

75703

SALUSSO, FABRICIO ALEJANDRO

Calidad de plantas y producción en monte bravo o campo en cultivos de hortalizas - var. 1:

2016

75703



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Tesis para acceder al título de Magíster en Ciencias Agropecuarias

**CALIDAD DE PLANTINES Y PROTECCIÓN CON MANTA
TÉRMICA A CAMPO EN CULTIVO DE LECHUGA. UNA
EXPERIMENTACIÓN ADAPTATIVA EN EL CINTURÓN
HORTÍCOLA DE RÍO CUARTO**

Ing. Agr. Fabricio Alejandro Salusso

DIRECTOR: Ing. Agr. M. Sc. José Omar Plevich
CO-DIRECTOR: Ing. Agr. M. Sc. Liliana Elida Grosso

Río Cuarto, Noviembre 2016

73703

NFH:
Clasif:
T-1092

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

DEFENSA ORAL Y PÚBLICA

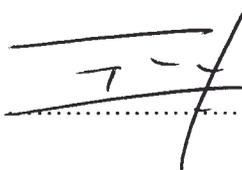
Título del Trabajo Final: “Calidad de plantines y protección con manta térmica a campo en cultivo de lechuga. Una experimentación adaptativa en el cinturón hortícola de Río Cuarto”

Ing. Agr. Fabricio Alejandro Salusso

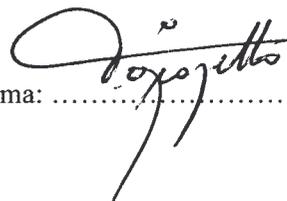
Director: Ing. Agr. M. Sc. José Omar Plevich

Co - Director: Ing. Agr. M. Sc. Liliana Elida Grosso

JURADO EVALUADOR:

Firma: 

Aclaración: Elizabeth M. Fernandez.

Firma: 

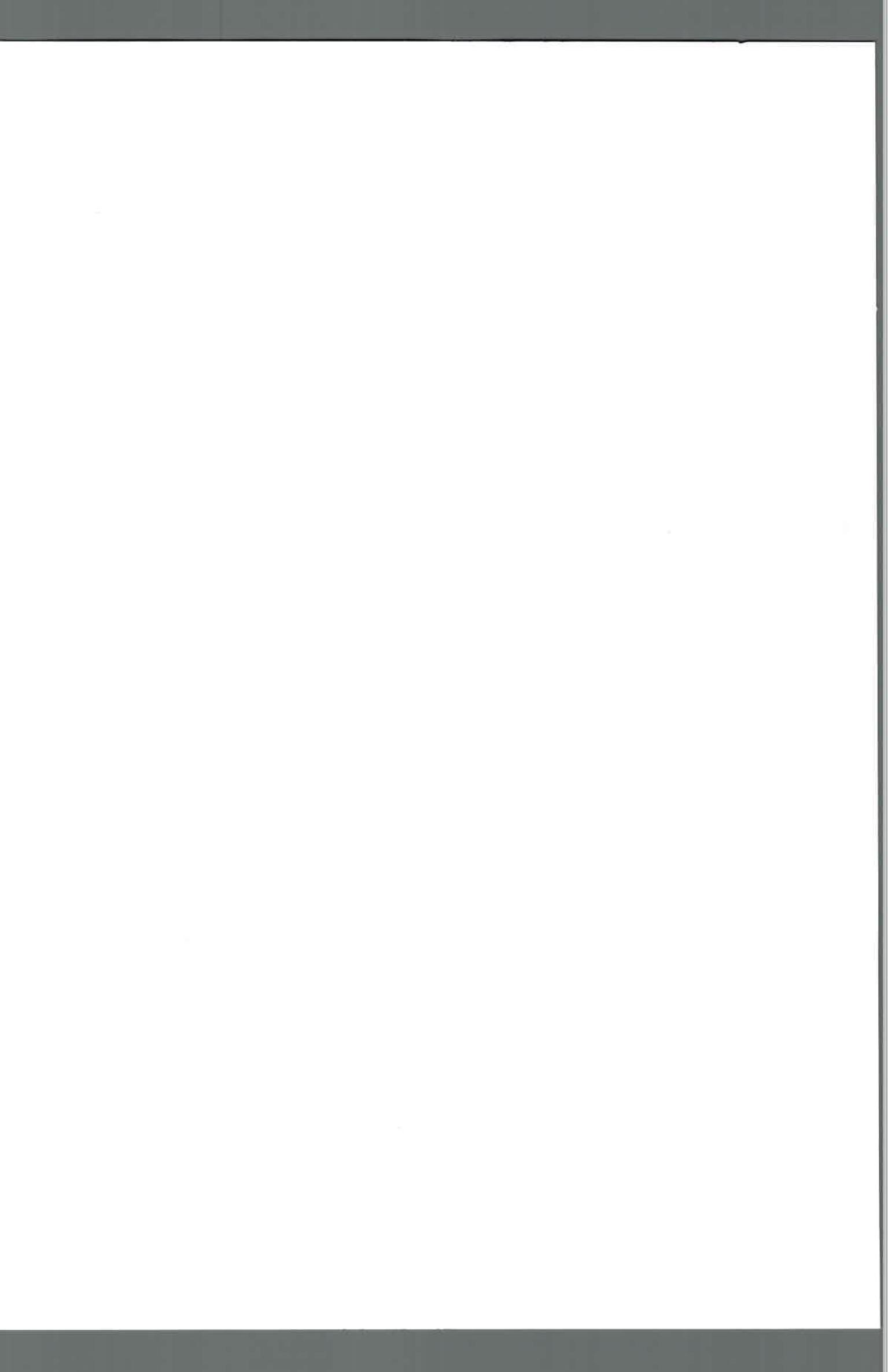
Aclaración: Oscar Grayetto

Firma:

Aclaración: Carlos A. Bouzo

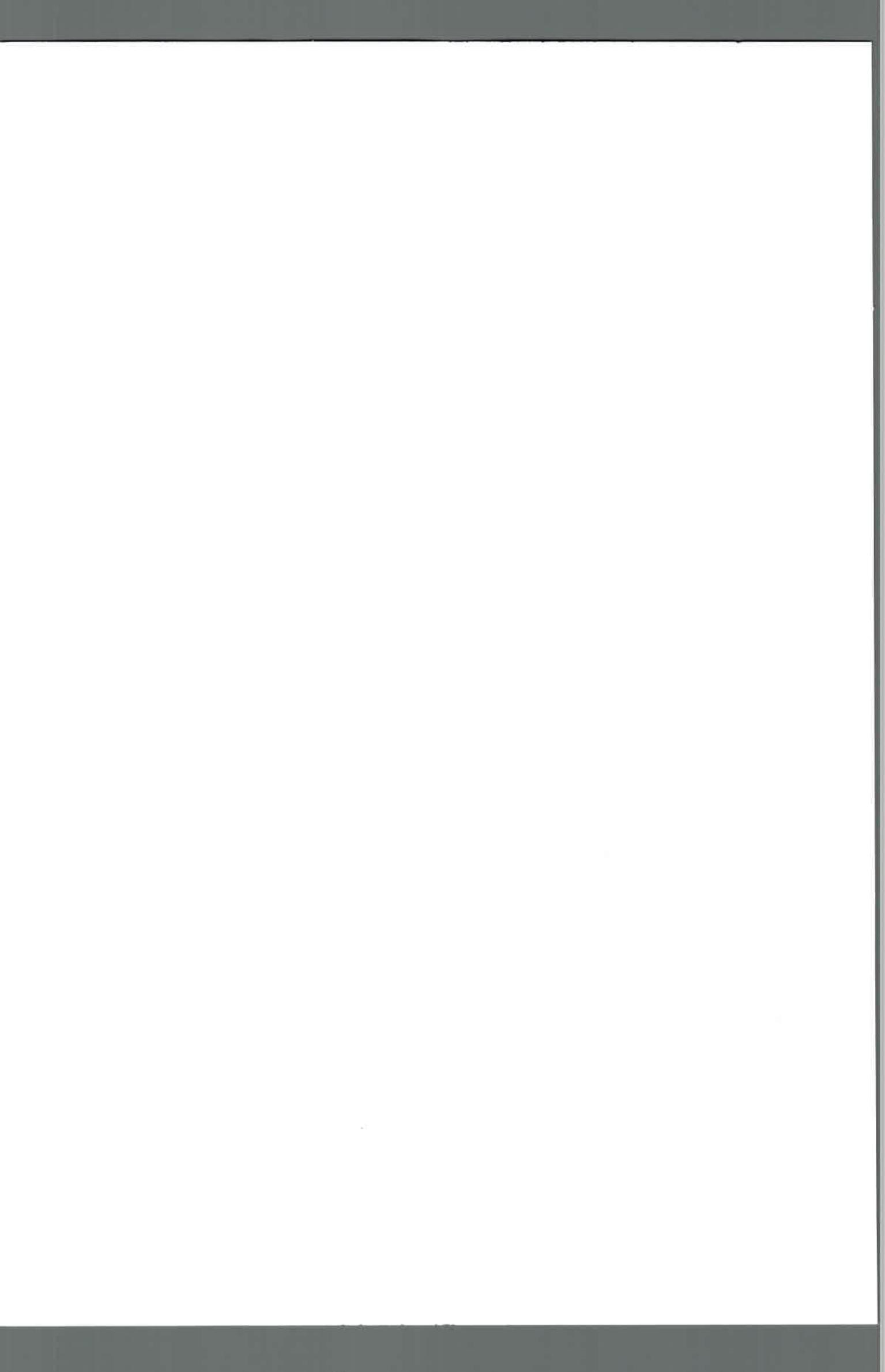
Lugar y Fecha: Río Cuarto, 05 de diciembre de 2016

Calificación: Sobresaliente (10) Dize



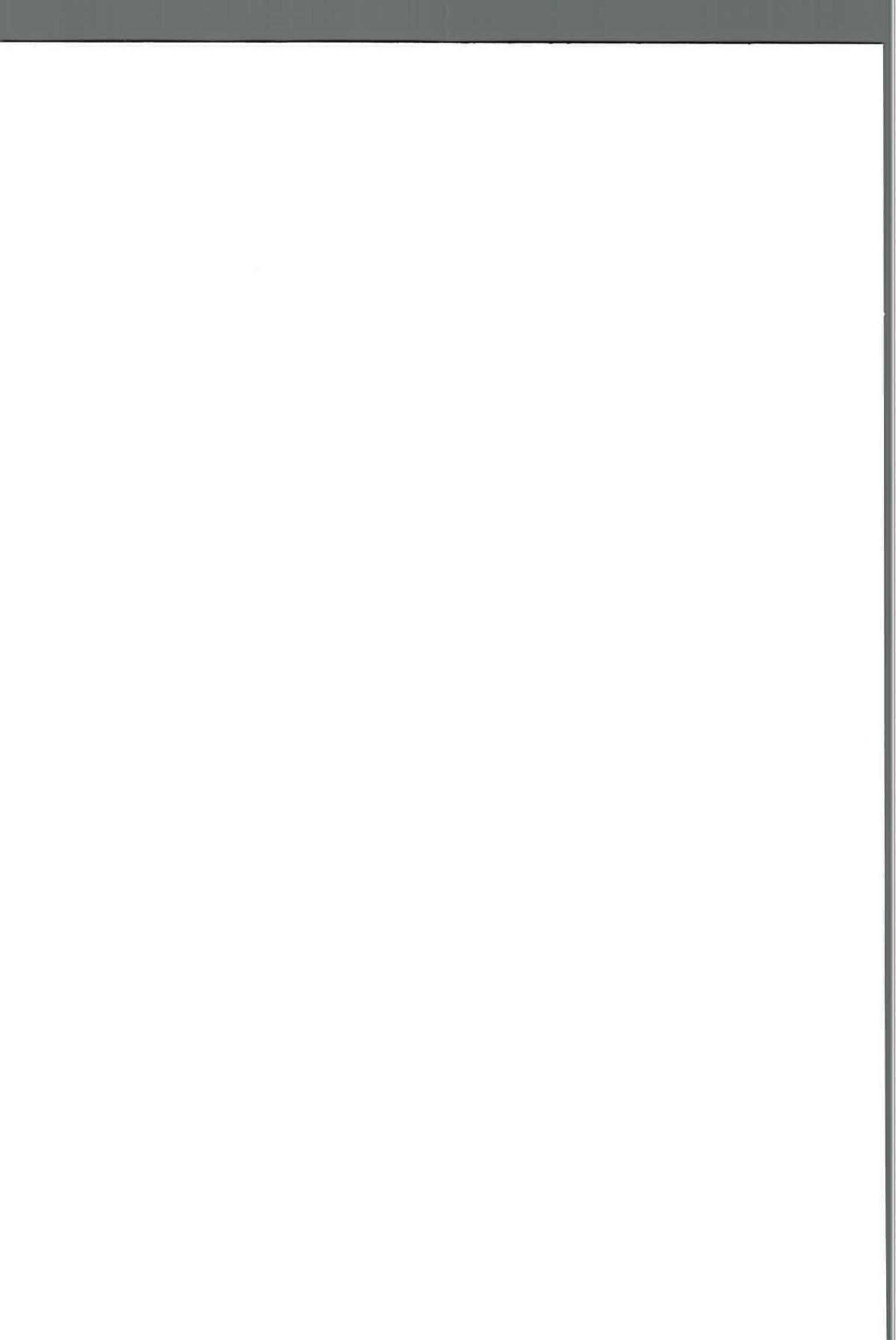
AGRADECIMIENTOS

A mi madre y hermano, Marta y Nicolás, por su apoyo incondicional. A mi padre Carlos, por alumbrar mi camino. A mi compañera Victoria, por compartir su vida conmigo. A mis compañeros de trabajo, Liliana, Diego y Gastón, por acompañarme en este trayecto. A mi director Omar, por ser mi guía. A los evaluadores Elena, Oscar y Carlos por asumir este compromiso. A los estudiantes Evangelina Suárez, Soledad Salas, Mauricio Debrandi, Juan Pablo Gonzáles, Federico Terraneo y Juan Ituarte que colaboraron con gran énfasis en este proyecto. A ellos muchas gracias.



*“La vida es una obra de teatro que no permite ensayos,
por eso, canta, ríe, baila, llora y vive intensamente cada momento,
antes que el telón baje y la obra termine sin aplausos”*

Charles Chaplín



ÍNDICE

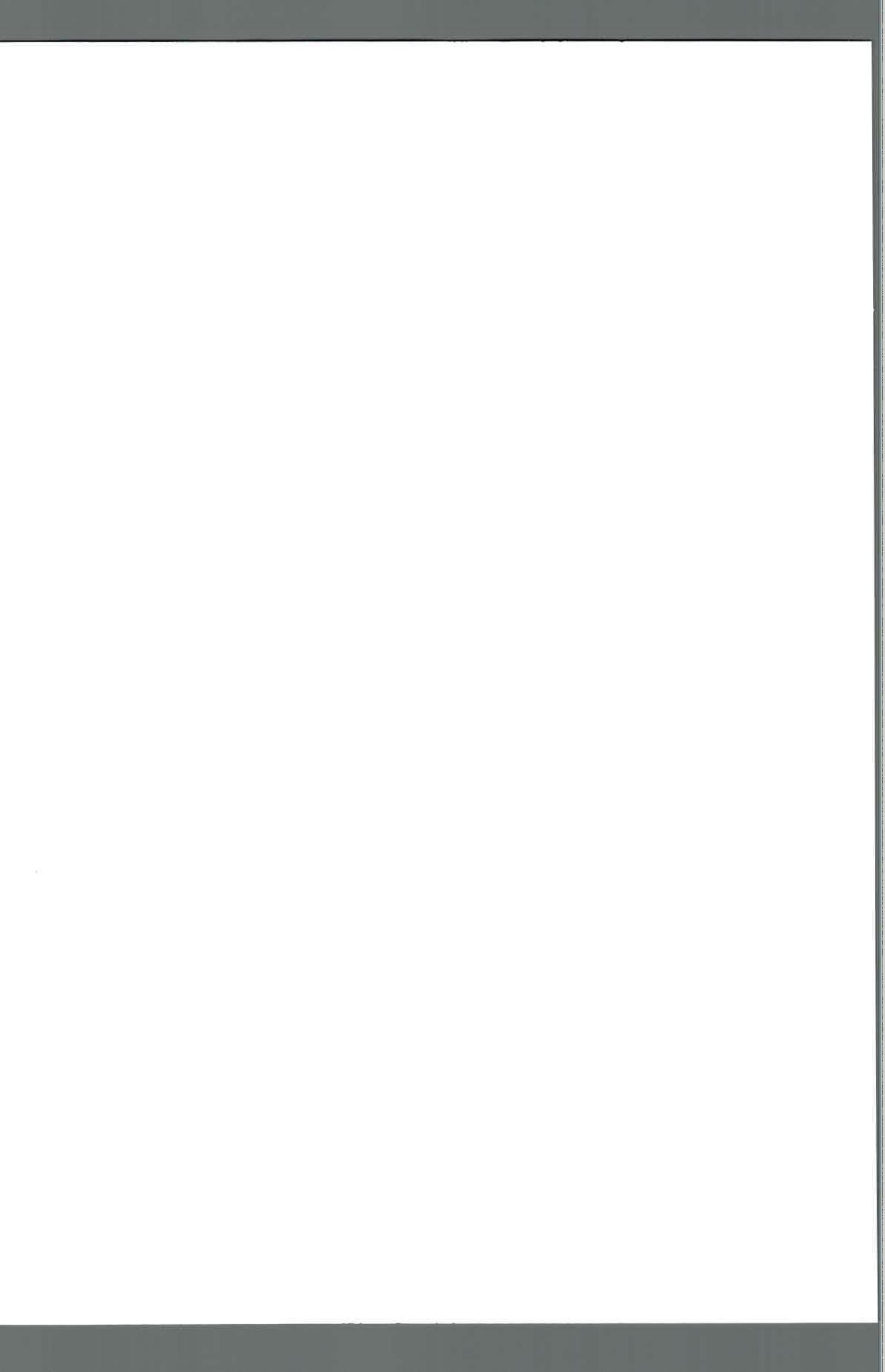
	Página
Índice	v
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	xi
Summary.....	xii
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Fundamentación.....	1
1.2 Caracterización del cinturón hortícola de Río Cuarto.....	3
1.3 Cultivo de lechuga.....	4
1.3.1 Clasificación botánica.....	4
1.3.2 Morfología de la especie.....	5
1.3.3 Origen.....	5
1.3.4 Requerimientos ambientales.....	6
1.4 Producción de plantines.....	8
1.4.1 Volumen de celdas.....	8
1.5 Producción de lechuga a campo.....	12
1.5.1 Utilización de manta térmica en la protección del cultivo.....	12
1.5.2 Influencia de la manta térmica en el ambiente de cultivo.....	13
CAPÍTULO 2: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	17
2.1 Hipótesis	17
2.2 Objetivo general.....	17
2.3 Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	18

3.1 Determinación de las variables que definen la calidad del plantín.....	18
3.2 Cuantificación de las variables ambientales en el cultivo de lechuga con y sin protección.....	20
3.2.1 Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA).....	22
3.2.2. Temperatura del aire.....	23
3.2.3. Humedad relativa del aire.....	23
3.3 Producción de biomasa aérea total del cultivo de lechuga durante el ciclo productivo y rendimiento a cosecha.....	24
3.4 Eficiencia de Uso de la Radiación Fotosintéticamente Activa (EUR).....	24
3.5 Tiempo térmico.....	24
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1 Determinación de las variables que definen la calidad del plantín.....	26
4.1.1 Número de hojas.....	26
4.1.2 Longitud de hojas.....	28
4.1.3 Longitud de raíces.....	30
4.1.4 Biomasa de los plantines.....	31
4.2 Cuantificación de las variables ambientales en el cultivo de lechuga con y sin protección.....	35
4.2.1 Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA).....	35
4.2.2 Temperatura del aire.....	36
4.2.3 Humedad relativa del aire.....	38
4.3 Aportes de agua desde trasplante a cosecha.....	40
4.4 Producción de biomasa aérea total del cultivo de lechuga durante el ciclo productivo y rendimiento a cosecha.....	41
4.4.1 Evolución de la biomasa aérea fresca durante el ciclo del cultivo.	41

4.4.2 Rendimiento.....	46
4.5 Eficiencia en el Uso de la Radiación Fotosintéticamente Activa (EUR).....	48
4.6 Tiempo térmico.....	50
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1 Descripción del perfil de suelo del Campo de Docencia y Experimentación.....	18
2 Contenido de nitrógeno de nitratos, nitratos, humedad, materia orgánica, fósforo y pH hasta los 20 cm de profundidad.....	18
3 Número de hojas promedio al momento del trasplante obtenidas para los diferentes volúmenes de celdas durante el ciclo 1 (a) y 2 (b).....	26
4 Longitud de hojas promedio al momento del trasplante obtenido para los diferentes volúmenes de celdas durante el ciclo 1 (a) y 2 (b).....	28
5 Longitud de raíces promedio al momento del trasplante obtenidas para diferentes volúmenes de celdas durante el ciclo 1 (a) y 2 (b).....	30
6 Peso fresco promedio de la parte aérea, raíces y total de los plantines al momento del trasplante obtenidos para los diferentes volúmenes de celdas el ciclo 1 (a) y 2 (b).....	32
7 Peso seco promedio de la parte aérea, raíces y total de los plantines al momento del trasplante obtenidos para los diferentes volúmenes de celdas en el ciclo 1 (a) y 2 (b)...	33
8 Rendimiento promedio en peso fresco y seco ($t\ ha^{-1}$) en los diferentes tratamientos y para los dos ciclos de producción.....	46
9 Tiempo térmico ($^{\circ}Cd$) acumulado a cosecha del cultivo de lechuga para los tratamientos con manta térmica y al aire libre en los dos ciclos de producción.....	50



ÍNDICE DE FIGURAS

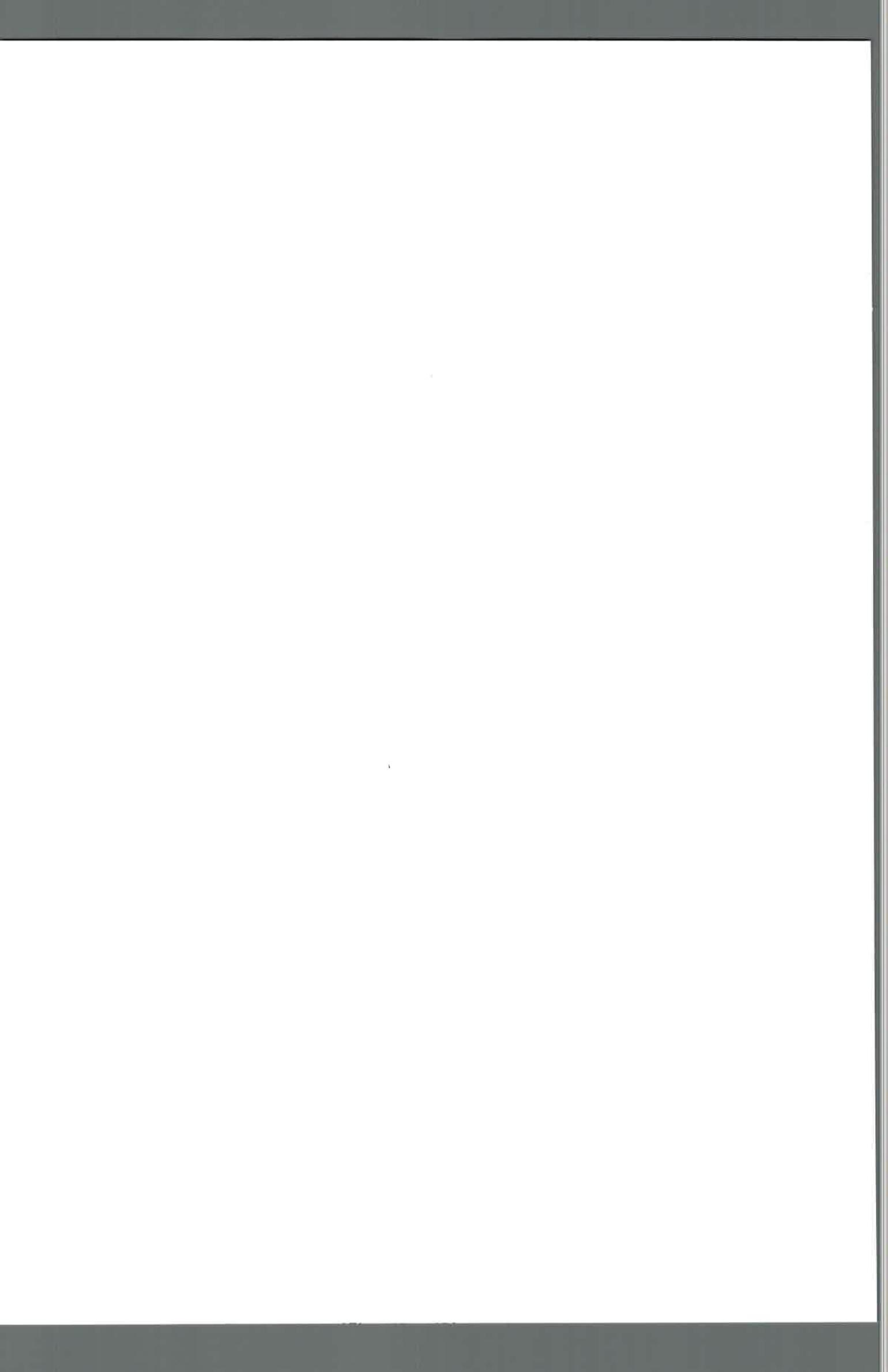
Figura	Página	
1	Esquema del experimento completamente aleatorizado y disposición de las unidades experimentales.....	19
2	Esquema del diseño experimental en parcelas divididas del experimento a campo.....	21
3	Efecto de los diferentes volúmenes de celdas (24 cm ³ , 13 cm ³ y 7 cm ³) sobre el número de hojas de plantines de lechuga en función del TT (°Cd) correspondientes al ciclo 1 (a) y 2 (b).....	27
4	Efecto de los diferentes volúmenes de celdas (24 cm ³ , 13 cm ³ y 7 cm ³) sobre la longitud de hojas de lechuga en función del TT (°Cd) correspondientes al ciclo 1 (a) y 2 (b).....	29
5	Efecto de los diferentes volúmenes de celdas (24 cm ³ , 13 cm ³ y 7 cm ³) sobre la longitud de las raíces de los plantines de lechuga en función del TT (°Cd) correspondientes al ciclo 1 (a) y 2 (b).....	31
6	Efecto de los diferentes volúmenes de celdas (24 cm ³ , 13 cm ³ y 7 cm ³) sobre el peso fresco de los plantines de lechuga en función del TT (°Cd) correspondientes al ciclo 1 (a) y 2 (b).....	33
7	Efecto de los diferentes volúmenes de celdas (24 cm ³ , 13 cm ³ y 7 cm ³) sobre el peso seco de los plantines de lechuga en función del TT (°Cd) correspondientes al ciclo 1 (a) y 2 (b).....	34
8	Relación entre la RFA incidente sobre el suelo y el cultivo bajo la manta térmica (c/mt) y RFA incidente sobre la misma (s/mt) expresados en Mj. m ⁻² .día ⁻¹	36
9	Relación entre la temperatura del aire en el ambiente bajo la manta térmica (c/mt) y la temperatura del aire libre (s/mt) expresada en °C.....	37
10	Relación entre la humedad relativa del aire (%) en el ambiente bajo la manta térmica (c/mt) y la humedad relativa (%) del aire libre (s/mt).....	39
11	Dinámica de la lámina de agua de 0-0,50 m de profundidad, contenido de agua a	

Capacidad de Campo (C.C.), Punto de Marchitez Permanente (PMP), umbral de riego y aportes de agua mediante precipitaciones y riego por goteo. Ciclo 1.....	40
12 Dinámica de la lámina de agua de 0-0,50 m de profundidad, contenido de agua a Capacidad de Campo (C.C.), Punto de Marchitez Permanente (PMP), umbral de riego y aportes de agua mediante precipitaciones y riego por goteo. Ciclo 2.....	41
13 Valores observados y predichos mediante el modelo de Hossfeld I de la producción de biomasa en peso fresco (g.planta ⁻¹) del cultivo de lechuga en relación al tiempo térmico (°Cd) para los tratamientos de 24cm ³ c/mt (a), 13cm ³ c/mt (b), 7cm ³ c/mt (c), 24cm ³ s/mt (d), 13cm ³ s/mt (e) y 7cm ³ s/mt (f) en el ciclo 1.....	42
14 Crecimiento en peso fresco (g.planta ⁻¹) del cultivo de lechuga en relación al tiempo térmico (°Cd) para cada uno de los tratamientos. Ciclo 1.....	43
15 Valores observados y predichos mediante el modelo de Hossfeld I de la producción de biomasa en peso fresco (g.planta ⁻¹) del cultivo de lechuga en relación al tiempo térmico (°Cd) para los tratamientos de 24cm ³ c/mt (a), 13cm ³ c/mt (b), 7cm ³ c/mt (c), 24cm ³ s/mt (d), 13cm ³ s/mt (e) y 7cm ³ s/mt (f) en el ciclo 2.....	44
16 Crecimiento en biomasa aérea fresca (g.planta ⁻¹) del cultivo de lechuga para cada tratamiento. Ciclo 2.....	45
17 Relación entre la RFAi acumulada (Mj.m ⁻²) y la biomasa en peso seco (g.m ⁻²) durante el ciclo del cultivo para cada tratamiento. Ciclo 1.....	48
18 Relación entre la RFAi acumulada (Mj.m ⁻²) y la biomasa en peso seco (g.m ⁻²) durante el ciclo del cultivo para cada tratamiento. Ciclo 2.....	49
19 Temperatura acumulada (°C) desde siembra a cosecha del cultivo en el ciclo 1 (a) y 2 (b).....	51

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad de plantines de lechuga obtenidos en bandejas de germinación de diferente volumen de celdas y el uso de manta térmica a campo sobre el rendimiento de un cultivo de lechuga durante dos ciclos de producción otoño-invernal para Río Cuarto (Córdoba). Para ello se sembró en abril/2012 (ciclo 1) y mayo/2013 (ciclo 2) un cultivar de lechuga tipo mantecosa. Los tratamientos fueron bandejas con celdas de 24, 13 y 7 cm³ en un diseño completamente aleatorizado. Se evaluó la calidad de los plantines a través del número de hojas, longitud de hojas y raíces, peso fresco y seco de parte aérea y raíces hasta el trasplante a campo efectuado a los 37 y 49 días después de la siembra para el ciclo 1 y 2 respectivamente. Los tratamientos a campo resultaron de la combinación de los volúmenes de celdas (cm³) y la presencia (c/mt) o ausencia (s/mt) de manta térmica: 24 cm³ c/mt; 13 cm³ c/mt; 7 cm³ c/mt; 24 cm³ s/mt; 13 cm³ s/mt y 7 cm³ s/mt, en un diseño experimental en parcelas divididas. El marco de plantación utilizado fue de 0,35 m entre hileras y 0,25 m entre plantas. La manta se colocó al trasplante y el riego se efectuó mediante un sistema de goteo. Se evaluó el efecto de la manta sobre la radiación fotosintéticamente activa (RFA), temperatura y humedad del aire y tiempo térmico (TT), y la interacción del volumen de celdas y uso de manta sobre la producción de biomasa aérea en el ciclo, rendimiento a cosecha y eficiencia de uso de la RFA (EUR). Los resultados mostraron diferencias significativas con un mayor número de hojas, longitud de hojas y raíces, peso fresco y seco de parte aérea y raíces para aquellos plantines obtenidos en celdas de 24 cm³, seguidas de 13 cm³ y finalmente 7 cm³. La manta térmica produjo una reducción de la RFA, aumentó la temperatura del aire, humedad del aire y tiempo térmico. La producción de biomasa aérea en el ciclo fue superior en aquellos plantines provenientes de celdas de mayor volumen y con uso de manta térmica. El rendimiento en peso fresco del cultivo presentó diferencias estadísticas significativas, siendo el tratamiento de 24 cm³ c/mt el de mejor desempeño con valores de 38,2 y 33,8 t.ha⁻¹ para el ciclo 1 y 2, respectivamente. La EUR disminuyó debajo de la cobertura con manta. La utilización de celdas de mayor volumen mejoró la calidad de los plantines y la interacción con el uso de manta térmica aumentó la precocidad del cultivo y el rendimiento en peso fresco a cosecha para las condiciones de producción otoño-invernales del cinturón hortícola de Río Cuarto.

Palabras claves: lechuga mantecosa, volumen de celdas, plantines, manta térmica, Río Cuarto.



SUMMARY

The objective of the research was to evaluate the quality of lettuce seedlings obtained from trays of germinating different cell volume and the use of floating row cover on the yield of field grown lettuce for two production cycles autumn- winter for Río Cuarto (Córdoba). For it was sown in April/2012 (cycle 1) and May/2013 (cycle 2) cultivar of butterhead lettuce. The treatments were trays with cells 24, 13 and 7 cm³ in a completely randomized design. Quality seedlings through number of leaves, leaves and root length, fresh and dry weight of aerial parts and roots to transplant a field made at 37 and 49 days after planting for the cycle was evaluated 1 and 2 respectively. Field treatments were the combination of cell volumes (cm³) and the presence (c/mt) or absence (s/mt) of floating row cover: 24 cm³ c/mt; 13 cm³ c/mt; 7 cm³ c/mt; 24 cm³ s/mt; 13 cm³ s/mt y 7 cm³ s/mt in a split plot experimental design. The plantation frame used was 0.35 m between rows and 0.25 m between plants. The transplant was placed floating row cover and irrigation was made through a drip system. The effect of floating row cover on the photosynthetically active radiation (PAR), temperature and humidity and heat summation (ST), and the interaction of cells volume and use of floating row cover on the production of biomass in the cycle was evaluated performance to harvest and efficiency of use of the PAR (EUR). The results showed significant differences with a greater number of leaves, leaves and root length, fresh and dry weight of aerial parts and roots for those seedlings obtained in 24 cm³ cells followed by 13 cm³ and finally 7 cm³. The floating row cover produced a reduction of the PAR, increased air temperature, air humidity and heat summation. The biomass production cycle was higher in those cells seedlings from higher volume and use of floating row cover. The fresh weight yield of the crop presented statistically significant differences, being the treatment of 24 cm³ c/mt the top performer with values of 38.2 and 33.8 t ha⁻¹ for cycle 1 and 2, respectively . The EUR decreased under the floating row cover. The use of cells of higher volume improved the quality of seedlings and interaction with the use of floating row cover increased the earlier maturity of the crop and yield fresh weight harvest to production conditions autumn - winter horticultural belt of Río Cuarto.

Keywords: butterhead lettuce, cell volume, seedlings, floating row cover, Río Cuarto.



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Fundamentación

Dentro de las hortalizas de hoja, la lechuga (*Lactuca sativa* L.) es la más importante, ampliamente conocida y cultivada en muchos países del mundo (Ferrato *et al.*, 2010). La producción mundial de lechuga en 2010 alcanzó 24.239.978 tn, los principales países productores están representados por China con 13.005.000 tn, seguido de Estados Unidos con 4.105.580 tn. En el período 2000-2010 el conjunto de la producción mundial aumentó un 32,7% (MAGRAMA, 2012).

En Argentina, la lechuga se encuentra entre las hortalizas más cultivadas y consumidas del país. Dentro del grupo de hortalizas de hojas, este cultivo representa el 49% del volumen total producido con 33.000 tn, la acelga representa el 23% con 15.890 tn, luego se encuentra la cebolla de verdeo y en cuarto lugar, la espinaca (COFECYT, 2008).

En el cinturón hortícola de Río Cuarto (Córdoba) la lechuga constituye el cultivo más representativo en cuanto a superficie cultivada y volumen de producción. Sin embargo, existe una brecha importante con relación al potencial productivo que la especie podría alcanzar (Grosso *et al.*, 2015). En relación a lo anterior, dos aspectos de la tecnología del cultivo podrían aumentar los rendimientos y disminuir esa brecha hacia el potencial que podría obtenerse de la especie, ellos son la calidad del plantín y técnicas de protección a campo principalmente en las épocas de otoño-invierno.

En primer término, un plantín de calidad es aquel que posee raíces activas, de coloración blanquecina, un tallo vigoroso, con ausencia de clorosis, libre de plagas y enfermedades. Para superar un estrés de trasplante un plantín debe tener una adecuada capacidad radicular para la absorción de agua y nutrientes, además de la capacidad de generación de nuevas raíces. La tasa de crecimiento del cultivo es reducida cuando se utilizan plantines de baja calidad (Leskovar, 2001).

La producción de plantines puede realizarse en almácigo y posterior trasplante a raíz desnuda, o en bandejas de germinación. El sistema de siembra en bandejas proporciona mayor protección en la germinación de semillas y emergencia de plántulas, un menor costo para controlar plagas y enfermedades, y un alto índice de implantación después del trasplante (Minami, 1995; Modolo y Tessarioli Neto, 1999; Silva, 2004).

En el mercado existen varios modelos de bandejas de germinación con diferentes números de celdas, profundidades y volúmenes, su forma es variable pudiendo ser

redondas, piramidales, cilíndricas y con la posibilidad de ser reutilizadas (Modolo y Tessarioli Neto, 1999). En este sentido, la variabilidad de volúmenes asociada a la utilización de determinados sustratos implica diferentes respuestas morfológicas y fisiológicas de los plantines, influyendo en su calidad final, y su posterior desempeño en las etapas de cultivo a campo o en invernadero (Nesmith y Duval, 1998).

Otro desarrollo importante, en los últimos años, asociado a la tecnología de producción del cultivo, es el uso de manta térmica como medida de protección al aire libre en épocas de baja temperatura, principalmente invierno y primavera temprana (Grosso *et al.*, 2015). En condiciones de cultivo a campo, las temperaturas bajas y heladas de escasa magnitud reducen la calidad del cultivo, afectando hojas externas, e incluso internas, favoreciendo el ataque de enfermedades y la disminución del rendimiento comercial (Ferrato *et al.*, 2010).

Una alternativa para la protección de los cultivos a campo es el uso de manta térmica, obteniéndose múltiples resultados positivos no sólo contra las bajas temperaturas (Reghin *et al.*, 2002) sino también en precocidad de cosecha (Reghin *et al.*, 2002, 2003; Feltrin *et al.*, 2003, 2006), aumento del rendimiento (Pereira *et al.*, 2003; Barros Júnior *et al.*, 2004; Feltrin *et al.*, 2008; Sá y Reghin, 2008; Salas *et al.*, 2008), mejora en la calidad del producto final (Reghin *et al.*, 2002; Feltrin *et al.*, 2006), en la producción de plántulas (Reghin *et al.*, 2000), protección contra el ataque de plagas (Fitzgerald y Stiltz, 2005), mantenimiento de la humedad del suelo y sanidad de las plantas (Furiatti *et al.*, 2008; Salas *et al.*, 2008; Dalla Pria *et al.*, 2009), entre otros.

La utilización de manta térmica genera una modificación de los factores ambientales debajo del área cubierta, con cambios en los niveles de radiación incidente sobre las plantas (Benoit y Ceustermans, 1987), modificaciones en la humedad relativa del aire (Hemphill, 1989), humedad del suelo (Wolfé *et al.*, 1989), protección contra los vientos (Mermier *et al.*, 1995) y un aumento de la temperatura del aire, siendo especialmente recomendada para especies vegetales sensibles a cambios bruscos de temperaturas y heladas. Los ciclos de cultivo se acortan bajo esta cobertura y son más regulares, con el mayor beneficio económico que ello conlleva (Fitzgerald y Stiltz, 2005; Horticom, 2012).

En el cinturón hortícola de Río Cuarto la producción de plantines en bandejas de germinación de diferente volumen de celda a desplazado al empleo de almácigos o siembra directa en la iniciación de determinados cultivos, siendo la lechuga la principal hortaliza de

hoja que se cultiva empleando éste método durante todo el año, ya sea con plantineras comerciales o de los propios productores locales.

Respecto al uso de manta térmica como medida de protección en el cultivo de lechuga durante la etapa de cultivo a campo, ha comenzado a difundirse localmente con gran celeridad por constituir una alternativa más económica al uso de invernaderos u otro tipo de estructuras, principalmente durante las épocas de otoño, invierno y primavera cuando es frecuente la ocurrencia de heladas intensas e incluso nevadas, que afectan seriamente la producción.

De acuerdo con estas premisas, el objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento de un cultivo de lechuga resultante de la interacción entre la calidad de plantines obtenidos en diferentes volumen de celdas y la modificación del ambiente a campo mediante el uso de manta térmica durante dos ciclos de cultivo en las condiciones otoño-invernales del cinturón hortícola de Río Cuarto.

1.2 Caracterización del cinturón hortícola de Río Cuarto

El Departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba (Argentina), está ubicado en la región caracterizada como llanuras bien drenadas con invierno seco. El clima de la región es templado-subhúmedo con un régimen de precipitaciones monzónico, concentrado en el período primavera-verano, cuya media anual es 801 mm. La temperatura máxima media anual es 23,1 °C; la mínima media anual es 10,2 °C y la media anual es 16,3 °C. El período libre de heladas es de 256 días y se extiende desde mediados de septiembre a mediados de mayo (Adesur, 1999).

La producción hortícola en Río Cuarto se origina hacia comienzos del siglo XX, y ha experimentado importantes cambios hasta la actualidad, como la llegada de mano de obra extranjera, la introducción del invernadero y modificaciones sustanciales en la tecnología de riego. El sector comprende aproximadamente unas 511 ha cultivadas, pertenecientes a unos 33 productores, distribuidos en cinco sectores de producción (Grosso *et al.*, 2015).

Los principales cultivos que se destacan en el cinturón hortícola de Río Cuarto son las hortalizas de hoja: lechuga, acelga, espinaca, apio, rúcula y achicoria, dentro de las crucíferas las principales son repollo, coliflor y brócoli. Otros cultivos de importancia son tomate, pimiento, berenjena, remolacha, zapallito de tronco, poroto chaucha, cebolla de verdeo y zanahoria en menor medida. Los cultivos de ajo, papa y cebolla, importantes para otras zonas de producción, no se realizan en el sector local (Grosso *et al.*, 2015).

Durante la década del '90 un cambio sustancial en la forma de producción fue la incorporación de la tecnología del invernadero, la cual se adoptó con mayor intensidad a partir de la llegada de mano de obra extranjera, procedente principalmente de Bolivia. Los tipos de invernaderos que se construyen son el capilla modificado y doble capilla de madera y cobertura de polietileno (Grosso *et al.*, 2015).

En lo que respecta a la tecnología de riego, anteriormente la superficie regada total en cultivos fruti-hortícolas era de 609 ha, de las cuales el 75% se regaban utilizando agua del río Cuarto y acequias de la zona y el resto con agua subterránea de perforación (Corral *et al.*, 1993). Actualmente, la introducción masiva de sistemas de aspersión y riego por goteo, han generado una modificación sustancial en el rendimiento y la eficiencia en el uso del agua, siendo los pioneros en su incorporación los productores de la comunidad boliviana (Grosso *et al.*, 2015).

La comercialización de la producción del sector hortícola se realiza a través del Mercado de Abasto local que abastece a la ciudad de Río Cuarto y una amplia zona de influencia. Este mercado cuenta con puestos de comerciantes locatarios que introducen mercadería de otras zonas, principalmente rubros que no se producen en el cinturón local como papa, cebolla y frutas, y playas para productores locales, operadores permanentes que venden su propia producción (Grosso *et al.*, 2015).

1.3 Cultivo de lechuga

1.3.1 Clasificación botánica

Reino: *Plantae*; División: *Magnoliophita*; Clase: *Magnoliopsida*; Orden: *Asterales*; Familia: *Asteráceae*; Subfamilia: *Cichorioideae*; Tribu: *Cichorieas*; Género: *Lactuca*; Especie: *Lactuca sativa* L. Nombre vulgar: Lechuga (Dimitri, 1972). El nombre genérico *Lactuca* deriva del latín “lac”, que significa “leche” (presencia de látex) y *sativa* porque es cultivada (Ferratto *et al.*, 2010).

Botánicamente, dentro de la especie *Lactuca sativa* L. se distinguen cuatro variedades: *Lactuca sativa* var. *longifolia* Lam. “Lechugas romanas o cos”, no forman un verdadero cogollo siendo generalmente de formas aovadas u oblongas. *Lactuca sativa* var. *inymbacea* Hort. “Lechugas crespas”, poseen las hojas sueltas y dispersas. *Lactuca sativa* var. *augustana* Irish. “Lechugas esparrago”, se aprovechan por sus tallos, sus hojas son puntiagudas y lanceoladas. *Lactuca sativa* var. *capitata* “Lechugas mantecosas y

arrepolladas”, forman un cogollo más o menos apretado de hojas (Maroto Borrego *et al.*, 2000).

1.3.2 Morfología de la especie

La lechuga es una planta anual y autógama, posee un sistema radicular pivotante y poco profundo, con ramificaciones que se desarrollan en la capa superior del suelo, no llegando a sobrepasar los 25 cm de longitud. Las hojas se disponen formando una roseta, y con posterioridad forman un cogollo o “cabeza” más o menos consistente y apretado según la variedad. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado. El tallo es cilíndrico y ramificado (Di Benedetto, 2005).

En las variedades que existe formación de la cabeza, ésta comienza cuando las hojas de la roseta crecen en dirección vertical, siendo las del centro las que tienen un crecimiento más pronunciado, por lo tanto se van imbricando una con otra dando como resultado lo que comúnmente se conoce como cabeza. En aquellas variedades de tallo y/o de hoja, no hay formación de cabeza, la planta permanece en estado de roseta, las hojas nuevas cambian su hábito postrado a erectas (Maroto Borrego *et al.*, 2000).

Las inflorescencias son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos. Los capítulos están constituidos por 15 a 30 flores con un receptáculo plano y rodeado por brácteas formando un involucre. Las flores son liguladas, de color blanco-amarillentas y hermafroditas. El cáliz es filamentosos y forma el papus o vilano que actúa como órgano de diseminación anemófila. El androceo está compuesto por cinco estambres cuyos filamentos están adheridos a la corola y unidos por las anteras formando un tubo que rodea el estilo. El gineceo es bicarpelar de ovario ínfero con un lóculo y un óvulo (Vigliola, 1996).

El fruto, comúnmente llamado semilla, es un aquenio de color blanco o negro. Es pequeño, de forma alargada y de aproximadamente unos 3 mm de longitud terminando en punta y achatado lateralmente. En su base se encuentra el papus o vilano que se desprende fácilmente quedando el fruto limpio. Un gramo de aquenios contiene entre 500 a 900 semillas (Vigliola, 1996; Di Benedetto, 2005).

1.3.3 Origen

La lechuga es originaria de las costas del sur y sureste del mar mediterráneo, desde Egipto hasta Asia Menor. Los egipcios la comenzaron a cultivar 4.500 años antes de la era

cristiana y se cree que la utilizaban para extraer aceite de la semilla y para forraje. En pinturas encontradas en tumbas egipcias aparecen plantas que asemejan lechugas cos o romanas, con hojas alargadas y terminadas en punta (Granval de Millán y Gaviola, 1991).

De Egipto pasó a Grecia, siendo mencionada en los escritos de Sócrates (450 a.C.), Aristóteles (356 a.C.), Teofrasto (332 a. C.) y Dioscórides (60 a. C.). La lechuga fue muy cultivada también por los romanos, quienes rápidamente la difundieron por toda Europa y llegó a América en 1494, registrándose su cultivo en la isla de Isabella, hoy llamada Croked Islan, de las Bahamas, solo dos años después del primer viaje de Colón (Granval de Millán y Gaviola, 1991).

Se considera que la lechuga conocida hasta esa época era de tipo cos o romana. Las lechugas de cabeza se difundieron probablemente en el siglo XVI. La primera referencia sobre su cultivo en Sudamérica corresponde a Brasil en 1650. La lechuga fue introducida en China desde occidente entre los años 600 y 900 de nuestra era, y se difundió la variedad *augustana* cuya parte comestible es el tallo floral (Granval de Millán y Gaviola, 1991).

1.3.4 Requerimientos ambientales

Varios factores ambientales influyen en el crecimiento, desarrollo, producción y características comerciales del cultivo de lechuga, destacándose la temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar y disponibilidad hídrica (La Rosa *et al.*, 2005).

Sin embargo, el gran número de variedades existentes de este cultivo hace que sea una especie adaptable a una amplia gama de climas, en términos generales, prefiere climas templados y húmedos. La temperatura óptima de germinación es 25 °C, mientras que la temperatura óptima para el crecimiento del cultivo es 18 °C, con un amplio rango de 7 a 24 °C de acuerdo a la variedad. La humedad relativa del aire más conveniente para la especie varía entre 60 y 80% (Vigliola, 1996; Wien, 1997; Maroto Borrego *et al.*, 2000; Jackson *et al.*, 2002).

Las variedades *capitata* poseen determinadas exigencias en temperaturas nocturnas y diurnas. Algunos autores señalan que para conseguir un buen desarrollo de las cabezas son necesarias temperaturas diurnas comprendidas entre 17 y 28 °C, y temperaturas nocturnas entre 3 y 12 °C (Wien, 1997; Jackson *et al.*, 2002). Di Benedetto (2005) señala valores óptimos de temperatura diurna de 11 a 19 °C, valores superiores pueden inducir la floración prematura.

En períodos de baja temperatura y radiación solar, como ocurre en otoño-invierno, la lechuga forma una cabeza más compacta. En cambio, la combinación de altas temperaturas y reducida radiación solar puede generar hojas largas y finas, dificultando la formación de la cabeza (Di Benedetto, 2005).

La incidencia de altas temperaturas pueden estimular la floración prematura, sobretodo en fotoperíodos largos (Whitaker *et al.*, 1974; Maroto Borrego *et al.*, 2000; FAO, 2006), esto deteriora la calidad del cultivo debido a la acumulación de látex amargo en su sistema vascular (FAO, 2006) y predisponen la aparición de enfermedades como el “tip burn” o quemadura de borde de hoja (Sarli, 1980; Vigliola, 1996; Di Benedetto, 2005).

La lechuga es una planta de día largo cuantitativa, la transición del estado vegetativo al reproductivo involucra, en variedades que forman cabeza, el crecimiento del tallo restringido previamente por las hojas que formaban la misma. Por tal motivo, las condiciones ambientales que estimulan la formación de la cabeza inhiben el proceso de floración. Aunque se ha demostrado una aceleración de la floración en plantas cultivadas bajo un fotoperíodo de 16 horas frente a fotoperíodos más cortos (9 horas), la magnitud del efecto es muy variable entre variedades (Di Benedetto, 2005).

La vernalización constituye otro factor que influye sobre la floración, sin embargo, al igual que el fotoperíodo, existe una gran diversidad de respuestas según las variedades. Algunos estudios demuestran que la exposición de la semilla a 4 °C durante 5 a 20 días y las bajas temperaturas durante los primeros estadios del cultivo pueden adelantar la aparición del tallo floral unos 5 días, en comparación a plantas no vernalizadas (Di Benedetto, 2005).

En general, el efecto combinado de fotoperíodos largos, vernalización y altas temperaturas durante el crecimiento tienden a ser aditivos en la inducción a la floración afectando la formación de la cabeza en la mayoría de las variedades (Di Benedetto, 2005).

Por otra parte, un estimador más preciso que permite determinar el momento de cosecha en muchos cultivos es la suma de unidades de temperatura o tiempo térmico (°Cd). Varios trabajos han demostrado la utilidad del tiempo térmico para predecir y cuantificar la ocurrencia de fases fenológicas, independientemente de la época del año o lugar de cultivo (Silva *et al.*, 1999). Sin embargo, cuando se utilizó este parámetro para estimar el momento de cosecha en lechugas que forman cabeza los resultados fueron deficientes. Silva *et al.* (1999) determinaron 742 °Cd a cosecha en lechuga cv. Waldmann's Green.

La lechuga es un cultivo sensible al déficit hídrico por su sistema radical poco profundo, exigiendo niveles de humedad en el suelo cercanos a capacidad de campo

(Ortega *et al.*, 1999; Adrover *et al.*, 2001; Rincón, 2005). Algunos autores citan consumos de agua que varían según la época del año, variedad y forma de cultivo, en lechuga tipo Iceberg, Rincón y Sáez (1997) y Rincón (2001) determinaron valores de evapotranspiración de 160-150 mm para ciclos de otoño-invierno e invierno, respectivamente y de 280 mm para ciclos de invierno-primavera.

1.4 Producción de plantines

1.4.1 Volumen de celdas

La producción de plantines se refiere al crecimiento de plántulas en almácigos o contenedores especiales, para luego transplantarlos al lugar definitivo del cultivo y así obtener un producto cosechable (Wien, 1997). La incorporación de la bandeja de germinación en sistemas productivos comenzó en 1984, y se ha expandido significativamente para la producción de plantines de hortalizas en los últimos años, principalmente la bandeja de sistema multicelular, que permite lograr plantas más vigorosas, reducir problemas sanitarios, producciones más tempranas y un mejor uso del espacio.

Las bandejas de germinación con su diseño normalizado, fabricadas en poliestireno especial, lisas y con presencia de estrías, facilitan la extracción del plantín, evitando el enrulamiento de las raíces, permitiendo un excelente drenaje y aireación radicular, tienen bajo costo de transporte, almacenamiento y se adaptan a todo tipo de máquina sembradora de plantines (Carluccio, 2012).

La forma redonda de la celda, frente a la piramidal, puede influir en el vigor y la supervivencia de la plántula. Las raíces podrían desarrollarse demasiado y enredarse en las celdas redondas, especialmente si las plántulas sufren condiciones ambientales no favorables. En las bandejas que poseen tamaños pequeños de celdas, este problema se torna más crítico, debido a la disminución del volumen para el crecimiento de las raíces (Bennett, 2010).

En general, la elección del tamaño y la profundidad de la celda está en función de la especie seleccionada, tiempo de crecimiento, sistema radicular y vegetativo. Si bien hay una relación directa entre el tamaño de la celda y el tamaño del plantín, por razones principalmente de costos, la tendencia es utilizar bandejas con mayor número de celdas y de menor volumen (Leskovar, 2001).

Muchos productores comerciales de plantines utilizan bandejas con un mayor número de celdas, esto permite aumentar el número de plántulas producidas por unidad de bandeja. No obstante, hay que considerar que los envases de menor volumen tienen mayores fluctuaciones de humedad, nutrientes, O₂, pH y salinidad, no siendo muy claro cuál es la respuesta de las raíces al crecer en volúmenes pequeños y cuál es el comportamiento postrasplante de las plántulas en condiciones de cultivo (Vavrina, 1995; Nesmith y Duval, 1998; Leskovar, 2001).

El crecimiento óptimo de las raíces de los plantines depende de un sustrato favorable, agua, fertilidad y espacio físico de enraizamiento (Leskovar *et al.*, 1990). Un espacio pequeño disponible para las raíces, dificulta el normal suministro de recursos para garantizar el crecimiento y desarrollo óptimos del plantín (Menezes Junior *et al.*, 2000). El delicado equilibrio entre raíces y parte aérea puede alterarse cuando el sistema de raíces se restringe a un pequeño volumen de celda, y el desequilibrio resultante puede tener efectos sobre la tasa de crecimiento del cultivo a corto plazo como a largo plazo (Leskovar *et al.*, 1990).

Las restricciones al crecimiento de raíces afecta la acumulación y partición de biomasa, la fotosíntesis, el contenido de clorofila en la hoja, la relación planta-agua, la absorción de nutrientes, la respiración, la floración y el rendimiento (Nesmith y Duval, 1998). En general, a medida que aumenta el volumen de celda aumenta el área foliar, la biomasa aérea y radical de las plántulas (Cantliffe, 1993).

Inicialmente el crecimiento de las raíces responde al geotropismo hasta alcanzar la base de la celda, luego tienden a crecer en forma horizontal en la interfase medio/celda, zona de menor resistencia al crecimiento radicular, respondiendo menos al geotropismo y más a otro tipo de tropismos como hidrotropismo u oxitropismo (Leskovar, 2001).

Otro factor de importancia es el tiempo de permanencia de los plantines en las bandejas de germinación, a medida que permanecen durante más tiempo en ellas, aumentan considerablemente las probabilidades de restricción del crecimiento radicular (Nesmith y Duval, 1998).

El número de hojas de un plantín hortícola constituye un indicador determinante del momento de trasplante. En plantines de lechuga los valores oscilan entre cuatro y seis hojas verdaderas (Pimpini *et al.*, 2002), el cual se alcanza aproximadamente, en condiciones de invernadero, en un intervalo de 30 a 50 días después de la siembra.

Al momento del trasplante el plantín debe ser capaz de continuar rápidamente su crecimiento radicular y disminuir el lapso de tiempo expuesto al “estrés del trasplante”

para retomar su crecimiento vegetativo, y así poder alcanzar el potencial máximo de productividad (Leskovar, 2001).

Los plantines producidos en celdas más grandes presentan una reducción general del estrés, una mayor disponibilidad de agua y abono, un mayor crecimiento radical y un mejor desarrollo. Además, presentan un crecimiento a campo más rápido y una mejor habilidad para competir con malezas, resistencia a insectos, enfermedades y otras tensiones físicas o mecánicas. Presentan precocidad y una mayor producción total (Vavrira, 2000).

Seabra Jr. *et al.* (2002) evaluaron la calidad de plantines de lechuga cultivar Raider y Lucy Brown, producidos en bandejas de 24, 13 y 6 cm³ de volumen de celda, trasplantados a los 29 días con 4 hojas verdaderas. Obtuvieron plantines con mayor área foliar, número de hojas, materia fresca de la parte aérea y mayor altura cuando éstos fueron producidos en bandejas con celdas de 24 cm³. El rendimiento se evaluó a los 85 días después de la siembra observando que no existieron diferencias significativas entre los cultivares estudiados. Sin embargo, los plantines obtenidos en celdas de 6 cm³ presentaron un menor rendimiento a cosecha que los obtenidos en celdas de 24 y 13 cm³, los cuales no presentaron diferencias significativas.

Ullé (2003) evaluó los efectos del volumen de celdas y mezcla de sustrato en lechuga cultivar Elisa, probando 3 sustratos y bandejas con celdas de 15, 25, 80 y 100 cm³. Encontraron que el volumen de 80 cm³ presentó valores significativamente mayores en peso total y peso de las hojas respecto al resto, mientras que en peso de raíz las celdas de 80 cm³ solo difirieron estadísticamente de las de 15 cm³.

Resende *et al.* (2003) en Três Pontas (Brasil), evaluaron la influencia de distintos tipos de bandejas y edad del trasplante en plantines de lechuga tipo americana, utilizando celdas de 24, 13 y 6 cm³, y cinco edades de trasplante a los 22, 26, 30, 34 y 38 días. Los plantines obtenidos en celdas de 24 cm³ y trasplantados a los 38 días de edad presentaron mayor peso fresco y seco, número de hojas y altura de plántula. El mayor rendimiento fue obtenido por plántulas producidas en celdas de 24 cm³, seguida de las celdas de 13 cm³, siendo el peor desempeño en las de 6 cm³. Las edades de trasplante variaron en función del tipo de bandeja, pudiendo ser trasplantadas de 22 a 38 días aquellas producidas en celdas de 24 y 13 cm³, con preferencia entre 22 a 30 días. Para las celdas de 6 cm³, las plántulas deben ser trasplantadas a los 38 días de la siembra.

Marques *et al.* (2003) en experiencias similares obtuvieron los mismos resultados en lechuga cultivar Vera. Los plantines de mejor calidad fueron logrados en bandejas con

celdas de 24 cm³. No obstante, no encontraron diferencias significativas a cosecha entre los tratamientos de 24 y 13 cm³. El tratamiento de 7 cm³ produjo el menor rendimiento.

Sin embargo, Silva (2004) afirma que en la producción de plántulas de lechuga el uso de tres tipos de bandejas de germinación (celdas de 17, 10 y 5,5 cm³) permiten obtener resultados similares a cosecha, ya sea en diámetro de cabeza o en número de lechugas por parcela.

Alamo *et al.* (2006) evaluaron el efecto del volumen de celdas sobre el crecimiento y calidad de plantines de lechuga cv. Gallega de invierno bajo invernadero, en tres tipos de bandejas multiceldas de volumen variable (12, 20 y 46 cm³) midiendo número de hojas, longitud de raíces, altura, peso fresco y seco de hojas, tallo y raíz, y relación vástago/raíz. En las celdas de 20 y 46 cm³ se obtuvieron diferencias estadísticas respecto a las celdas de menor volumen logrando plantines de mejor calidad y un adelanto en el establecimiento de la plántula luego del trasplante.

Machado *et al.* (2008) en Várzea Grande (Brasil), midieron el efecto de ocho tipos de bandejas de germinación de diferente volumen de celdas sobre la calidad de plantines de lechuga rizada cultivar Cenicienta y Veneranda a los 34 días después de la siembra, observando número de hojas, altura, longitud de raíz, peso fresco de parte aérea y raíz de los plantines, concluyen que un mayor volumen permite obtener una mejor calidad de plantín. Sin embargo, si los plantines se trasplantan antes de los 34 días recomiendan usar bandejas de menor volumen.

Juri *et al.* (2009) evaluaron los efectos del volumen de celdas en la respuesta pretrasplante y a cosecha en plantas de lechuga, encontrando que las producidas en celdas de mayor volumen mostraron diferencias estadísticas en cuanto a valores medios del grupo de menor volumen en las siguientes variables: número de hojas, altura de parte aérea, longitud de raíz, relación parte aérea/raíz y peso fresco.

En otras hortalizas cuya producción de plantines se realiza en bandejas de germinación se obtienen respuestas similares. López (2002) estableció para zapallo italiano cultivar Negro chileno, que el volumen de las celdas influyó en el rendimiento del cultivo. Las plantas producidas en celdas de 31 cm³ tuvieron un mayor rendimiento en frutos por planta que las provenientes de celdas de 21 cm³ y éstas, tuvieron un mayor número de frutos respecto a las que provenían de celdas con un volumen más pequeño (14 cm³).

Silva *et al.* (2007) determinaron el efecto de tres volúmenes de celdas (43, 24 y 10 cm³) y tres mezclas de sustratos constituida por proporciones de turba (85, 90 y 95%) y perlita (15, 10 y 5%) sobre la calidad del plantín de radicchio (*Cichorium intybus* L.), y su

posterior comportamiento en campo. Los resultados obtenidos en etapa de plantín indicaron que a mayor volumen de celdas aumentó el número de hojas a trasplante y el peso fresco y seco, independientemente de la mezcla de sustrato que se utilizó. La longitud del plantín es mayor en tanto aumentó el volumen de celdas y se redujo el porcentaje de perlita presente en el sustrato. En campo, el peso de la cabeza comercial fue mayor, mientras mayor fue el volumen de celdas y menor el porcentaje de perlita utilizado en la mezcla.

Moraes Echer *et al.* (2007) evaluaron el efecto de tres sustratos y bandejas de poliestireno con volumen de celdas de 24 y 13 cm³ sobre la altura, longitud de raíces y peso seco total de plántulas de remolacha cultivar Early wonder a los 40 días después de la siembra, encontrando en todas las variables estudiadas diferencias significativas. Las celdas de 24 cm³ proporcionaron plantines de mejor calidad, con una mayor acumulación de materia seca, siendo más adecuadas para la producción de plántulas de remolacha.

Vagnoni *et al.* (2014), en plantines de tomate cultivados en celdas de 20, 40 y 120 cm³ a los 38 días después de la siembra, determinaron que a menor volumen de celdas las plántulas fueron más pequeñas, con menor peso seco de raíces, tallos y hojas, menor área foliar y contenido de azúcares solubles en los tallos, lo cual implica una reducción en el contenido de carbohidratos de reserva.

1.5 Producción de lechuga a campo

1.5.1 Utilización de manta térmica en la protección del cultivo

Históricamente los horticultores han intentado modificar el microclima de los cultivos para acelerar el crecimiento, incrementar el rendimiento y adelantar la madurez, mediante técnicas de protección que permiten aumentar la temperatura del aire y suelo, la humedad alrededor de las plantas, reducir el ataque de insectos, la presión de enfermedades y el estrés hídrico (Wells y Loy, 1985; Pollard y Cundari, 1988; Kjelgren, 1994).

En Argentina, los materiales plásticos comienzan a incursionar en la protección de cultivos alrededor de los años '70, principalmente como túneles para la protección de bajas temperaturas en almácigos de tabaco, hortalizas y en sistemas semiforzados. Pero se puede afirmar, que desde comienzos de los '80 se denota un continuo avance en la plasticultura argentina, con un progresivo incremento en la tecnificación, definiéndose así explotaciones agro-intensivas (Carluccio *et al.*, 2002).

En este período, de más de 30 años hasta la actualidad, se manifiesta un avance no sólo en la superficie de cultivos protegidos, sino también en la utilización de modernos agroplásticos, con aplicación y manejo cada vez más ajustado de las respectivas técnicas de producción (Carluccio *et al.*, 2002).

Un tipo de agroplástico que se utiliza como medida de protección de cultivos contra las bajas temperaturas, es la manta térmica o manta flotante, principalmente utilizada en cultivos hortícolas (tomate, pimiento, lechuga, zapallito), en almácigos de tabaco, como doble techo dentro de invernaderos, e incluso como protección de árboles jóvenes colocada a modo de "capuchón" (Carluccio *et al.*, 2002; Stavisky, 2010). El uso de manta térmica en las hileras de cultivos se ha utilizado durante muchos años en Europa, Asia, Israel y EE.UU. (Fitzgerald y Stiltz, 2005).

Benoit y Hartman (1974) afirman que este tipo de cobertura se introdujo por primera vez en Holanda en 1965, utilizadas en cultivo de ruibarbo y fresas. Este tipo de cobertura fue probado por varios investigadores en la década del '70 para mejorar y aumentar los rendimientos de algunos cultivos de hortalizas como lechuga de cabeza y zanahoria (Benoit y Hartmann, 1974; Henriksen, 1981). En Brasil, la investigación sobre estos materiales comenzó a finales de la década del '90, en el estado de Paraná (Lima de Oliveira *et al.*, 2006).

La manta térmica es un material confeccionado a partir de largos filamentos de polipropileno que se colocan en capas soldadas entre sí a temperaturas apropiadas, constituyendo un material muy liviano y de resistencia suficiente para su utilización en la agricultura. Algunas de las ventajas de su empleo en cultivos es la posibilidad de ser colocadas y retiradas en cualquier fase del crecimiento, y en forma directa sobre las plantas, sin necesidad de estructuras de sustentación (Ferrato *et al.*, 2010; Fernandes Otto *et al.*, 2010). Su utilización está presente principalmente en cultivos hortícolas como tomate, pimiento, lechuga, zapallito, berenjena, melón (Carluccio *et al.*, 2002; Stavisky, 2010). Constituye una técnica simple, barata y eficaz para inducir precocidad (Iapichino *et al.*, 2010).

1.5.2 Influencia de la manta térmica en el ambiente de cultivo

Algunos autores reportan modificaciones de la temperatura del aire debajo de la manta de 2 a 8 °C (USDA, 2011; Iapichino *et al.*, 2010; Demšar *et al.*, 2011), por lo que son materiales particularmente buenos para extender la temporada temprana y tardía en

cultivos de estación fría. La protección contra heladas varía según el material utilizado. Para una mejor protección se recomienda el uso de materiales de mayor densidad (Fitzgerald y Stiltz, 2005).

El empleo de manta térmica incrementa las temperaturas máximas y mínimas diarias del aire, y por ende, la suma de unidades de calor diarias ($^{\circ}\text{Cd}$) por parte de los cultivos son mayores debajo de esta cobertura, acelerando su crecimiento y desarrollo, y reduciendo su ciclo (Nelson y Young, 1986).

Sin embargo, la colocación de una cobertura sobre el cultivo genera una reducción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada, produciendo ocasionalmente alteraciones morfológicas en las plantas. Rocha (2000) observó un mayor desarrollo foliar en plantas de lechuga creciendo bajo manta térmica en contraste con plantas expuestas a radiación solar directa que presentaron hojas más alargadas y estrechas.

En el mercado existen mantas térmicas de diferente peso y densidad, los cuales modifican de manera diferenciada las variables ambientales en el cultivo. Materiales ligeros (17 g.m^{-2}) se comercializan como "barreras de insectos", poseen un 90 a 95% de transmitancia de la radiación solar, y aumentan la temperatura entre 1 y $3,3^{\circ}\text{C}$. Materiales intermedios presentan transmitancia entre 75 y 85%, y materiales más pesados ($50 \text{ a } 67 \text{ g.m}^{-2}$) se utilizan generalmente para extender la temporada de cultivo en primavera y en otoño, presentan 30 a 50% de transmitancia y modifican la temperatura entre 2 y $5,5^{\circ}\text{C}$ (Traunfeld, 2011; Parker *et al.*, 2012).

Otro efecto favorable de este material es la retención de humedad, el agua se condensa en la parte inferior de la manta térmica y retorna al suelo. Además, la protección contra los vientos también ayuda a la planta a retener humedad (Mermier *et al.*, 1995; Fitzgerald y Stiltz, 2005). Crea una barrera contra insectos y pájaros que pueden, potencialmente, alimentarse del cultivo (Traunfeld, 2011).

Muchos estudios informan efectos positivos del uso de manta térmica en la producción de hortalizas, Wadas *et al.* (2004) en cultivo de papa lograron el doble de rendimiento en tubérculos, con mayor materia seca y almidón, que en plantas sin protección. Resultados similares obtuvieron Lachman *et al.* (2003) en el forzamiento de papas. Rendimientos elevados se han logrado en otros cultivos como batata (Brown *et al.*, 1998), okra (Brown *et al.*, 2000), melón (Ibarra *et al.*, 2001), tomate (Žnidarčič *et al.*, 2003), col chino (Hernández *et al.*, 2004), puerro (Kolota y Adamczewska-Sowinska, 2007), coles (Biesiada, 2008), menta, melisa (Carron *et al.*, 2008) y lechuga (Salas *et al.*, 2008).

Borosic *et al.* (1994), citan que la utilización de manta térmica como método de protección del cultivo de lechuga, proporciona aumentos significativos de la productividad en un 82% en comparación con un cultivo no protegido.

Barros Júnior *et al.* (2004) evaluaron el rendimiento de lechuga cultivar Tainá y Babá en túneles bajos cubiertos con manta térmica de diferentes densidades (13 y 40 g.m⁻²) y un testigo sin cobertura. Los cultivos protegidos con manta de 40 g.m⁻² presentaron mejor desempeño en altura de planta, diámetro, número de hojas y productividad.

En un estudio similar, Lima de Oliveira *et al.* (2006) en condiciones de alta temperatura y radiación solar, evaluaron el desempeño de cultivares de lechuga con manta térmica colocada directamente sobre el cultivo, con una estructura de soporte en forma de túnel y un testigo sin cobertura, determinando que el uso de la cobertura en forma de túnel, independientemente del cultivar, proporcionó una mayor productividad debido a que actuó como sombráculo reduciendo la radiación y temperatura excesiva.

Por su parte, Fernandez Otto *et al.* (2010) midieron la respuesta productiva de lechuga en cultivar Vera (tipo crespada) y Lída (tipo lisa) en sistemas protegidos con manta térmica natural (15 g.m⁻²), manta térmica blanca (17 g.m⁻²) y un testigo sin protección para la época de invierno y primavera, no encontrando diferencias entre manta térmica natural y blanca, pero en las situaciones protegidas se observó un aumento de la biomasa fresca y un mejor aprovechamiento de hojas en ambos cultivares.

Nelson y Young (1986) evaluaron el efecto del uso de manta térmica sobre la modificación de la temperatura del aire en cultivos de rábanos, cebolla, repollo, pepino, calabaza y maíz dulce, encontrando valores de 2,7 °C de aumento en temperatura mínima del aire bajo la protección de la manta con respecto al aire exterior, y destacan un mayor tiempo térmico (°Cd) en cultivos que responden a este fenómeno como el maíz dulce con aumentos de 1,5 a 2,4 veces superiores respecto a la situación al aire libre.

Silivini *et al.* (2007) en un estudio realizado sobre el comportamiento de espinaca cultivar 424 bajo dos sistemas de protección: túnel bajo de polietileno y manta térmica, más un testigo sin protección, arrojó diferencias significativas de rendimiento en las situaciones protegidas respecto al testigo, siendo los resultados de 17,29 t.ha⁻¹, 16,78 t.ha⁻¹ y 11,35 t.ha⁻¹ para túnel bajo de polietileno, manta térmica y testigo, respectivamente. Además, se logró mayor precocidad en el cultivo con un acortamiento del ciclo de 15 días a favor de las situaciones protegidas

Sin embargo, Suárez Rey *et al.* (2009) comparando el uso de manta térmica y una situación testigo al aire libre en cultivo de ajo, determinaron que la longitud del ciclo del

cultivo se redujo bajo la cobertura con manta térmica debido al incremento de la temperatura del aire en 2,4 °C. Las plantas presentaron una mayor área foliar debido a la reducción de la radiación fotosintéticamente activa incidente en un 35%, pero el rendimiento comercial final del cultivo fue superior en la situación al aire libre.

El cinturón hortícola de Río Cuarto (Córdoba) ha experimentado importantes transformaciones tecnológicas en los últimos años, principalmente con el empleo de semillas de alto potencial genético y elevado costo, demandando una alta eficiencia en todas las etapas de producción del cultivo de lechuga. De acuerdo a los antecedentes expuestos precedentemente, resulta de interés la profundización de investigaciones tendientes a determinar con mayor precisión cual es el efecto de la utilización de diferentes bandejas multiceldas sobre la calidad final de los plantines de lechuga, así como también conocer la influencia que tiene el empleo de mantas térmicas sobre el microambiente, la precocidad y rendimiento final del cultivo en las condiciones de producción de Río Cuarto. Actualmente, los resultados productivos son erráticos, no existiendo estudios que demuestren el impacto que tiene esta tecnología sobre el proceso productivo.

CAPÍTULO 2: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1 Hipótesis

Para el desarrollo de la experimentación adaptativa se proponen la siguiente hipótesis:

- Existe una interacción entre los diferentes volúmenes de celda y la utilización de manta térmica como medida de protección que permite alcanzar el mayor rendimiento del cultivo de lechuga en el cinturón hortícola de Río Cuarto.

2.2 Objetivo general

- Evaluar la calidad de plantines y protección con manta térmica en un cultivo de lechuga a campo para el cinturón hortícola de Río Cuarto.

2.3 Objetivos específicos

- Determinar las variables que definen la calidad del plantín como indicadores del volumen de celda más adecuado de las diferentes bandejas de germinación.
- Cuantificar las variables ambientales en el ambiente de un cultivo de lechuga a campo bajo la protección con manta térmica y fuera de la misma.
- Analizar el efecto de interacción entre los diferentes volúmenes de celdas y el uso de manta térmica a campo sobre la producción de biomasa aérea durante el ciclo del cultivo y su rendimiento a cosecha.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

El ensayo se realizó en el Campo de Docencia y Experimentación de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado sobre la Ruta Nacional 36, Km 601, (33° 07' Latitud Sur, 64° 14' Longitud Oeste, 421 m.s.n.m.), Departamento Río Cuarto, Córdoba (Argentina). El suelo del sitio es de textura franca arenosa, clasificado como Haplustol típico y de aptitud agrícola (Cantero *et al.*, 1986). La descripción del perfil y sus constantes hídricas se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción del perfil de suelo del Campo de Docencia y Experimentación. U.N.R.C. Río Cuarto.

Horizontes	Profundidad (mm)	Da (gr.cm ⁻³)	Wc (cm ³ .cm ⁻³)	Wm (cm ³ .cm ⁻³)	Wu (cm ³ .cm ⁻³)
A1	0 - 50	1,23	25,49	10,44	15,04
A2	51 - 200	1,32	28,67	14,34	14,34
Bw1	201 - 360	1,36	30,18	14,12	16,06
Bw2	361 - 600	1,26	24,71	11,45	13,26
BC	601 - 810	1,26	22,54	10,19	12,35
C	811 - 990	1,26	23,34	9,99	13,34

Referencias: Da: densidad aparente. Wc: contenido volumétrico de agua a -0,3 bares. Wm: contenido volumétrico de agua a -15 bares. Wu: contenido volumétrico de agua útil. Rivetti (2006).

Previo a la implantación del cultivo se realizó un análisis de suelo en el sitio del ensayo para determinar las características de las principales variables edáficas. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Contenido de nitrógeno de nitratos, nitratos, humedad, materia orgánica, fósforo y pH hasta los 20 cm de profundidad.

Profundidad	N-NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	H°	MO	P	pH
cm	ppm	ppm	%	%	ppm	
0 a 10	14,60	64,68	16,49	1,62	22,70	6,59
10 a 20	14,76	65,39	19,09	1,91	24,50	6,41

3.1 Determinación de las variables que definen la calidad del plantín

El estudio se llevó a cabo durante dos años en la estación otoño-invernal. La variedad empleada fue tipo mantecosa (*Lactuca sativa* var. *capitata*) cultivar Dolly. La siembra se realizó en forma manual y en bandejas de germinación que se colocaron hasta

el trasplante a campo en un invernadero tipo capilla de estructura metálica y cobertura de policarbonato, de 6 m de ancho, 20 m de largo y 4 m de altura a la cumbre con sistema de ventilación forzado. Dentro del invernadero se registraron los valores de temperatura del aire cada 60 minutos mediante un equipo Data Loggers de 16 canales. El sustrato utilizado en las bandejas fue a base de turba enriquecida con aditivos de la marca comercial Kekkilä. Las bandejas recibieron riegos diarios en forma manual. Las fechas de siembra de cada año del estudio fueron el 04/04/2012 y 23/05/2014; de aquí en adelante denominados ciclo 1 y ciclo 2, respectivamente.

Los tratamientos a evaluar se correspondieron con distintas bandejas de germinación según el volumen de celdas:

- Volumen de 24 cm³ (24 cm³)
- Volumen de 13 cm³ (13 cm³)
- Volumen de 7 cm³ (7 cm³)

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con tres tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental se correspondió con el tamaño de la bandeja de germinación (54,5 cm de largo y 28 cm de ancho) y los distintos volúmenes de celda. (Figura 1).

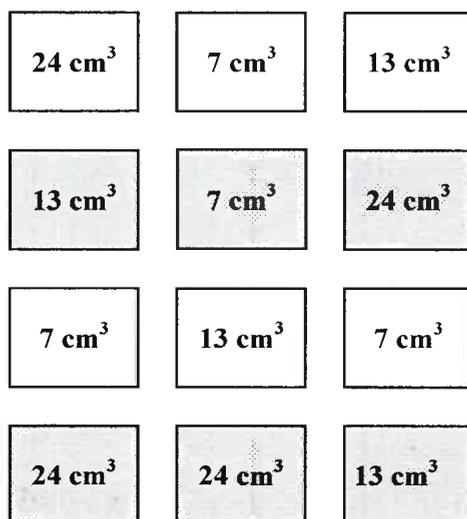


Figura 1. Esquema del experimento completamente aleatorizado y disposición de las unidades experimentales.

Para realizar las mediciones de las variables morfológicas se extrajeron muestras semanales de 10 plantines de lechuga correspondientes a cada tratamiento a partir de los 15

días posteriores a la siembra hasta el momento del trasplante a campo, el cual se realizó cuando los plantines alcanzaron de cuatro a seis hojas verdaderas.

Una vez extraídos los plantines, se lavaron sobre un tamiz para eliminar el sustrato adherido a las raíces y se colocaron sobre una escala graduada para determinar la longitud de hojas (cm), la cual se midió desde la inserción de las hojas en el cuello de la plántula hasta el extremo apical de las mismas y la longitud de raíces (cm) que se midió desde la inserción de la primera raíz hasta el extremo distal de las mismas. Por otra parte, se determinó en forma visual el número de hojas considerando sólo aquellas que se encontraban totalmente desplegadas.

Para la determinación de la biomasa aérea y radicular se cortaron los plantines en la base de inserción de las hojas y se evaluó el peso verde y seco de la parte aérea, y en forma separada el peso verde y seco de las raíces (g.) utilizando una balanza marca Mettler BB240. Para la determinación del peso seco las muestras se secaron en estufa a 70 °C hasta lograr peso constante.

3.2 Cuantificación de las variables ambientales en el cultivo de lechuga con y sin protección

La preparación de la parcela del ensayo a campo, previo al trasplante, se realizó en forma mecánica con una rastra de discos de doble acción y rolo desterrador, posteriormente se niveló manualmente con el uso de azadas. El trasplante se efectuó en forma manual con la ayuda de marcadores en un marco de plantación de 0,35 m entre hileras y 0,25 m entre plantas para los tres volúmenes de celdas, lo cual representó una densidad de 114.286 pl.ha⁻¹.

Los tratamientos en la etapa experimental de campo se correspondieron con los volúmenes de celda de las bandejas de germinación y la utilización de manta térmica como medida de protección del cultivo, siendo éstos los siguientes:

- Volumen de 24 cm³ con manta térmica (24 cm³ c/mt)
- Volumen de 13 cm³ con manta térmica (13 cm³ c/mt)
- Volumen de 7 cm³ con manta térmica (7 cm³ c/mt)
- Volumen de 24 cm³ sin manta térmica (24 cm³ s/mt)
- Volumen de 13 cm³ sin manta térmica (13 cm³ s/mt)
- Volumen de 7 cm³ sin manta térmica (7 cm³ s/mt)

La densidad de la manta térmica utilizada fue de 17 gr.m^{-2} y se colocó al momento del trasplante a campo. El diseño experimental fue en parcelas divididas siendo la parcela principal la cobertura con manta térmica (presencia o ausencia de la misma), y la subparcela los volúmenes de celda: 24 cm^3 , 13 cm^3 y 7 cm^3 .

Los tratamientos se arreglaron en un diseño de bloques totalmente aleatorizados con tres repeticiones. El tamaño de la parcela principal fue de $13,11 \text{ m}^2$ y la subparcela de $4,37 \text{ m}^2$. La unidad de muestreo fue de $1,57 \text{ m}^2$. (Figura 2).

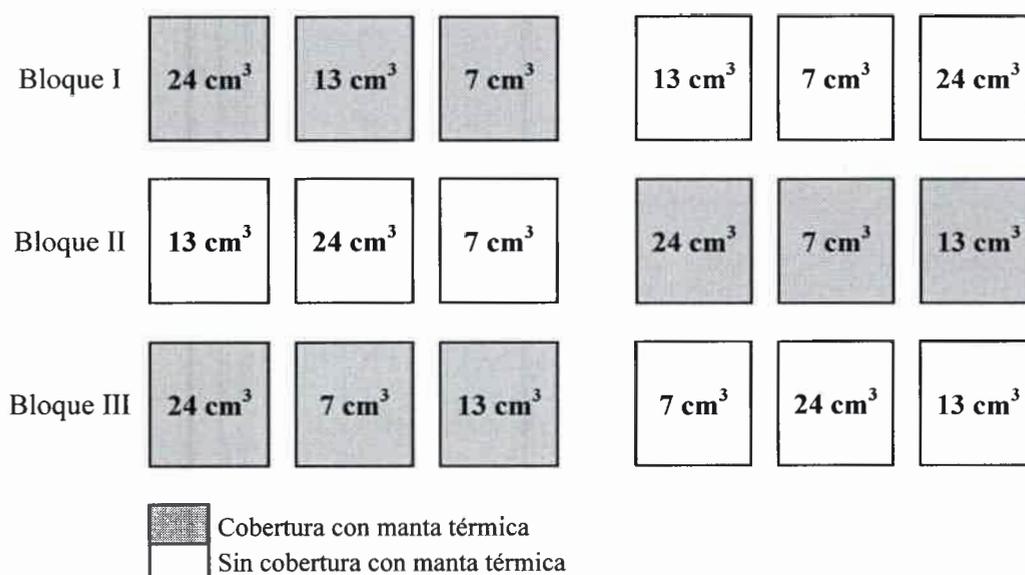


Figura 2. Esquema del diseño experimental en parcelas divididas del experimento a campo.

Los riegos se efectuaron cuando el agua útil en los primeros $0,50 \text{ m}$ del perfil de suelo se redujo hasta un 60% de su valor total. La dinámica del agua en el suelo y la determinación del momento de riego se efectuó a través del método propuesto por Gil y Martelotto (1993) mediante la ecuación 1:

Ecuación 1:

$$ETR = ETP \times Kc$$

ETR: Evapotranspiración Real (mm.día^{-1})

ETP: Evapotranspiración Potencial (mm.día^{-1})

Kc: Coeficiente de cultivo

La evapotranspiración potencial (ETP) se obtuvo mediante el método de Penman-Monteith y una vez alcanzado el umbral mencionado, señalado por la pérdida de agua por

evapotranspiración real del cultivo, se efectuó la aplicación de un riego hasta lograr capacidad de campo estableciendo así una condición sin estrés hídrico durante el ciclo del cultivo. Los datos necesarios para el cálculo de la ETP y las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo fueron proporcionados por la estación meteorológica ubicada en el Campo de Docencia y Experimentación de la F.A.V.-U.N.R.C.

El sistema de riego fue por goteo, constituido por una tubería de Polietileno de Baja Densidad (P.E.B.D.) ubicada en la cabecera de las líneas de plantación en la cual se colocaron cintas de riego por goteo mediante el uso de conectores. Estas fueron dispuestas en cada una de las hileras de plantación con goteros distanciados a 0,10 m. El caudal de los goteros fue de 0,85 L.h⁻¹.

Para evaluar las modificaciones que generó la utilización de la manta térmica se efectuaron mediciones de radiación fotosintéticamente activa, temperatura del aire y humedad relativa del aire durante el ciclo del cultivo en el ambiente protegido por la manta térmica y fuera del efecto protector de la manta.

3.2.1 Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)

Se determinó la fracción de la RFA interceptada por la manta térmica y el cultivo. Para ello, se utilizó una barra de radiación BAR-RAD 100 con sensores LICOR colocada en forma paralela a las líneas de plantación, y las mediciones se efectuaron de la siguiente manera: En los tratamientos bajo la cobertura con manta térmica se midió la RFA incidente por encima de la manta, por debajo de ésta y encima del canopeo del cultivo, y por debajo del canopeo del cultivo. Para los tratamientos sin cobertura con manta térmica, las mediciones se efectuaron por encima del canopeo del cultivo y por debajo del mismo. En todas las mediciones se realizaron tres repeticiones.

Las observaciones se efectuaron durante el ciclo del cultivo con una frecuencia semanal, sólo bajo condiciones de cielo despejado y durante las horas próximas al mediodía solar, lo que permitió homogeneizar las mediciones (De la Casa *et al.* 2007). La transmisividad de la RFA debajo de la manta térmica se determinó mediante la ecuación 2:

Ecuación 2:

$$TRFA_{mt} = \left(\frac{RFA_1}{RFA_o} \right) \times 100$$

Donde:

TRFAmt: Transmisividad de la RFA debajo de la manta térmica (%).

RFAo: RFA sobre la manta térmica ($\text{MJ}^{-1}\text{m}^{-2}\text{día}^{-1}$).

RFA1: RFA bajo la manta térmica ($\text{MJ}^{-1}\text{m}^{-2}\text{día}^{-1}$).

Respecto a la RFA interceptada por parte del cultivo se determinó utilizando la ecuación 3 de la siguiente manera:

Ecuación 3:

$$RFA_{cult} = \left(1 - \frac{RFA2}{RFA1}\right) \times 100$$

Donde:

RFAcult: RFA interceptada por el cultivo (%)

RFA2: RFA bajo el canopeo del cultivo ($\text{MJ}^{-1}\text{m}^{-2}\text{día}^{-1}$).

RFA1: RFA sobre el canopeo del cultivo ($\text{MJ}^{-1}\text{m}^{-2}\text{día}^{-1}$).

3.2.2 Temperatura del aire

La temperatura del aire se midió utilizando un equipo Data Loggers de 16 canales que registró los valores de temperatura cada 60 minutos. Los sensores se colocaron desde el momento de trasplante hasta la cosecha sobre un soporte plástico a una altura de 0,15 m sobre el nivel del suelo y entre las líneas de cultivo. Se efectuaron mediciones en el ambiente protegido con manta térmica y fuera de la misma con tres repeticiones.

3.2.3 Humedad relativa del aire

La humedad relativa del aire se midió utilizando un termo-higro anemómetro digital marca Skywatch (Atmos) en forma manual con tres repeticiones, colocando el instrumento a 0,15 m sobre la superficie del suelo, entre las líneas de cultivo y realizando una lectura directa del mismo. La frecuencia de mediciones fue semanal desde el momento de trasplante hasta la cosecha del cultivo en las horas próximas al mediodía solar.

3.3 Producción de biomasa aérea total del cultivo de lechuga durante el ciclo productivo y rendimiento a cosecha

Para determinar la evolución de la producción de biomasa en peso fresco individual de la parte aérea durante el ciclo del cultivo se recolectaron 12 plantas de cada tratamiento en forma manual, mediante muestreos semanales, cortándose las mismas a nivel del suelo sin extraer raíces. Las curvas de crecimiento obtenidas se contrastaron mediante pruebas de homogeneidad de pendientes con el programa GraphPad Prism.

El momento de la cosecha del cultivo se efectuó a los 116 y 100 ddt para el ciclo 1 y 2, respectivamente, cuando se logró alcanzar un diámetro de planta de 25 a 30 cm, características determinadas según los requerimientos del mercado local respecto a la variedad en estudio. Las muestras individuales se pesaron en fresco utilizando una balanza marca Mettler BB240.

3.4 Eficiencia de Uso de la Radiación Fotosintéticamente Activa (EUR)

La eficiencia de uso de la radiación (EUR) se obtuvo relacionando el peso seco de la biomasa total aérea acumulada a cosecha con la RFA interceptada por el cultivo durante su ciclo mediante la ecuación 4 (Carcova *et al.*, 2003).

Ecuación 4:

$$EUR = \frac{BTa\acute{e}rea}{RFAicult}$$

Donde:

EUR: Eficiencia en el uso de la radiación ($g\ m^{-2}\ MJ^{-1}$).

BTaérea: Biomasa total aérea en peso seco ($g\ m^{-2}$).

RFAicult: RFA interceptada por el cultivo durante el ciclo ($MJ\ m^{-2}$)

3.5 Tiempo térmico

Para la determinación del tiempo térmico (TT) se utilizó la ecuación 5 propuesta por Miralles *et al.* (2003).

Ecuación 5:

$$TT\ (^{\circ}Cd) = \sum (Tm - Tb)$$

Donde:

Tm: Temperatura media diaria (°C)

Tb: Temperatura base (°C). Se consideró un valor de 3 °C (Dapoigny *et al.*, 1996).

Todos los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante el programa Infostat (Di Rienzo, 2011), aplicando análisis de varianza y comparación de medias con el test de Fisher ($p \leq 0,05$) y se efectuaron test de homogeneidad de pendientes con el programa GraphPad Prism versión 5.0 para Windows, California (USA). En anexo se muestran los resultados estadísticos completos e imágenes ilustrativas del ensayo.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación de las variables que definen la calidad del plantín

Los plantines obtenidos en celdas de mayor volumen presentaron una mayor biomasa aérea y radicular, alcanzando antes el tamaño adecuado para la operación del trasplante. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por otros autores en lechuga, Seabra Jr. *et al.* (2002), Resende *et al.* (2003), Marquez *et al.* (2003), Alamo *et al.* (2006) y Juri *et al.* (2009), y en otros cultivos hortícolas, López (2002) en zapallito italiano, Silva *et al.* (2007) en radicchio, Moraes Echer *et al.* (2007) en remolacha y Vagnoni *et al.* (2014) en tomate. A continuación se describe el efecto del volumen de celdas sobre cada una de las variables empleadas para definir la calidad del plantín.

4.1.1 Número de hojas

El número de hojas de un plantín constituye un indicador importante del momento de trasplante, se recomienda efectuar esta operación entre 4 y 6 hojas verdaderas (Pimpini *et al.*, 2002), condición que en el presente ensayo, fue alcanzada a los 37 y 49 días después de la siembra (dds) para el ciclo 1 y 2, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Número de hojas promedio al momento del trasplante obtenidas para los diferentes volúmenes de celdas durante el ciclo 1 (a) y 2 (b).

Volumen de celdas (cm ³)	Nº de hojas	
	Ciclo 1	Ciclo 2
24	6,0 a	5,5 a
13	5,3 b	4,9 b
7	5,0 b	4,0 c
R ²	0,27	0,68
C.V.	13,30	9,32
<i>p</i> value	0,0138	<0,0001

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas según test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Al comparar las diferentes bandejas de germinación se observó una clara respuesta con diferencias estadísticas significativas en el desarrollo foliar de los plantines a favor de aquellas con celdas de mayor volumen de sustrato disponible. Este aumento en la disponibilidad de recursos y espacio físico para la exploración de las raíces produjo una

respuesta positiva en la producción de hojas, lográndose alcanzar un mayor número en las bandejas con celdas de 24 cm³, seguidos por los obtenidos en 13 cm³ y 7 cm³ en los dos ciclos de producción analizados. Los resultados coinciden con los obtenidos en lechuga por Marques *et al.* (2003), Resende *et al.* (2003) y Machado *et al.* (2008) que evaluaron los mismos volúmenes en distintas localidades de Brasil.

El análisis de la tasa de desarrollo de hojas en función de la temperatura acumulada o tiempo térmico (TT) mediante pruebas de homogeneidad de pendientes demostró que existieron diferencias significativas favorables al aumento del volumen de celdas en el ciclo 1 ($p < 0,004$) y ciclo 2 ($p < 0,0001$). Los plantines obtenidos en celdas de 24 cm³ mostraron una tasa de desarrollo de 0,013 hojas.°Cd (ciclo 1) y 0,011 hojas.°Cd (ciclo 2) siendo siempre superiores a los manifestados por los volúmenes de 13 y 7 cm³, esto demuestra que alcanzarían en un menor tiempo el número de hojas recomendado para la realización del trasplante. En la figura 3 se muestra la dinámica del desarrollo de hojas en relación al TT desde la siembra hasta el momento del trasplante y los valores de las regresiones lineales correspondientes a cada celda y ciclo de estudio.

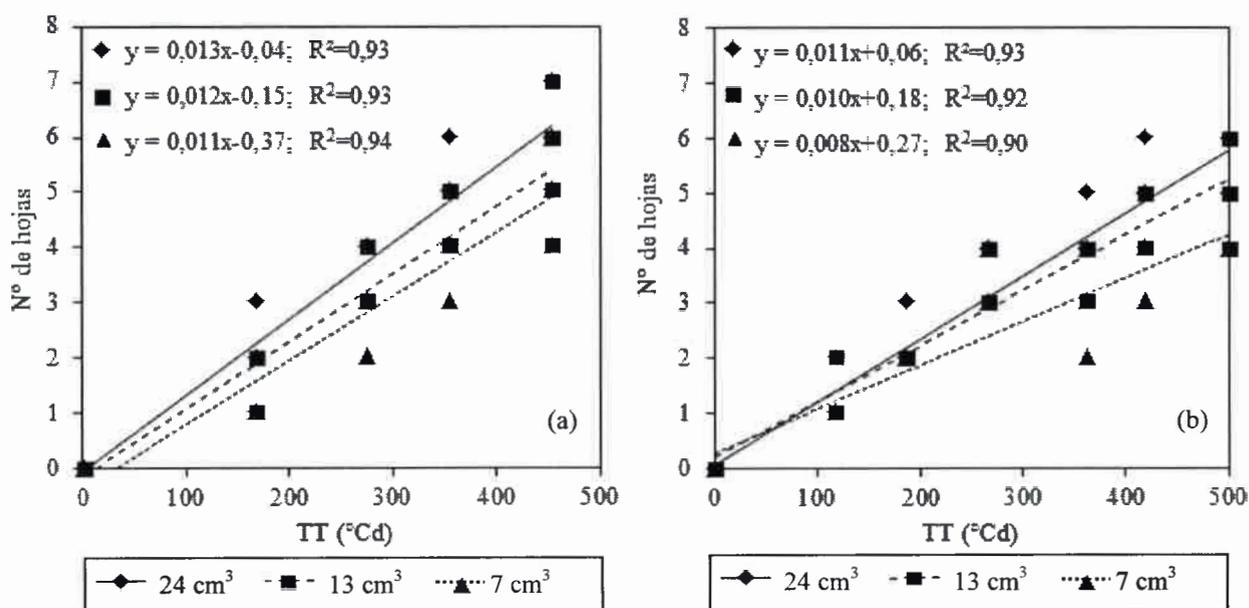


Figura 3. Efecto de los diferentes volúmenes de celdas (24 cm³, 13 cm³ y 7 cm³) sobre el número de hojas de plantines de lechuga en función del TT (°Cd) correspondientes al ciclo 1 (a) y 2 (b).

A medida que se alcanza con mayor rapidez el número de hojas adecuado para el trasplante se reduce el tiempo de permanencia del plantín en la bandeja, y con ello se logran reducir múltiples factores que pueden afectar la calidad final del plantín, tales como

riesgo de ocurrencia de enfermedades, ataques de plagas, envejecimiento, problemas de restricción radicular, costos de producción, entre otros (Leskovar, 2001).

Por otra parte, al momento del trasplante se observaron indicios de envejecimiento en las hojas basales de algunos plantines obtenidos en las celdas de 7 cm³, lo que se manifestó a través de un amarillamiento y necrosado de las mismas. Esto indicaría que ante cualquier causa externa que retrase o impida ejecutar a tiempo la operación de trasplante, los plantines producidos en celdas de reducido volumen están expuestos a un mayor riesgo de envejecimiento, una mayor probabilidad de ocurrencia de enfermedades fúngicas que ataquen las hojas inferiores y determinen pérdidas de calidad en el plantín, o incluso la muerte del mismo.

4.1.2 Longitud de hojas

La longitud de las hojas respondió significativamente a la variación del volumen de las celdas, en ambos ciclos de producción el incremento del volumen aumentó la longitud de las hojas de los plantines.

Las diferencias encontradas fueron estadísticamente significativas siendo éstas de mayor magnitud principalmente en el ciclo 1, en esta situación los plantines desarrollados en celdas de 24 cm³ alcanzaron a duplicar la longitud de hojas al momento del trasplante con respecto a los obtenidos en celdas de 7 cm³, asimismo, en el ciclo 2 se manifestó la misma tendencia (Tabla 4).

Tabla 4. Longitud de hojas promedio al momento del trasplante obtenidas para diferentes volúmenes de celdas durante el ciclo 1 (a) y 2 (b).

Volumen de celdas (cm ³)	Longitud de hojas (cm)	
	Ciclo 1	Ciclo 2
24	12,95 a	7,65 a
13	9,11 b	6,66 b
7	6,54 c	4,36 c
R²	0,76	0,68
C.V.	16,58	16,07
p value	<0,0001	<0,0001

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas según test de LSD Fisher (p ≤ 0,05).

Los resultados logrados mostraron un comportamiento similar a los obtenidos por Resende *et al.* (2003) quienes a los 38 días después de la siembra midieron en plantines de

lechuga valores de longitud de hojas de 13,5; 11,1 y 11,0 cm en celdas de 24, 13 y 7 cm³, respectivamente. Una mayor disponibilidad de agua y nutrientes presentes en contenedores o celdas de mayor volumen de sustrato conlleva a un mayor crecimiento de la parte aérea de los plantines (Vavrina, 2004).

La relación entre longitud de hojas y tiempo térmico (TT) expresa la tasa de crecimiento de las hojas durante el tiempo que permanecieron los plantines en la bandeja de germinación, y en este sentido, los valores fueron siempre superiores al comparar la celda de 24 cm³ con la de 7 cm³, llegando a una magnitud tres veces superior en el ciclo 1, lo cual demuestra la importancia de contar con celdas de mayor volumen en la producción de los plantines, siendo estas diferencias significativas en ambos ciclos ($p < 0,0001$).

En la figura 4 se muestra la dinámica de la longitud de las hojas desde la siembra hasta el momento del trasplante y los valores de las regresiones lineales correspondientes a cada celda y ciclo de estudio.

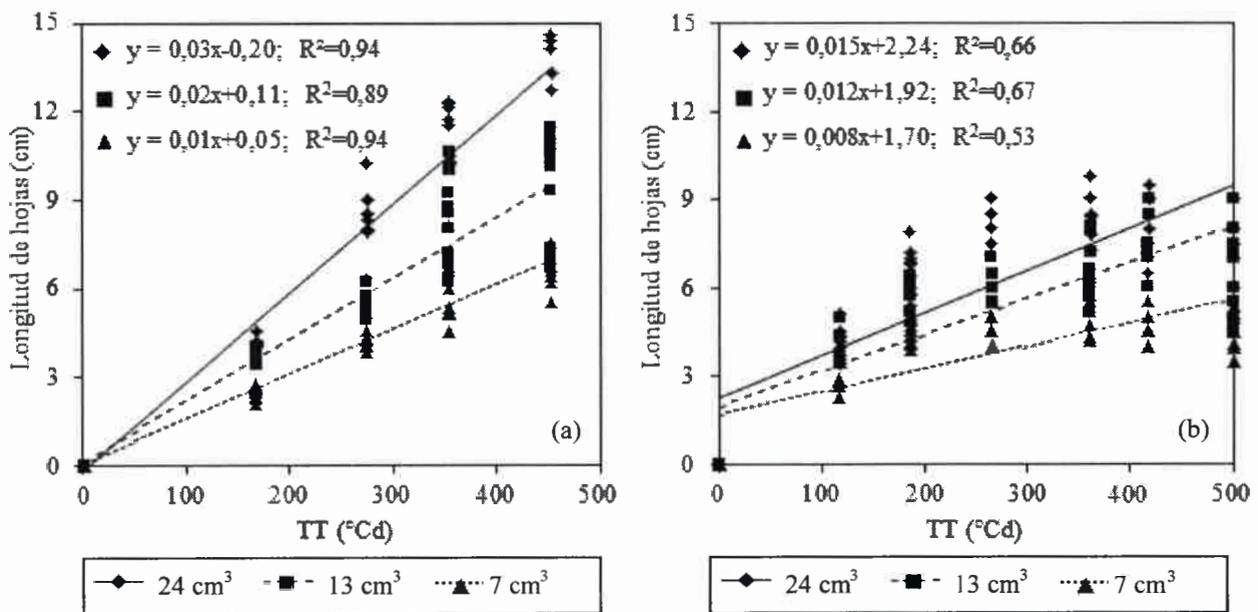


Figura 4. Efecto de los diferentes volúmenes de celdas (24 cm³, 13 cm³ y 7 cm³) sobre la longitud de las hojas de los plantines de lechuga en función del TT (°Cd) correspondientes al ciclo 1 (a) y 2 (b).

En otras experiencias con lechuga, Machado *et al.* (2008) obtuvieron respuestas semejantes para los mismos volúmenes de celdas evaluados a los 34 días después de la siembra. De igual modo, los resultados coinciden con los logrados por Moraes Echer *et al.* (2007), que midieron longitud de parte aérea de plantines de remolacha en celdas de 24 cm³ y 13 cm³, encontrando diferencias significativas a favor de las de mayor volumen.

4.1.3 Longitud de raíces

La reducción del volumen de celdas implicó una disminución de la capacidad para el almacenamiento de agua y nutrientes disponibles, además la celda en sí misma constituyó una barrera física limitando la exploración de las raíces. En este sentido, y en concordancia con lo manifestado por Leskovar (2001), pudo observarse que a medida que avanzó el tiempo de permanencia de los plantines en las bandejas de germinación, las raíces comenzaron a crecer en forma horizontal con una importante acumulación de las mismas en la base de las celdas.

La respuesta de la longitud de raíces de los plantines demostró que la celda de 7 cm³ impactó en forma negativa, restringiendo el crecimiento de las mismas, mientras que al contrastar los resultados obtenidos en celdas de 13 y 24 cm³ las diferencias no fueron significativas tanto en el ciclo 1 y 2 (Tabla 5).

Tabla 5. Longitud de raíces promedio al momento del trasplante obtenidas para diferentes volúmenes de celdas durante el ciclo 1 (a) y 2 (b).

Volumen de celdas (cm ³)	Longitud de raíces (cm)	
	Ciclo 1	Ciclo 2
24	14,34 a	10,15 a
13	14,03 a	9,93 a
7	9,12 b	7,99 b
R²	0,39	0,23
C.V.	25,34	19,96
p value	0,0013	0,0290

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas según test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Asimismo, cuando se analizó la tasa de crecimiento en longitud de raíces mediante pruebas de homogeneidad de pendientes se observó que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los volúmenes de 24 y 13 cm³ en el ciclo 1 ($p=0,929$) y 2 ($p=0,768$), por lo tanto fue posible determinar una única pendiente para ambos con un valor de 0,03 cm.día⁻¹ (ciclo 1) y 0,017 cm.día⁻¹ (ciclo 2). Por su parte, el volumen de 7 cm³ manifestó valores inferiores de 0,02cm.día⁻¹ (ciclo 1) y 0,014 cm.día⁻¹ (ciclo 2).

En la figura 5 se muestra la dinámica del crecimiento de las raíces desde siembra a trasplante y los valores de las regresiones lineales correspondientes a cada celda y ciclo de estudio.

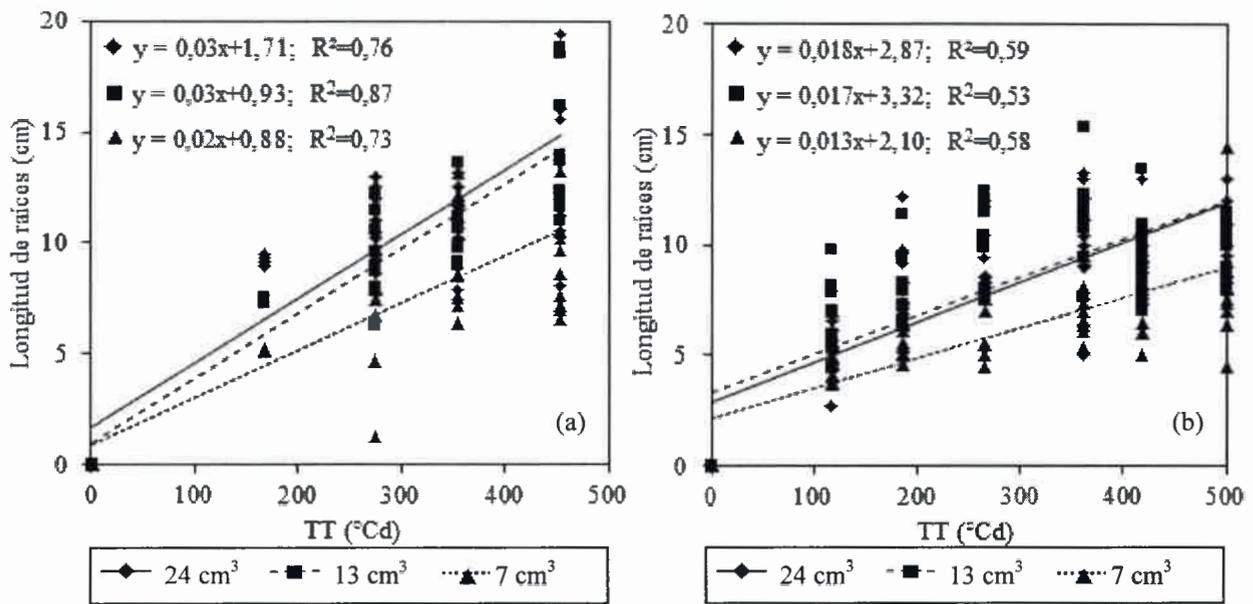


Figura 5. Efecto de los diferentes volúmenes de celdas (24 cm³, 13 cm³ y 7 cm³) sobre la longitud de las raíces de los plantines de lechuga en función del TT (°Cd) correspondientes al ciclo 1 (a) y 2 (b).

Los datos observados coincidieron con lo expresado por Leskovar *et al.* (1990), Nesmith y Duval (1998), Menezes Junior *et al.* (2000) donde un menor volumen de sustrato disponible aumentó considerablemente las probabilidades de restricción del crecimiento radicular, siendo ésta variable significativamente determinante de la calidad final del plantín. Sin embargo, la magnitud de la restricción tuvo un efecto similar sobre en la longitud de raíces entre los plantines que crecieron en las celdas de 24 y 13 cm³.

El delicado equilibrio entre raíces y parte aérea puede alterarse cuando el sistema de raíces se restringe a un pequeño volumen de celda, y el desequilibrio resultante puede tener efectos al momento del trasplante, ya que esta operación implica un estrés para los plantines, y si a ello se suman condiciones ambientales desfavorables, aquellos plantines que posean un mejor sistema radicular podrán sobrellevar de manera más adecuada la etapa de implantación, logrando un mayor stand de plantas (Leskovar *et al.*, 1990).

4.1.4 Biomasa de los plantines

El mayor peso al trasplante se logró en las celdas de 24 cm³, un desarrollo intermedio mostraron aquellos que crecieron en celdas de 13 cm³, y el menor crecimiento se produjo en las celdas de 7 cm³, en peso verde y seco de la parte aérea, radicular y total de los plantines.

El aumento de las restricciones en celdas de menor volumen evidentemente tuvo no solo una implicancia negativa sobre el crecimiento de las raíces sino también en el crecimiento de la parte aérea de los plantines. Esto afirma las aseveraciones planteadas que manifiestan que un pequeño espacio disponible dificulta el normal suministro de recursos para garantizar un óptimo crecimiento y desarrollo del plantín (Nesmith y Duval, 1998; Menezes Junior *et al.* 2000). En cambio, a medida que aumenta el volumen de celda se incrementa el crecimiento de la biomasa aérea y radical (Cantliffe, 1993).

La importancia de obtener un mayor tamaño de plantines al momento del trasplante es un factor fundamental cuando se quiere lograr precocidad de cosecha y aumentar los rendimientos, ésta característica se torna aún más significativa en los momentos del año en que existen mayores restricciones ambientales (Vagnoni *et al.* 2014), como ocurre durante las épocas de otoño-invierno en el cinturón hortícola de Río Cuarto.

Estos mismos volúmenes de celdas fueron evaluados en lechuga por Resende *et al.* (2003) y Machado *et al.* (2008) quienes obtuvieron resultados en peso fresco de plantines muy similares. Por otra parte, los análisis comparativos de homogeneidad de pendientes determinaron que la tasa de crecimiento expresada como el incremento en peso fresco de los plantines en función del tiempo térmico, siempre fueron superiores a medida que se incrementó el volumen de las celdas.

En las tablas 6 y 7 se muestran los valores promedios obtenidos al momento del trasplante en peso fresco y seco respectivamente, de la parte aérea, raíces y total de los plantines obtenidos en los diferentes volúmenes de celdas utilizadas durante el ciclo 1 y 2.

Tabla 6. Peso fresco promedio de la parte aérea, raíces y total de los plantines al momento del trasplante obtenidos para los diferentes volúmenes de celdas durante el ciclo 1 (a) y 2 (b).

Volumen de celdas (cm ³)	Peso fresco					
	Parte aérea (g.)		Raíces (g.)		Total (g.)	
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
24	2,54 a	1,16 a	0,47 a	0,41 a	3,01 a	1,58 a
13	1,11 b	0,85 b	0,37 a	0,43 a	1,48 b	1,28 a
7	0,56 c	0,33 c	0,23 b	0,19 b	0,79 c	0,52 b
R ²	0,69	0,62	0,46	0,47	0,70	0,61
C.V.	41,41	36,86	31,49	35,24	35,85	33,46
p value	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0002	<0,0001	<0,0001

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas según test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Tabla 7. Peso seco promedio de la parte aérea, raíces y total de los plantines al momento del trasplante obtenidos para los diferentes volúmenes de celdas durante el ciclo 1 (a) y 2 (b).

Volumen de celdas (cm ³)	Peso seco					
	Parte aérea (g.)		Raíces (g.)		Total (g.)	
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
24	0,14 a	0,16 a	0,02 a	0,05 a	0,16 a	0,21 a
13	0,08 b	0,12 b	0,02 a	0,05 a	0,10 b	0,17 a
7	0,05 c	0,05 c	0,01 b	0,03 b	0,06 c	0,08 b
R ²	0,66	0,54	0,42	0,43	0,66	0,54
C.V.	33,91	39,22	23,95	34,66	30,04	34,52
<i>p</i> value	<0,0001	<0,0001	0,0007	0,0005	<0,0001	<0,0001

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas según test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Durante el ciclo 1 los valores hallados en peso fresco individual fueron de 0,006 g.día⁻¹ en el volumen de 24 cm³; 0,003 g.día⁻¹ en 13 cm³ y 0,001 g.día⁻¹ en 7 cm³ ($p < 0,0001$), mientras que en el ciclo 2 los valores obtenidos fueron de 0,004; 0,003 y 0,001 g.día⁻¹ para 24 cm³; 13 cm³ y 7 cm³, respectivamente ($p < 0,0001$). En la figura 6 se muestra la dinámica del crecimiento en peso fresco desde siembra a trasplante y los valores de las regresiones lineales correspondientes a cada celda y ciclo de estudio.

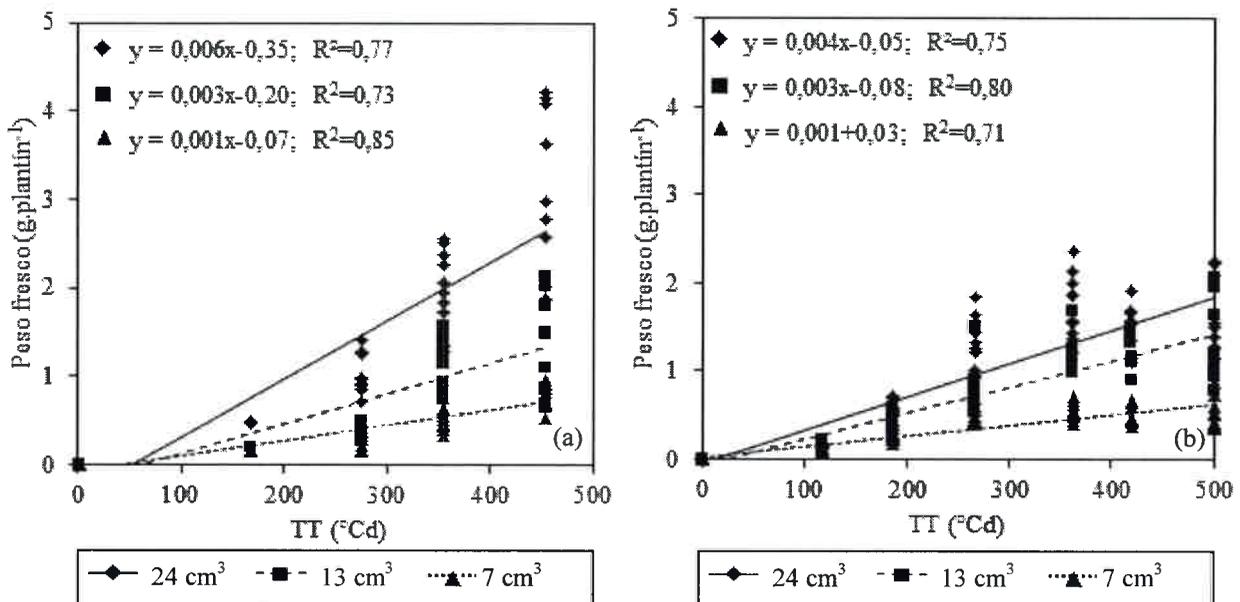


Figura 6. Efecto de los diferentes volúmenes de celdas (24 cm³, 13 cm³ y 7 cm³) sobre el peso fresco de los plantines de lechuga en función del TT (°Cd) correspondientes al ciclo 1 (a) y 2 (b).

La dinámica de la tasa de crecimiento en peso seco de los plantines presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0,0001$) a favor del aumento en el volumen de celdas. En la figura 7 se muestra la dinámica del crecimiento en peso seco desde siembra a trasplante y los valores de las regresiones lineales correspondientes a cada celda y ciclo de estudio.

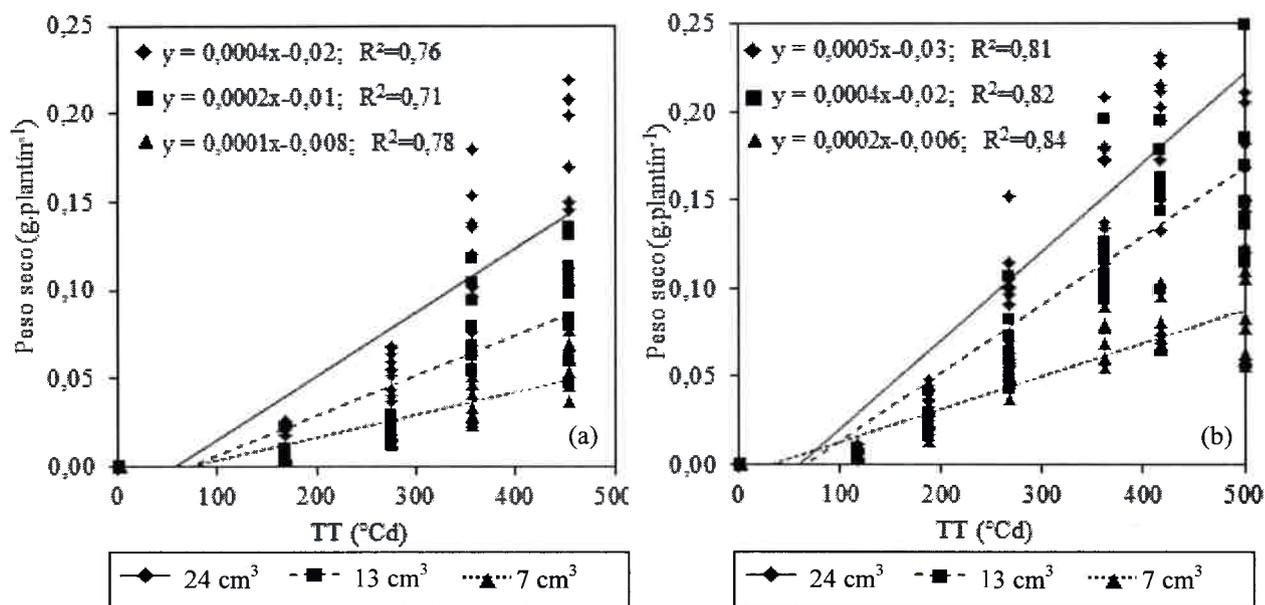


Figura 7. Efecto de los diferentes volúmenes de celdas (24 cm³, 13 cm³ y 7 cm³) sobre el peso seco de los plantines de lechuga en función del TT (°Cd) correspondientes al ciclo 1 (a) y 2 (b).

A medida que se incremento el volumen de celdas, y por ende, el espacio físico y recursos disponibles para el plantín, se logró una mayor tasa de desarrollo de hojas y crecimiento de la parte aérea, raíces y total, obteniendo una mejor calidad de plantines, manifiesta a través de una mayor longitud de hojas y raíces, este efecto de las celdas sobre los plantines permitiría alcanzar antes el momento adecuado para la operación de trasplante, reduciendo el tiempo de permanencia del plantín en la bandeja de germinación.

Por otra parte, lograr un plantín de calidad y en el momento adecuado, como los obtenidos en las celdas de 24 cm³, aumentará las probabilidades de éxito, logrando una rápida implantación al sobrellevar de mejor manera el estrés del trasplante, y además reduciendo el tiempo de exposición de las plántulas a heladas, viento y ataques de plagas primarias y secundarias, como liebres y palomas, éstas últimas muy frecuentes en la época de producción otoño-invernal en el cinturón local, cuando los alimentos son escasos, ocasionando una gran pérdida de plantines y elevados costos de reposición para los productores.

4.2 Cuantificación de las variables ambientales en el cultivo de lechuga con y sin protección

La utilización de la manta térmica como medida de protección del cultivo de lechuga a campo produjo modificaciones en las principales variables ambientales involucradas en el crecimiento y desarrollo del cultivo. La temperatura y humedad relativa del aire se incrementaron bajo la cobertura de la manta térmica, mientras que la RFA incidente sobre el cultivo disminuyó. A partir de los resultados obtenidos se determinaron modelos de ajuste lineal mediante rectas de regresión que permitieron predecir el comportamiento de las variables ambientales debajo de la cobertura con manta.

4.2.1 Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)

La transmisividad de la manta térmica es un parámetro que indica la relación entre la RFA que incide sobre este material y la RFA que atraviesa al mismo e incide sobre el cultivo y el suelo (Suárez Rey *et al.* 2009). Las mediciones de trasmisividad efectuadas debajo de la cobertura con manta desde trasplante a cosecha mostraron variaciones dentro de cada ciclo de cultivo y entre los ciclos.

El valor promedio de trasmisividad durante el ciclo 1 fue de 57,7%, mientras que en el ciclo 2 fue de 68,5%, lo cual determinó un promedio total de 63,1% con desvío estandar de 7,63 en los dos ciclos analizados.

Algunos autores obtuvieron mediciones semejantes utilizando la misma densidad de manta térmica. Guiñazú *et al.* (2011) en estudios sobre cultivo de ajo protegido con manta en Cuyo, midieron trasmisividades que oscilaron de 55 a 62%. Sá y Reghin (2008) en cultivo de achicoria obtuvieron valores de 73,9% en Ponta Grossa (Brasil), por su parte, Suárez Rey *et al.* (2009) observaron valores promedios de 65% en Andalucía (España).

A partir de los datos obtenidos se determinó un ajuste lineal mediante una recta de regresión, relacionando los valores de RFA incidente sobre el suelo y el cultivo debajo de la manta térmica (c/mt) y la RFA incidente sobre la misma (s/mt). El valor de la pendiente de la ecuación linealizada obtenido fue de 0,73, esto indicaría que por cada unidad de incremento de la RFA ($Mj.m^{-2}.día^{-1}$) que incide sobre la manta térmica, se transmiten $0,73\text{ }Mj.m^{-2}.día^{-1}$ al interior de la cobertura e inciden sobre el cultivo. El valor de R^2 indicó un ajuste del 93%. (Figura 8).

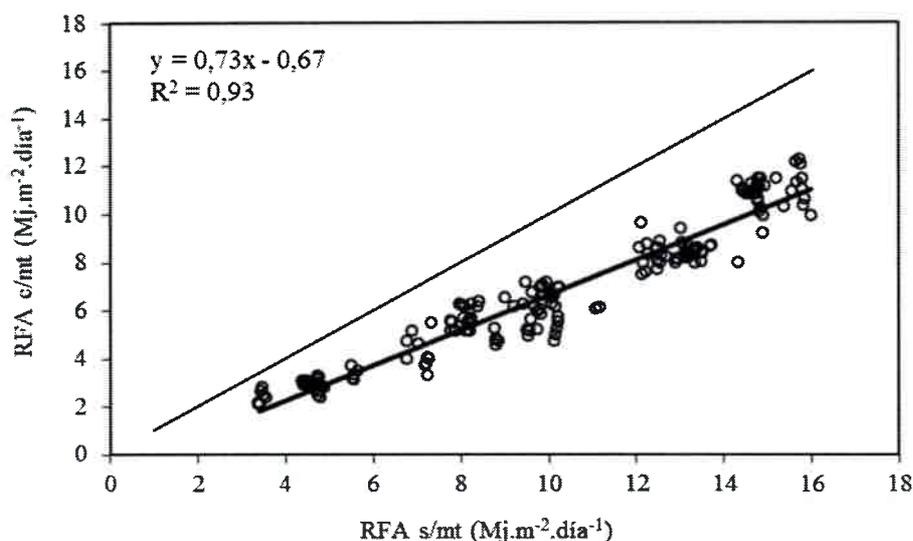


Figura 8. Relación entre la RFA incidente sobre el suelo y el cultivo bajo la manta térmica (c/mt) y RFA incidente sobre la misma (s/mt) expresados en $\text{Mj. m}^{-2}.\text{día}^{-1}$.

Los valores de transmisividad de la manta térmica no son constantes en el tiempo, ya que a consecuencia de la exposición al ambiente se va produciendo una sensible reducción de la misma, principalmente por la adherencia de polvo, condensación de agua y envejecimiento del material, así como también se producen variaciones normales según la hora del día y época del año, debido a la inclinación de los rayos solares (Suárez Rey *et al.* 2009).

A pesar de la reducción en la RFA que ocasiona el uso de esta cobertura, está demostrado que una de las ventajas más importantes es el aumento de los rendimientos en los cultivos (Lachman *et al.* 2003; Wadas *et al.* 2004; Hernández *et al.* 2004; Kołota y Adamczewska-Sowinska, 2007; Biesiada, 2008; Salas *et al.* 2008). En experiencias similares con cultivo de lechuga, Lima de Oliveira *et al.* (2006) utilizando manta térmica en forma de túnel lograron aumentar en promedio un 38% los rendimientos de diferentes cultivares a pesar de la reducción de la RFA que ejerció la cobertura.

4.2.2 Temperatura del aire

La temperatura del aire se incrementó en el ambiente protegido con la manta térmica durante todo el ciclo del cultivo. Este aumento de la temperatura se debe principalmente al efecto invernadero de la cobertura y la reducción del viento que disminuye el transporte turbulento (Mermier *et al.* 1995; Fitzgerald y Stiltz, 2005).

Los resultados de las mediciones demostraron que existió un comportamiento diferencial cuando se contrastaron los valores de temperatura mínima y máxima diaria alcanzados debajo de la manta térmica respecto a la condición al aire libre. En el momento que ocurría la temperatura máxima diaria, el incremento debajo de la manta fue más significativo comparativamente con el incremento producido durante el momento en que ocurría la temperatura mínima. En este sentido, bajo la cobertura con manta se lograron aumentos promedios de 1,1 °C en temperatura mínima en el ciclo 1 y 2, mientras que en temperatura máxima los valores promedios alcanzados fueron de 2,9 y 3,2 °C en el ciclo 1 y 2, respectivamente.

Una vez obtenidos los datos durante los ciclos evaluados se determinó un ajuste lineal mediante una recta de regresión, relacionando los valores de temperatura mínima, media y máxima del aire en el ambiente bajo la manta térmica (c/mt) y la temperatura al aire libre (s/mt). El valor de las constantes de la ecuación linealizada presentó una pendiente de 1,13, lo cual indicaría que por cada °C de incremento de la temperatura del aire se produciría un aumento de 1,13 °C debajo de la cobertura con manta térmica. El valor de R^2 indicó un ajuste del 91%. (Figura 9).

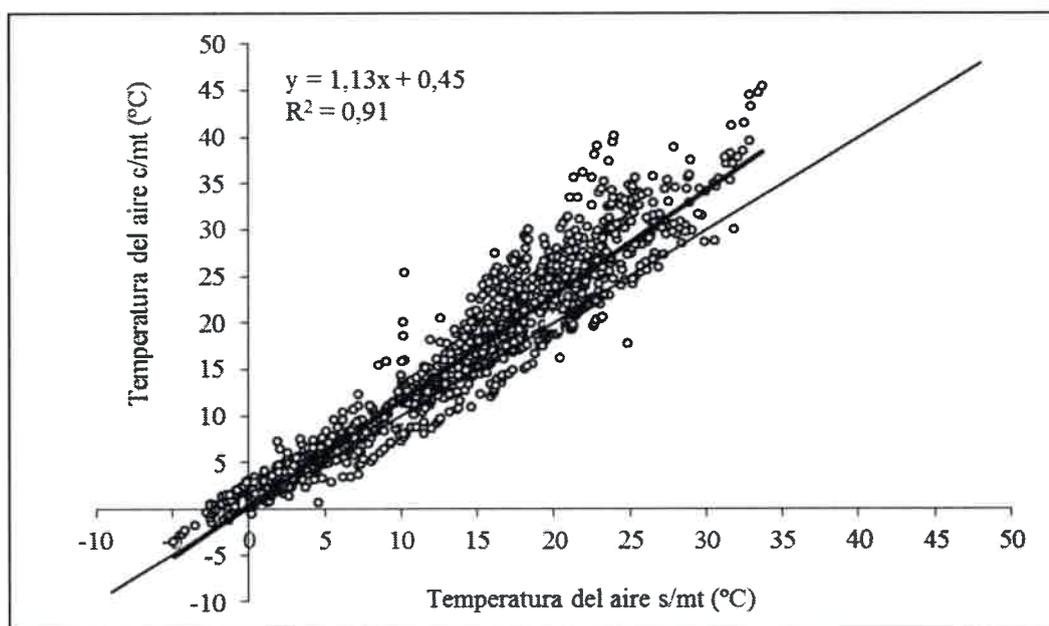


Figura 9. Relación entre la temperatura del aire en el ambiente bajo la manta térmica (c/mt) y la temperatura del aire libre expresada en °C.

El incremento diferencial de la temperatura fue también demostrado por Nelson y Young (1986) quienes obtuvieron en promedio aumentos de 1,51 °C en temperatura

mínima y 4,3 °C en temperatura máxima debajo de la manta. Abbas (1986) midió en cultivo de lechuga protegido con manta térmica incrementos promedios en temperatura mínima, máxima y media de 0,6; 2 y 1,3 °C, respectivamente. Por su parte, Iapichino *et al.* (2010) en el mismo cultivo hallaron incrementos promedio de 1,5 °C en temperatura mínima y 5 °C en máxima.

El aumento de la temperatura del aire acelera los procesos biológicos de la planta determinando una mayor precocidad en el cultivo por sus efectos sobre la tasa de desarrollo (Reghin *et al.* 2002, 2003; Feltrin *et al.* 2003, 2006) reduciendo el tiempo a cosecha y permitiendo un mayor número de ciclos de cultivo en el año.

4.2.3 Humedad relativa del aire

El análisis de la humedad relativa del aire demostró que los valores debajo de la manta fueron superiores respecto a la humedad del aire exterior, en promedio los incrementos fueron de un 6,7 y 8,5%, con valores máximos que alcanzaron hasta 10,8 y 15,7% en el ciclo 1 y 2, respectivamente.

La temperatura del aire debajo de la manta térmica es mayor respecto a la exterior, esto definitivamente impacta sobre el contenido de humedad relativa y absoluta del aire, ya que ambos factores se relacionan directamente con la temperatura. A medida que la temperatura se incrementa aumenta su capacidad para contener vapor de agua y por lo tanto a un mismo valor de humedad absoluta se produce un descenso de la humedad relativa del aire (Fuentes Yagüe, 1987).

Sin embargo, al incrementarse el balance de energía en el ambiente protegido con manta, probablemente se produjo una mayor evaporación de agua desde suelo lo cual aportó humedad al ambiente debajo de la cobertura aumentando el valor de humedad absoluta y relativa del aire.

Durante el período nocturno, cuando la temperatura del aire desciende, una parte de la humedad se condensa, incluso antes de alcanzar valores inferiores a 0 °C, el calor desprendido retrasa el proceso de enfriamiento, reduciendo el efecto de la baja temperatura sobre el cultivo (Fuentes Yagüe, 1987).

Estos efectos que la manta térmica puede producir sobre la humedad del aire retarda el enfriamiento del aire por liberación de calor latente del agua al condensarse (600 cal.g⁻¹) o al congelarse (80 cal.g⁻¹). Esta energía no es suministrada si el aire está seco, y por ende el riesgo de helada es mayor. Además la emisividad del aire aumenta con la

humedad, reduciendo la posibilidad de ocurrencia de heladas (González Arancibia e Hidalgo Pizarro, 2009).

Por otro lado, coincidiendo con lo manifestado por Mermier *et al*, (1995) y Fitzgerald y Stiltz (2005), se observó una reducción de la incidencia del viento debajo de la manta, esto contribuye a mantener un ambiente más húmedo. La pendiente de la ecuación linealizada fue de 0,95, por lo cual, por cada unidad de incremento (%) de la humedad del aire se produce un aumento de 0,95 debajo de la cobertura con manta térmica con una ordenada al origen de 7,32. El valor R^2 indicó un ajuste del 93% (Figura 10).

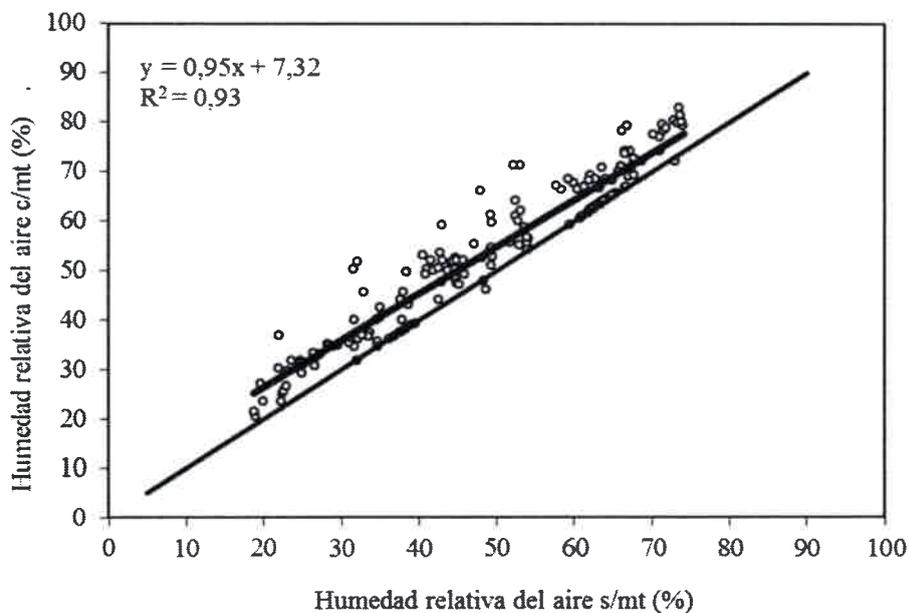


Figura 10. Relación entre la humedad relativa del aire (%) en el ambiente bajo la manta térmica (c/mt) y la humedad relativa (%) del aire libre (s/mt).

Por otra parte, se observó en situaciones de muy baja temperatura que la ocurrencia de una helada bajo la cobertura de la manta fue inevitable. A pesar de ello, el proceso de descongelamiento de las plantas de lechuga ocurrió con mayor lentitud en comparación con las plantas que crecieron al aire libre, ya que se encuentran menos expuestas a la radiación solar, en un ambiente con mayor humedad y ausencia de viento debido a la cobertura. Este descongelamiento paulatino permitiría a la planta recuperarse del proceso de deshidratación que genera el fenómeno y minimizar sus efectos adversos sobre la calidad del cultivo.

4.3 Aportes de agua desde trasplante a cosecha

La lámina total de agua aportada al cultivo en el ciclo 1 fue de 276 mm, 117 mm aportados por las precipitaciones y 159 mm mediante riego por goteo en 12 aplicaciones. En el ciclo 2 se aplicó una lámina total de 312 mm, siendo las precipitaciones de 48 mm, y el aporte mediante riego por goteo de 264 mm en 14 aplicaciones. En ambos ciclos se trasplantó el cultivo con un contenido inicial de humedad del suelo a capacidad de campo. Si bien el consumo de agua depende principalmente de la época del año, variedad y prácticas de manejo, el aporte hídrico realizado fue suficiente e incluso superó en gran medida los valores recomendados para este cultivo. Según Rincón y Sáez (1997) y Rincón (2001) para lechugas tipo *capitata* el consumo de agua promedio es de 160 mm.

En las figuras 11 y 12 se muestra la evolución del contenido hídrico del suelo hasta los 0,50 m de profundidad, las constantes hídricas y la distribución de las precipitaciones y riegos en cada uno de los ciclos, respectivamente.

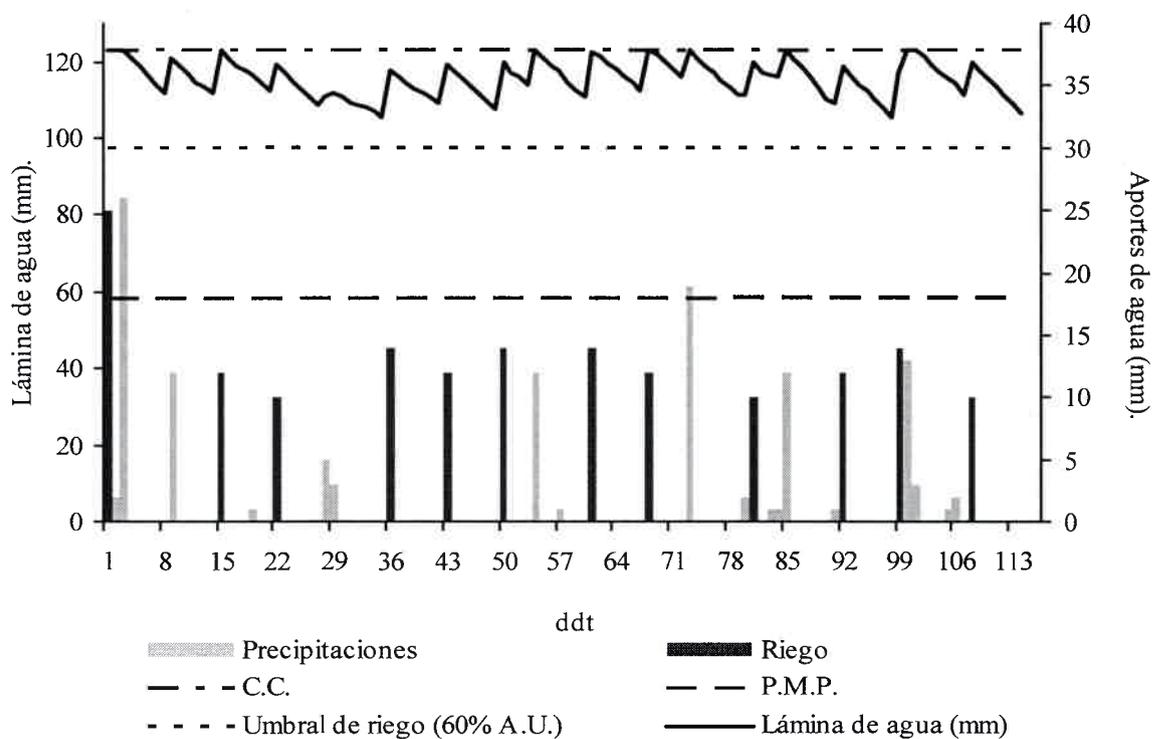


Figura 11. Dinámica de la lámina de agua de 0-0,50 m de profundidad, contenido de agua a Capacidad de Campo (C.C.), Punto de Marchitez Permanente (PMP), umbral de riego y aportes de agua mediante precipitaciones y riego por goteo. Ciclo 1.

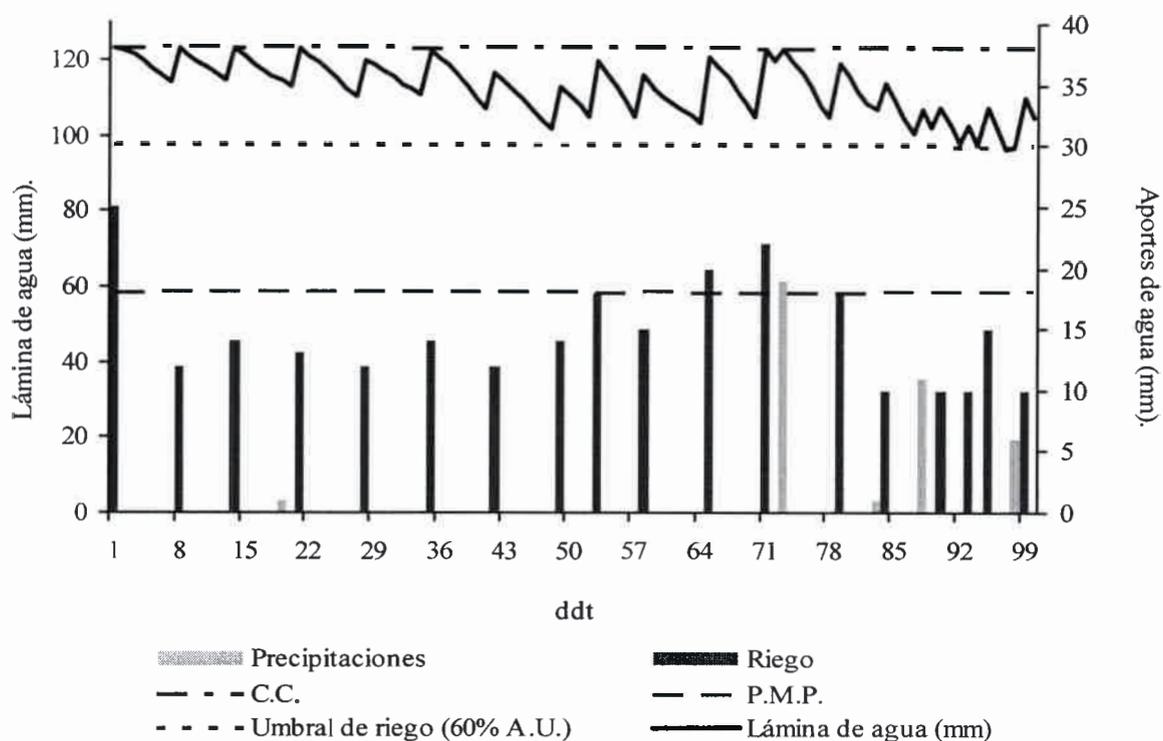


Figura 12. Dinámica de la lámina de agua de 0-0,50 m de profundidad, contenido de agua a Capacidad de Campo (C.C.), Punto de Marchitez Permanente (PMP), umbral de riego y aportes de agua mediante precipitaciones y riego por goteo. Ciclo 2.

3. Producción de biomasa aérea total del cultivo de lechuga durante el ciclo productivo y rendimiento a cosecha

3.1 Evolución de la biomasa aérea fresca durante el ciclo del cultivo

El análisis de la evolución de la biomasa aérea fresca durante el ciclo del cultivo determinó la existencia de efectos positivos del aumento en el volumen de celda y utilización de manta térmica, asimismo existió un efecto de interacción significativo entre ambos en los ciclos de producción analizados.

En la figura 13 se muestran los valores observados desde el trasplante del cultivo hasta el momento de cosecha y los valores predichos, utilizando un modelo de crecimiento polinomial basado en la ecuación de Hossfeld I, para describir las variaciones de la biomasa aérea fresca ($g.planta^{-1}$) en relación al tiempo térmico ($^{\circ}Cd$) en cada uno de los tratamientos.

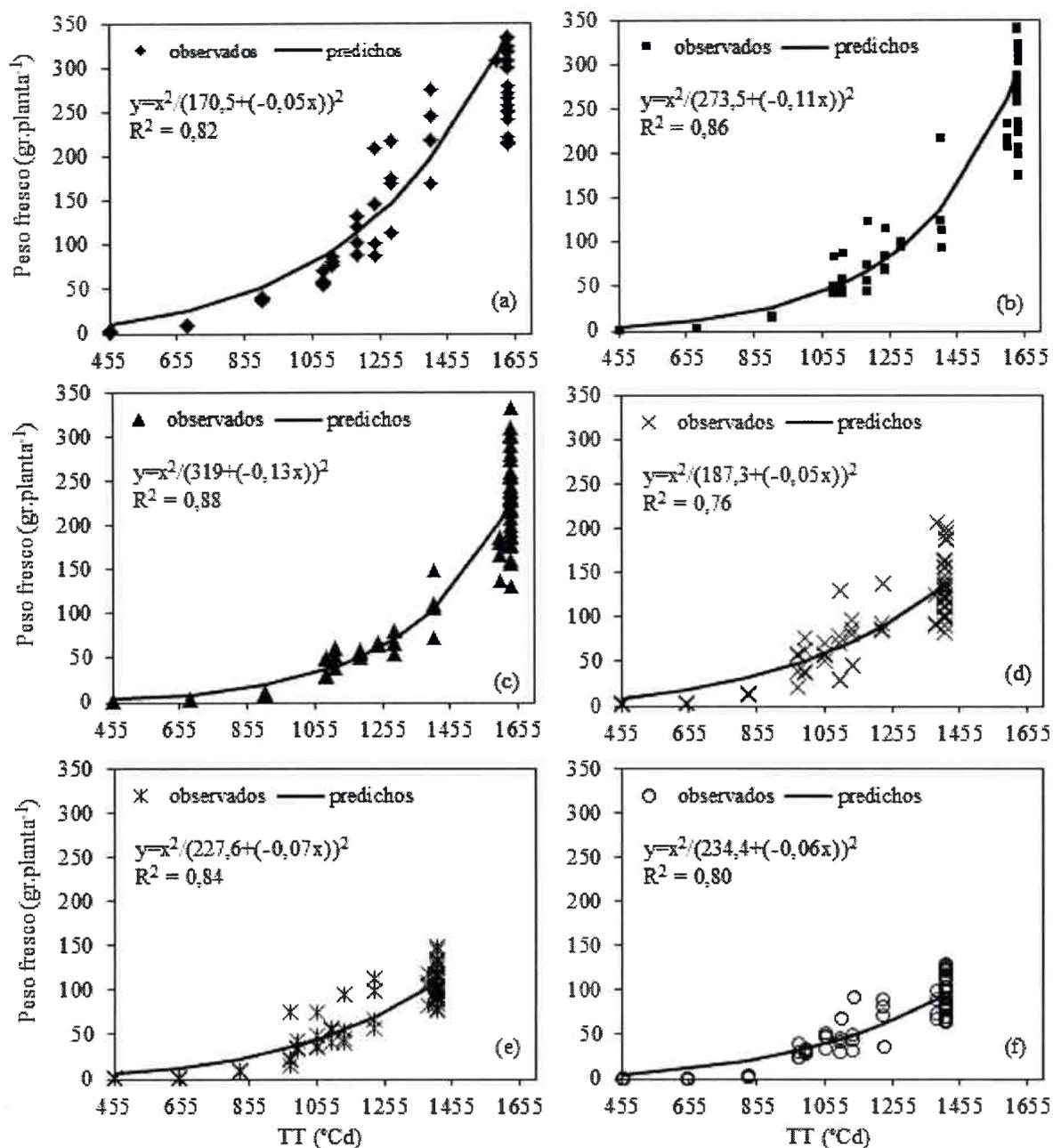


Figura 13. Valores observados y predichos mediante el modelo de Hossfeld I de la producción de biomasa en peso fresco (g.planta⁻¹) del cultivo de lechuga en relación al tiempo térmico (°Cd) para los tratamientos de 24cm³ c/mt (a), 13cm³ c/mt (b), 7cm³ c/mt (c), 24cm³ s/mt (d), 13cm³ s/mt (e) y 7cm³ s/mt (f) en el ciclo 1.

Se observó una respuesta positiva en la producción de biomasa del cultivo cuando se utilizaron plantines de mejor calidad obtenidos en las celdas de mayor volumen. Por otra parte, cuando se contrasta un mismo volumen de celda, en la situación donde se utilizó manta térmica se logró potenciar aún más ese efecto sobre la producción de biomasa fresca, estos se debe a que el aumento de la temperatura generado debajo de la cobertura determinó una mayor acumulación de °Cd en el cultivo y una mayor tasa de crecimiento

(TC) en los plantines. La comparación de las curvas de crecimiento del cultivo en peso fresco presentó diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos ($p < 0,0001$). Figura 14.

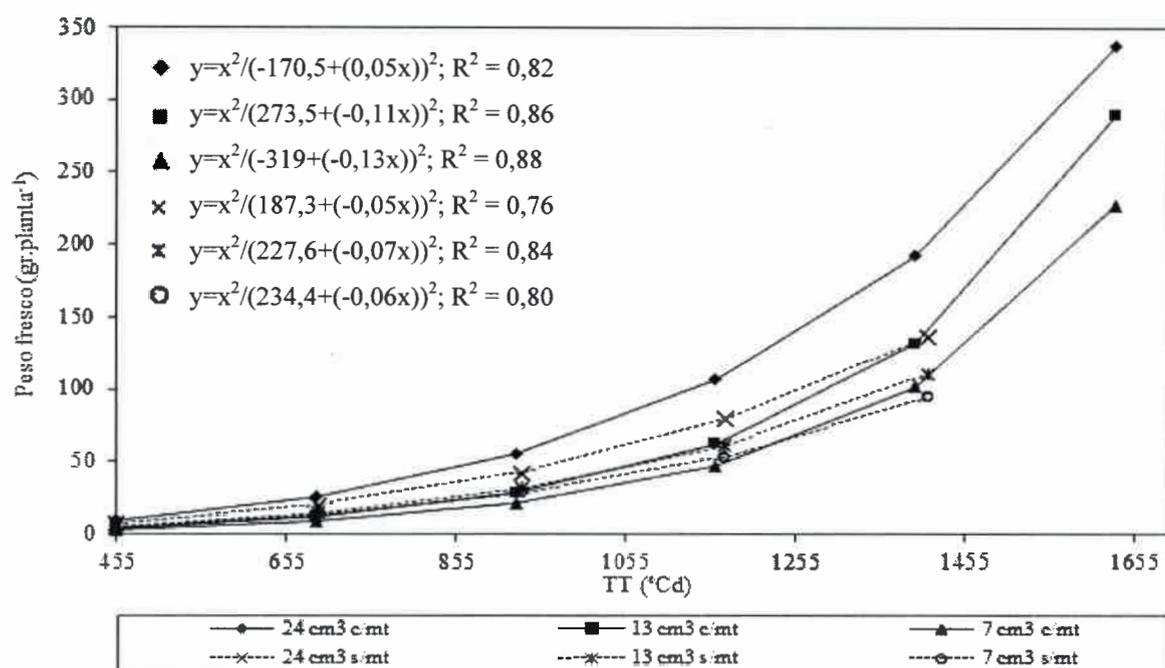


Figura 14. Crecimiento en peso fresco (g.planta^{-1}) del cultivo de lechuga en relación al tiempo térmico ($^{\circ}\text{Cd}$) para cada uno de los tratamientos. Ciclo 1.

Cuando se analizó el efecto de los diferentes volúmenes de celdas, ya sea con la utilización o no de manta térmica, pudo determinarse que aquellos plantines provenientes de celdas de mayor volumen siempre presentaron una mayor TC desde el momento del trasplante, siendo el volumen de 24 cm^3 el que manifestó los mejores resultados. Esto determina claramente la importancia de disponer de un plantín de calidad con una adecuada biomasa aérea y raíces, respondiendo rápidamente en la etapa de implantación, según lo expuesto por Leskovar *et al.* (1990). El delicado equilibrio existente entre parte aérea y raíces de los plantines puede alterarse cuando el sistema de raíces se restringe a un pequeño volumen de celda, y tener a largo plazo, efectos sobre el crecimiento del cultivo.

Los valores promedios de TC que presentaron los volúmenes de 24 , 13 y 7 cm^3 sin la utilización de la manta térmica, fueron de $1,17$; $0,94$ y $0,81 \text{ g.planta}^{-1}.\text{día}^{-1}$. No obstante, cuando se incorporó la manta térmica la modificación del microclima determinó que el cultivo respondiera positivamente con una mayor producción de biomasa aérea, alcanzando valores promedios de $2,88 \text{ g.planta}^{-1}.\text{día}^{-1}$ en el volumen de 24 cm^3 , siendo este el de mejor desempeño. En tanto, en los volúmenes de 13 y 7 cm^3 la TC aumentó a $2,53$ y $1,99 \text{ g.planta}^{-1}.\text{día}^{-1}$.

En el ciclo 2, el comportamiento del cultivo en relación a los tratamientos fue muy similar, existiendo un efecto positivo al aumento del volumen de celda y utilización de la manta térmica. El tratamiento de 24 cm³ c/mt fue el que presentó la mayor producción de biomasa fresca. En la figura 15 se muestran los valores observados y predichos mediante el modelo de Hossfeld I, describiendo las variaciones de la biomasa aérea fresca (g.planta⁻¹) en relación al tiempo térmico (°Cd) en cada uno de los tratamientos para el ciclo 2.

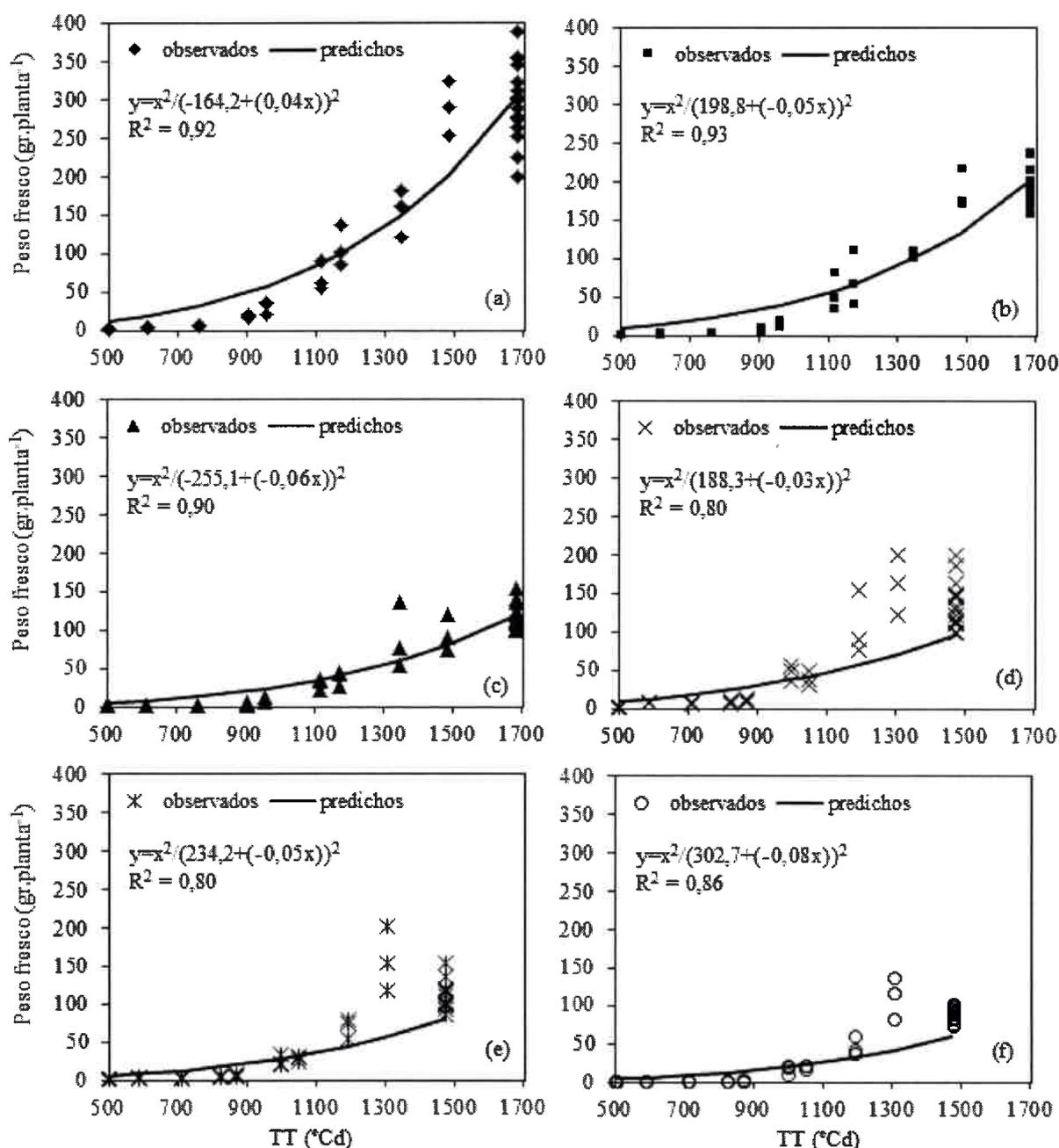


Figura 15. Valores observados y predichos mediante la ecuación de Hossfeld I del crecimiento en peso fresco (g.planta⁻¹) del cultivo de lechuga en relación al tiempo térmico (°Cd) para los tratamientos de 24cm³ c/mt (a), 13cm³ c/mt (b), 7cm³ c/mt (c), 24cm³ s/mt (d), 13cm³ s/mt (e) y 7cm³ s/mt (f) para el ciclo 2.

La TC promedio que presentaron los volúmenes de 24, 13 y 7 cm³ sin la utilización de la manta térmica durante el ciclo 2 fueron de 1,28; 1,10 y 0,89 g.planta⁻¹.día⁻¹, similares a los obtenidos durante el ciclo 1. Cuando se incorporó la manta térmica la TC promedio aumento a valores de 2,96 g.planta⁻¹.día⁻¹ en 24 cm³; mientras que 1,95 y 1,16 g.planta⁻¹.día⁻¹ en 13 y 7 cm³, respectivamente. La comparación de las curvas de crecimiento del cultivo presentó diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos (p<0,0001). Figura 16.

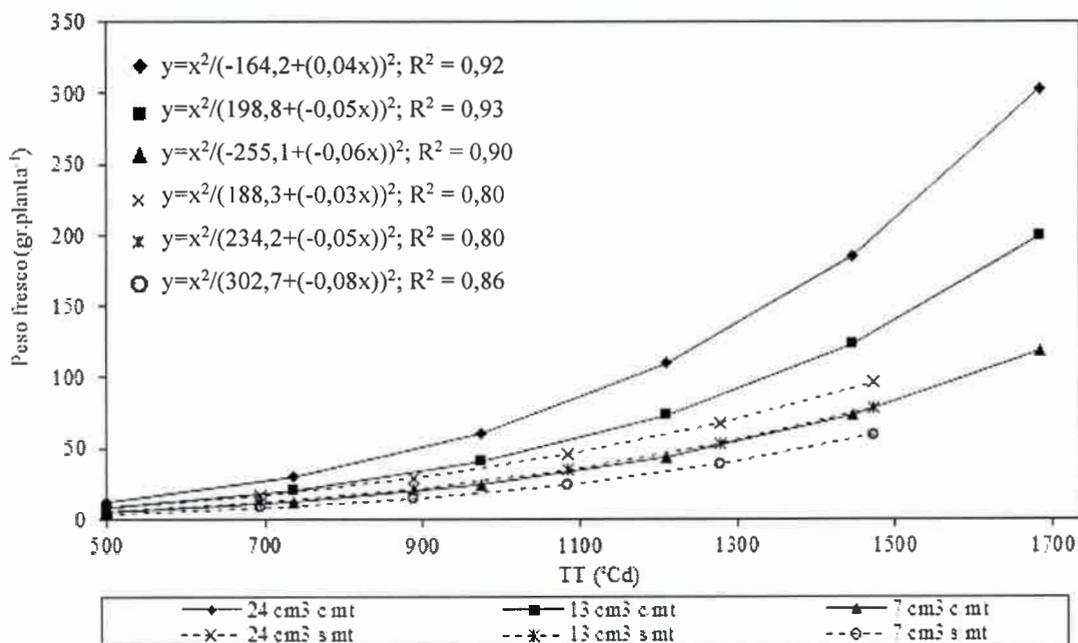


Figura 16. Comparación del crecimiento en peso fresco (g.planta⁻¹) del cultivo de lechuga en relación al tiempo térmico (°Cd) para cada uno de los tratamientos. Ciclo 2.

Lima de Oliveira *et al.* (2006), lograron una mayor productividad en biomasa aérea fresca y rendimiento total por planta cuando emplearon manta térmica en forma de túnel bajo en el cultivo de diferentes variedades de lechuga. Asimismo, Fernandez Otto *et al.* (2010), obtuvieron resultados similares logrado un aumento en la TC de lechuga cressa bajo manta térmica de igual densidad (17 g.m⁻²), los valores promedios obtenidos fueron de 4,01 g.planta⁻¹.día⁻¹ y 3,17 g.planta⁻¹.día⁻¹ en una situación testigo al aire libre.

El análisis de los resultados demostró que existió una interacción entre la calidad de plantines obtenidos y el empleo de cobertura con manta térmica, lo cual influyó significativamente en la producción de biomasa aérea durante el ciclo del cultivo hasta el momento de cosecha, en tal sentido, el tratamiento de 24 cm³ c/mt fue aquel que arrojó los mejores resultados con una mayor precocidad y rendimiento.

4.4.2 Rendimiento

La cosecha del cultivo se efectuó a los 116 (04/09/2012) y 100 (01/10/2014) días después del trasplante para el ciclo 1 y 2, respectivamente, realizándose en forma total cuando se logró un diámetro de planta adecuado para su comercialización en fresco. Los resultados demostraron que existió un efecto de la calidad de los plantines, la utilización de manta térmica y una interacción entre ambos factores sobre el rendimiento final marcando diferencias estadísticas significativas. En este sentido, la interacción volumen y manta térmica, mostraron el mejor desempeño productivo cuando se inició el cultivo con plantines provenientes de celdas de 24 cm³ en combinación con la manta térmica, logrando valores superiores al resto de los tratamientos. (Tabla 8).

Tabla 8. Rendimiento promedio en peso fresco, seco (t ha⁻¹) y porcentaje de materia seca (%MS) en los diferentes tratamientos y para los dos ciclos de producción.

Tratamientos	Rendimiento					
	Peso fresco (t ha ⁻¹)		Peso Seco (t ha ⁻¹)		%MS	
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
24 cm ³ c/mt	38,2 a	33,8 a	3,58 a	2,10 a	9,8 a	6,2 c
13 cm ³ c/mt	33,5 b	22,3 b	3,41 a	1,47 c	10,6 a	6,6 b
7 cm ³ c/mt	26,4 c	13,2 cd	2,78 b	0,81 d	10,7 a	6,1 c
24 cm ³ s/mt	15,5 d	14,7 c	3,02 b	2,21 a	20,5 b	15,0 a
13 cm ³ s/mt	12,5 de	12,5 d	2,44 c	1,89 b	20,1 b	14,9 a
7 cm ³ s/mt	10,7 e	10,2 e	2,28 c	1,53 c	22,2 b	15,0 a
R²	0,77	0,90	0,39	0,72	0,53	0,98
C.V.	26,53	16,64	21,62	18,96	32,7	4,84
p value	0,0051	<0,0001	0,0934	0,0005	<0,0001	<0,0001

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas según test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Al analizar el volumen de celdas se observó un efecto positivo a favor de los mayores volúmenes en coincidencia con Leskovar *et al.* (1990); Seabra Jr. *et al.* (2002) y Resende *et al.* (2003), cuando se inicia el cultivo con un plantín de calidad se obtiene mayor precocidad y rendimiento en peso fresco a cosecha, sin embargo la incorporación de la manta térmica en cada volumen de celda, permitió potenciar aún más el rendimiento del cultivo. Si se comparan los resultados obtenidos en celdas de 24 cm³ la incorporación de la manta permitió incrementar en un 146 y 129% el rendimiento en el ciclo 1 y 2,

respectivamente. En cambio, si relacionamos los resultados logrados en la celda de 7 cm³, el uso de manta logró un incremento de menor magnitud.

Un resultado interesante se obtuvo en el ciclo 2 al comparar el rendimiento obtenido entre los tratamientos de 7 cm³ c/mt y 24 cm³ s/mt, si bien no existieron diferencias estadísticamente significativas, éste último supero en rendimiento al primero, lo cual demuestra nuevamente la importancia de contar con un plantín de calidad al inicio del cultivo.

Considerando que la reducción de la RFA incidente sobre el cultivo podría constituir una posible desventaja de la manta térmica al afectar la actividad fotosintética y la capacidad de síntesis de compuestos orgánicos, el impacto que tuvo la manta sobre la producción de biomasa aérea y el rendimiento final fue positivo, por lo tanto, la magnitud de la reducción de RFA no constituyó una limitante significativa para el normal desarrollo de la lechuga en las condiciones otoño-invernales de Río Cuarto.

El efecto invernadero que generó la manta térmica, por aumento de la temperatura y humedad del aire, aceleraron el ciclo biológico del cultivo permitiendo un adelantamiento de la cosecha y con excelente calidad de producto. Las plantas de lechuga que crecieron al aire libre presentaron una menor expansión foliar como resultado de la exposición a la radiación solar directa y el efecto del viento, coincidiendo con lo expuesto por Rocha (2000), estas plantas se encontraban más lignificadas y en ocasiones con daños en las hojas, afectando su calidad comercial.

En relación a la presencia de daños, es importante mencionar que durante el ciclo 1 de producción, se observaron en plantas creciendo al aire libre daños por ataque de palomas, plagas comunes en Río Cuarto que se alimentan de las hojas de lechuga en las épocas de otoño-invierno, cuando la oferta de alimento es reducida, estos ataques producen reducción del área foliar, retrasando el crecimiento normal del cultivo. Las plantas protegidas con manta térmica no presentaron estos daños.

Los rendimientos bajo manta térmica logrados en el ensayo fueron similares a los obtenidos por Fernandez Otto *et al.* (2010) quienes utilizaron la misma densidad de material (17 g.m⁻²), con rendimientos en peso fresco a cosecha de 41,15 t ha⁻¹ bajo manta y 28,56 t ha⁻¹ al aire libre. Los resultados permitieron afirmar las aseveraciones de otros autores que encontraron respuestas positivas en el mismo cultivo (Barros Júnior *et al.*, 2004; Lima de Oliveira *et al.*, 2006).

El análisis del peso seco a cosecha presentó diferencias de menor magnitud entre los tratamientos, incluso los resultados hallados en el ciclo 2 mostraron una menor

producción de materia seca en las plantas protegidas con manta. Esto se debe al menor contenido de agua y la mayor cantidad de fibra que posee el cultivo creciendo al aire libre, ya que las modificaciones que se producen de las variables ambientales debajo de la cobertura con manta estimulan un aumento del desarrollo foliar, con mayor contenido de agua y menor rusticidad (Rocha, 2000). Este efecto sobre el cultivo es beneficioso, ya que permite obtener un mayor volumen de producto cosechable.

4.5 Eficiencia en el Uso de la Radiación Fotosintéticamente Activa (EUR)

Una manera de estimar la EUR es determinar la pendiente de la relación entre el peso seco (g.m^{-2}) a cosecha y la RFA interceptada acumulada (Mj.m^{-2}) por el canopeo del cultivo (Gosse *et al.*, 1986; Miralles *et al.*, 2003). Las pruebas de homogeneidad de pendientes demostraron que existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos tanto en el ciclo 1 ($p=0,013$) como en el ciclo 2 ($p<0,0001$). Figura 17.

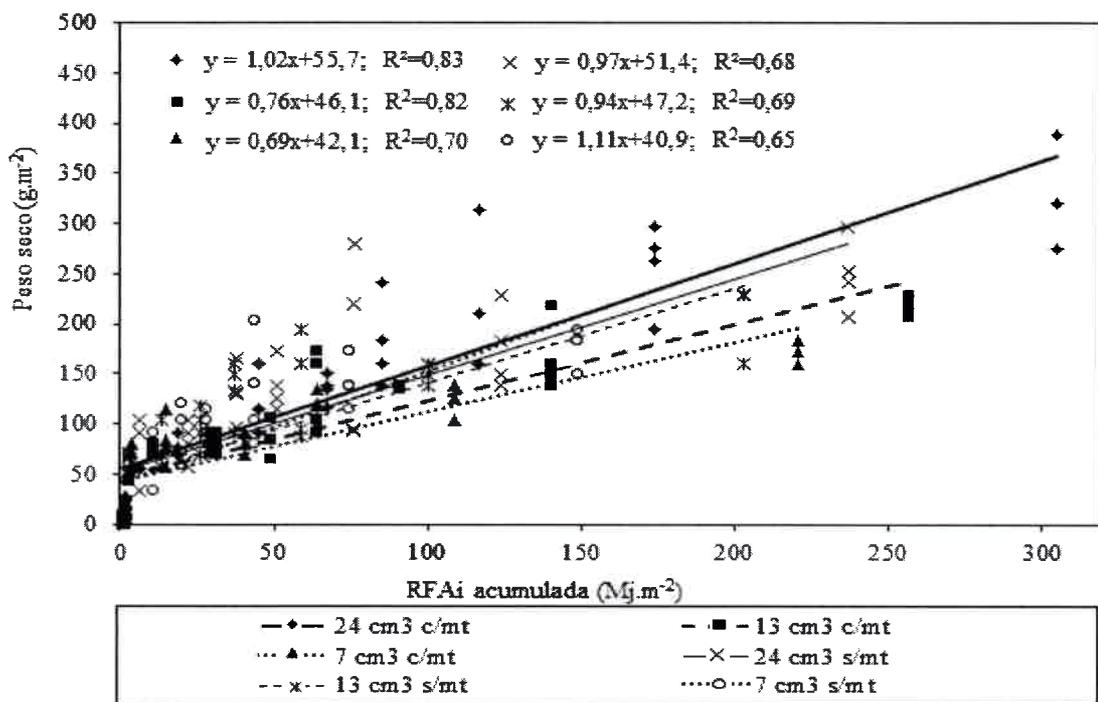


Figura 17. Relación entre la RFAi acumulada (Mj.m^{-2}) y la biomasa en peso seco (g.m^{-2}) durante el ciclo del cultivo para cada tratamiento. Ciclo 1.

La utilización de manta térmica produjo una disminución en la EUR. En el ciclo 1 debajo de la cobertura con manta los valores obtenidos fueron diferentes para cada volumen de celda, siendo de $1,02 \text{ g.m}^{-2}.\text{MJ}^{-1}$ para 24 cm^3 ; $0,76 \text{ g.m}^{-2}.\text{MJ}^{-1}$ para 13 cm^3 y

0,69 g.m⁻².MJ⁻¹ para 7 cm³, mientras que fuera de la manta para cada volumen se logró aumentar esa EUR a excepción del tratamiento de 24 cm³, en el resto los valores fueron de 0,94 g.m⁻².MJ⁻¹ para 13 cm³ y 1,11 g.m⁻².MJ⁻¹ para 7 cm³.

Por su parte, Tei *et al.* (1996) evaluaron la EUR en un cultivo de lechuga a campo, obteniendo valores de 1,44 g. de MS.m⁻².MJ⁻¹ en estadíos tempranos del cultivo, mientras que en etapas posteriores la EUR aumentó a 2,43 g. de MS.m⁻².MJ⁻¹. Estos valores fueron superiores a los obtenidos en el presente estudio, sin embargo, es difícil realizar comparaciones entre experimentos debido a las disparidades en las técnicas de medición y naturaleza de las observaciones (Russell *et al.*, 1989).

El tratamiento 7 cm³ s/mt fue el que mayor EUR presentó. Cuando se analizan los resultados obtenidos en el ciclo 2 se observó un comportamiento similar, la manta térmica tuvo un efecto negativo sobre la EUR para todos los volúmenes de celdas al compararlos con la situación sin manta térmica. Los valores que se obtuvieron fueron de 0,55 g.m⁻².MJ⁻¹ para 24 cm³; 0,65 g.m⁻².MJ⁻¹ para 13 cm³ y 0,41 g.m⁻².MJ⁻¹ para 7 cm³, debajo de la cobertura con la manta, y de 0,70 g.m⁻².MJ⁻¹ para 24 cm³; 0,82 g.m⁻².MJ⁻¹ para 13 cm³ y 0,74 g.m⁻².MJ⁻¹ para 7 cm³ fuera de la manta térmica. Figura 18.

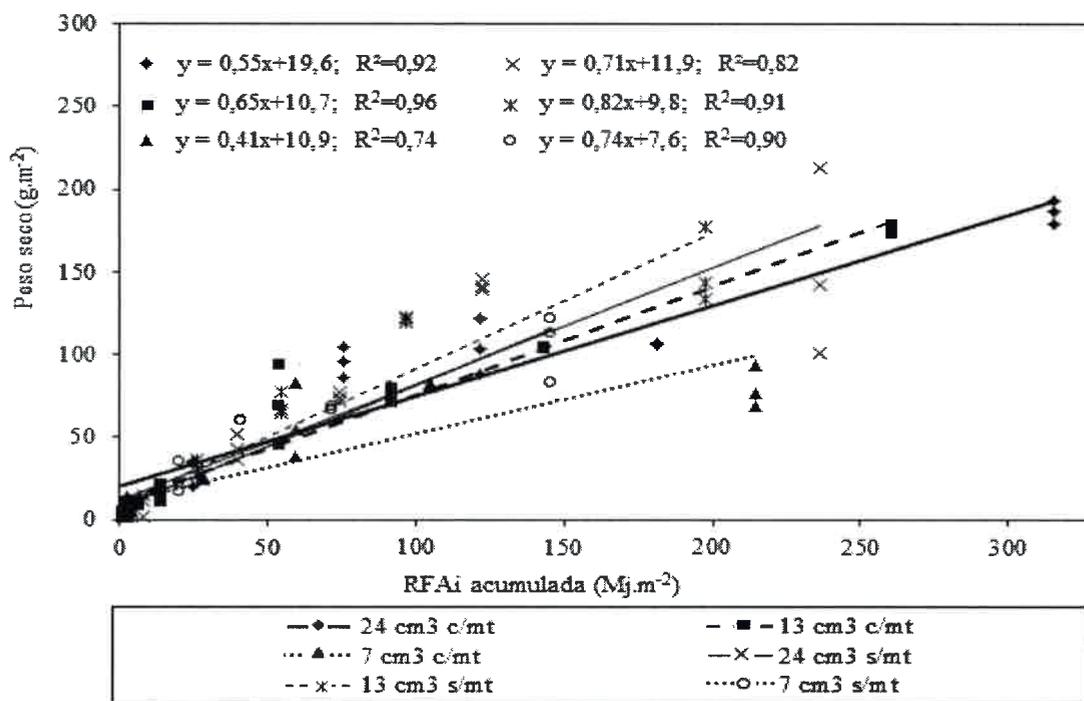


Figura 18. Relación entre la RFAi acumulada (Mj.m⁻²) y la biomasa en peso seco (g.m⁻²) durante el ciclo del cultivo para cada tratamiento. Ciclo 2.

A pesar de que el uso de manta térmica produjo un mayor desarrollo foliar en las plantas de lechuga, lo cual permitiría aumentar la RFA interceptada, reduciendo el efecto

negativo de la manta sobre la trasmisividad la misma, los cambios que ésta genera en el ambiente de cultivo determinaron que las plantas contengan una mayor proporción de agua en sus tejidos, y por ende, presenten menos contenido de biomasa seca aérea. Estos efectos sobre el cultivo hacen que la EUR sea mayor en las plantas que crecen al aire libre, sin embargo, las mismas se encuentran más lignificadas afectando la calidad comercial del cultivo, coincidiendo con lo expresado por Rocha (2000).

4.6 Tiempo térmico

La utilización de la manta térmica tuvo un efecto positivo sobre tiempo térmico ($^{\circ}\text{Cd}$) en el ciclo del cultivo, las plantas de lechuga que crecieron en el ambiente protegido con manta acumularon más unidades de calor que las expuestas al aire libre. En la Tabla 14 se muestra el tiempo térmico acumulado durante la etapa de producción de los plantines en el invernadero (siembra a trasplante) y en la etapa de producción a campo con y sin la utilización de manta térmica (trasplante a cosecha).

Tabla 9. Tiempo térmico ($^{\circ}\text{Cd}$) acumulado a la cosecha del cultivo de lechuga para los tratamientos con manta térmica y al aire libre en los dos ciclos de producción.

Ciclo del cultivo	Tiempo térmico ($^{\circ}\text{Cd}$)			
	Ciclo 1		Ciclo 2	
	Manta térmica	Aire libre	Manta térmica	Aire libre
Siembra a trasplante	455	455	500	500
Trasplante a cosecha	1176	955	1184	973
Total	1631	1410	1684	1473

La mayoría de los procesos fisiológicos de las plantas superiores ocurre entre 0 - 40 $^{\circ}\text{C}$, el aumento de la temperatura acelera el crecimiento y desarrollo de una planta, por lo que la duración de cualquier fase fenológica transcurre más rápidamente, acortando su ciclo (Miralles *et al.*, 2003), esto explica la mayor dinámica de expansión foliar, precocidad y aumento del rendimiento bajo manta térmica al comparar entre tratamientos de un mismo volumen de celda, confirmando además las afirmaciones de Nelson y Young (1986).

Varios estudios en cultivos hortícolas de fruto demuestran la importancia de utilizar el tiempo térmico para pronosticar la duración de las fases fenológicas, como por ejemplo en tomate (Scholberg *et al.*, 2000), en pimiento (Vidal, 2004), sin embargo existen muy

pocas experiencias en cultivo de hoja como lechuga que permitan comparar con los resultados obtenidos. Silva *et al.* (1999) para lechuga crespita cv. Waldman's Green a campo determinaron una acumulación de 742,4 °C a la cosecha efectuada a los 102 días de ciclo.

En la figura 19 se muestra la temperatura acumulada (°C) desde siembra a cosecha para los tratamientos con manta térmica y al aire libre en el ciclo 1 y 2.

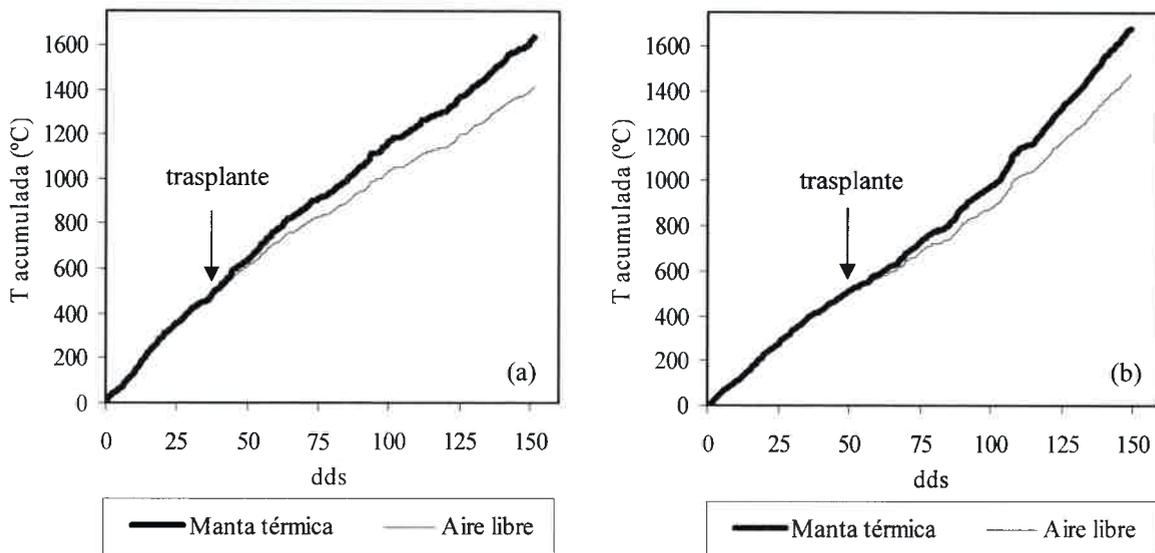


Figura 19. Temperatura acumulada (°C) desde siembra a cosecha del cultivo en el ciclo 1 (a) y 2 (b).

Si bien la utilización de manta térmica permitió aumentar la temperatura del aire y acelerar la acumulación de °Cd, es necesario considerar que en lechuga regímenes elevados de temperatura del aire pueden estimular la floración prematura en la planta, más aún en fotoperíodos largos, ocasionando un deterioro de la calidad debido a la acumulación de látex amargo en su sistema vascular (Whitaker *et al.* 1974; Maroto Borrego *et al.* 2000; Di Benedetto, 2005; FAO, 2006).

En este sentido, un cambio en el ápice vegetativo a reproductivo pudo observarse en algunas plantas que crecieron bajo la manta, solamente durante el ciclo 2 y al momento de la cosecha, sin llegar a desarrollarse el escape floral, éste fenómeno ocurrió probablemente debido a la combinación de la mayor temperatura bajo la manta y un fotoperíodo más largo como resultado de la fecha de trasplante más tardía que se realizó en este ciclo.

A pesar de ello, la formación de cabezas semicompactas a la cosecha, característico de lechugas tipo *capitata*, no se vio afectada, en contraste con lo expuesto por Sarli (1980),

Vigliola (1996) y Di Benedetto (2005) que manifiestan como las temperaturas elevadas y sus fluctuaciones marcadas pueden afectar el desarrollo de cogollos.

Sin embargo, ante la ocurrencia de períodos de elevadas temperaturas, sobretodo cuando la época de producción de lechuga bajo manta se extiende hacia la primavera temprana en Río Cuarto, y a su vez se combina con fotoperíodo positivo, sería recomendable retirar la protección de la manta en forma temporaria o definitiva, o bien utilizar cultivares resistentes a la floración prematura (bolting) para evitar que ocurra este fenómeno que va en detrimento de la producción de materia fresca y calidad comercial del cultivo.

En general, el efecto combinado de fotoperíodos largos y altas temperaturas durante el crecimiento tienden a ser aditivos en la inducción a la floración afectando la formación de la cabeza en la mayoría de las variedades (Di Benedetto, 2005).

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

- La calidad del plantín de lechuga está relacionado positivamente con el volumen de celda en las bandejas de germinación. El aumento del volumen permitió obtener plantines de mayor número de hojas, altura y peso total, llegando antes al momento indicado para la operación de trasplante.
- La utilización de manta térmica modificó el comportamiento de las principales variables ambientales, produciendo una reducción en la trasmisividad de la RFA, incremento de la humedad relativa y temperatura del aire, siendo su efecto de mayor magnitud en la temperatura máxima diaria.
- A pesar de existir una reducción de la RFA incidente sobre el cultivo cuando se utilizó manta térmica, el aumento de la temperatura del aire determinó una mayor acumulación de °Cd, traduciéndose en mayor precocidad y rendimiento comercial en peso fresco. Sin embargo, la mayor expansión foliar que alcanzaron las plantas debajo de la manta no fue suficiente para aumentar la EUR, ya que ésta fue mayor en las plantas que crecieron al aire libre al presentar una mayor proporción de biomasa seca.
- La interacción entre el volumen de celda de 24 cm³ y el uso de manta térmica permitió lograr una mayor tasa de crecimiento durante el ciclo y el máximo rendimiento en peso fresco del cultivo.
- En la producción de lechuga var. capitata de tipo mantecosa durante la época otoño-invernal del cinturón hortícola de Río Cuarto se recomienda utilizar plantines provenientes de bandejas con celdas de 24 cm³ y cobertura con manta térmica para lograr aumentar la precocidad y rendimiento con una adecuada calidad comercial de producto cosechable.
- La utilización de manta térmica en épocas de primavera podría estimular el cambio de ápice con el consecuente desarrollo del escapo floral, afectando la calidad comercial del cultivo en respuesta al aumento de la temperatura del aire y el fotoperíodo positivo, por lo tanto, es recomendable retirar la manta en esta época del año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBES, A. (1986). The effect of floating row covers on tomato and romaine lettuce. Thesis Master of Science. Oregon State University. En: <https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/handle/1957/25549>. Consultado: 29-01-2015.
- ADESUR. (1999). Asociación interinstitucional para el sur de Córdoba. Plan director. Secretaría técnica de Adesur. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. Argentina. 99 p.
- ADROVER, M.; MIRALLES, P.; FARRÚS, E.; LLADÓ, G. y J. VADELL. (2001). Aprovechamiento del agua de riego mediante el uso de distintos tipos de acolchado. Sociedad Española de Agricultura Ecológica. V Jornadas Técnicas. Mallorca, España. En: <http://www.agroecología.net/congresos/mallorca>. Consultado: 15-02-2015.
- ALAMO, F.; DI COLANTONIO, A.; DIAZ, C.; GONZÁLES, A.; MARINO, C.; VIZCARRA, D. y S. M. SALAZAR. (2006). Efecto del tamaño del contenedor sobre el crecimiento y calidad de los plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.). XXIX Congreso Argentino de Horticultura. Libro de Resúmenes. Catamarca, Argentina. 29 p.
- BARROS JÚNIOR, A. P.; GRANGEIRO, L. C.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, J. O.; AZEVEDO, P. E. y D. C. MEDEIROS. (2004). Cultivo da alface em túneis baixos de agrotêxtil. Horticultura Brasileira. v.22, n.4, p. 801-803.
- BENNETT, M. A. (2010). Calidad de trasplantes de hortalizas. American Vegetable Grower. Universidad Estatal de Ohio. En: www.hortalizas.com/articulo/4465/calidad-de-trasplantes-de-hortalizas. Consultado: 04-10-2013.
- BENOIT, F. y H. D. HARTMANN. (1974). The effect of flat plastic film covering on the development of lettuce in two places with different ecological conditions. Scientia Horticulturae. v.2, n.2, p. 123-135.
- BENOIT, F. y N. CEUSTERMANS. (1987). Advancing the harvest of bolt-sensitive endives by means of temporary single and double direct crop covering. Plasticulture. v.73, p.4-8.
- BIESIADA, A. (2008). Effect of flat covers and plant density on yielding and quality of kohlrabi. J. Elementol. v.13, n.2, p. 167-173.
- BOROSIC, J.; ZUTIC, I. y D. HEBLIN. (1994). Spring crops of lettuce, carrot and pak-choi growth under direct covers. In: Internacional Congress of Plastic in Agriculture, 13. Verona, Italy. Proceedings, Verona: ICPA, 22 p.
- BROWN, J. E.; WOODS, F. M. y C. CHANNELL-BUTCHER. (1998). Effects of black plastic mulch and row cover on sweet potato production. Vegetal Crop Production. v.4, n.1, p. 49-54.
- BROWN, J. E.; WOODS, F. M. y C. CHANNELL-BUTCHER. (2000). Effect of three row covers and black plastic mulch on the growth and yield of 'Clemson Spineless' okra. Vegetal Crop Production. v.5, n.2, p. 67-71.
- CANTERO GUTIERREZ, A.; BRICCHI, E.M.; BECERRA, V.H.; CISNERO, J.M. y H.A. GIL. (1986). Zonificación y descripción de las tierras del departamento de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 78 p.
- CANTLIFFE, D.J. (1993) Pre and postharvest practices for improved vegetable transplant quality. HortTechnology. v.3, n.4, p. 415-417.

- CARCOVA, J.; ABELEDO L. y M. LOPEZ P. (2003). Análisis de la generación del rendimiento: Crecimiento, partición y componentes. p. 75-98. En: SATORRE, E. H.; BENECH, R. L.; SLAFER, G. A.; DE LA FUENTE, E. B.; MIRALLES, D. J.; OTEGUI, M. E. y R. SAVIN. Producción de Granos. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- CARLUCCIO, C.; LENSCAK, M.; PANELO, M.; COLOMBO, M.; CÁCERES, S.; MOLINA, N.; SCAGLIA, E. y C. PERNUZZI. (2002) Desarrollo Actual de los Cultivos Protegidos en la República Argentina. En: <http://www.ecofisiohort.com.ar/wp-content/uploads/2008/10/cultivos-forzados-en-la-argentina-no-actualizado.pdf>. Consultado: 16-03-14.
- CARLUCCIO. (2012). Bandejas de germinación. En: www.ingcarluccio.com.ar/base.html. Consultado: 15-10-2012.
- CARRON, C. A.; BAROFFIO, C. y C. CARLEN. (2008). Influence of agrotexile cover on the yield and the quality of three species of aromatic plants. Suisse de viticulture, arboriculture, horticulture. v.40, n.2, p. 125-130.
- COFECYT. (2008) Debilidades y desafíos tecnológicos del sector productivo: hortalizas de hojas verdes (acelga, espinaca, lechuga) - La Pampa y Santa Cruz. En: http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pcias_pdfs/santa_cruz/UIA_hortalizas_de_hoja_08.pdf. Consultado: 04-12-2013.
- CORRAL, M. E.; GROSSO, L.; RITCHER, G.; DAURIA, C.; CRESPI, R.; FABRICIUS, R.; RIVETTI, A.; CANTERO, J. J.; NUÑEZ, C.; GIL, H. y J. VILLALBA. (1993). Diagnóstico y evolución del área frutihortícola de Río Cuarto. Comisión de desarrollo regional. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- DALLA PRIA, M.; REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE y J. VAN DER. (2009). Ocorrência de doenças em “pak choi” em cultivos com cobertura do solo e da planta com polipropileno. Scientia Agraria, v.10, n.4, p. 337-341.
- DAPOIGNY, L. ; ROBIN, P.; RAYNAL-LACROIX, C. y A FLEURY. (1996). Relation entre la vitesse relative de croissance et la teneur en azote chez la laitue (*Lactuca sativa* L). Effets de l'ombrage et du niveau de l'alimentation minérale. Agronomie, EDP Sciences, v.16, n.9, p. 529-539.
- DEMŠAR, A.; ŽNIDARČIČ, D. y D. G. SVETEC. (2011). Impact of UV radiation on the physical properties of polypropylene floating row covers. African Journal of Biotechnology. v.10, n.41, p. 7998-8006.
- DE LA CASA, A.; OVANDO, G.; BRESSANINI, L.; RODRÍGUEZ, Á. y J. MARTÍNEZ. (2007). Uso del índice de área foliar y del porcentaje de cobertura del suelo para estimar la radiación interceptada en papa. Agricultura Técnica (Chile). v.67, n.1, p. 78-85.
- DI BENEDETTO, A. (2005). Manejo de cultivos hortícolas: Bases ecofisiológicas y tecnológicas. Priemra Edición. Orientación gráfica editora. Buenos Aires.
- DIMITRI, M. J. (1972). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Segunda edición. Ampliado y actualizado bajo la dirección de Milan J. Dimitri. Ed. Acme S.A.C.I. Buenos Aires.
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M. G., GONZALEZ L., TABLADA M. y C. W. ROBLEDO. (2011). InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- FAO. (2006). Lechuga (*Lactuca sativa* L.). Fichas técnicas: Productos frescos y procesados. En: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/lechuga.htm. Consultado: 25-10-2014.

- FELTRIM, A. L.; REGHIN, M. Y.; VINNE y J. VAN DER. (2003). Cultivo da alface com agrotêxtil em diferentes períodos. UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias. v.9, n.1, p. 21-27.
- FELTRIM, A. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A. y J. C. BARBOSA. (2006). Produção de chicória em função do período de cobertura com tecido de polipropileno. Horticultura Brasileira, v.24, n.2, p. 249-254.
- FELTRIM A. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A. y J. C. BARBOSA. (2008). Crescimento e acúmulo de macronutrientes em chicória coberta e não coberta com polipropileno. Horticultura Brasileira, v.26, n.1, p. 50-55.
- FERNANDES OTTO, R.; YAMOMOTO REGHIN, M.; NIESING, P. C. y B. L. ALVES REZENDE. (2010). Respostas produtivas de alface em cultivo protegido com agrotêxtil. Bragantia, Campinas, v.69, n.4, p. 855-860.
- FERRATTO, J. A.; MONDINO, M. C.; GRASSO, R.; ORTIZ MACKINSON, M.; LONGO, A.; CARRANCIO, L.; FIRPO, I. T.; ROTONDO, R.; ZEMBO, J. C.; CASTRO, G.; GARCÍA, M.; RODRÍGUEZ FAZZONE, M. y M. J. IRRIBAREN. (2010). Buenas prácticas agrícolas para la agricultura familiar. Cadena de las principales hortalizas de hojas en Argentina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO en Argentina) - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MINAGRI, Argentina) - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Argentina) - Universidad Nacional del Rosario (UNR, Argentina).
- FITZGERALD T. y M. STILTZ. (2005). Row Covers. Washington State University. Spokane county extension. Master gardener program.
- FUENTES YAGÜE, J. L. (1987). Protección contra las heladas. Hojas divulgadoras. Núm. 5/87 HD. I.S.B.N.: 84-341-0540-3. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- FURIATTI, R. S.; PINTO JUNIOR, A. R. y J. A. B. LOPES. (2008). Estudio comparativo entre agrotêxtil e inseticidas no controle da mosca minadora da batata. Ciência Agrária Ambiental, v.6, n.1, p. 89-96.
- GIL, R. C. y F. E. MARTELOTTO. (1993). El agua edáfica. Guía práctica para su determinación. Área de desarrollo rural, INTA, EEA, Manfredi, Argentina, 9 p.
- GONZÁLEZ ARANCIBIA C. y J. HIDALGO PIZARRO. (2009). Aspectos micrometeorológicos y sinópticos de las heladas para los Valles Elqui y Limarí durante el período 2004 – 2007. Tesis para optar al título profesional de Meteorólogo. Carrera de Meteorología. Departamento de Meteorología. Facultad de Ciencias. Universidad de Valparaíso.
- GOSSE, G.; VARLET-GRANCHER, C.; BONHOMME, R.; CHARTIER, M.; ALLIRAND, M.J. y G. LEMAIRE. (1986). Production maximale de matiere seche et rayonnement solaire intercepté par un couvert vegetal. Agronomie, EDP Sciences, v.6, n.1, p. 47-56.
- GROSSO, L.; RAMOS, D. y F. SALUSSO. (2015). Manual de Producción Hortícola. Apuntes de clase. Cátedra de Producción Hortícola. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- GRANVAL DE MILLÁN, N. y J. GAVIOLA. (1991). Lechuga: Manual de producción de semillas hortícolas. EEA La Consulta, INTA, Argentina. En: inta.gob.ar/...lechuga/.../4.%20origen%20e%20historia.%20botanica.pdf. Consultado: 15-05-2015.
- GUÑAZÚ, M.; CIRRINCIONE, M. A.; PORTELA, J.; PORTELA, J. L. y J. B. CAVAGNARO. (2011). Efecto de mantas térmicas en el crecimiento y producción

- de dos cultivares de ajo colorado. XXXIV Congreso Argentino de Horticultura. Libro de resúmenes. Buenos Aires, Argentina.
- HENRIKSEN, K. (1981). Influence of temporary covering with plastic on timing, yield and quality of iceberg lettuce. *Acta. Hort.* 122. p. 61-75.
- HERNANDEZ, J.; SORIANO, T.; MORALES, M. y N. CASTILLA. (2004). Row covers for quality improvement of Chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*). *New Zealand journal of crop and horticultural science.* v.32, n.4, p. 379-388.
- HEMPHILL D. D. (1989). Tomato, cucurbit, and sweet corn growth underagripastics as a function of heat unit accumulation. *Proceeding 21st NAPC, Orlando, Florida,* p. 276-282.
- HORTICOM. (2012). Viverismo profesional: Climatización. Mantas térmicas En: <http://www.horticom.com/empresas/p/manta-termica/comercial-projar-s-a/8873/23267>. Consultado: 03-08-2013.
- IAPICHINO, G.; VETRANO, F.; MONCADA, A.; FASCELLA, S. y G. INCALCATERRA. (2010). Effects of plastic mulch and floating cover on lettuce production in Sicily. *ISHS Acta Horticulturae* 936. XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Quality-Chain Management of Fresh Vegetables: From Fork to Farm.
- IBARRA, L.; FLORES, J. y J. C. DIAZ-PEREZ. (2001). Growth and yield of muskmelon in response to plastic mulch and row covers. *Scientia Horticulturae.* v.87, n.1, p. 139-145.
- JACKSON, L.; MAYBERRY, K.; LAEMMLEN, F.; KOIKE, S.; SCHULBACH, K Y W. CHANEY. (2002). Producción de lechuga de cabeza en California.
- JURI, M. S.; RICARDES, M. G.; MINERVINI, M. G.; FERNÁNDEZ, S.; ALVAREZ, M. E.; GIULIANO, M. S. y E. L. VILLAGRA. (2009) Evaluación de efectos del tamaño del contenedor sobre lechuga (*Lactuca sativa* L.) en etapas de pre-transplante y cosecha. XXXIII Congreso Argentino de Horticultura. Libro de resúmenes. Rosario, Santa Fe, Argentina. 313 p.
- KJELGREN, R. (1994). Growth and water relation of Kentucky coffee tree in protective shelters during establishment. *HortScience.* v.29, n.7, p. 777-780.
- KOLOTA, E. y K. ADAMCZEWSKA-SOWIŃSKA. (2007). The effects of flat covers on overwintering and nutritional values of leeks. *Vegetal Crops Res. Bull.* v.66, p. 11-16.
- LACHMAN, J.; HAMOUZ, K.; HEJTMANKOVA, A.; DUDJAK, J.; ORSAK, M. y V. PIVEC. (2003). Effect of white fleece on the selected quality parameters of earlypotato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Plant Soil Environ.* v.49, n.8, p. 370-377.
- LA ROSA, M. C.; ROJAS, M. H. y A. R. DELFÍN. (2005). Comparación del crecimiento de tres variedades de lechuga resistentes al bolting, cultivadas en dos sistemas hidropónicos. Universidad Nacional Agraria La Molina Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral Departamento de Biología. *Anales Científicos.* 36 p.
- LESKOVAR, D.I. (2001). Producción y ecofisiología del transplante hortícola. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- LESKOVAR, D.I.; CANTLIFFE, D.J. y P.J. STOFFELLA. (1990). Root growth and rootshoot interaction in transplants and direct seeded pepper plants. *Environmental and Experimental Botany.* v.30, n.3, p. 249-354.
- LIMA DE OLIVEIRA, S. K.; COSTA GRANGEIRO, L.; ZULEIDE DE NEGREIROS, M.; SAVADA DE SOUZA, B. y S. ROSSIELY ROMÃO DE SOUZA. (2006).

- Cultivo de alface com proteção de agrotêxtil em condições de altas temperaturas e luminosidade. *Caatinga*, v.19, n.2, p. 112-116.
- LÓPEZ, M. (2002). Influencia del volumen de contenedores de almácigo en el crecimiento y desarrollo de zapallo italiano (*Cucurbita pepo* L.). Tesis de Grado. Universidad Santo Tomás. Facultad de agronomía. Santiago, Chile 55 p.
- MACHADO, A. Q., NETO, R. H. B., y A. QUIXABEIRA. (2008). Produção de mudas de alface crespa em diferentes tipos de bandejas, em Várzea Grande-Mt. *Horticultura Brasileira*. v.26, n.2, p. 1036-1041.
- MAGRAMA. (2012). Estudio de la cadena de valor y formación de precios del sector de la lechuga. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. España. En: www.magrama.gob.es/es/...precios.../cadena_lechuga_tcm7-262970.pdf. Consultado: 10-06-2015.
- MAROTO BORREGO, J. V.; GOMEZ, A. M. y C. B. SORIA. (2000). La lechuga y la escarola. Fundación Caja Rural Valencia. Ediciones Mundi-Prensa.
- MARQUES, P. A. A.; BALDOTTO, P. V.; SANTOS, A. C. P. y L. D. OLIVEIRA. (2003). Qualidade de mudas de alface formadas em bandejas de isopor com diferentes números de células. *Horticultura Brasileira*. v.21, n.4, p. 649-651.
- MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; FERNANDES, H.S.; MAUCH, C.R. y J.B. SILVA. (2000) Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*. v.18, n.3, p. 164-170.
- MERMIER M.; REYD, G. ; SIMON, J. C. y T. BOULARD. (1995). The microclimate under Agril P17 for growing lettuce. *Plasticulture*. v.107, p. 4-12.
- MINAMI, K. (1995). Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. São Paulo: T.A. Queiroz, 135 p.
- MIRALLES, D.; WINDAUER, L. B. y N. GOMEZ. (2003). Factores que regulan el desarrollo de los cultivos de granos. p. 61-70. En: SATORRE, E. H.; BENECH, R. L.; SLAFER, G. A.; DE LA FUENTE, E. B.; MIRALLES, D. J.; OTEGUI, M. E. y R. SAVIN. *Producción de Granos*. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- MODOLO, V. A. y J. TESSARIOLI NETO. (1999) Desenvolvimentos de mudas de quiabeiro (*Abelmo schusesculentus* Moench) em diferentes tipos de bandeja e substrato. *Scientia Agrícola*, v.56, n. 2, p. 377-381.
- MORAES ECHER, M.; GUIMARÃES, V. F.; ARANDA, A. N.; BORTOLAZZO, E. D. y J. S. BRAGA. (2007). Avaliação de mudas de beterraba em função do substrato e do tipo de bandeja. *Ciências Agrárias*. v.28, n.1, p. 45-50.
- NELSON, L. y M. YOUNG. (1986). Effect of floating row covers on radishes, yellow Spanish onions, cabbage, cucumber, winter squash and sweet corn at Redmond, Oregon in 1986.
- NESMITH, D. S. y J. R. DUVAL. (1998) The effect of container size. *HortTechnology*. v.8, n.4, p. 495-498.
- ORTEGA, J.F.; DE JUAN, J.A.; TARJUELO, J.M.; MERINO, R. y M. VALIENTE. (1999). Modelo de optimización económica del manejo del agua de riego en las explotaciones agrícolas: Aplicación a la agricultura de regadío de la provincia de Toledo. INIA, España. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetal*. v.14, n.3, p. 325-354.
- PARKER, J.; MILER, C.; MURRAY, T. y W. SNYDER. (2012). How to install a floating row cover. Washington State University Extension.
- PEREIRA, A. V.; OTTO, R. F. y M. Y. REGHIN. (2003). Respostas do feijão-vagem cultivado sob proteção com agrotêxtil em duas densidades de plantas. *Horticultura Brasileira*, v.21, n.3, p. 564-569.

- PIMPINI, F., LAZZARIN, R. Y G. CHILLEMI. (2002). Aspetti generali. Radicchio Variegato di Castelfranco. Veneto agricoltura, Veneto, Italia. p. 21-43. Citado en: SOLÍS SALAZAR, M.; GONZÁLEZ LUTZ, M. I. MORA ACEDO, D. y A. DURÁN QUIRÓS. (2008). Radicchio (*Cichorium intybus*) para exportación: evaluación de variedades, tamaños de plántulas para trasplante y cobertura plástica sobre el suelo. *Agronomía Mesoamericana*. v.19, n. 2, p. 271-278.
- POLLARD, J. E. y C. M. CUNDARI. (1988). Over-wintering strawberry plants under rowcovers increases fruit production. *HortScience*. v.23, p. 332-333.
- REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F. y J. B. SILVA. (2000) Stimulate Mo e proteção com “tecido não tecido” no pré-enraizamento de mudas de mandioquinha-salsa. *Horticultura Brasileira*, v.18, n.1, p.53-56.
- REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. VAN DER y A. L. FELTRIM. (2002). Produção de repolho branco chinês (pak choi) sob proteção com ‘não tecido’ de polipropileno. *Horticultura Brasileira*, v.20, n.2, p. 233-236.
- REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. VAN DER y A. L. FELTRIM. (2003). Tamanho da célula de diferentes bandejas na produção de mudas e no cultivo do pak choi na presença e ausência do agrotêxtil. *Scientia Agraria*, v.4, n.1, p. 61-67.
- RESENDE, G.M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J.; FREITAS, S. A. C. y J. C. RODRIGUES JUNIOR. (2003). Efeitos de tipos de bandejas e idade de transplante de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade de alface americana. *Horticultura Brasileira*, v.21, n. 3, p. 558-563.
- RINCÓN, L., (2001). Necesidades hídricas, absorción de nutrientes y respuesta a la fertilización nitrogenada de la lechuga Iceberg. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. 211 p.
- RINCÓN, L. (2005). La fertirrigación de la lechuga Iceberg. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agriario y Alimentario. ISBN 84-689-1187-9.
- RINCÓN L. y J. SÁEZ. (1997). Determinación de la evapotranspiración y de los coeficientes de cultivo en lechuga Iceberg con riego por goteo. *Actas de Horticultura 20*. p. 193-202.
- RIVETTI, A. R. (2006). Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. I. Rendimiento en grano de maíz y sus componentes. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo*. v.38, n.2, p. 25-36.
- ROCHA, R. C. (2000). Tipos e alturas de sombrites na produção de alface sob temperatura e luminosidade elevadas. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Brasil.
- RUSSELL, G.; JARVIS P. G. y J. L. MONTEITH. (1989). Absorption of radiation by canopies and stand growth. *Plant canopies. Society for Experimental Biology Seminar Series*, No. 31, Cambridge.
- SÁ, G. D. y M. Y. REGHIN. (2008). Desempenho de duas cultivares de chicória em três ambientes de cultivo. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.2, p. 378-384.
- SALAS, F. J. S.; MORAES, C. A. P.; GARCIA, S. y T. T. SABUNDJIAN. (2008). Evaluación del cultivo protegido por agrotêxtil en la cultura de lechuga y su desempeño en diferentes tipos de aplicaciones. *Arquivos do Instituto Biológico*, v.75, n.4, p. 437-442.
- SARLI, A. (1980). Tratado de Horticultura. Editorial Hemisferio Sur. 460 p.
- SCHOLBERG, J.; MC NEAL, B. L.; JONES, J. W.; BOOTE, K. J.; STANLEY, C. D. y T. A. OBREZA. (2000). Growth and canopy characteristics of field-grown tomato. *Agronomy Journal*, v.92, n.1, p. 152-159.

- SEABRA, S. Jr.; GADUM, J.; VILLANI PURQUERIO, L. F.; GONÇALVES TELLES L. M.; DA SILVA, N. y R. GOTO. (2002). Produção de alface americana em função de tipos de bandeja. UNESP-FCA, Departamento de Produção Vegetal/Horticultura.
- SILQUINI, O. A.; GRÉGOIRE, H. C.; SCARONE, J. G. y E. M. BAUDINO. (2007). Comportamiento de la espinaca híbrida 424 cultivada bajo dos sistemas de protección. Rev. Fac. Agronomía – UNLPam. v.18, n.1.
- SILVA, R. (2004). Evaluar tres tamaños de celdillas de bandejas de speedling, sobre la calidad de las plántulas y la producción de una variedad de lechuga (*Lactuca sativa*) tipo escarola. Tesis de grado. Universidad de las Américas, Facultad de Agronomía, Santiago. 89 p.
- SILVA, E.; MARTINEZ, F. y M. YITAYEW. (1999). Relationship between lettuce crop coefficient and growing degree days. Horticultura Brasileira, v.17, n.2, p. 134-142.
- SILVA E.; CASTRO VALDEBENITO, K. I. y B. MÓNICA. (2007). Evaluación de volúmenes de alvéolos y mezclas de sustratos sobre la calidad del plantín de radicchio (*Cichorium intybus* L.) y su posterior comportamiento en campo. Tesis de grado. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía, Santiago. 57 p.
- STAVISKY A. (2010) Situación actual de la plasticultura en Argentina. XXXIII Congreso argentino de horticultura. En: <http://www.asaho.org.ar>. Consultado: 03-08-2013.
- SUÁREZ-REY, E. M.; ROMERO-GAMÉZ, M.; MONTOSA, J. M. y F. MANSILLA. (2009). Producción de ajo tierno bajo cubiertas flotantes de agrotexil. Horticultura. v. 212, p. 26-27.
- TEI, F., SCAIFE, A., y D. P. AIKMAN. (1996). Growth of lettuce, onion, and red beet. 1. Growth analysis, light interception, and radiation use efficiency. Annals of Botany, v.78, n.5, p. 633-643.
- TRAUNFELD, J. (2011). Floating row cover - an organic gardening tool that improves plant growth and excludes pests. En: <http://www.growit.umd.edu>. Consultado: 03-08-2013.
- ULLÉ, J. A. (2003). Relación parte aérea – radicular en plantines de lechuga en contenedor con distintos volúmenes de celdas y mezclas de sustratos. XXVII Congreso Argentino de Horticultura. Libro de Resúmenes. Villa de Merlo, San Luis, Argentina. 49 p.
- USDA. (2011). Floating Row Cover. Community Garden Guide. Season Extension. En: <http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE.../mipmcar9780.pdf>. Consultado: 03-08-2013
- VAGNONI, R.; BUYATTI, M. y J.C. FAVARO. (2014). Efecto del tamaño de celda de bandejas de siembra sobre la morfología y fisiología de plantines de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Horticultura Argentina. v.33, n.80, p. 15-19.
- VAVRINA, C. (1995). An introduction to the production of containerized vegetable transplants. University of Florida, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences.
- VAVRINA, C. (2000). Bigger is actually better. University of Florida. Vegetable horticulture program. En: <http://www.imok.ufl.edu/veghort/trans/biggeris.htm>. Consultado: 05-02-2014.
- VAVRINA, C. (2004). Transplant production. Horticultural Sciences Department, University of Florida. En: <http://www.edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/CV/CV10400.pdf>. Consultado: 05-02-2014.
- VIDAL, J. L. (2004). Efectos del factor térmico en el desarrollo y crecimiento inicial de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivado en campo. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán, Argentina.

En: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-tesis_factor_termico.pdf
Consultado: 05-02-2014.

- VIGLIOLA, M. (1996). Manual de Horticultura. Segunda Edición. Tercera Reimpresión. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- WADAS, R.; JABŁOŃSKA-CEGLAREK, R. y E. KOSTERNA. (2004). Effect of plastic covering and nitrogen fertilization on yield and quality of early potatoes. Horticulturae. v.16, n.2, p. 41-48.
- WELLS, O. S. y J. B. LOY. (1985). Intensive vegetable production with row covers. HortScience, v.20, n.5, p. 822-826.
- WHITAKER, T. W.; RYDER, V. E.; RUBATZKY, V. E. y P. V. VAIL. (1974). Letuce production in the United States. USDA. Agric. Handbook N° 22. Washington.
- WIEN, H. C. (1997). The physiology of vegetable crops. CABI Publishing.
- WOLFE, D. W.; ALBRIGHT, L. D. y J. WYLAND. (1989). Modelling row cover effects on microclimate and yield. I. Growth response of tomato and cucumber. American Society for Horticultural Science. v.114, n.4, p. 562-568.
- ŽNIDARČIČ, D.; TRDAN, S. y E. ZLATIČ. (2003). Impact of various growing methods on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yield and sensory quality. Biotech. v.81, n.2, p. 341-348.

Determinación de las variables que definen la calidad del plantín. Ciclo 1

Número de hojas

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Número de hojas	30	0,27	0,22	13,30	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,27	2	2,63	5,04	0,0138
Tratamiento	5,27	2	2,63	5,04	0,0138
Error	14,10	27	0,52		
Total	19,37	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,66311

Error: 0,5222 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
7 cm3	5,00	10	0,23 A
13 cm3	5,30	10	0,23 A
24 cm3	6,00	10	0,23 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Longitud de hojas

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Altura de plantín (cm)	30	0,76	0,74	16,58	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	208,13	2	104,06	41,68	<0,0001
Tratamiento	208,13	2	104,06	41,68	<0,0001
Error	67,42	27	2,50		
Total	275,55	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,44998

Error: 2,4970 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
7 cm3	6,54	10	0,50 A
13 cm3	9,11	10	0,50 B
24 cm3	12,95	10	0,50 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Longitud de raíces

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Longitud de raíces (cm)	30	0,39	0,34	25,34	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	171,51	2	85,75	8,55	0,0013
Tratamiento	171,51	2	85,75	8,55	0,0013
Error	270,84	27	10,03		
Total	442,35	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,90624

Error: 10,0311 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
7 cm3	9,12	10	1,00 A
13 cm3	14,03	10	1,00 B
24 cm3	14,34	10	1,00 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Peso fresco parte aérea

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco parte aérea (g.)	30	0,69	0,67	41,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20,78	2	10,39	30,72	<0,0001
Tratamientos	20,78	2	10,39	30,72	<0,0001
Error	9,13	27	0,34		
Total	29,91	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,53362

Error: 0,3382 gl: 27

Tratamientos Medias n E.E.

7 cm3	0,56	10	0,18	A
13 cm3	1,11	10	0,18	B
24 cm3	2,54	10	0,18	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Peso fresco raíces

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco raíces (g.)	30	0,46	0,42	31,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,30	2	0,15	11,71	0,0002
Tratamientos	0,30	2	0,15	11,71	0,0002
Error	0,34	27	0,01		
Total	0,64	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,10328

Error: 0,0127 gl: 27

Tratamientos Medias n E.E.

7 cm3	0,23	10	0,04	A
13 cm3	0,37	10	0,04	B
24 cm3	0,47	10	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Peso fresco total

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco total (g.)	30	0,70	0,68	35,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25,72	2	12,86	32,24	<0,0001
Tratamientos	25,72	2	12,86	32,24	<0,0001
Error	10,77	27	0,40		
Total	36,49	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,57954

Error: 0,3989 gl: 27

Tratamientos Medias n E.E.

7 cm3	0,79	10	0,20	A
13 cm3	1,48	10	0,20	B
24 cm3	3,01	10	0,20	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Peso seco parte aérea

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso seco parte aérea (g.)	30	0,66	0,63	33,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	2	0,02	25,81	<0,0001
Tratamientos	0,05	2	0,02	25,81	<0,0001
Error	0,02	27	8,8E-04		
Total	0,07	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,02727

Error: 0,0009 gl: 27

Tratamientos	Medias	n	E.E.
7 cm3	0,05	10	0,01 A
13 cm3	0,08	10	0,01 B
24 cm3	0,14	10	0,01 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Peso seco raíces

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso seco raíces (g.)	30	0,42	0,37	23,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,6E-04	2	1,8E-04	9,65	0,0007
Tratamientos	3,6E-04	2	1,8E-04	9,65	0,0007
Error	5,0E-04	27	1,9E-05		
Total	8,6E-04	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,00396

Error: 0,0000 gl: 27

Tratamientos	Medias	n	E.E.
7 cm3	0,01	10	1,4E-03 A
13 cm3	0,02	10	1,4E-03 B
24 cm3	0,02	10	1,4E-03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Peso seco total

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso seco total (g.)	30	0,66	0,64	30,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	2	0,03	26,28	<0,0001
Tratamientos	0,05	2	0,03	26,28	<0,0001
Error	0,03	27	1,0E-03		
Total	0,08	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,02911

Error: 0,0010 gl: 27

Tratamientos	Medias	n	E.E.
7 cm3	0,06	10	0,01 A
13 cm3	0,10	10	0,01 B
24 cm3	0,16	10	0,01 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Determinación de las variables que definen la calidad del plantín. Ciclo 2

Número de hojas

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Número de hojas	30	0,68	0,65	9,32	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,40	2	5,70	28,50	<0,0001
Tratamientos	11,40	2	5,70	28,50	<0,0001
Error	5,40	27	0,20		
Total	16,80	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,41037

Error: 0,2000 gl: 27

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
7 cm3	4,00	10	0,14	A
13 cm3	4,90	10	0,14	B
24 cm3	5,50	10	0,14	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Longitud de hojas

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Altura de plantín (cm)	30	0,68	0,65	16,07	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	56,98	2	28,49	28,48	<0,0001
Tratamientos	56,98	2	28,49	28,48	<0,0001
Error	27,01	27	1,00		
Total	83,99	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,91783

Error: 1,0005 gl: 27

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
7 cm3	4,36	10	0,32	A
13 cm3	6,66	10	0,32	B
24 cm3	7,65	10	0,32	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Longitud de raíces

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Longitud de raíces (cm)	30	0,23	0,17	19,96	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28,24	2	14,12	4,05	0,0290
Tratamientos	28,24	2	14,12	4,05	0,0290
Error	94,14	27	3,49		
Total	122,37	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,71338

Error: 3,4865 gl: 27

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
7 cm3	7,99	10	0,59	A
13 cm3	9,93	10	0,59	B
24 cm3	10,15	10	0,59	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Peso fresco parte aérea

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco parte aérea (g.)	30	0,62	0,59	36,86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,58	2	1,79	21,71	<0,0001
Tratamientos	3,58	2	1,79	21,71	<0,0001
Error	2,23	27	0,08		
Total	5,81	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,26354

Error: 0,0825 gl: 27

Tratamientos Medias n E.E.

7 cm3	0,33	10	0,09	A
13 cm3	0,85	10	0,09	B
24 cm3	1,16	10	0,09	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Peso fresco raíces

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco raíces (g.)	30	0,47	0,43	35,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,35	2	0,18	11,90	0,0002
Tratamientos	0,35	2	0,18	11,90	0,0002
Error	0,40	27	0,01		
Total	0,75	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,11163

Error: 0,0148 gl: 27

Tratamientos Medias n E.E.

7 cm3	0,19	10	0,04	A
24 cm3	0,41	10	0,04	B
13 cm3	0,43	10	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Peso fresco total

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco total (g.)	30	0,61	0,58	33,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,96	2	2,98	21,06	<0,0001
Tratamientos	5,96	2	2,98	21,06	<0,0001
Error	3,82	27	0,14		
Total	9,79	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,34525

Error: 0,1416 gl: 27

Tratamientos Medias n E.E.

7 cm3	0,52	10	0,12	A
13 cm3	1,28	10	0,12	B
24 cm3	1,58	10	0,12	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Peso seco parte aérea

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso seco parte aérea (g.)	30	0,54	0,50	39,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	2	0,03	15,57	<0,0001
Tratamientos	0,06	2	0,03	15,57	<0,0001
Error	0,05	27	1,9E-03		
Total	0,11	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,04022

Error: 0,0019 gl: 27

Tratamientos	Medias	n	E.E.
7 cm3	0,05	10	0,01 A
13 cm3	0,12	10	0,01 B
24 cm3	0,16	10	0,01 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Peso seco raíces

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso seco raíces (g.)	30	0,43	0,39	34,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,2E-03	2	2,1E-03	10,12	0,0005
Tratamientos	4,2E-03	2	2,1E-03	10,12	0,0005
Error	0,01	27	2,1E-04		
Total	0,01	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,01322

Error: 0,0002 gl: 27

Tratamientos	Medias	n	E.E.
7 cm3	0,03	10	4,6E-03 A
24 cm3	0,05	10	4,6E-03 B
13 cm3	0,05	10	4,6E-03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Peso seco total

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso seco total (g.)	30	0,54	0,51	34,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	2	0,05	16,12	<0,0001
Tratamientos	0,09	2	0,05	16,12	<0,0001
Error	0,08	27	2,8E-03		
Total	0,17	29			

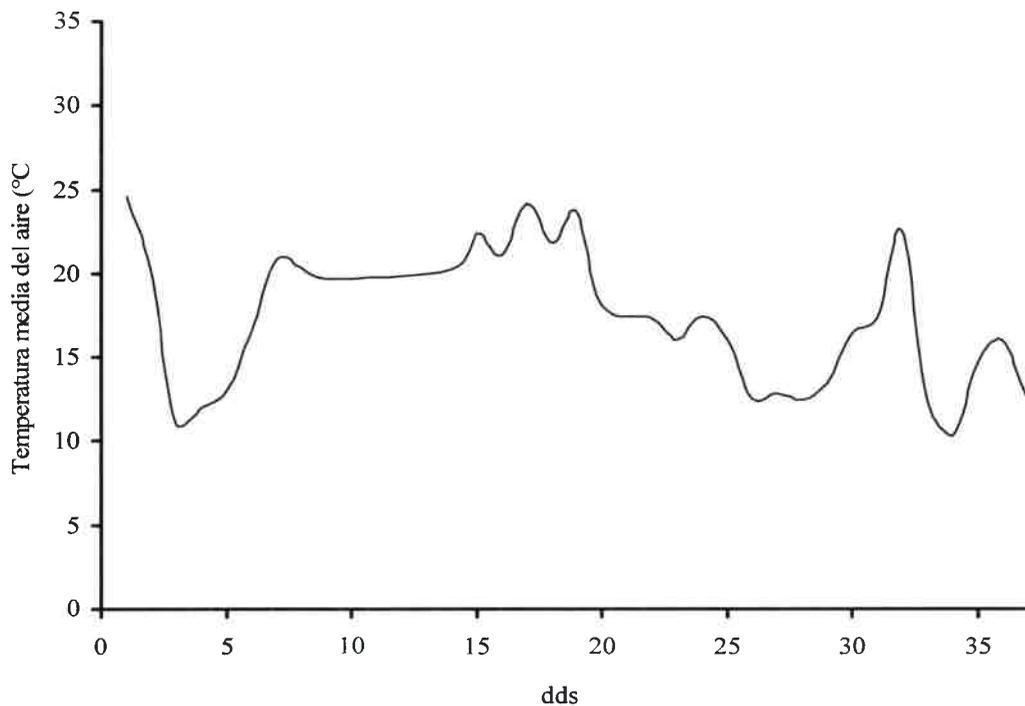
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,04857

Error: 0,0028 gl: 27

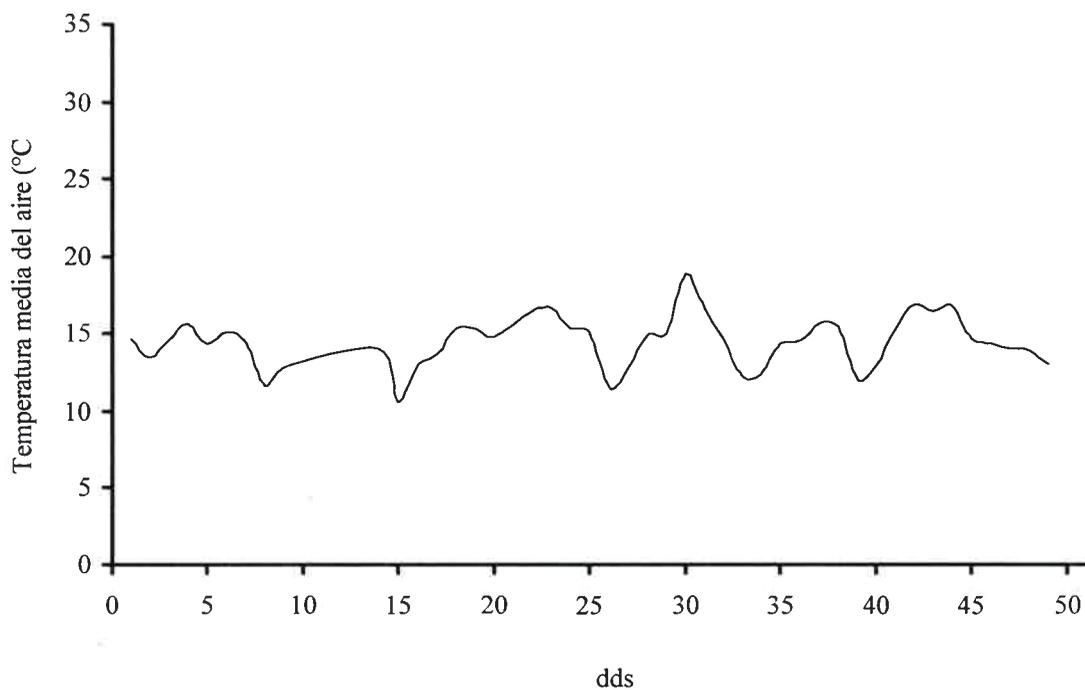
Tratamientos	Medias	n	E.E.
7 cm3	0,08	10	0,02 A
13 cm3	0,17	10	0,02 B
24 cm3	0,21	10	0,02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Temperatura del aire en el interior del invernadero durante la etapa de producción de los plantines. Ciclo 1 y 2.



Dinámica de la temperatura media del aire (°C) en el interior del invernadero durante los días después de la siembra (dds) hasta el momento del trasplante a campo. Ciclo 1.



Dinámica de la temperatura media del aire (°C) en el interior del invernadero durante los días después de la siembra (dds) hasta el momento del trasplante a campo. Ciclo 2.

**Cuantificación de las variables ambientales en el cultivo de lechuga con y sin protección .
Ciclo 1 y 2.**

Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
RFA (Mj.m-2.día-1) c/mt	185	0,93	0,93	0,58	424,21	433,87

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-0,68	0,16	-0,99	-0,36	-4,20	<0,0001	
RFA (Mj.m-2.día-1) s/mt	0,73	0,01	0,70	0,76	49,88	<0,0001	2475,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1412,33	1	1412,33	2488,48	<0,0001
RFA (Mj.m-2.día-1) s/mt	1412,33	1	1412,33	2488,48	<0,0001
Error	103,86	183	0,57		
Total	1516,19	184			

Temperatura del aire

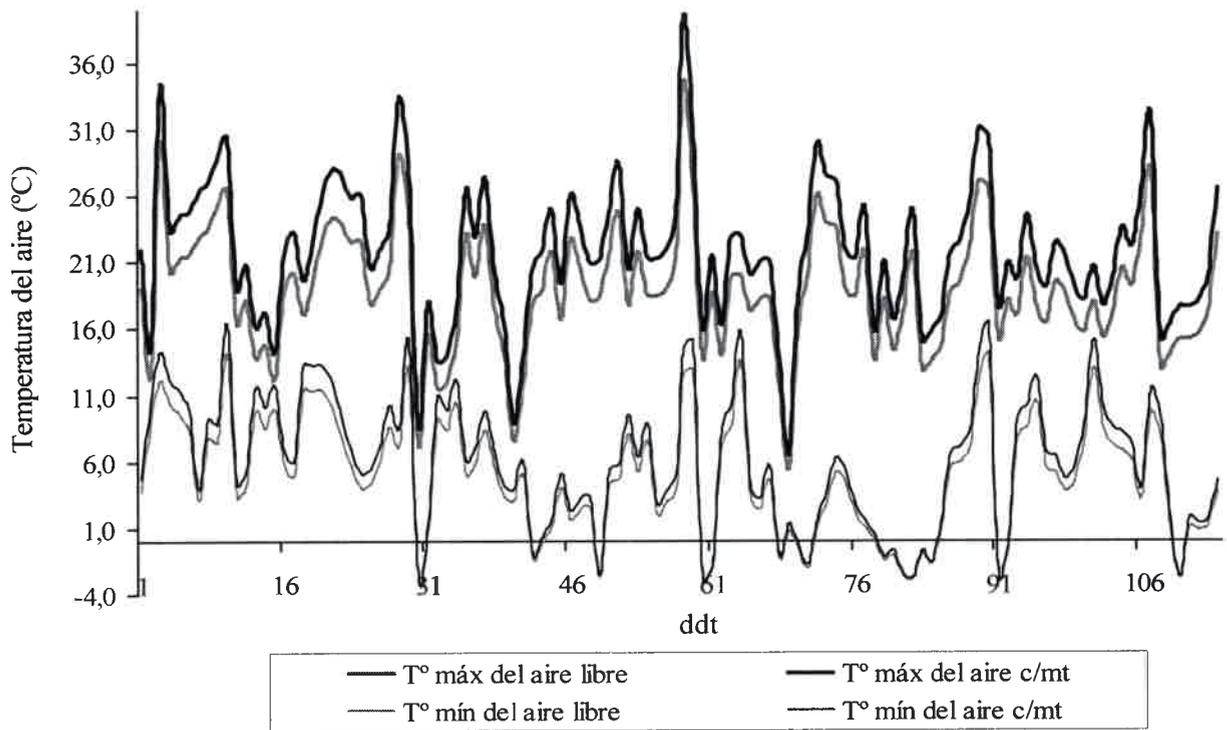
Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
T° del aire c/mt	1350	0,91	0,91	7,94	6627,98	6643,60

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

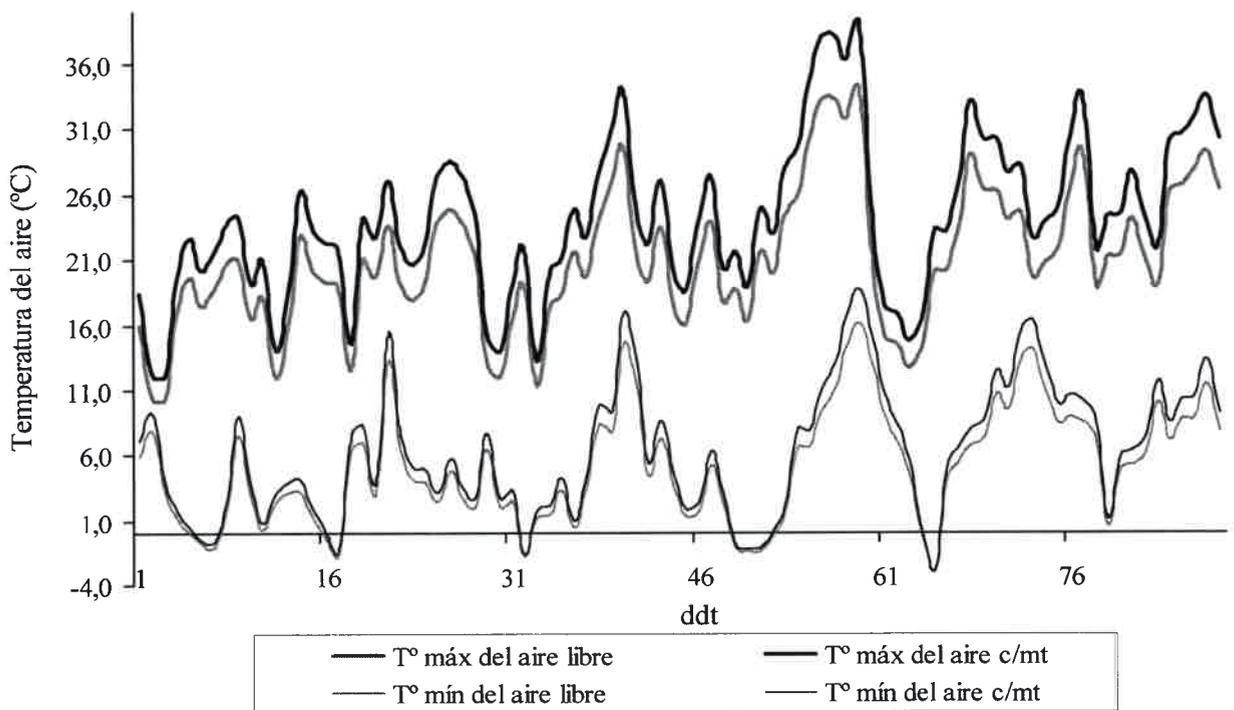
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	0,45	0,15	0,17	0,74	3,12	0,0019	
T° del aire libre	1,13	0,01	1,11	1,15	119,78	<0,0001	14337,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	113562,83	1	113562,83	14347,58	<0,0001
T° del aire libre	113562,83	1	113562,83	14347,58	<0,0001
Error	10669,58	1348	7,92		
Total	124232,41	1349			



Dinámica de las temperaturas máximas y mínimas en el ambiente bajo la manta térmica (c/mt) y al aire libre durante el ciclo 1.



Dinámica de las temperaturas máximas y mínimas en el ambiente bajo la manta térmica (c/mt) y al aire libre durante el ciclo 2.

Humedad relativa del aire

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
H°R del aire c/mt (%)	180	0,93	0,93	18,14	1032,90	1042,48

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	7,32	1,05	5,26	9,38	7,00	<0,0001	
H°R del aire libre	0,95	0,02	0,91	0,99	47,52	<0,0001	2246,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	40154,92	1	40154,92	2257,94	<0,0001
H°R del aire libre	40154,92	1	40154,92	2257,94	<0,0001
Error	3165,53	178	17,78		
Total	43320,46	179			

Rendimiento. Ciclo 1

Análisis de la varianza

Peso Humedo (t.ha-1)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso Humedo (t.ha-1)	180	0,77	0,75	26,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20205,38	13	1554,26	42,34	<0,0001
Bloque	23,35	2	11,67	0,32	0,7280
Manta térmica	17651,31	1	17651,31	480,81	<0,0001
Volumen	2067,08	2	1033,54	28,15	<0,0001
Bloque*Manta térmica	8,18	2	4,09	0,11	0,8947
Bloque*Volumen	55,09	4	13,77	0,38	0,8261
Manta térmica*Volumen	400,37	2	200,19	5,45	0,0051
Error	6094,09	166	36,71		
Total	26299,47	179			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,18406

Error: 36,7114 gl: 166

Bloque	Medias	n	E.E.	
I	22,34	60	0,78	A
III	22,98	60	0,78	A
II	23,19	60	0,78	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,78328

Error: 36,7114 gl: 166

Manta térmica	Medias	n	E.E.	
Sin manta térmica	12,94	90	0,64	A
Con manta térmica	32,74	90	0,64	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,18406

Error: 36,7114 gl: 166

Volumen	Medias	n	E.E.	
7 cm3	18,59	60	0,78	A
13 cm3	23,05	60	0,78	B
24 cm3	26,88	60	0,78	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,08873

Error: 36,7114 gl: 166

Manta térmica	Volumen	Medias	n	E.E.		
Sin manta térmica	7 cm3	10,73	30	1,11	A	
Sin manta térmica	13 cm3	12,55	30	1,11	A	B
Sin manta térmica	24 cm3	15,52	30	1,11		B
Con manta térmica	7 cm3	26,44	30	1,11		C
Con manta térmica	13 cm3	33,55	30	1,11		D
Con manta térmica	24 cm3	38,24	30	1,11		

E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso Seco (t.ha-1)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso Seco (t.ha-1)	180	0,39	0,34	21,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	41,64	13	3,20	8,04	<0,0001
Bloque	0,48	2	0,24	0,60	0,5479
Manta térmica	20,58	1	20,58	51,65	<0,0001
Volumen	18,04	2	9,02	22,64	<0,0001
Bloque*Manta térmica	0,02	2	0,01	0,02	0,9811
Bloque*Volumen	0,61	4	0,15	0,39	0,8187
Manta térmica*Volumen	1,92	2	0,96	2,41	0,0934
Error	66,13	166	0,40		
Total	107,77	179			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,22751

Error: 0,3984 gl: 166

Bloque	Medias	n	E.E.	
I	2,85	60	0,08	A
II	2,95	60	0,08	A
III	2,96	60	0,08	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,18576

Error: 0,3984 gl: 166

Manta térmica	Medias	n	E.E.	
Sin manta térmica	2,58	90	0,07	A
Con manta térmica	3,26	90	0,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,22751

Error: 0,3984 gl: 166

Volumen	Medias	n	E.E.	
7 cm3	2,53	60	0,08	A
13 cm3	2,93	60	0,08	B
24 cm3	3,30	60	0,08	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,32175

Error: 0,3984 gl: 166

Manta térmica	Volumen	Medias	n	E.E.	
Sin manta térmica	7 cm ³	2,28	30	0,12	A
Sin manta térmica	13 cm ³	2,44	30	0,12	A
Con manta térmica	7 cm ³	2,78	30	0,12	B
Sin manta térmica	24 cm ³	3,02	30	0,12	B
Con manta térmica	13 cm ³	3,41	30	0,12	C
Con manta térmica	24 cm ³	3,58	30	0,12	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Rendimiento. Ciclo 2

Análisis de la varianza

Peso Húmedo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso Húmedo	108	0,90	0,88	16,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7151,80	13	550,14	62,52	<0,0001
Bloque	47,91	2	23,95	2,72	0,0709
Parcela	3057,30	1	3057,30	347,42	<0,0001
Volumen	2832,51	2	1416,25	160,94	<0,0001
Parcela*Bloque	26,02	2	13,01	1,48	0,2333
Bloque*Volumen	19,07	4	4,77	0,54	0,7053
Parcela*Volumen	1169,00	2	584,50	66,42	<0,0001
Error	827,20	94	8,80		
Total	7979,00	107			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,38829

Error: 8,8000 gl: 94

Bloque	Medias	n	E.E.
I	17,07	36	0,49 A
II	17,71	36	0,49 A B
III	18,69	36	0,49 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,13353

Error: 8,8000 gl: 94

Parcela	Medias	n	E.E.
Sin manta térmica	12,50	54	0,40 A
Con manta térmica	23,14	54	0,40 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,38829

Error: 8,8000 gl: 94

Volumen	Medias	n	E.E.
7 cm ³	11,75	36	0,49 A
13 cm ³	17,44	36	0,49 B
24 cm ³	24,28	36	0,49 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,96334

Error: 8,8000 gl: 94

Parcela	Volumen	Medias	n	E.E.			
Sin manta térmica	7 cm3	10,21	18	0,70	A		
Sin manta térmica	13 cm3	12,58	18	0,70		B	
Con manta térmica	7 cm3	13,29	18	0,70		B	C
Sin manta térmica	24 cm3	14,72	18	0,70			C
Con manta térmica	13 cm3	22,31	18	0,70			D
Con manta térmica	24 cm3	33,83	18	0,70			

E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso Seco

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso Seco	108	0,72	0,68	18,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24,06	13	1,85	18,53	<0,0001
Bloque	0,28	2	0,14	1,40	0,2511
Parcela	4,68	1	4,68	46,89	<0,0001
Volumen	17,28	2	8,64	86,51	<0,0001
Parcela*Bloque	0,09	2	0,05	0,47	0,6248
Bloque*Volumen	0,06	4	0,02	0,16	0,9603
Parcela*Volumen	1,66	2	0,83	8,31	0,0005
Error	9,39	94	0,10		
Total	33,45	107			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,14790

Error: 0,0999 gl: 94

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	1,61	36	0,05	A
I	1,65	36	0,05	A
III	1,74	36	0,05	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,12076

Error: 0,0999 gl: 94

Parcela	Medias	n	E.E.	
Con manta térmica	1,46	54	0,04	A
Sin manta térmica	1,88	54	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,14790

Error: 0,0999 gl: 94

Volumen	Medias	n	E.E.	
7 cm3	1,17	36	0,05	A
13 cm3	1,68	36	0,05	B
24 cm3	2,15	36	0,05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,20916

Error: 0,0999 gl: 94

Parcela	Volumen	Medias	n	E.E.			
Con manta térmica	7 cm3	0,81	18	0,07	A		
Con manta térmica	13 cm3	1,47	18	0,07		B	
Sin manta térmica	7 cm3	1,53	18	0,07		B	
Sin manta térmica	13 cm3	1,89	18	0,07			C
Con manta térmica	24 cm3	2,10	18	0,07			D

Sin manta térmica 24 cm3 2,21 18 0,07 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

IMÁGENES

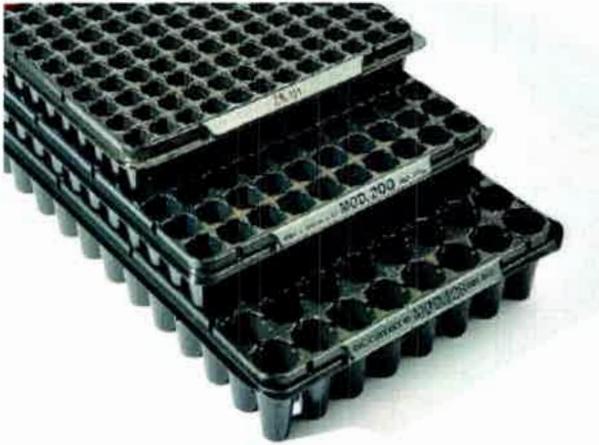


Imagen 1. Bandejas de germinación con celdas de 24 cm³ (128 celdas), 13 cm³ (200 celdas) y 6 cm³ (288 celdas).



Imagen 2. Plantines de lechuga creciendo en las diferentes bandejas de germinación dentro del invernadero.

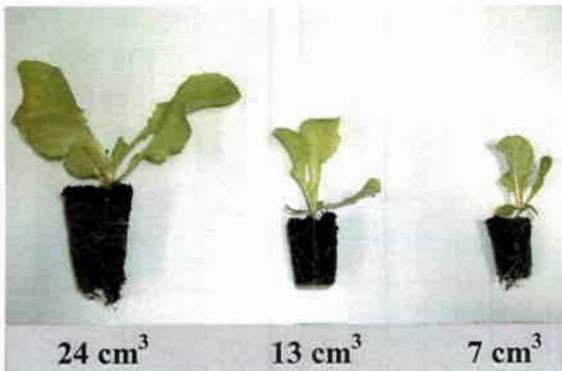


Imagen 3. Plantines de lechuga al momento del trasplante (37 dds). Ciclo 1.



Imagen 4. Plantines de lechuga al momento del trasplante (49 dds). Ciclo 2.



Imagen 5. Acumulación de raíces en la base de la celda de 7 cm³ al trasplante.



Imagen 6. Vista en detalle de la imagen anterior.



Imagen 7. Lavado de los plantines.



Imagen 8. Pesaje de los plantines.



Imagen 9. Preparación de los plantines para las mediciones correspondientes.



Imagen 10. Estufa de secado.



Imagen 11. Trasplante a campo. Vista de las parcelas de ensayo. Campo experimental U.N.R.C.



Imagen 12. Detalle de un plantín de lechugaal trasplante.



Imagen 13. Colocado de la manta térmica luego del trasplante.



Imagen 14. Fijación de la manta térmica.



Imagen 15. Barra de radiación BAR-RAD 100 con sensores LICOR.



Imagen 16. Medición de la radiación debajo de la manta térmica.



Imagen 17. Muestreo de humedad de suelo.



Imagen 18. Muestras de suelo listas para colocar en estufa.



Imagen 19. Termo- higo anemómetro digital marca Skywatch (Atmos) para la medición de H° relativa del aire.



Imagen 20. Equipo data loggers para la medición de la temperatura del aire.



Imagen 21. Medición de la evolución de la biomasa aérea fresca en cada tratamiento.



Imagen 22. Desarrollo del tallo floral. Ciclo 2. .



Imagen 23. Cultivo próximo a cosecha. Bajo la manta térmica (derecha). Sin manta (izquierda).



Imagen 24. Momento de la cosecha del cultivo.

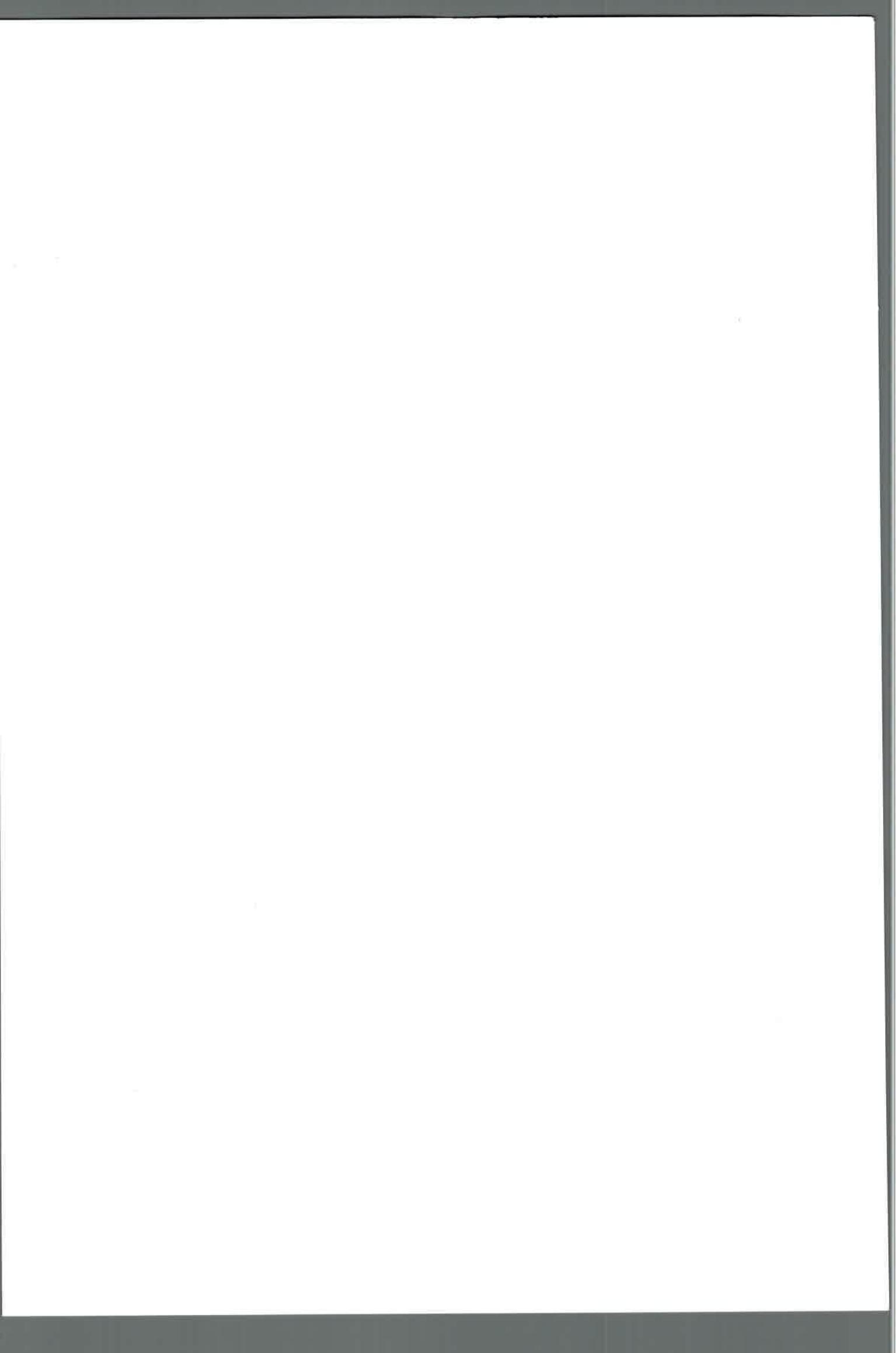




Imagen 25. Medición de peso fresco individual de las plantas a cosecha. Tratamiento de 24 cm³ con manta térmica. Ciclo 1.



Imagen 26. Medición de peso fresco individual de las plantas a cosecha. Tratamiento de 24 cm³ sin manta térmica. Ciclo 1.

7. 703