

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO
NATURAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL

MÁSTER DE PRODUCCIÓN VEGETAL Y ECOSISTEMAS AGROFORESTALES



Comportamiento productivo, fisiopatías y acumulación de nitratos en dos cultivares de escarola (*Cichorium endivia* L.) bajo distintos sistemas de manejo y ciclos.

Tesina de máster

Presentada por:

Andrea Gromaz Roig

Dirigida por:

Prof. Dr. D. José Vicente Maroto Borrego

Dr. D. José Francisco Torres Rubio

VALENCIA, septiembre 2013

ÍNDICE

<u>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</u>	1
<u>1.1. Generalidades</u>	1
<u>1.1.1. Importancia económica</u>	1
<u>1.2. Encuadramiento taxonómico y material vegetal</u>	1
<u>1.3. “Tipburn</u>	2
<u>1.3.1. Factores implicados en la aparición e incidencia de “tipburn</u>	2
<u>1.3.1.1. Factores externos</u>	3
<u>1.3.1.1.1. Luz</u>	3
<u>1.3.1.1.2. Temperatura</u>	3
<u>1.3.1.1.3. Humedad</u>	4
<u>1.3.1.1.4. Suelo</u>	5
<u>1.3.1.2. Factores relacionados con el desarrollo</u>	5
<u>1.3.1.2.1. Vigor</u>	5
<u>1.3.1.3. Factores hormonales</u>	6
<u>1.4. Otras enfermedades o fisiopatías</u>	7
<u>1.4.1. “Mancha translúcida”</u>	7
<u>1.4.2. Subida a flor prematura</u>	7
<u>1.5. Acumulación de nitratos</u>	8
<u>1.6. Objetivos</u>	10
<u>2. MATERIAL Y MÉTODOS</u>	11
<u>2.1. Características del experimento</u>	11
<u>2.2. Parámetros estudiados</u>	12
<u>2.2.1. Evaluación de la incidencia de las fisiopatías</u>	13
<u>2.2.1.1. Evaluación de la incidencia de “tipburn”</u>	13
<u>2.2.1.2. Evaluación de la subida a flor prematura</u>	13
<u>2.2.1.3. Evaluación de la afección de mancha translúcida</u>	14
<u>2.2.2. Producción comercial</u>	14
<u>2.2.3. Análisis del contenido de nitratos</u>	14
<u>2.2.3.1. Toma de muestras</u>	14
<u>2.2.3.2. Método de análisis utilizado, cálculos y operaciones realizadas para obtener el contenido en nitratos</u>	14
<u>2.2.4. Medida de la concentración de clorofilas</u>	16
<u>2.2.5. Medida del color</u>	17
<u>2.2.6. Medida de la humedad relativa y la temperatura</u>	17
<u>2.2.7. Análisis estadístico de los resultados</u>	17
<u>2.2.8. Incidencias</u>	18
<u>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	19
<u>3.1. Resultados ciclo 1</u>	19
<u>3.2. Resultados Ciclo 2</u>	28
<u>3.3. Resultados comparación entre ciclos</u>	40
<u>3.4. Relaciones entre parámetros de color (a ; b), contenido de nitratos y valores de $spad$</u>	44
<u>3.5. Discusión de los resultados</u>	46
<u>4. CONCLUSIONES</u>	50
<u>5. BIBLIOGRAFÍA</u>	51

<u>ANEJOS</u>	55
ANEJO FOTOGRÁFICO	55
ANEJO TEMPERATURA Y HUMEDAD	61

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Generalidades

La escarola (*Cichorium endivia* L.) es una hortaliza que por su contenido vitamínico se emplea en la elaboración de ensaladas, de forma directa o troceada en las presentaciones de ‘cuarta gama’, siendo considerada como una planta estimuladora del apetito por su sabor ligeramente amargo (Maroto, 2002).

En general no existen demasiados estudios básicos sobre aspectos fisiológicos de la escarola y la mayor parte de los autores suelen proyectar sobre esta especie los conocimientos que si se tienen en lechuga, cultivo que suele considerarse muy afín a ella (Wien, 1997; Ryder, 1999; Maroto, 2002).

1.1.1. Importancia económica

La superficie dedicada en España al cultivo de la escarola en el año 2011, fue de 2.500 ha, con una producción de 60.700 t, siendo Cataluña y Murcia las Comunidades Autónomas con una mayor producción, con 15.245 t y 13.450 t respectivamente. La Comunidad Valenciana es la tercera región productora con 318 ha cultivadas y una producción de 10.193 t (MAGRAMA, 2013).

En cuanto al comercio exterior, las exportaciones de endivia y escarola durante 2012, fueron de 47.513 t, lo que supuso un incremento respecto del año 2011 (42.848 t). Por otro lado, las importaciones en 2012 sufrieron un descenso, cifrándose ese año en 4.067 t, respecto a las 6.150 t importadas en 2011 (FEPEX, 2013).

1.2. Encuadramiento taxonómico y material vegetal

Cichorium endivia L. pertenece a la familia *Compositae* y al género *Cichorium*.

Existen dos variedades botánicas claramente diferenciadas (Maroto, 2000 a):

- *Cichorium endivia* L. var. *crispa* L: se caracteriza por las hojas divididas en estrechos y retorcidos segmentos y los bordes fuertemente dentados. Como cvs. de otoño-invierno pueden citarse: *Cabello de Ángel*, *Despa*, etc. Entre los cvs. de primavera-verano: *Rizada doble de verano*.
- *Cichorium endivia* L. var. *latifolia* L: son escarolas con las hojas muy anchas, algo onduladas, y con un dentado muy ligero. Entre los cvs. de otoño-invierno: *Gigante*

Hortelana, Ágora, Natacha. Entre los cvs. de primavera-verano: *Malan, Gruesa Bouclée, Cuartana.*

1.3. “Tipburn”

Alteración que se manifiesta por una desecación marginal de los bordes de las hojas jóvenes e interiores de la planta, ocasionada por una deficiente translocación de calcio y que puede ser el origen de distintas podredumbres causadas por infecciones criptogámicas o bacterianas, teniendo una incidencia muy negativa en su calidad comercial (Maroto, 2002).

Antes de que aparezca la necrosis marginal, se observa una decoloración en las venas más grandes del margen de la hoja causadas por la ruptura del tejido laticífero, con lo que se produce una liberación de látex en los tejidos colindantes. Esta liberación provoca el colapso del parénquima y la oclusión de los elementos del xilema, causando una pérdida de turgencia de la hoja y el colapso de las células del mesófilo y su posterior necrosis (Collier, 1982).

1.3.1. Factores implicados en la aparición e incidencia de “tipburn

El calcio se absorbe y transporta en forma iónica y su movilidad es mucho mayor en el apoplasto -se transporta vía xilemática a través del flujo radicular de agua- que en el simplasto, de manera que aquellos órganos que reciben la mayor parte del agua por el floema reciben frecuentemente un suministro inadecuado de este elemento mineral (Guardiola y García, 1990).

Las hojas en desarrollo tienen elevadas necesidades de calcio, necesario para la expansión y formación de la pared celular. Cuando las hojas jóvenes, empiezan a ser fotosintéticamente activas, los nitratos comienzan a reducirse para formar ácidos orgánicos, que tienen una elevada afinidad por el calcio, por ello, estos tejidos, necesitan un aporte continuo de este elemento durante su crecimiento (Barta and Tibbits, 2000). El potencial transpiratorio de las hojas externas es mayor que el de las hojas interiores, por lo que durante el día reciben la mayor parte del flujo de calcio de la savia ascendente, y en condiciones que favorezcan una transpiración muy elevada, pueden incluso retirar el calcio de las hojas más jóvenes (Maroto, 2000 b).

Determinados factores tanto externos, (temperaturas excesivas, estrés hídrico, salinidad, bajas higrometrías nocturnas, escasos contenidos en calcio del suelo, etc.), como internos

(crecimiento demasiado rápido de la planta etc.), que aumenten la evaporación o la demanda de calcio, pueden incrementar la incidencia de “tipburn” (Maroto, 2000 b).

A continuación se recogen los principales factores que influyen en la incidencia de “tipburn”, fisiopatía que ha sido ampliamente estudiada en lechuga, por lo que la mayoría de las citas son referidas a este cultivo, pero que por su similitud a la escarola pueden ser aplicables, dada la escasa bibliografía existente.

1.3.1.1. Factores externos

1.3.1.1.1. Luz

En diferentes estudios realizados, se determinó que un incremento de la intensidad de la luz y fotoperiodos largos aceleran la aparición de “tipburn” e incrementan su severidad. Del mismo modo, los cambios repentinos de bajas intensidades lumínicas a elevadas, acompañado por un descenso de la humedad, promueven su incidencia (Saure, 1998). Este efecto solo se ha atribuido a que intensidades lumínicas altas incrementan la ratio de crecimiento y con ello la demanda de calcio.

Sin embargo, como se determinó en otros estudios, en las plantas que crecen bajo invernadero, el “tipburn” se desarrolla antes y en mayor medida que en las cultivadas al aire libre, por lo que las intensidades luminosas bajas no siempre ayudan a prevenirlo (Saure, 1998).

En un trabajo realizado con *Eustoma grandiflorum* (Raf.) bajo invernadero, se determinó que en condiciones de baja intensidad lumínica, el “tipburn” no se desarrollaba. Sin embargo, según lo expuesto anteriormente, también se observó que no siempre un fotoperiodo elevado o un alta intensidad luminosa son las causantes de su aparición, sino que su incidencia estaba determinada conjuntamente por cambios en la temperatura y la humedad relativa (Islam *et al.*, 2004).

1.3.1.1.2. Temperatura

En plantas de lechuga, se ha constatado una relación entre la exposición a altas temperaturas o temperaturas alternantes y el desarrollo del “tipburn”. Así pues, en diversos ensayos, se observó cómo se incrementaba el porcentaje de plantas afectadas y el grado de incidencia conforme aumentaba el tiempo de exposición a temperaturas elevadas. El efecto de la temperatura es aparentemente acumulativo, ya que la aparición de la fisiopatía, en

condiciones de laboratorio, ha sido hasta dos veces más rápida con temperaturas elevadas constantes, que alternando altas y bajas temperaturas (Misaghi and Grogan, 1978).

En estudios posteriores, también realizados en lechuga, se obtuvo que el riesgo de “tipburn” se incrementaba con un periodo de días sucesivos de elevadas temperaturas y baja humedad y que las plantas que se desarrollaban con temperaturas nocturnas elevadas, especialmente cerca de la maduración, eran más susceptibles. Sin embargo, dado que la temperatura no es el único factor implicado en la aparición de “tipburn”, no se ha establecido una relación clara y directa de la influencia de las altas temperaturas en su incidencia, (Saure, 1998).

1.3.1.1.3. Humedad

En cuanto al efecto que tiene la humedad relativa (HR) en la incidencia de “tipburn” existe cierta controversia entre los autores que lo han estudiado.

Diferentes estudios realizados en lechuga determinaron, que las plantas que crecieron en condiciones de elevada humedad relativa durante la noche, desarrollaron síntomas de “tipburn”, mientras que no se encontró incidencia de esta fisiopatía en plantas que crecieron en condiciones de baja humedad relativa. Los autores sugieren que estos resultados pudieron tener dos causas principales; la primera, que la concentración de calcio en hojas se redujo debido al incremento en el ratio de crecimiento de las plantas, aumentando así la demanda de este elemento en los tejidos meristemáticos, y en segundo lugar, a que hubo un descenso en la transpiración, lo que disminuyó el flujo de agua hacia las hojas y con ello la translocación de calcio (Olle and Bender, 2009).

Por otro lado, otros autores determinaron que la aparición de “tipburn” en lechuga se retrasó reduciendo la humedad relativa durante el periodo iluminado y con valores superiores al 95% durante el periodo oscuro. La reducción del “tipburn” con bajos niveles de humedad en el periodo iluminado, estuvo asociado, además de con una menor tasa de crecimiento, con una concentración de calcio de las hojas más elevada, causada por el aumento de la transpiración y el transporte de agua a las hojas en desarrollo. Por otro lado, en el periodo oscuro, aunque una HR elevada incrementa el ratio de crecimiento, el “tipburn” se redujo probablemente como resultado de la mayor presión radicular que se desarrolla durante este periodo y que promueve el transporte de calcio a las hojas en expansión.

En este mismo estudio se determinó, que la concentración de calcio en hojas interiores se incrementó con descensos de la HR durante el periodo de luz, lo que no ocurrió con descensos de la humedad durante el periodo oscuro (Collier and Tibbits, 1984).

1.3.1.1.4. Suelo

La incidencia de “tipburn” puede estar promovida por condiciones del suelo que favorezcan el crecimiento de las plantas, especialmente por un contenido elevado de nitrógeno asimilable. El nitrógeno aplicado como amonio incrementa la aparición de “tipburn” en mayor medida que aplicado en forma nítrica, especialmente al inicio de la formación del cogollo y antes de la recolección. Esto fue contrastado en un estudio en lechuga, en el cual se obtuvo que aplicando nitrato amónico apareció más “tipburn” que aplicando el nitrógeno en forma de nitrato cálcico (Scaife *et al.*, 1986).

Por otro lado, un aporte excesivo de nitrógeno incrementa el ratio de crecimiento, aumentando el riesgo de que la concentración de calcio de los tejidos descienda, lo que provoca así una deficiencia de este elemento. En algunos estudios realizados en lechuga, se observó cómo un incremento en la aplicación de nitrógeno inducía una mayor incidencia de “tipburn”, así como un descenso de la concentración de dicho elemento en la solución del suelo, la redujo (Olle and Bender, 2009).

La salinidad es otro de los factores implicados en la aparición de esta fisiopatía. Se ha demostrado, que un incremento en la C.E. (conductividad eléctrica) aumenta la deficiencia de calcio en plantas (Olle and Bender, 2009) y que un descenso en la concentración de la solución nutritiva y de la C.E. pueden disminuir su incidencia (Saure, 1998).

1.3.1.2. Factores relacionados con el desarrollo

1.3.1.2.1. Vigor

Las hojas de las plantas que desarrollan “tipburn” son de mayor tamaño y contienen un mayor contenido en agua que las hojas de las plantas no afectadas.

Diversos estudios señalan, que en algunos casos, una reducción del crecimiento, disminuyendo la temperatura o limitando la fertilización nitrogenada, puede reducir la incidencia de “tipburn”, del mismo modo que con la aplicación de inhibidores de crecimiento (Saure, 1998).

Por el contrario, otros autores determinaron, que el descenso del crecimiento indujo la aparición de “tipburn”, especialmente cuando la actividad de las raíces descendió por factores del suelo como la salinidad, por lo que asociaron un estrés en la planta con la susceptibilidad al “tipburn” (Saure, 1998).

1.3.1.3. Factores hormonales

Diferentes autores han determinado que el “tipburn” aparece como consecuencia de un estrés y que está influenciado por la acción de diferentes hormonas.

Cuando en el medio no hay factores limitantes para el crecimiento de las plantas, éstas se caracterizan por tener un crecimiento elevado, de manera que un pequeño estrés puede producir daños debido a que son muy susceptibles o a que su tolerancia al estrés es muy baja.

Hormonalmente, el crecimiento elevado está asociado a niveles elevados de GA (ácido giberelico) y citoquininas y a niveles reducidos de ABA (ácido abscísico), con lo cual la permeabilidad de la membrana y la extensibilidad de la pared celular aumentan y el cierre de los estomas es inhibido. Por esta razón, altos niveles de GA fisiológicamente activo y niveles bajos de ABA incrementan la susceptibilidad al “tipburn”, reduciendo la tolerancia al estrés (Saure, 1998).

El modo en que el GA interfiere en el transporte de calcio no está del todo claro. Algunos autores argumentan que el GA puede reducir la actividad del calcio en la pared celular lo que incrementa el ratio de crecimiento; otros señalan que puede interferir en la unión del calcio con la membrana plasmática y la pared celular. Por tanto, en tejidos con un crecimiento elevado, las giberelinas pueden tener una doble función en el incremento de la susceptibilidad al estrés; por un lado, un efecto directo, causado por el aumento de la permeabilidad de las membranas, lo que favorece la pérdida de iones calcio, y por otro, uno indirecto, al impedir que el calcio confiera integridad a la membrana (Saure, 1998).

Si la hipótesis de que el “tipburn” es una fisiopatía causada por un estrés, y la baja tolerancia es el resultado de niveles elevados de GA, deficiencias localizadas de calcio pueden ser indicadores iniciales de un incremento en la actividad de GA más que una causa primaria de “tipburn”.

Los factores ambientales, influyen en la concentración de las giberelinas. Condiciones de temperatura y humedad relativa elevadas aumentan la concentración de GA favoreciendo el incremento de la permeabilidad de la membrana.

1.4. Otras enfermedades o fisiopatías

1.4.1. “Mancha translúcida”

Esta afección fisiológica, de la que hay una escasa bibliografía disponible y a la que también se denomina como “Vitrescencia del limbo”, causa, en el limbo de las lechugas y de las escarolas, manchas aceitosas y translúcidas delimitadas por las nerviaciones (Blancard *et al.*, 2005).

Las manchas se observan en plantas obtenidas en invernadero, donde la higrometría es elevada y el contenido de agua en las plantas es excesivo. En estas condiciones, la evaporación de las plantas es insuficiente y los tejidos foliares saturados de agua son más propensos a esta manifestación. En lo que respecta a los cultivares, se han constatado diferencias de sensibilidad frente a esta afección (Blancard *et al.*, 2005). Otros autores han descrito, que esta fisiopatía es importante en cultivos de invierno, en los cuales hay condiciones de baja intensidad luminosa y elevada humedad durante varios días (Grange and Hand, 1987). Por informaciones directas se tiene constancia de que esta fisiopatía puede repercutir muy negativamente en las producciones de escarola para cuarta gama (Maroto *cp.*)

Técnicos de las compañías productoras y comercializadores de semilla, también han señalado al equipo docente de la Cátedra de Cultivos Herbáceos de la Universidad Politécnica de Valencia (U.P.V.) que existen cultivares más propensos a manifestar esta fisiopatía y que la elevada humedad relativa es una de las posibles causas que influye en la incidencia de la misma.

1.4.2. Subida a flor prematura

La subida a flor prematura es una fisiopatía que afecta negativamente a la formación de los pseudocogollos de la escarola, y por tanto, a su calidad comercial. Sus causas son muy variadas y están influenciadas por procesos fisiológicos, susceptibilidad varietal, agentes climáticos, y en menor medida, por las técnicas de cultivo (Maroto, 1997). Por otro lado, condiciones ambientales desfavorables, como un estrés hídrico durante el desarrollo

vegetativo, también ha sido señalado por algunos autores como una posible causa de subida a flor prematura (Silva *et al.*, 1999).

La escarola se comporta como una planta de día largo y suele clasificarse como vernalizante facultativa, es decir, necesita la incidencia de bajas temperaturas para poder florecer, por lo que en siembras al aire libre en otoño o finales de invierno para conseguir cosechas de otoño-invierno o de primavera, puede ser frecuente la subida a flor prematura, (Maroto, 2000 b).

La incidencia de elevadas temperaturas puede tener un efecto promotor de la floración en determinados cultivares. Por lo tanto, parece que en la escarola, igual que sucede con la lechuga, pueden intervenir diversos factores en el proceso de floración, tales como bajas o altas temperaturas, según el cultivar y el estado de desarrollo de la planta, así como el fotoperiodo (Torres *et al.*, 2012 a).

1.5. Acumulación de nitratos

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en el cultivo de hortalizas de hoja y que puede tener una repercusión negativa sobre la salud humana, es el posible exceso de acumulación de nitratos, que se produce cuando la absorción excede a la reducción dentro de la planta. (Rincón *et al.*, 2002).

Esta problemática ha sido ampliamente estudiada en lechuga y se ha constatado que puede verse incrementada por diversos factores como un exceso en la fertilización nítrica, así como el genotipo del cv. empleado o los factores del medio, como la temperatura, la intensidad luminosa o la humedad relativa (Torres *et al.*, 2012 b).

Los nitratos, dependiendo de la especie, se asimilan y se reducen en las raíces o se transportan por el xilema a las hojas, donde se reducen posteriormente. Su asimilación se lleva a cabo por un complejo enzimático constituido por la enzima nitrato-reductasa, localizada en el citoplasma y que reduce el anión nitrato a nitrito y posteriormente la enzima nitrito-reductasa, que reduce los nitritos a cationes amoniacales (Gonella *et al.*, 2002). Los nitratos, se acumulan en el interior de las vacuolas, donde realizan funciones de regulación osmótica, en alternativa a ácidos orgánicos y azúcares, escasamente sintetizados en condiciones de baja radiación cuando la fotosíntesis es escasa (Rincón, 2005).

Numerosos trabajos, han determinado que la intensidad luminosa es el factor que más influye en la acumulación de nitratos en planta de lechuga debido a su influencia sobre la actividad de la enzima nitrato-reductasa, de manera que un incremento de la luminosidad, aumenta su actividad, disminuyendo la acumulación de nitratos (Rincón *et al.*, 2002). Por otro lado, el aumento de la luminosidad incrementa la disponibilidad de carbohidratos y de ácidos orgánicos producto de la fotosíntesis, que se acumulan en las vacuolas como alternativa a los nitratos (Gonella, *et al.*, 2002).

El genotipo también se ha señalado como uno de los factores determinantes en la acumulación de nitratos, por lo cual, el contenido de nitratos puede variar dentro de la especie, en función de los cultivares empleados. En ensayos realizados con minilechuga se observó una clara influencia del cultivar en la concentración de nitratos así como su interacción con las condiciones de cultivo existentes en los distintos ciclos (Torres *et al.*, 2013). En un estudio realizado en lechuga, se obtuvo que la de tipo “Iceberg” acumuló una cantidad de nitratos diez veces superior a la de tipo “Romana”. La mayor o menor acumulación de nitratos parece ser un carácter hereditario cuantitativo, que se manifiesta a través de diversos mecanismos fisiológicos más o menos independientes (Gonella *et al.*, 2002).

En cuanto a los factores agronómicos, la forma de aplicación del nitrato en el fertilizante provoca diferencias en la concentración de nitratos en las hojas. Así pues, se ha demostrado que formulaciones amoniacales reducen el contenido en nitratos de las hojas, mientras que formulaciones nítricas la elevan (Rincón, 2005).

La concentración máxima de nitratos establecida por el Diario Oficial de la Unión Europea, tomando como referencia el cultivo de lechuga (excepto la de tipo “Iceberg”), es de 5000 mg NO₃·kg⁻¹ y 4000 mg NO₃·kg⁻¹, en lechugas cultivadas bajo invernadero y al aire libre respectivamente y recolectadas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo, y de 4000 mg NO₃·kg⁻¹ (cultivadas bajo invernadero) y 3000 mg NO₃·kg⁻¹ (cultivadas al aire libre) para aquellas recolectadas entre el 1 de abril y 30 de septiembre (DOUE, 2011).

1.6. Objetivos

Estudiar, sobre dos cultivares de escarola de hoja lisa, la influencia de dos niveles de humedad (normal: control y presuntamente elevado: bajo túnel) y dos modalidades de cultivo (aire libre e invernadero) sobre la producción e incidencia de diversas fisiopatías (“tipburn”, subida a flor prematura, “mancha translúcida”), así como en la acumulación de nitratos en las hojas, en dos ciclos distintos.

Determinar si existe una relación entre el contenido de nitratos y los parámetros de color de la escala HunterLab, entre el contenido de nitratos y los valores del SPAD (medidor de clorofilas), así como entre los parámetros de color y la medida del SPAD.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Características del experimento

El experimento se realizó en las instalaciones del Departamento de Producción Vegetal de la Universidad Politécnica de Valencia (U.P.V.), situado en las coordenadas 39°38'N, 0°22'W. Estas instalaciones consisten en un invernadero tipo *Venlo*, de cubierta de vidrio, con abertura cenital, dotado con un sistema de “*cooling system*” y de calefacción que se activaban con temperaturas ambientales superiores a 24°C e inferiores a 10°C, respectivamente. La parcela pertenecía al campus de la U.P.V., situada en L’Horta de Valencia.

Se han llevado a cabo dos ciclos de cultivo, empleándose, en ambos, dos cvs. de escarola de hoja ancha, *Natacha* y *Cuartana*. La siembra se efectuó en bandejas de poliestireno de 84 alveolos, utilizándose, como sustrato una mezcla de fibra de coco (60%) y sustrato comercial (40%). La plantación definitiva, tanto en invernadero como en la parcela, se llevó a cabo en contenedores de 8 L rellenos con una mezcla de perlita y fibra de coco, en una proporción 1:1, albergando una planta en cada maceta.

Las fechas de siembra, trasplante y recolección de cada ciclo se recogen en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Fechas de siembra, trasplante y recolección en cada ciclo.

Ciclo	Siembra	Plantación	Recolección invernadero	Recolección parcela
Ciclo 1	29-01-2013	06-03-2013	26-04-2013	08-05-2013
Ciclo 2	03-05-2013	27-05-2013	16-07-2013	22-07-2013

El aporte de la solución nutritiva (cuya composición se recoge en el cuadro 2.2) se realizó mediante fertirrigación, con un sistema de riego de alta frecuencia, empleando dos goteros por cada contenedor, que emitían un caudal de 2 L·h⁻¹. La cantidad de solución aportada se controló mediante el número de riegos, el cual variaba en función del porcentaje de drenaje, que se intentó mantener entre el 20 y el 30%, del volumen de riego total.

2. Material y métodos

Por otro lado, el volumen de riego al aire libre se fue ajustando en función del aplicado en invernadero, con objeto de aportar una cantidad de nitratos similar en ambas modalidades de cultivo.

Cuadro 2.2. Composición de la solución nutritiva (mmol·L⁻¹)

NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	CE (dSm ⁻¹)
12.41	1.20	2.45	0.50	5.00	3.95	2.96	2.01

Diseño del experimento

- **Cultivares.** (Fotografías 1 y 2)

Cuartana. En principio más tolerante o menos sensible a la mancha grasienta y más tolerante al “tipburn”.

Natacha. En principio más sensible a la mancha grasienta y menos tolerante al “tipburn”.

- **Nivel de humedad.** (Fotografías 3 y 4)

Control. Las plantas se desarrollan en las condiciones normales del cultivo sin aporte extra de humedad.

Túnel. Aporte de agua mediante aspersor y cubriendo las plantas con un túnel para mantener valores más elevados de humedad relativa.

- **Modalidad de cultivo.** (Fotografías 3 y 4)

Invernadero.

Aire libre.

Se realizó un diseño en bloques al azar, compuesto por 2 cultivares, 2 niveles de humedad y 2 modalidades de cultivo con 3 unidades de repetición (u.r.), y 5 plantas por u.r. En total el experimento ha contado con 24 u.r. y 120 plantas.

2.2. Parámetros estudiados

Tras la recolección de las escarolas, se procedió a determinar y valorar la incidencia de fisiopatías y la producción.

2.2.1. Evaluación de la incidencia de las fisiopatías

2.2.1.1. Evaluación de la incidencia de “tipburn”. (Fotografías 5, 6, 7 y 8)

Para valorar el grado de incidencia del “tipburn” se empleó una escala cualitativa, de valores entre el 0 y el 3. Siendo el 0 el valor correspondiente a plantas que no presentaban síntomas de la fisiopatía, el 1 para aquellas que mostraban pequeños indicios, el 2 para las que presentaban un nivel medio y el 3 para aquellas cuya incidencia fue elevada. El “tipburn” se evaluó en el momento de la recolección.

Las plantas que presentaban un grado de incidencia de 0 o 1 se consideraban comerciales, mientras que las de grado 2 o 3 no comerciales. Se determinó entonces el porcentaje de las plantas no comerciales (para el “tipburn”), así como los índices medio (IMTB) y ponderado (IPTB) de “tipburn”, que se calcularon con las siguientes expresiones:

$$IMTB = 1x(n^{\circ}plant. grado1/u.r.) + 2x(n^{\circ}plant. grado2/u.r.) + 3x(n^{\circ}plant. grado3/u.r.)$$

$$IPTB = \frac{IMTB}{n^{\circ} plant. grado 1/u.r. + n^{\circ}plant. grado 2/u.r + n^{\circ}plant. grado 3/u.r.}$$

El IMTB, sirve para estimar la incidencia de “tipburn” por cada u.r. Como se disponen de 5 plantas por u.r. el valor máximo para este índice es de 15.

El IPTB, permite observar la incidencia media de la fisiopatía en cada planta. Según el criterio empleado para evaluar la afección de “tipburn”, el valor máximo de este índice es 3.

2.2.1.2. Evaluación de la subida a flor prematura. (Fotografía 9)

Para estudiar la susceptibilidad de los cultivares a la subida a flor prematura, se determinaron la altura y la longitud del esbozo floral de cada planta, y con ambos parámetros se obtuvo la incursión del esbozo floral (en porcentaje) en el pseudocogollo de hojas mediante la siguiente expresión:

$$(\%) = \frac{Esbozo floral (cm)}{Altura de la planta (cm)} \cdot 100$$

Para calcular el porcentaje de plantas subidas a flor, se consideraron aquellas en las que el esbozo podía apreciarse a simple vista.

2.2.1.3. Evaluación de la afección de “mancha translúcida”. (Fotografías 10, 11, 12 y 13)

Para determinar la incidencia de “mancha translúcida” se valoró el grado de afección que presentaba cada hoja, así pues, todas las hojas de la planta se clasificaron en cuatro grupos diferentes, según una escala preestablecida. Se denominaron *hojas sanas* (HS) a aquellas que no presentaban incidencia de “mancha translúcida”, *hojas con afección ligera* (HAL) aquellas que sólo mostraban síntomas en la parte más basal de la hoja, *hojas con afección media* (HAM), aquellas cuya afección alcanzaba la mitad de la hoja y *hojas con una afección alta* (HAA), en las que los síntomas eran patentes en toda la hoja. Posteriormente, se obtuvo el porcentaje de hojas pertenecientes a las dos primeras categorías (HS + HAL) (hojas comerciales), así como el de las hojas incluidas en la tercera y cuarta categoría (HAM + HAA) (hojas no comerciales).

2.2.2. Producción comercial.

Se consideraron plantas comerciales aquellas cuya incidencia de “tipburn” presentaba valores entre 0-1, y no mostraban externamente problemas de subida a flor. De las plantas comerciales se determinó el porcentaje (%) y el peso medio.

2.2.3. Análisis del contenido de nitratos. (Fotografías de la 14 a la 23).

2.2.3.1. Toma de muestras

Con el fin de analizar su contenido en nitratos, en el momento de la recolección se tomaron, de todas las repeticiones, muestras de las hojas internas de las plantas, a partir de la 12ª hoja y hasta alcanzar un peso aproximado a 30 g.

2.2.3.2. Método de análisis utilizado, cálculos y operaciones realizadas para obtener el contenido en nitratos.

La determinación del contenido de nitratos, se realizó mediante reflectometría, para lo que se empleó un equipo RQflex de la marca Merck modelo KGaA, compuesto por un lector y unas tiras de plástico que sirven de soporte al reactivo.

Para ello el primer paso fue obtener el peso fresco de las muestras extraídas de cada repetición con una balanza analítica de la marca Mettler Toledo modelo AG204.

a) Peso fresco de la hoja (kg)

Una vez determinado el peso, y considerando que los nitratos se acumulan en mayor cantidad en el nervio central de la hoja, este se separó del resto de la hoja y se determinó su peso.

b) Peso del nervio central.

A continuación, con un mortero y una maza, se procedió a triturar el nervio central. El triturado se filtró a través de una muselina y se obtuvo un extracto líquido, y un triturado que fueron pesados.

c) Peso del extracto líquido.

d) Peso fresco del triturado = Peso del nervio central (b) – Peso del extracto líquido (c)

El triturado en fresco se colocó en una estufa a una temperatura de 60°C durante 48 horas, hasta alcanzar peso constante, para obtener posteriormente su peso seco.

e) Peso seco del triturado.

$$f) \% \text{ Materia seca del triturado} = \frac{\text{Peso seco del triturado (e)}}{\text{Peso fresco del triturado (d)}} \times 100$$

$$g) \% \text{ Líquido en el triturado} = 100 - (\% \text{ materia seca del triturado}) (f)$$

$$h) \text{ Peso de líquido del triturado} = \text{Peso fresco del triturado (d)} \times \frac{\% \text{ Líquido del triturado (g)}}{100}$$

i) Peso del líquido del nervio central = Peso del extracto líquido (c) + Peso del líquido del triturado (h).

Por otra parte, del extracto en líquido, se extrajo, con una pipeta, 1 mL del cual se obtuvo el peso.

j) Peso de 1 mL de extracto líquido.

Con este valor se pudo determinar el volumen total de líquido en el nervio central.

$$\text{Volumen de líquido en el nervio central (mL)} = \frac{\text{Peso del líquido del nervio central (i)}}{\text{Peso mL (j)}}$$

Este volumen se empleó para hacer una disolución con agua destilada 1:25 (m), sobre la cual se efectuaron las medidas de reflectometría. Para realizar las lecturas de nitratos se siguieron los siguientes pasos:

- Primero se sumerge durante 4-5 segundos la tira en la dilución.
- A continuación, con la ayuda de un papel de trapicel se retira por capilaridad, el líquido sobrante.
- Antes de que transcurra 1 minuto se introduce la tira en el adaptador de varillas del aparato.
- Obtener la lectura ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) (n).

Las muestras con un valor superior a $225 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (máxima lectura del equipo) de nitratos se tuvieron que diluir con agua destilada a 1/50, repitiéndose los pasos citados anteriormente.

Para expresar la medida en $(\text{mg de nitratos}) \cdot (\text{kg de materia fresca})^{-1}$ se realizaron los siguientes cálculos:

$$\text{o) } mg \text{ nitratos en la dilución} = \text{Lectura} \times \frac{\text{Volumen dilución (ml)(m)}}{1000}$$

Los miligramos de nitratos de la dilución estaban contenidos en un mililitro de líquido,

$$\text{p) } mg \text{ de nitratos en el nervio central} = \frac{mg \text{ de nitratos}}{mL \text{ de líquido}} (\text{o}) \times \text{Vol de líquido en el nervio central (K)}$$

$$\text{q) } \frac{mg \text{ de nitratos}}{kg \text{ de materia fresca}} = \frac{mg \text{ de nitratos en el nervio central (p)}}{kg \text{ de materia fresca (a)}}$$

2.2.4. Medida de la concentración de clorofilas. (Fotografía 24)

Las determinaciones de la concentración de clorofila (en vivo) se hicieron mediante un medidor modelo Chlorophyll meter SPAD-502 Plus, Konica Minolta, realizando dos medidas en cada planta. En el siguiente cuadro (Cuadro 2.3) se recogen las fechas en las cuales se procedió a la medida con el SPAD.

Cuadro 2.3. Fechas medida del SPAD

Ciclo	Modalidad	Medida SPAD
Ciclo 1	Invernadero	25-04-2013
	Parcela	7-05-2013
Ciclo 2	Invernadero	16-07-2013
	Parcela	22-07-2013

2.2.5. Medida del color. (Fotografía 25)

Por cada unidad de repetición, se efectuaron 8 determinaciones de color, siendo los parámetros empleados los de la escala HunterLab (L, a, b). Las mediciones se realizaron con un colorímetro modelo Chroma meter cr-400 en la parte apical de las primeras hojas exteriores que no mostraran daños por fisiopatías.

2.2.6. Medida de la humedad relativa y la temperatura.

Los valores de humedad y temperatura que se dieron a lo largo del experimento (Figuras 16 y 17), tanto en las diferentes modalidades, como en los diferentes niveles de humedad estudiados se obtuvieron de la siguiente manera:

Los datos climáticos de la parcela para las condiciones control, se consiguieron a través del servicio de meteorología del U.P.V. Para registrar en la parcela la temperatura y la humedad bajo túnel en el segundo ciclo se instaló debajo del mismo un termohidrógrafo.

En el caso del invernadero en las condiciones control, los datos de humedad y temperatura se obtuvieron a partir de los sensores climáticos instalados en el mismo asociados al software de control del clima. Para obtener los datos en condiciones bajo túnel dentro del invernadero, se colocó bajo aquel, en el segundo ciclo, un aparato digital modelo Testo Logger 177- H1 que recogía los valores de temperatura y humedad.

2.2.7. Análisis estadístico de los resultados.

Los datos obtenidos para cada uno de los experimentos se sometieron a un análisis de la varianza, empleando para ello el programa Statgraphics Centurión, y mediante el test LSD ($p \leq 0.05$) se realizó la separación de las medias. Para el análisis de los porcentajes (% de plantas comerciales, plantas afectadas por 'tipburn', plantas subidas a flor, esbozo floral, hojas comerciales, hojas no comerciales) se realizó una transformación de los datos angular o

arcoseno, determinado el ángulo cuyo seno es la raíz cuadrada de la proporción (porcentaje (%)/100). Para el cálculo de la matriz de correlaciones se realizó un modelo de regresión simple entre los dos parámetros.

2.2.8. Incidencias. (Fotografías 26, 27, 28 y 29)

El día 14 de junio, el sistema de “cooling” del invernadero se averió, lo que provocó que la temperatura, bajo el túnel alcanzara valores muy elevados (cercasas a 50°C), causando importantes daños en las plantas cultivadas en estas condiciones. Posteriormente estas plantas pudieron rebrotar, si bien el tamaño de las mismas fue inferior al esperado inicialmente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados ciclo 1 (Tablas 1.1, 1.2 y 1.3)

Cultivar

El cultivar empleado no tuvo ninguna influencia estadísticamente significativa (e.s.) en el porcentaje de plantas comerciales, ni en el peso medio de las mismas, si bien los valores fueron más altos para el cultivar ‘Cuartana’ (Tabla 1.1).

Para el porcentaje de plantas comerciales se detectó una interacción cultivar x humedad ($p \leq 0.05$) por la que, para la producción control, el cultivar ‘Cuartana’ presentó un valor más alto de dicho parámetro que el cultivar ‘Natacha’ ($p \leq 0.05$) (Figura 1.A). También se observó para el porcentaje de plantas comerciales una interacción cultivar x modalidad ($p \leq 0.05$), por la que, en las plantas cultivadas en invernadero, el porcentaje de plantas comerciales fue mayor para el cultivar ‘Cuartana’, que para el cultivar ‘Natacha’ ($p \leq 0.05$) (Figura 1.B).

No hubo diferencias e.s. en el porcentaje de plantas que presentaron “tipburn”, aunque fue superior en el cultivar ‘Natacha’ (Tabla 1.1).

Sin embargo, en este caso, para el porcentaje de plantas con “tipburn” se obtuvo una interacción cultivar x humedad e.s. ($p \leq 0.05$) por la que, se obtuvo un mayor porcentaje de afección en el cultivar ‘Natacha’ que en el cultivar ‘Cuartana’ en condiciones control; también se observó una interacción cultivar x modalidad e.s. ($p \leq 0.05$) por la cual, se observaron diferencias e.s. entre el cultivar ‘Cuartana’ y ‘Natacha’ en producción bajo invernadero, siendo el valor más alto el correspondiente a este último cultivar ($p \leq 0.05$) (Tabla 1.1.).

El porcentaje de plantas subidas a flor, fue muy bajo, sin que se encontraran diferencias e.s. entre los distintos cultivares (Tabla 1.1).

Los valores de la luminosidad (L), y las coordenadas a (en valor absoluto) y b , fueron superiores para el cultivar ‘Natacha’, respecto del cultivar ‘Cuartana’ ($p \leq 0.05$), ($p \leq 0.05$), ($p \leq 0.05$) (Tabla 1.2).

En cuanto a la medida del SPAD, y la concentración de nitratos, el cultivar ‘Cuartana’ presentó unos valores superiores a los del cultivar ‘Natacha’, ($p \leq 0.05$), ($p \leq 0.05$) (Tabla 1.2).

Respecto del porcentaje de afección por “mancha translúcida”, el cultivar ‘Natacha’ fue más susceptible a la incidencia de esta fisiopatía, ya que presentó un mayor porcentaje de hojas no comerciales, encontrándose diferencias e.s. respecto al cultivar ‘Cuartana’ ($p \leq 0.05$) (Tabla 1.3).

Nivel de humedad

El porcentaje de plantas comerciales fue superior cuando el cultivo se realizó bajo túnel, con diferencias e.s. respecto del control ($p \leq 0.05$) sin embargo, las diferencias en el peso medio comercial entre las plantas cultivadas o no bajo túnel, no fueron e.s., aunque el valor más elevado se dio en las plantas cultivadas en túnel (Tabla 1.1).

Se halló una de la interacción cultivar x humedad e.s. ($p \leq 0.05$) para el porcentaje de plantas comerciales, por la cual, no se encontraron diferencias e.s. para el cultivar ‘Cuartana’, entre los distintos niveles de humedad (Figura 1.A). También se halló una interacción humedad x modalidad e.s. ($p \leq 0.01$) para este mismo parámetro, por la cual, en las plantas cultivadas al aire libre no se encontraron diferencias e.s. para los dos niveles de humedad (Figura 1.C).

Por otro lado, las plantas control presentaron un porcentaje de “tipburn” superior a las obtenidas bajo túnel ($p \leq 0.05$), aunque las diferencias en el IMTB (índice medio de “tipburn”), y el IPTB (índice ponderado de “tipburn”), para los dos niveles de humedad no resultaron e.s. Del mismo modo, los porcentajes de plantas subidas a flor y de incursión del esbozo floral no mostraron diferencias e.s (Tabla 1.1).

Para el porcentaje de plantas con “tipburn”, se detectó una interacción cultivar x humedad, en la cual, en el cultivar ‘Cuartana’, no hubo diferencias entre los dos niveles de humedad empleados. También se halló una interacción humedad x modalidad e.s. ($p \leq 0.01$), constatándose que no se encontraron diferencias e.s. para los diferentes niveles de humedad en las plantas cultivadas al aire libre (Figura 1.C). En el caso del IMTB también se halló una interacción e.s. entre los mismos factores ($p \leq 0.05$), obteniéndose en este caso, que en las plantas cultivadas bajo invernadero, se alcanzaron valores más elevados de este índice en el caso de las plantas control respecto a las producidas bajo túnel ($p \leq 0.05$) (Figura 3).

En cuanto a los parámetros de color, las plantas cultivadas bajo túnel, dieron los valores de luminosidad (L), y de las coordenadas a (en valor absoluto) y b mayores, con diferencias e.s. en todos los casos ($p \leq 0.05$), ($p \leq 0.05$), ($p \leq 0.05$), respecto de las plantas

control. En lo que concierne a los valores del SPAD, estos fueron más altos en las plantas control, que en las plantas cultivadas bajo túnel, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) (Tabla 1.2).

En la concentración de nitratos no se encontró una influencia e.s. del nivel de humedad (Tabla 1.2).

Para la afección de “mancha translúcida”, no se hallaron diferencias entre ambos niveles de humedad (Tabla 1.3).

Modalidad de cultivo

Tanto el porcentaje de plantas comerciales, como el peso medio comercial, fueron superiores en las plantas cultivadas al aire libre, con diferencias e.s., respecto de las obtenidas en invernadero ($p \leq 0.05$), ($p \leq 0.05$) (Tabla 1.1).

Para el porcentaje de plantas comerciales se halló una interacción cultivar x modalidad e.s. ($p \leq 0.05$), por la que, para el cultivar ‘Cuartana’ no se obtuvieron diferencias e.s. entre las modalidades de cultivo empleadas (Figura 1.B). También se detectó una interacción humedad x modalidad e.s. ($p \leq 0.01$) para este mismo parámetro, observándose que en las plantas cultivadas bajo túnel, las diferencias entre las dos modalidades de cultivo no fueron e.s (Figura 1.C).

Del mismo modo se observó una influencia e.s. de la modalidad de cultivo en el porcentaje de plantas con “tipburn”, siendo mayor en las plantas cultivadas en invernadero ($p \leq 0.05$), lo que llevó a valores más altos de los índices IMTB e IPTB en estas plantas, si bien únicamente en este último índice las diferencias llegaron a ser e.s. ($p \leq 0.05$) (Tabla 1.1).

En el caso del porcentaje de plantas afectadas por “tipburn” se detectó una interacción cultivar x modalidad e.s. ($p \leq 0.05$), por la que no se encontraron diferencias e.s. para el cultivar ‘Cuartana’ entre las dos modalidades de cultivo empleadas (Figura 2.B). También se detectó una interacción humedad x modalidad e.s. para este mismo parámetro, obteniéndose que en las plantas producidas bajo túnel, no hubo diferencias e.s. en dicho porcentaje entre las plantas cultivadas en invernadero y al aire libre (Figura 2.C) (Tabla 1.1).

Para el IMTB se detectó asimismo una interacción humedad x modalidad, e.s. ($p \leq 0.05$), por la que, las plantas control presentaron un valor más alto de este parámetro en invernadero que al aire libre (Figura 3) (Tabla 1.1).

Por otro lado, ni para el porcentaje de plantas subidas a flor, ni en la incursión del esbozo floral, las diferencias fueron e.s. entre modalidades de cultivo (Tabla 1.1).

En cuanto a los parámetros de color, la luminosidad no se vio influenciada por la modalidad de cultivo empleada, sin embargo, en las plantas procedentes de invernadero, se obtuvieron valores superiores de las coordenadas a (en valor absoluto) y b ($p \leq 0.05$), ($p \leq 0.05$) (Tabla 1.2).

La medida del SPAD fue superior en las plantas cultivadas al aire libre, en tanto que estas mismas plantas presentaron una concentración de nitratos inferior respecto de las cultivadas en invernadero, con diferencias e.s. en ambos casos, ($p \leq 0.05$), ($p \leq 0.05$) (Tabla 1.2).

Respecto al grado de afección por “mancha translúcida”, no hubo diferencias e.s. entre las modalidades de cultivo estudiadas (Tabla 1.3).

En las tablas siguientes, letras diferentes indican diferencias e.s. con una $p \leq 0.05$. ** y * indican efectos e.s. con una $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$, respectivamente. ns, indica que no existen diferencias e.s. La desviación estándar está expresada como la raíz cuadrada del cuadrado medio residual

Tabla 1.1. Producción y fisiopatías (C1).

	Producción comercial		Producción no comercial		Incidencia de fisiopatías		
	Porcent. plantas comer. (%)	Peso medio comercial (g·plant ⁻¹)	Porcentaje plantas con “tipburn” (%)	Porcentaje plantas subidas a flor (%)	IMTB	IPTB	Incurción esbozo floral (%)
Cultivar							
‘Cuartana’	91.7 -	669.3 -	6.7 -	1.7 -	4.1 -	1.3 -	11.8 -
‘Natacha’	80.0 -	650.7 -	20.0 -	0.0 -	3.3 -	1.2 -	11.7 -
Nivel de humedad							
Control	75.0 b	621.1 -	25.0 a	0.0 -	4.3 -	1.2 -	10.4 -
Túnel	96.7 a	698.9 -	1.7 b	1.7 -	3.0 -	1.2 -	13.2 -
Modalidad de cultivo							
Invernadero	73.3 b	539.4 b	26.4 a	0.0 -	4.3 -	1.4 a	10.7 -
Aire libre	98.3 a	780.7 a	0.0 b	1.7 -	3.1 -	1.0 b	12.9 -
Resumen ANOVA (gdl)							
Factor							
Cultivar (1)	2.2 ^{ns}	0.2 ^{ns}	3.7 ^{ns}	4.3 ^{ns}	2.0 ^{ns}	1.6 ^{ns}	0.1 ^{ns}
Humedad (1)	14.0 ^{**}	37.0 ^{ns}	17.7 ^{**}	4.3 ^{ns}	5.1 ^{ns}	0.0 ^{ns}	14.7 ^{ns}
Modalidad (1)	21.7 ^{**}	3.9 ^{ns}	26.2 ^{**}	4.3 ^{ns}	3.9 ^{ns}	26.2 [*]	9.7 ^{ns}
Interacción							
Cultivar x Hum. (1)	5.7 [*]	4.0 ^{ns}	3.7 [*]	4.3 ^{ns}	0.3 ^{ns}	1.6 ^{ns}	0.3 ^{ns}
Cultivar x Mod. (1)	10.9 [*]	3.7 ^{ns}	8.1 [*]	4.3 ^{ns}	3.9 ^{ns}	15.7 ^{ns}	12.8 ^{ns}
Hum. x Mod. (1)	21.7 ^{**}	7.6 ^{ns}	17.7 ^{**}	4.3 ^{ns}	23.0 [*]	0.0 ^{ns}	1.3 ^{ns}
Cult x Hum x Mod (1)	5.7 [*]	0.1 ^{ns}	8.1 [*]	4.3 ^{ns}	5.1 ^{ns}	15.7 [*]	8.6 ^{ns}
Residual (16)	18.2	43.4	14.8	69.6	56.7	35.3	52.6
Desviación estándar	12.6	160.1	12.6	5.4	2.7	0.3	0.0

Tabla 1.2. Parámetros de color, SPAD y concentración de nitratos (C1).

	Parámetros de color			Spad	Concentración de nitratos (mg·kg m.f. ⁻¹)
	L	a	b		
Cultivar					
‘Cuartana’	41.3 b	-10.0 b	12.9 b	31.3 a	2253.8 a
‘Natacha’	44.6 a	-11.4 a	14.8 a	26.6 b	1656.3 b
Nivel de humedad					
Control	41.3 b	-10.4 b	13.3 b	30.3 a	2019.3 -
Túnel	44.6 a	-11.0 a	14.5 a	27.6 b	1890.7 -
Modalidad de cultivo					
Invernadero	43.0 -	-12.1 a	15.7 a	27.2 b	2411.1 a
Aire libre	42.8 -	-9.3 b	12.1 b	30.7 a	1498.9 b
Resumen ANOVA (gdl)					
Factor					
Cultivar (1)	39.5 **	15.1 **	14.9 *	31.7 *	14.1 *
Humedad (1)	38.7 *	3.3 *	6.8 *	11.2 *	0.7 n.s.
Modalidad (1)	0.2 n.s.	68.6 **	58.1 **	19.0 *	32.8 *
Interacción					
Cultivar x Hum. (1)	0.4 n.s.	1.3 n.s.	2.0 n.s.	0.0 n.s.	5.2 n.s.
Cultivar x Mod. (1)	0.8 n.s.	0.4 n.s.	0.3 n.s.	1.8 n.s.	2.6 n.s.
Hum. x Mod. (1)	0.5 n.s.	0.1 n.s.	1.1 n.s.	2.1 n.s.	8.1 n.s.
Cult x Hum x Mod. (1)	1.2 n.s.	0.2 n.s.	0.5 n.s.	2.2 n.s.	2.8 n.s.
Residual (16)	18.7	10.9	16.4	32.0	33.8
Desviación estándar	1.4	0.7	1.2	2.9	566.5

Tabla 1.3. “Mancha translúcida” (C1).

	% Hojas comerciales (HS+ HAL)	% Hojas no comerciales (HAM+HAA)
Cultivar		
‘Cuartana’	93,2 a	6,7 b
‘Natacha’	90,9 b	9,0 a
Nivel de humedad		
Control	91,4 -	8,6 -
Túnel	92,7 -	7,3 -
Modalidad de cultivo		
Invernadero	91,6 -	8,3 -
Aire libre	92,4 -	7,6 -
Resumen ANOVA (gdl)		
Factor		
Cultivar (1)	25,4 *	25,4 *
Humedad (1)	9,4 ^{n.s}	9,4 ^{n.s}
Modalidad (1)	2,3 ^{n.s}	2,3 ^{n.s}
Interacción		
Cultivar x Hum. (1)	0,6 ^{n.s}	0,6 ^{n.s}
Cultivar x Mod. (1)	0,8 ^{n.s}	0,8 ^{n.s}
Hum. x Mod. (1)	0,1 ^{n.s}	0,1 ^{n.s}
Cult x Hum x Mod (1)	6,7 ^{n.s}	6,7 ^{n.s}
Residual (16)	54,6	54,6
Desviación estándar	2,1	2,1

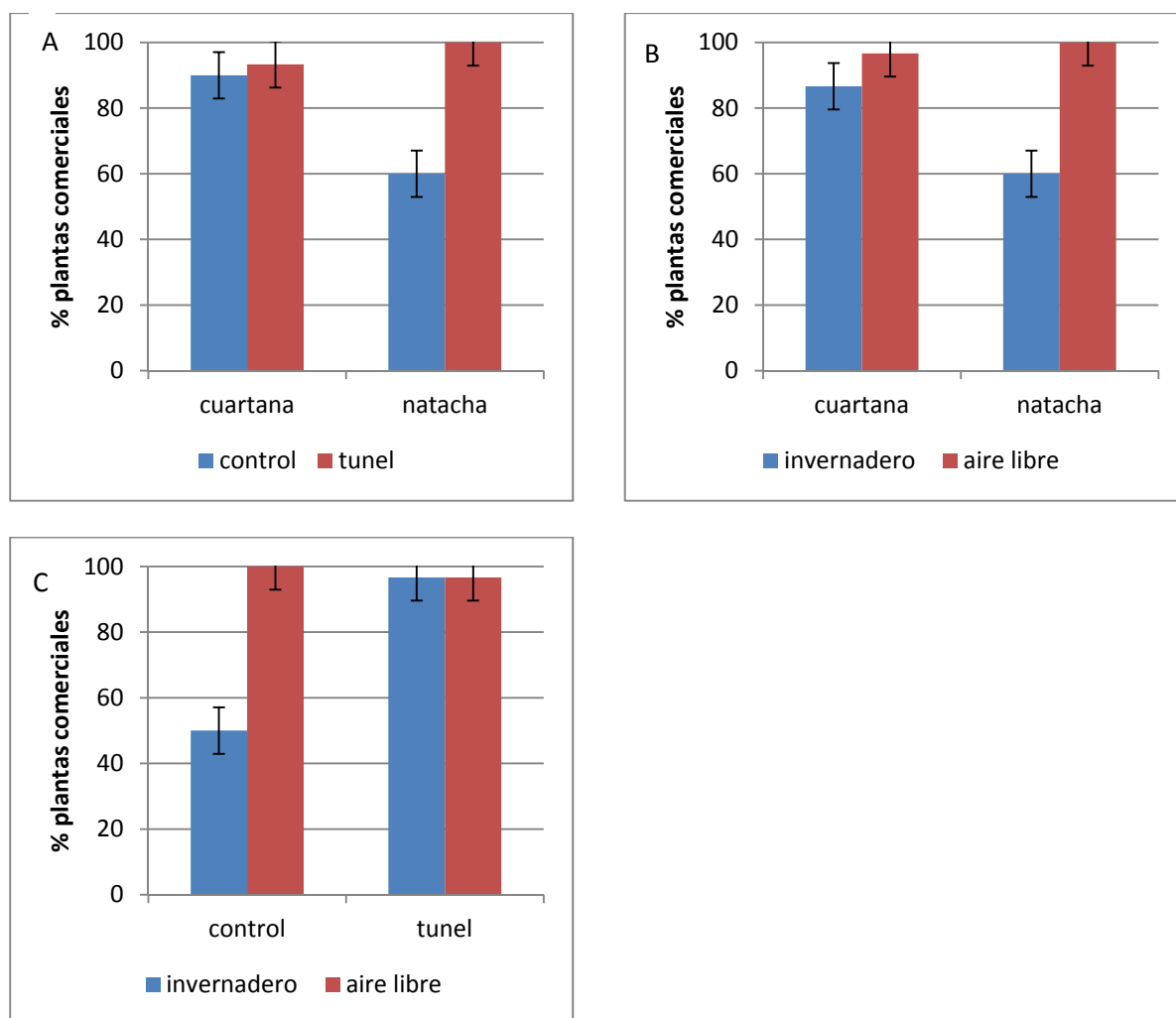


Figura 1. (A) Interacción cultivar - humedad. (B) Interacción cultivar – modalidad. (C) Interacción humedad – modalidad. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

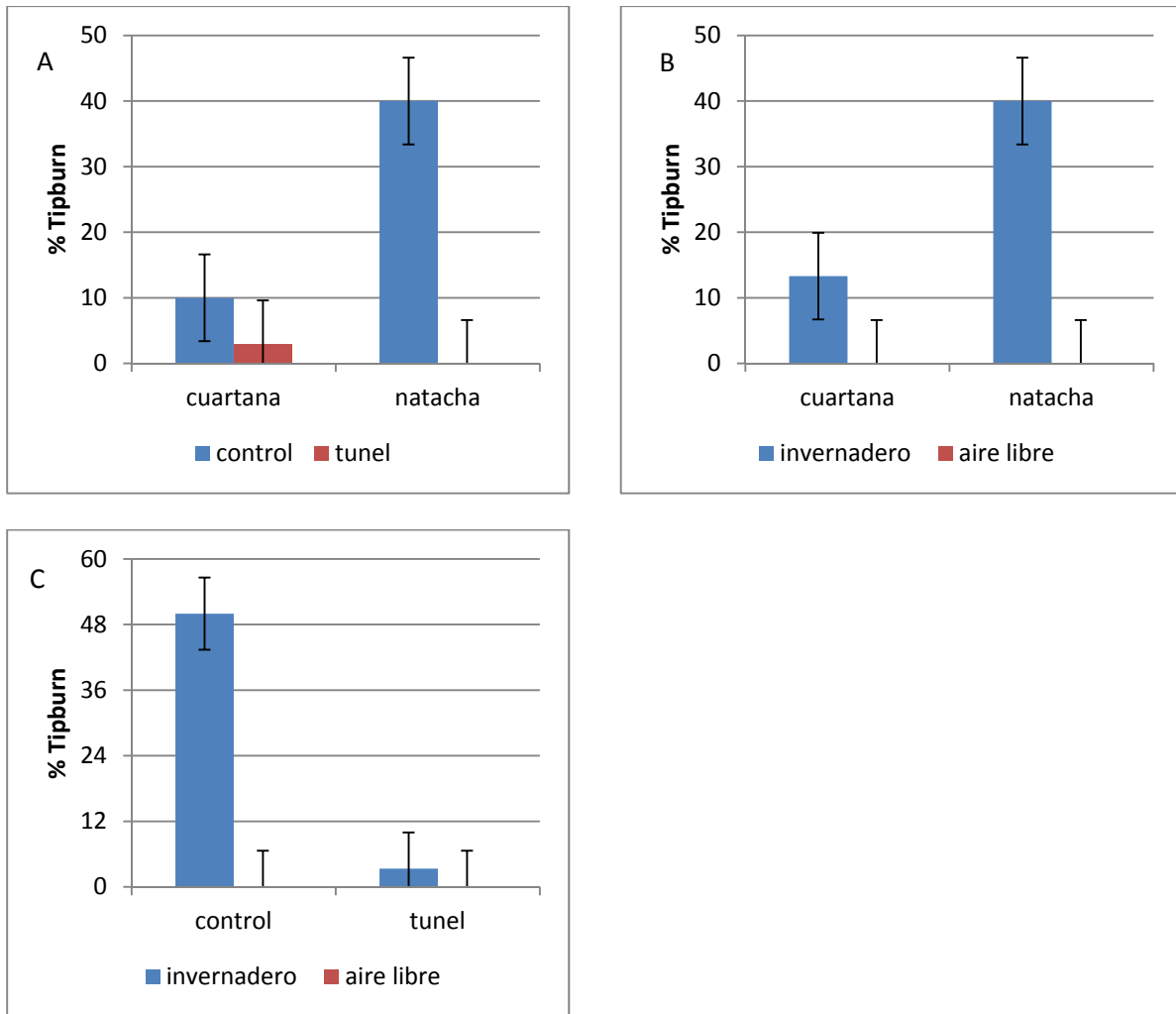


Figura 2. (A) Interacción cultivar – humedad. (B) Interacción cultivar-modalidad. (C) Interacción humedad – modalidad. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

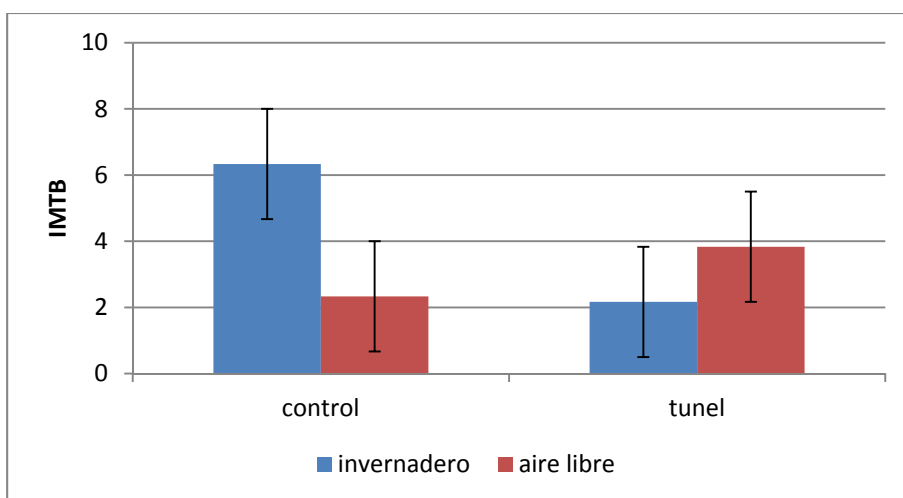


Figura 3. Interacción humedad – modalidad. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

3.2. Resultados Ciclo 2 (Tablas 2.1, 2.2., 2.3 y 2.4).

Cultivar

El cultivar ‘Cuartana’ dio un mayor porcentaje de plantas comerciales que el cultivar ‘Natacha’ ($p \leq 0.05$), sin que entre ambos cultivares se hallaran diferencias e.s. para el peso medio de dichas plantas (Tabla 2.1).

Se detectó una interacción cultivar x modalidad para el porcentaje de plantas comerciales ($p \leq 0.01$) por la que, en el cultivo al aire libre, no se hallaron diferencias e.s. entre los cultivares (Figura 4).

El porcentaje de plantas que presentaron “tipburn” fue mayor en el cultivar ‘Natacha’ que en el cultivar ‘Cuartana’ ($p \leq 0.05$), lo que indujo en aquel, un mayor IMTB. En cuanto a la afección media por planta, estimada mediante el IPTB, también fue superior para el cultivar ‘Natacha’ ($p \leq 0.05$) (Tabla 2.1).

Para el porcentaje de plantas con “tipburn”, se obtuvo una interacción cultivar x humedad e.s. ($p \leq 0.05$), por la cual, en el cultivo bajo túnel, no se observaron diferencias e.s. entre los dos cultivares para este parámetro (Figura 6.A). Por otro lado, también se obtuvo una interacción cultivar x modalidad e.s. ($p \leq 0.05$), por la que al aire libre no se encontraron diferencias e.s. entre los distintos cultivares (Figura 6.B).

Se hallaron sendas interacciones cultivar x humedad e.s. ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.05$), para los índices que estiman el “tipburn”, IMTB e IPTB, por las cuales, en cultivo bajo túnel, los cultivares empleados no mostraron diferencias e.s., para los distintos parámetros (Figura 7 y Figura 8.A). También se obtuvo para el IPTB una interacción cultivar x modalidad e.s. ($p \leq 0.05$), por la que, al aire libre, los cultivares utilizados no mostraron diferencias e.s. para este índice (Figura 8.B) (Tabla 2.1).

Los porcentajes de plantas subidas a flor y de incursión del esbozo floral más elevados fueron para el cultivar ‘Cuartana’, con diferencias e.s. respecto al cultivar ‘Natacha’ ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.05$) (Tabla 2.1).

Para el porcentaje de plantas subidas a flor, se halló una interacción cultivar x humedad e.s. ($p \leq 0.01$) por la cual, en cultivo bajo túnel, los cultivares empleados no mostraron diferencias e.s.; también se encontró una interacción cultivar x modalidad e.s.

($p \leq 0.01$), obteniéndose que bajo invernadero los cultivares empleados no mostraron diferencias e.s (Figura 9.A y 9.B).

En el caso del porcentaje de incursión del esbozo floral, se halló una interacción cultivar x humedad e.s. ($p \leq 0.01$) por la que, bajo túnel, no se obtuvieron diferencias e.s. entre cultivares para este parámetro (Figura 10.A). También se encontró una interacción cultivar x modalidad e.s. ($p \leq 0.01$), observándose que en invernadero los cultivares del ensayo no mostraron diferencias e.s (Figura 10.B) (Tabla 2.1).

Las plantas de los distintos cultivares no presentaron diferencias e.s. en los valores de los distintos parámetros de color. Por su parte, el valor del SPAD para el cultivar ‘Cuartana’ fue mayor que para el cultivar ‘Natacha’ ($p \leq 0.05$). En lo que respecta a la acumulación de nitratos en las hojas, la concentración de éstos no presentó diferencias e.s. entre ambos cultivares (Tabla 2.2).

En cuanto al grado de afección por “mancha translúcida”, las diferencias entre cultivares no fueron e.s (Tabla 2.3).

Nivel de humedad

Las diferencias en el porcentaje de plantas comerciales, entre las cultivadas o no bajo túnel, no fueron e.s., sin embargo, el peso medio de las plantas comerciales cultivadas en condiciones control fue superior respecto de las cultivadas bajo túnel, con diferencias e.s ($p \leq 0.05$) (Tabla 2.1.).

Se halló una interacción humedad x modalidad e.s. ($p \leq 0.01$) para el peso medio de las plantas comerciales por la que, al aire libre, no se encontraron diferencias e.s. entre los distintos niveles de humedad (Figura 5).

Por otro lado, no hubo diferencias e.s. entre las plantas control y las cultivadas bajo túnel en el porcentaje de plantas con “tipburn”, ni en los índices empleados para estimar el grado de afección de esta fisiopatía (IMTB e IPTB). Sin embargo, se encontró una interacción cultivar x humedad e.s. ($p \leq 0.05$) para el IMTB por la que, para las plantas del cultivar ‘Natacha’, el valor de este parámetro fue más elevado en condiciones control que bajo túnel, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) (Figura 7) (Tabla 2.1).

En lo que respecta al porcentaje de plantas subidas a flor y el porcentaje de incursión del esbozo floral, el valor de estos parámetros fue inferior en las plantas cultivadas bajo túnel respecto de las control, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.05$) (Tabla 2.1).

Para el porcentaje de plantas subidas a flor la interacción cultivar x humedad resultó e.s. ($p \leq 0.01$), obteniéndose que, para el cultivar ‘Natacha’ no se encontraron diferencias entre los distintos niveles de humedad (Figura 9.A). Del mismo modo, también se halló una interacción humedad x modalidad e.s. ($p \leq 0.01$), por la cual, en cultivo bajo invernadero no se hallaron diferencias e.s. entre los distintos niveles de humedad (Figura 9.C).

En cuanto a los parámetros de color, SPAD y concentración de nitratos, las diferencias entre ambos niveles de humedad no fueron e.s. (Tabla 2.2)

Se encontraron sendas interacciones humedad x modalidad para el parámetro de color *a* y el parámetro de color *b* (Figura 11.A y 11.B), por las cuales, al aire libre, las plantas cultivadas en condiciones control, alcanzaron un valor de los parámetros de color *a* (en valor absoluto) y *b*, mayores que las que se desarrollaron bajo túnel, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.05$) (Tabla 2.2).

En lo que respecta a la concentración de nitratos, la interacción humedad x modalidad resultó e.s. ($p \leq 0.01$), (Figura 12), obteniéndose que bajo invernadero, las plantas que crecieron bajo túnel, presentaron una mayor concentración de nitratos que las que lo hicieron en condiciones control (Tabla 2.2).

Por otro lado, en cuanto a la incidencia de “mancha translúcida”, con el cultivo en condiciones control se obtuvo un mayor porcentaje de hojas afectadas por esta fisiopatía que en el cultivo bajo túnel, encontrándose diferencias e.s. entre ambos niveles de humedad ($p \leq 0.05$) (Tabla 2.3).

Modalidad de cultivo

El porcentaje de plantas comerciales fue superior en las plantas cultivadas al aire libre, con diferencias e.s., respecto a las obtenidas en invernadero ($p \leq 0.05$), sin embargo, estas diferencias no fueron e.s. para el peso medio de las plantas comerciales, aunque el valor en las plantas cultivadas en invernadero alcanzó un valor más alto (Tabla 2.1).

Para el porcentaje de plantas comerciales se halló una interacción cultivar x modalidad e.s. ($p \leq 0.01$), por la que, las plantas del cultivar ‘Cuartana’ no presentaron diferencias e.s.

entre las distintas modalidades de cultivo (Figura 4). También se detectó una interacción humedad x modalidad e.s. ($p \leq 0.01$) para el peso medio de las plantas comerciales obteniéndose que para el nivel de humedad control, las plantas comerciales cultivadas bajo invernadero, alcanzaron un peso medio superior al de las procedentes del cultivo al aire libre con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) (Figura 5).

Del mismo modo, se observó una influencia e.s. de la modalidad de cultivo en el porcentaje de plantas con “tipburn”, siendo mayor en cultivo bajo invernadero que al aire libre ($p \leq 0.05$), lo que también llevó asociado valores más elevados de los índices IMTB e IPTB bajo invernadero con diferencias e.s. entre ambas modalidades de cultivo ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.05$) (Tabla 2.1).

En el caso del porcentaje de plantas afectadas por “tipburn” se detectó una interacción cultivar x modalidad e.s. ($p \leq 0.05$), por la que, las plantas del cultivar ‘Cuartana’ no presentaron diferencias e.s. para este parámetro entre las distintas modalidades de cultivo (Figura 6.B).

Para el IPTB se detectó asimismo una interacción cultivar x modalidad, e.s. ($p \leq 0.05$), obteniéndose que las plantas del cultivar ‘Cuartana’ no presentaron diferencias e.s. entre las distintas modalidades de cultivo (Figura 8.B) (Tabla 2.1).

Por otro lado, para los porcentajes de plantas subidas a flor y de incursión del esbozo floral, los valores más altos se obtuvieron al aire libre, con diferencias e.s. respecto al cultivo bajo invernadero ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.05$) (Tabla 2.1).

Asimismo, en el porcentaje de plantas subidas a flor se encontró una interacción cultivar x modalidad e.s. ($p \leq 0.01$), obteniéndose, que las plantas del cultivar ‘Natacha’ no mostraron diferencias e.s. entre las modalidades de cultivo (Figura 9.B).

También se halló una interacción humedad x modalidad e.s. ($p \leq 0.01$) por la cual, en cultivo bajo túnel, no se obtuvieron diferencias e.s. entre las distintas modalidades de cultivo (Figura 8.C) (Tabla 2.1).

En cuanto a los parámetros de color, tanto para la luminosidad como para las coordenadas a (en valor absoluto) y b , los valores más altos se alcanzaron con las plantas procedentes de invernadero, con diferencias e.s. respecto a las producidas al aire libre ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.05$; $p \leq 0.05$) (Tabla 2.2).

Se encontró una interacción humedad x modalidad e.s. para la coordenada *b* ($p \leq 0.01$) por la que, para el nivel de humedad control, no se hallaron diferencias e.s. entre modalidades de cultivo (Figura 11.B).

La medida del SPAD en las plantas cultivadas al aire libre fue superior a la obtenida para las plantas que se cultivaron bajo invernadero, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$), mientras que para la concentración de nitratos las diferencias entre ambas modalidades de cultivo no fueron e.s. (Tabla 2.2).

En las plantas cultivadas en condiciones control, la concentración de nitratos fue más elevada en las plantas cultivadas al aire libre que en invernadero, si bien las diferencias no fueron e.s. (Tabla 2.3)

Por otro lado, en cuanto a las hojas afectadas por “mancha translúcida”, no hubo diferencias e.s. entre las dos modalidades estudiadas (Tabla 2.4).

En las siguientes tablas, letras diferentes indican diferencias e.s. con una $p \leq 0.05$. ** y * indican efectos e.s. con una $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$, respectivamente. ns, indica que no existen diferencias e.s. La desviación estándar está expresada como la raíz cuadrada del cuadrado medio residual

Tabla 2.1. Producción y fisiopatías (C2).

	Producción comercial		Producción no comercial		Incidencia de fisiopatías		
	Porcent. plantas comer. (%)	Peso medio comercial (g·plant ⁻¹)	Porcentaje plantas con “tipburn” (%)	Porcentaje plantas subidas a flor (%)	IMTB	IPTB	Incurción esbozo floral (%)
Cultivar							
‘Cuartana’	73.3 a	317.4 -	10.8 b	16.9 a	3.5 b	1.2 b	31,4 a
‘Natacha’	53.3 b	365.7 -	46.9 a	0.0 b	6.4 a	1.7 a	17,1b
Nivel de humedad							
Control	56.6 -	422.8 a	29.4 -	14.2 a	5.7 -	1.4 -	28,5 a
Túnel	70.0 -	260.3 b	28.3 -	2.7 b	4.2 -	1.5 -	20,1 b
Modalidad de cultivo							
Invernadero	53.3 b	377.7 -	47.1 a	0.0 b	6.5 a	1.7 a	11,1 b
Aire libre	73.3 a	305.7 -	10.7 b	19.9 a	3.4 b	1.1 b	37,4 a
Resumen ANOVA							
(gdl)							
Factor							
Cultivar (1)	9,5*	2,5 ^{n.s.}	27,4**	19,5**	19,9**	19,6**	13,2**
Humedad (1)	3,9 ^{n.s.}	27,8**	0,1 ^{n.s.}	7,3**	4,7 ^{n.s.}	1,8 ^{n.s.}	4,9*
Modalidad (1)	7,1*	5,4 ^{n.s.}	23,8**	19,5**	22,2**	35,4**	54,4**
Interacción							
Cultivar x Hum. (1)	4,3 ^{n.s.}	0,0 ^{n.s.}	12,8*	7,3**	13,6*	5,7*	6,2**
Cultivar x Mod. (1)	35,4**	0,5 ^{n.s.}	10,2*	19,5**	7,2 ^{n.s.}	12,9**	7,3**
Hum. x Mod. (1)	0,8 ^{n.s.}	24,4**	0,4 ^{n.s.}	7,3**	0,1 ^{n.s.}	0,4 ^{n.s.}	1,3 ^{n.s.}
Cult x Hum x Mod (1)	16,8**	0,0 ^{n.s.}	5,5*	7,3**	5,9 ^{n.s.}	2,9 ^{n.s.}	2,9*
Residual (16)	22,2	30,8	19,7	12,1	26,5	17,7	9,9
Desviación estándar	17,1	79,1	17,1	7,3	2,1	0,3	4,7

Tabla 2.2. Parámetros de color, SPAD y concentración de nitratos (C2).

	Parámetros de color			Spad	Concentración de nitratos (mg·kg m.f. ⁻¹)
	L	a	b		
Cultivar					
‘Cuartana’	40.9 -	-8.8 -	11,7 -	38.0 a	3690,4 -
‘Natacha’	42.2 -	-9.1 -	12,3 -	34.7 b	3591,1 -
Nivel de humedad					
Control	40.9 -	-9.0 -	12,2 -	36.1 -	3260,9 -
Túnel	42.2 -	-8.9 -	11,8 -	36.5 -	4020,6 -
Modalidad de cultivo					
Invernadero	42.6 a	-10.5 a	13,5 a	31.9 b	3567,9 -
Aire libre	40.5 b	-7.4 b	10,5 b	40.7 a	3713,5 -
Resumen ANOVA (gdl)					
Factor					
Cultivar (1)	6,9 ^{n.s.}	0,9 ^{n.s.}	1,3 ^{n.s.}	9,1*	0,3 ^{n.s.}
Humedad (1)	5,7 ^{n.s.}	0,2 ^{n.s.}	0,8 ^{n.s.}	0,1 ^{n.s.}	15,8 ^{n.s.}
Modalidad (1)	16,1*	66,9**	42,5 **	63,7**	0,6 ^{n.s.}
Interacción					
Cultivar x Hum. (1)	3,5 ^{n.s.}	1,6 ^{n.s.}	4,2 ^{n.s.}	0,0 ^{n.s.}	1,7 ^{n.s.}
Cultivar x Mod. (1)	0,3 ^{n.s.}	0,1 ^{n.s.}	0,0 ^{n.s.}	0,0 ^{n.s.}	0,0 ^{n.s.}
Hum. x Mod. (1)	12,2 ^{n.s.}	10,0**	20,5 **	0,2 ^{n.s.}	19,7*
Cult x Hum x Mod. (1)	0,6 ^{n.s.}	2,2 ^{n.s.}	2,9 ^{n.s.}	1,7 ^{n.s.}	0,4 ^{n.s.}
Residual (16)	54,7	18,1	27,8	25,2	61,5
Desviación estándar	2,3	1,0	1,5	3,4	918,2

Tabla 2.3. Resultados concentración nitratos C2 plantas control.

	Concentración de nitratos (mg·kg m.f.⁻¹)
Modalidad	
Invernadero	2763,4 -
Aire libre	3774,6 -
Resumen ANOVA (gdl)	
Factor	
Modalidad (1)	32,7 ^{n.s.}
Residual (11)	67,3
Desviación estándar	794,3

Tabla 2.4. “Mancha translúcida” (C2).

	% Hojas comerciales (HS+HAL)	% Hojas no comerciales (HAM+HAA)
Cultivar		
‘Cuartana’	93,7 -	6,3 -
‘Natacha’	95,8 -	4,2 -
Nivel de humedad		
Control	91,6 b	8,4 a
Túnel	97,8 a	2,1 b
Modalidad de cultivo		
Invernadero	93,6 -	6,3 -
Aire libre	95,8 -	4,2 -
Resumen ANOVA (gdl)		
Factor		
Cultivar (1)	3,1 ^{n.s.}	3,1 ^{n.s.}
Humedad (1)	58,9**	58,9**
Modalidad (1)	3,7 ^{n.s.}	3,7 ^{n.s.}
Interacción		
Cultivar x Hum. (1)	4,7 ^{n.s.}	4,7 ^{n.s.}
Cultivar x Mod. (1)	0,6 ^{n.s.}	0,6 ^{n.s.}
Hum. x Mod. (1)	4,4 ^{n.s.}	4,4 ^{n.s.}
Cult x Hum x Mod (1)	0,5 ^{n.s.}	0,5 ^{n.s.}
Residual (16)	24,1	24,1
Desviación estándar	3,3	3,3

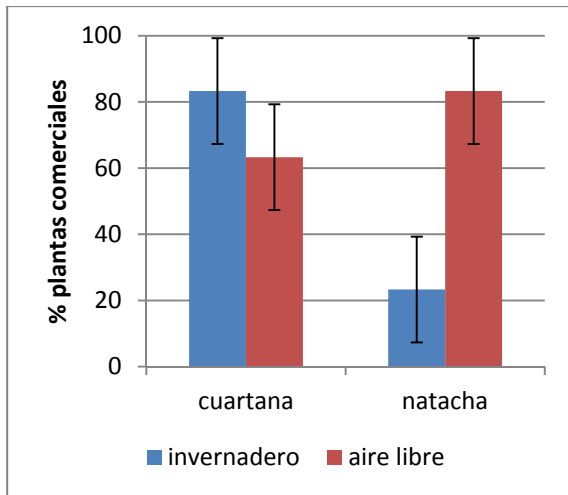


Figura 4. Interacción cultivar – modalidad. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

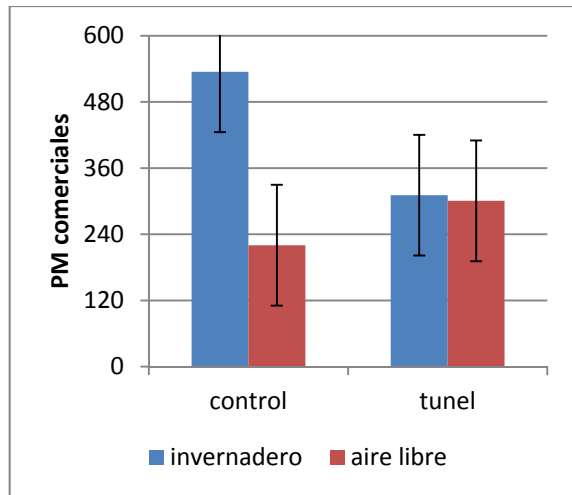


Figura 5. Interacción humedad – modalidad. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

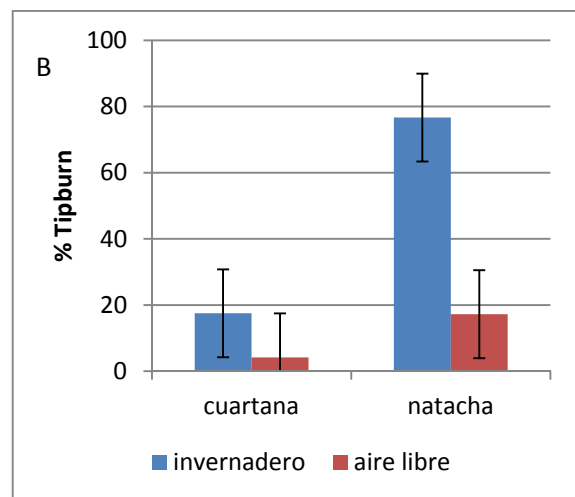
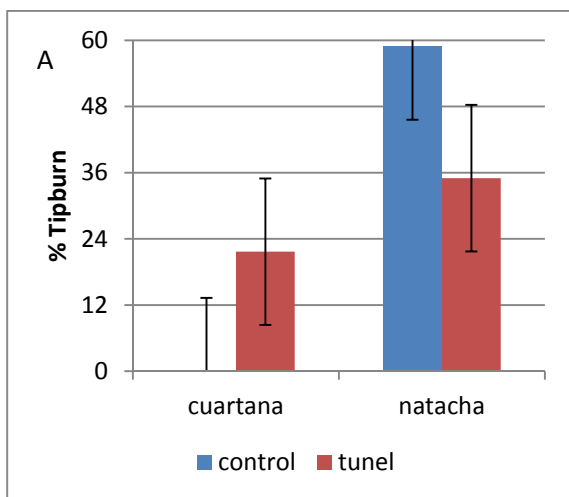


Figura 6. (A) Interacción cultivar – humedad (B) Interacción cultivar – modalidad. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

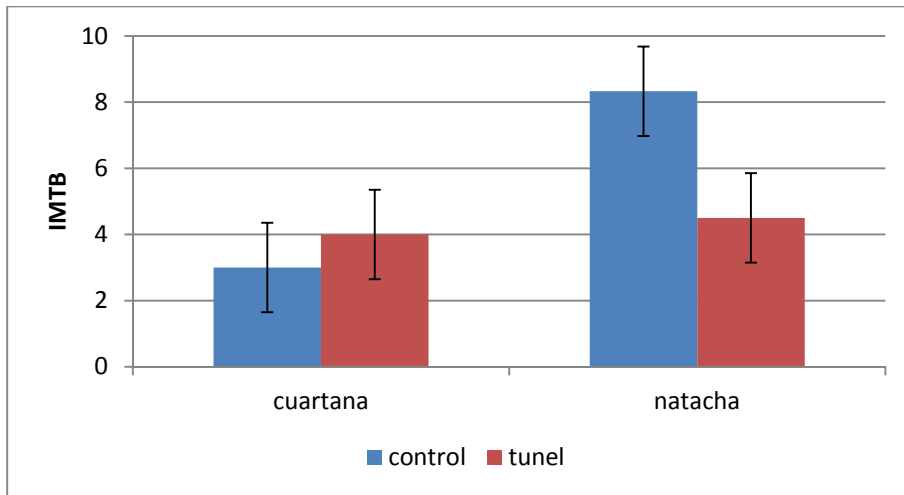


Figura 7. Interacción cultivar – humedad. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

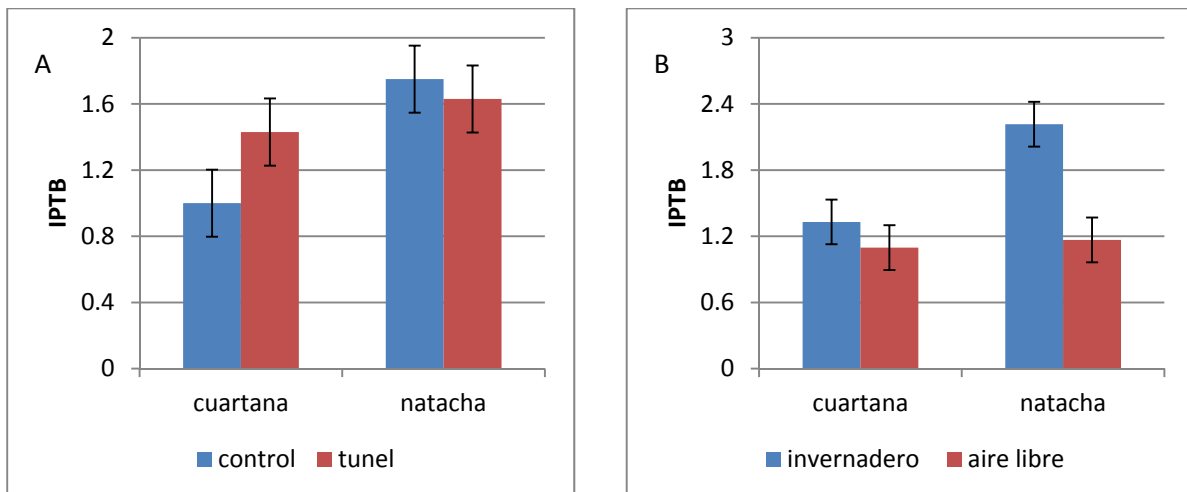


Figura 8. (A) Interacción cultivar – humedad. (B) Interacción cultivar – modalidad. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

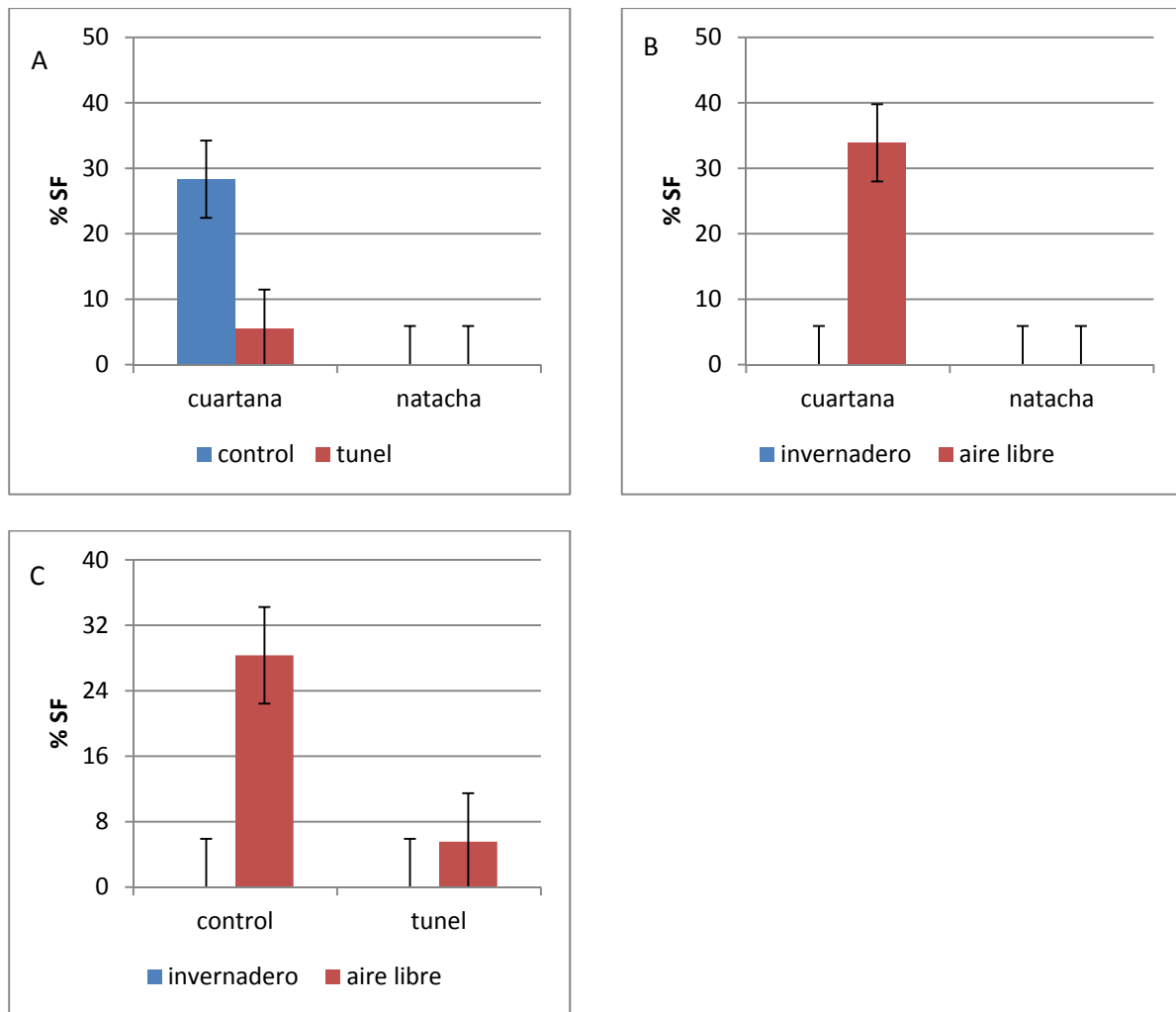


Figura 9. (A) Interacción cultivar - humedad. (B) Interacción cultivar – modalidad. (C) Interacción humedad – modalidad. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

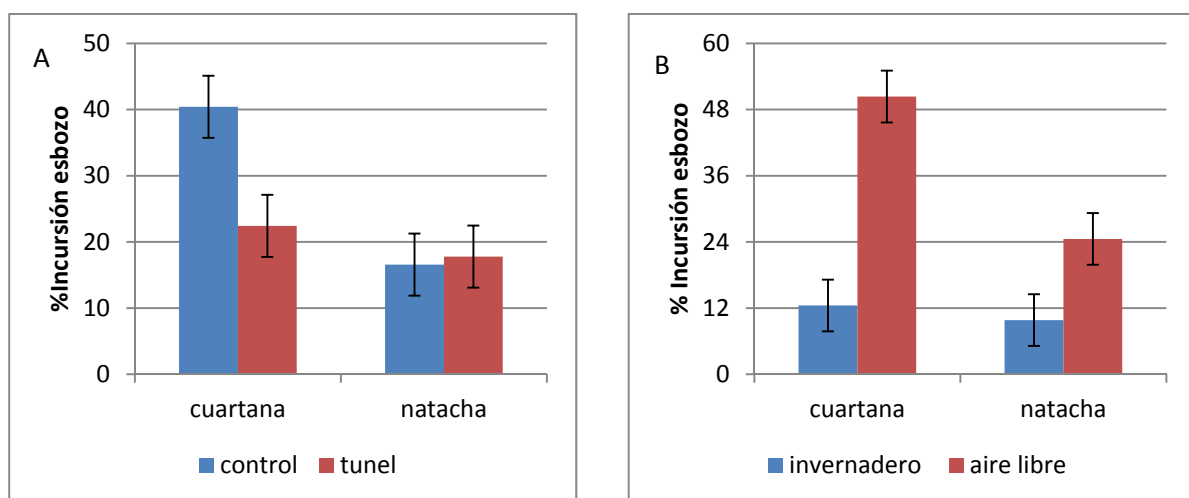


Figura 10. (A) Interacción cultivar – humedad. (B) Interacción cultivar – modalidad. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

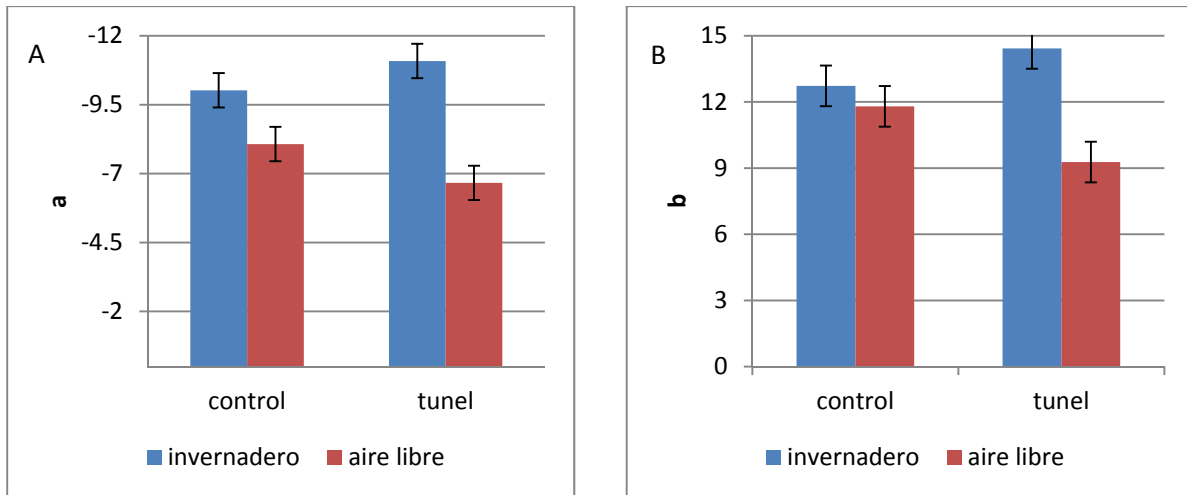


Figura 11. Parámetros de color. Interacción humedad – modalidad. (A) Coordenada *a*. (B) Coordenada *b*. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

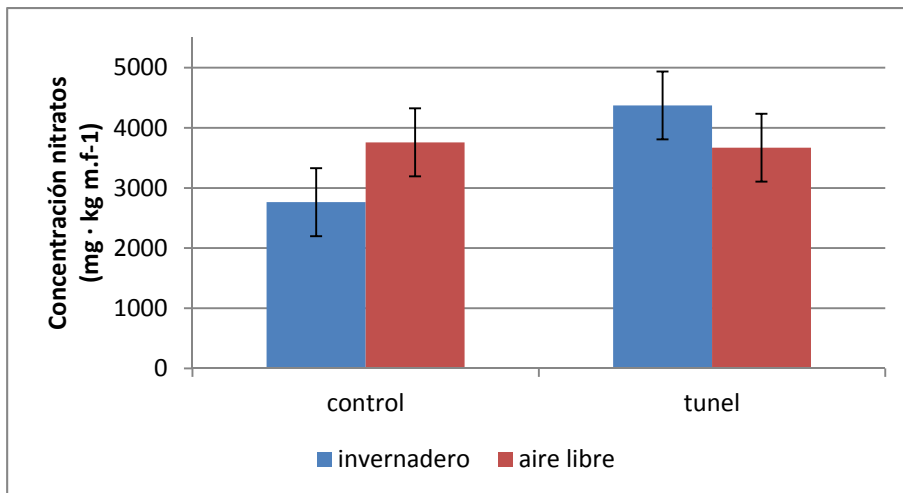


Figura 12. (A) Interacción humedad – modalidad. Las barras verticales corresponden al valor del LSD ($p \leq 0.05$).

3.3. Resultados comparación entre ciclos. (Tablas 3.1, 3.2 y 3.3).

Producción comercial (Tabla 3.1)

Porcentaje y peso medio de plantas comerciales.

Tanto para el porcentaje como para el peso medio de plantas comerciales, los valores fueron más elevados en el ciclo C1 que en el C2, con diferencias e.s. entre ambos ($p \leq 0.05$).

Producción no comercial (Tabla 3.1)

Porcentaje de plantas con “tipburn”

El porcentaje más alto de ‘tipburn’ se obtuvo en el ciclo C2, si bien las diferencias respecto del ciclo C1 no fueron e.s.

Porcentaje de plantas subidas a flor

En el ciclo C2 se observó una mayor incidencia de la subida a flor prematura, aunque las diferencias respecto al ciclo C1 no llegaron a ser e.s.

Incidencia de fisiopatías (Tabla 3.1)

IMTB e IPTB

No se encontraron diferencias e.s. entre ambos ciclos para el IMTB y el IPTB.

Incurción esbozo floral.

El porcentaje de incurción del esbozo floral fue superior en el ciclo C2 que en el ciclo C1, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$).

Parámetros de color (Tabla 3.2)

Luminosidad, Coordenada *a*, Coordenada *b*.

No se encontraron diferencias e.s. entre ambos ciclos para el valor de la luminosidad (L), sin embargo para las coordenadas *a* (en valor absoluto) y *b*, los valores fueron más elevados en las plantas del ciclo C1 que en las plantas obtenidas en el ciclo C2, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$).

SPAD (Tabla 3.2.)

El valor del SPAD en las plantas procedentes del ciclo C2 fue superior al de las procedentes del ciclo C1, con diferencias e.s. entre ambos valores ($p \leq 0.05$)

Concentración de nitratos (Tabla 3.2)

Se encontraron diferencias e.s. para la concentración de nitratos, obteniéndose los valores más elevados en las plantas recolectadas en el ciclo C2 que en las obtenidas en el ciclo C1 ($p \leq 0.05$).

Plantas sanas y afectadas por “mancha translúcida” (Tabla 3.3).

El ciclo C1 presentó un mayor porcentaje de hojas afectadas por “mancha translúcida” que el ciclo C2, encontrándose diferencias e.s. entre ambos ciclos ($p \leq 0.05$).

3. Resultados y discusión

En las siguientes tablas, letras diferentes indican diferencias e.s. con una $p \leq 0.05$. ** y * indican efectos e.s. con una $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$, respectivamente. ns, indica que no existen diferencias e.s. La desviación estándar está expresada como la raíz cuadrada del cuadrado medio residual

Tabla 3.1. Producción y fisiopatías (Comparación ciclos).

	Producción comercial		Producción no comercial		Incidencia de fisiopatías		
	Porcent. plantas comer. (%)	Peso medio comercial (g·plant ⁻¹)	Porcentaje plantas con "tipburn" (%)	Porcentaje plantas subidas a flor (%)	IMTB	IPTB	Incursión esbozo floral (%)
Ciclo							
1	85,8 a	688,7 a	13,3 -	0,8 -	3,6 -	1,2 -	11,8 b
2	63,3 b	311,9 b	28,8 -	8,4 -	4,9 -	1,4 -	24,3 a
Resumen ANOVA (gdl)							
Factor							
Ciclo (1)	12,4 *	66,8 **	6,2 ^{n.s.}	6,1 ^{n.s.}	4,1 ^{n.s.}	5,8 ^{n.s.}	18,5 **
Residual (46)	87,6	33,2	93,8	93,9	95,9	94,2	81,5
Desviación estándar	27,6	135,7	28,6	13,0	3,2	0,5	9,1

Tabla 3.2. Parámetros de color, SPAD y concentración de nitratos (Comparación ciclos).

	Parámetros de color			Spad	Concentración de nitratos (mg·kg m.f. ⁻¹)
	L	a	b		
Ciclo					
1	42,9 -	-10,7 a	13,9 a	28,9 b	1955,0 b
2	41,6 -	-8,9 b	12,0 b	36,3 a	3640,7 a
Resumen ANOVA (gdl)					
Factor					
Ciclo (1)	6,3 ^{n.s.}	18,6**	13,0*	36,0 **	47,9 **
Residual (46)	93,7	81,4	87,0	64,0	52,1
Desviación estándar	2,7	1,9	2,4	5,0	898,7

Tabla 3.3. “Mancha translúcida” (Comparación de ciclos).

	% Hojas comerciales (HS+HAL)	% Hojas no comerciales (HAM + HAA)
Ciclo		
1	92,1 b	7,9 a
2	94,7 a	5,2 b
Resumen ANOVA(gdl)		
Factor		
Ciclo (1)	18,6*	18,6*
Residual (46)	81,4 ^{n.s.}	81,4 ^{n.s.}
Desviación estándar	4,3	4,3

3.4. Relaciones entre parámetros de color (*a* ; *b*), contenido de nitratos y valores del

SPAD Se ha obtenido la relación entre el contenido de nitratos y los parámetros de color de la escala HunterLab así como entre el contenido de nitratos y los valores del SPAD. También se determinó la relación entre los parámetros de color y los valores del SPAD.

	<i>a</i>	<i>b</i>	SPAD
Nitratos	0,4004**	-0,3033*	0,6014**
SPAD	0,8657**	-0,8040**	

** y * indican efectos e.s. con una $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$ respectivamente

Nitratos

Se determinó una relación e.s. entre la concentración de nitratos y los valores de los parámetros *a* y *b* ($p \leq 0.01$; $p \leq 0.05$) con una baja correlación lineal en ambos casos (Figura 13.A y 13.B).

Se encontró una relación e.s. entre la concentración de nitratos y los valores del SPAD ($p \leq 0.01$) con una débil correlación lineal (Figura 14).

SPAD

Los resultados obtenidos mostraron la existencia de una relación e.s. entre el valor del SPAD y del parámetro de color *a* ($p \leq 0.01$), existiendo una fuerte correlación lineal de manera que al aumentar *a* (en valor absoluto) el valor del SPAD fue más bajo (Figura 15.A).

Del mismo modo se observó una relación e.s. entre el valor del SPAD y del parámetro de color *b* ($p \leq 0.01$), con una fuerte correlación lineal obteniéndose los valores más bajos del SPAD con los valores más altos del parámetro *b* (Figura 15.B).

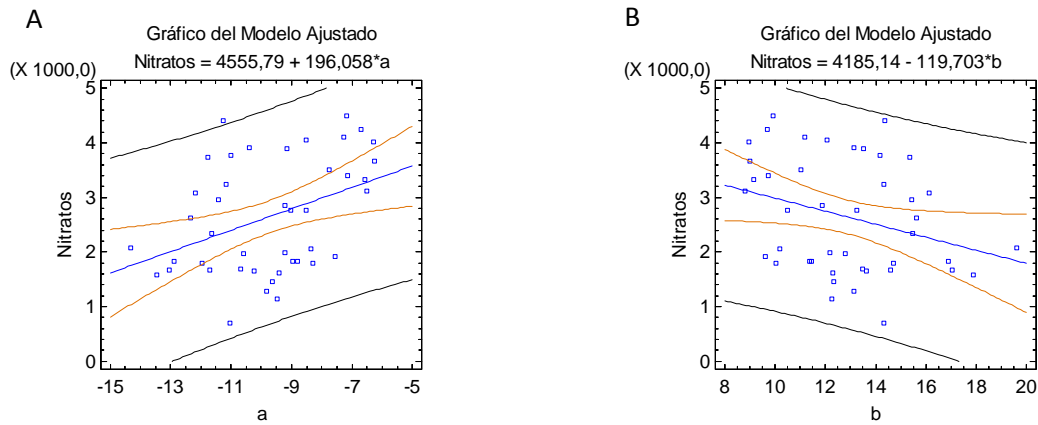


Figura 13. (A) Relación entre nitratos y *a*. (B) Relación entre nitratos y *b*.

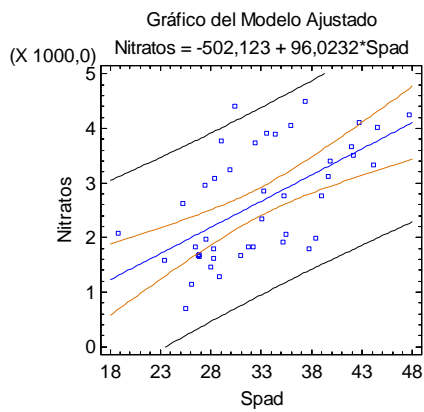


Figura 14. Relación entre nitratos y SPAD.

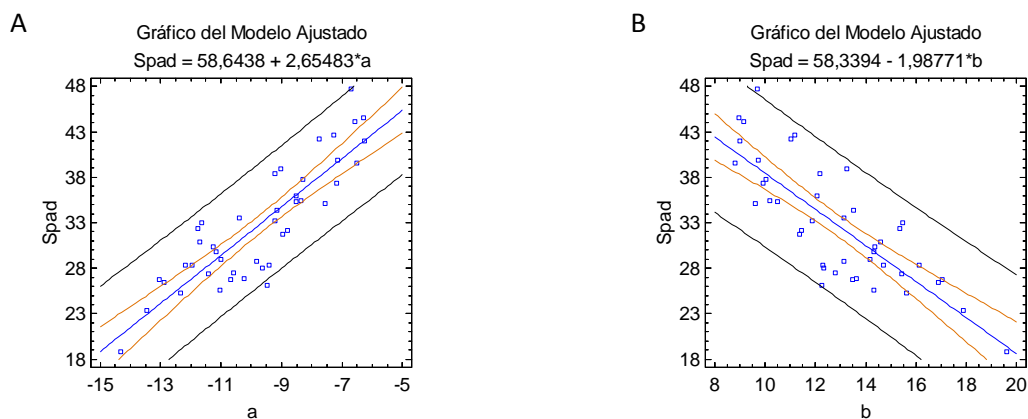


Figura 15. (A) Relación entre SPAD y *a*. (B) Relación entre SPAD y *b*

3.5. Discusión de los resultados

Los resultados obtenidos en el ciclo C1 resultaron más fidedignos que en el ciclo C2, ya que en el primer ciclo no se produjeron incidencias que afectaran significativamente al desarrollo de las plantas.

Condiciones de elevada temperatura y baja humedad relativa (HR) que se daban en el cultivo bajo invernadero, fueron las más favorables para la aparición de ‘tipburn’ en ambos cultivares; en estas condiciones, el cultivar ‘Natacha’ presentó una mayor susceptibilidad al ‘tipburn’ que el cultivar ‘Cuartana’, mientras que en cultivo al aire libre el comportamiento de los dos cultivares fue idéntico, lo que indicaría la estrecha relación de las condiciones climáticas en la respuesta de los distintos cultivares.

Se ha observado que condiciones de HR elevada han resultado menos favorables para la aparición de ‘tipburn’, así pues, con el empleo de túnel, se disminuyó en invernadero, el porcentaje de plantas con ‘tipburn’, de manera que no se encontraron diferencias entre el cultivo en invernadero y al aire libre en las plantas cultivadas bajo túnel; del mismo modo se observó que el efecto que tuvo el incremento de la HR en la menor incidencia de la fisiopatía, fue más acusado en el cultivar ‘Natacha’, que había resultado más susceptible a la aparición de ‘tipburn’, pero que bajo túnel tuvo un comportamiento similar al del cultivar ‘Cuartana’.

En el ciclo C2, no se observó un descenso de la fisiopatía con el empleo del túnel, lo que pudo ser debido a que las plantas, debido a los daños sufridos durante su crecimiento, no se habían desarrollado completamente. En este ciclo, las condiciones del aire libre favorecieron el aumento de la incidencia de ‘tipburn’ en el cultivar ‘Cuartana’ de manera que su comportamiento fue similar al de las cultivadas bajo invernadero, lo que podría indicar que con temperaturas más elevadas presentó un peor comportamiento.

El descenso en la aparición de ‘tipburn’ en condiciones de HR alta corrobora lo expuesto en anteriores estudios realizados en lechuga, en los cuales se determinó que, con una HR elevada durante la noche, disminuía la transpiración y se limitaba la incidencia de ‘tipburn’ (Saure, 1998). Una de las posibles causas de la disminución del “tipburn” con altos niveles de HR está motivado por el flujo de agua que se produce como consecuencia de la presión radical a que están sometidas las plantas durante el periodo nocturno en esas condiciones, lo que favorecería el incremento del contenido de calcio en los tejidos potencialmente susceptibles (Olle and Bender, 2009).

En cuanto a la subida a flor prematura, determinados autores han descrito, en lechuga, que las condiciones favorables para la floración son un incremento de la temperatura y del fotoperiodo (Silva, 1999), condiciones que se presentaron en el ciclo C2. En este ciclo, en las condiciones en las que la restricción lumínica fue menor y por tanto hubo una mayor incidencia de radiación, tales como el cultivo al aire libre y las condiciones de humedad control, el cultivar ‘Cuartana’ aumentó su susceptibilidad a la subida a flor prematura, presentando valores más elevados que el cultivar ‘Natacha’.

Las condiciones que se dieron en el ciclo 1 fueron más favorables para el desarrollo de las plantas, por lo que en este ciclo se dio un porcentaje más alto de plantas comerciales que en el ciclo siguiente, que alcanzaron un peso medio superior. La menor susceptibilidad del cultivar ‘Cuartana’ a la incidencia del ‘tipburn’ (aunque fue más propenso a la subida a flor prematura) hizo que en ambos ciclos, bajo invernadero, este cultivar presentara un mayor porcentaje de piezas comerciales. Este mismo comportamiento de ambos cultivares también se observó en las plantas control en el ciclo C1, pero no en el ciclo C2 probablemente porque las plantas no habían completado su desarrollo.

Respecto a los parámetros de color, cuando las condiciones de temperatura y HR fueron más favorables para el desarrollo de las plantas, presentes en el ciclo C1, las plantas del cultivar ‘Cuartana’ presentaron un color más verde que las del cultivar ‘Natacha’, mientras que estas diferencias no se observaron en el ciclo C2.

Las condiciones de cultivo con mayor restricción lumínica (invernadero y túnel) dieron lugar a plantas con un cromatismo verde más intenso (según los parámetros de la escala HunterLab), especialmente en cultivo bajo invernadero.

Los mayores contenidos en clorofila (medida del SPAD) se obtuvieron en el cultivar ‘Cuartana’ y en las condiciones en las cuales la restricción lumínica fue menor, de manera que en ambos ciclos los valores de medida del SPAD fueron superiores en las plantas cultivadas al aire libre que bajo invernadero, del mismo modo que las condiciones control favorecieron a una mayor concentración de clorofilas en las hojas que el cultivo bajo túnel, especialmente en el ciclo C1, en tanto que en el ciclo C2 los problemas que tuvieron las plantas a lo largo de su desarrollo, pudieron incidir en los resultados.

En lo que respecta a la acumulación de nitratos, en el ciclo C1 se corroboró lo señalado en trabajos anteriores, que determinaron la existencia de una componente varietal,

obteniéndose que el cultivar ‘Cuartana’ resultó más propenso a la acumulación de nitratos que el cultivar ‘Natacha’. También se pudo constatar que en el cultivo bajo invernadero la acumulación de nitratos fue más intensa que al aire libre, tal y como había sido reseñado en estudios anteriores (Gonella *et al.*, 2002; Torres *et al.*, 2009).

En este estudio, se observó que la menor concentración de nitratos se produjo en las condiciones de menor iluminación, ciclo C1, a diferencia de lo señalado por diversos autores que asociaban un incremento de la intensidad luminosa con una concentración de nitratos en las hojas más baja (Van der Boon *et al.*, 1990; Gonella *et al.*, 2002), pero corroborando lo obtenido por otros autores en ensayos sobre lechuga, en los cuales, se establecía que, la acumulación de nitratos presentaba una correlación negativa con la tasa fotosintética y la acumulación de azúcares, que disminuirían al aumentar la temperatura, lo cual explicaría que cuando se dieron las condiciones de temperaturas más elevadas, ciclo C2, la concentración de nitratos fuera superior (Behr and Wiebe, 1992). En trabajos realizados sobre minilechuga se obtuvo que en cultivo bajo invernadero y en los ciclos más cálidos (primavera-verano), la acumulación de nitratos fue mayor (Torres *et al.* 2013). Este incremento de las temperaturas disminuiría la actividad fotosintética de la escarola, puesto que en comparación con otras hortalizas, su óptimo fotosintético se encuentra en un rango medio-bajo (Edmon *et al.*, 1975; Lorenz and Wiebe, 1980), con lo que habría un descenso de la actividad de la enzima nitrato-reductasa, responsable de la reducción nítrica hacia N orgánico lo cual supondría un incremento en la concentración de nitratos.

En cuanto a la afección por “mancha translúcida”, en el primero de los ciclos se observó la influencia del material vegetal empleado en la aparición de la fisiopatía, corroborando lo determinado en anteriores publicaciones (Blancard *et al.*, 2005), así pues, el cultivar ‘Natacha’ presentó un menor porcentaje de hojas sanas, lo cual confirma su mayor susceptibilidad; por otro lado, en el ciclo C2, se observó que las condiciones de humedad relativa baja, correspondiente a las condiciones control, favorecieron la aparición de la fisiopatía, lo que difiere de lo expuesto por algunos autores que atribuyen la aparición de la enfermedad a humedades relativas altas (Grange and Hand, 1987).

Se encontró una relación e.s entre los nitratos y el parámetro de color *a*, con una débil correlación lineal que no fue coincidente con lo obtenido por Tuncay (2011) en ensayos con perejil y rúcula, en los que un incremento de los nitratos llevó asociada una coloración verde más intensa.

En un trabajo realizado en lechuga se observó que al aumentar la aportación de nitratos en el abonado, las medidas del SPAD también se incrementaron (Escalona *et al.*, 2009). En el presente trabajo se obtuvo que la relación entre la concentración de nitratos en hojas y la medida del SPAD resultó e.s., aunque con una débil correlación lineal ($R= 0.6014$).

Se ha obtenido una fuerte correlación lineal entre los valores del SPAD y el parámetro de color b , de manera que valores más altos de este parámetro, correspondiente a una coloración más amarillenta supusieron valores del SPAD más bajos, que supondrían una menor concentración de clorofilas. Los problemas para establecer una relación entre los parámetros de color y la medida del SPAD, se pusieron de manifiesto en ensayos realizados con lechuga donde se encontraron débiles relaciones de los valores de a y b con los del SPAD (León *et al.* 2007).

4. CONCLUSIONES

- En el ciclo C1 los resultados fueron más fiables que en el ciclo C2 debido a que en el primer ciclo las plantas no sufrieron ninguna incidencia que afectara a su normal desarrollo.
- Las altas temperaturas y una humedad relativa baja (invernadero y humedad control) resultaron ser las condiciones más propicias para la aparición de ‘tipburn’. En dichas condiciones, el cultivar ‘Natacha’ presentó más sensibilidad a esta fisiopatía que el cultivar ‘Cuartana’.
- El cultivo en condiciones de menor restricción lumínica favorecieron la subida a flor de las plantas, siendo el cultivar ‘Cuartana’ el que se mostró más proclive a esta fisiopatía.
- Los valores de humedad y temperatura que se dieron en el ciclo C1 resultaron ser los más favorables para el cultivo de esta especie, obteniéndose en dicho ciclo, un mayor porcentaje de plantas comerciales que también alcanzaron un mayor peso.
- Las condiciones de cultivo con una mayor restricción lumínica (invernadero y túnel) favorecieron un cromatismo verde más intenso en las plantas asociado a los parámetros de color de la escala HunterLab.
- Los valores más altos del SPAD se obtuvieron en el ciclo C2, siendo el cultivar ‘Cuartana’ y el cultivo al aire libre los que presentaron los valores más elevados.
- En el ciclo C2 con una temperatura e iluminación más altas que en el ciclo C1 el contenido en nitratos fue más elevado.
- Durante el ciclo C1, para el cultivar ‘Cuartana’ y la producción en invernadero se alcanzaron los mayores contenidos en nitratos.
- El ciclo en el que las plantas presentaron un mejor desarrollo, la “mancha translúcida” se dio con mayor intensidad, afectando en mayor grado al cultivar ‘Natacha’.
- Se halló una clara relación entre los parámetros de color y la concentración de nitratos, así como entre los valores del SPAD y la concentración de nitratos aunque mostraran una débil correlación lineal.
- Los valores de los parámetros de color a y b presentaron una alta correlación lineal con los valores del SPAD, si bien en el caso de a , dicha relación no se correspondió con la esperada.

5. BIBLIOGRAFÍA

Barta, D.J. and Tibbits, T.W. 2000. Calcium localization and Tipburn development in lettuce leaves during early enlargement. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 125 (3): 294-298.

Behr, U. and Wiebe, HJ. 1992. Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. *Scientia Hortic.* 49: 175-179.

Blancard, D., Lot, H. y Maisonneuve, B. 2005. Enfermedades de las lechugas. Identificar, conocer, controlar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Collier, F. Graham and Tibbits, T.W. 1982. Tipburn of lettuce. *Horticultural reviews* Volume. 4, 49-65.

Collier, F. Graham and Tibbits, T.W. 1984. Effects of Relative Humidity and Root Temperature on Calcium Concentration and Tipburn Development in Lettuce. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 109(2): 128-131

DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea) 2011. Reglamento (UE) N° 1258/2011 De la comisión de 2 de diciembre de 2011 que modifica el Reglamento (CE) N° 1881/2006 por lo que respecta el contenido máximo de nitratos en los productos alimenticios.

Edmond, J.B., Senn, T.L., Andrew, F.S. and Halfacree, R.G. 1975. Fundamentals of Horticulture. McGraw Hill Book Co. (4ª ed.) Nueva York-San Francisco.

FEPEX (Federación española de asociaciones de productores y exportadores de frutas, hortalizas y plantas vivas), 2013. Avances estadísticos de importación y exportación de frutas y hortalizas. En www.fepex.es

Grange, R.I., and Hand, D.W., 1987. A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. *Journal of Horticultural Science* 62 (2): 125-134

Gonella, M., Serio, F., Santamaria, P., 2002. Fattori genetici e ambientali e contenuto di nitrato degli ortaggi. *Supplemento a Colture Protette.* N°12.

Guardiola Bárcena, J.L. y García Luis, A. 1990. Fisiología vegetal I: Nutrición y transporte. Editorial: Síntesis pp: 440.

- Islam, N., Grindal Patil, G., Torre, S. and Gislerod, H.R. 2004.** Effects of Relative Air Humidity, Light, and Calcium Fertilization on Tipburn and Calcium Content of the Leaves of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *Europ.J.Hort.Science.*, 69 (1). S. 26-36
- León, A., Viña, S., Frezza, D., Chaves, A. and Chiesa, A. 2007.** Estimation of Chlorophyll contents by correlations between SPAD-502 meter and chroma meter in Butthead lettuce. *Communications in soil science and plant analysis*. 38: 2877-2885
- Lorenz, H.P. and Wiebe, H.J. 1980.** Effect of temperature on photosynthesis of lettuce adapted to different light and temperature conditions. *Scientia Hortic.* 13: 115-123.
- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, alimentación y medioambiente), 2013.** Superficies y producciones de cultivos. En www.magrama.gob.es
- Maroto, J.V., 1997.** Etiología y descripción de las principales fisiopatías de la horticultura Mediterránea. Ediciones y promociones L.A.V. S.L. Valencia.
- Maroto, J.V., 2000 a.** Botánica (taxonomía y fisiología) y adaptabilidad. En: La lechuga y la escarola. Eds. J.V. Maroto Borrego, A. Miguel Gómez, C. Baixauli Soria. Caja Rural Valencia. Fundación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. pp 27-43.
- Maroto, J.V., 2000 b.** Fisiopatías. En: La lechuga y la escarola. Eds. J.V. Maroto Borrego, A. Miguel Gómez, C. Baixauli Soria. Caja Rural Valencia. Fundación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. pp 216-229
- Maroto, J.V. 2002.** Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid 702 pp.
- Misaghi, I.J. and Grogan, R.G. 1978.** Effect of Temperature on Tipburn Development in Head Lettuce. *Phytopathology* 68: 1738-1743
- Olle, M. and Bender, I. 2009.** Causes and control of calcium deficiency disorders in vegetables: a review. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 84 (6) 577-584.
- Rincón Sanchez, L., Pérez Crespo, A., Pellicer Botía C., Sáez Sironi, J., Abadía Sanchez, A., 2002.** Influencia de la fertilización nitrogenada en la absorción de nitrógeno y acumulación de nitratos en la lechuga iceberg. *Invest. Agr: Prod. Prot. Veg.* Vol. 17 (2)
- Rincón Sanchez, L. 2005.** Fertilización nitrogenada y contenido de nitratos en hojas de lechuga "Iceberg". *Vida Rural*, 210: 50-55

Ryder, E.J. 1999. Lettuce, endive and chicory. CABI Publishing. Walingford-Oxon/New York.

Saure, M.C. 1998. Causes of the tipburn disorder in leaves of vegetables. *Scientia Horticulturae* 76: 131-147

Scaife, A., Saraiva Ferreira, M.E. and Turner, M.K. 1986. Effect of nitrogen form on the growth and nitrate concentration of lettuce. *Plant and Soil* 94, 3-16.

Silva, E.C., Maluf, W.R., Leal, N.R., Gomes, L.A.A. 1999. Inheritance of bolting tendency in lettuce *Lactuca sativa* L. *Euphytica* 109: 1-7

Torres J.F., Ferriol, Ll., Solis, G., San Bautista, A., Bono, M.S., Laza, P., Alagarda, J., Pascual, B., Lopez Galarza, S. y Maroto, J.V., 2009. Experimentos para tratar de controlar el tipburn mediante aplicaciones foliares cálcicas sobre diversos cultivares de minilechugas y su proclividad a la floración prematura y acumulación de nitratos. *Agrícola Vergel*. 332: 417-425.

Torres J.F., San Bautista, A., Pascual-España, B., Bono, M.S., Lopez Galarza, S., Pacual-Seva, N., Alagarda, J., Maroto, J.V., 2012 a. Influencia de dos soluciones nutritivas sobre los parámetros productivos, fisiopatías y acumulación de nitratos en dos cvs. de escarola (*Cichorium endivia* L.) en distintos ciclos productivos bajo invernadero y manejo en sustrato. *Agrícola vergel* 358: 230-236

Torres J.F., San Bautista, A., Pascual-España, B., Bono, M.S., Lopez Galarza, S., Pacual-Seva, N., Alagarda, J., Maroto, J.V., 2012 b. Producción comercial, incidencia de “Tipburn”, floración prematura y acumulación de nitratos en dos cvs. de escarolas (*Cichorium endivia* L.), en cultivo al aire libre y bajo invernadero en tres ciclos diferentes. *Agrícola vergel* 359: 268-275.

Torres J.F., Ndamakele, J.B., San Bautista, A., Pascual-España, B., Bono, M.S., Lopez Galarza, S., Pacual-Seva, N., Alagarda, J., Maroto, J.V. 2013. Influencia de ciclos, fertilización nitrogenada y modalidades de cultivo en la incidencia de diversas fisiopatías y la acumulación de nitratos en cuatro cultivares de minilechuga (I). *Phytoma* 245: 16-21

Tuncay Özlem, 2011. Relationships between nitrate, chlorophyll and chromaticity values in rocket salad and parsley. *African Journal Biotechnology*. Vol 10 (75) pp.17152-17159.

Van Der Boon, J., Steenhuizen, J.W. and Steingrover, E.G., 1990. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. *Journal of Horticultural Science* 65: 309-321.

Wien, H.C. (ed.) 1997. The physiology of vegetable crops: lettuce pp: 479-509. International. Oxon-New York.

ANEJOS

ANEJO FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. cv. 'Cuartana'



Fotografía 2. cv. 'Natacha'



Fotografía 3. Experimento en invernadero. Condiciones control y bajo túnel.



Fotografía 4. Experimento al aire libre. Condiciones control y bajo túnel.



Fotografía 5. Planta sana con un grado 0 de 'tipburn'.



Fotografía 6. Planta con un grado 1 de 'tipburn'.



Fotografía 7. Planta con un grado 2 de 'tipburn'.



Fotografía 8. Planta con un grado 3 de 'tipburn'.



Fotografía 9. Planta subida a flor. Medida del esbozo floral.



Fotografía 10. Hoja sana



Fotografía 11. Hoja con una afección ligera de “mancha translúcida”.



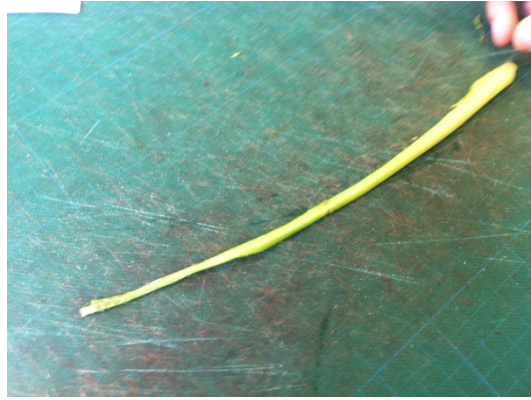
Fotografía 12. Hoja con una afección media de “mancha translúcida”.



Fotografía 13. Hoja con una afección alta de “mancha translúcida”.



Fotografía 14. Separación de los nervios



Fotografía 15. Nervio de la hoja



Fotografía 16. Troceado de los nervios.



Fotografía 17. Triturado de los nervios



Fotografía 18. Extracto acuoso del triturado.



Fotografía 19. Dilución 1/25 del extracto.



Fotografía 20. Medida de los nitratos con la tira indicadora.



Fotografía 21. Tira soporte del reactivo para la medición de nitratos por reflectometría.



Fotografía 22. Medidor de nitratos por reflectometría.



Fotografía 23. Secado en estufa del triturado.



Fotografía 24. Medida del SPAD



Fotografía 25. Medida del color con el colorímetro.



Fotografía 26. Plantas afectadas por el exceso de temperaturas.



Fotografía 27. Detalle de planta afectada.



Fotografía 28. Rebrote de las plantas afectadas.



Fotografía 29. Detalle de planta rebrotada.

ANEJO TEMPERATURA Y HUMEDAD

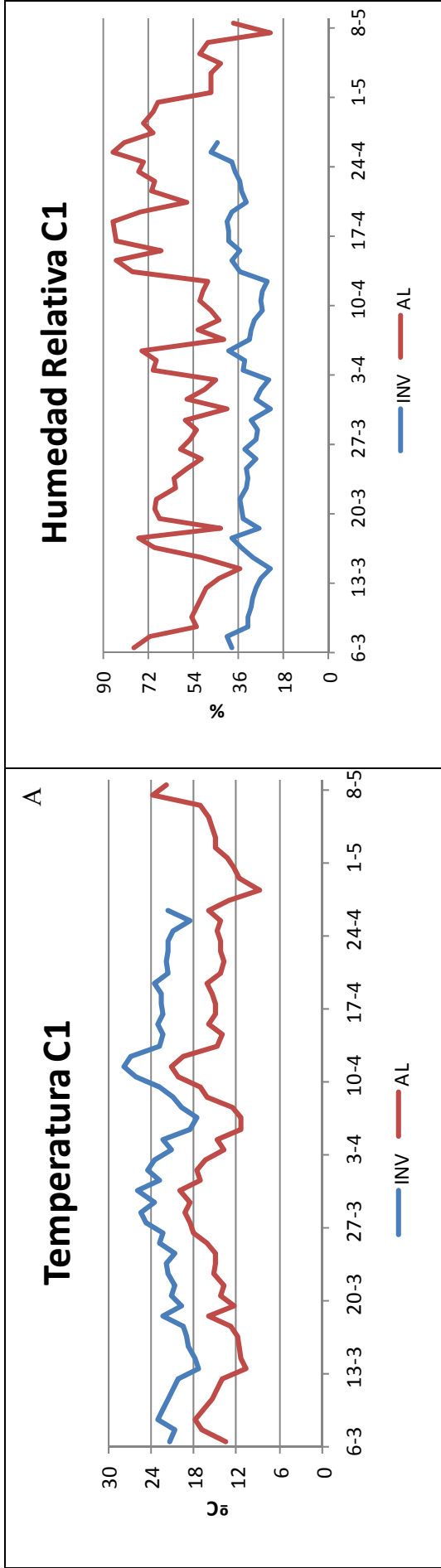


Figura 16. Temperatura (A) y humedad relativa (B) durante el ciclo C1

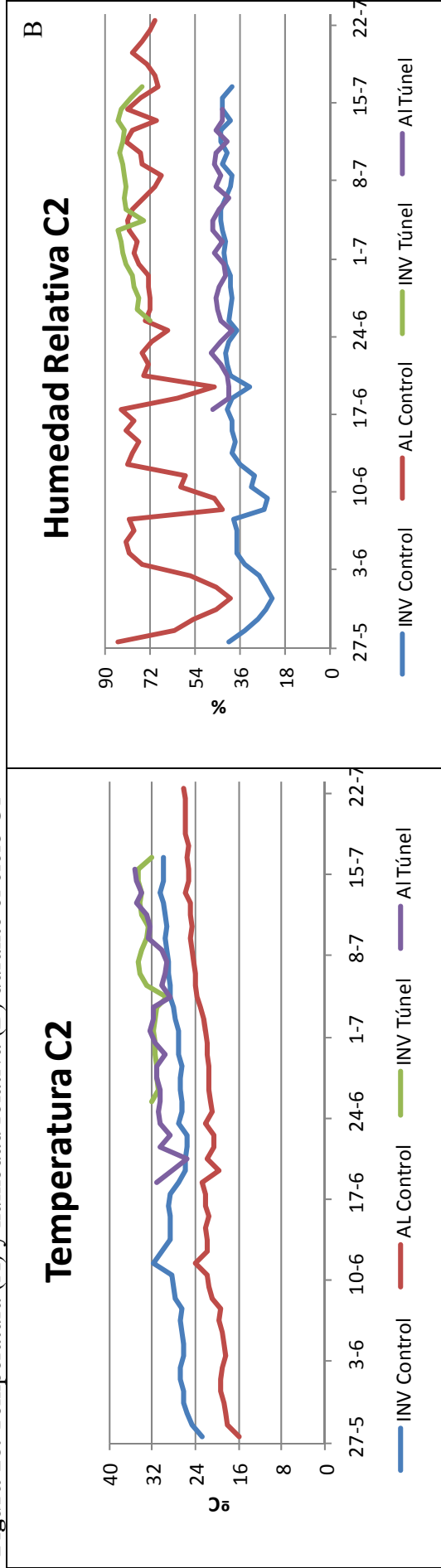


Figura 17. Temperatura (A) y humedad relativa (B) durante el ciclo C2

