

6.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados correspondientes a los distintos factores estudiados (clima, crecimiento y desarrollo, radiación interceptada, transmitida y reflejada por el cultivo y balance de nitrógeno) en los diversos experimentos planteados en relación al estudio de la floración prematura. Se discuten algunos aspectos particulares de los resultados obtenidos en los experimentos de forma concreta y que no se incluyen en la discusión general por no ser directamente explicativos de la incidencia de la floración prematura en condiciones de riego de alta frecuencia.

6.4.1. Condiciones de medio: características meteorológicas durante el desarrollo de los experimentos.

La temperatura media del aire en los años 1992 y 1994 y para intervalos de siete días (figura 6.1) presenta importantes diferencias. En abril y hasta el 26 de mayo (intervalo 9) son ligeramente superiores en 1992. Desde la última semana de mayo (a partir del 26 de mayo, intervalo 9) hasta la penúltima semana de julio (hasta el 21 de julio, intervalo 17) son inferiores (2 a 5°C) en 1992. En 1994 en el periodo previo a la bulbificación la temperatura media osciló entre los 17°C y 23°C, superando los 22°C en la última semana de junio. Este intervalo de temperaturas se halla fuera del intervalo óptimo de temperaturas correspondientes al período de vernalización y a partir de julio se situarían en el intervalo de degeneración de la inflorescencia al producirse competencia con el propio proceso de bulbificación. En cambio en 1992, a partir de finales de mayo (intervalo 10) y hasta julio (intervalo 13), las temperaturas se mantuvieron en el intervalo de temperaturas de vernalización, aunque cabe destacar que el número de días en estas condiciones (temperatura media menor de 17°C), desde el 1 de junio al 23 de junio, es de 13 días. Si se consideran los días desde el estado de 3 hojas verdaderas visibles (experimento 6.1 y primera siembra en experimento 6.2), es decir, desde el 15 de mayo (cuadro 6.6), no se incrementa el período de vernalización ya que del 15 de mayo al 31 de mayo (intervalo 9 y parte del 8 y el 10) las temperaturas medias superaron los 17°C. Este número de días aún bajo temperaturas óptimas de vernalización es muy reducido si se compara con valores recogidos en la bibliografía (Brewster, 1987).

Si se adopta como umbral superior de temperatura de vernalización 21°C, el máximo descrito en la bibliografía (Rabinowitch, 1990), desde el 15 de mayo al 26 de junio de 1992 (43 días) la temperatura media del aire diaria sería inferior a 21°C durante 40 días. En el experimento 6.2 (figura 6.13) para la segunda fecha de siembra (3 abril) el período de vernalización, tomando como origen el 23 de mayo, se reduce a 32 días y para la tercera fecha de siembra (7 mayo), tomando como origen el 14 de junio, se reduce a 3 días.

En 1994, adoptando como temperatura umbral superior de vernalización 21°C y a partir del 7 de mayo en que el número de hojas visibles es tres (cuadro 6.22) y hasta el 14 de junio (intervalo 12), fecha a partir de la cual se inicia un período con temperaturas superiores a 21°C, se registró en este período de 39 días, 34 días con temperatura media inferior a 21°C.

En 1994 el período de vernalización se asemejaría al de las plantas sembradas el 3 de abril en 1992, con la diferencia de que en 1992 durante este período no se superaron los 21°C mientras que en 1994, durante cinco días, del 29 de mayo al 1 de junio, es decir, a mitad del período de vernalización, se superan los 21°C con una temperatura media en este intervalo de 24,6°C, temperaturas que podrían haber tenido un cierto efecto desvernalizante.

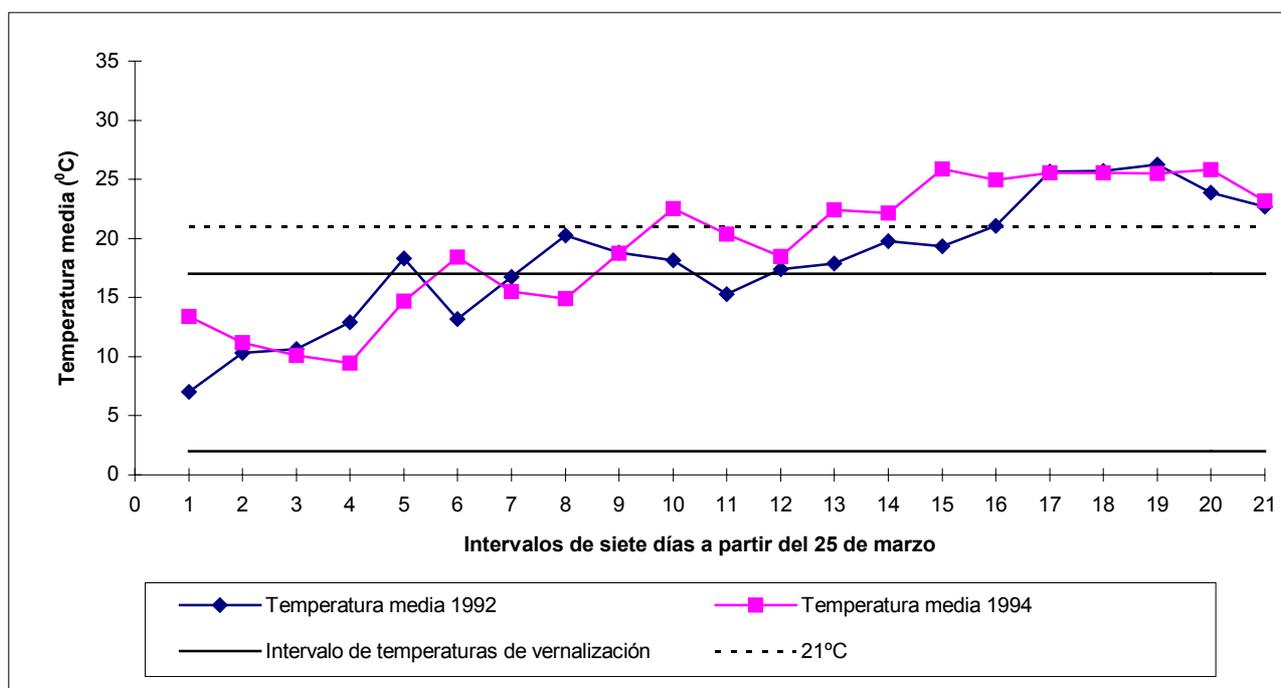


Figura 6.1. Evolución de la temperatura media semanal (intervalos de siete días) del aire a partir del 25 de marzo. Años 1992 y 1994.

En la temperatura del suelo, a nivel del tallo de la cebolla (figura 6.2) se observa la misma tendencia que en la temperatura del aire. No obstante, los datos corresponden al período diurno, por lo que la media diaria sería inferior. En 1994, prácticamente a partir de mayo, y hasta los registros disponibles (mediados de junio), la temperatura media diurna en los primeros centímetros del suelo supera los 17°C y a finales de mayo (intervalo 10) los 21°C. En 1992, aunque no se dispone de registros hasta mediados de junio, se observa que tanto en condiciones de sombreado como en condiciones radiativas normales que no es hasta el 15 de junio cuando se alcanza una temperatura media diurna en los primeros centímetros del suelo superior a los 17°C y hasta el 21 de julio superior a 21°C.

La radiación solar global a partir del 25 de marzo (fecha en que se produce el 50 % de la emergencia en 1994) y hasta el 26 de mayo (en que el peso seco de la planta superaría ampliamente el mínimo peso requerido para la inducción floral) resultó inferior en 1994 (1186,5 MJ m⁻²) frente a 1992 (1317,5 MJ m⁻²) en 131 MJ m⁻².

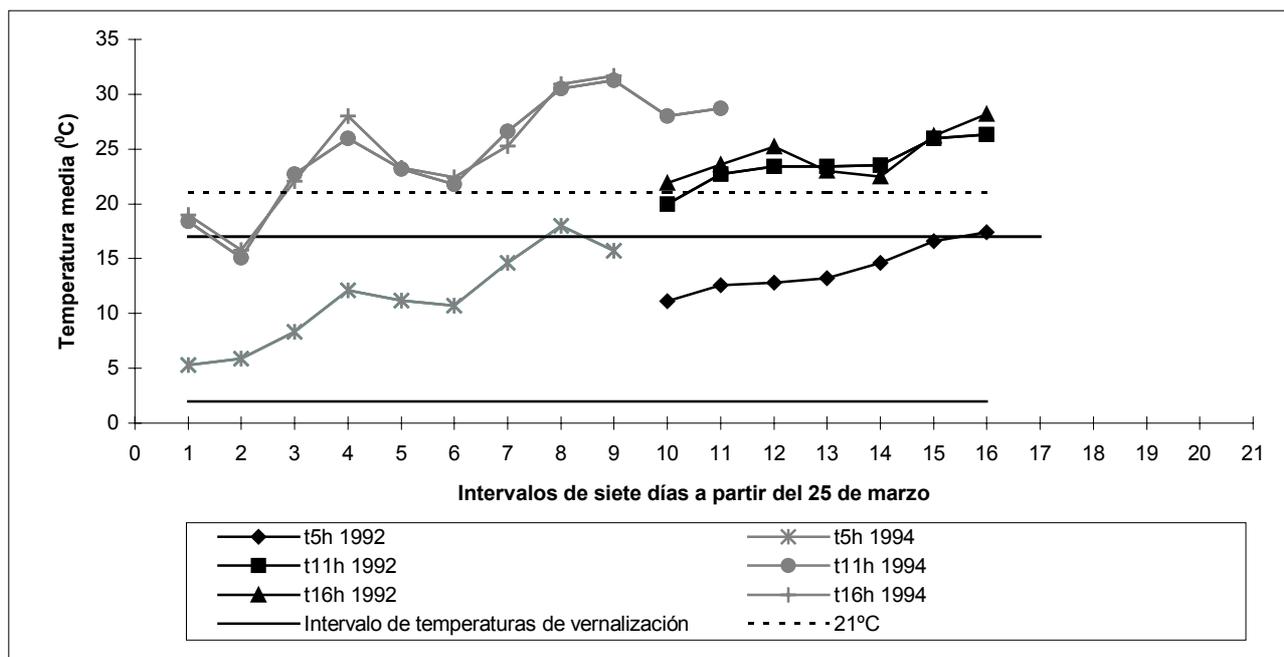


Figura 6.2. Evolución de la temperatura media (t) a las 5, 11 y 14 horas solares (intervalos de siete días) del suelo a nivel del tallo de la cebolla. Años 1992 y 1994.

Estas diferencias no repercuten en un mayor tamaño de las plántulas en la siembra de 4 de marzo de 1992 respecto a las de 1994 para un periodo determinado (25 de marzo a 26 de mayo, intervalos 1 a 9), ya que el 50 % de emergencia se produjo en 1992 respecto 1994 diez días más tarde (apartado 6.4.2). Los valores de densidad de flujo radiante en 1994 para este mismo período no serían limitantes en el periodo de vernalización según Brewster (1985).

Posteriormente y hasta el 30 de junio (intervalo 14), la radiación solar global en 1994 fue superior a la de 1992 (713,5 MJ m⁻²) en 158,5 MJ m⁻² (figura 6.3).

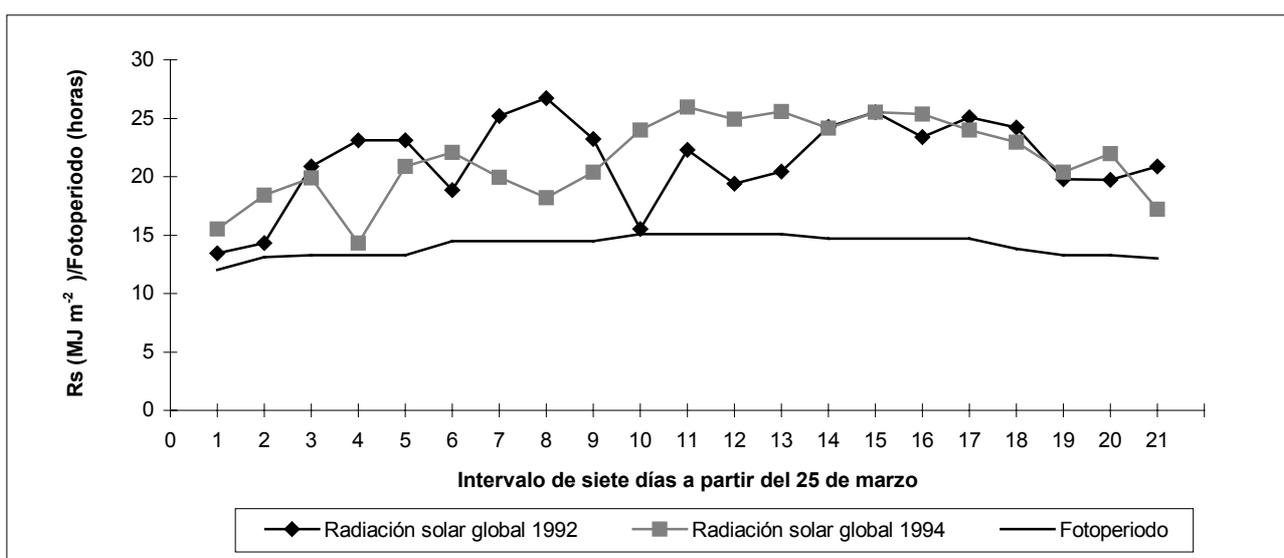


Figura 6.3. Evolución del fotoperiodo y de la radiación solar global (intervalos de siete días). Años 1992 y 1994.

Los valores máximos del fotoperíodo se alcanzan en junio con 15,1 horas luz. El valor mínimo para el periodo considerado corresponde a las 13,3 horas luz de los meses de abril y agosto.

6.4.2. Crecimiento y desarrollo de las plantas. Producciones.

Los resultados obtenidos se presentan de forma separada para los experimentos 6.1, 6.2 y 6.3.

6.4.2.1. Experimento bajo un amplio intervalo de densidades y para dos niveles de radiación incidente.

(Experimento 6.1).

La fecha del 50 % de emergencia corresponde al 4 de abril, tanto en condiciones naturales (experimento 6.1.1) como en condiciones de sombreado (experimento 6.1.2), no existiendo diferencias significativas entre las parcelas con distintas densidades asignadas.

Las fechas de muestreos destructivos y la recolección se corresponden con 72, 89, 102, 122 y 123 días tras el 50 % de emergencia. En condiciones de sombreado por malla superior y lateral o únicamente por malla superior, el 21,4 % y el 55,5 % respectivamente de la radiación solar en relación a las condiciones de no sombreado alcanza el cultivo. Es decir, del 15 de mayo al 16 de junio el sombreado provocado por las mesas colocadas sobre el cultivo fue del 78,6 % y del 16 de junio al 5 de agosto fue del 45,5 %.

En la evolución de los pesos secos totales y fraccionados (cuadro 6.5) se observa en el primer muestreo que en condiciones de iluminación naturales las plantas correspondientes a las parcelas de 20 plantas m⁻² presentan un retraso en el crecimiento frente a la de las otras densidades, en condiciones de sombreado no se aprecian estas diferencias entre densidades. Las variaciones que se observan posteriormente al 15 de junio van ligadas al inicio del proceso de bulbificación y maduración en donde existen diferencias ligadas al factor densidad (figuras 6.7, 6.8; cuadro 6.11). En condiciones de sombreado, la reducción general del crecimiento se incrementa con la densidad a partir de este muestreo, por lo que no sería hasta este momento en que se manifestaría la competencia entre plantas, aunque existe irregularidad en los datos entre muestreos.

Cuadro 6.5. Valores medios del peso seco total y fraccionado⁽¹⁾ (g planta⁻¹) a lo largo del ciclo de cultivo, para las distintas densidades y condiciones radiativas.

Radiación	Parte de la planta	Densidad (plantas/m ²)	Fecha de muestreo ⁽²⁾				
			15.06.92(72)	2.07.92(89)	15.07.92(102)	04.08.92(122)	
Condiciones naturales (Experimento 6.1.1)	Hoya		**	**	**	**	
		20	1,07 b	5,48 a	10,22 a	11,96 a	
		40	1,74 a	5,52 a	7,60 b	7,40 b	
		80	1,59 a	6,33 a	8,12 b	4,74 c	
	Bulbo	160	1,88 a	3,28 b	5,68 c	2,92 d	
			**	**	**	**	
		20	0,49 b	1,91 bc	7,29 ab	22,66 a	
		40	0,72 a	2,44 b	5,56 bc	15,69 b	
	Total	80	0,81 a	3,49 a	8,85 a	11,66 c	
		160	0,88 a	1,52 c	4,92 c	6,38 d	
			**	**	**	**	
		20	1,57 b	7,39 b	17,51 a	34,62 a	
	Sombreamiento (Experimento 6.1.2)	Hoya	40	2,41 a	7,96 ab	13,16 b	23,09 b
			80	2,46 a	9,82 a	16,97 a	16,40 c
			160	2,76 a	4,80 c	10,60 b	9,31 d
				ns	**	**	**
Bulbo		20	0,58	1,87 a	1,98 a	4,57 a	
		40	0,55	1,98 a	2,16 a	3,41 b	
		80	0,53	1,35 b	2,38 a	2,58 c	
		160	0,46	0,76 c	1,49 b	0,82 d	
Total			ns	**	**	**	
		20	0,19	0,41 a	0,37 bc	3,44 a	
		40	0,19	0,48 b	0,49 ab	2,58 ab	
		80	0,19	0,29 b	0,55 a	2,03 b	
Total		160	0,16	0,20 b	0,32 c	0,61 c	
			ns	**	**	**	
		20	0,77	2,28 a	2,36 ab	8,01 a	
		40	0,74	2,46 a	2,66 a	5,99 b	
Total	80	0,72	1,64 b	2,94 a	4,61 b		
	160	0,62	0,96 c	1,82 b	1,44 c		

ns = no significativo

** = significativo a nivel 1%

(1) Media de tres repeticiones con ocho plantas en cada repetición. Valores medios con letras distintas son estadísticamente diferentes según el test de Duncan ($\alpha < 0,05$).

(2) Los números entre paréntesis corresponden a días desde el 50 % de emergencia.

En la evolución de la forma de la planta (figura 6.4) se observa que la respuesta de la planta al incremento de densidad se traduce en formas más alargadas. La respuesta se acentúa al incrementar la competencia por la luz en condiciones de sombreado. Los valores máximos en el alargamiento se producirían antes del inicio de la bulbificación si se comparan con los valores de la relación de bulbificación (figura 6.7).

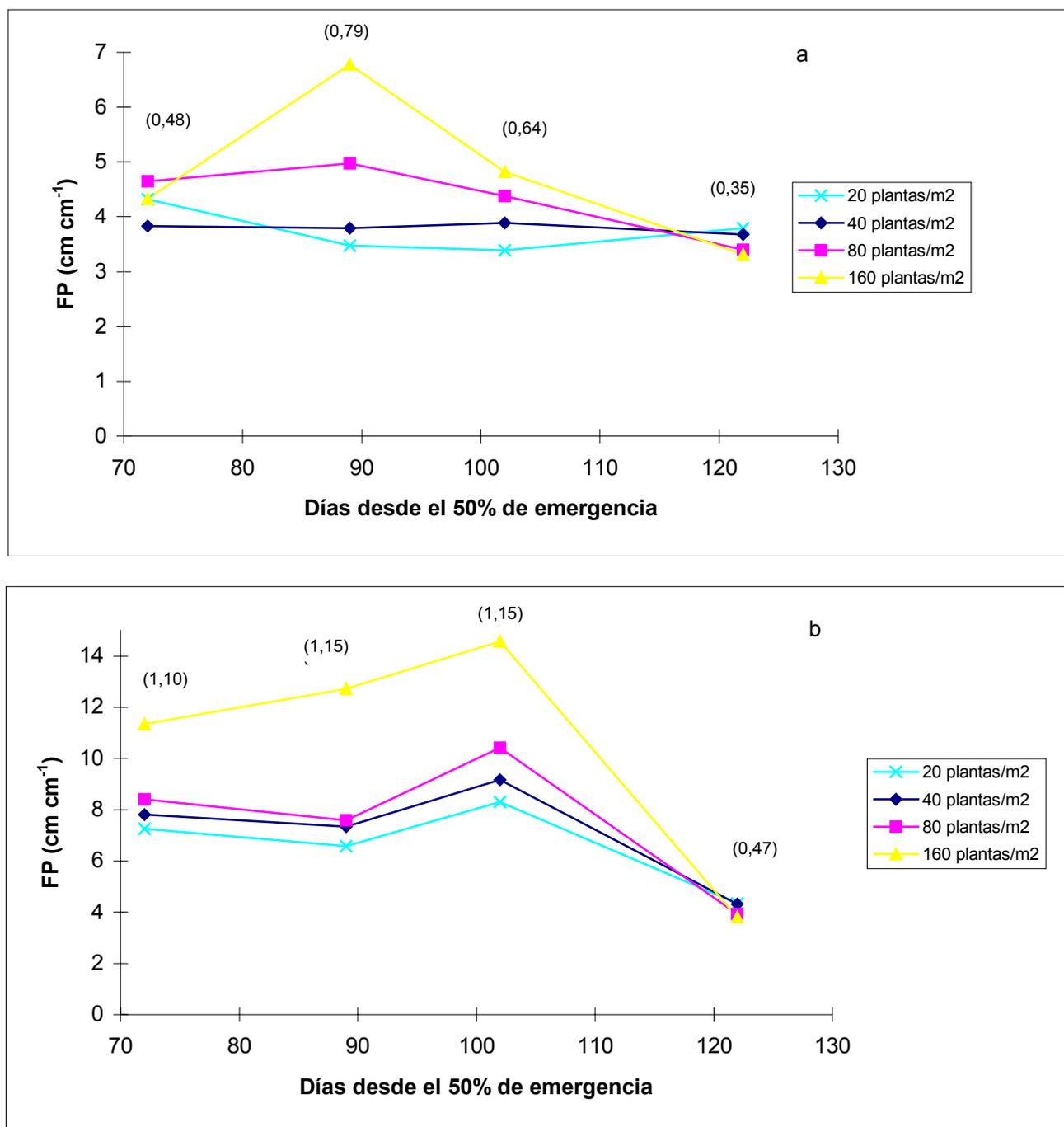


Figura 6.4. Evolución de la forma de la planta (FP) para distintas densidades, en condiciones de iluminación naturales (a) o de sombreado neutral (b). Los números entre paréntesis muestran el valor de la mínima diferencia significativa ($\alpha < 0,05$).

En el desarrollo foliar, en cuantificaciones de campo y laboratorio a lo largo del ciclo de cultivo (cuadro 6.6), se observa que el 23 de mayo se alcanzaría para todos los tratamientos y experimentos el mínimo de seis hojas verdaderas que ha sido citado (Brewster, 1985) como valor umbral para el inicio de la vernalización.

En los dos experimentos las diferencias significativas en número de hojas emergidas ligadas al factor densidad no se observan de forma continuada hasta mediados de junio, con una tendencia general a disminuir el número de hojas emergidas al incrementarse la densidad. En relación a la senescencia foliar, las diferencias se observan en condiciones de sombreamiento durante el mes de julio, con una tendencia a incrementarse el número de hojas secas al aumentar la densidad.

La disminución del número de hojas emergidas al avanzar el ciclo y al incrementarse la densidad coincide con las descripciones de Butt (1968) que observó una disminución de la tasa de iniciación foliar y emergencia al disminuir la intensidad luminosa. No obstante, en condiciones de iluminación naturales (cuadro 6.6), no se observa una disminución del número de hojas totales diferenciadas entre las densidades de 20 a 80 plantas m^{-2} de manera que la intensidad luminosa no sería limitante para la iniciación foliar en estas densidades (20,40 y 80 plantas m^{-2}) en las condiciones del experimento 6.1.1.

Cuadro 6.6. Desarrollo foliar. Valores medios del número de hojas totales diferenciadas (1) , del número de hojas totales emergidas (2) y del número de hojas secas (3) por planta a lo largo del ciclo de cultivo, en condiciones naturales y de sombreadamiento.

Radiación	Densidad (plantas/ m ²)	Fecha de observación en campo o muestreo ^(a)																					
		15.05.92 ⁺		23.05.92 ⁺		06.06.92 ⁺		14.06.92 ⁺		15.06.92		22.06.92 ⁺		02.07.92 ⁺									
		2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3								
Condiciones naturales	20	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	-	**	**	**	**							
(Experimento 6.1.1)	40	2,6	b	0	4,0	c	0,1	6,6	1,0	8,1	1,5	7,1	c	-	10,5	a	2,2	b	13,2	a	3,2	b	
	80	2,8	ab	0	4,3	b	0,1	6,8	1,1	8,2	1,3	8,1	a	-	10,5	a	2,1	b	13,0	a	3,5	a	
	160	3,1	a	0	4,6	a	0,2	7,1	1,0	8,4	1,4	7,4	bc	-	10,5	a	2,3	b	12,4	a	3,1	b	
		3,1	a	0	4,7	a	0,2	6,9	1,1	8,2	1,4	7,8	ab	-	9,8	b	2,6	a	11,5	b	3,2	b	
Sombreamiento		**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	-	**	ns	**	ns	**	ns				
(Experimento 6.1.2)	20	3,0	ab	0	4,2		0,2	6,1	1,0	6,9	a	1,3	6,2	-	8,6	a	2,1		10,4	a	3,0		
	40	3,2	a	0	4,3		0,2	5,8	1,0	6,9	a	1,1	6,1	-	8,5	ab	2,1		10,1	ab	2,9		
	80	2,8	b	0	4,1		0,1	5,8	1,0	6,6	b	1,2	6,3	-	8,1	bc	2,3		9,8	bc	3,3		
	160	3,2	a	0	4,4		0,3	5,8	1,0	6,4	b	1,1	5,9	-	7,8	c	2,4		9,4	c	3,5		

ns = no significativo

** = significativo a nivel 1%

(a) Las observaciones en los muestreos destructivos corresponden a una media de veinticuatro plantas. Las observaciones en campo (+) corresponden a una media de treinta y seis plantas. Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan ($\alpha < 0,05$).

Cuadro 6.6 (continuación). Desarrollo foliar. Valores medios del número de hojas totales diferenciadas (1) , del número de hojas totales emergidas (2) y del número de hojas secas (3) por planta a lo largo del ciclo de cultivo, en condiciones naturales y de sombreado.

Radiación	Densidad (pl/m ²)	Fecha de observación en campo o muestreo ^(a)														
		02.07.92		09.07.92 ⁺		15.07.92 ⁺		15.07.92		21.07.92 ⁺		28.07.92 ⁺		04.08.92		
		2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	2	3
Condiciones naturales	20	ns	*	**	ns	**	ns	**	ns	**	ns	**	ns	**	**	ns
(Experimento 6.1.1)	40	13,0	4,0 a	15,2 a	4,0	15,9ab	5,0	16,8a	5,3	18,2a	6,1	19,6 a	6,9	26,1 a	18,3 a	6,3
	80	14,1	3,1 b	15,0 a	3,9	16,2a	5,1	15,7ab	5,4	17,1ab	5,9	18,2 b	6,8	26,1 a	18,1 a	7,2
	160	13,2	3,7 a	14,4 a	4,4	15,1b	5,4	14,4bc	5,2	16,3b	6,2	17,2 b	7,2	26,3 a	17,0 a	7,6
		11,9	3,7 a	12,4 b	3,9	13,6c	5,1	13,7c	5,0	13,8c	5,9	14,3 c	6,7	23,3 b	14,6 b	7,5
Sombreado		**	ns	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	ns	**	**
(Experimento 6.1.2)	20	9,8ab	3,4	12,2 a	3,8 b	13,5 a	4,8bc	11,3	4,7c	14,9 a	5,5 b	16,7 a	7,1b	25,6	18,0 a	8,0 a
	40	10,3a	3,3	11,6 b	3,8 b	12,8 b	4,5c	12,2	4,9bc	14,0 b	5,9 b	15,6 b	7,2ab	24,0	16,2 b	8,2 a
	80	9,2b	3,6	11,1 b	4,1 b	12,3 b	5,1ab	12,1	5,3b	13,5 b	6,0 b	14,9 b	7,0b	22,7	14,4 c	6,3 b
	160	8,0c	3,4	10,4 c	4,6 a	11,2 c	5,3a	11,9	6,0a	12,3 c	6,7 a	13,1 c	7,7a	19,4	13,6 c	8,7 a

ns = no significativo

* = significativo a nivel 5%

** = significativo a nivel 1%

(a) Las observaciones en los muestreos destructivos corresponden a una media de veinticuatro plantas. Las observaciones en campo (+) corresponden a una media de treinta y seis plantas. Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan ($\alpha < 0,05$).

En el desarrollo foliar se ha observado que existían numerosas hojas que se desarrollaban a partir de yemas axilares (axilares primarias), que a su vez podían presentar otras yemas axilares (axilares secundarias).

El número medio de hojas axilares en cada muestreo se presenta en el cuadro 6.7. En condiciones naturales, éstas se incrementan en número y orden al disminuir la densidad, por lo que, al disminuir la competencia entre plantas el crecimiento del bulbo se potencia en base a la producción de nuevas hojas axilares.

En condiciones de sombreamiento, al ser limitante para el crecimiento la radiación interceptada, se limita el desarrollo de hojas axilares.

Cuadro 6.7. Número medio por planta ⁽¹⁾ de yemas axilares primarias (AP), secundarias (AS) y terciarias (AT) con hojas desarrolladas.

Radiación	Densidad (plantas/ m ²)	Fecha de muestreo								
		02.07.92			15.07.92			04.08.92		
		AP	AS	AT	AP	AS	AT	AP	AS	AT
Condiciones naturales		*	ns	ns	*	**	ns	**	*	*
	20	1,4 ab	0,1	0,0	3,4 a	2,6 a	0,2	3,6 a	2,9 a	0,9 a
(Experimento 6.1.1)	40	1,4 ab	0,2	0,0	2,2 bc	1,6 ab	0,4	3,5 a	2,6 a	0,4 ab
	80	1,8 a	0,9	0,3	2,9 ab	2,6 a	0,1	2,5 b	1,8 ab	0,1 b
	160	0,9 b	0,2	0,2	1,7 c	0,8 b	0,0	1,4 c	1,0 b	0,0 b
Sombreamiento		-	-	-	-	-	-	ns	ns	ns
	20	-	-	-	-	-	-	1,3	0,9	0,2
(Experimento 6.1.2)	40	-	-	-	-	-	-	0,6	0,2	0,0
	80	-	-	-	-	-	-	1,3	0,3	0,0
	160	-	-	-	-	-	-	0,4	0,0	0,0

ns = no significativo

* = significativo a nivel 5%

** = significativo a nivel 1%

(1) Las observaciones en los muestreos destructivos corresponden a una media de veinticuatro plantas aunque en algunas parcelas no se pudieron diseccionar todas las plantas. Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan ($\alpha < 0,05$).

La evolución del área foliar por planta (cuadro 6.8) corrobora las diferencias en peso seco foliar (cuadro 6.5). En condiciones naturales, al incrementarse la densidad, se produce un decaimiento más rápido del área foliar al acercarse la madurez (cuadro 6.8 y cuadro 6.11). En condiciones de sombreamiento no se observa esta tendencia, quizá por su limitada área foliar.

Cuadro 6.8. Valores medios del área foliar⁽¹⁾ (cm²/planta) en relación al factor densidad y distintas condiciones de iluminación (condiciones naturales y sombreamiento neutral).

Radiación	Densidad (plantas/ m ²)	Fecha de muestreo							
		15.06.92		02.07.92		15.07.92		04.08.92	
Condiciones naturales		**		**		**		**	
	20	243,5	b	1134,7	a	2338,9	a	2208,1	a
(Experimento 6.1.1)	40	378,8	a b	1247,9	a	1841,6	b	1371,1	b
	80	314,5	a	1253,0	a	1717,4	b	1009,1	c
	160	376,3	a	797,8	b	1260,8	c	554,8	d
Sombreamiento		ns		**		**		**	
	20	180,8		527,0	a	579,7	b c	1176,6	a
(Experimento 6.1.2)	40	173,2		572,9	a	775,5	a	919,3	b
	80	172,9		377,6	b	713,0	a b	715,8	b
	160	161,2		236,1	c	450,4	c	230,7	c

ns = no significativo

** = significativo a nivel 1%

(1) Medias de tres repeticiones con ocho plantas en cada repetición. Valores medios con distinta letra son estadísticamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan ($\alpha < 0,05$).

Los valores máximos de IAF (figura 6.5), en condiciones de iluminación normales, oscilan entre 2,3 y 10,1 (cm² cm⁻²) en el intervalo de densidades ensayadas, reduciéndose en condiciones de sombreado hasta valores comprendidos entre 1,2 y 3,6 (cm² cm⁻²) en el mismo intervalo de densidades. El índice foliar máximo en condiciones de sombreado correspondiente a la densidad de 160 plants m⁻² equivale al IAF máximo de la densidad de 40 plantas m⁻² en condiciones de iluminación naturales.

La figura 6.6 ilustra la reducción del área foliar específica. Bajo iluminación natural, no existe una tendencia clara para las distintas densidades dada la oscilación de los valores. En condiciones de sombreado neutral, aunque AFE disminuye al avanzar el ciclo, el alargamiento de las hojas previo a la bulbificación (102 días hasta el 50 % de emergencia) coincide con el alargamiento de la planta (figura 6.4), la cual responde a la reducción de luz con hojas más delgadas, de mayor área foliar específica.

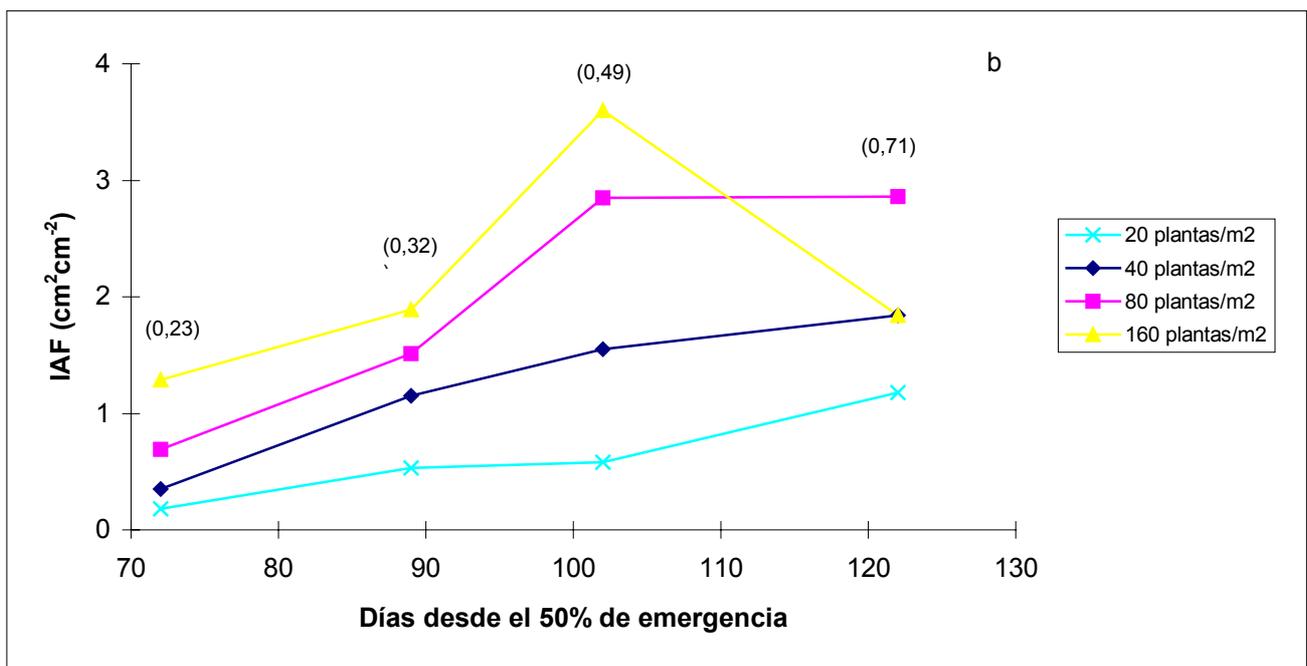
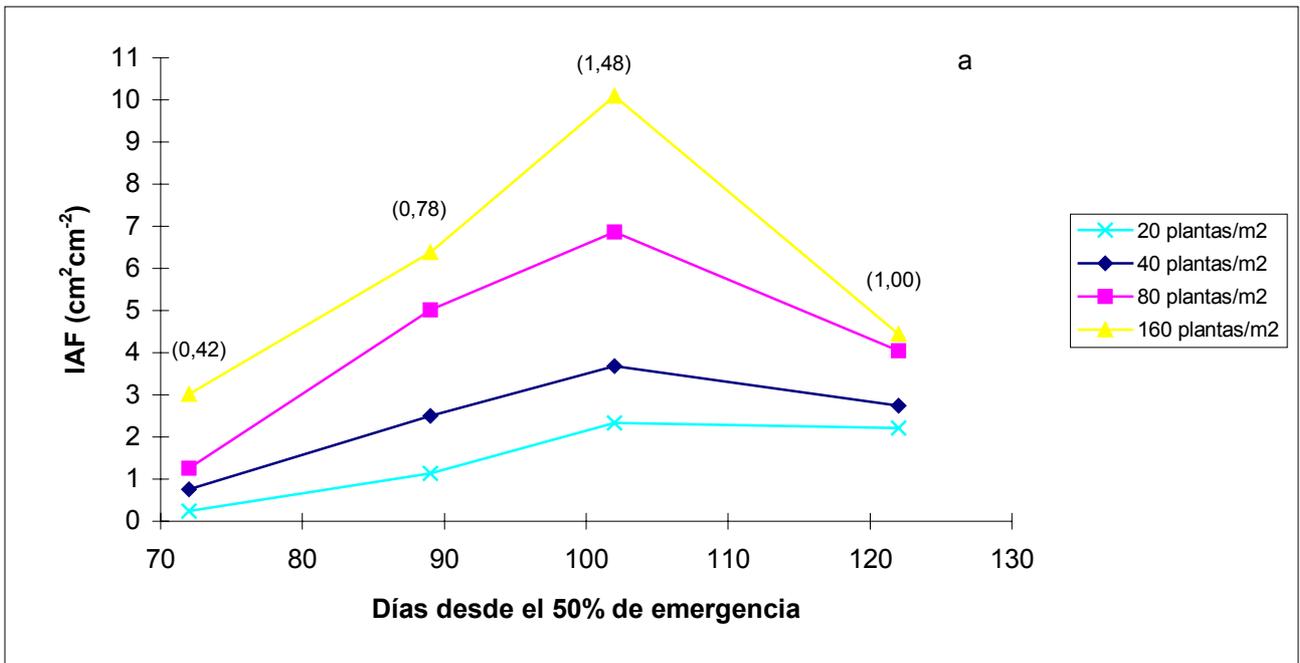


Figura 6.5. Evolución del índice de área foliar (IAF) para las distintas densidades, a lo largo del ciclo del cultivo y condiciones de iluminación normales (a) o de sombreado neutral (b). Se considera únicamente el área de una cara de las hojas. Los números entre paréntesis muestran el valor de la mínima diferencia significativa ($\alpha < 0,05$).

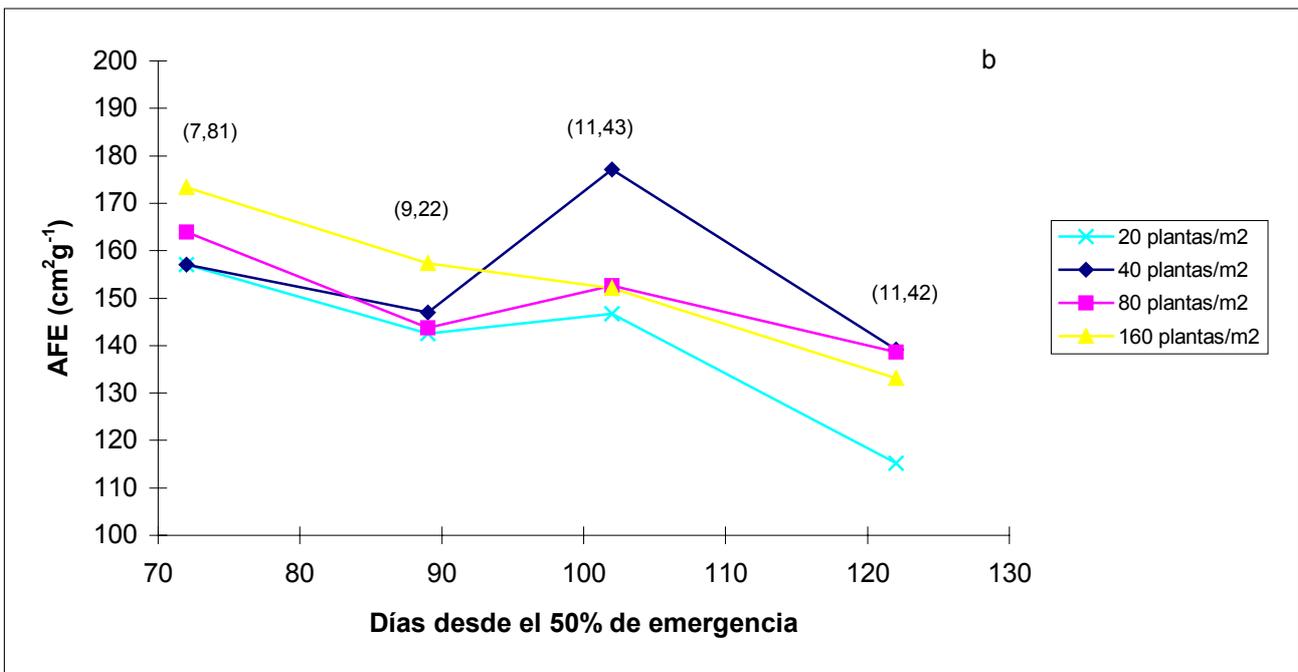
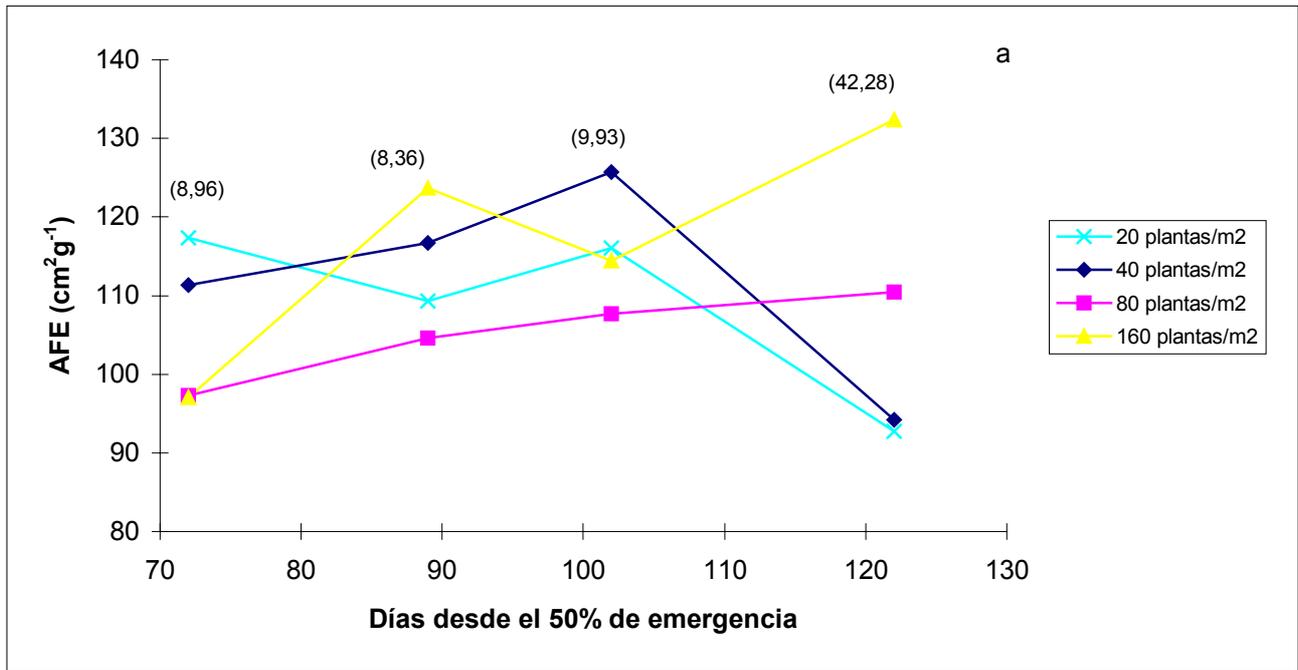


Figura 6.6. Evolución del área foliar específica (AFE), a lo largo del ciclo de cultivo, para el factor densidad, en condiciones de iluminación naturales (a) o de sombreamiento neutral (b). Los números entre paréntesis muestran el valor de la mínima diferencia significativa ($\alpha < 0,05$).

El inicio de la bulbificación en base a la relación de bulbificación (figura 6.7) se produciría en condiciones de iluminación naturales y para las densidades de 80 y 160 plantas m^{-2} alrededor de 80 días desde el 50 % de emergencia (23-24 de junio) y para 20 y 40 plantas m^{-2} el 5-6 de julio, aproximadamente.

En condiciones de sombreamiento los cultivares iniciarían la bulbificación sobre el 17-19 de julio.

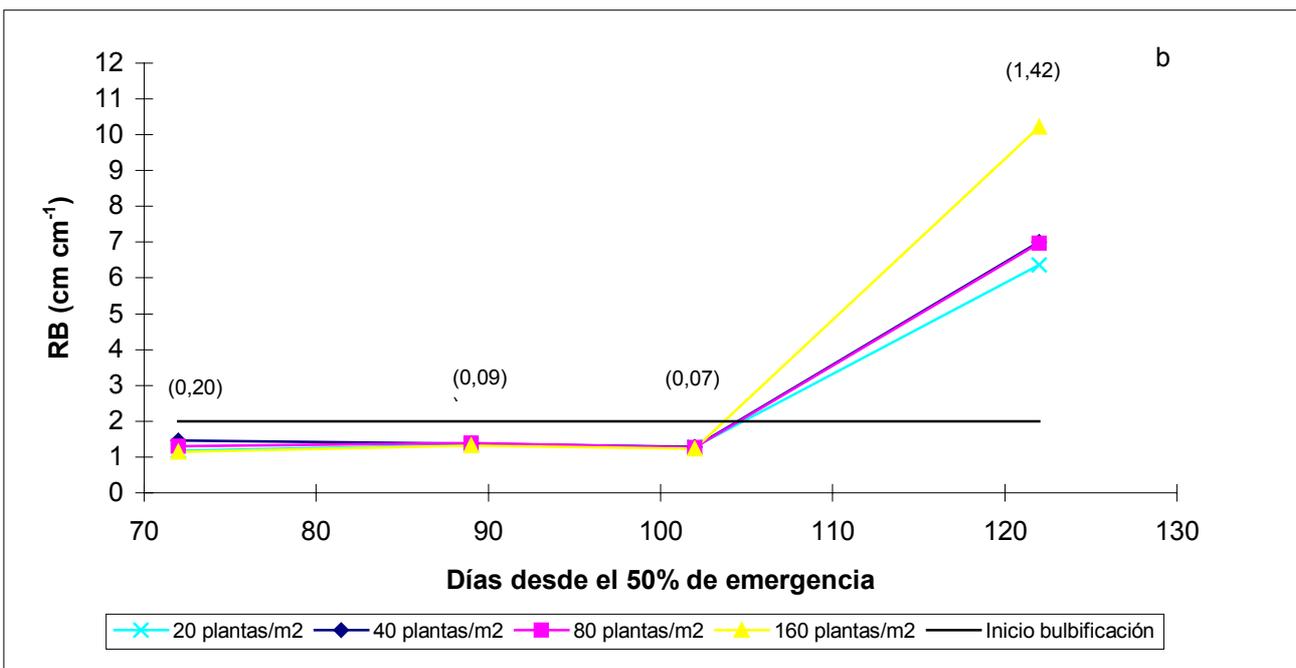
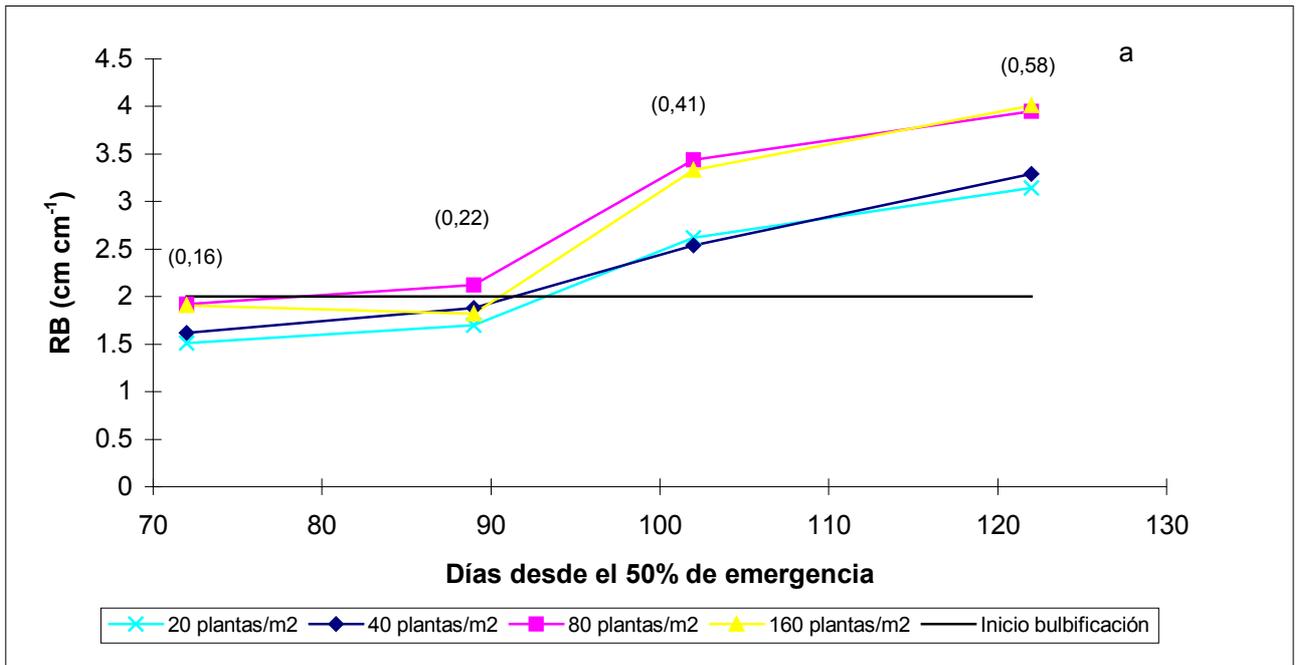


Figura 6.7. Efecto de la densidad de plantas en la relación de bulbificación (RB), en condiciones de iluminación naturales (a) o de sombreado neutral (b). Los números entre paréntesis muestran el valor de la mínima diferencia significativa ($\alpha < 0,05$).

En base al fraccionamiento de la biomasa aérea (figura 6.8) en condiciones de iluminación naturales, el inicio de la bulbificación para 80 y 160 plantas m^{-2} se produciría sobre el 16 de julio y para las otras densidades sobre el 21-22 de julio. Bajo sombreado se retrasa el inicio de la bulbificación según el valor doptado de este parámetro (fba) hasta el último muestreo de 4 de agosto.

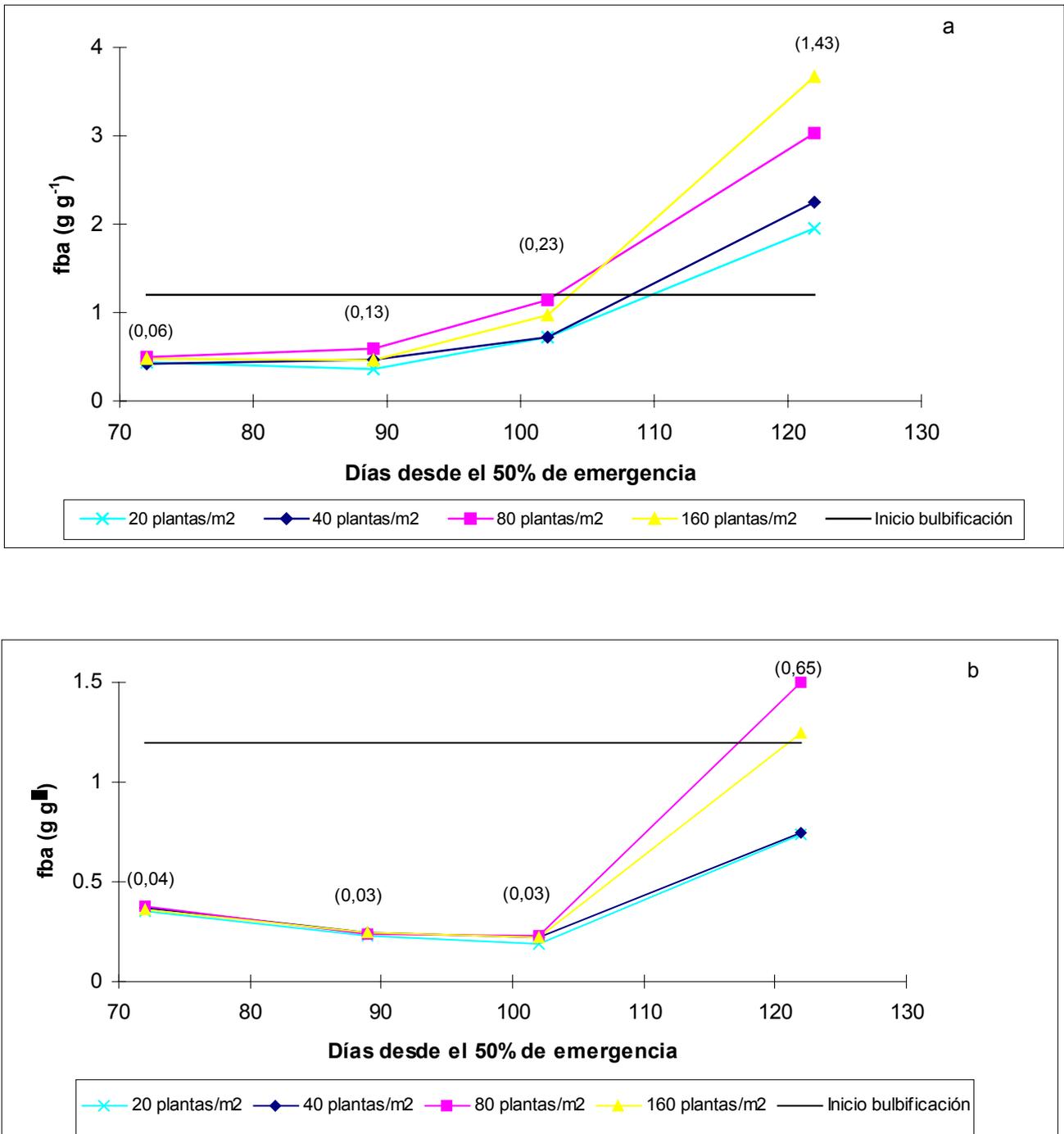


Figura 6.8. Efecto de la densidad de plantas en el fraccionamiento de la biomasa aérea (fba) en condiciones de iluminación naturales (a) o de sombreado neutral (b). Los números entre paréntesis muestran el valor de la mínima diferencia significativa ($\alpha < 0,05$).

La relación foliar (figura 6.9) calculada para condiciones de iluminación naturales indica que las plantas correspondientes a las densidades de 80 y 160 plantas m^{-2} inician el proceso de bulbificación entre 1-2 de julio mientras que las de las densidades de 20- 40 plantas m^{-2} lo inician sobre el 13 de julio.

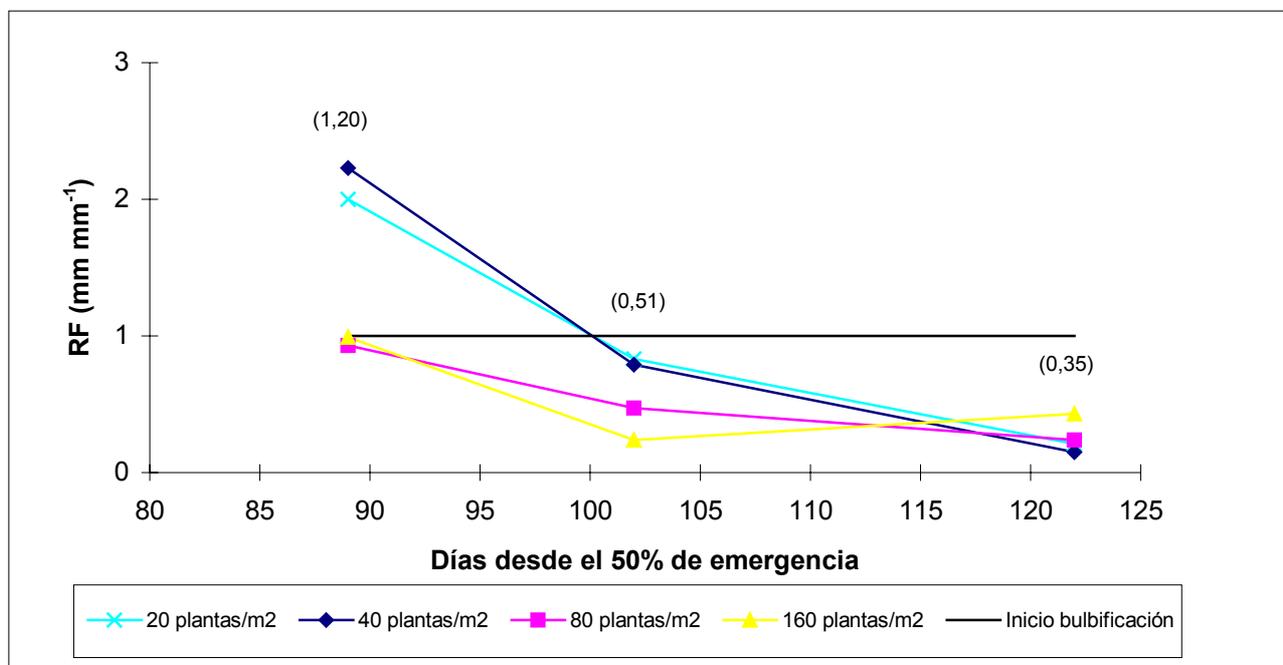


Figura 6.9. Efecto de la densidad de plantas en la relación foliar (RF) en condiciones de iluminación naturales. Los números entre paréntesis muestran el valor de la mínima diferencia significativa ($\alpha < 0,05$).

Bajo el ambiente radiativo natural, los valores de la relación de bulbificación y de la relación foliar coinciden en señalar una diferencia de doce días en el inicio de la bulbificación entre las densidades de 20-40 plantas m^{-2} y de 80-160 plantas m^{-2} , diferencia que se reduce a 6 días en base a los valores del fraccionamiento de la biomasa aérea.

El inicio de la bulbificación según la relación foliar se produce tras las fechas señaladas por RB, ello es debido al engrosamiento de las vainas envolventes antes de la disminución del alargamiento del limbo en relación a la vaina de las nuevas hojas diferenciadas.

El valor adoptado del índice fba como indicador del inicio de la bulbificación no coincide con los evidentes cambios en el diámetro del bulbo, de manera que las fechas de inicio de bulbificación según este índice serían posteriores al inicio real del proceso.

La disminución de la intensidad de energía radiante retrasa el inicio de la bulbificación en todas las densidades.

La diferencia entre el número máximo de hojas diferenciadas y la hoja donde se ha medido la relación foliar se presenta en el cuadro 6.9. En recolección se indica el número de la hoja que primero bulbifica así como el porcentaje de mediciones en que la hoja que inicia el proceso de bulbificación proviene de la yema axilar.

En el experimento 6.1.1 considerando en recolección el número de hojas totales diferenciadas (cuadro 6.6) y la diferencia en número de hojas respecto a la hoja en que primero se observa el proceso de bulbificación (cuadro 6.9) que es como media diez hojas, sería la hoja décimosexta la que iniciaría el proceso de bulbificación en las densidades de 20, 40 y 80 plantas m⁻² y la décimotercera hoja en la densidad de 160 plantas m⁻².

Cuadro 6.9. Diferencia⁽¹⁾ entre el número máximo de hojas diferenciadas (NHT) y número de hojas diferenciadas después de la hoja en donde se mide la relación foliar (HRF). Porcentaje⁽²⁾ en que la HRF proviene de una yema axilar (A).

Radiación	Densidad (plantas/ m ²)	Fecha de muestreo							
		02.07.92		15.07.92		04.08.92			
		NHT-HRF	A(%)	NHT-HRF	A(%)	NHT-HRF	A(%)		
Condiciones naturales		ns		*		ns	**		
(Experimento 6.1.1)	20	5,0	-----	7,2	ab	-----	11,1	61,7 (51,75)	ab
	40	4,0	-----	6,7	b	-----	10,6	73,2 (59,45)	a
	80	5,1	-----	8,3	a	-----	9,6	42,9 (40,77)	bc
	160	4,0	-----	8,5	a	-----	9,8	25,0 (29,49)	c
Sombreamiento							ns	ns	
(Experimento 6.1.2)	20	-----	-----	-----	-----	-----	6,4	21,4 (22,40)	
	40	-----	-----	-----	-----	-----	5,6	31,0 (28,63)	
	80	-----	-----	-----	-----	-----	6,5	42,5 (40,66)	
	160	-----	-----	-----	-----	-----	7,5	-----	

ns = no significativo

* = significativo a nivel 5%

** = significativo a nivel 1%

(1) Las observaciones en los muestreos destructivos corresponden a una media de veinticuatro plantas aunque en algunas parcelas no se pudieron diseccionar todas las plantas. Medias con letras diferentes corresponden a valores significativamente distintos según el test de rango múltiple deDuncan ($\alpha < 0,05$).

(2) Los números entre paréntesis corresponden a los valores de la transformación angular o arcoseno.

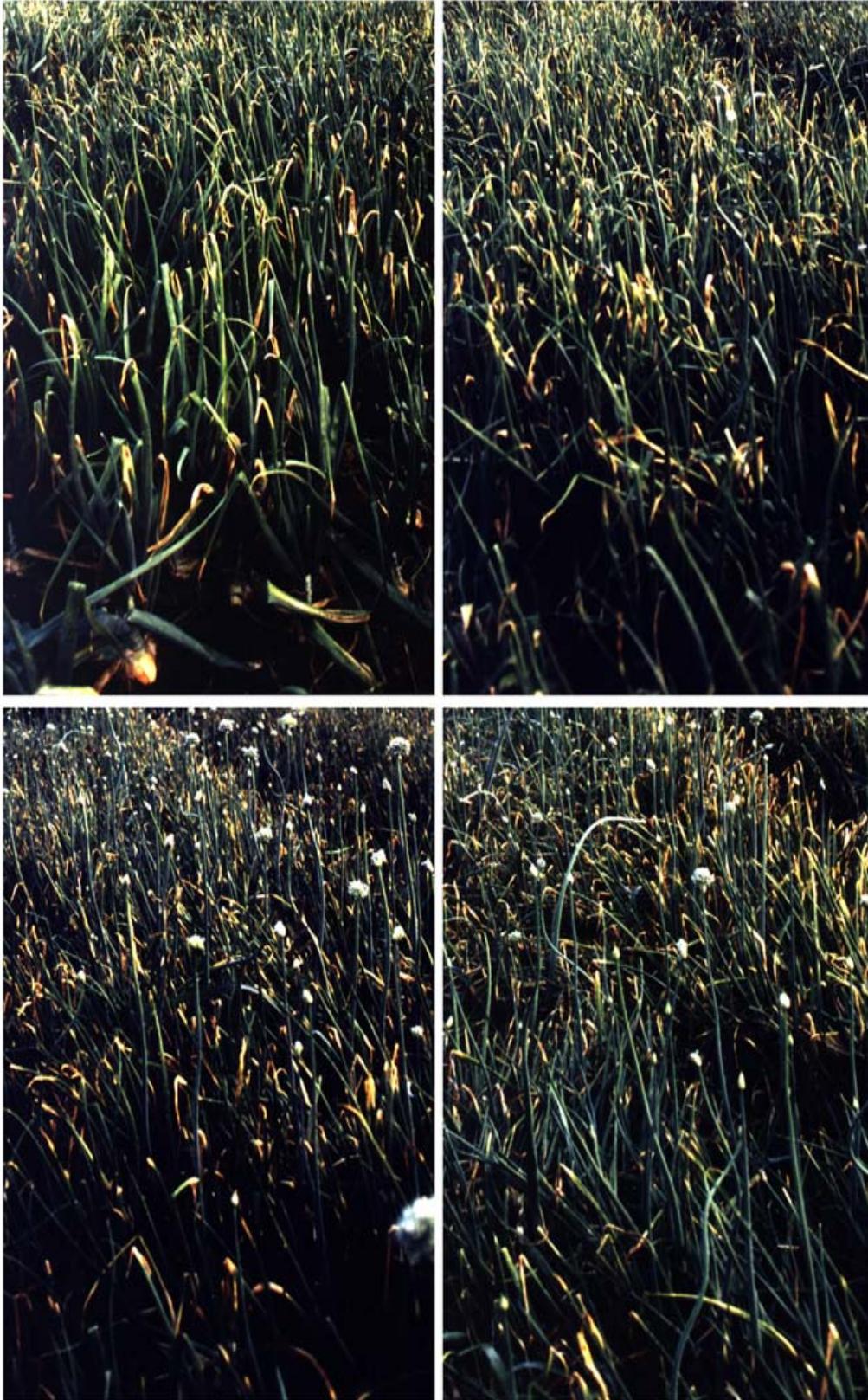
Cabe destacar que en condiciones de campo al aire libre, si disminuye el sombreado de unas plantas respecto a otras, no únicamente se incrementa el número de yemas axilares con hojas desarrolladas sino que la bulbificación tiende a iniciarse en hojas provenientes de yemas axilares.

El cuadro 6.10 muestra que en condiciones radiativas normales, al incrementarse la densidad de plantas, se incrementa el porcentaje de flores visibles a recolección (fotografía 6.9). También se produce este incremento en el número de flores observadas al disectar el bulbo. En condiciones de sombreado, al disectar no se observan diferencias, aunque sí en número de flores visibles en la densidad más alta (160 plantas m⁻²) respecto a 80 y 40 plantas m⁻², por lo que estas diferencias se hallarían asociadas a una limitación del crecimiento de la flor a altas densidades. En base a las observaciones del número de hojas en disección, la inflorescencia aparecería entre la posición correspondiente a las hojas número dieciocho-veinte para todas las densidades. No se puede afirmar que en condiciones de sombreado se modifique la posición de la localización de la flor.

Al comparar en primer lugar la diferencia entre el número máximo de hojas diferenciadas (NHT) y la localización de la hoja que primero inicia la bulbificación y en segundo lugar la diferencia entre NHT y la localización de la inflorescencia, conjuntamente con las fechas de inicio de bulbificación según la relación foliar, se observa que la aparición de la inflorescencia es posterior al inicio de la bulbificación en la densidad de 20 plantas m⁻². En las otras densidades aunque la aparición de las primeras inflorescencias podría coincidir con el inicio de la bulbificación, las inflorescencias diferenciadas no son visibles hasta avanzado el proceso de bulbificación. No se observa ninguna inflorescencia hasta que se superan las 12 hojas diferenciadas.

En condiciones de reducción (45,5 %) de la radiación incidente, la variable densidad no modifica la fecha en que se alcanza la madurez. En campo y al aire libre maduran antes las plantas establecidas a mayor densidad. La madurez en densidad de 160 plantas m⁻² se alcanza el 24 de julio. En un período de una semana se produce la madurez gradual de las distintas densidades (cuadro 6.11).

Considerando las fechas de inicio de bulbificación y madurez, la duración del crecimiento del bulbo en plantas establecidas a una densidad de 20 plantas m⁻² es en una semana superior a la densidad más elevada de 160 plantas m⁻².



Fotografía 6.9. Inflorescencias visibles en campo. La densidad se incrementa de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo en el orden 20, 40, 80 y 160 plantas m⁻².

Cuadro 6.10. Porcentaje de plantas con inflorescencias visibles al disectar el bulbo (8 bulbos disectados en cada repetición) en condiciones naturales (experimento 6.1.1) o con sombreadamiento neutral (experimento 6.1.2), en relación a la densidad. Número medio de hojas formadas entre la inflorescencia y el número máximo de hojas diferenciadas. En recolección (04.08.92), porcentaje de plantas con inflorescencias visibles (100 bulbos observados en cada repetición) y número medio de hojas formadas hasta la inflorescencia.

Condiciones de radiación	Densidad (plantas/m ²)	Flores visibles al disectar (%) ⁽¹⁾				Flores visibles (%) ⁽¹⁾			(Número máximo hojas - Numero de hoja en la inflorescencia) ⁽²⁾			Número medio de hojas formadas hasta la inflorescencia ⁽²⁾		Número total de hojas formadas	
		Fecha de muestreo				Fecha muestreo 04.08.92	Fecha de muestreo			Fecha muestreo		Fecha muestreo 04.08.92	Fecha muestreo 04.08.92		
		02.07.92	15.07.92	04.08.92			02.07.92	15.07.92	04.08.92	04.08.92					
Naturales (Experimento 6.1.1)		*				**									
	20	0	0	8 (13,80)	c	5 (11,78)	b	-	-	7 (1)	24 (1)	26 ± 3 (17)			
	40	0	17	18 (24,41)	b	14 (21,99)	b	-	6 (1)	6 ± 5 (4)	19 ± 7 (4)	26 ± 3 (21)			
	80	47	39	41 (39,73)	b	34 (37,14)	a	3 ± 1 (9)	8 ± 2 (8)	8 ± 1 (6)	18 ± 3 (6)	26 ± 2 (17)			
	160	44	50	75 (60,51)	a	56 (48,34)	a	2 ± 1 (8)	6 ± 2 (12)	8 ± 1 (14)	17 ± 2 (17)	25 ± 2 (20)			
Sombreamiento (Experimento 6.1.2)		ns				*									
	20	0	-	17 (24,40)		10 (18,29)	a	-	-	6 ± 1 (5)	18 ± 2 (5)	26 ± 2 (11)			
	40	0	-	50 (45,00)		14 (22,23)	a	-	-	5 ± 1 (7)	20 ± 1 (7)	24 ± 1 (11)			
	80	-	33	43 (41,20)		14 (22,18)	a	-	-	6 ± 1 (5)	17 ± 3 (7)	23 ± 2 (12)			
	160	-	30	54 (47,10)		6 (14,14)	b	-	-	-	19 ± 5 (9)	-			

ns = no significativo

* = significativo a nivel 5%

** = significativo a nivel 1%

(1) El porcentaje de flores sólo se ha analizado en recolección, los valores entre paréntesis corresponden a los valores de la transformación angular o arcoseno. Los valores medios con la misma letra no son significativamente distintos según el test de rango múltiple de Duncan ($\alpha < 0,05$).

(2) Los valores entre paréntesis corresponden al número de plantas de las que se disponía de la información.

Cuadro 6.11. Porcentaje de plantas maduras⁽¹⁾ en las distintas fechas de observación en relación al factor densidad.

Radiación	Densidad (plantas/m ²)	Fecha de observación					
		15.07.92	21.07.92	24.07.92	28.07.92	31.07.92	04.08.92
Condiciones naturales		ns	*	**	**	ns	ns
(Experimento 6.1.1)	20	0,00 (0,00)	0,00 (0,00) b	22,50 (27,28) b	39,90 (39,12) c	68,40 (57,05)	88,64 (74,15)
	40	0,00 (0,00)	0,00 (0,00) b	24,00 (23,23) b	64,90 (54,06) b	79,50 (63,66)	88,38 (73,55)
	80	0,00 (0,00)	11,10 (11,75) b	42,60 (40,69) b	77,78 (66,69) ab	85,20 (76,06)	100,00 (90,00)
	160	8,33 (10,00)	43,80 (41,40) a	80,10 (68,04) a	92,13 (76,61) a	95,80 (83,10)	95,83 (83,10)
Sombreamiento		ns	*	ns	ns	ns	ns
(Experimento 6.1.2)	20	0,00 (0,00)	0,00 (0,00) b	14,10 (19,34)	28,80 (31,75)	56,10 (49,18)	75,13 (62,95)
	40	1,39 (2,80)	1,39 (2,80) b	13,40 (14,41)	37,20 (34,25)	60,61 (51,84)	83,41 (68,37)
	80	0,00 (0,00)	8,33 (9,89) ab	25,70 (27,43)	55,80 (50,59)	79,80 (68,20)	84,79 (71,57)
	160	7,20 (9,21)	24,92 (24,90) a	47,20 (43,23)	68,00 (59,05)	80,40 (68,99)	92,78 (78,90)

ns = no significativo

* = significativo a nivel 5%

** = significativo a nivel 1%

(1) Media del porcentaje sobre doce plantas observadas en cada parcela elemental. Medias con letras diferentes corresponden a valores significativamente distintos según el test de rango múltiple de Duncan ($\alpha < 0,05$). Los valores entre paréntesis corresponden a los valores de la transformación angular o arcoseno.

En recolección (cuadro 6.12) la materia seca en bulbo no se ve afectada por ninguno de los tratamientos .

Cuadro 6.12. Producciones y características del bulbo en recolección (04.08.92) bajo condiciones naturales y bajo sombreado⁽¹⁾.

Variable	Densidad (plantas/m ²)	Condiciones naturales		Sombreamiento	
Peso fresco del bulbo		**		**	
(g planta⁻¹)	20	310,3	a	44,8	a
	40	250,1	b	42,6	a
	80	209,7	c	34,4	b
	160	124,4	d	18,8	c
Materia seca en bulbo		ns		ns	
(%)	20	8,4	a	8,9	a
	40	9,1	a	9,1	a
	80	8,4	a	9,3	a
	160	8,6	a	8,9	a
Diámetro del bulbo		**		**	
(cm)	20	9,0	a	4,1	a
	40	8,2	b	4,1	a
	80	7,7	c	3,8	b
	160	6,3	d	3,0	c
Forma del bulbo		**		**	
(cm cm⁻¹)	20	0,82	d	1,29	b
	40	0,86	c	1,25	b
	80	0,95	b	1,19	c
	160	1,04	a	1,41	a

ns = no significativo

* = significativo a nivel 5%

** = significativo a nivel 1%

(1) Medias con letras distintas son significativamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan ($\alpha < 0,05$). Valores medios de tres repeticiones con 100 bulbos en cada repetición en condiciones naturales y de 80 bulbos en condiciones de sombreado. La materia seca corresponde a la media de 15 bulbos en cada repetición.

En condiciones naturales, como bajo sombreado, el peso fresco del bulbo y su diámetro disminuyen al incrementarse la densidad, a la vez que el bulbo presenta una forma más alargada.

En condiciones naturales estas diferencias se observan más gradualmente entre densidades que bajo sombreado en donde existe un salto en los valores de los parámetros estudiados en recolección entre 20-40 plantas m⁻² y 80-160 plantas m⁻².