

**CAPÍTULO SEXTO**

**FLORACIÓN PREMATURA EN CEBOLLA EN CONDICIONES**

**DE RIEGO DE ALTA FRECUENCIA**

## CAPÍTULO SEXTO

### 6. FLORACIÓN PREMATURA EN CEBOLLA EN CONDICIONES DE RIEGO DE ALTA FRECUENCIA

#### 6.1. INTRODUCCIÓN

La introducción del riego de alta frecuencia ha permitido doblar las producciones en el área de cultivo (capítulo 4) pero se observó en la finca donde se introdujo en primer lugar este sistema de riego una gran floración prematura (fotografía 6.1), superior a la que podía observarse en otras fincas de manejo tradicionales, es decir, con siembras más tempranas (finales de enero) y riego tradicional a manta y por turnos. La floración prematura es un fenómeno no deseado ya que disminuye la calidad de los bulbos (CCE, 1997; CCE, 1983).



**Fotografía 6.1. Visión general de la finca (Pla d'Urgell, Lleida) con riego de alta frecuencia cercana la recolección.**

El desarrollo de los órganos florales en cebolla, comprende tres etapas, la termofase, la fase de competencia y la fase de desarrollo pleno (Kampen, 1970). Las fases se hallan relacionadas con condiciones ambientales, principalmente temperatura y fotoperiodo, con el genotipo y con la edad de la planta.

La inducción floral se produce una vez la planta ha superado la fase juvenil y ha sido sometida a un período de temperaturas bajas o de vernalización (Rabinowitch, 1990). Las semillas de cebolla no pueden vernalizarse durante el proceso de germinación (Rabinowitch, 1985). El período juvenil es el nombre que se le da a la fase inicial de crecimiento durante la cual y con independencia de los factores ambientales, no se produce la iniciación floral. La

duración del período juvenil es un componente de la estrategia competitiva de la planta y forma parte del programa genético de la especie o cultivar (Thomas, 1994).

La vernalización es un fenómeno inductivo que provoca una aptitud para la floración, floración que se manifestará normalmente a temperaturas superiores a las de vernalización y con fotoperíodos adecuados (Thomas, 1994). Es también un proceso cuantitativo (Thomas, 1994) más que un cambio brusco de un estado no inductivo a uno inductivo. Existe un número de hojas mínimo o un peso seco mínimo que iría ligado a una mínima área foliar (Holdsworth y Health, 1950), antes de que pueda producirse la inducción floral por bajas temperaturas. Así el cultivar de siembra de primavera Rijnsburger puede iniciar inflorescencias con pesos secos de plantas superiores a 0,06 g que correspondería a seis hojas verdaderas (Brewster, 1985), aunque considerando que durante el período de vernalización se diferenciaron 2,7 hojas, cuando la inflorescencia diferenciada fue visible se habían desarrollado un mínimo de 10 hojas.

En el cultivar Buffalo, resistente a la floración prematura, el peso seco crítico para la formación del escapo floral se sitúa en 1,0 g con siete hojas visibles y con un período de vernalización de 70 días a 10°C (Sanders y Cure, 1996).

Para los cultivares Valcatorce INTA y Blanca Chata INTA, en estudios realizados en ambiente controlado, el estado juvenil termina cuando la planta alcanza un diámetro de pseudotallo (cuello) entre 6 y 8 mm (Galmarini, 1990) lo que corresponde a 11-12 hojas expandidas para el primer cultivar y de 13-14 hojas expandidas para el segundo.

La temperatura óptima para la iniciación floral o termofase comprende el intervalo 8-12°C (Brewster, 1987) aunque existen grandes variaciones entre cultivares con intervalos óptimos de 15-21°C y de 3-4°C (Sinnadurai, 1970a; Sinnadurai, 1970b; Kruzhilin y Shvedskaya, 1962) o en el tiempo necesario para completar la inducción a una temperatura óptima de 20 a 40 días (Brewster, 1987). El intervalo de temperatura de vernalización para cultivares japoneses y del norte de Europa se sitúa entre 2 y 17 °C (Brewster, 1994).

El efecto de la temperatura en la iniciación floral se intensifica en condiciones de día largo (Shishido y Saito, 1975). Bajas intensidades luminosas antes de completar la vernalización y que provocan bajos niveles de carbohidratos no estructurales en las plantas, afectan dificultando la iniciación floral, también incrementan el número de hojas necesario para superar la fase juvenil (Brewster, 1985; Shishido y Saito, 1977, Shishido y Saito, 1975).

Shishido y Saito (1976) observaron en el cultivar de siembra de primavera Sapporoki que también el efecto de la temperatura se intensifica con el tamaño de la planta, de manera que a mayor diámetro del pseudotallo (cuello) menor es el período a bajas temperaturas necesario para la formación de la yema floral. Así, únicamente se requiere en el cultivar Sapporoki 20 días a 9°C si el diámetro del pseudotallo (cuello) es mayor de 9 mm. En general, en los cultivares ensayados por estos autores, las plantas de cebolla según su tamaño y, con independencia de su edad, requieren diferentes períodos de exposición a bajas temperaturas para la formación del escapo floral.

La densidad de plantas puede afectar la densidad de flujo radiante que intercepta la cubierta vegetal, aunque en un experimento previo en donde se trabajaba a distintos niveles de factor densidad (43 a 129 plantas m<sup>-2</sup>) y rectangularidad, no se pudo relacionar con el porcentaje de floración (Brewster y Salter, 1980).

Una vez formada, y en la llamada fase de competencia, la inflorescencia aún no visible exteriormente puede degenerar. La reversión del proceso de floración se ha observado en diversas especies (Battey y Lyndon, 1990) y también en cebolla (Kampen, 1970). En general, en las plantas que presentan esta reversión, el meristemo apical no muestra modificaciones en la organización o distribución celular entre el desarrollo vegetativo y floral (Thomas, 1994). En cebolla, la anatomía interna del escapo floral es similar a la de las hojas (De Mason, 1990).

Las condiciones que favorecen la degeneración de la inflorescencia coinciden con las condiciones ambientales óptimas para el proceso de bulbificación, es decir, elevadas temperaturas (>20°C) y fotoperíodo óptimo para la bulbificación del cultivar (Kampen, 1970). La elongación de la inflorescencia aunque ligada a fotoperíodos largos, requiere temperaturas más bajas que las óptimas para el proceso de bulbificación.

Otros factores intervienen en este proceso, así, Brewster (1982b), en condiciones controladas, indicó que la calidad espectral de la luz, concretamente un enriquecimiento en la banda azul podría acelerar la emergencia de la inflorescencia.

Una vez iniciada la inflorescencia, el desarrollo posterior y el alargamiento floral se favorecería con contenidos de nitrógeno en la planta elevados (Brewster, 1983).

En condiciones de campo, básicamente en siembras de otoño, el control de los factores incidentes sobre la inducción floral se realiza ajustando, en concreto retrasando, la época de siembra, o transplante (Castell, 1974; Abd El-Rehim *et al.*, 1996). Cuando se quiere aprovechar este accidente para la producción de semilla de cebolla, en ciclo de un año, se adelanta la siembra (Sobrino y Sobrino, 1978; Guiñazú, 1996) y se controla la densidad, siendo la más usual de 250.000 a 500.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Guiñazú, 1996). También se varía el método de plantación utilizado, así Warid y Loaiza (1993) indican que en 13 cultivares estudiados, el porcentaje de floración prematura en siembra directa (realizada el 18.09.91) varió de 5,1 a 62,9 % mientras que en transplante (realizado el 28.11.91) varió de 0,7 a 20,3 % aunque en tres cultivares el método de plantación no afectó al porcentaje de floración prematura de forma significativa (Warid y Loaiza, 1993).

Existen otros factores incidentes sobre la floración prematura recogidos en la bibliografía y susceptibles de presentar grandes variaciones en campo, los niveles de salinidad, fósforo y los niveles de nitrógeno. En el cultivar Kharif N-53 la subida a flor se reduce significativamente entre un 10 a un 20 % (de un 30 a un 20 % año 1985, de un 65 a un 45 % año 1984) al incrementar la salinidad del extracto de pasta saturada de CE<sub>c</sub>= 0,732 dS m<sup>-1</sup> a CE<sub>c</sub>= 2,0 dS m<sup>-1</sup>, sin que se

redujeran el número de hojas por planta ni el peso fresco del bulbo (Mangal y Lal, 1988), aunque a mayores conductividades eléctricas el extracto de pasta saturada ( $CE_e \geq 4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) se reducía la subida a flor pero también el crecimiento. Otros autores (Painter, 1980; Paterson, 1959) apuntan que el incremento en la fertilización fosforada incrementa la subida a flor. Painter (1980) observa (aunque no lo cuantifica) el aumento de este accidente al pasar de un nivel 0 en abonado fosfórico a  $179 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ , curiosamente la fertilización nitrogenada, fosfórica, potásica o el aporte de zinc no inciden sobre las producciones ( $58.380 \text{ kg ha}^{-1}$  en valor medio) lo que indicaría unas condiciones de disponibilidad de nutrientes muy elevada. No obstante, en otro trabajo de Paterson (1984) el incremento de la subida a flor al incrementar la dosis de abonado fosfórico (de 0 a  $50 \text{ kg P ha}^{-1}$ ) va asociada a un incremento significativo (nivel de probabilidad 0,01) del peso del bulbo, por lo que el fósforo al actuar como limitante del crecimiento limitaría también el crecimiento del escapo floral, condicionante que desaparece al incrementar la dosis de abonado fosfórico.

En condiciones controladas, y especialmente en condiciones de temperatura y fotoperíodo subóptimos respecto a la inducción floral, tratamientos con bajos niveles de nitrógeno ( $1,8 \text{ mM}$  nitrato) favorecían la inducción floral respecto al tratamiento normal ( $12 \text{ mM}$  nitrato), aunque la sensibilidad a los distintos niveles de nitrógeno varía con el cultivar (Brewster, 1983). Ello estaría en contradicción con el hecho de que a mayor tamaño de la planta menor es el período de exposición a bajas temperaturas para la diferenciación floral. Según Shishido y Saito (1976) ello podría atribuirse a un elevado contenido de carbohidratos así como a una elevada relación C/N en las plantas con carencia de nitrógeno. Una elevada relación C/N puede favorecer la floración en algunas especies, aunque no existe una relación C/N crítica para la floración similar al fotoperíodo (Dennis, 1984). El efecto de la carencia de nitrógeno varía con las especies, así en especies sensibles al fotoperíodo la deficiencia de nitrógeno favorecería la floración en plantas de día largo y la retrasaría en plantas de día corto (Dennis, 1984). Cabe señalar, no obstante, que esta respuesta no se produce en la mayoría de las especies (Thomas, 1994).

Singh y Dhankar (1989) observaron en cebollas de los cultivares Pusa Red y Hisar-2 transplantados a la edad de ocho semanas a  $15 \times 10 \text{ cm}$  de distancia entre filas y plantas respectivamente, que el incremento de la fertilización nitrogenada de  $80$  a  $160 \text{ kg N ha}^{-1}$  reducía significativamente (5%) la subida a flor, aunque la reducción no superaba el 2% y los valores máximos de floración prematura alcanzados fueron del 10,0% en el cultivar Pusa Red y del 3,7% en el cultivar Hisar-2.

Castell (1978) aconseja especialmente en cebolla Babosa, para la obtención de "bulbo maduro" y para evitar la subida a flor en el primer año, el no realizar un abonado nitrogenado cuando el bulbo comience a formarse ni tampoco regar con excesiva frecuencia.

Las carencias de nitrógeno en las plantas de cebolla se pueden diagnosticar mediante análisis foliar. También la radiación reflejada en distintas bandas permite establecer relaciones con características de interés de los cultivos como el recubrimiento de la superficie (Bouman, Uenk y Haverkort, 1992), la biomasa de la cubierta vegetal (Christensen y Goudriaan, 1993), la eficiencia en el uso de la RFA absorbida (Leblon, Guerif y Baret, 1991) o el índice de área foliar (Bouman, 1995; Casanova, Epema y Goudriaan, 1998), el contenido de clorofila en la hoja (Curran, Robert y Gholz, 1995; Sellers, 1985) y las carencias de nitrógeno (Filella y Peñuelas, 1994) o el estrés hídrico (Knipling, 1970). La ventaja de este método es que no es destructivo, permite realizar medidas de forma fácil y rápida y tiene un alto grado de objetividad (Bouman, van Kasteren y Uenk, 1992), además se puede integrar en modelos de simulación de crecimiento de cultivos (Bouman, 1992b). Para minimizar el efecto de factores de distorsión en estas medidas como son las condiciones atmosféricas (Clevers *et al.*, 1991) se establecen los índices de vegetación, que se calculan en base a combinaciones de los coeficientes de reflexión en las diferentes bandas espectrales. El utilizar estos índices puede ser interesante para caracterizar el estado del cultivo y si se observan diferencias poderlas utilizar incluso en teledetección para la predicción de producciones comerciales (Wiegand *et al.*, 1991). También debido a la influencia de la calidad espectral de la luz sobre distintos fenómenos biológicos (Ballaré, Scopel y Sánchez, 1995) incluyendo la floración. El disponer de información de la reflexión en distintas bandas puede ayudar a clarificar el problema planteado de la floración prematura. En trabajos previos realizados en cebolla mediante teledetección (Haack y Jampoler, 1995; Schotten, van Rooy y Janssen, 1995) se observa que la utilización de esta técnica presenta limitaciones ya que en este cultivo en hileras, con biomasa reducida, los campos de cultivo casi no se podían distinguir de las zonas no cultivadas. Para clarificar en qué medida los factores anteriormente descritos incidían sobre la floración prematura en las condiciones de riego de alta frecuencia, se plantearon una serie de experimentos que permitiesen estudiar el efecto de cada uno de ellos.

## **6.2. OBJETIVOS**

- Determinar en condiciones de riego de alta frecuencia, con amplia disponibilidad de nutrientes y ausencia de estrés hídrico, los factores complementarios de las causas genéricas descritas como responsables de la incidencia de la floración prematura en cebolla.

### 6.3. MATERIAL Y MÉTODOS

Se plantearon tres experimentos (6.1, 6.2 y 6.3) bajo condiciones de riego de alta frecuencia.

Los experimentos 6.1 y 6.2 se realizaron en 1992 y el experimento 6.3 en 1994 en unas fincas del término municipal de El Palau d'Anglesola (Lleida). La implementación en campo, las técnicas de cultivo y la metodología de toma de datos son coincidentes en los experimentos 6.1 y 6.2.

Las coordenadas geográficas del área donde se instaló el ensayo son 41° 38' N, 0° 53' E y altitud 250 m.

Se utilizó en todos los experimentos el mismo cultivar de cebolla (V. de Grano).

El suelo de las parcelas experimentales (experimentos 6.1, 6.2 y 6.3) era un Xerofluvent ácuico, limosa fina, mezclada (calcárea) méstica (Soil Survey Staff, 1990) perteneciente a la serie Reguer (Herrero *et al.*, 1993).

Los datos meteorológicos utilizados (cuadros III.5 y III.6) se obtuvieron de la estación agrometeorológica automatizada del Poal, perteneciente a la Red Agrometeorológica del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya, ubicada a 3 km de la parcela experimental.

#### **6.3.1. Floración prematura en un amplio intervalo de densidades y para dos niveles de radiación incidente. (Experimento 6.1).**

El experimento 6.1 se dividió en dos experimentos, en base a la radiación incidente sobre el cultivo: condiciones naturales (experimento 6.1.1) y sombreado neutral con malla negra (experimento 6.1.2). Se analizó como factor la densidad: 20, 40, 80 y 160 plantas m<sup>-2</sup>. El diseño empleado fue en bloques al azar, con tres repeticiones.

La longitud de cada parcela elemental era de 6 m. Cada parcela constaba de nueve hileras y la distancia entre hileras era de 15 cm. En las dos hileras más exteriores no se realizó ningún muestreo.

La siembra se realizó sobre suelo seco en superficie el 2 de marzo de 1992. La emergencia de las plántulas se controló tres veces por semana en la tercera y séptima hilera en una longitud de 3 m en cada una de ellas.

Las propiedades edáficas se resumen en el cuadro 3.1.

El sistema de riego era de cobertura total por goteo, mediante goteros autocompensantes de caudal 2,1 L h<sup>-1</sup>. La composición de agua de riego (cuadro 2.9) y la evaluación de su calidad se presentan en el capítulo 2. Se calculó la fracción de lavado para evitar problemas de salinidad derivados del uso del agua de riego.

Se empezó a regar a los dieciocho días tras la siembra debido a problemas en la puesta en marcha del sistema de riego, aplicándose 202 mm para alcanzar un contenido de agua en el suelo en los primeros 40 cm próximo a capacidad de campo. Se midió a lo largo del ciclo del cultivo el potencial matricial del suelo mediante tensiómetros situados a diferentes profundidades (0-60 cm) y distancias (5-25 cm) de los emisores, manteniéndose en valores superiores a -18 kPa en todas las combinaciones profundidad-distancia.



Los criterios adoptados en la programación de riego fueron:

1. Posteriormente a la siembra se suministró el agua necesaria para situar los primeros 40 centímetros de profundidad de suelo a capacidad de campo. Con este sistema de riego se evitó el encroscamiento.
2. Mantener el contenido de agua en el suelo entre 0 - 40 cm a altos potenciales matriciales ( -10 a -30 kPa) ya que en trabajos previos (capítulo 3) se había demostrado que el 90 % de la longitud radicular se hallaba en los primeros 40 cm.

La evaluación de la cantidad de agua aportada mediante riego se hizo en base al coeficiente de evaluación  $k_e$  definido por la relación :

$$k_e = (P + \text{Riego}) / ETo$$

P: precipitación. Riego: volumen neto de agua aplicada (mm). ETo: evapotranspiración de referencia según Penman-FAO (mm).

En los cálculos del coeficiente de evaluación ( $k_e$ ) se consideró que la precipitación diaria corresponde a la precipitación efectiva dada la escasa pluviometría (anexo III). En la fase inicial (siembra a tercera hoja visible) a la cantidad de agua aplicada mediante riego, se restó la cantidad de agua necesaria para llevar el contenido de agua en el suelo a capacidad de campo, y así obtener el valor de volumen neto de agua aplicada.

Debido a problemas en el sistema de riego, el incremento del 10% en el volumen de agua a aplicar mediante riego para satisfacer las necesidades de lavado, en el período comprendido entre la tercera hoja visible a inicio del crecimiento exponencial herbáceo, se suministró en el período madurez- recolección.

La cantidad de fertilizante aplicada mediante riego fue 266 kg N/ha, 625 kg  $P_2O_5$ /ha y 558 kg  $K_2O$ /ha. La aportación del fósforo se realizó mediante ácido fosfórico para evitar obturaciones en los goteros. Se realizaron a lo largo del ciclo de cultivo, el 26 de mayo, 20 de junio, 3 de julio, 21 de julio y 5 de agosto, muestreos de suelo para determinar los niveles de nitrógeno en forma nítrica a distintas profundidades (0-80 cm) en las parcelas no sombreadas de densidad 80 plantas  $m^{-2}$ . No se aplicó herbicida y el control de las malas hierbas se realizó manualmente.

Los tratamientos fitosanitarios realizados se recogen en el cuadro 6.1.

**Cuadro 6.1. Tratamientos fitosanitarios realizados en las parcelas experimentales.**

<b>Plaga o enfermedad a combatir</b>	<b>Fecha tratamiento</b>	<b>Materia activa</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Dosis</b>
Thrips tabaci (Trips)	25.06.94	Dimetoato 40%	Perfekthion	0,15 L/100 L
Botrytis allii (Botrytis)		Vinclozolina 50%	Ronilan	150 g/100 L
Peronospora destructor (Mildiu) Alternaria porri (Alternaria)		Cimoxanilo 4% + Zineb 40%	Milzan	300 g/100 L
Thrips tabaci (Trips)	08.07.94	Dimetoato 40%	Perfekthion	0,15 L/100 L
Botrytis allii (Botrytis)		Vinclozolina 50%	Ronilan	150 g/100 L
Peronospora destructor (Mildiu) Alternaria porri (Alternaria)		Cimoxanilo 4% + Zineb 40%	Milzan	300 g/100 L
Peronospora destructor (Mildiu) Alternaria porri (Alternaria)	20.07.94	Cimoxanilo 4% + Zineb 40%	Milzan	300 g/100 L

En los tratamientos fitosanitarios se respetó la programación del propietario de la finca donde se ubicó el experimento.

Tras la emergencia se procedió a un aclareo manual de las plantas en cada parcela hasta alcanzar la densidad exacta deseada.

El 15 de mayo, cuando las plantas presentaban tres hojas visibles, se instalaron unas estructuras de madera de longitud 5,50 m, anchura 1,50 m y altura 0,70 m. La parte superior y lateral estaba recubierta con malla negra de monofilamentos de polietileno de baja permeabilidad. El 16 de junio, se levantaron los laterales de forma que el sombreado fuese dado únicamente por la cubierta superior (fotografía 6.2).

Se controló en junio y julio la temperatura del suelo a nivel del tallo de la cebolla. Los termómetros, de lectura manual, se distribuyeron en las dos parcelas (una con sombreado y la otra bajo condiciones de radiación normales) de 80 plantas m<sup>-2</sup> del primer bloque. Los termómetros estaban clavados en los primeros 5 cm y se leyeron tres veces al día correspondientes a las 5, 11 y 16 horas solares.

En campo se marcaron doce plantas por parcela en donde se controló el desarrollo foliar y hojas visibles totales (verdes y secas). En estas plantas, mediante tactos del pseudocuello, se determinó la madurez. Los bulbos en recolección se disectaron para observar la presencia de escapos florales y el desarrollo de las hojas interiores.



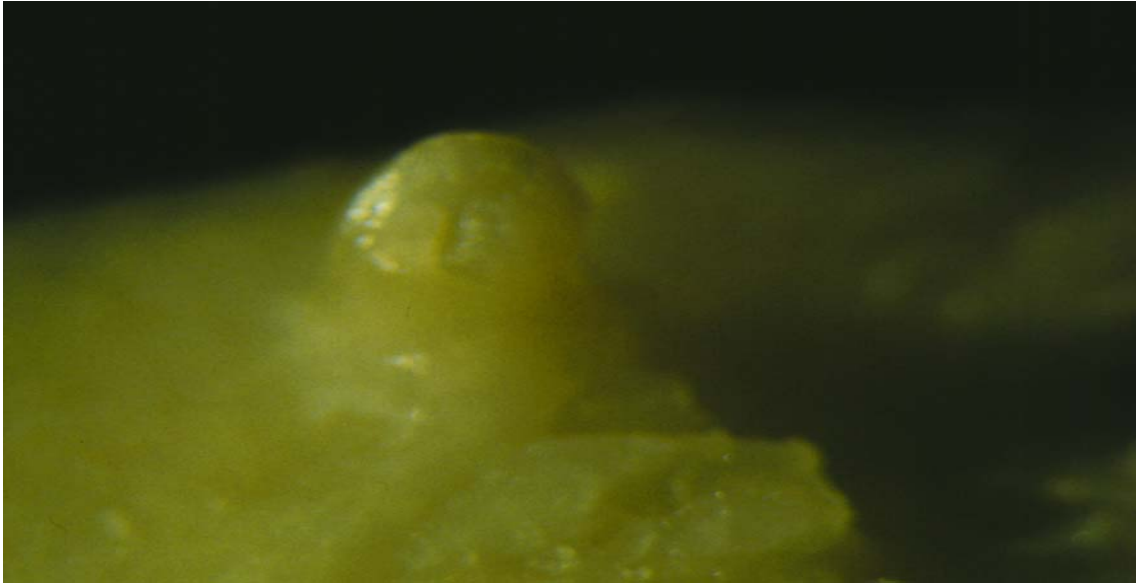
**Fotografía 6.2. Estructura de madera y malla negra utilizadas en el tratamiento de sombreado neutral.**

Se realizaron muestreos destructivos de plantas (ocho plantas en cada muestreo), el 15 de junio, 2 y 15 de julio y 4 de agosto, midiéndose los pesos frescos y secos fraccionados, el número de hojas verdes y secas, el área foliar, la altura de la planta y la altura del bulbo más el pseudotallo, el diámetro máximo del bulbo y mínimo del pseudotallo. Se anotaba si la flor era visible.

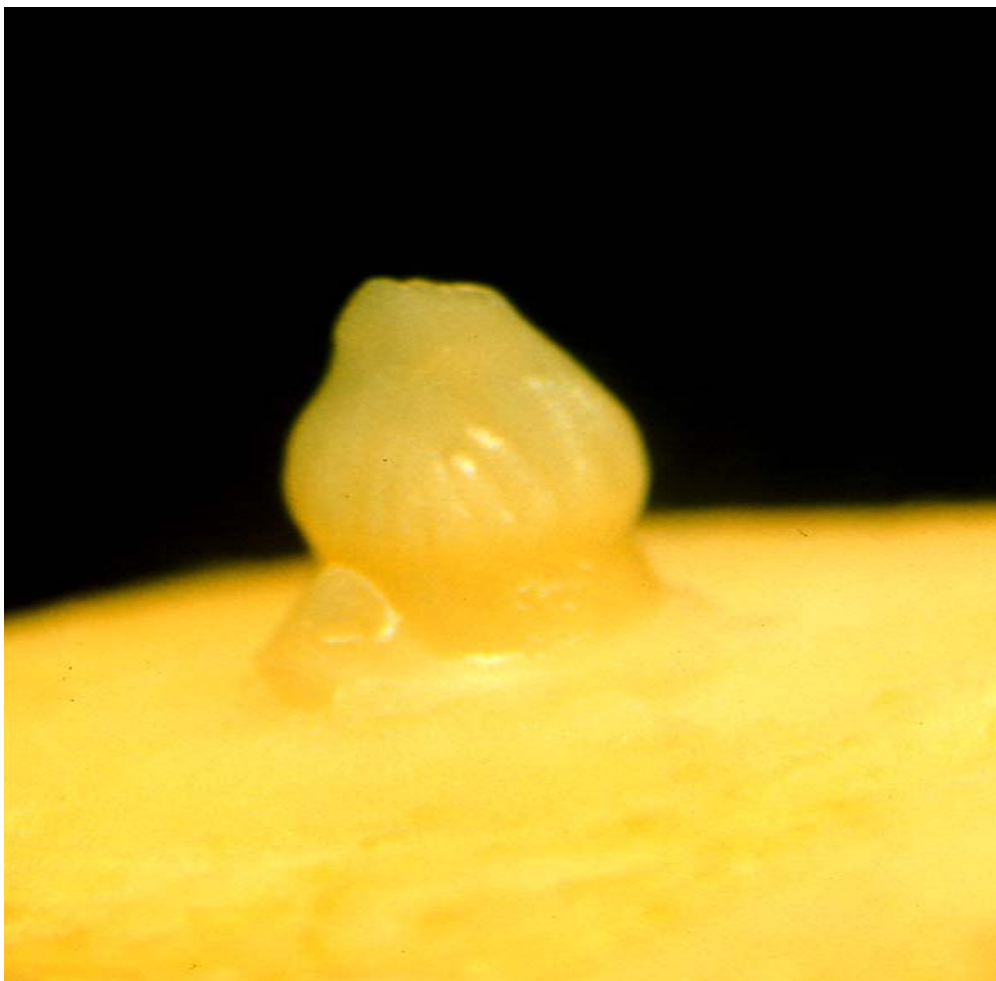
En el material seco se determinó el contenido de nitrógeno total.

Se recolectó el 5 de agosto, en cada parcela se recolectaron 100 bulbos en condiciones naturales y 80 bulbos en condiciones de sombreado.

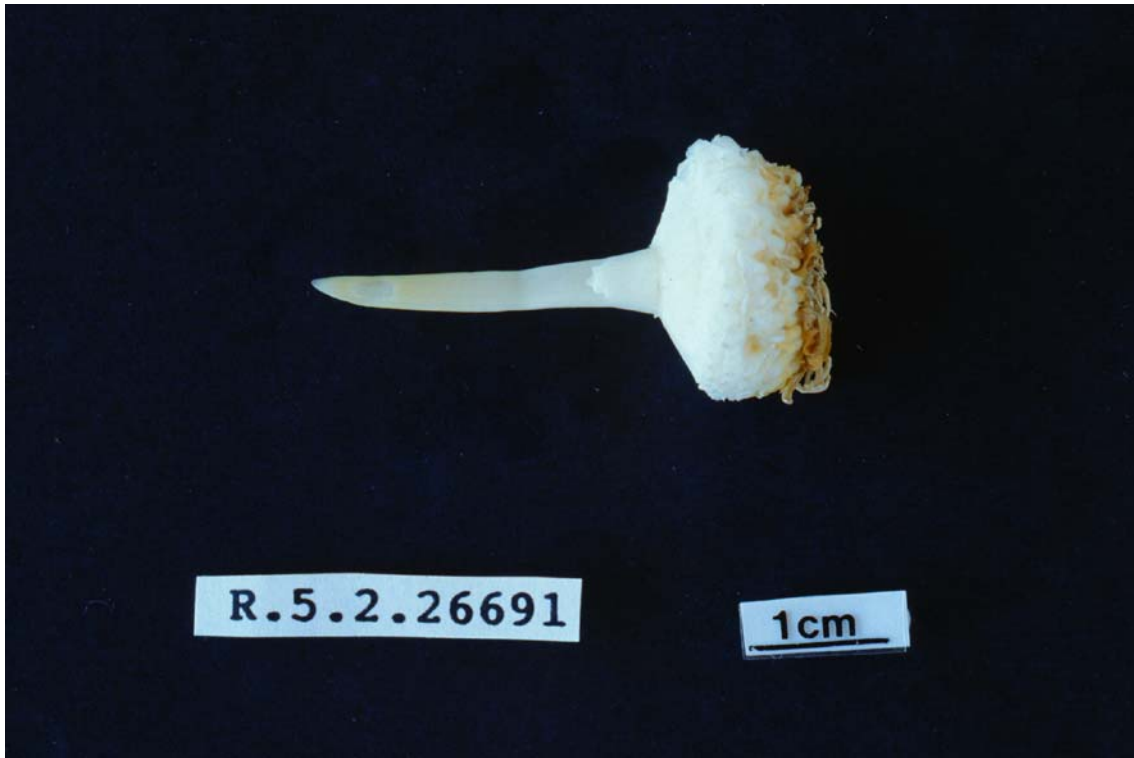
Las plantas muestreadas se disectaban para determinar si habían iniciado la floración (fotografías 6.3 y 6.4) y/o el proceso de bulbificación. El inicio de la bulbificación se determinaba mediante la relación foliar (fotografías 6.5 y 6.6). También, mediante la disección se estimaba el número total de hojas diferenciadas así como el desarrollo de hojas laterales (fotografía 6.7).



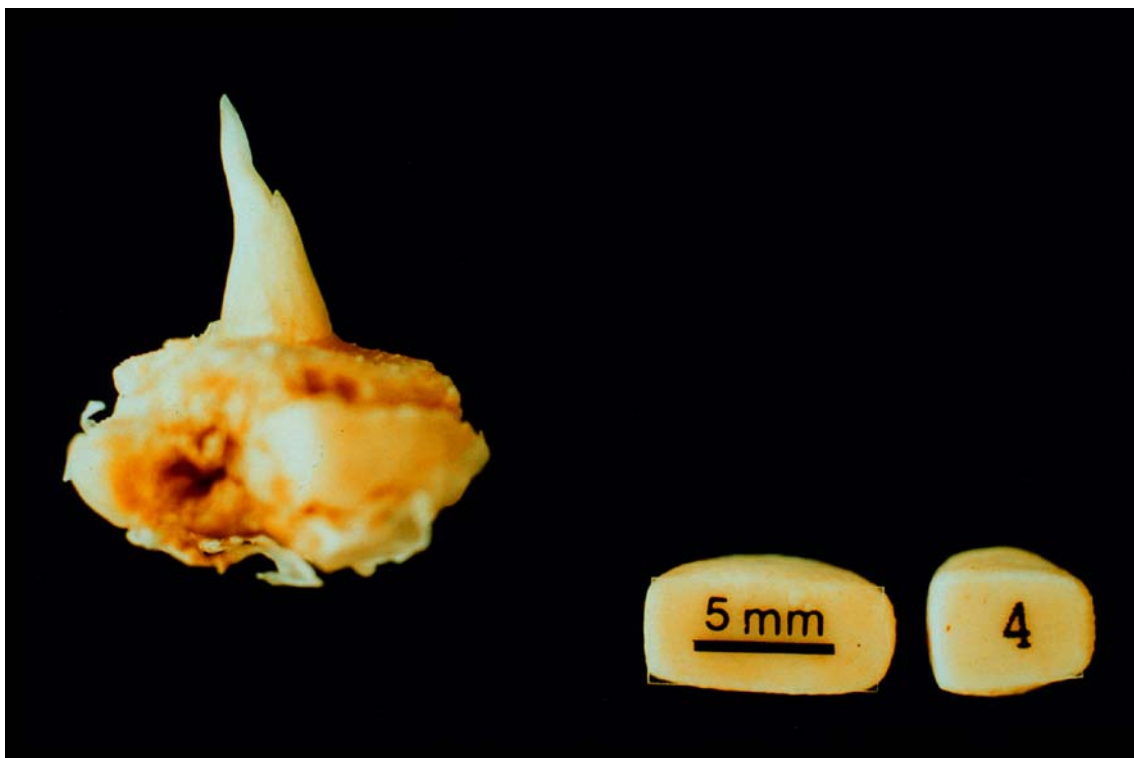
**Fotografía 6.3.** Disección de una planta de cebolla. Se observa el inicio de la formación de la inflorescencia.



**Fotografía 6.4.** Disección de una planta de cebolla. Se observa la inflorescencia y al lado el desarrollo de una nueva hoja proveniente de una yema axilar.



Fotografía 6.5. Planta de cebolla en pleno crecimiento vegetativo antes del inicio de la bulbificación. Relación foliar superior a la unidad.



Fotografía 6.6. Planta de cebolla que ha iniciado el proceso de bulbificación. Relación foliar inferior a la unidad.



**Fotografía 6.7. Disección de una planta de cebolla en pleno crecimiento vegetativo, observándose hojas desarrolladas a partir de la yema principal y otras hojas desarrolladas a partir de una yema axilar primaria.**

En los bulbos correspondientes a la recolección se midió también el diámetro mínimo del bulbo y su altura, para determinar su forma (fb). Los bulbos se partieron para observar si presentaban o no escapeo floral.



Se realizaron lecturas de la radiación interceptada por el cultivo mediante tubos solarímetros. Las medidas se realizaron próximas al mediodía solar el 15 y 22 de junio y el 2, 15 y 21 de julio. En el experimento 6.1.2 se realizaron además medidas mediante los tubos solarímetros durante todo un día, a intervalos de una hora, y en tres posiciones bajo las estructuras de sombreado, para evaluar exactamente el porcentaje de radiación solar que alcanzaba la cubierta vegetal.

Se realizó un análisis de varianza con los resultados obtenidos. Si la hipótesis inicial de igualdad de los tratamientos podía rechazarse, se procedió a la separación de medias según el test de rango múltiple de Duncan.

### **6.3.2. Floración prematura en relación con la época de siembra. (Experimento 6.2).**

Las propiedades edáficas, el riego y las aplicaciones de fertilizantes, fitosanitarios y herbicidas coinciden con las del experimento 6.1.

También coinciden el tamaño de las parcelas, el control de la emergencia, desarrollo foliar, radiación interceptada y metodología de los muestreos destructivos y recolección.

Se sembró el cultivar Valenciana de Grano y se analizó como factor la época de siembra.

Se realizaron tres siembras, el 4 de marzo, 3 de abril y 7 de mayo. El diseño empleado fue en bloques al azar, con tres repeticiones (fotografía 6.8).



**Fotografía 6.8. Visión del experimento 6.2 de épocas de siembra. Año 1991.**

La densidad final que se mantuvo en todas las parcelas fue de 80 plantas m<sup>2</sup>.

Los muestreos destructivos se realizaron el 24 de junio, 9 y 21 de julio y 6 de agosto para todas las épocas de siembra, además del 10 de junio para la primera y segunda época de siembra, del 27 de mayo para la primera época de siembra y

del 12 de agosto para la tercera época de siembra. Se recolectaron cien bulbos en cada parcela el 12 de agosto, con independencia de la época de siembra. Las lecturas de la radiación interceptada con tubos solarímetros se realizaron el 15, 22 y 30 de junio; 15, 21 y 28 de julio para todas las épocas de siembra. En las parcelas de la segunda y tercera época de siembra se realizó otra lectura el 6 de agosto.

En recolección se realizó un análisis de varianza con los resultados obtenidos. Si la hipótesis inicial de igualdad de los tratamientos podía rechazarse, se procedió a la separación de medias según el test de rango múltiple de Duncan.

**6.3.3. Floración prematura en un amplio intervalo de densidades y para dos niveles de fertilización nitrogenada. (Experimento 6.3).**

Las propiedades edáficas se resumen en el cuadro 6.2. El pH es moderadamente básico, se trata de un suelo calcáreo, los valores de conductividad eléctrica van asociados a los contenidos de yeso. El contenido de materia orgánica es moderadamente alto y los niveles de fósforo y potasio son altos (López, 1985). La profundidad enraizable era superior a 125 cm.

**Cuadro 6.2. Propiedades edáficas de las parcelas experimentales. El Palau d'Anglesola.**

Prof. (cm)	pH (1: 2,5)	C.E. (1:5, 25°C, dS/m)	M.O. (%)	N (%)	P (ppm. Olsen)	K (ppm. Acetato amónico )	CaCO <sub>3</sub> equiv. (%)	Agua retenida (%)		Textura (USDA)	Color (h) (matriz)
								-33 kPa	-1500 kPa		
00-20	8,2	0,34	4,4	0,24	61,6	566,1	23	29,87	16,45	FAC	7,5YR 4/4
20-40	8,2	0,41	3,7	0,22	43,7	420,0	24	29,04	16,06	FAC	---
40-60	8,3	0,31	3,3	0,20	24,1	359,6	4	27,32	15,99	FACL	---

El cultivo previo al establecimiento del ensayo había sido trigo. El suelo se labró en otoño. Previamente a la siembra se volvió a cultivar el suelo mediante una grada de discos y una labor complementaria con cultivador.

El diseño experimental fue en parcelas subdivididas o split-plot. El factor principal era densidad de plantas con tres niveles, 30, 60 y 90 plantas m<sup>-2</sup>; el factor secundario fue el abonado nitrogenado, dos dosis, 240 UF N ha<sup>-1</sup> (abonado normal) y un incremento de 180 UF N ha<sup>-1</sup> aplicado en forma de nitrato cálcico, fraccionado en tres aportaciones de 60 UF N ha<sup>-1</sup>. Las fechas de aporte del suplemento de abonado fueron el 16 y 26 de abril y el 9 de mayo. Se establecieron tres repeticiones de cada combinación de factores, disponiendo en total de 18 parcelas elementales. La longitud de las parcelas elementales era de 7,5 m y su anchura de 1,8 m. En cada parcela se situaron 8 hileras separadas 20 cm.

La siembra se realizó con una sembradora de líneas de precisión, a una profundidad de 3-4 cm, el 5 de marzo de 1994.

Se utilizó semilla de cebolla de la variedad Valenciana de Grano. La fecha del 50% de emergencia se determinó



mediante conteos, en la segunda y séptima hilera, en una longitud equivalente a la ocupada por cincuenta semillas sembradas en cada una de ellas. Se realizaron aclareos manuales posteriores para mantener en cada parcela la densidad correspondiente al factor principal asignado.

Posteriormente a la siembra, en cada parcela elemental se situaron dos líneas paralelas de ramales porta-goteros centrados entre la segunda y tercera hilera y entre la sexta y séptima hilera. Las líneas porta-goteros estaban equipadas con goteros autocompensantes de caudal  $2,1 \text{ L h}^{-1}$ . Debido a problemas en agua disponible el incremento del 10% en el período siembra-tercera hoja visible se aportó en el período siguiente (tercera-sexta hoja). En el período comprendido desde el estado de tercera hoja a inicio del crecimiento exponencial herbáceo, estado de sexta hoja, el volumen neto de agua aplicada mediante riego, equivale al riego aplicado, disminuido en la cantidad que correspondería a las necesidades de lavado de este período y en la fase inicial. En los períodos posteriores, las dosis de riego, son el resultado de incrementar los volúmenes netos de agua a aplicar en un 10%.

El aporte de nutrientes se realizó mediante fertirrigación, aportándose  $127 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ ,  $304 \text{ kg K}_2\text{O}/\text{ha}$  y  $9 \text{ kg MgO}/\text{ha}$ . Como abono fosforado se utilizó el ácido fosfórico para evitar obturaciones en los goteros. El aporte de nitrógeno mediante fertilizantes (nitrato amónico y ácido nítrico) fue de  $87 \text{ kg N}/\text{ha}$ . La fertilización fue notablemente inferior a la realizada en 1992 (experimentos 6.1 y 6.2). El aporte global de nitrógeno considerando el agua de riego fue de  $240 \text{ kg N}/\text{ha}$  en el abonado normal y de  $420 \text{ kg N}/\text{ha}$  en el abonado incrementado (cuadro 6.3).

Para poder evaluar el contenido de nitratos en el suelo, se obtuvo en cada parcela una muestra compuesta de 0 - 20 cm y de 20 - 40 cm, los días 12 y 26 de abril, 9 y 30 de mayo. La muestra compuesta correspondía a 2 puntos situados a unos 20 cm del ramal porta-goteros. La lectura del contenido de nitratos del extracto obtenido se realizó mediante espectrofotometría a 220 nm (Cawse, 1967; MAPA, 1986b). En estas muestras también se determinó el contenido de humedad.

No se realizaron tratamientos herbicidas.

En los tratamientos fitosanitarios (cuadro 6.4) se respetó la programación del propietario de la finca donde se ubicó el experimento. Estos tratamientos pueden considerarse habituales en la zona.

**Cuadro 6.3. Aporte de nitrógeno en las parcelas elementales con abonado normal e incrementado.**

Período	Abonado normal	Abonado incrementado
	(kg N/ha)	
Siembra - 01.03.94	19	19
02.03.94 - 15.03.94	22	22
16.03.94 - 01.04.94	8	8
02.04.94 - 15.04.94	5	65
16.04.94 - 01.05.94	15	75
02.05.94 - 15.05.94	37	97
16.05.94 - 01.06.94	52	52
02.06.94 - 15.06.94	40	40
16.06.94 - 01.07.94	24	24
02.07.94 - 15.07.94	18	18
16.07.94 - 30.07.94	0	0
Siembra - 30.07.94	240	420

**Cuadro 6.4. Tratamientos fitosanitarios realizados en las parcelas experimentales.**

Plaga o enfermedad a combatir		Fecha de tratamiento	Materia activa	Producto comercial	Dosis
Delia antigua	(Mosca)	05.03.94	Fonofos 5%	Dyfonate	15 kg/ha
Thrips tabaci	(Trips)	27.05.94	Clorpirifos 48% Cipermetrin 10%	Pyrinex 48 Afrisect 10	2,5 L/ha 0,5 L/ha
Thrips tabaci	(Trips)	10.06.94	Metomilo 12% + Endosulfan 36% Deltametrin 2,5%	Metofan Decis	2,5 L/ha 0,5 L/ha
Peronospora destructor Botrytis allii	(Mildiu) (Botrytis)	10.06.94	Ofurace 6% + Folpet 45% Procimidona 50%	Vamin Salithiex 50-WP	2,5 L/ha 0,5 kg/ha
Thrips tabaci	(Trips)	22.06.94	Cipermetrin 10%	Afrisect 10	0,8 L/ha
Alternaria porri Botrytis allii	(Alternaria) (Botrytis)	22.06.94	Metalaxil 8% + Mancozeb 64% Benomilo 50%	Ridomil MZ 72 Benomilo 50	2,8 kg/ha 0,8 kg/ha
Thrips tabaci	(Trips)	07.07.94	Carbosulfan 25% Alfacipermetrin 4%	Marshal 25 Efitax	2,5 L/ha 0,8 L/ha
Peronospora destructor Botrytis allii	(Mildiu) (Botrytis)	07.07.94	Ofurace 6% + Folpet 45% Metil tiofanato 45%	Vamin Pelt	2,5 L/ha 0,8 L/ha
Thrips tabaci	(Trips)	21.07.94	Deltametrin 2,5%	Decis	0,8 L/ha
Peronospora destructor Botrytis allii	(Mildiu) (Botrytis)	21.07.94	Ofurace 6% + Mancozeb 64% Procimidona 50%	Vamin MZ Salithiex 50-WP	3,0 kg/ha 0,8 L/ha

En campo se marcaron doce plantas por parcela en donde se controló el desarrollo foliar y hojas visibles totales (verdes y secas). En estas plantas también se midió mediante tactos del pseudotallo la madurez. Además, también se marcaron 80 plantas por parcela mediante anillos rojos. Estas plantas se utilizaron para los muestreos destructivos (6 plantas en

cada muestreo) del 7, 14 y 25 de mayo; 4, 8, 16 y 22 de junio; 1 y 15 de julio. El 27 de julio se recolectaron un total de 90 plantas en cada parcela elemental.

En las plantas muestreadas se contó el número de hojas verdes y secas, se midió la altura de la planta y la del bulbo más el pseudotallo, el área foliar, el peso fresco y seco de las hojas y bulbos, el diámetro máximo del bulbo y mínimo del pseudotallo. Los bulbos se disectaron. Todas las medidas se realizaron como en el experimento 6.1.

En el material seco de cada parcela se determinó el contenido de nitrógeno total con el método Kjeldahl.

Durante los meses de abril, mayo y primeros nueve días de junio se midió la temperatura del suelo a nivel del tallo de la cebolla mediante un termómetro de suelo portátil, tres veces al día, equivalentes a las 5, 11 y 16 horas solares. El termómetro se clavaba siempre 5 cm en la misma parcela de densidad 60 plantas m<sup>-2</sup> y se sombreaba para evitar la incidencia de la radiación solar directa.

En cada parcela se fijó una longitud determinada en dos posiciones distintas, siguiendo la orientación de las hileras, en donde no se obtuvieron muestreos y en donde se realizaron lecturas de la radiación interceptada por el cultivo mediante tubos solarímetros y un ceptómetro (Decagon Devices Inc, 1989) para medida de la radiación fotosintéticamente activa (400 - 700 nm). Con el ceptómetro se realizó una lectura sobre la cubierta e inmediatamente otra lectura dentro de la cubierta, para cada posición.

Las medidas se realizaron próximas al mediodía solar el 25 de mayo, 4, 8, 16 y 22 de junio y 1 de julio.

Se realizaron medidas de reflexión de la radiación incidente mediante un radiómetro multiespectral (MSR) portátil (Cropscan Inc., 1993). En campo se tomaron medidas en 8 bandas espectrales; 460,2 nm, 507,4 nm, 558,5 nm, 613,4 nm, 660,9 nm, 705,5 nm, 760,4 nm y 813,2 nm. La radiación incidente se midió en un ángulo visual de 180° y la radiación reflejada por el cultivo se midió en sentido ascendente sobre el cultivo en ángulos visuales entre 25 y 30°. La reflectividad por parte de la cubierta vegetal expresada como porcentaje se obtuvo dividiendo los valores de la radiación reflejada respecto a los de la radiación incidente. Las medidas también se realizaron próximas al mediodía solar a fin de obtener los valores máximos de flujos reflejados.

De las ocho bandas de las que se tomaron datos en campo sólo dos se utilizaron en una posterior modelización,

- banda 5; 660,9 nm, rojo.

- banda 8; 813,2 nm, infrarrojo próximo.

Con estos datos se calcularon índices de vegetación (VI<sub>s</sub>). Se utilizó el índice RVI (Rouse *et al.*, 1973) definido como el cociente entre la reflexión en el infrarrojo próximo ( $\rho_{ir}$ ) respecto a la reflexión en el rojo ( $\rho_r$ );  $RVI = (\rho_{ir}/\rho_r)$ . En la determinación de las características del cultivo, los mismos autores anteriores introducen la diferencia normalizada del

índice de vegetación (NDVI), definida como:  $NDVI = (\rho_{ir} - \rho_r) / (\rho_{ir} + \rho_r)$ . Al desconocer la reflexión del suelo, no se ha trabajado con otros índices que permiten discriminar la influencia del suelo (Clevers, 1989).

Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza. Si la hipótesis inicial de igualdad de tratamientos podía rechazarse, se procedió a la separación de medias según el test de rango múltiple de Duncan, para un nivel de significación predeterminado ( $\alpha$ ) de 0,05. A su vez, se realizaron regresiones para estimar la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAI), el índice de área foliar y la biomasa a partir de los índices de vegetación. Al disponer de un único dato por parcela del índice de área foliar y la biomasa en cada uno de los muestreos y de dos valores de RFAI, RVI y de NDVI, en las relaciones IAF con RFAI, RVI y NDVI y biomasa con RFAI acumulada y estimada a partir de NDVI, se adoptó la media de las dos lecturas realizadas en cada parcela elemental de los valores de RFAI y de los índices de vegetación. La biomasa corresponde a la materia seca total de la parte aérea. La RFA acumulada para los periodos que se consideran en las regresiones se obtuvo a partir de los datos diarios de radiación global (300-2800 nm) de la estación metereológica del DARP ya citada, de manera que  $RFA\ acumulada = \Sigma (R_s * 0.48)$ .