|--------------|---|--------------|--|--------------|---|------------|
| | '94 - '95 | '95 - '96 | '94 - '95 | 1995 - '96 | 1994 - '95 | 1995 - '96 |
| | R8 | R7 | R8 | R7 | R8 | R7 |
| Set. * | 111.5 | 86.4 | 27.2 | 30.8 | 1.8 | 1.5 |
| Oct. | 140.9 | 172.8 | 57.6 | 73.9 | 1.9 | 2.4 |
| Nov. | 236.7 | 227.2 | 121.0 | 116.2 | 4.0 | 3.8 |
| Dic. | 292.9 | 296.4 | 196.8 | 198.7 | 6.3 | 6.4 |
| Ene. * | 200.0 | 151.9 | 105.4 | 87.9 | 4.4 | 4.8 |
| Total | 998.7 | 983.5 | 524.6 | 522.5 | | |

* Sólo se consideran los días desde transplante y hasta cosecha

2.6 Ensayo de infiltración

Durante el ciclo 1995-1996 luego de cosechadas las parcelas de ensayo se comprobaron diferencias de producción entre parcelas de distintos bloques pero del mismo tratamiento de manejo del riego. Con el objetivo de explicar esas posibles diferencias y caracterizar el suelo de la EEA La Consulta en cuanto a los parámetros de infiltración, se realizaron ensayos del mismo con el infiltrómetro de cilindro, en las parcelas 35 y 26, cuyas producciones fueron de 31.5 y 23.2 Mg ha⁻¹, respectivamente, y ambas bajo el tratamiento R7. El ensayo de infiltración se realizó partiendo de tres condiciones de humedad distintas, a los 30 días, 1 día y 7 días después de un riego.

2.7 Datos culturales y cosecha

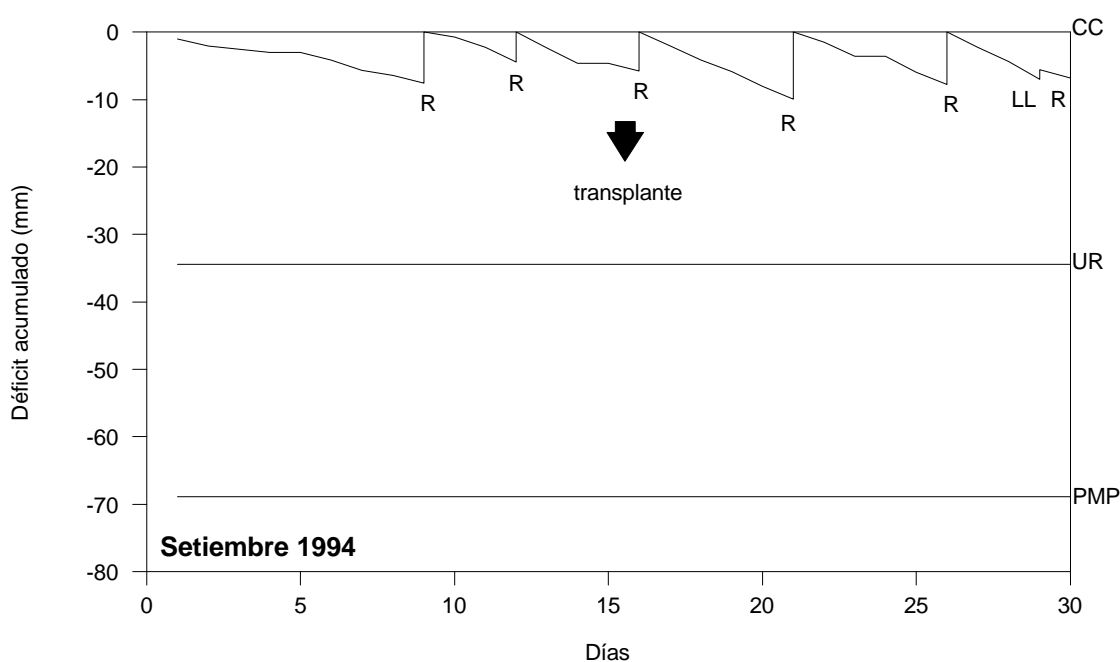
Es importante destacar además de lo ya consignado en el cuadro 3.3 que en el ciclo 1994-1995 a los 26 ddt se aplicó Linurón como herbicida de post-emergencia en dosis de 1.7 kg ha^{-1} y en general se observaron problemas de fitotoxicidad que retrasaron el desarrollo de las plantas. Durante los dos ciclos de ensayos se realizó una fertilización química cuyo detalle en cuanto a dosis y momento de aplicación está indicada en el cuadro 3.3. Los surcos de riego, de mínima pendiente, tuvieron desagüe al pie.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

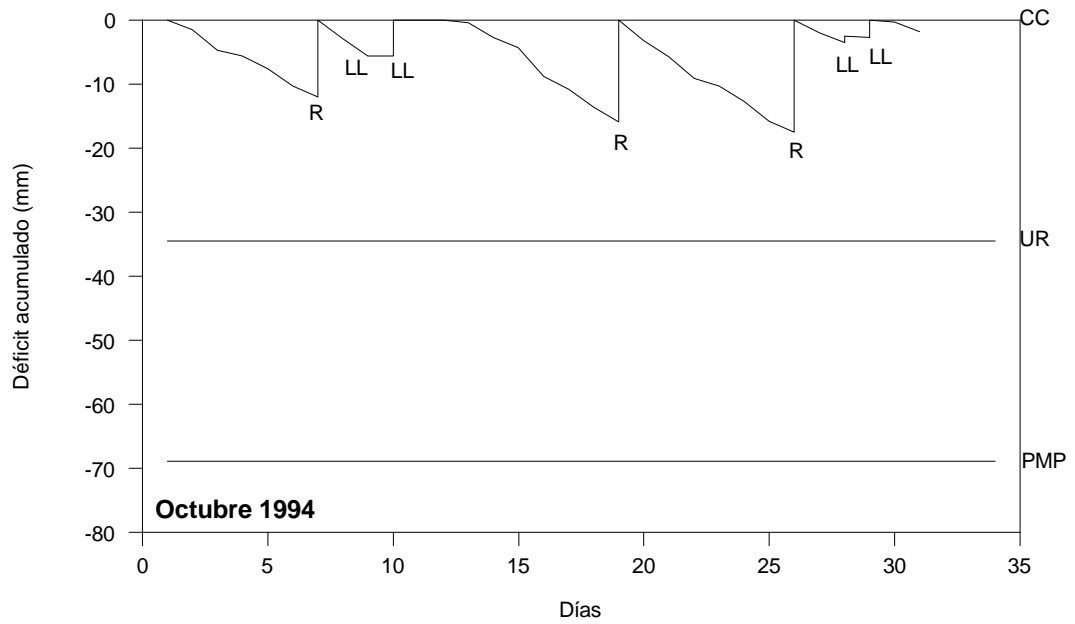
3.1 Curso de los tratamientos

A través del examen de las figuras que a continuación se presentan puede obtenerse una visión global del balance hídrico correspondiente a los dos ciclos de cultivo, de cada uno de los tratamientos y algunos valores detallados respectivos se consignan en los cuadros 3.2, 3.4 y 3.6.

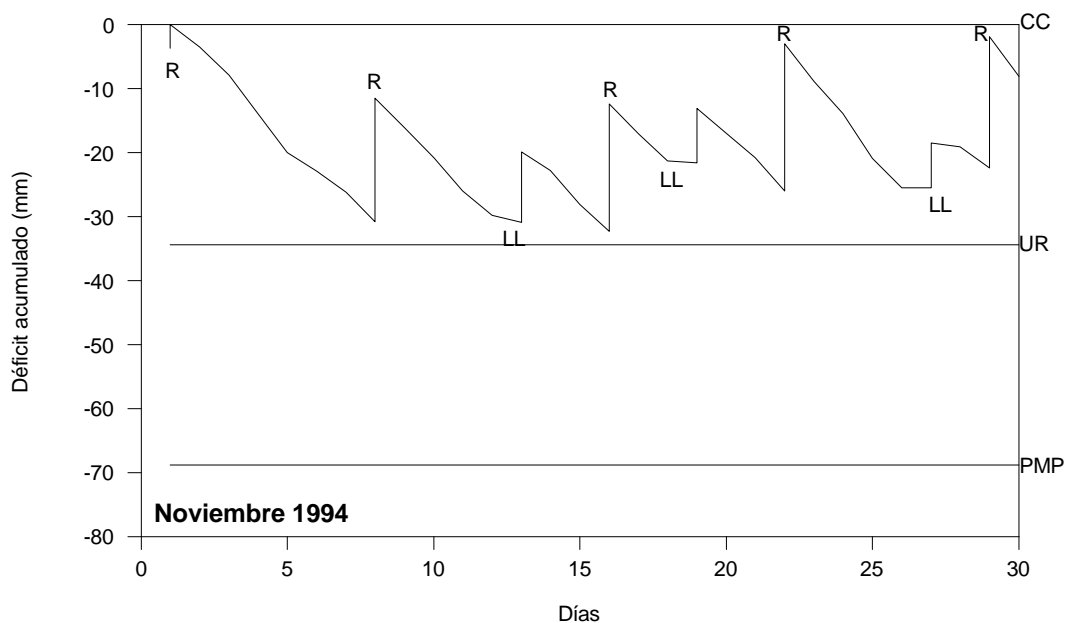
3.1.1 Ciclo 1994-1995



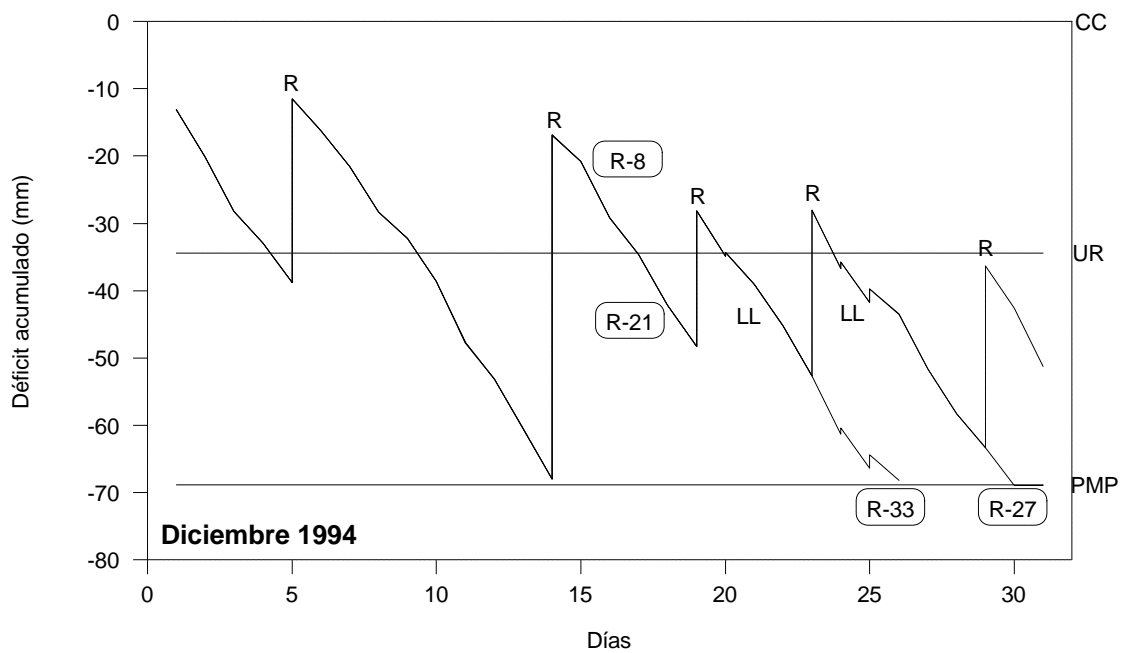
El transplante se realizó el 15/9/94 y el suelo recibió previo al mismo dos riegos con una lámina total de 19 mm. Luego, durante el resto del mes, se aplicaron para el arraigue de las plántulas de cebolla cuatro riegos con frecuencias entre 4 y 5 días que totalizaron 45.75 mm. El balance hídrico muestra que durante este mes el contenido hídrico del suelo estuvo muy por encima del umbral de riego considerado como el 50 % del agua disponible. La evapotranspiración acumulada (Ev) del cultivo durante los 15 días del cultivo durante el mes de *setiembre* fue de ca. 28 mm.



Durante el mes de *octubre* se dieron sólo tres riegos que totalizaron una lámina de 62.6 mm y además hubo un aporte de las precipitaciones. La Ev fue de 57.5 mm y la humedad del suelo no descendió por debajo del umbral de riego (Ur).

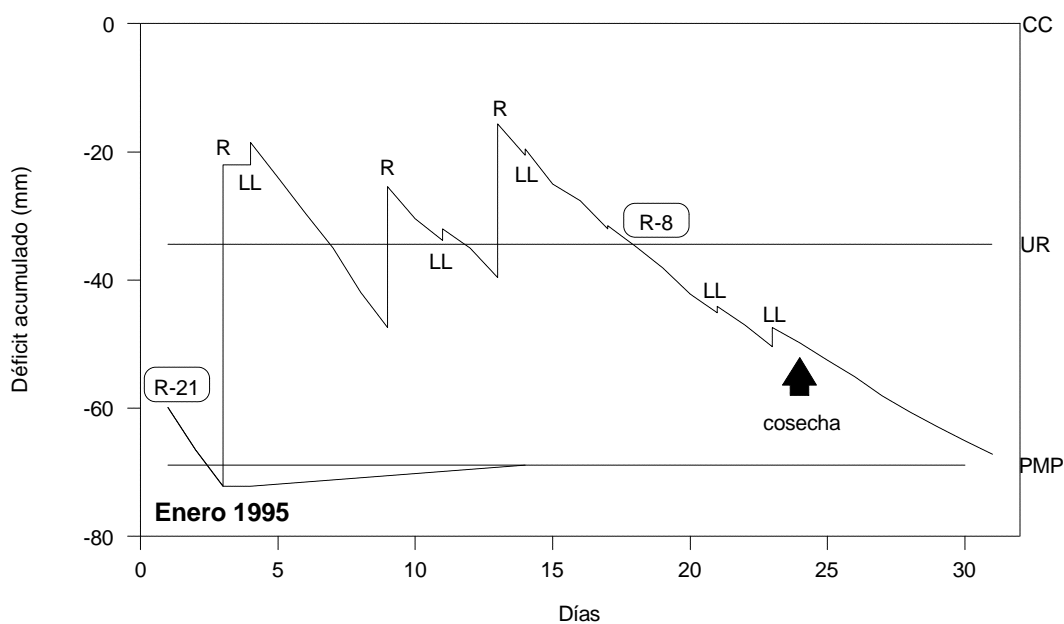


En la primera década del *noviembre* el cultivo experimenta una gran evapotranspiración en correspondencia con un pronunciado aumento de las temperaturas máximas que se puede apreciar en la figura 2.1 donde están los parámetros meteorológicos del ciclo de cultivo. Durante este mes los riegos fueron cinco y también hubo algunas lluvias pero ambos aportes fueron insuficientes para llevar a capacidad de campo (Wc) la capa de suelo diagnóstico. De todas maneras, la humedad del suelo se mantuvo sobre el umbral de riego (Ur).



Durante el mes de *diciembre* que se corresponde con parte de la fase II y III de desarrollo del cultivo se empiezan a diferenciar los tratamientos de corte anticipado del riego. Durante este período los tratamientos R8 y R21 tuvieron 5 riegos con una lámina total de 150 mm que no permitieron llevar a Wc la humedad del suelo. Se produce una gran demanda evapotranspiratoria (197 mm mensuales) y el suelo se mantuvo gran parte del mes con humedades por debajo del Ur y en algunos casos hasta capacidad de marchitez permanente (Wm). Hubo un intervalo de riego de 9 días, entre los días 5 y 14, que provocó una gran disminución de la humedad edáfica difícil de recuperar con los riegos posteriores. En el tratamiento R33 se cortó el riego el 23 de diciembre y hasta ese momento recibe 3 riegos que totalizan 98 mm de lámina. Los controles muestran después del corte del riego una disminución, en un corto plazo, de la humedad del suelo. Si se observa la figura se constata que el corte del riego de este tratamiento coincide con el inicio de la fase III de desarrollo. En el capítulo I se determinó que durante esta última fase el bulbo aumenta un 78 % de su peso

final. El déficit hídrico de este tratamiento provocó una disminución de casi el 50 % del peso medio de bulbo y del 54 % del rendimiento total con respecto a R8. También se observa una disminución estadísticamente significativa en cuanto al porcentaje de sólidos totales. En R27 se corta el suministro de agua el 29 de diciembre, prácticamente una semana posterior al tratamiento R33. Recibe los últimos 4 riegos durante el mes de diciembre con una lámina de 123 mm. El déficit hídrico provoca una disminución del 31 % del rendimiento total con respecto a R8.

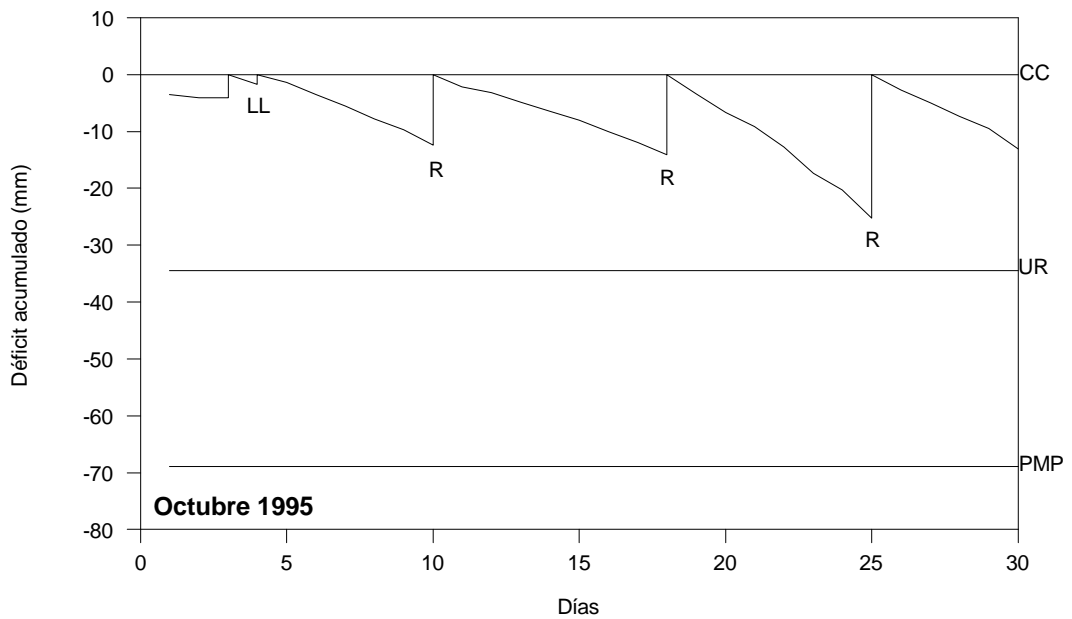
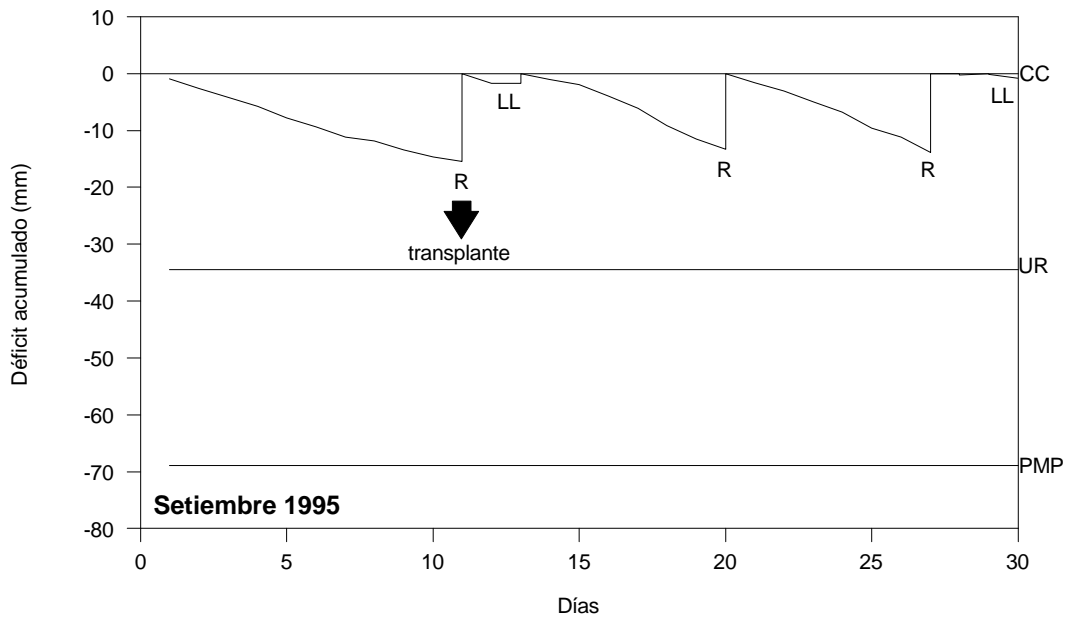


Durante el mes de *enero* y específicamente el día 24 se realiza la cosecha de las parcelas de ensayo. El tratamiento R8 recibió en este período tres riegos que totalizaron 96 mm de lámina y 8 días antes de cosecha se realiza el último riego. El agua que se incorporó a través de los riegos y la lluvia fueron insuficientes para llevar a Wc la capa explorada por las raíces y además se constató que hubo dos días, los primeros del mes, en que incluso la humedad descendió hasta Wm. El tratamiento R21 no recibió ningún riego durante este mes y el déficit hídrico durante esta última etapa hizo disminuir un 17 % el rendimiento total de bulbos con relación a R8. También el % ST disminuye aunque estadísticamente no resultó significativo a P:0.05 con respecto a R8 (cuadro 3.8).

3.1.2 Ciclo 1995-1996

El transplante se efectuó el 11/9/95 y se realizaron hasta fin del mes tres riegos que totalizaron una incorporación de una lámina de 109 mm. La significativa mayor cantidad de agua que se incorporó en este período del mes de *setiembre* con respecto

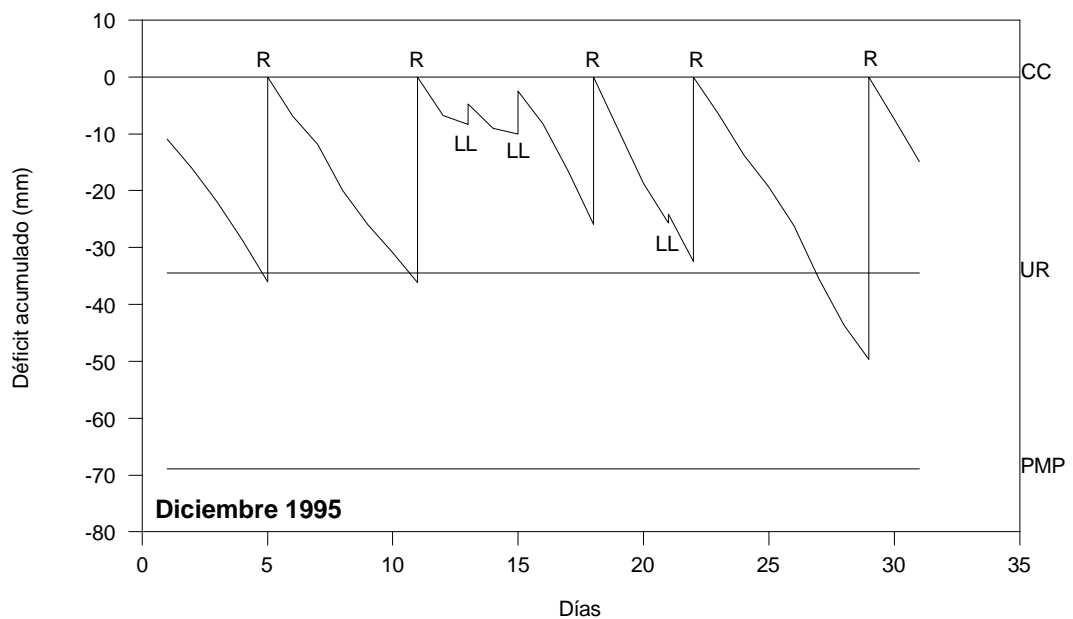
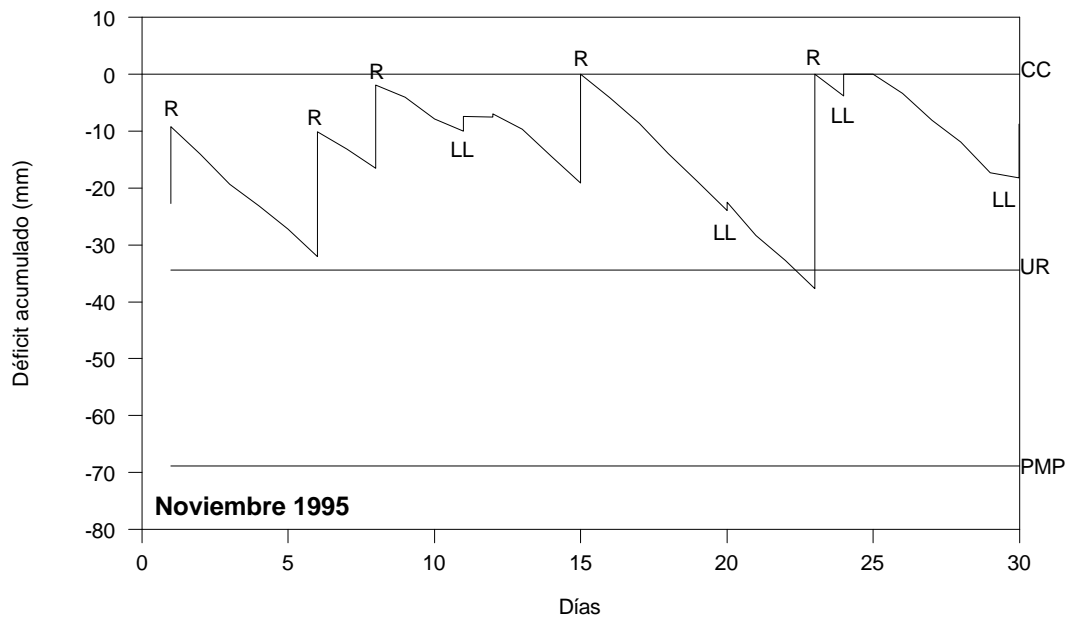
al ciclo anterior podría deberse a que en este ensayo no se dieron riegos previos al transplante por lo que el suelo estaba muy seco, lo que provocó una infiltración mayor.



Durante el mes de *octubre* el balance hídrico muestra que los valores de humedad edáfica se mantuvieron por encima del umbral de riego.

Pero es a partir de *noviembre* que el manejo del riego de este ciclo de cultivo se diferencia del anterior y que puede explicar los significativos mayores rendimientos obtenidos. Durante este mes, que es cuando aumenta la evapotranspiración en forma notable, se observa que el suelo estuvo todo el mes entre W_c y U_r y además que los riegos lograron, en general, llevar la humedad del suelo a W_c . La lámina de riego

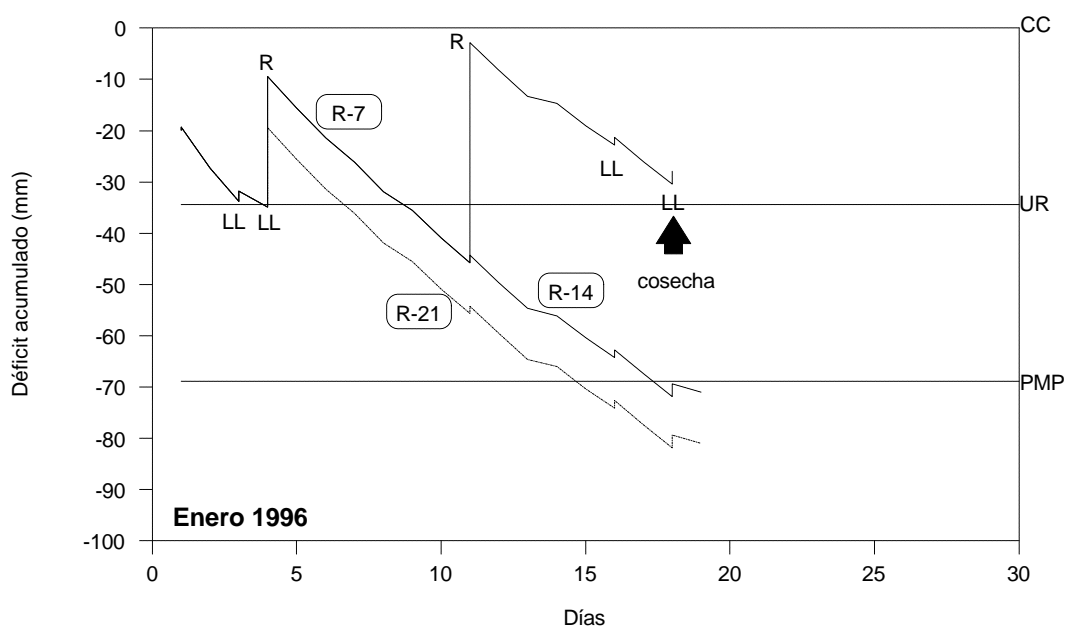
incorporada fue de 134 mm y superó los requerimientos evapotranspiratorios que fueron de 116 mm.



Durante todo el mes de *diciembre*, período substancial porque se «dispara el llenado del bulbo», se observa a través de comparar las figuras correspondientes al mes de diciembre de los dos años, que durante el ciclo 95-96 se realizó un adecuado manejo de los 5 riegos con intervalos de ca. 4 a 5 días y con algunas lluvias que le permitieron al suelo llegar a W_c y luego mantener su humedad en el intervalo entre W_c y U_r . Es importante destacar también que los riegos fueron más prolongados (9 horas) que en el mismo período del ciclo anterior. Esta diferencia con respecto al ciclo 94-95,

en el cual en diciembre el riego no cubrió los requerimientos evapotranspiratorios, podría ser la causa de las diferencias de rendimientos obtenidas (cuadro 3.9). Estas apreciaciones coinciden con las de Nijensohn *et al.* (1967) quienes determinaron en Luján-Mendoza, que la mejor concordancia entre rendimiento de bulbos de un cultivar de cebolla Valenciana y valores de contenidos hídricos de suelo se produjo en el período que comienza a mediados de diciembre y que cubre el lapso de máximas exigencias climáticas de evapotranspiración como el de formación y crecimiento del bulbo. Vega *et al.* (1972) determinaron también para el departamento de Luján-Mendoza, que el sometimiento a un estrés hídrico durante el período crítico comprendido entre el 20 de diciembre y 10 de enero dañaba irreversiblemente el follaje de la planta de cebolla cv. Valenciana sintética N° 1 al impedirle completar su crecimiento previo al período de activo crecimiento del bulbo. Posteriormente al período de estrés, el crecimiento de las hojas se efectúa en competencia con el bulbo por los fotoasimilados y sin llegar a igualar, en peso total, a las plantas sin sequía en período crítico.

El cociente entre la lámina de reposición necesaria para llegar a umbral de riego y la evapotranspiración del cultivo de cebolla del mes de máxima demanda indica que en ese período es necesario una frecuencia de riego de 5 días. Esto coincide con Lipinski (1994) quien determinó en La Consulta-Mendoza, que con una frecuencia de riego de cada 5 días se obtuvo los mejores rendimientos en un cv. Valenciana.



Durante este ciclo de ensayo la cosecha se realizó el 18/1/96 pero prácticamente el 5/1/96 las plantas se empezaron a «entregar» lo que determinaría el momento de

cosecha. El adelanto del estado de madurez del cultivo determinó que no se pudieran realizar bien los cortes de riegos programados. Brewster, Butter (1989) coinciden en señalar que en general un régimen adecuado de riego y una buena suplementación con N durante el desarrollo temprano del bulbo y área foliar tiende a promover una rápida madurez del bulbo de cebolla. Esto fue lo que se presume ocurrió en este ensayo por lo cual prácticamente los tratamientos R7 y R14 no se diferencian porque ya el cultivo estaba «terminado» cuando se realizaron los cortes de riego. En el tratamiento R21 el corte se realizó el 29/12/95 y el rendimiento total disminuyó casi 2 Mg ha⁻¹ con respecto a los otros, no así el % ST que se mantuvo en 21 % ST, pero el rendimiento total de materia seca se vio levemente afectado.

3.2 Parámetros de infiltración

La heterogeneidad característica de los suelos aluviales hace que frecuentemente dentro de unidades pequeñas como son las parcelas de ensayo se verifiquen diferencias significativas en cuanto a textura, capacidad de trasmisión del agua, nivel de salinidad y de nutrimentos, etc. Estas características de sitio determinan a menudo que se obtengan producciones disímiles en ensayos de investigación, aun bajo el mismo tratamiento.

Durante el ciclo 1995-1996 las parcelas 26 y 35 rindieron 31.5 y 23.2 kg por parcela, respectivamente, en diferentes bloques del mismo tratamiento (R7). Se realizaron ensayos de infiltración para caracterizar la capacidad de infiltración de esas dos parcelas partiendo de contenidos de humedades iniciales distintas. La característica de humedad del suelo es un factor importante en la infiltración. La capacidad de retención de agua es ahora considerada como una característica física para cada tipo de suelo. Por lo tanto, el contenido de agua inicial del suelo necesita ser incluido como uno de los parámetros en una prueba de infiltración (Grassi, 1967).

Las figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7 muestran las curvas de infiltración acumuladas e instantáneas, en escala lineal y logarítmica, obtenidas en cada situación analizada. Comparando el comportamiento general del proceso de infiltración entre ambas parcelas, para un mismo contenido de humedad, se verifica que son similares aunque sus valores absolutos difieren.

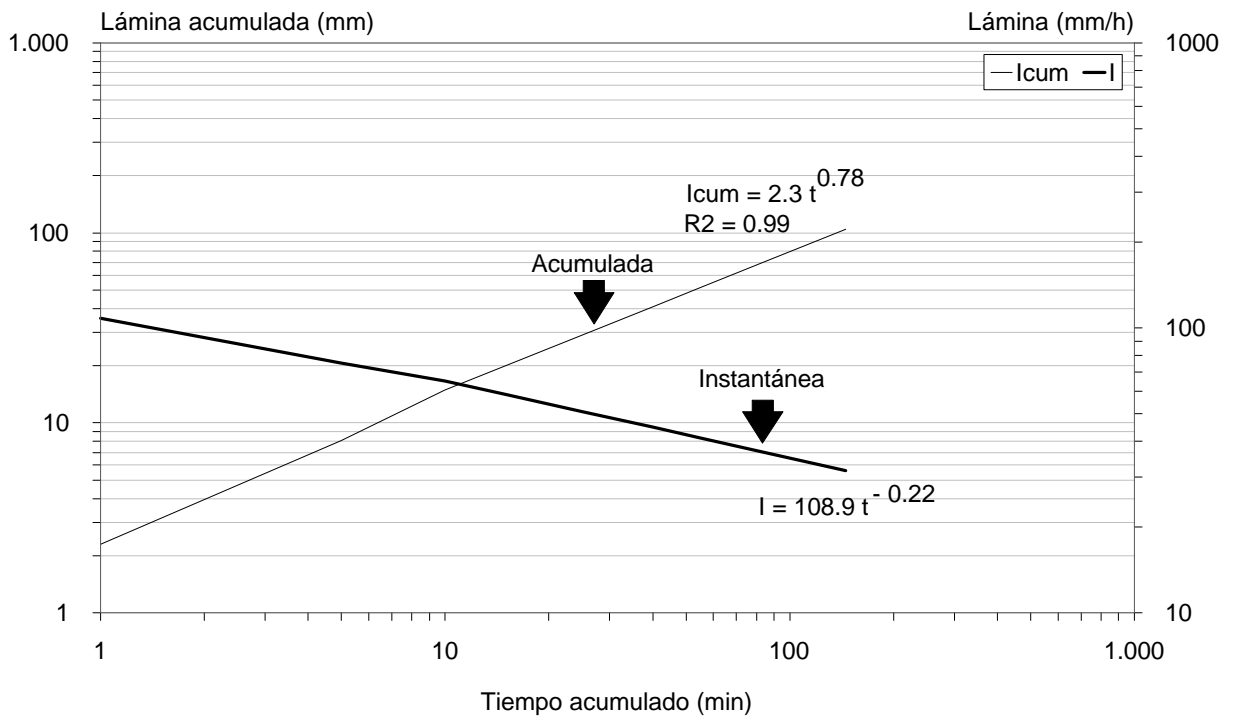
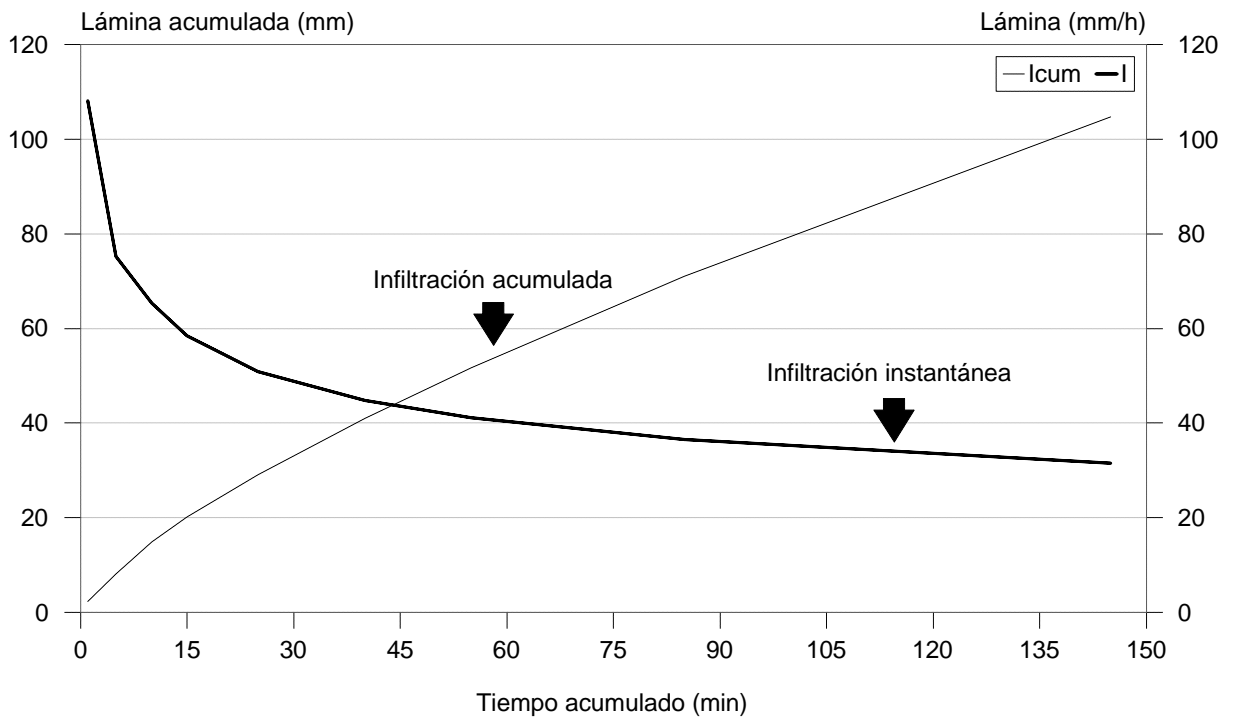


Figura 3.2 Parcela N° 35. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 30 días después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995-'96.

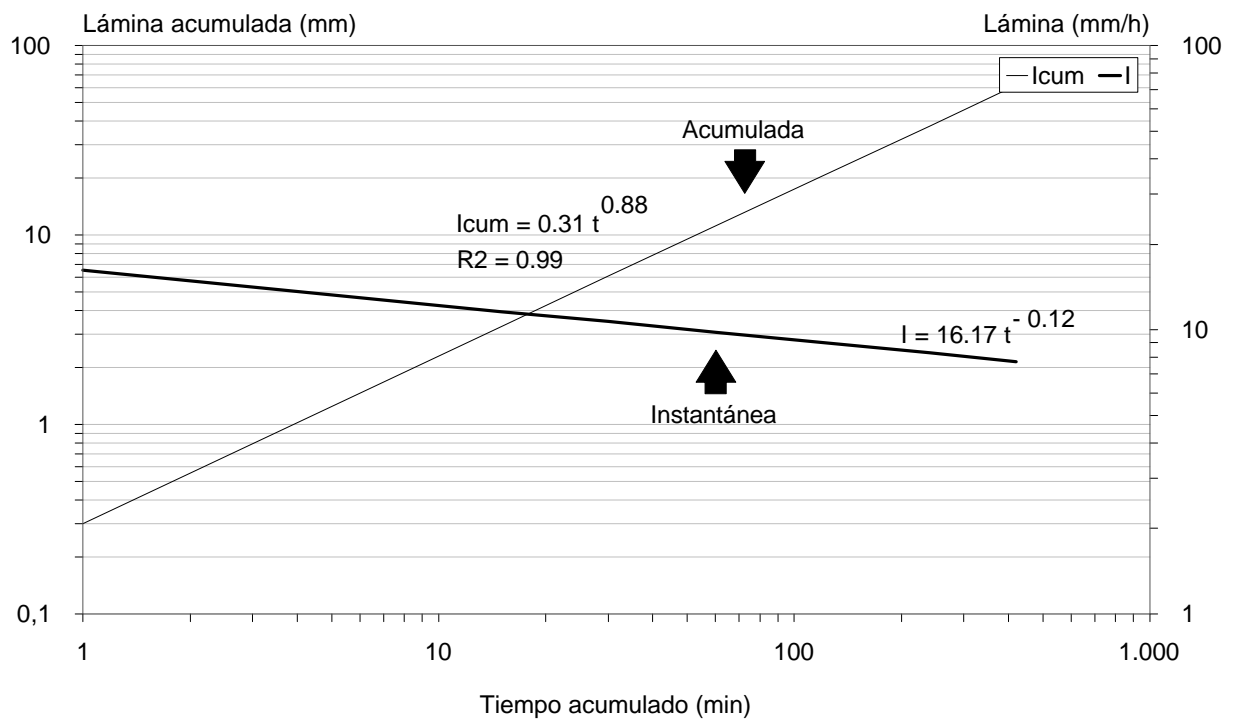
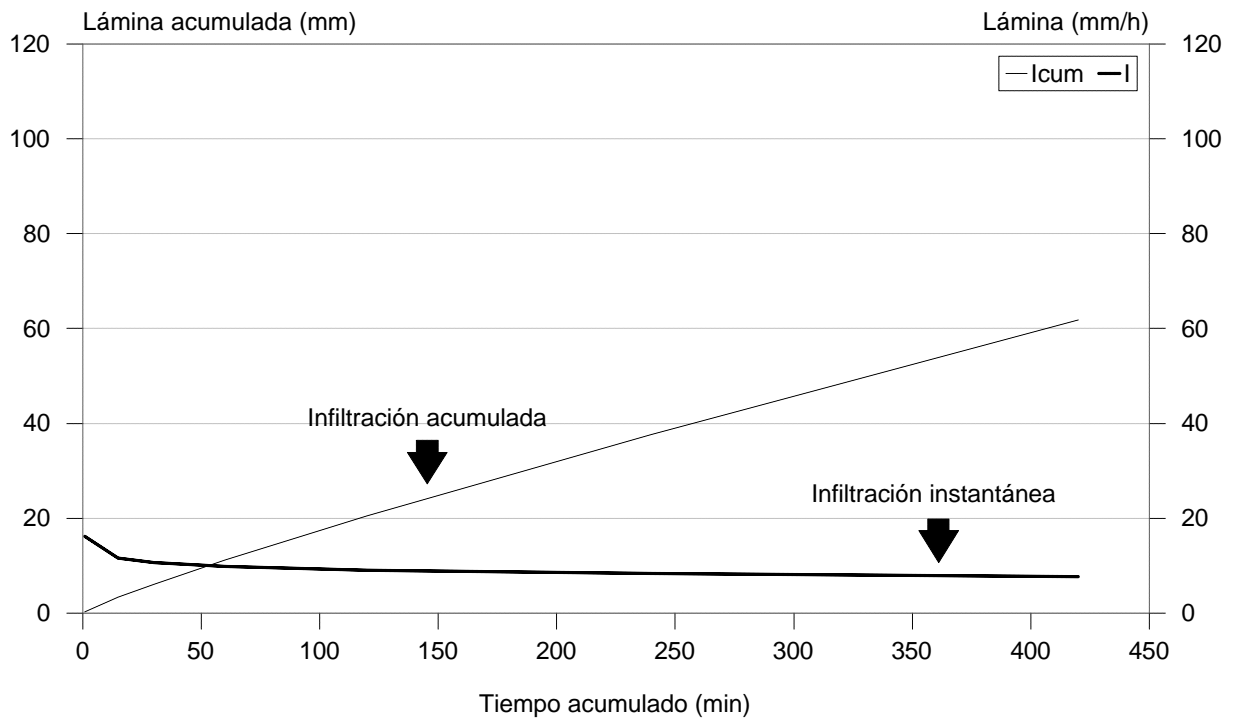


Figura 3.3 Parcela N° 35. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 1 día después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995-'96.

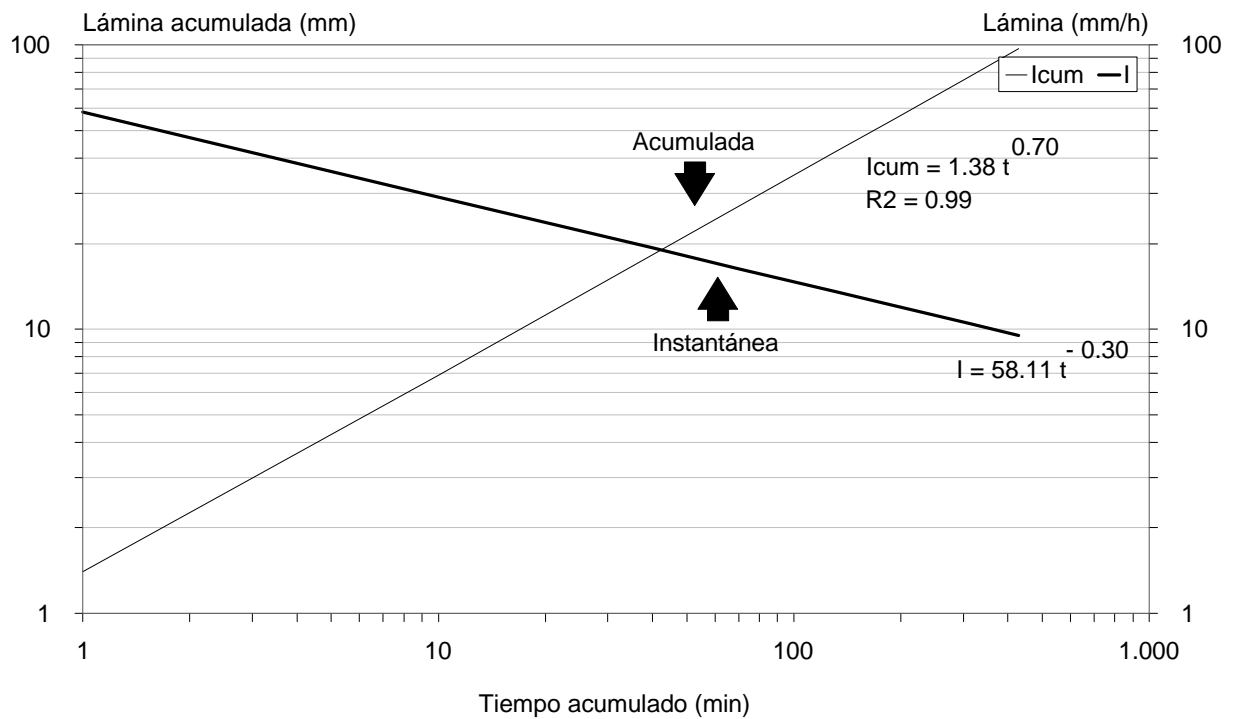
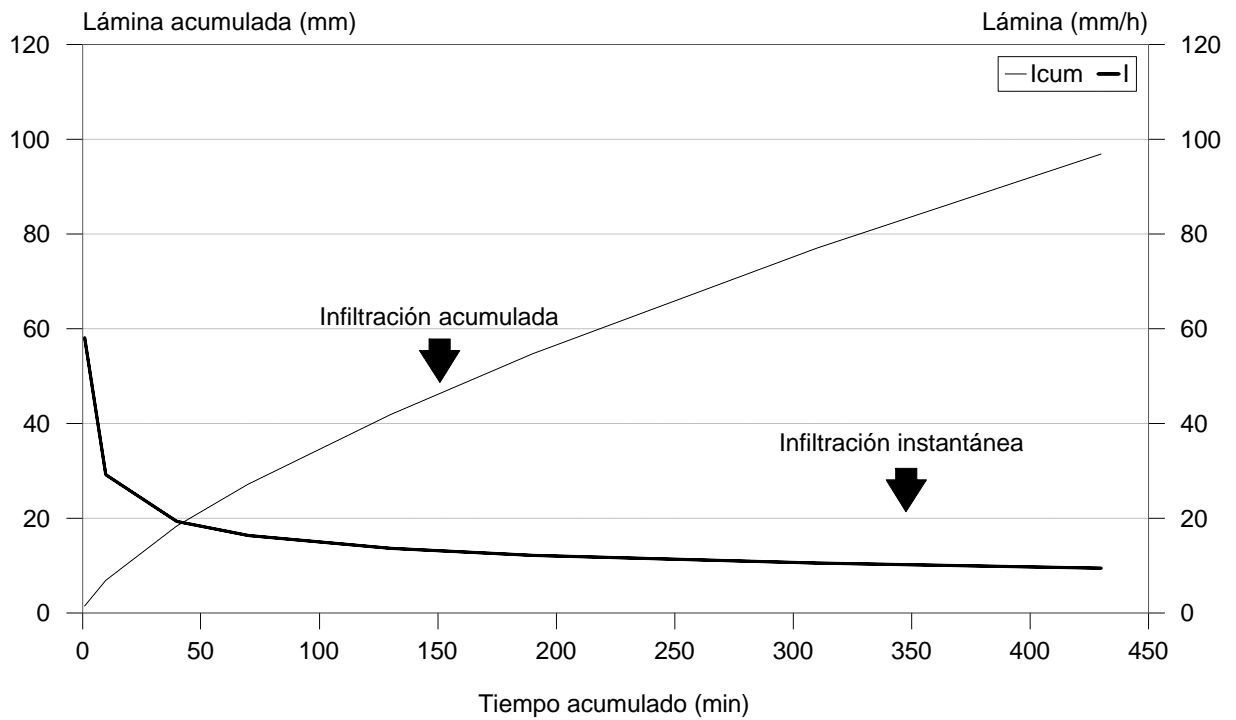


Figura 3.4 Parcela N° 35. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 7 días después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995- '96.

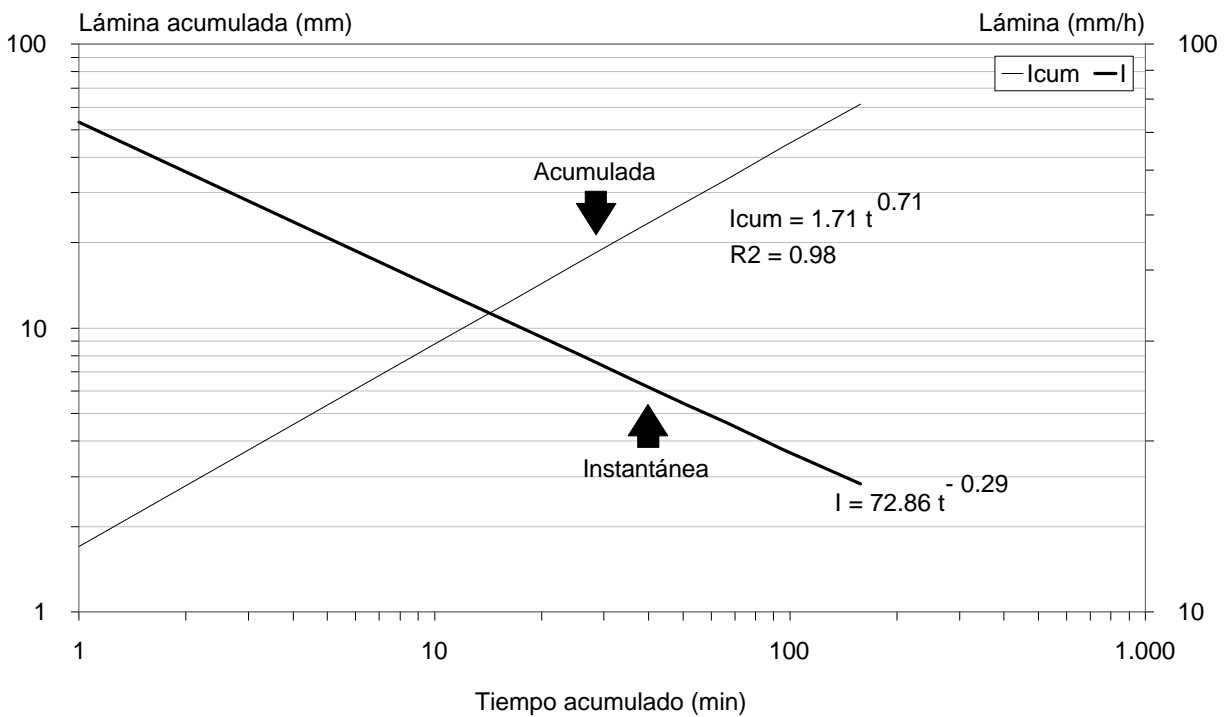
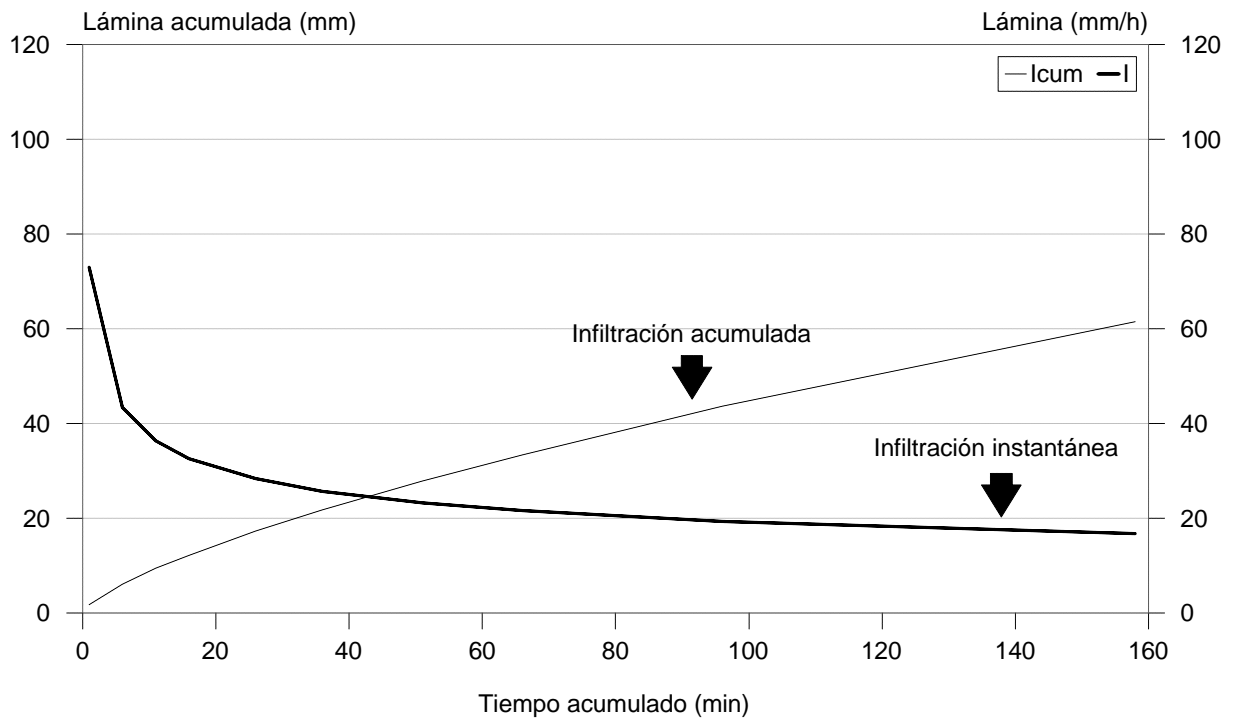


Figura 3.5 Parcela N° 26. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 30 días después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995-'96.

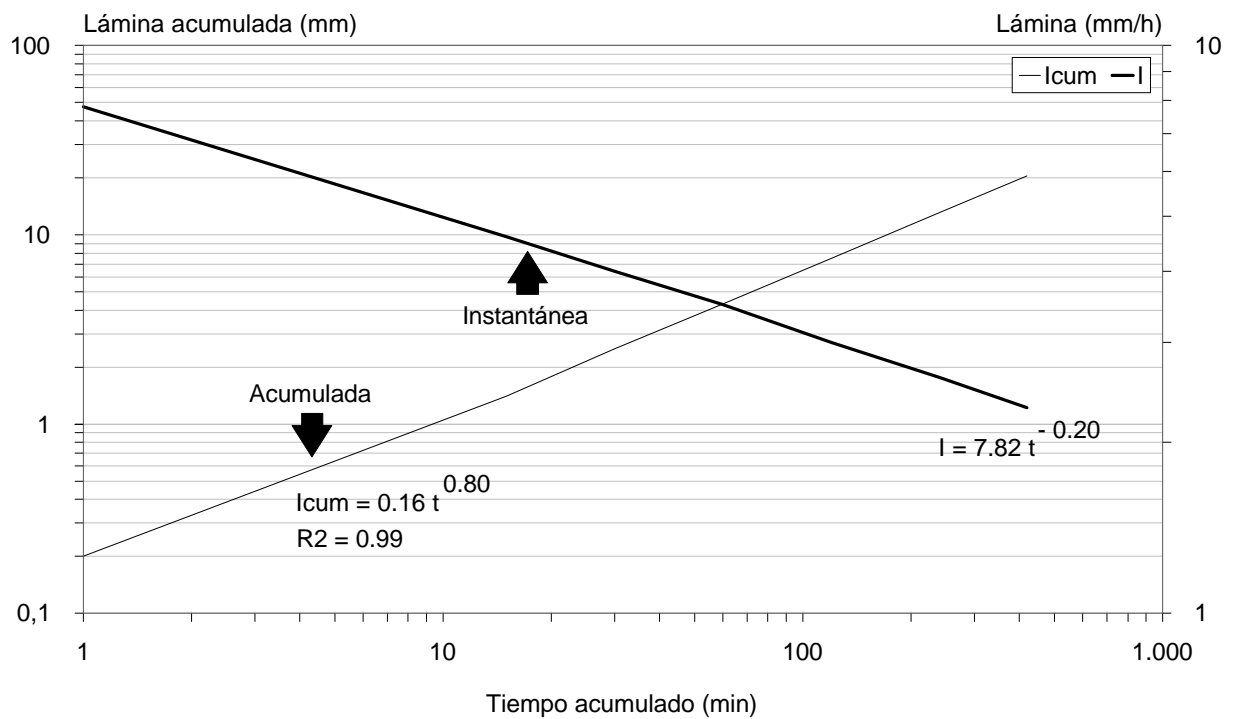
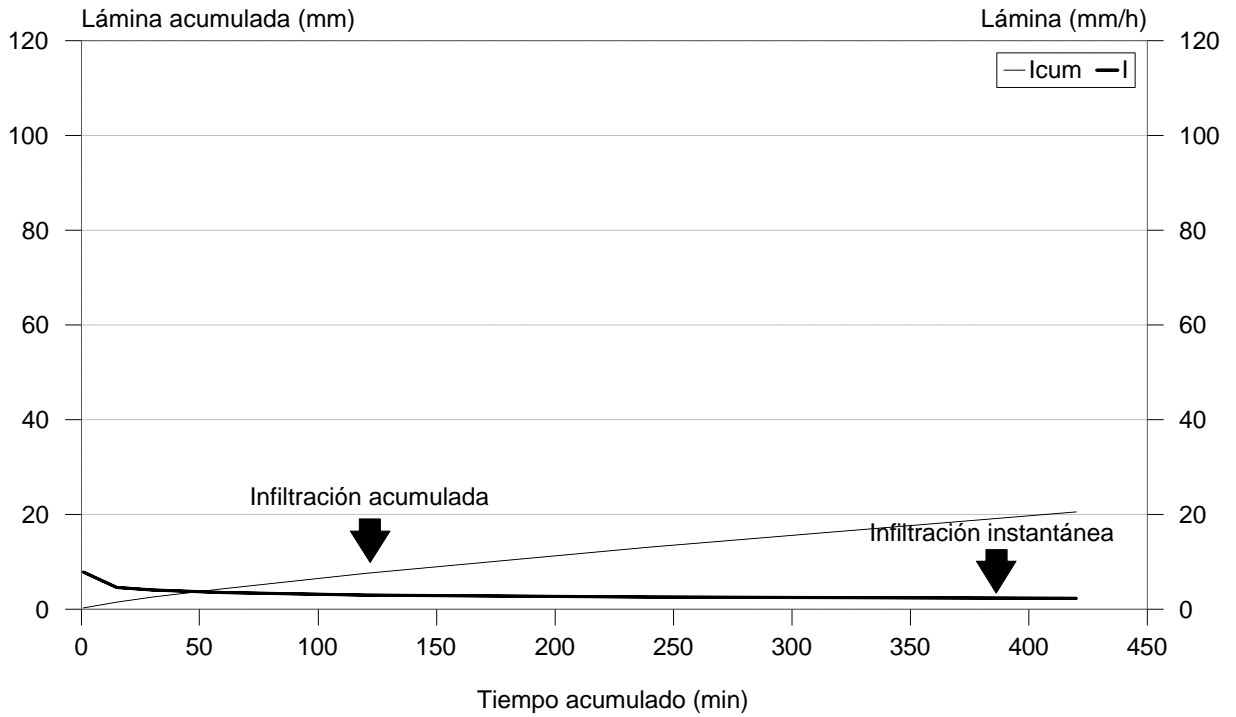


Figura 3.6 Parcela N° 26. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 1 día después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995- '96.

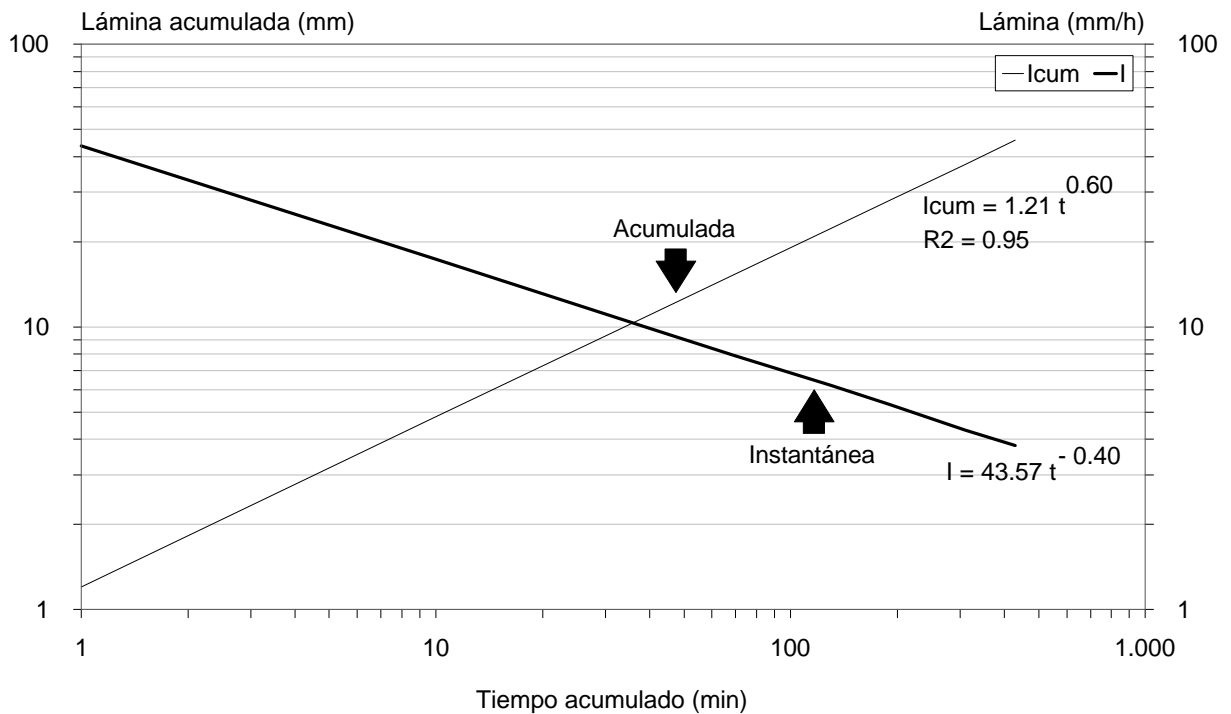
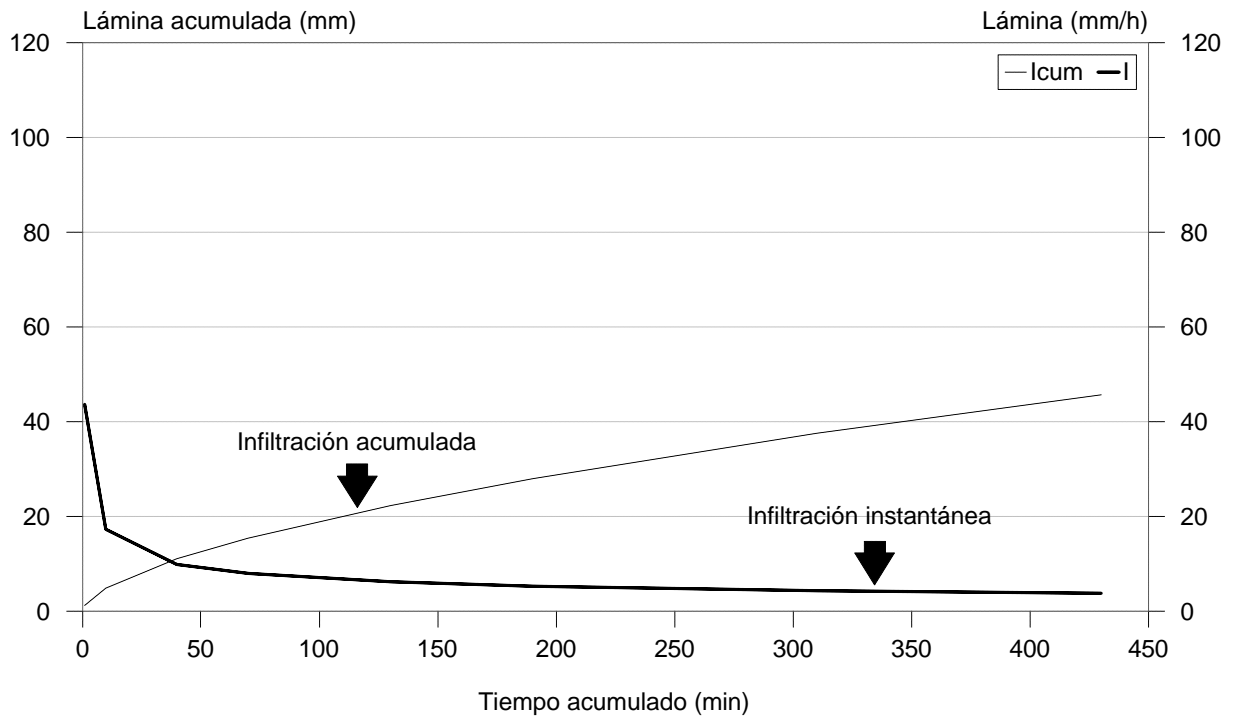


Figura 3.7 Parcela N° 26. Curvas de infiltración acumulada e instantánea, 7 días después de un riego. Ensayo de riego en cebolla SWG en suelo La Consulta. Ciclo 1995- '96.

Los valores obtenidos son los siguientes:

Cuadro 3.7 (Ciclo 1995-'96). Parámetros de las ecuaciones de infiltración acumulada (I_{cum}) e infiltración instantánea (I), infiltración básica (I_b) y tiempo básico (t_b) del suelo de algunas de las parcelas del ensayo de corte anticipado de riego en cebolla SWG.

| ddr | Parcela | $I_{cum} \text{ (mm)} = A t^B$ | | $I = a t^{-b}$ | | I_b | t_b |
|-----|---------|--------------------------------|------|----------------|-------|-------|-------|
| | | A | B | a | b | | |
| 30 | 26 | 1.71 | 0.71 | 72.86 | -0.29 | 16.31 | 174 |
| | 35 | 2.32 | 0.78 | 108.07 | -0.22 | 37.08 | 132 |
| 1 | 26 | 0.16 | 0.80 | 7.82 | -0.20 | 2.94 | 120 |
| | 35 | 0.31 | 0.88 | 16.17 | -0.12 | 9.79 | 72 |
| 7 | 26 | 1.21 | 0.60 | 43.57 | -0.40 | 4.86 | 240 |
| | 35 | 1.38 | 0.70 | 58.10 | -0.30 | 12.20 | 180 |

I_{cum} = mm
 t = min
 I = mm h⁻¹

I_b = mm h⁻¹
 t_b = min
 ddr = días después del riego

Se comprueba que los parámetros de las ecuaciones de infiltración de las dos parcelas de ensayo difieren, lo que podría deberse a diferencias de texturas entre ambos suelos. También del análisis de los datos surge la diferencia de esos parámetros según el estado inicial de humedad del suelo. Se constata que cuanto más seco está el suelo, que es la situación de 30 ddr, mayor es la infiltración acumulada e instantánea y que cuando el suelo parte de una condición inicial húmeda (1 ddr) la infiltración básica disminuye sustancialmente y se alcanza en menor tiempo.

El US Bureau of Reclamation Land Classification Handbook (1953) sugiere dos pruebas de infiltración: una con suelo seco y otra con suelo húmedo. Grassi (1972) aconseja realizar la prueba de infiltración cuando el suelo se encuentra aproximadamente en el contenido de humedad al cual se aplicará normalmente el riego. Ésta es la situación de la prueba realizada en nuestro ensayo a los 7 ddr. Se comprueba que los parámetros de infiltración resultan intermedios entre las dos situaciones anteriormente planteadas. En este caso, siguiendo los criterios de clasificación de Landon (1984), se clasifica a la velocidad de infiltración básica de la parcela 26 como lenta (4.86 mm h⁻¹) y a la de la parcela 35 como moderadamente lenta (12.2 mm h⁻¹).

La menor producción de la parcela 35 con respecto a la 26 podría atribuirse, entre otras, a que su mayor infiltración ocasionaba una pérdida más rápida de humedad dentro del perfil entre intervalos de riego o bien a un mayor lavado de nutrientes.

La evaluación de los resultados de un ensayo de infiltración es siempre delicada, por los múltiples factores que intervienen en el proceso en el momento de realizar la

medida (Porta *et al.* 1994). De todos modos, desde un punto de vista práctico, los parámetros de infiltración obtenidos para este suelo resultan una herramienta útil para el diseño o rediseño del método de riego, tanto por surco como por goteo, para optimizar eficiencias.

3.3 Relación entre rendimiento total y agua aplicada

Los cuadros 3.8 y 3.9 muestran los rendimientos medios de las cuatros repeticiones, obtenidos en los tratamientos de corte anticipado de riego y su comparación estadística a través del test de Tukey.

Cuadro 3.8. (1994-1995). Cebolla Southport White Globe: Influencia de los tratamientos de corte anticipado de riego sobre el rendimiento total (Mg ha^{-1}), rendimiento de materia seca (Mg ha^{-1}), peso medio de bulbos (g), porcentaje de materia seca (%) y humedad removida (Mg ha^{-1})

| Tratam. códigos | Rendimiento Total Mg ha^{-1} | Rendimiento Materia Seca Mg ha^{-1} | Peso Medio de Bulbos g | Sólidos Totales % | Humedad Removida Mg ha^{-1} |
|-----------------|---------------------------------------|--|------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| R8 | 24.15 a | 5.55 a | 64.41 a | 23.01 a | 18.60 a |
| R21 | 20.18 ab | 4.52 ab | 53.87 ab | 22.40 ab | 15.66 ab |
| R27 | 16.50 ab | 3.71 b | 44.01 ab | 22.52 ab | 12.78 ab |
| R33 | 13.56 b | 2.88 b | 36.16 b | 21.26 b | 10.68 b |
| CV% | 19.93 | 19.93 | 19.00 | 2.87 | 19.97 |

Media con letras iguales entre tratamientos no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey). Media de cuatro repeticiones

Cuadro 3.9 (1995-1996). Cebolla Southport White Globe: Influencia de los tratamientos de corte anticipado de riego sobre el rendimiento total (Mg ha^{-1}), rendimiento de materia seca (Mg ha^{-1}), peso medio de bulbos (g), porcentaje de materia seca (%) y humedad removida (Mg ha^{-1})

| Tratam. códigos | Rendimiento Total Mg ha^{-1} | Rendimiento Materia Seca Mg ha^{-1} | Peso Medio de Bulbos g | Sólidos Totales % | Humedad Removida Mg ha^{-1} |
|-----------------|---------------------------------------|--|------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| R7 | 38.89 a | 8.38 a | 95.1 a | 21.60 a | 5.70 a |
| R14 | 38.51 a | 8.43 a | 96.4 a | 21.90 a | 6.12 a |
| R21 | 35.92 a | 7.81 a | 90.4 a | 21.74 a | 5.60 a |
| CV% | 6.2 | 6.2 | 4.7 | 3.5 | 5.5 |

Medias con letras iguales entre tratamientos no difieren significativamente $P > 0.05$ (Tukey). Media de cuatro repeticiones

En la figura 3.8 se observa que los rendimientos aumentaron en forma lineal al agua aplicada. En el ciclo 1994-1995 se obtuvieron rendimientos significativamente inferiores a los del ciclo 1995-1996 debido probablemente a dos factores que incidieron. Por un lado,

la menor cantidad de agua aplicada y los efectos del estrés que sufrieron las plantas en los meses de máxima demanda evapotranspiratoria anteriormente señalizada y, por otro lado, el efecto fitotóxico del herbicida empleado. Cabe recordar que a los 26 ddt se aplicó Linurón a razón de 1.7 kg ha⁻¹. A los pocos días de esa aplicación se observó un efecto fitotóxico sobre las plantas. Esto se tradujo en el hecho de que si bien las plantas lograron recuperarse retardaron significativamente su crecimiento y desarrollo. A pesar de ello estos resultados tienen un valor comparativo importante. Su análisis permite evaluar el porcentaje de disminución de rendimiento de cada uno de los tratamientos respecto al máximo obtenido.

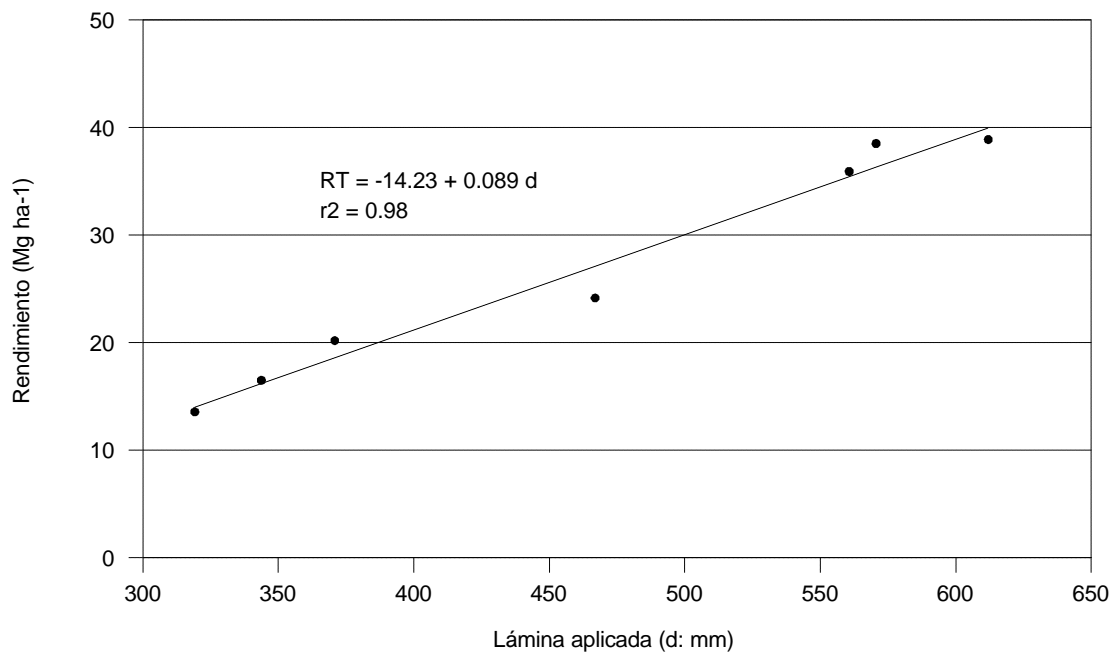


Figura 3.8 Relación entre rendimiento total vs. lámina de agua aplicada en el cultivo de cebolla SWG

Los máximos rendimientos (38.9 Mg ha⁻¹) se obtuvieron en el ciclo 1995-1996 con una fertilización de 100 kg N ha⁻¹ y 40 kg P ha⁻¹, una densidad de siembra de 375.000 plantas por ha⁻¹ y una lámina aplicada de 6120 m³ ha⁻¹. Este valor es levemente superior (10 %) al del rendimiento obtenido en un sitio próximo, en el ensayo de fertilización (N100 P40 K0) en el cual el manejo del riego fue similar.

3.4 Relación entre rendimiento cualitativo y agua aplicada

Los rendimientos totales de materia seca se ven afectados detrimentalmente si se corta demasiado anticipadamente el riego antes de cosecha (figura 3.9, cuadro 3.8). Esto está relacionado, por un lado, por el efecto positivo que tiene el agua sobre la expansión celular, al final

del ciclo de cultivo, durante el «llenado del bulbo» y también porque, según se constató en el capítulo 1, el porcentaje de sólidos totales (figuras 2.6 y 2.11) en los bulbos de cebolla *Southport White Globe* va incrementándose gradualmente a medida que el cultivo madura.

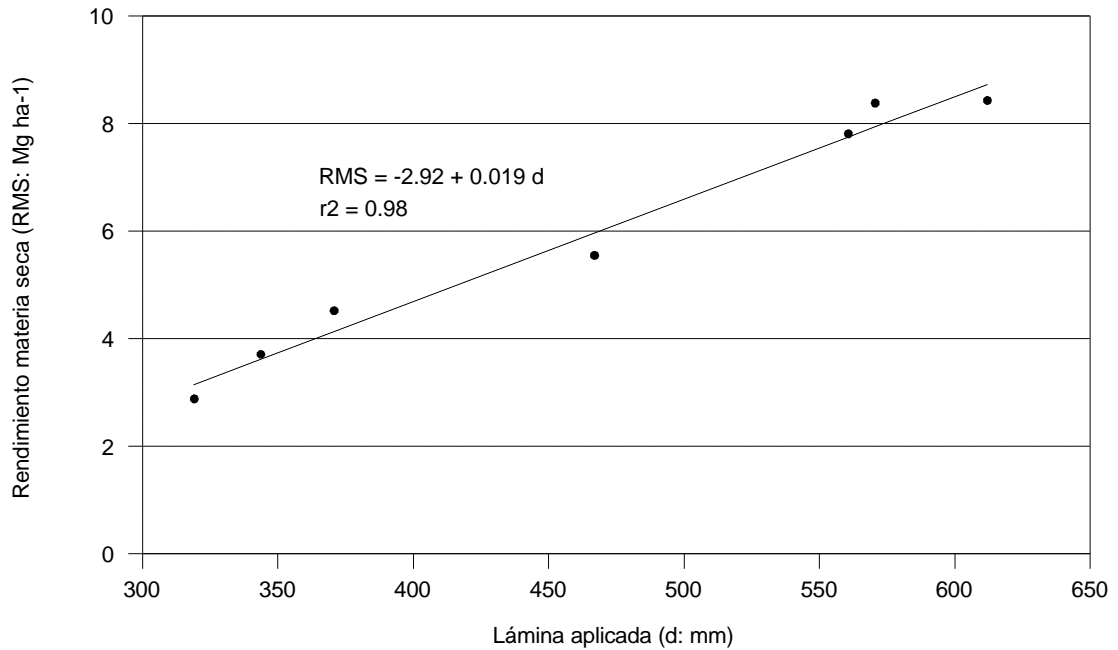


Figura 3.9 Relación entre el rendimiento de materia seca vs. lámina de agua aplicada en el cultivo de cebolla SWG

Se ha podido comprobar que el nivel máximo de sólidos totales que alcanza el bulbo de cebolla se estabiliza pocos días antes de producirse un total secamiento del follaje. Esto resulta de gran significación ya que indica que no es preciso esperar a que el follaje del cultivo esté cien por ciento seco para cortar el riego y cosechar. Se puede enunciar como indicador de que el cultivo ha completado la madurez mínima cuando el 50 % del cultivo presenta variaciones de color de las hojas y del falso tallo o la flexión de la planta sobre el bordo (Rogers 1985). Recién entonces proceder al corte de los riegos para su posterior cosecha. En efecto, se ha observado que si se corta el riego en un momento inapropiado, aunque fueran escasos días de diferencia con la época óptima, se pueden producir disminuciones sustanciales tanto en el peso del bulbo como de su porcentaje de sólidos totales.

4. CONCLUSIONES

Sobre la base de los objetivos propuestos y de la discusión de los resultados obtenidos en el presente estudio, bajo las condiciones experimentales de los dos ciclos de cultivos del cv. de cebolla *Southport White Globe*, se concluye lo siguiente:

- La mayor tasa de crecimiento aéreo se produce en la II fase de desarrollo entre los primeros días de noviembre y mediados de diciembre.
- En la II fase comienza a manifestarse un incremento de peso seco aéreo y área foliar atribuible a la fertilización.
- Durante la II fase el bulbo sólo aumenta un 20 % de su peso final y el porcentaje de sólidos totales (% ST) llega a 13 % y 14 %.
- La mayor tasa de crecimiento del bulbo se constató en la III fase con un aumento del 78 % de su peso final.
- En la III fase el % ST del bulbo aumenta paulatinamente, un 30 % con respecto a la fase anterior. Alcanza en el momento de cosecha valores promedios de 20 % y 21 %.
- La fertilización con diferentes dosis de N, P y K no afecta el contenido de materia seca de los bulbos.
- La fertilización con N, en dosis de 100 kg N ha⁻¹, produce un aumento de la tasa de crecimiento relativo (TCR) en los períodos de máxima TCR (41-64 ddt y 103-115 ddt).
- La fertilización influye tanto sobre los componentes fisiológicos como morfológicos, en el aumento de la TCR.
- Los máximos rendimientos de bulbos (37.3 Mg ha⁻¹) y de materia seca (7.92 Mg ha⁻¹) se obtuvieron con los siguientes valores medios de equilibrios nutricionales foliares al final de la II fase, en % : N - P - K = 52 - 4 - 44 y Fe - Zn - Mn - Cu = 78.5 - 11 - 7 - 3.5, respectivamente.
- La extracción total, realizada por el cultivo de cebolla, de N - P - K - Ca - Mg (kg ha⁻¹), respectivamente, en las condiciones edafoclimáticas del ensayo, con rendimientos de materia seca de 7.29 Mg ha⁻¹ y una densidad de siembra de 375.000 planta ha⁻¹ fue: 214 - 40 - 187 - 184 - 19.
- La fertilización con 100 kg N ha⁻¹ dio en los dos ciclos de ensayos las máximas producciones.

- Los rendimientos máximos obtenidos -38.9 Mg ha^{-1} en el ensayo de corte anticipado de riego correspondieron al tratamiento que, además de una fertilización de 100 kg N ha^{-1} , aseguró durante los meses de noviembre, diciembre y enero hasta cosecha, una humedad edáfica entre capacidad de campo y un umbral de riego de 50 %.
- Estos rendimientos máximos se correspondieron con un total de 18 riegos y con una incorporación de agua de $6120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.
- La relación entre el rendimiento y la lámina de agua aplicada fue lineal.
- El intervalo de riego en el período de máximas exigencias evapotranspiratorias es de 5 días.
- La demanda máxima evapotranspirada por el cultivo fue de 5246 mm.
- Los rendimientos totales de materia seca se ven afectados detrimentalmente si se corta anticipadamente el riego antes de cosecha.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ABDALA, A.; MANN, L. K. 1963. Bulb development in onion. *Hilgardia* 35: 85-112.
- BEDFORD, L. 1984. Dry matter and pungency tests on British grown onions. *Journal Natural Institute Agriculture Botanic.* 16: 581-591.
- BELETTIERI, C. 1994. La industria del deshidratado de Alliáceas en Argentina. En: Primer Simposio Internacional de Alliaceas Comestibles. Mendoza, 14-18 de Marzo de 1994.
- BERTONI, G.; MORARD, P.; ESPAGNACO, L. 1988. Dynamique de l'absorption des éléments minéraux chez l'ail (*Allium sativum* L.). *Agrochimica* 23: 518-530.
- BENDER, D. A. 1993. Onions. In: Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. Bennett W.F (Ed). APS Press The American Phytopathological Society. S. Paul, Minnesota. Chap. 12: 131-135.
- BENTON JONES, J. 1985. Soil testing and plant analysis : guides to the fertilization of horticultural crops. *Hort. Rev* 7: 1-67.
- BIANCO, V. 1990. Ambiente, mezzi agronomici e qualità dei prodotti orticoli. *Rivista di Agronomia* 24: 81-131.
- BLEASDALE, J. K. 1966. The effects of plant spacing on the yield of bulb onions (*Allium cepa* L.) grown from seed. *J. Hort. Sci.* 41: 145-148.
- BRADLEY, G. A. 1955. Studies of the irrigation of potatoes, onions and snapbeans. The effect of the irrigation of several vegetables crops at different levels of available soil moisture. *Hort Abstr.* 26: 653.
- BREMNER, J.; MULVANEY, C. S. 1982. Nitrogen-Total. In A.L. Page (Ed) *Methods of soil analysis.* Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison. Wisconsin. p:595-624.
- BREWSTER, J. L.; BUTLER, H. A. 1989. Effects of nitrogen supply on bulb development in onion *Allium cepa* L. *J. of Experimental Botany* (40), 219: 1155-1162.
- BREWSTER, J. L. 1990. (a) Onions and other vegetable alliums. CAB INTERNATIONAL, UK. 235 p.
- BREWSTER, J. L. 1990. (b) The influence of cultural and environmental factors on the time of maturity of bulb onion crops. *Acta Horticulturae* 267: 289-297.
- BREWSTER, J. L. 1990. Cultural systems and agronomic practices in temperate climates. In: Brewster L:J and Rabinowitch H:D. eds. *Onions and Allied Crops.* CRC. Press INC. Florida. EEUU 1-30.

- BREWSTER, J. L. 1994. The physiology of crop growth, development and yield. In: Brewster L. J. ed. Onions and other vegetable *Alliums*. CAB INTERNATIONAL. UK 63-91.
- BROOKS, A. 1986. Effects of phosphorus nutrition on ribulose -1,5 biphosphate carboxylase activation, photosynthetic quantum yield and amounts of some Calvin-cycle metabolites in spinach leaves. *Austr.J.Plant Physiol.*13: 221-237
- BUTTERY, B. R.; BUZZELL, R. I. 1988. Soybean leaf nitrogen in relation to photosynthetic rate and yield. *Can. J. Plant Sci.* 68: 793-795.
- BUWALDA, J. G. 1986. Nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum L.*) under irrigation. Crop growht and development. *Scientia Horticulturae* 29:55-68.
- CARBALLO, E.; FORNARIS, G.; GUADALUPE, R.; RECIO DE HERNÁNDEZ, E. 1990. Perfomance, sizing and total solids of nine onion (*Allium cepa*) cultivars. *J. Agric. Univ. Puerto rico.* 74, 1:21-27.
- CHAPIN, F. S.; BLOOM, A. J.; FIELD, C. B.; WARING, R. H. 1987. Plant responses to multiple envionmental factors physiological ecology provides tools for studying how interacting environmental resource control plant growth. *BioScience* 37. 49-57.
- DARBYSHIRE, B.; HENRY, R. 1978. The distribution of fructans in onions. *NewPhytol.*, 81, 29.
- DARBYSHIRE, B.; HENRY, R. 1979. The association of fructans with high percentage dry weight in onion cultivars suitable for dehydrating. *J. Sci. Food Agric.* 30: 1035-1038.
- DARBYSHIRE, B.; STEER, B. 1990. Carbohydrate Biochemistry. In: Brewster L.J and Rabinowitch H.D. eds. *Onions and Allied Crops, Vol III.* CRC Press Inc.Florida.EEUU 1-16.
- DOW, A.; ROBERTS, S. 1982. Proposal: critical nutrient ranges for crop diagnosis. *Agronomy Journal* 74: 401-404.
- DRINKWATER, W. O.; JONES, B. E. 1956. Effects of irrigation and soli moisture on matury yield and storage of two onion hybrids. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 66: 267-278.
- EVANS, G. C. 1972. *The quantitative analysis of plant growth.* Blackwell Scientific Publications, Oxford, 744 p.
- EVANS, J. R. 1983. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum L.*). *Plant Physiolgy* 72: 297-302.
- EVANS, J. R. 1984. Photosynthesis and nitrogen partitioning in leaves of *Triticum aestivum* and related species. Ph. D. Thesis, Australiam Nat. Univ. camberra 144 p.
- EVANS, J. R.; TERASHIMA, J. 1987. Effects of nitrogen nutrition on electron transport components and photosynthesis in spinach. *Aust. J. Plant Physiol.* 14: 59-68.

- FENWICK, G. R.; HANLEY, A. B. 1985. The genus *Allium*. part 2. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 22, 273-342.
- FENWICK, G. R.; HANLEY, A. B. 1990. Processing of *Alliums*; Use in Food Manufacture. In: Brewster L. J. and Rabinowitch H. D. eds. Onions and Allied Crops. CRC Press Inc. Florida. EEUU 73-91.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION. 1987. Producción Yearbook. Vol.41 Food and Agriculture Organization. Rome.
- GALMARINI, C. L. 1993. Recursos genéticos de cebolla (*Allium cepa* L.): importancia, recolección, conservación, caracterización y uso en Argentina. Onion Newsletter for Tropics, 4: 26-31.
- GALMARINI, C. L. 1994. Situación de la producción de cebolla en Cuyo: problemas y perspectivas. Jornadas de Actualización sobre el Cultivo de Cebolla. INTA - La Consulta, 158 p.
- GARNIER, E. 1991. Resource capture, biomass allocation and growth in herbaceous plants. Trees 6: 126-131.
- GIARDINI, L. 1986. Risposta qualitativa alla concimazione. Agronomia Generale (3rd), pp: 456-459. Bologna. Italia.
- GIFFORD, R. M.; THORNE, J. H.; HITZ, W. D.; GIAQUINTA, R. T. 1984. Crop productivity and photoassimilate partitioning. Science 225: 801-808.
- GRAIFENBERG, A.; GIUSTINIANI, L.; TEMPERINI, O. 1987. Crescita e asportazione degli elementi nutritivi nel pomodoro da industria. Colture Protette 3: 51-55.
- GRASSI, C. J. 1966. (a) Evapotranspiración. Métodos para determinar las necesidades de riego. Riego y Drenaje. INTA. 119-150.
- GRASSI, C. J. 1966. (b) Variación de la evapotranspiración relativa durante el ciclo vegetativo de los cultivos. II Jornadas Venezolanas de Riego. Caracas, 22 al 28 de mayo.
- GRASSI, C. J. 1972. Infiltration Characteristics of Furrow Irrigation on Heavy Textured Soils. Doctor thesis. Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- GREENWOOD, D. J.; CLEAVER, T. J.; TURNER, M. K.; HUNT, J.; NIENDORF, K. B.; LOQUENS, S. M. 1980. (a) Comparison of the effects of potassium fertilizer on the yield, potassium content and quality of 22 different vegetable and arable crops. Journal of Agriculture Science, Cambridge 95: 441-456.
- GREENWOOD, D. J.; CLEAVER, T. J.; TURNER, M. K.; HUNT, J.; NIENDORF, K. B.; LOQUENS, S. M. 1980. (b) Comparison of the effects of phosphate fertilizer on the yield, phosphate content and quality of 22 different vegetable and arable crops. Journal of Agriculture Science, Cambridge 95: 457-469.

- GREGORY, P. J. 1992. Crecimiento y desarrollo vegetal. En: Wild, A. Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas. Ediciones Mundi Prensa. pp: 32-71.
- GREGORY, P. J. 1992. El agua y el crecimiento de los cultivos. En: Wild, A. Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas. Ediciones Mundi Prensa. pp: 355-394.
- HAMBLIN, A.; TERMANT, D.; PERRY, M. 1990. The cost of stress: dry matter partitioning changes with seasonal supply of water and nitrogen to dryland wheat. *Plant Soil* 122:47-58.
- HÁK, R.; NÁTR, L. 1987. Effect of nitrogen starvation and recovery on carbon fluxes in photosynthetic carbon reduction and oxidation cycles in young barley leaves. *Photosynthetica* 21: 15-22.
- HAMBLIN, A.; TEMANT, D.; PERRY, M. W. 1990. The cost of stress: dry matter partitioning changes with seasonal supply of water and nitrogen to dryland wheat. *Plant Soil* 122: 47-58.
- HEDGE, D. M. 1986. Effect of irrigation regimes on dry matter production, yield, nutrient uptake and water use of onion. *Indian J. Agron.* 31(4):343-348.
- HULL, J. C.; MONNEY, H. A. 1990. Effects of nitrogen on photosynthesis and growth rates of four California annual grasses. *Acta oecol.* 11: 453-468.
- HUNT, R. 1978. Plant growth analysis. *Studies in Biology* N^o 96. Edward Arnold, Londres. 64 p.
- HUNT, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold, Londres. 248 p.
- HUNT, E. R.; WEBER, J. A.; GATES, D. M. 1985. Effects of nitrate application on *Amaranthus powellii*. II. Optimal allocation of leaf nitrogen for photosynthesis and stomatal conductance. *Plant Physiology* 79: 619-624.
- IORTSUUM, D. N.; KHAN, A. 1989. The pattern of drymatter distribution during development in onion. *J. Agronomy & Crop Science* 162: 127-134.
- ISRAELSEN, O.; HANSEN, V. 1962. Irrigation Principles and Practices. Chapter 7. John Wiley and Sons: 147-169.
- JACKSON, M. L. 1958. Soil analysis. Prentice-Hall. Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- JARREL, W. M.; BEVERLY, R. B. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies *Advances in Agronomy* 34: 197-225.
- JONES, H.; MANN, L. 1963. Onions and their Allies. Interscience Publishers, Inc. New York. 286 p.
- KHAN, A. A. 1981. Effect of leaf position and plant age on the translocation of ¹⁴C-assimilates in onion. *J. Agric. Sci. Camb.* 96: 451-455.

- LAMBERS, H. 1987. Does variation in photosynthetic rate explain variation in growth rate and yield?. *Netherlands Journal of Agricultural Science*.35: 505-519.
- LANCASTER, J.; KELLY, K. 1984. Dry matter percentage of leaf blades and scales during the growth of onion (*Allium cepa* L.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 27: 83-87.
- LANCASTER, J.; REAY, P. F.; MANN, J. D.; BENNETT, W. D.; SEDCOLE, J. R. 1988. Quality in New Zealand -grown onion bulbs- a survey of chemical and physical characteristics. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. 16:279-285.
- LANDON, J. R. 1984. *Tropical Soil Manual*. Booker Agriculture. International Limited. 450 p. Londres.
- LAWLOR, D. W. 1990. *Photosynthesis: metabolism, control and physiology*. Longman Scientific & Technical, Essex.
- LEVITT, J. 1990. Stress interactions-back to the future. *HortScience* 25: 1363-1365.
- LIPINSKI, V. 1994. Efecto del riego y la fertilización fosfatada sobre el rendimiento de cebolla. *Jornadas de Actualización sobre el Cultivo de la Cebolla*. INTA-La Consulta, 158 p.
- MAGNIFICO, V. 1987. La fertilizzazione delle colture orticole in funzione dei ritmi di accrescimento e di asportazione dei principali elementi nutritivi. *Colture Protette* 3: 71-79.
- MAIER, N. A.; DAHLENBURG, A. P.; TWIGDEN, T. K. (a) 1990. Assessment of the nitrogen status of onions (*Allium cepa* L.) cv. Cream Gold by plant analysis. *Australian J. of Exp. Agric.*(30): 853-859.
- MAIER, N. A.; DAHLENBURG. A. P.; TWIGDEN. T. K. (b) 1990. Effect of nitrogen on the yield and quality of irrigated onions (*Allium cepa* L.) cv. Cream Goldgrown on siliceous sands. *Australian J. of Exp. Agric.*(30): 845-851.
- MALAVOLATA, E.; VITTI, G.; OLIVERA. S. de. 1989. Avaliacao do estado nutricional das plantas. Piracicaba, Associacao Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato. 201p.
- MANN, J. D. 1983. Translocation of photosynthate in bulbing onions. *Aust.J.Plant Physiol*. 10: 515-521.
- MANTOVANI, G. 1977. Sul valore tecnologico della barbabietola da zucchero. *L'industria saccarífera italiana* 70:51-63.
- Mc COLLUM, G. D. 1968. Heritability and genetic correlation of soluble solids, bulb size and shape in white sweet spanish onions. *Canadian Journal of genetics and cytology* 10: 508-514.
- Mc GEORGE, W. T. 1939. Factors influencing the availability of native soil phosphate fertilizers in Arizona soils. *Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bul.* 40.

- MENGEL, K.; KIRBY, E. 1982. Principles of Plant Nutrition. 3^a Edition. Internacional Potash Institute (Eds). 543 p.
- MINNOTTI, P. L.; STONE, K. W. 1988. Consequences of not fertilising onions on organic soils with high soil test values. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 19:1887-906.
- MOORBY, J.; BESFORD, R. T. 1983. Mineral nutrition and growth. En: Lauchli A, Bielecki R,(Ed.): *Inorganic Plant Nutrition*: 481-527. Springer-Verlag.
- NAGAI, M. 1967. Growth of onions as a summer crop. II Freshweight and dry matter content of the leaves as indicators for measuring growth and maturity. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science* 36. 299-305.
- NÁTR, L. 1992. Mineral nutrients a ubiquitous stress factor for photosynthesis. *Photosynthetica* 27(3): 271-294.
- NELSON, R. E. 1982. Carbonate and gypsum. In a.L. Page (Ed) *Methods of Soil Analysis*. part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin p: 181-197.
- NIJENSOHN, L.; PILASI, H. 1962. Correlación entre contenido de agua a pF₀, volumen de sedimentación y porcentaje de arcilla. *Resúmenes de Trabajos y Comunicaciones*, 2^{da} Reunión Argentina y 1^{er} Congreso Latinoamericano de la Ciencia del suelo, Mendoza.
- NIJENSOHN, L.; MIHAJLOVICH, D. y GRASSI, C. 1967. Respuesta de la cebolla (cv «Valenciana») a diferentes regímenes de riego. *RIA Serie 2*. Vol IV, N° 7.
- OSMOND C.B, AUSTIN M.P, BERRY J.A, BILLINGS W.D,BOYER J.S, DACEY J.W, NOBEL, P. S.; SMIYH, S. D.; WINNER, W. E. 1987. Stress physiology and distribution of plants. *BioScience* 37: 38-48.
- PERON, J. Y. 1984. Fertilization and irrigation in relation to the quality of vegetables. En: *Symposium on Quality of Vegetables*. Wageningen, Netherlands. 282-294.
- PFÜLB, E.; ZENGERLE, K. H. 1990. Water consumption and irrigation of summer onions. *Gemüse* 26 (9): 435-439.
- PIGGOT, T. R. 1986. Vegetable crops. In: *Plant Analysis: an Interpretation Manual*. Reuter D.J. and J.B. Robinson (Eds) p: 148-187.
- PIMPINI, F.; VENTER, F.; WÜNSCH, A. 1973. The influence of different nitrogen forms and increasing nitrogen doses on the content of total nitrogen and nitrate in cauliflower plant. *Acta horticulturae* 29:307-317.
- PIMPINI, F.; GIARDINI. L.; BORIN, M.; GIAQUINTO, G. 1992. Effects of poultry manure and mineral fertilizers on the quality of crops. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 118: 215-221.

- PORTA CASANELLA, J.; LOPEZ-ACEVEDO, M.; ROQUERO, C. 1994. Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 807 p.
- RADFORD P.J.1987. Growth analysis formulate their use and abuse. Crop Science. 7,3:171-175.
- RIEKELS, J. W. 1977. Nitrogen-water relationships of onions grown on organic soil. J.Am.Soc. Hort. Sci. 102: 139-144.
- ROGER, B. T. 1985. Onions for dehydration. New Zealand Commercial Grower. 40 (9): 22-23.
- ROGERS, I. S.; HENDERSON, R. D. 1989. Testing suitability of onion cultivars for deshydratation. Acta Hosticulturae 247: 157-162.
- SARADA, K. S.; TOMOSKOZI, M. 1977. Taxonomic importance of the dry matter content of onion varieties. Kertgazdasg 9: 53-60.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. L. W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 759 p.
- SANTAMARIA, P.; MAGNIFICO, V.; DE BONI, A.; SERIO, F. 1993. Accrescimento, produzione e accumulo dei nitrati in spinacio (*Spinacia oleraca* L.) concimato con fertilizzante minerale e organo-minerale. Riv.di Agron.27, 4: 587-591.
- SAS Institute Inc. 1988. Users guide. Cary, NC, USA.
- SAVOY, H. J.; ROBINSON, D. 1990. Normal range size effects in calculating diagnosis and recomemendation integrated system indices. Agron.J.82: 592-596.
- SCHWEISGUTH, B.; BRUANT, B. 1973. Etude de la teneur en matiere seche del'oignon, *Allium cepa* L. I Evolution de la teneur en matiere seche au cours du development vegetative de la plante. Annales de lámelioration des plantes 24: 185-191.
- SCHEWEIGUTH, B. 1974. Etude de la teneur en matiere seche de l'oignon, *Allium cepa* L. II. Heredite de la teneur en matiere seche du bulbe. Annales de l'amelioration des plantes 24: 185-191.
- SHARMA, P. K.; NIRANKAR, N. 1991. Dehydration characteristics of ten onion cultivars. Journal of Food Science and Technology. 28, 6 : 348-351.
- SHEAR, C.; CRANE, H.; MYERS, A. 1946. Nutrient-element balance: A fundamental concept in plant nutrition. Proc. Amer. Hort. Sci. 47:239-248.
- SUMNER, M. E. 1979. Interpretation of foliar analyses for diagnostic purpose. Agron.J.71: 343-348.
- TONIOLO, L.; MOSCA, G.; SATTIN, M. 1985. Crop physiology aspects of soybean versus maize in north-eastern Italy. Riv. di Agron. 19,4: 251-257.
- USDA. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali solis. U.S Laboratory Staff. L.A. Richards (Ed). Handbook N° 60.

- VEGA, J.; LIS, B. R. de; CAVAGNARO, J. B. 1972. Rusticación a sequía en cebolla. II Análisis de crecimiento. Phiton, 30, 1/2, 89-107.
- VISSER, C. L. M. de. 1994. (a) ACELPAS, an onion growth model based SUCROS87. I. Development of the model. Journal of Horticultural Science 69, 3: 501-518.
- VISSER, C. L. M. de. 1994. (b) ACELPAS, an onion growth model based SUCROS87. II. Validation of the model. Journal of Horticultural Science 69, 3: 519-525.
- U.S. BUREAU OF RECLAMATION. 1953. Land Classification Handbook. US Dep. Int. Bur. Reclam. Publ. V, Part 2, 53 p.
- WILD, A.; JONES, L. H. P. 1992. Nutrición mineral de las plantas cultivadas. En: Wild, A. Condiciones de Suelo y Desarrollo de las plantas. Ediciones Mundi Prensa, pp: 31-72.
- ZINK, F. W. 1966. Growth and nutrient absorption of green bunching onions. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 80: 430-435.