



Universidad
de La Laguna

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

Grado de Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

**Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola
(*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con
aportaciones de calcio y boro.**

ABIÁN MANUEL HERRERA HERNÁNDEZ
LA LAGUNA, SEPTIEMBRE 2016

ABIAN HERRERA

**AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO
POR SUS DIRECTORES**

CURSO 2015/2016

DIRECTOR – COORDINADOR: Isidoro Rodríguez Hernández

DIRECTOR: Miguel Corbella Tena

como Director/es/ del alumno Abián Manuel Herrera Hernández en el TFG titulado:

“Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia* L.) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro”. nº de Ref 10.

doy/damos mi/nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho TFG, a la vez que confirmo/confirmamos que el alumno ha cumplido con los objetivos generales y particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y las normas del Reglamento de Régimen Interno para la realización de TFG de la EPSI (Sección Ingeniería Agrícola).

La Laguna, a 1 de septiembre de 2016.

Fdo: Isidoro Rodríguez Hernández

Fdo: Miguel Corbella Tena

**SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJOS FIN DE GRADO DE LA EPSI
(Sección Ingeniería Agrícola)**

ABIAN HERRERA

Agradecimientos

Al finalizar este trabajo fin de grado lleno de dificultades, que hubiese sido imposible sin la aportación y apoyo de personas y entidades que han facilitado, que este trabajo llegue a buen puerto. Por este motivo para mí es un honor compartir estas líneas, expresándoles mis agradecimientos.

En primer lugar, agradecer este trabajo a D. Isidoro Rodríguez Hernández y a D. Miguel Corbella Tena, por haberme orientado en la elaboración del mismo, por su paciencia, su gran disponibilidad, y sobre todo, por la gran cantidad de conocimientos que me han transmitido.

Al Departamento de Edafología y Geología por facilitarme la posibilidad de realizar el presente trabajo.

A D^a María Nieves Hernández Darías por su positivismo, su gran ayuda en laboratorio y conocimientos transmitidos.

A D. Eduardo Antonio Chinaa Correa por su gran ayuda, consejos y orientación del trabajo para que todo fuese correcto.

A D. Fernando Delgado Benítez por sus consejos, ayuda y dedicación.

A D. José Manuel García Armas y a la empresa Mesturados Canarias S. L. por su apoyo y enorme cantidad de conceptos que he aprendido en esta gran experiencia, así como facilidad de medios.

A mis amigos, con los que he compartido estos cuatro años de curso llenos de grandes momentos.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo va para mi familia. Sin su apoyo habría sido imposible, muy especialmente a mis padres, Manuel y Begoña que me han demostrado que con humildad y trabajo tarde o temprano todo llega; a mi hermano Dailos que ha sido un referente para mí; a mi pareja Rocio por su comprensión y paciencia; a mis familiares de Ravelo con los que tanto he aprendido.

ABIAN HERRERA

ABIAN HERRERA

ÍNDICE

ABIAN HERRERA



1. RESUMEN	13
2. INTRODUCCIÓN	17
3. OBJETIVOS	21
4. REVISION BIBLIOGRÁFICA	25
4.1 Generalidades	27
4.1.1 Origen e historia.....	27
4.1.2 Usos y composición.....	27
4.2 Importancia económica	30
4.3 Taxonomía y descripción botánica	34
4.4 Material vegetal	35
4.4.1 Variedades botánicas.....	35
4.4.2 Variedades comerciales o cultivares.....	36
4.5 Ciclos de cultivo	37
4.6 Producción de semillas y mejora genética	38
4.7 Fisiología del cultivo	40
4.8 Exigencias de clima y suelo	42
4.8.1 Clima.....	43
4.8.2 Suelo.....	44
4.9 Preparación del terreno	44
4.10 Siembra y plantación	46
4.11 Labores de cultivo	49
4.11.1 Riego.....	52
4.11.2 Fertilización.....	53
4.11.3 Fertirrigación.....	55
4.12 Recolección y comercialización	56
4.12.1 Recolección.....	56
4.12.2 Post-recolección y conservación.....	57
4.12.3 Comportamiento post-recolección.....	59
4.12.4 Transporte.....	61
4.12.5 Distribución.....	61
4.13 Fisiopatías y accidentes	61
4.13.1 Tip-Burn.....	62
4.13.1.1 Factores implicados en la aparición del Tip-burn.....	64
4.13.2 Subida prematura a flor.....	66
4.14 Carencias minerales y toxicidades	67
4.15 Plagas	69
4.15.1 Pulgones.....	69
4.15.2 Trips.....	70
4.15.3 Larvas de lepidópteros.....	70
4.15.4 Minadores de hoja.....	71
4.15.5 Mosca blanca (<i>Aleyrodidae</i>).....	71
4.15.6 Caracoles y babosas.....	72

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

4.16	Enfermedades	72
4.16.1	Fúngicas.....	72
4.16.2	Bacterianas	76
4.17	Virus y fitoplasma	78
5.	MATERIAL Y MÉTODOS	81
5.1	Trabajo de campo	83
5.1.1	Elaboración de semilleros	83
5.1.2	Diseño experimental	91
5.1.3	Preparación del terreno	93
5.1.4	Sistema de riego	96
5.1.5	Trasplante	98
5.1.6	Labores de cultivo	100
5.1.6.1	Reposición de marras.....	100
5.1.6.2	Fertilización.....	101
5.1.6.3	Tratamientos fitosanitarios.....	102
5.1.7	Aplicaciones foliares de calcio y boro	102
5.1.8	Escaradas	104
5.1.9	Accidentes, fisiopatías, plagas y enfermedades.....	106
5.1.10	Datos climáticos	106
5.2	Trabajo de laboratorio	107
5.2.1	Recolección de muestras para análisis foliar (05/05/2016).....	107
5.2.2	Preparación de las muestras	108
5.2.3	Secado de las muestras	109
5.2.4	Molienda.....	110
5.2.5	Mineralización	113
5.2.6	Determinaciones analíticas.....	115
5.2.6.1	Determinación de Nitrógeno	115
5.2.6.2	Determinación de Fósforo	116
5.2.6.3	Determinación de Potasio	117
5.2.6.4	Determinación de Calcio y Magnesio	117
5.2.6.5	Determinación de Boro.....	118
5.3	Tratamiento informático y estudio estadístico	119
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	121
6.1	Datos climáticos	123
6.2	Presencia de Tip-burn y tratamientos foliares aplicados	124
6.3	Parámetros fisiológicos	127
6.3.1	Producción total	127
6.3.2	Altura planta.....	129
6.4	Incidencia del Tip-burn	130
6.5	Subida a flor prematura	133
6.6	Composición mineral	134
6.6.1	Concentración de nitrógeno en hojas	134
6.6.2	Concentración de fósforo en hojas	136
6.6.3	Concentración de potasio en hojas	138
6.6.4	Concentración de calcio en hojas	139



6.6.5	Concentración de magnesio en hojas	141
6.6.6	Concentración de boro en hojas	143
6.7	Relación entre la concentración foliar de boro y el porcentaje de plantas comercializables.....	145
7.	CONCLUSIONES.....	147
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	153
9.	APÉNDICE	165
9.1	ANOVA y test de separación de medias (Duncan)	167
9.1.1	Peso fresco	167
9.1.2	Peso seco	167
9.1.3	Longitud de la planta.....	168
9.1.4	Porcentaje afección Tip-burn.....	168
9.1.5	Subida a flor prematura	169
9.1.6	Plantas comercializables y no comercializables.....	169
9.1.7	Peso cenizas.....	170
9.1.8	Nitrógeno	171
9.1.9	Fósforo.....	171
9.1.10	Boro.....	171
9.1.11	Magnesio	172
9.1.12	Calcio	173
9.1.13	Extracciones de boro	174
9.1.14	Extracciones de calcio	175
9.2	Análisis de suelo y agua.....	177
9.3	Datos de Temperatura fase de semillero	177
9.4	Datos de Temperatura fase de cultivo	178
9.5	Materias activas autorizadas para escarola	180
9.6	Cuaderno de campo escarola	184
10.	ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS, FOTOS E ILUSTRACIONES	187
10.1	Índice de tablas.....	189
10.2	Índice de gráficos	191
10.3	Índice de fotos	192
10.4	Índice de ilustraciones.....	194

ABIAN HERRERA

ABIAN HERRERA

1. RESUMEN

ABIAN HERRERA



Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Autores: Herrera-Hernández, A. M.; Rodríguez-Hernández I., Corbella Tena, M.

Palabras clave: Tip-burn, escarola (*Cichorium endivia L.*), Ruffec, Cornetto di Bordeaux, determinaciones analíticas, Calcio, Boro, comercializable.

Resumen

Desde hace años en Canarias se ha dejado de cultivar la escarola (*Cichorium endivia L.*) debido a la gran incidencia del Tip-burn, fisiopatía caracterizada por la desecación de los bordes de los limbos foliares, especialmente de las hojas más jóvenes del interior de la planta, que aparece cuando el nivel de calcio es bajo, aunque también se relaciona con otros elementos como son el boro y el manganeso. Este trabajo, se ha decidido realizar, con la finalidad de lograr la corrección de esta fisiopatía mediante las aplicaciones foliares de calcio y boro, además de un mayor conocimiento de las causas y factores que influyen en ella. Se cultivaron las variedades Ruffec y Cornetto di Bordeaux bajo un invernadero tipo túnel de malla situado en la isla de Tenerife, en las instalaciones de La Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (EPSI) (Sección de Ingeniería Agraria) con un diseño experimental de bloques completos al azar, con dos factores (variedad y tratamiento foliar) y tres repeticiones (bloques). Para saber la afección de los tratamientos aplicados a las plantas se procedió a su recolección y análisis en el Laboratorio de Química General y Agrícola de la EPSI (sección de Ingeniería Agraria). Se realizaron las determinaciones analíticas de los elementos: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Boro. Los resultados mostraron que las aplicaciones foliares de calcio-boro favorecieron el aumento de plantas comercializables. Ambas variedades mostraron un similar porcentaje de plantas comercializables. La concentración foliar más elevada en boro corresponde a la aplicación foliar de 150 cc/100L de calcio y 300 cc/100L de boro, y la más baja sin tratar (testigo). En ambas variedades, especialmente Ruffec, existe una estrecha relación entre la concentración de boro y las plantas comercializables. Las aplicaciones de calcio-boro no tuvieron influencia sobre la concentración foliar de nitrógeno, de fósforo o de magnesio. En la variedad Cornetto di Bordeaux existe una relación inversa entre la aplicación foliar calcio-boro y la concentración de calcio, en cambio la variedad Ruffec presenta una relación directa.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Study Tip-burn in two varieties of endive (*Cichorium endive L.*) and its possible correction with calcium and boron contributions

Authors: Herrera-Hernández, A. M.; Rodríguez-Hernández, I., Corbella Tena, M.

Keywords: Tip-burn, endive (*Cichorium endive L.*), Ruffec, Cornetto di Bordeaux, analytical determinations, calcium, boron, salable.

Abstract

For years now in the Canary Islands it has stopped growing escarole (*Cichorium endive L.*) due to the high incidence of Tip-burn, physiopathy characterized by drying the edges of the leaf laminae, especially of the younger leaves inside the plant, which appears when the calcium level is low, although it also relates to other elements such as boron and manganese. This work, it has been decided to make, in order to achieve the correction of this disorder by foliar applications of calcium and boron, as well as a better understanding of the causes and factors that influence it. The Ruffec and Cornetto di Bordeaux varieties under greenhouse tunnel mesh located on the island of Tenerife, in the premises of the Polytechnic School of Engineering (EPSI) (Section of Agricultural Engineering) with an experimental design of complete blocks were grown to random, with two factors (variety and foliar treatment) and three repetitions (blocks). To find out the condition of treatments applied to plants proceeded to the collection and analysis at the Laboratory of General and Agricultural Chemistry of the EPSI (Section of Agricultural Engineering). Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and Boron: analytical determinations of the elements were made. The results showed that foliar applications calcium-boron favored the increase of marketable plants. Both varieties showed a similar percentage of salable plants. The highest foliar boron concentration corresponds to the lowest untreated (control) foliar application of 150 cc/100L calcium and 300 cc/100L of boron, and. In both varieties, especially Ruffec, there is a close relationship between the boron concentration and salable plants. Applications calcium-boron did not affect the foliar concentration of nitrogen, phosphorus or magnesium. In the variety Cornetto di Bordeaux there is an inverse relationship between calcium-boron foliar application and concentration of calcium, whereas the variety Ruffec has a direct relationship.

ABIAN HERRERA

2. INTRODUCCIÓN

ABIAN HERRERA



La escarola (*Cichorium endivia L.*) es una hortaliza muy popular en ciertas regiones de España que se cultiva por sus hojas. Es comparada, desde hace muchos años, con la lechuga con la que comparte además de familia, usos, debido a que se suele consumir fundamentalmente en ensaladas. La escarola en el comercio español es conocida por los nombres de endivia, o achicoria este último no siendo correcto ya que genera confusión. Esta planta solo se encuentra bajo condiciones de cultivo. Mientras que *Cichorium intybus L.* la podemos conocer por varios nombres en el mercado español como: achicoria silvestre, chicoria, camarroya, camarroja, ramaoya. *Cichorium intybus L.* puede cultivarse, aunque también puede ser encontrada en los márgenes de los caminos, bancales abandonados, pastizales vivaces subnitrófilos sobre sustratos algo húmedos, es decir se puede localizar de forma silvestre caso que en el cultivo de la escarola es imposible.

Posee un alto valor vitamínico, considerándose un alimento estimulador del apetito debido a su sabor ligeramente amargo.

Últimamente está adquiriendo una mayor importancia debido a su presencia en diversos productos de la cuarta gama.

Aun así su importancia económica es escasa. En el año 2014, se cultivaron 2.397 ha, con una producción de 58.957 t, especialmente en Cataluña y en la Región de Murcia.

En Canarias, su importancia es aún menor con unas 42 ha y una producción de 850 t, según (Magrama, 2014).

La razón por la que no se cultiva más es fundamentalmente debido a la gran incidencia del Tip-burn, fisiopatía caracterizada por la desecación de los bordes de los limbos foliares, especialmente de las hojas más jóvenes del interior de la planta. Esta fisiopatía se presenta normalmente cuando el cogollo está ya formado (Maroto, 2002). La presencia, desprecia el producto por lo que constituye un grave problema para su comercialización.

Desde hace algún tiempo se investiga para conocer la causa que la provoca y su posible corrección. Se sabe que aparece cuando el nivel de calcio es bajo, en

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

los tejidos de las hojas afectadas. Los factores que influyen pueden ser varios como: Alta temperatura, baja humedad del suelo, presencia de salinidad, etc., aunque no se conoce bien todavía, todas las causas.

Así se encuentran referencia en la bibliografía que dice que probablemente además del bajo nivel en calcio influyen otros elementos como el boro o el manganeso.

Se sabe que el calcio y el boro están muy relacionados, de forma que este último interviene en la absorción y metabolismo del calcio y cuando se altera el equilibrio entre ambos.

Las deficiencias de calcio y boro presentan síntomas parecidos, en diversos cultivos, como es el caso de la lechuga y escarola, causando una reducción del crecimiento, malformación de hojas jóvenes y la formación de zonas ennegrecidas cerca de los márgenes de las hojas, que terminan por necrosar. Estos síntomas conllevan a la muerte del punto de crecimiento.

Los síntomas de deficiencia en boro son los mismos a los de déficit de calcio, a excepción de que la necrosis es más grave próxima a los puntos de crecimiento, mientras que el exceso de boro provoca en las hojas jóvenes un fino margen amarillo en los bordes, y unas manchas grisáceas en las hojas más viejas.

En estudios anteriores como es el de Carrasco (2014) se ha podido observar que las deficiencias en calcio y en boro, en escarola provocan un mayor ataque o afección de Tip-burn.

Por otro lado existe un creciente interés por cultivar escarola, en las Islas, especialmente por aquellas empresas que se dedican a la producción de productos de cuarta gama. Pero se encuentran que a pesar de que es un cultivo sencillo, aparece el Tip-burn, destacando el periodo estival, lo que hace inviable su comercialización, obligando a tener que importar escarola, o ser sustituida por el cultivo de lechuga concretamente por la variedad Apolo que estéticamente es similar pero con un sabor y una textura que no son nada parecidos.

Es por esta razón por lo que se ha planteado este trabajo, intentando conocer un poco más las causas y factores que provocan dicha fisiopatía.

ABIAN HERRERA

3. OBJETIVOS

ABIAN HERRERA



El objetivo del presente trabajo es intentar corregir la fisiopatía conocida como “Tip-burn” en dos cultivares de escarola (*Cichorium endivia L.*) Ruffec y Cornetto di Bordeaux, mediante la aplicación de tratamientos foliares de calcio y boro.

Estudiar el efecto que produce las diferentes aplicaciones de calcio-boro en la escarola, así como sobre su composición mineral.

Determinación de una serie de datos como son peso, rendimiento, temperatura, altura de la planta, fisiopatías (subida prematura de flor, Tip Burn), grado de eficacia del tratamiento y valoración de plantas comercializables.

ABIAN HERRERA

ABIAN HERRERA

ABIAN HERRERA

4. REVISION BIBLIOGRÁFICA

ABIAN HERRERA



4.1 Generalidades

4.1.1 Origen e historia

La escarola es un cultivo muy antiguo, su origen más probable es el Continente Asiático, concretamente de la Península Indostánica, aunque otras fuentes la sitúan en el área mediterránea.

Otras fuentes citan que tanto la endivia como la escarola se les atribuye un origen desconocido pudiendo ser originarias de la Europa mediterránea, Noroeste de África y el Suroeste de Asia. En estas especies se plantean problemas a la hora de diferenciar entre las formas originarias y asilvestradas.

Es una planta conocida por las antiguas civilizaciones egipcia y griega donde se usaban en ensaladas y como verdura cocida. Como en el caso de la lechuga, la escarola también está citada como planta cultivada en los tratados agrícolas clásicos.

Se introdujo en Europa en el siglo XIII y actualmente está muy extendida y es muy común en todo el continente.

En España es un cultivo tradicional pero solo las variedades, de hoja rizada, que se llevan cultivando desde su introducción en Europa, siglo XIII, pero por el contrario el cultivo de las de hojas lisa es un cultivo más moderno, aproximadamente de los años 60, del siglo XX.

4.1.2 Usos y composición.

La escarola es una hortaliza con un elevado contenido vitamínico. Se usa en la elaboración de ensaladas, de forma directa o troceada en las presentaciones de 'cuarta gama'. Es una planta estimuladora del apetito por su sabor amargo, es decir, resulta beneficiosa en caso de pérdida de apetito o anorexia si se toma antes de las comidas. Las sustancias amargas poseen el poder de aumentar la producción de bilis ayudando a la evacuación de la vesícula biliar (efecto colerético y colagogo), por lo que resulta adecuada para consumir en caso de dispepsia o malas digestiones y disfunciones del hígado y la vesícula biliar. En resumen esta hortaliza posee un suave efecto diurético.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Para muchos consumidores sin embargo el amargor no es deseable por lo tanto con el fin de mejorar el sabor, las plantas de escarola se someten a un tratamiento de blanqueo o variedades de blanqueo. Las hojas blanqueadas son crujientes, de color verde-amarillo y tienen un sabor delicado con una ausencia media de amargura.

La escarola es también una fuente de ácido ascórbico, carotenoides y polifenoles, componentes que son valorados por sus propiedades antioxidantes y que a la vez están influenciados por factores genéticos y medioambientales (Aherne y O'Brien, 2002).

Los estudios epidemiológicos han demostrado que la dieta rica en verduras y frutas reduce significativamente la incidencia de enfermedades crónicas tales como cáncer y enfermedades cardiovasculares (Micheletti et al., 2002).

Según Llorach et al. (2008) la variedad de lechuga Lollo Rosso se caracteriza porque contiene un mayor nivel de actividad antioxidante en comparación con otras variedades de lechuga, pero es la escarola la que presenta los niveles más elevados (775,3 mg·100g⁻¹ de la masa fresca, DPPH).

En la tabla 4.1 mostrada a continuación se expone la constitución nutritiva de parte comestible de la escarola de hoja rizada.

En general los cultivares de escarolas poseen un superior contenido en vitamina A y en algunos minerales, que la mayoría de los cultivares de lechuga.



Tabla 4.1. Composición nutritiva de las escarolas de hoja crespa (por 100 g de parte comestible)

Agua	93,1 %
Prótidos	1,7 g
Grasas	0,1 g
Hidratos de C. Totales	4,1 g
Fibra	0,9 g
Cenizas	1,0 g
Calcio	81 mg
Fósforo	54 mg
Hierro	1,7 mg
Sodio	14 mg
Potasio	294 mg
Vitamina A	3.300 UI
Tiamina	0,07 mg
Riboflavina	0,14 mg
Niacina	0,5 mg
Ácido ascórbico	10 mg
Valor energético	20 cal

Fuente. (Watt et al., 1975) (Maroto et al., 2000)

Varias fuentes mencionan que las escarolas de hoja lisa tienen contenidos mayores en vitaminas A y C.

Según Koudela y Petříková (2007) mediante un ensayo realizado en la Facultad de Horticultura en Lednice. Se evaluaron seis cultivares de escarola de ellos: tres cultivares de hoja riza y tres cultivares de hoja lisa. Evaluándose en su recolección la composición nutricional: los niveles de vitamina C, minerales (K, Na, Ca, Mg), clorofila, fibra dietética, seca materia y nitratos. Se observó que los cultivares de *Cichorium endivia L. var. crispum* contenían cantidades significativamente más altas de fibra en la dieta y materia seca que las de *Cichorium endivia L. var. latifolium*. Los niveles de nitrato fueron mayores en las hojas lisas. Los valores de vitamina C y fibra dietética, se observó que varían considerablemente de un año al siguiente pero se puede observar que son más elevados en las escarolas de hojas lisas.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

4.2 Importancia económica

El cultivo de la escarola predomina en la zona occidental de Europa, donde hay producciones significativas tanto de escarola como de endivia.

La evolución de la superficie y de la producción en España en el periodo comprendido entre 2002 y 2012, se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Superficie, rendimiento, producción, precio y valor de la escarola en España

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100kg)	Valor (miles de euros)
2002	2,8	253	71,1	51,4	36.545
2003	2,8	258	72,2	50,62	36.548
2004	3	261	77,1	52,48	40.443
2005	3	265	80,1	53,99	43.243
2006	2,9	253	72,2	55,38	39.977
2007	2,5	253	63,7	55,35	35.250
2008	2,4	258	61,9	49,34	30.535
2009	2,5	250	62,3	45,71	28.477
2010	2,4	250	59,8	54,13	32.371
2011	2,5	243	60,7	50,09	30.423
2012	2,4	246	59	50,1	29.537

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

La superficie ocupada por escarola ha disminuido durante el periodo de 2002 – 2012, estando estos últimos años en equilibrio, como se observa en el gráfico 4.1 se puede observar.

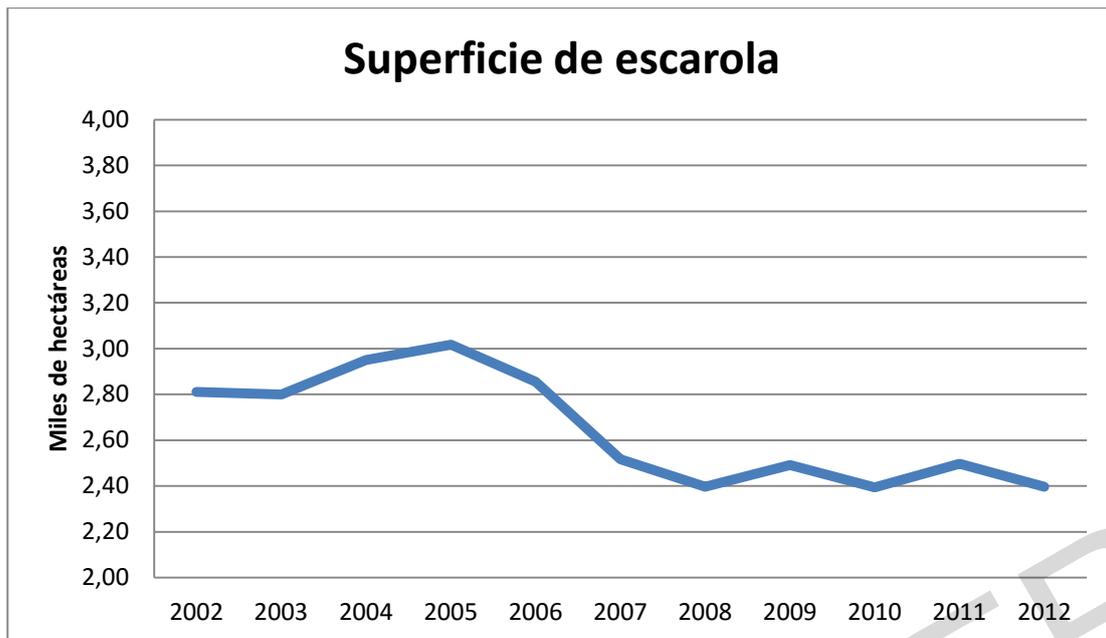


Gráfico 4.1. Evolución de la superficie de la escarola. Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

En el gráfico 4.1 hay una disminución de la superficie cultivada lo que implica una menor producción (Gráfico 4.2) que se traduce en un descenso de miles de toneladas, destacar que hay un pico de producción durante los años 2004 y 2005.



Gráfico 4.2. Evolución de la producción de escarola. Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

El valor de este producto (Gráfico 4.3) ha seguido una evolución similar a la de las anteriores gráficos 4.1 y 4.2. Aunque en este caso se puede apreciar que hay una pequeña evolución en el precio de la escarola en los últimos años de este periodo (2002 – 2012) correspondiente con el año 2010.

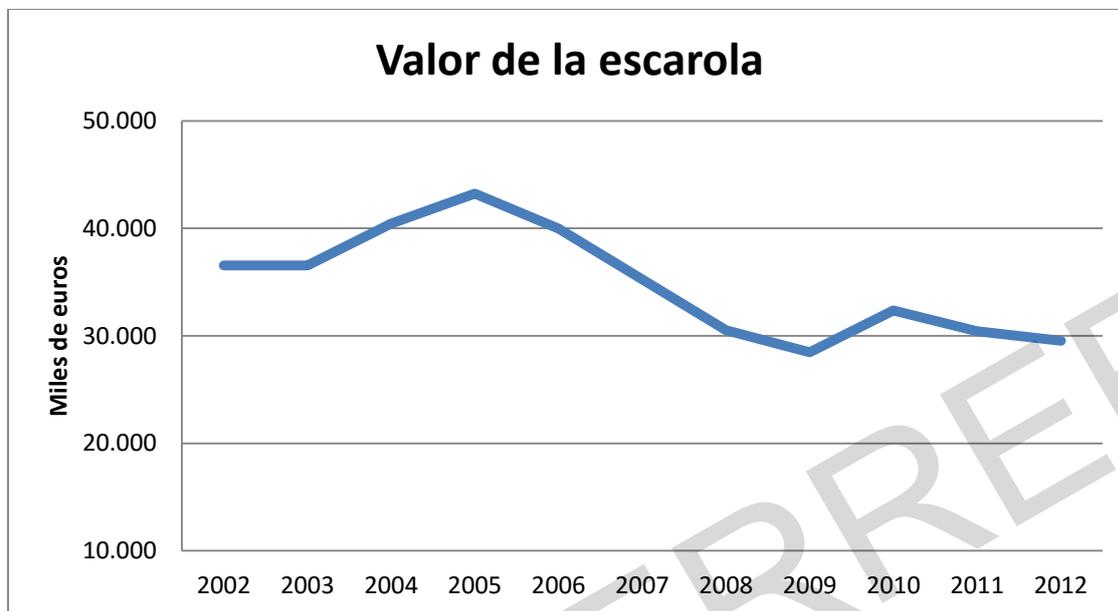


Gráfico 4.3. Evolución del valor de escarola. Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

A modo de resumen el cultivo de la escarola a día de hoy se ha reducido en superficie de cultivo pero la producción sigue teniendo unos niveles aceptables esto se debe a que con el paso del tiempo las mejoras en el manejo haciendo referencia a caracteres técnicos al igual que las mejoras tecnológicas favorecen la producción aumentando el rendimiento de las mismas.

En la tabla 4.3 se puede observar los rendimientos y superficie utilizada tanto de secano como de regadío dividiendo esta última en cultivos en invernadero o al aire libre para cada Comunidad Autónoma con sus respectivas provincias. La Región de Murcia, Cataluña, Andalucía y La Comunidad Valenciana son las principales comunidades autónomas productoras de escarola ordenadas respectivamente. En las islas Canarias en el año 2014 solo se encuentra actividad de este cultivo en Las Palmas de Gran Canaria siendo inexistente en La isla de Tenerife, la superficie total cultivada consta de 42 hectáreas con un rendimiento de 20.238 kg/ha.



Tabla 4.3. Rendimiento y superficie de escarola en las Comunidades Autónomas de España año 2014.

Comunidades Autónomas	Superficie (hectáreas)				Rendimiento (kg/ha)			Producción (toneladas)
	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		
		Aire libre	Protegido			Aire libre	Protegido	
GALICIA	-	-	-	-	-	-	-	-
P. DE ASTURIAS	-	-	-	-	-	-	-	-
CANTABRIA	1	-	-	1	9.000	-	-	9
PAÍS VASCO	8	17	5	30	16.250	24.094	35.200	716
NAVARRA	-	205	20	225	-	28.275	32.450	6.445
LA RIOJA	-	19	1	20	-	25.500	33.000	517
ARAGÓN	-	6	-	6	-	30.000	-	180
CATALUÑA	1	598	-	599	11.731	20.013	-	11.980
BALEARES	-	13	-	13	-	19.450	-	253
CASTILLA Y LEÓN	-	165	1	166	-	27.842	33.000	4.627
MADRID	-	-	-	-	-	-	-	-
CASTILLA-LA MANCHA	-	75	-	75	-	24.000	-	1.800
C. VALENCIANA	1	328	-	329	11.000	27.668	-	9.086
R. DE MURCIA	-	495	-	495	-	25.000	-	12.375
EXTREMADURA	-	-	-	-	-	-	-	-
ANDALUCÍA	-	396	-	396	-	25.553	-	10.119
Las Palmas	-	42	-	42	-	20.238	-	850
S.C. de Tenerife	-	-	-	-	-	-	-	-
CANARIAS	-	42	-	42	-	20.238	-	850
ESPAÑA	11	2.359	27	2.397	14.703	24.546	33.000	58.957

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014).

4.3 Taxonomía y descripción botánica.

La escarola cuyo nombre científico es *Cichorium endivia* L., pertenece a la familia Compositae también llamado Asteraceae. Es una de las familias más grandes de plantas vasculares. En cuanto a morfología y fisiología la escarola es muy similar a la lechuga.

Esta familia comprende más de 1.700 géneros y unas 24.000-30.000 especies distribuidas por todo el mundo, excepto en la Antártida. Las asteráceas se reconocen por su estructura reproductiva, el capítulo donde las flores se disponen en forma sésil sobre un receptáculo ensanchado. Esta familia tiene una gran importancia económica en alimentación, en ornamentación, obtención de insecticidas (piretrinas), medicinas y drogas.

Al género *Cichorium* pertenecen 7–8 especies de plantas anuales o perennes que se utilizan como hortalizas y son de gran importancia económica. Destacan la escarola (*Cichorium endivia* L.) y la endivia (*Cichorium intybus* L.). Las hojas de este género se caracterizan por su sabor amargo.

Este género se caracteriza por:

- Cabezuelas de doble involucreo
- Frutos sin vilano
- Plantas herbáceas con lígulas azules

Además de las dos especies cultivadas *C. endivia* L. y *C. intybus* L., existen cuatro especies silvestres reconocidas:

- *C. bottae*
- *C. calvum*
- *C. pumilum*
- *C. spinosum*



C. bottae y *C. spinosum* se distinguen con facilidad por su forma de crecimiento y ramas terminales espinosas, respectivamente. Las dos especies silvestres restantes son morfológicamente parecidas a las dos especies cultivadas *C. endivia* L. y *C. intybus* L.

Otro carácter morfológico que las diferencia es su ciclo, *C. endivia*, *C. pumilum*, y *C. calvum* son plantas anuales autocompatibles mientras que el resto son plantas perennes autoincompatibles.

La escarola es una planta anual, tiene raíz pivotante que es corta y poco ramificada que puede llegar a los 25 cm de profundidad. El tallo es reducido pero al florecer se prolonga llegando a alturas de 1 metro y superiores dependiendo de la variedad, las hojas forman una roseta que aunque nunca forman un verdadero cogollo, en algunos cultivares de hoja ancha, las hojas centrales están tan comprimidas unas con otras, de manera que no es necesario la utilización de ningún método para blanquear, presentando un cierto grado de blanqueamiento natural.

Posterior a la maduración la escarola emite el tallo floral que se ramifica en capítulos de flores de color azul o amarillo dependiendo de la variedad. Su fruto es un aquenio que suele confundirse como la semilla y que son de mayor tamaño que las de la lechuga.

4.4 Material vegetal

4.4.1 Variedades botánicas

Existen dos variedades distintas dependiendo de la forma de sus hojas (Maroto et al., 2000):

- *Cichorium endivia* L. var. *crispa* L.

Llamadas a veces endibias en castellano o Frisses en francés, cuyas hojas muestran limbos muy fraccionados en segmentos estrechos y rizados con márgenes muy dentados. Estas variedades de hoja rizadas, para blanquearse suelen requerir de técnicas especiales, como el atado, colocación de sombrero, cubiertas, etc.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

- *Cichorium endivia L. var. latifolia L.*

También conocida por el nombre de endibias, se caracteriza porque tiene hojas muy amplias, onduladas y menos dentadas que las anteriores. Los cultivares pertenecientes a esta variedad botánica al igual que sucede en el cultivar anterior pueden autoblanquearse.

4.4.2 Variedades comerciales o cultivares

Los cultivares más utilizados dentro de la variedad son:

- *Cichorium endivia L. var. crispa L.* :

Entre los cultivares de otoño-invierno, pueden citarse los siguientes:

- Cabello de Angel, Rizada del Prat, Despa, Walloonner, etc.

Entre los cultivares de primavera-verano, pueden citarse:

- Rizada doble de verano, Pavia, Fina de verano raza Anjou, Ruffec, etc.

- *Cichorium endivia L. var. latifolia L.* :

Entre los cultivares de otoño-invierno, destacan:

- Corneta de Anjou, Gigante Hortelana, Razasas Maral y Amine, Agora, Full Heart, etc.

Entre los cultivares de primavera-verano, destacan:

- Malan, Gruesa Bouclée, Rizada muy fina de Italia, Corneta de Burdeos, etc.



4.5 Ciclos de cultivo.

En la escarola dependiendo del tipo de variedad que se utilice y de la situación geográfica del cultivo, se pueden constituir distintos ciclos. La duración del cultivo desde la siembra hasta la recolección es de 3 a 4 meses.

- **Ciclo de invierno.**

Las variedades tienen que ser resistentes al frío, debido a que la siembra se realizará sobre los meses de agosto-noviembre. Su recolección es en los meses de diciembre-marzo. Hay que prestar especial atención a las heladas debido a que la escarola al igual que otras hortalizas de hojas como por ejemplo la lechuga es sensible a este fenómeno atmosférico.

- **Ciclo de verano.**

La siembra tiene lugar los meses de abril a mayo y su recolección en los meses de julio a agosto. Al igual que en el ciclo de otoño pero aquí con mayor densidad, las variedades tienen que presentar resistencias al Tip-burn y a la subida prematura a flor.

- **Ciclo de otoño.**

La siembra se realiza los meses de julio-agosto y la recolección tiene lugar en octubre-diciembre. La mayor parte de este ciclo tiene lugar en los meses de verano coincidiendo con las temperaturas más altas, las variedades utilizadas tienen que ser resistentes a fisiopatías como es el Tip-burn y la subida prematura de flor.

- **Ciclo de primavera**

La siembra tiene lugar en los meses de enero y febrero y su recolección es de abril a junio. En este ciclo hay problemas con la subida prematura a flor que suele ser inducida por siembras tardías debido a que la temperatura en este ciclo irá incrementándose por lo que hay que utilizar variedades resistentes a la subida prematura de flor, también puede haber síntomas de Tip-burn por lo que es aconsejable su resistencia.

4.6 Producción de semillas y mejora genética

La escarola (*Cichorium endivia L.*) es una planta autógama cuya floración tiene lugar el primer año de cultivo. La recolección de semillas se realiza antes de llegar a su completa maduración para evitar la dispersión de las mismas y puede ser manual o de forma mecanizada. Una vez recolectadas pasan por un proceso de limpieza y son almacenadas posteriormente en cámara, presentando ésta unas condiciones de baja temperatura y humedad relativa baja.

Si la temperatura es muy elevada superior a 33 °C la concentración de ABA impide la germinación de las semillas, pero con la aplicación conjunta de fluridona (inhibidor de ABA) y ácido gibélico se reduce la concentración permitiendo una correcta germinación (Gonai et al., 2004).

La aplicación, en la fase de floración y producción de semilla, de ácido gibélico induce una rápida floración y aumentan el tamaño floral. La aplicación de CCC (clormecuat clorhídrico) aumenta el rendimiento en semilla y el número de ramas florales por planta. Hay que tener cuidado con la concentración de CCC ya que a valores superiores a 500 ppm promueve una mejora del tallo floral pero un menor rendimiento en el número de semillas (Passam et al., 2008).

Según Gray (1976), el porcentaje de germinación en escarola en condiciones normales de siembra es de al menos un 76%, aunque lo normal es que llegue al 99% cuando la temperatura del invernadero está en unos valores de 5-25 °C. A temperaturas superiores a 30°C. se reduce el porcentaje de germinación hasta en un 12% llegando a no germinar a temperaturas de 35°C.

La temperatura ideal para la germinación es de 20 °C. El periodo de germinación suele oscilar entre 5 y 10 días, siempre dependiendo de las condiciones de temperatura. A valores más bajos mayor tiempo de germinación. Este tiempo de germinación va disminuyendo en cuanto se incrementa la temperatura siempre y cuando no sobrepase los 25°C (Gray, 1976).



Un primer paso en el procedimiento de mejora, es el de establecer las características que debe presentar una nueva variedad que será similar a la existente pero que presente unas nuevas resistencias, nuevo tipo de fruto, mayor tolerancia al Tip-burn, etc. En este conocimiento la función del mejorador se encamina hacia el logro de variedades que satisfagan un objetivo general tan fácil de describir como delicado de conseguir como es que sean comercialmente valiosas.

Los receptores de las semillas se pueden clasificar en tres grupos:

1. El agricultor que busca la obtención de caracteres como mayor resistencia a patógenos, tolerancia a estrés abiótico o adaptación a las condiciones de cultivo.
2. El mayorista o distribuidor que demanda cualidades que faciliten la cadena de distribución como una mejora de la conservación.
3. El consumidor que busca productos con superior calidad de fruto o incluso modernos caracteres de aspecto o de composición química.

Estas propiedades no deben ser contradictorias y se pretenderá agradar al conjunto de los tres receptores.

El procedimiento común, adecuado a diferentes configuraciones de producción de las plantas es lo que se denomina “Métodos de Mejoramiento”. Todos los métodos poseen como objetivo seleccionar los mejores genotipos dentro de una población, o crear genotipos nuevos con características previamente definidas.

Todos los métodos están diseñados para conseguir en mayor o menor grado:

1. Creación de semilla cuya descendencia reproduzca el genotipo deseado.
2. Hacer máximo uso de la variabilidad genética presente en la población seleccionada.
3. Crear mayor variabilidad genética, a través de la hibridación y recombinación, obteniendo nuevos genotipos.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

4. Evaluar la descendencia para definir el genotipo.
5. Ejercer control del mecanismo de floración y polinización.
6. Controlar el efecto del ambiente, de la interacción genotipo con ambiente y del error experimental, para mejorar la heredabilidad.

El objetivo general de las líneas de investigación en el cultivo de la escarola van dirigidas a buscar variedades resistentes a subida a flor y a Tip-burn.

En este campo se han logrado importantes mejoras, pero solo se ha llegado a conseguir, en determinadas variedades un grado de tolerancia a estas fisiopatías.

Otro de los principales objetivos en la mejora genética en escarola es la introducción de genes de resistencia a mildiu (*Bremia lactucae*), pero resulta bastante difícil, debido a que se han identificado numerosas razas distintas de mildiu frente a algunas de las cuales hay algunas variedades que ofrecen una cierta resistencia.

En resumen la mejora genética es imprescindible a la hora de obtener nuevas líneas con características optimizadas que influyan en un mejor aprovechamiento de los recursos. La variabilidad genética de la mayoría de caracteres estudiados es de gran importancia para la mejora del cultivo.

4.7 Fisiología del cultivo

Las fases de desarrollo de la escarola son muy semejantes a las de la lechuga, pero los genotipos de las escarolas tienen un carácter bianual más pronunciado. El proceso de floración está más separado en el tiempo de la fase de constitución de los pseudocogollos de hojas.

La roseta de hojas de la escarola no forma un verdadero cogollo foliar por ello hay que someterla, en diversas variedades, a una serie de procedimientos para la obtención de un blanqueado.



Desde un punto de vista agronómico se puede diferenciar tres fases en el ciclo de cultivo de la escarola:

1. Fase de formación de una roseta de hojas
2. Fase de formación, con tendencia al acogollamiento pero sin llegar a este.
3. Fase reproductiva o de emisión de un tallo floral.

Según Rappaport y Sachs (1976) el periodo de latencia que presenta la escarola puede prolongarse hasta dos meses tras la recolección. Este sin embargo puede ser acortado por varios procedimientos como es la utilización de luz roja, tratamientos térmicos, oxigenación, aplicación de giberlinas, tiourea o citoquininas, etc. (Maroto, 2002).

Numerosos autores llegan a la conclusión que el rango de temperaturas óptimo para la germinación se sitúa entre los valores 18-21°C. Según Gray (1976) 20 °C. También, con temperaturas de medias a bajas la germinación ocurre normalmente, requiriendo un mínimo de 1,6 °C y hasta una temperatura máxima de 29,4 °C. La escarola son más tolerantes a las bajas temperaturas que la lechuga.

La temperatura del suelo superior a 30 °C inhibe el proceso de germinación entrando la semilla en termodormancia.

La viabilidad de la semilla está entorno a los 5 años si esta es almacenada a bajas temperaturas rondando los 0 °C y presentando una humedad inferior a 7%. Si este no es el ambiente en el que va a ser almacenada la semilla su viabilidad es inferior, además de presentar síntomas de mal almacenamiento como pueden ser, germinación lenta y bajo porcentaje, plántulas con malformaciones, presencia de necrosis o coloración roja de los cotiledones.

Es tolerable a bajas temperaturas, soportando hasta - 6 °C, en variedades de invierno, aunque no durante mucho tiempo y a altas, 27-30 °C, aunque las hojas tienden a alargarse.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

En condiciones ambientales adecuadas tiene lugar la elongación del tallo y ramificado del mismo obteniendo el escapo ramificado en capítulos terminales. La escarola es vernalizante facultativa floreciendo en fotoperiodos largos. Este proceso puede tener lugar desde un rango de temperaturas bastante amplio (0-4-17 °C), durante 3-4 semanas, pudiendo sustituirse la vernalización con tratamientos a más de 20 °C (Rappaport y Sachs, 1976).

Como se ha dicho anteriormente, la escarola es una planta de día largo por lo que hay que prestarle atención a la subida de flor que se producirá una vez esta haya alcanzado las horas de luz necesarias. Por esta razón en verano se limita la producción debido a que en esta época se produce la subida de flor precoz de ahí su aumento de precio en el mercado los meses de verano.

Sin embargo autores como (Thompson y Kelly, 1957) dicen que el fotoperiodo no tiene efecto sobre la subida a flor prematura que según ellos solo se produce como consecuencia de altas temperaturas.

Otros estudios por el contrario verifican que los fotoperiodos largos tiene un papel principal en la floración de la escarola y las altas temperaturas pueden no suponer un factor determinante en la floración, existiendo un rango de respuestas al fotoperiodo mediatizadas por series genéticas en dominancia incompleta y distintos grados de fortaleza (Waycott, 1995).

Según Ryder y Milligan (2005), mediante la realización de estudios determinaron el comportamiento genético relacionado con la subida a flor prematura en lechuga, cultivo que se asemeja a la escarola. Llegaron a la conclusión de que existen alelos dominantes que en ciertos cruces de cultivares pueden disminuir el tiempo de floración hasta 7 días.

4.8 Exigencias de clima y suelo.

Sus exigencias en clima y suelo son semejantes a las de la lechuga (*Lactuca sativa*), pero las escarolas (*Cichorium endivia L.*) son algo más tolerantes a la acidez e incluso a las bajas temperaturas, estando esta mayor resistencia a las bajas temperaturas más relacionadas al cultivar y refiriéndose a las condiciones de invierno templado características del área mediterránea y no al cultivo en zonas de inviernos más fríos, en las que a nivel global, las escarolas se



mostrarían más sensibles al frío que las lechugas (Laumonier, 1963). En condiciones normales se dice que los *cultivares* de escarola de hoja ancha son más rústicos que los cultivares de hoja dividida.

4.8.1 Clima

La escarola es una planta de clima templado que se desarrolla en óptimas condiciones a unas temperaturas entre 16-20 °C. Destacar que un cambio brusco de temperatura puede provocar subida prematura de flor, Tip-burn y aumento del amargor en las hojas más tiernas. Por el contrario si la temperatura es baja provoca quemaduras en las hojas más tiernas y dificulta su crecimiento. Las temperaturas críticas son 30 °C y - 6 °C (Maroto, 2002).

La temperatura tiene un papel imprescindible en el crecimiento de la planta en su intensidad y en la duración del ciclo de cultivo.

La temperatura óptima para la germinación se encuentra entre 18-20 °C. En el cultivo en su fase de crecimiento se requieren entre 14-18 °C durante el día y 5-8 °C durante la noche.

En el suelo la temperatura no debe descender de 8 °C ya que afectarán gravemente a la raíz y aquí se trasladarán a otras partes de la planta efectos dañinos.

En el desarrollo y crecimiento la escarola requiere una diferencia de temperaturas entre día y la noche, siendo para el día los valores óptimos entre 14-18 °C y para la noche entre 5-8 °C.

Según Maroto (2002), la temperatura durante la fase de floración y acogollado más bajas que durante la fase de crecimiento del cultivo con unos valores ideales de 12 °C durante el día y entre 3-5 °C durante la noche.

Según Laumonier (1963), la hipotética mayor resistencia, que presenta, a bajas temperaturas que la lechuga, estaría ligada al cultivar y referida a las condiciones de invierno templado propias del cultivo del área mediterránea y en ningún caso al cultivo de en zonas de inviernos fríos en las que a nivel global, las escarolas se mostrarían más sensibles al frío que la lechugas.

4.8.2 Suelo

El suelo que es apto para el crecimiento de la lechuga lo es para el desarrollo de la escarola, incluso ésta es menos exigente. Las características de este suelo serán: suelo franco, fresco, con gran contenido en materia orgánica y con un buen drenaje, aunque es una hortaliza que se adapta a suelos muy diferentes. Al igual que la lechuga, la escarola es una planta muy sensible a la sequía debido a poseer un sistema radicular fasciculado de pequeño tamaño en comparación con su parte aérea y que es medianamente superficial, eso obliga a tener húmedo los bulbos, que se forman en el suelo mediante la aplicación del riego, para un desarrollo adecuado de la planta.

Requiere una textura entre franca y franco-arenosa. En ciclos primaverales la textura optima es arena o similar debido a que aprovechan mejor las altas temperaturas, al igual que en plantaciones de temperaturas más elevadas es aconsejable suelos con mayor contenido de materia orgánica para mayor retención de agua, mientras que en ciclos otoñales suelos francos debido a que retienen mejor el calor.

Según Sobrino y Sobrino (1994), la disponibilidad de humedad en el suelo por parte de las plantas de escarola debe ser muy regular, sin desequilibrios, pues dan lugar a desarrollos anormales.

El pH ideal para el cultivo de la escarola está entre los valores de 6,8 y 7,4. Destacar que la escarola se desarrolla mejor en suelos ácidos que la lechuga.

4.9 Preparación del terreno

Como todo cultivo para la obtención de una buena cosecha requiere de un buen estado del suelo, es la principal condición. Un suelo de características esponjosas y perfectamente trabajado posibilita la absorción del abono además de suministrar aireación a los microorganismos del suelo.

Para la obtención de un gran rendimiento en el cultivo de la escarola, en un mínimo de tiempo, deben realizarse diferentes labores para que el suelo presente unas buenas características.



La aportación del abono y del agua es más eficaz en suelos bien preparados además de permitir una mejor circulación del aire y de los abonos disueltos en el agua.

El drenaje y el marco empleado son factores muy importante a tener en cuenta debido que desempeña un papel imprescindible en el cultivo de la escarola, debido a que es un cultivo con sensibilidad a la asfixia radicular (Miguel, 1987).

A la hora de la siembra la escarola se tiene que ser consciente que es una planta con alta sensibilidad a los encharcamientos, por lo que la primera labor en cuanto a la preparación del terreno será la identificación de posibles zonas con encharcamiento para proceder a su eliminación y en el caso de la utilización de riegos por surcos el terreno tiene que estar correctamente nivelado para eludir la falta de uniformidad en el desarrollo de las plantas por superabundancia o escasez de humedad en el suelo.

En la preparación del suelo hay que realizar una labor profunda de vertedera o subsolado, con el objetivo de mejorar el drenaje. Es recomendable realizarlo en épocas secas y en un periodo de tiempo de cada 5 años dependiendo de las características del suelo. El siguiente paso es la realización de labores de cultivador, gradas o fresadora para la obtención de un terreno correctamente mullido, llano y desmenuzado.

Para concluir tendrá lugar el asurcado o abancalado, según vaya a realizarse el trasplante en líneas simples o dobles, en caso de que sea doble la encaballoradora, que tiene la capacidad de formación de diversos bancos a la vez, ejecutará el marcado donde irán ubicadas las plantas. En el caso del riego localizado, se realizará un pequeño surco donde irá alojada la línea porta goteros.

Según Sobrino y Sobrino (1994) si la siembra se realiza en llano se hacen las tablas del tamaño apropiado para el riego, separándolas por caballones. Si por el contrario se prefiere la siembra en caballones, la formación de éstos debe ser 50-60 cm. Este último sistema es el más adecuado debido a que las enfermedades en la raíz disminuyen.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Un proceso muy importante en los cultivos hortícolas es la desinfección de suelo debido a que estos se llenan de plagas y enfermedades que reducen el rendimiento del cultivo. Para combatir estos métodos se pueden usar tratamientos químicos pero no son los adecuados en este cultivo debido a que es un cultivo muy sensible a la acumulación de sustancias por vía foliar. Por lo que se recomienda las técnicas de solarización y desinfección con vapor de agua.

Es recomendable la alternancia de cultivos combinando la lechuga o escarola después de leguminosas, cereales o barbechos. Según (Messiaen, 1967) no es recomendable su cultivo tras otras escarolas, lechugas, etc. Es recomendable como cultivo anterior a la siembra tomates, pimiento, berenjena, pepinos, melones, etc. Varios autores destacan el brócoli debido a que tiene un efecto beneficioso en la lucha contra *Sclerotinia minor* reduciendo los esclerocios del hongo en el suelo.

4.10 Siembra y plantación

La siembra de la escarola tradicionalmente se realiza en semilleros para su posterior trasplante, es decir, el sistema de siembra más común es mediante bandejas de poliestireno, esto es en España en cambio en USA se realiza la siembra directa de forma habitual

Normalmente en España los semilleros suelen estar ubicados en el interior de un invernadero presentando una serie de características que se verán a continuación.

Desde el semillero es recomendable la aplicación productos ya que la base de un cultivo sano es la prevención. En la tabla 4.4 hay un ejemplo de los tratamientos que reciben las plantas en semilleros en una empresa de Tenerife dedicada a la cuarta gama.



Tabla 4.4. Tratamiento semillero de escarola en la empresa Mesturados Canarias S. L.

Materia activa	Motivo
Propamocarb 53% + Fosetil 31%	Botrytis
Spinosad 48%	Trips
Deltrametrin 1,5 %	Orugas

Fuente: Mesturados Canarias S. L. (2016)

Mesturados Canarias S. L. es una empresa de la Isla de Tenerife dedicada a la producción de hortalizas para la fabricación de IV gama, cuyo único cliente es Mercadona.

La siembra en semilleros se realiza en reducidos tablares mediante voleo con una dosis aproximada de 1-3 g/m² que corresponden con un total de 300-600 plantas/m².

Últimamente con la mejora de la semilla está cobrando mayor importancia la siembra directa, que es poco utilizada aún en España. Se suele realizar con semilla pildorada a golpe con la utilización de 2-3 kg semilla/ha. También se recomienda la siembra de precisión, este tipo de siembra, se emplea aproximadamente de 12-17 semillas/m², con un posterior aclareo.

En condiciones de alta temperatura se utiliza el <priming> o aplicación del primer riego durante las últimas horas del día para favorecer la germinación, iniciándose ésta durante la noche cuando la temperatura es inferior.

El momento ideal para la realización de la siembra dependerá del ciclo de producción que se quiera llevar. Para la obtención de producciones en otoño la siembra se realizará entre los meses de mayo-junio y para las invernales tendrá lugar entre los meses de julio-septiembre. Estas producciones en los meses invernales son las destinadas a la exportación.

Para producciones primaverales se deberá realizar la siembra durante enero-febrero y los semilleros deben estar resguardados (Maroto, 2002).

Las bandejas utilizadas en el invernadero durante la fase de semillero suelen ser bandejas de poliestireno plastificadas de 260 alveolos. La incubación se

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

produce durante un tiempo aproximado de 36-49 horas si la temperatura se encuentra en los valores óptimos en esta fase, 20-25 °C son ideales para el proceso germinativo. Si el rango de temperaturas es el adecuado no tiene por qué producirse termolactancia. El siguiente paso es la adaptación de la planta para su trasplante posterior al exterior por lo que las bandejas se depositarán bajo protección o invernaderos más ligeros. Estas protecciones tienen que llevar mallas anti-trips previniendo así la trasmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV). El tiempo de las plantas en el invernadero suele oscilar entre 4-6 semanas.

El trasplante de las escarolas suele realizarse de forma manual pero en estos últimos años ha ido creciendo la utilización de trasplantadoras que se adaptan a toda clase de parcelas.

Según Maroto (2002) las plantas están preparadas para su trasplante al terreno cuando éstas tienen entre 6-8 hojas. Se trasplanta a raíz desnuda, como se ha comentado en la preparación del terreno. Este debe estar llano o presentando surcos con una distancia entre ellos de 0,25-0,40 m y distanciadas entre ellas entre 0,25-0,3 m dependiendo de la densidad de plantación.

Las densidades de plantación son variables, dependiendo del tipo de variedad, el tipo de plantación y muy importante la fecha en la que se cultive. En plantaciones primaverales se usan mayores densidades por lo que se utiliza un marco de plantación más estrecho y se utilizan variedades de menor crecimiento. En estas condiciones el peso medio de la escarola es superior lo que implica mayor rendimiento que en plantaciones invernales-otoñales, donde hay menor densidad utilizando marcos de plantación más amplios intentando: Prevenir excesos de humedad, mayor incidencia luminosa, etc.

El cultivo en invernadero se hace con mayores densidades de plantación llegando a utilizarse entre 8-14 plantas/m², dependiendo del sistema de cultivo empleado (Maroto, 2002).



4.11 Labores de cultivo

Se aplican varias técnicas y labores para mejorar el rendimiento en la escarola que se describen a continuación:

- **Blanqueado**

Es una técnica que se aplica a la escarola y consiste en privar a la planta de luz mediante un capucho o laminas plásticas que permiten obtener las hojas con un sabor amargo menor. También puede emplearse el atado utilizando diversos métodos como por ejemplo una cinta elástica. El tapado se hace con polietileno de color blanco. Este gorro posee unas estructuras metálicas que hace de soporte del mismo mediante su anclaje al suelo. A la escarola, los últimos días se le somete a un blanqueado de duración aproximada 10 días, por lo que hay que realizarle un seguimiento a la planta para saber el momento exacto en el que se realiza dicho blanqueado.

Otro método de blanqueado es la utilización de láminas plásticas. Son del mismo material que el gorro pero en este caso presenta una coloración negra, pero es recomendable una coloración blanco/negro eludiendo así las posibles quemaduras en las hojas. Este proceso lleva una serie de ventajas que son:

- Eliminación de escardas, la mala hierba en caso de la utilización de túnel no tiene lugar
- Blanqueo completo, abarca más superficie de la planta y intensidad.
- Adelantamiento del ciclo aproximadamente dos semanas debido al aumento de temperatura en el interior del túnel.
- Eliminación del peligro por heladas.
- Ahorro en mano de obra debido a que no es necesario realizar el atado que es otra forma de blanquear.
- Menos riegos, debido a que en el interior del túnel en caso de usarlo la evaporación disminuye y el vapor de agua se condensa al entrar en contacto con la lámina plástica.

- **Binas y aporcados**

Las binas son labores superficiales que tienen por finalidad descostrar el suelo y de paso eliminar la malas hierbas. Deben de realizarse tantas como sean necesarias a lo largo del ciclo de cultivo. El aporcado en caso de siembra directa, esta labor debe realizarse a las 2 ó 3 semanas de la nascencia dependiendo del tamaño de las plantas. Normalmente se realiza cuando las plantas tienen 8-10 hojas, se eliminan algunas de las malas hierbas. La función del aporcado es que las escarolas se pongan más tiernas y blancas mediante la cubrición de las plantas con tierra.

- **Acolchado**

Se utilizan para eliminar el problema de las malas hierbas y es una alternativa a los herbicidas, aunque también se evita en parte que se ensucien con salpicaduras de tierra y además influye sobre los factores del suelo como:

- La humedad, se consiguen beneficios importantes en la economía del agua debido a que evita la evaporación de la superficie del suelo reteniendo el agua para una mayor disponibilidad del cultivo. En la lechuga cultivo similar a la escarola, requiere una humedad de suelo de un 60% aprovechable en los primeros 12 cm de suelo. Dicha humedad se consigue con la mitad de la dosis de agua en comparación a un suelo desnudo.
- Temperatura, aumenta en el suelo en las zonas de clima templado o frío, mejorando el desarrollo de varias especies. Debido a que ésta afecta a nivel radicular, sobre la absorción de agua y nutrientes, aunque también afecta a características como precocidad, rendimiento, calidad de la cosecha, etc. La técnica más empleada en la actualidad para un aumento de la temperatura en suelo es las coberturas plásticas. Dependiendo de la temperatura que se desee en el suelo del cultivo se escogerá el color del polietileno de la cubierta.
- Adelantos de las fechas de siembra. Mediante la aplicación del acolchado se puede alcanzar la temperatura óptima del suelo que nos



permitirá un mayor porcentaje de germinación de semillas y eso lleva una mayor precocidad.

- Malas hierbas. En función del color del polietileno, crecerán estas o no. El polietileno transparente permite el máximo crecimiento mientras que el negro, al no dejar pasar la luz evita el total desarrollo de las hierbas. Los colores intermedios, gris o verde permiten un desarrollo parcial de las hierbas.
- Estructura del suelo, mejora considerablemente con la aplicación del acolchado debido a que se crea unas condiciones idóneas para el crecimiento de las raíces siendo estas más numerosas en superficie y no en profundidad. El acolchado protege al suelo de los impactos de la lluvia, es decir, lo protege frente a la erosión.
- Fertilidad del suelo. El aumento de la temperatura implica un aumento de la flora microbiana incrementando así el proceso de nitrificación.
- Calidad de la planta, evitando que ésta esté en contacto con el suelo.

- **Reposición de mallas**

Finalizado el trasplante siempre hay una posibilidad de que algunas plantas mueran debido a diversos factores, aunque el principal motivo es el descalzado de la misma planta o una plantación demasiado profunda. Se suele reponer pasado unos diez días aproximadamente del trasplante.

- **Aclareo**

Se suele realizar en siembra directa, y consiste en eliminar el exceso de plantas dejando una por golpe respetando el marco de plantación. Es una labor importante, sino las plantas competirán unas con otras por la luz y el agua, y en caso de no realizar esta labor no se llegaría al desarrollo óptimo.

4.11.1 Riego

El conocer la dosis de agua que requiere un cultivo para su crecimiento óptimo, se considera un dato imprescindible para el establecimiento del programa de riego del cultivo.

La dosis de riego, se debe ajustar a las características de suelo y profundidad radicular para conseguir una alta eficiencia del agua de riego. Dosis bajas no humedece la profundidad radicular de las plantas y dosis en exceso provocan pérdidas de nutrientes por infiltración fuera del alcance radicular.

En la escarola, como en todo cultivo, es recomendable regar por la mañana o a última hora de la tarde, para evitar contrastes de temperaturas entre el agua y el suelo.

En los riegos diarios o casi diarios, que es el caso de la escarola cultivada en periodos de temperaturas elevadas, existe una mejor correlación entre los rendimientos y la salinidad de la zona radicular, ponderada con la extracción correspondiente de agua. (Carrasco, 2014).

Tras el trasplante en sistema de riego por goteo se realiza dos riegos largos con la finalidad de que el cepellón se humedezca y facilite el desarrollo de las raíces, de lo contrario si no recibe la humedad adecuada no tendrá el rendimiento óptimo, incluso puede llegar a la pérdida de la planta si las temperaturas son elevadas. Antes del trasplante hay que realizar un riego con el objetivo de marcar el bulbo en el suelo para la correcta colocación de la planta.

Los primeros riegos deben ser largos, la duración depende de las condiciones climáticas y edafológicas. A la tercera semana de trasplantada debido al escaso desarrollo del sistema radicular en comparación con la parte aérea que presenta la escarola, es aconsejable realizar una estrategia de déficit de riego para que esta busque agua y nutrientes en profundidad, forzando el crecimiento de sus raíces. Es recomendable realizar este proceso entre la tercera y quinta semana de cultivo. A partir de la quinta semana se procederá a riegos más frecuentes para facilitar el aumento de peso y tamaño de la planta (Mesturados Canarias S. L., 2016).



Las necesidades de agua en el cultivo de la escarola son muy variables debido a que dependen de una serie de factores como: condiciones climáticas, características del suelo, condiciones del cultivo, etc.

Sylvie et al. (2008) realizó un experimento donde aplicó riego por aspersión de forma intermitente cuando la temperatura en el suelo era superior a 28° C y aplicación de calcio foliar frente a un testigo para ver el comportamiento de la escarola que es altamente tolerante al Tip-burn, llegó a la conclusión de que el riego por aspersión en altas temperaturas disminuye significativamente la incidencia del Tip-burn debido a que el riego por aspersión reduce la temperatura del aire notablemente. Por lo que el riego es un factor a tener en cuenta en épocas de alta temperatura para reducir los síntomas de esta fisiopatía.

4.11.2 Fertilización

La escarola es un cultivo caracterizado por un ciclo vegetativo corto y un sistema radicular de escaso desarrollo, además de ser sensible a la acidez del suelo, siendo el adecuado para su desarrollo óptimo el de textura franco-arcillosa.

La cantidad de nutrientes absorbidos por la escarola dependen del contenido en biomasa sintetizada en los distintos órganos de la planta. Por eso estas extracciones dependen de varios factores como variedad, tipo de suelo, riqueza, etc., destacando un papel principal las técnicas de cultivo.

La reiterada absorción de nutrientes por las raíces produce un creciente empobrecimiento de las características del suelo de ahí que sea imprescindible la aplicación de fertilizantes vía suelo o vía foliar.

Una de las posibilidades de fertilización tipo por ha puede tener la siguiente composición:

- 20-25 t/ha de estiércol bien hecho.
- 40-60 UF de nitrógeno.
- 50-60 UF de P₂O₅.
- 100-120 UF de K₂O.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

La insuficiencia de uno de los elementos provocará de inmediato un bajo rendimiento en el cultivo, por lo que siempre hay que buscar el equilibrio en la fertilización.

Según Santamaría y Elía (1997) el nitrógeno debe aplicarse de forma fraccionada en dos aportaciones de similar cuantía, la primera de fondo, en forma amoniacal, unido a las demás fertilización, y la segunda de cobertera en forma nítrica cuando el cultivo este en la mitad de su ciclo.

La carencia de nitrógeno puede generar disminución en crecimiento de la planta, mientras que el exceso genera mayor sensibilidad al ataque de hongos como botrytis.

La aplicación de nitrógeno en zonas calurosas es más baja (20-30 kg N/ha) que en zonas frías debido a que el ritmo de mineralización es más bajo en zonas frías.

El riego por goteo al tener mayor eficiencia reduce la dosis de nitrógeno en un 20-30 %.

El fósforo tiene un papel imprescindible en la escarola en los procesos de metabolismo y en lo que hay intercambio de energía, como la fotosíntesis, degradación de carbohidratos, etc., activando el desarrollo radicular. La deficiencia provoca coloración verde oscura y poco desarrollo.

El potasio actúa en el transporte de los carbohidratos, una planta bien provisionada de potasio tiene mayor resistencia frente a condiciones adversas como pueden ser frío, plagas, enfermedades, sequía, etc.

Las deficiencias de este elemento son hojas gruesas con necrosamientos en los bordes afectando en ocasiones a los nervios, no acogollamiento, raíces con poco desarrollo.

El magnesio tiene como elementos antagonistas al potasio y al calcio. Sus deficiencias producen clorosis internervial y marginal de las hojas empezando por las hojas más viejas.



En hidroponía se ha visto que la planta es capaz de asimilar bien el N en forma amoniacal con lo cual se evita la posible acumulación de nitratos en hojas (Santamaría y Elía, 1997).

4.11.3 Fertirrigación

El sistema de fertirrigación es el método más razonable para la aplicación de la fertilización optimizada, además de respetar dentro de la denominada Agricultura Sostenible el medio ambiente.

En la actualidad en las explotaciones más modernas y tecnificadas destinadas a la comercialización de hortalizas como la escarola y la lechuga, toma mucha importancia la fertirrigación.

Con este sistema, los abonos empleados pueden ser tanto sólidos cristalinos como líquidos. Dentro del grupo de abonos sólidos cristalinos se encuentran abonos clásicos (N, P, K), nitratos, fosfato monoamónico, sulfato de magnesio, etc. En la aplicación del abonado debe realizarse un número elevado de riegos. Es conveniente abonar en cada riego así evitando problemas derivados de la salinidad de la solución nutritiva ó de los desequilibrios nutritivos.

El uso de abonos simples que no pueden mezclarse debe de emplearse en riegos diferentes, de lo contrario reaccionarán entre sí provocando obturaciones en goteros por la formación de precipitados. Lo más útil es usar abonos complejos para evitar inconvenientes de incompatibilidad.

La aplicación de elementos como Ca o Mg hay estudios que reflejan: las aguas que lleven disoluciones como mínimo de 1,5 meq/L de Ca y 1 meq/L de Mg aportan la suficiente cantidad de estos elementos para recompensar la absorción (Rincón, 2008).

En la aportación de nitrógenos como se comentó en la fertilización es preferible la mezcla de fertilizantes nítricos y amoniacales en vez de usarlos independientemente.

4.12 Recolección y comercialización

4.12.1 Recolección

La recolección de la escarola puede realizarse de diferentes maneras desde manual a sistemas mecanizados.

La escarola se recolecta una vez alcanzado su tamaño y características apropiadas para su comercialización y consumo. Se debe tener en cuenta que si se pasa el periodo de recolección y tiene lugar la emisión del tallo floral aunque este no sea visible, hace que la planta no sea comerciable debido a su sabor amargo que produce en las hojas.

El ciclo de la escarola oscila entre valores de 80-120 días dependiendo de varios factores, como es el corte debido a que este puede ampliarse más o menos dependiendo del peso que se quiera para la planta que viene marcado por el consumidor. Comparado con el ciclo de la lechuga, es de ciclo largo.

La precisión del momento óptimo de recolección es de indispensable importancia para que el producto adquiera las características deseadas para su posterior comercialización y consumo. En este momento juega un papel importante las características climáticas y labores realizadas en el cultivo.

Según Gracia y Martín (1983) se han desarrollado técnicas para el análisis del índice de madurez admitiendo una interpretación objetiva que se basa en términos de presión y utilización de radiaciones X y Gamma.

A la hora de la recolección deben evitarse las horas de mayor temperatura debido a que es donde las hojas presentan mayor rigidez, por lo que se rompen con mayor facilidad, además de contener un mayor contenido de humedad.

La recolección en Canarias suele realizarse de forma manual con la utilización de un cuchillo como elemento de corte.

Fuera de España en grandes superficies dedicadas al cultivo de escarola hay métodos de recolección mecanizada y mixta, siendo estos últimos muy comunes en el estado de California donde el cultivo de escarola es mayoritario. Este sistema se basa en el corte manual de la escarola alineándola en surco. A



continuación unos grandes tráiler autopropulsados, en este mismo tráiler van unos manipuladores que reciben el producto ya cortado mediante una cinta transportadora que posteriormente acondicionan y empaquetan, El producto queda en cajas alineadas en el campo debido a que el tráiler tiene un sistema que va dejando las cajas alineadas en campo para su posterior recogida por carretillas elevadoras para su transporte a camión.

En el corte manual el producto recogido se debe embolsar y colocar en caja de cartón o plástico. En el almacén donde se va a depositar el producto, se debe contar con una cámara frigorífica donde se apilará el producto hasta su recogida con el motivo de evitar una deshidratación excesiva. El transporte se realizará en camiones frigoríficos que tendrán que llevar la temperatura que exige el cultivo para conservar las piezas en perfecto estado hasta su recolección.

4.12.2 Post-recolección y conservación

- **Tría y limpieza**

Cuando se recolecta la escarola se procede a la eliminación de las hojas exteriores al igual que las que tengan desecaciones, amarillamientos, restos de plagas, etc. Este proceso es realizado en campo por el recolector mientras que una vez llega al almacén se comprueba que no hayan en este caso escarolas con hojas con los síntomas que se han comentado.

Según Namesny (1993) en sistemas donde se trata el producto con algo de brusquedad, como lanzamiento a remolque, etc. se le suelen dejar las hojas externas para la protección de las hojas comercializable.

Con el producto que se desecha, que no se recolecta debido a que no es comerciable por el motivo que sea (subida a flor prematura, plagas, Tip-burn, tamaño reducido, etc.) se le pasa el rotovator o desbrozadora (molienda) para eliminar el cultivo.

El producto una vez llega al almacén es descargado y se depositan cerca de las líneas de manipulación para su procesado. Mediante una serie de cintas transportadoras llevan las cajas hasta el puesto de trabajo donde el manipulador procede a la limpieza del producto y corte del tronco. Si llega una pieza que no

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

cumple con las condiciones de comercialidad es inmediatamente apartada. Las piezas, troncos, hojas exteriores desechadas son conducidas por cintas o canelones.

- **Lavado**

El lavado constituye un punto crítico en el procesado resultando decisivo para la calidad, seguridad y vida útil del producto. El objetivo principal es eliminar la suciedad, carga microbiana y fluidos intercelulares tras el corte (Ahvenainen, 1996). En resumen con el lavado se reduce el crecimiento microbiano y los desordenes fisiológicos. El cloro es el desinfectante más empleado.

- **Clasificación y calibrado**

El producto es clasificado y calibrado de manera manual o mecanizada, siendo la forma manual la más habitual, donde el producto es seleccionado según el tamaño y posteriormente colocado en diferentes cadenas de transporte, mientras que de forma mecánica la maquinaria presenta unos orificios en las cintas transportadoras que por sí mismas es capaz de la separación de las piezas por tamaño.

El calibrado de escarola debe estar basado en la normativa de calidad, calibrado y comercialización exigida por la U.E. En la escarola se establece un peso mínimo de 200 gramos en cultivo al aire libre y de 150 gramos en cultivo protegido.

En la tabla 4.5 se puede apreciar el rendimiento y calibres de diferentes variedades de escarola (hoja lisa y hoja rizada).

Tabla 4.5. Rendimiento en distintos cultivares de escarola obtenidos en distintos experimentos del Grupo de trabajo del Convenio Generalitat Valenciana.

Rendimiento (Kg/m ²)	Variedad	Peso medio (g/planta)
2,5-3	Escarola rizada	500-600
3-3,5	Escarola Lisa	500-700

Fuente: Caja Rural Valencia, FECOAV, ANECOOP, IVIA, Univ. Poli. De Valencia



- **Preenvasado**

Después de la clasificación y calibrado tiene lugar su preenvasado que como el proceso anterior se puede realizar manualmente o mediante maquinaria.

Si se utiliza maquinaria, esta tiene que ser adaptable a diferentes calibrados o utilizar máquinas de diferentes calibres, mediante este tipo de máquina se alcanzan cifras muy altas como 100 unidades por minuto (Namesny, 1993).

- **Envasado**

Antes de este proceso hay que asegurarse que no se incremente la temperatura del producto, que es muy frecuente debido a las etapas de proceso por las que pasa el producto resultando muy perjudicial en el comportamiento dentro del envase. En caso de que la temperatura no sea la adecuada se recomienda enfriar mediante un sistema de enfriamiento precooling con frío forzado, con las debidas precauciones para no enfriar el producto o por aporte de nitrógeno líquido (Escalona et al., 2005)

Las escarolas una vez se ha finalizado el Preenvasado, son situadas en cajas de madera o cartón parafinado (Maroto, 2002).

Finalizado el envasado son transportadas en camiones frigoríficos con su temperatura adecuada hasta sus puntos de venta.

Para el envasado en atmósfera modificada se emplean películas plásticas que disminuyen la actividad metabólica por una disminución de los niveles de O₂ y un aumento de CO₂.

4.12.3 Comportamiento post-recolección

La mayor parte de la tecnología de post-recolección descrita para las lechugas, puede aplicarse indistintamente para escarolas. (Maroto et al., 2000)

Según Namesny (1993) las lechugas y escarolas tienen una actividad metabólica que posibilitan, a unos intervalos de temperatura entre 0 - 2°C, una vida en postrecolección de aproximadamente 15 a 30 días. El tiempo de conservación disminuye al aumentar el número de horas que transcurren entre la

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

recolección y el descenso de temperatura a 2°C (Saltveit, 1989). Estos datos descritos por los autores mencionados son similares con lo expuesto por Maroto (2002) que expone que las condiciones de conservación adecuadas son de 0 - 1°C de temperatura y una humedad del 90 – 95 %.

En el proceso de conservación la escarola se puede ver afectada por los siguientes síntomas:

- **Marchitamiento:** La pérdida de agua disminuye la turgencia y su aspecto fresco deseables para la comercialización. Este fenómeno puede ser controlado mediante un preenfriamiento rápido manteniendo las temperaturas bajas y el preenvasado de plástico.
- **Amarillamiento:** tiene lugar la degradación de la clorofila, por lo que la coloración verde se pierde gradualmente. Este proceso se acelera con la presencia de etileno en la conservación del producto, por lo que debe mantenerse en ambientes libres de este gas.
- **Pardeamiento del corte:** En el corte realizado en la base del cuello tiene lugar la exudación del látex que se oxida tomando un color pardo que no es comercializable.
- **Daños por congelación:** Vienen causados por un mal manejo de las temperaturas de conservación.
- **Enfermedades parásitas:** Son comunes podredumbres blandas bacterianas, Podredumbre gris, Sclerotinia y Mildiu.

Hay abonos y hormonas que su aplicación en campo, alargan la vida en postrecolección de la escarola, un ejemplo es la aplicación de ácido giberléico antes de su recolección a concentración de 10 ppm con el que se recomienda adherir isopentiladina (IPA) a dosis de 0,1 ppm (Aharoni et al., 1975). En cambio hay abonos que son perjudiciales como es el caso de altos niveles de fertilización nitrogenada y fosfórica (Hoque et al., 2010), estas dosis deben ajustarse a las descritas en el apartado de fertilización.



4.12.4 Transporte

Según Wacquant y Le Bohec (1982) el transporte tiene que realizarse a bajas temperaturas, además sugieren lo siguiente:

- Los recorridos con distancias inferiores a 8 horas y con unas temperaturas menores de 20° C, el transporte se puede realizar con un simple camión de aislamiento de carga.
- Los recorridos con distancias entre 8 – 15 horas y temperaturas elevadas requiere camiones equipados con equipos isotermos.
- Los recorridos con una durabilidad de 15 a 40 horas con temperaturas elevadas requiere de camiones equipados con sistemas mecánicos de refrigeración.
- Para transportes marítimos se utilizará atmósferas modificadas con porcentajes bajos en oxígeno y adición de CO₂.

4.12.5 Distribución

En la recepción del producto en los mercados de destino es importante tener conocimiento de los productos generadores de etileno para evitar su proximidad con la escarola. Para prevenir este procedimiento debido al inconveniente de no poder separar los productos se recomienda mantener una buena aireación.

En la colocación del producto en el mercado de cara al público se debe evitar la formación de filas y mantener una humedad relativamente alta, con aplicaciones ligeras de agua en escarolas no preenvasadas, evitar temperaturas superiores a 10 °C (Namesny, 1993).

4.13 Fisiopatías y accidentes

Una fisiopatía es un desorden no deseado generado como consecuencia de agentes no bióticos, como pueden ser factores, climáticos, nutricionales, fisiológicos, etc., que a veces ejercen un efecto directo y en muchas otras ocasiones actúan de forma conjunta e interaccionada (Maroto et al., 2000).

Las principales fisiopatías que presenta la escarola son:

4.13.1 Tip-Burn

El Tip-burn en lechuga y escarola ha sido un problema desde hace muchos años causando graves pérdidas de forma esporádica en muchas áreas de cultivo. Cuando las temperaturas y los niveles de radiación eran muy elevados, tanto en la producción en invernaderos, durante la primavera como en el campo en los meses de verano constituye un problema grave. En la actualidad las pérdidas se han reducido mediante la selección de plantas resistentes, pero la creciente demanda de lechuga y escarola de alta calidad hace que esta fisiopatía sea una preocupación constante para el cultivador ya que produce grandes pérdidas (Collier y Tibbits, 1982).

En los cultivos en los que el Tip-burn se presenta y su desarrollo es marcado, supone una pérdida significativa de plantas válidas para su comercialización causando un gran daño económico.

Es una alteración que se manifiesta como una quemadura de las puntas de las hojas jóvenes e interiores de la planta, que está ocasionada por una deficiente translocación de calcio y que puede ser el origen de distintas podredumbres originadas por infecciones criptogámicas o bacterianas, teniendo una incidencia negativa en su comercialidad (Maroto, 2002).

Antes de la aparición de la necrosis marginal, se observa una decoloración en las venas más grandes del margen de la hoja causadas por la ruptura del tejido laticífero liberándose el látex en los tejidos colindantes. Dicha liberación causa el colapso del parénquima y la obstrucción de los elementos del xilema provocando una disminución de la turgencia de la hoja y el colapso de las células del mesófilo y su posterior necrosis (Collier y Tibbits, 1982).

Según Cox (1980), esta fisiopatía está relacionada con una deficiencia en calcio en las hojas internas más jóvenes, el calcio participa en la solidez de las paredes celulares y, por tanto, de las membranas.

El calcio se absorbe y transporta en la planta de forma iónica siendo su movilidad superior en el apoplasto. Su transporte es vía xilimática mediante el flujo radicular de agua, por lo que los órganos que reciben la mayor parte del agua



por el floema reciben una concentración inadecuada de calcio (Guardiola y García, 1990).

Los síntomas de deficiencias en boro son similares a la carencia de calcio, excepto que la necrosis es peor cerca de los puntos de crecimiento, que se vuelven negros y dejan de producir nuevas hojas (Davis et al., 2001).

Al igual que el calcio, el boro se mueve en el interior de la planta por vía xilemática y no puede ser distribuido en el floema. Sin la presencia de boro, el calcio no puede ser incorporado funcionalmente a la estructura de las células.

Según Morgan (1999) además del calcio, bajos niveles de magnesio y boro pueden causar Tip-burn en lechuga.

Existe un gran desconocimiento entre la aparición del Tip-burn y la concentración de Boro en las hojas de la planta. (Yanagi y Bullock, 1983)

La translocación de calcio en las plantas viene por vía xilemática mediante el flujo radicular del agua, jugando en la distribución un papel muy importante el proceso de respiración de la planta y todos los factores que intervienen en este proceso. Las hojas externas poseen un mayor potencial transpiratorio, por lo que reciben durante el día un flujo de calcio de la sabia ascendente y en el caso de que la evaporación sea muy elevada debido a altas temperaturas y baja humedad puede quitarle el calcio a las hojas más jóvenes. En situaciones de crecimiento excesivamente rápido, en los tejidos jóvenes hay una gran demanda de calcio para la formación de membranas. En estos casos la fisiopatía suele presentarse más intensamente. A una alta humedad relativa nocturna, la presión radicular impulsa un flujo de sabia ascendente a presión superior que ocasiona la gutación foliar.

Las hojas en desarrollo tienen altas demandas de calcio que son necesarias para la expansión y formación de la pared celular. En la iniciación fotosintética de las hojas jóvenes, éstas tienen elevada afinidad por el calcio, por ello, estos tejidos necesitan un aporte continuo de este elemento (Barta y Tibbitts, 1991).

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Las temperaturas excesivamente altas aceleran la respiración aumentando el contenido de ácidos orgánicos y otros metabolitos intermedios que quelatan el calcio disponible (Misaghi y Grogan, 1978).

El déficit de calcio no es un factor determinante en la aparición del Tip-burn. La concentración de calcio foliar está relacionado con esta fisiopatía. Aunque haya concentración de este elemento en el suelo, puede ocurrir que la distribución a través de la planta no sea la correcta. Como se comentó con anterioridad el calcio es principalmente absorbido principalmente por los órganos con grandes tasas de transpiración, de ahí que la concentración de calcio en las hojas nuevas sea menor (Barta y Tibbitts, 1991).

4.13.1.1 Factores implicados en la aparición del Tip-burn.

Determinados factores externos, altas temperaturas, estrés hídrico, salinidad, déficit de calcio en el suelo, etc. e internos crecimiento rápido de la planta, etc. que aumentan la evaporación o la concentración de calcio, incrementan la aparición de esta fisiopatía (Maroto et al., 2000).

Los principales factores que influyen en esta fisiopatía son:

Factores externos

- **Luz**

En varios estudios realizados, se determinó que un incremento de la intensidad de luz y los fotoperiodos largos aceleran la aparición de esta fisiopatía. También se ha relacionado los cambios rápido de bajas intensidades luminosas a elevadas acompañado de un descenso de humedad, impulsa la aparición. Se ha visto que el Tip-burn aparece antes en plantas que se desarrollan bajo invernadero que en las que se cultivan en el exterior (Saure, 1998).

En un ensayo bajo invernadero dotado de bajas condiciones lumínicas no apareció esta fisiopatía, por lo que su incidencia no está solamente relacionado con la intensidad de luz sino que tiene que estar conjuntamente relacionado con cambios de temperatura y humedad relativa (Islam et al., 2004).



- **Humedad**

No se ponen de acuerdo diversos autores sobre incidencia de la humedad relativa y el Tip-burn.

Estudios realizados por Olle y Bender (2009) determinaron que las plantas con elevada humedad relativa durante la noche desarrollaron síntomas de esta fisiopatía, en cambio las plantas con bajo nivel de humedad relativa no presentaron síntomas. Estos autores llegaron a dos conclusiones: la primera, que la concentración de calcio en hojas se redujo debido al incremento en el ratio de crecimiento de las plantas, aumentando el calcio en los tejidos meristematicos, y segundo que al reducir las transpiración, disminuye el flujo de agua hacia las hojas y con ello las translocacion de calcio.

Según Collier y Tibbitts (1984), la concentración de calcio en hojas interiores aumenta con el descenso de la humedad relativa durante el periodo de luz, lo que no ocurre en el periodo oscuro.

- **Suelo**

Un alto nivel de nitrógeno asimilable en suelo puede promover la incidencia del Tip-burn. El nitrógeno aplicado de forma amoniacal aumenta la incidencia de esta fisiopatía mientras que con la aplicación en forma nítrica no es tan severa (Scaife et al., 1986).

Un aumento de nitrógeno aumenta el ratio de crecimiento de la planta provocando que la concentración de calcio disminuya.

La salinidad es un factor que se relaciona con esta fisiopatía debido a que un aumento de la conductividad eléctrica aumenta la deficiencia de calcio en plantas (Olle y Bender, 2009).

- **Temperatura**

Las elevadas temperaturas o temperaturas alternantes están relacionadas con el Tip-burn.

En diversos estudios se ha observado como el porcentaje de plantas afectadas y su grado de afección aumentan en cuanto aumenta la temperatura.

En un ensayo realizado por Misaghi y Grogan (1978) en condiciones de laboratorio demostraron que la fisiopatía se presentaba dos veces más rápido con altas temperaturas constantes, que alternando altas y bajas temperaturas.

Factores internos

- **Vigor**

Se ha visto que las hojas de las plantas que presentan Tip-burn son de mayor tamaño, por lo que contienen mayor contenido en agua que las hojas de las plantas que no presentan síntomas.

Según Saure (1998), una disminución del crecimiento de la planta disminuyendo los niveles de temperatura o limitando la fertilización nitrogenada, puede reducir la incidencia del Tip-burn, o aplicando inhibidores de crecimiento.

4.13.2 Subida prematura a flor

La subida prematura a flor como se ha comentado en apartados anteriores es un accidente que se da con frecuencia en la escarola, sobre todo en los ciclos estivales, cuando los días son más largos y las temperaturas más elevadas.

Esta fisiopatía da lugar a la elongación prematura del tallo floral de la planta, haciendo que las hojas tomen un sabor amargo que las hacen no comercializables, no solo cuando es visible, sino cuando aun no se ha desarrollado por completo debido a lo ya comentado de su sabor.

Esta fisiopatía supone un acortamiento del ciclo de cultivo, pues una vez empieza la fase reproductiva con la formación de los ramilletes florales y posteriormente la formación de semillas.



Los principales factores que afectan a la subida a flor prematura son las altas temperaturas, condiciones de días largos y vernalización de las semillas. En las plantas adultas la temperatura es la que juega un papel principal.

Las bajas temperaturas en semillero (5-10°C) aumentan la subida a flor prematura en comparación con temperaturas más elevadas (15°C).

4.14 Carencias minerales y toxicidades

Las carencias nutricionales y las toxicidades por niveles no adecuados de nutrientes en el suelo y por factores ambientales limitan la disponibilidad de nutrientes para las raíces de las plantas.

Elementos principales que afectan a la escarola:

- **Nitrógeno**

Un bajo contenido en nitrógeno provoca un descenso inmediato del crecimiento y un pronunciado amarillamiento de las hojas inferiores.

Un exceso de amoníaco puede ser tóxico para la lechuga produciendo raquitismo y marchitamiento, como consecuencia de un sistema radicular dañado. Los bordes de las hojas se rizan hacia abajo y se desarrollan lesiones necróticas de color pardo claro.

- **Fósforo**

Una deficiencia en fósforo provoca una reducción del crecimiento con otros síntomas característicos. Siendo las hojas verde apagado y a veces se desarrolla un color tipo bronce o violáceo. Las hojas más viejas tienen un color pardo amarillo y mueren pronto.

- **Potasio**

Una carencia de potasio, los bordes y las puntas de las hojas más viejas se hacen necróticas. También aparecen quemaduras internerviales. El resto de las hojas permanecen un color verde oscuro o moteado.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

- **Calcio**

Como se ha descrito anteriormente en otros apartados, las hojas más jóvenes muestran los primeros indicios de carencia en calcio produciendo necrosis en los bordes de las hojas. También pueden presentar otros síntomas como lesiones de color gris y pardo oscuro a lo largo de los nervios. El crecimiento se reduce gravemente pudiendo llegar a morir el punto de crecimiento.

- **Magnesio**

Una carencia de magnesio presenta un rayado clorótico en las hojas más viejas, especialmente en las partes distales de las hojas. Los síntomas pueden generar confusión con una infección vírica, siendo necesario un análisis de los tejidos para confirmar el diagnóstico.

- **Azufre**

La carencia de azufre en las hojas provoca que se vuelvan de un color verde amarillento, siendo duras y pequeñas. Tiene mayor influencia en las hojas jóvenes. La carencia de azufre es poco probable en la gran mayoría de regiones productoras de lechuga.

- **Hierro**

El síntoma característico de una deficiencia en hierro es una clorosis internervial de las hojas jóvenes. En cuanto a la toxicidad por hierro en lechuga es raro que se produzca.

- **Manganeso**

La carencia de manganeso es probable en suelo con pH alto, los síntomas son que las hojas de la planta se ponen pálidas y producen necrosis en las hojas más viejas.



- **Zinc**

Cuando hay carencia en zinc presenta sus síntomas primero en las hojas viejas con grandes áreas necróticas, con bordes oscuros entre los nervios. Las plantas presentan forma raquífica de roseta y una apariencia de quemada.

- **Boro**

La deficiencia en boro produce los mismos síntomas que al déficit de calcio, excepto que la necrosis es peor cerca de los puntos de crecimiento, que se vuelve negros y dejan de producir nuevas hojas.

Cuando se produce toxicidad de boro las hojas jóvenes muestran un fino margen amarillo alrededor de los bordes. En las hojas más viejas aparecen manchas de color gris.

4.15 Plagas

4.15.1 Pulgones

Los pulgones son una plaga muy común en el cultivo de escarola. Su incidencia varía según las condiciones climáticas presentes en el cultivo. Los daños producidos pueden ser directos, causados por las picaduras y succiones que realizan en los tejidos, o de tipo indirecto como consecuencia de la transmisión de algunas enfermedades viróticas.

Las especies de pulgones más generalizadas que afectan nuestros cultivos son: *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Aphis Gossypii*, *Nasonovia ribis-nigri*, destacar esta última debido que en la actualidad está causando problemas muy serios.

La distinguen dos procesos de colonización sobre las plantas, uno es centrípeto, empezando por las hojas exteriores y avanzando hacia el interior, el otro proceso característico de la especie *Nasonovia ribis-nigri*, es difusión centrífuga, es decir, las colonias se inician en las hojas interiores, multiplicándose progresivamente y mostrándose después su presencia en las hojas exteriores.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

En el control de esta plaga, es fundamental la localización en los primeros focos. Una vez detectados, deben realizarse las aplicaciones inmediatamente, tanto si las plantas son jóvenes como si está próxima la formación del cogollo, siempre y cuando se respeten los plazos de seguridad.

Si no son tratadas en escasos días las poblaciones aumentan con facilidad, colonizando las partes interiores de la escarola. Es recomendable que los tratamientos sean preventivos y no repetir materias activas con el fin de no crear resistencia en dicha plaga.

4.15.2 Trips

Son otras de las plagas que afectan a la escarola. Se conocen varias especies de trips como vectores del virus del marchitamiento del tomate (TSWV), un patógeno ocasional de la lechuga. Los trips adultos son picadores activos pero débiles voladores. Tienen la capacidad de moverse con facilidad entre las plantas y alrededor de los campos. El daño a las plantas se produce directamente mediante picaduras. Los tratamientos insecticidas son eficaces contra el control de los trips pero en el estadio de huevos y fase quiescentes son menos susceptibles a dichos tratamientos.

4.15.3 Larvas de lepidópteros

Esta plaga es muy frecuente en los cultivos de escarola, su incidencia varía en función de la época y lugar, siendo más frecuente en otoño con climatología lluviosa y temperaturas ligeras que son las condiciones ideales para esta plaga.

Las principales orugas que causan daños son las de los lepidópteros noctuidos que pertenecen a los géneros *Spodoptera*, *Plusia* y *Heliothis*.

Los daños que realiza esta plaga consisten en la destrucción de la hoja. Se puede dividir sus daños en función del periodo del cultivo en el que se encuentre:

1. Desde germinación hasta su séptima hoja: en este periodo los daños pueden ser muy graves, debido a que no presenta mucha superficie de hoja llegando a destruir varias plantas por día.



2. Desde su séptima hoja hasta el falso acogollamiento de la escarola: en este periodo las plantas son más susceptibles al ataque.
3. Desde el inicio del falso acogollamiento hasta la recolección: si las larvas llegan a alcanzar las hojas nuevas, pueden introducirse dentro del falso cogollo donde están protegidas frente a la aplicación de tratamientos, produciendo grandes daños.

4.15.4 Minadores de hoja

Esta plaga se caracteriza por que sus hembras adultas realizan las puestas dentro del tejido de las hojas jóvenes. En el interior de estas hojas empieza el desarrollo de las larvas que se alimentan del parénquima de la hoja llegando a ocasionar las típicas galerías a lo largo de la superficie foliar. Las galerías se pueden observar con mayor facilidad a medida que se desarrollan las larvas.

Las pupas del minador caen al suelo y al cogollo de la planta por lo que los ataques más intensos empiezan en las hojas de las coronas más bajas.

Las galerías disminuyen la capacidad fotosintética de la planta por lo que se reduce su peso llegando a no ser comerciable. Es un problema serio en semilleros y en las primeras fases de la planta, debido a que retrasa incluso en ocasiones llega a la muerte de las plantas.

4.15.5 Mosca blanca (*Aleyrodidae*)

Hay aproximadamente 1.200 especies descritas de mosca blanca en todo el mundo pero solo unas pocas son conocidas como vectores de virus. Destacan *Bemisia tabaci* (Gennadius), *B. argentifolii* Belows y *Perrin* transmiten virus que infectan a la escarola.

En Canarias no suele causar problemas en la escarola pero si llega a introducirse en el cultivo le llega a causar daños considerables debido a sus elevadas poblaciones haciéndolo no comerciable.

Es una plaga que no es muy común en cultivos al aire libre, aunque puede tomar cierta importancia en cultivos bajo invernadero. Se puede combatir con trampas de feromonas y productos insecticidas.

4.15.6 Caracoles y babosas

Es una plaga que no llega a causar grandes problemas en el cultivo, pero puede llegar a causar daños si se dan sus condiciones óptimas que son humedad y escasa iluminación, el principal daño que causan es el destrozo de las hojas, los daños pueden llegar a ser elevados si hay una elevada densidad.

Su control mediante la aplicación de cebos es satisfactorio, su presencia en el cultivo se nota debido al rastro plateado de su baba que dejan.

4.16 Enfermedades

4.16.1 Fúngicas

Las principales enfermedades fúngicas que suelen presentar la escarola son:

- **Mildiu (*Bremia lactucae* Regel)**

El mildiu es una importante enfermedad en los sistemas de producción de escarola en campo y en invernadero en todo el mundo. En las regiones donde las temperaturas son relativamente bajas y las escarolas están frecuentemente húmedas, las epidemias de mildiu son devastadoras.

Los síntomas de las lesiones jóvenes de mildiu son de color verde pálido o ligeramente cloróticas, volviéndose amarillas o necróticas después del comienzo de la esporulación (Davis et al., 2002).

En el envés de la zona atacada se forma un fieltro blanco-harinoso. En el semillero los daños pueden llegar a ser muy graves. En la fase de cultivo causan daños muy importantes en las hojas exteriores, debiéndose eliminar para su comercialización y evitar podredumbres posteriores. Si el ataque es muy intenso puede llegar a afectar las hojas internas pudiendo llegar a la muerte de la planta.

Por lo general las manchas tienen unas dimensiones próximas de 1 a 2 cm, que están delimitadas por nervaduras secundarias, pudiendo generalizarse a todas las hojas en las plantas jóvenes (Messiaen et al., 1995).



El mildiu de la escarola puede aparecer a lo largo de todo el ciclo de cultivo, aunque sus ataques son con mayor intensidad en otoño y primavera que es donde mayor predomina la humedad.

Los métodos de lucha se basan en la aplicación de fungicidas sistémicos o translaminares, aunque también es importante la realización de labores culturales que contribuyen a la mejora de la lucha como sin buen drenaje, riegos de forma adecuada, ventilación, etc. (Messiaen et al., 1995).

- **Podredumbre blanca del cuello de la raíz (*Sclerotinia sclerotium* Lib. De Bary y *Sclerotinia minor* Jagger)**

Es una enfermedad importante en el cultivo de la escarola. Los órganos de multiplicación se encuentran en el suelo, por lo que las primeras fases de infección se desarrollan sobre tejidos cercanos al suelo.

Esta enfermedad fúngica provoca podredumbre blanda en la base de la planta, causando la caída de las hojas exteriores al suelo. El poder enzimático de *Sclerotinia* es muy poderoso y actúa a distancia con relación a la zona donde se encuentra el micelio (Messiaen et al., 1995).

Se puede presentar tanto en plantas adultas como jóvenes, pero suele afectar más en las etapa más próxima a la recolección debido a que predominar mayor contenido de humedad en el suelo.

Las plantas afectadas detienen su crecimiento, amarillean y se marchitan. Al intentar arrancarlas no ofrecen ninguna resistencia debido a que tienen la zona del cuello y base de las hojas externas húmedas, blandas y descompuestas.

Los métodos de control es principalmente la aplicación de fungicidas, aunque se recomienda la lucha biológica. Mediante la aplicación de *Trichoderma* al suelo en un rango de temperatura entre 25 y 30 °C, en cultivo estival, se consigue la destrucción de los esclerocios del patógeno (Messiaen et al., 1995).

- **Podredumbre gris (*Botrytis cinérea Pers*)**

Los síntomas de esta enfermedad es la presencia de podredumbre gris, de ahí el nombre genérico por el que se le conoce, sobre los tejidos afectados presentando un gran micelio color gris-ceniza que produce gran cantidad de esporas.

Puede afectar en cualquier etapa de su fase de cultivo, incluso post recolección en el transporte. Esta enfermedad está muy condicionada por las condiciones climáticas, le favorecen los excesos de humedad, variaciones bruscas de temperatura, poca aireación, etc.

Las medidas de control pueden orientarse a la prevención usando rotaciones de cultivos y en casos extremos con la aplicación de fitosanitarios, no en exceso debido a que este hongo crea resistencia sobre ciertas materias activas. Al igual que con *Sclerotinia* la aplicación de Trichoderma sobre esta enfermedad reducen los síntomas de afección a valores entre un 2 y 7 % empleando una dosis de 104 g/100l.

- **Podredumbre de pie Bottom Rot (*Rhizoctonia solani Kuhn*)**

Es una enfermedad muy presente en la actualidad, que esta comúnmente asociada a las plantas en o cerca de la madurez. Esta favorecida por las condiciones calidas y húmedas, pudiendo llegar a causar pérdidas hasta del 70 % (Davis et al., 2002).

Las lesiones aparecen en primer lugar en las hojas inferiores debido a que están en contacto con el suelo. Las infecciones iniciales aparecen pequeñas manchas de color marrón rojizo a marrón chocolate, principalmente en el envés de los nervios centrales de las hojas.

En condiciones ideales de humedad y temperatura, las lesiones son capaces de extenderse rápidamente, pudriendo rápidamente los nervios centrales y las hojas de las escarolas.

El control óptimo de esta enfermedad se logra con la utilización de prácticas culturales junto con un control fungicida, el paso del arado en vez del disco antes



de la plantación entierra eficazmente los esclerocios (R. Michael Davis et al., 2002).

- **Podredumbre de cuello (*Pythium spp.*)**

A parte de las especies de *Pythium* que causan podredumbre de las plántulas en lechuga, algunas especies han sido relacionadas con el marchitamiento, la marchitez de las hojas y la podredumbre de las raíces.

Es una enfermedad poco extendida que no provoca epidemia generalizada, sino que se manifiesta de forma endémica (Messiaen et al., 1995).

Las medidas específicas para el control no están justificadas para el marchitamiento por *Pythium*, la marchitez de las hojas y la podredumbre de la raíz, pero es conveniente prevenir la infección disminuyendo los periodos de excesos de humedad. Los métodos tales como suministrar un buen drenaje, plantar en bancadas elevadas y mantener secas las partes superiores de las bancadas reducen típicamente la enfermedad (Davis et al., 2002).

La aplicación también con productos fungicidas es muy eficaz.

- **Oidio (*Erysiphe cichoracearum* D. C.)**

Es considerada una enfermedad menor, pero en ciertas condiciones puede causar grandes reducciones en la producción y la calidad de la escarola.

Afecta principalmente a las hojas viejas y exteriores. El hongo se desarrolla en ambas superficies de la hoja produciendo en abundancia una gran cantidad de esporas blancas y pulverulentas.

Las escarolas son muy raramente atacadas por el oídio, la mayoría de los tipos cultivados son inmunes (Messiaen et al., 1995).

El oídio se puede controlar mediante la aplicación de azufre en la primera aparición de la enfermedad y a intervalos posteriores, siempre que las temperaturas sean lo bastante elevadas para volatizar el azufre (Davis et al., 2002).

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

• Otras enfermedades de menor importancia en el cultivo de escarola

En las hojas de escarola pueden aparecer diferentes manchas causadas por diferentes hongos:

- *Alternaria* (*Alternaria dauci* J. G. Kühn, *Stemphyllium spp.* G.F. Weber) las condiciones ideales para el desarrollo de este hongo son alta humedad, épocas de rocíos y alternancia de temperaturas. Provocan manchas oscuras y redondeadas en los tejidos más débiles de la planta.
- *Antracnosis* (*Microdochium panattiniana* B. Sutton, Galea y T.V. Price) al contrario que la alternaria actúa sobre las hojas más viejas, limbo especialmente en el peciolo y nervio central. Los síntomas son manchas pequeñas amarillentas con un margen rojizo que va aumentando de tamaño llegando a necrosándose finalmente.
- *Septoriosis*, mancha o tizón foliar (*Mycosphaerella graminicola* J. Schröt) este hongo provoca un rápido amarilleamiento de las hojas enteras y los pignidios se presentan en el tejido foliar vivo. Es poco frecuente en climas templados, exigen temperaturas elevadas y abundante humedad para su diseminación.
- *Roya* (*Puccinia opizii* Bubák), los síntomas son pústulas de color herrumbroso o marrón oscuro y afectan a la hoja por completo. El número de pústulas es muy elevado, suelen aparecer en otoño.

4.16.2 Bacterianas

El cultivo de la escarola puede presentar podredumbres provocadas por bacterias entre las que destacan las siguientes:

• Mancha foliar bacteriana (*Xanthomonas campestris pv. Vitians* (Brown) Dye)

Tiene un impacto menor en la producción de escarola, pero puede llegar a causar daños muy graves si se llega a desarrollar. Los síntomas que presenta son pequeñas lesiones con presencia en las hojas maduras ya bien desarrolladas.



Dichas lesiones se desarrollan con rapidez presentando síntomas negros grasientos que están delimitados por los nervios. El patógeno si se dan las condiciones climáticas puede infectar los tejidos del tallo causando podredumbre.

En el control hay que asegurarse que la semilla está libre de patógenos debido que muchas veces el patógeno está presente en ella. El uso de cobre como bactericida es efectivo en la prevención de la mancha foliar.

- **Mancha de barniz (*Pseudomonas cichorii* (Swingle) Stapp)**

Es una enfermedad destructora de la escarola madura, los síntomas aparecen en las hojas interiores y los cogollos infectados son difíciles identificar hasta la recolección. Los síntomas se caracterizan por unas manchas necróticas, brillantes, de color pardo en las superficies de los peciolo de las hojas.

El control, el riego por surcos o por goteo son preferibles al riego por aspersión ya que reducen la frecuencia de los periodos de humedad en las hojas. Una buena ventilación acompañado de un una rotación de cultivo con el objetivo de alejar los huéspedes de *P. cichorii* (Davis et al., 2002).

- **Raíz corchosa (*Rhizomonas suberifaciens*)**

En campos afectados reduce la cosecha entre en 30 y 70 %, causando además pérdidas indirectas a consecuencia de la reducción de absorción de nutrientes y agua debido al estado de sus raíces. Los síntomas iniciales son lesiones amarillas en la raíz principal y laterales, y a continuación la formación de de protuberancias longitudinales en las raíces dañadas. Estos síntomas se pueden confundir con los síntomas de toxicidad por amonio.

La mayoría de los cultivares presentes de escarola son resistentes, y los métodos de lucha son culturales como siembra en bancada, buen drenaje, adecuadas dosis de riego, etc. (Davis et al., 2002).

- **Pudrición blanda de la lechuga (*Erwinia carotovora subsp. carotovora* (Jones) Bergey et al.)**

Es considerada una de las enfermedades más graves en el transporte y mercado, aunque también puede tener graves pérdidas en campo. Los síntomas en campo es un rápido marchitamiento de las hojas envolventes exteriores, suele ser más susceptibles en los periodos finales antes de la recolección. Cuando la enfermedad avanza la médula del tallo se ablanda volviéndose acuosa. La aparición de esta enfermedad en postcosecha está relacionada con las heridas en las hojas externas.

Los controles deben dirigirse a evitar los daños al cultivo, acompañado de medidas culturales como se ha nombrado en anteriores bacterias y una adecuada aplicación de fertilizantes y pesticidas. Las aplicaciones foliares de bactericidas cúpricos son satisfactorias, la fumigación de suelo no controla la pudrición blanda (Davis et al., 2002).

4.17 Virus y fitoplasma

Los virus que más afectan a la escarola son los siguientes:

- **Moteado de Bidens (*Bidens Mottle*)**

El potyvirus del moteado de Bidens (BiMo V) es un virus que puede causar síntomas del moteado en escarola, dándose sus condiciones favorables llegando a causar graves pérdidas.

Los síntomas de las escarolas afectadas por BiMo V son variables y pueden generar confusión con las enfermedades causadas por otros virus. Los síntomas son aclareo nervial, moteado incluso necrosis en los nervios.

Para el control se recomienda la eliminación de fuentes locales de inóculo de BiMo V como estrategia normal de control (Davis et al., 2002).



- **Mosaico amarillo del diente de león (Dandelion Yellow Mosaic)**

En Europa, esta enfermedad causa grandes pérdidas económicas en cultivares de escarola resistentes al virus del mosaico de la lechuga, el responsable del virus es DYMV.

Los síntomas son variables en escarolas producidas en invernadero. Las hojas jóvenes muestran un bronceado inicial, seguido de una clorosis nervial y finalmente de un moteado amarillo brillante. En varias ocasiones la necrosis desaparece y las hojas se hacen gruesas, con ampollas y son raquílicas sin ningún moteado. En exterior es más destructiva y las plantas infectadas pueden ser necróticas y raquílicas.

El control se basa en la prevención de la introducción del virus en regiones cultivadoras de escarola, la eliminación de lechugas afectadas alrededor de los cultivos de escarola reduce la incidencia de DYMV (Davis et al., 2002).

- **Mosaico de la lechuga (Lettuce Mosaic)**

Esta enfermedad está causada por el potyvirus del mosaico de la lechuga (LMV), es de las enfermedades más frecuentes y más perjudiciales de la escarola, considerada como la enfermedad vírica más importante.

Los síntomas depende del cultivar o tipo de escarola, edad de la planta cuando es infectada y de las condiciones ambientales. En las hojas jóvenes aparecen irregularidades en su formación y se desarrolla un moteado o mosaico de color verde pálido. Las plantas infectadas en fases posteriores presentan un moteado de color verde pálido a amarillo en las hojas. Las hojas exteriores se rizan hacia abajo.

El control se realiza mediante el uso de semillas indexadas contra el virus, es decir cultivares resistentes (Davis et al., 2002).

Hay que destacar la selección y Mejora Genética para la producción de variedades altamente tolerables. Un gen recesivo *g*, cuya inducción a la tolerancia varía según la variedad, fue descubierto en los años 60 a partir de la variedad

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

española <<Gallega de invierno>>, impidiendo la transmisión por semillas (Messiaen et al., 1995).

ABIAN HERRERA

ABIAN HERRERA

5. MATERIAL Y MÉTODOS

ABIAN HERRERA



5.1 Trabajo de campo

5.1.1 Elaboración de semilleros

La preparación y la siembra de semilleros de las variedades objeto de estudio, Cornetto di Bordeaux (escarola de hoja lisa) y Ruffec (escarola de hoja rizada) se iniciaron el día 4/02/2015. Se realizaron en un invernadero de cristal, tipo capilla, perteneciente a la EPSI (Sección de Ingeniería Agrícola), con una superficie aproximada de 350 m² se puede observar en las fotos 5.1 y 5.2. Los respectivos semilleros se situaron en una mesa de trabajo de unos 0,8 metros de altura. El invernadero cuenta con un sistema de riego por aspersión, la colocación de las bandejas fueron a una distancia de 0,5 metros entre ellas que es la distancia entre aspersores.



Foto 5.1. Vista exterior invernadero cristal.



Foto 5.2. Localización del invernadero cristal.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Los semilleros se realizaron de manera manual, en bandejas de poliestireno convenientemente identificadas, de 247 alveolos, de los cuales solo se usaron 208, que fue la cantidad que se estimó necesaria para realizar el trabajo (Fotos 5.3 y 5.4). Se sembraron dos bandejas, una para cada variedad, introduciendo dos semillas por alveolo con el fin de asegurar el proceso de germinación. Una vez que las semillas hubieron germinado, se realizó un aclareo a fin de dejar una única semilla por alveolo.



Foto 5.3. Semillas y bandejas.



Foto 5.4. Realización de siembra.

El sustrato utilizado fue turba, que se humedeció antes de colocar las semillas, y que se regó adecuadamente al finalizar la labor. La turba presenta las siguientes características (Tabla 5.1):

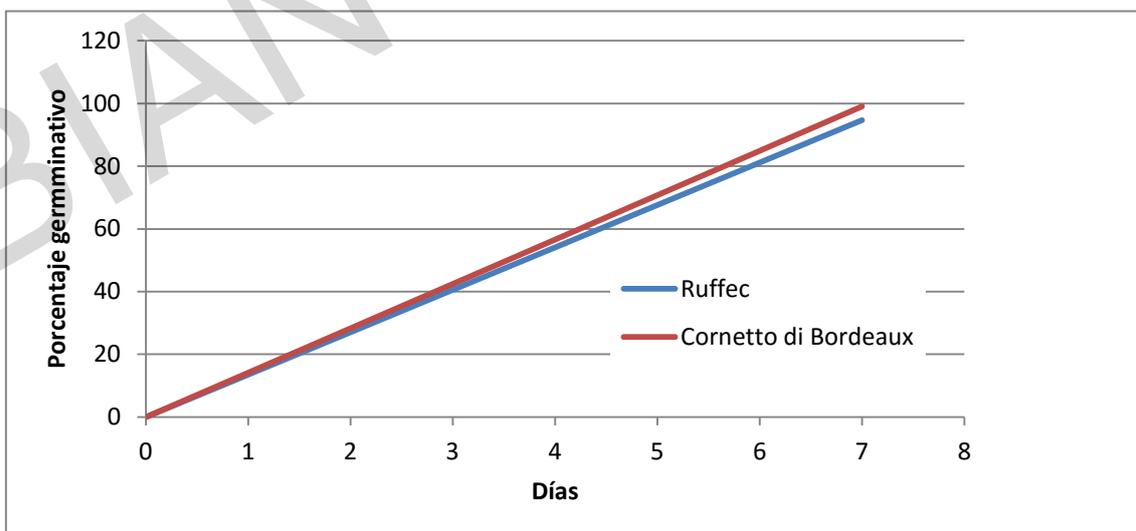
**Tabla 5.1.** Características de la turba usada en los semilleros.

Carbono orgánico de origen biológico sobre sustancia seca (C)	30 %
Nitrógeno orgánico sobre sustancia seca (N)	0,3 %
Sustancia orgánica sobre la sustancia seca	60 %
pH	5.0-6.0

Transcurridos 7 días desde la siembra, se realizó un recuento de plántulas germinadas, obteniéndose unos resultados excelentes en ambas variedades (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Porcentaje de germinación semilleros.

Variedades	Porcentaje de germinación
Cornetto di Bordeaux – Escarola de Hoja Lisa	94,71%
Ruffec – Escarola de hoja Rizada	99%

**Gráfico 5.1.** Porcentaje de alveolos con plántula a la semana de siembra.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro



Foto 5.5. Semillero variedad C. di Bordeaux 18/02/2016

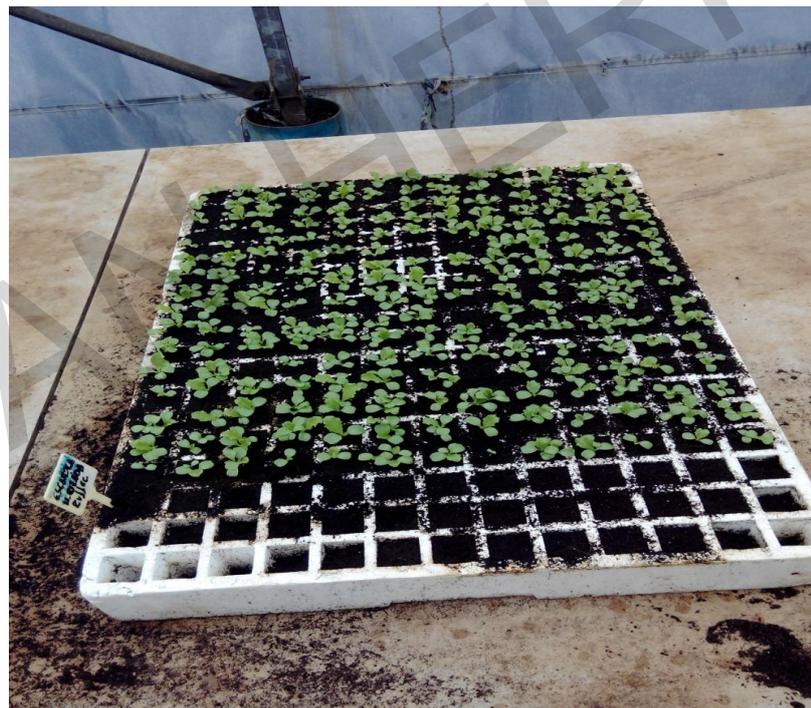


Foto 5.6. Semillero de Ruffec día 18/02/2016.

El riego se realizó de forma diaria, teniendo lugar a primera hora de la mañana y a última del día, con riegos de 10 minutos dependiendo de la humedad presente en la turba. Destacar que en la semana tercera en referencia al semillero, se produjo una avería en el sistema de riego, que obligó a realizarlo de forma manual durante 3 días, exactamente los días 25, 26 y 27 de febrero (Fotos 5.7 y 5.8).



Foto 5.7. Semillero de Ruffec día 25/02/2016.



Foto 5.8. Semillero de C. di Bordeaux día 25/02/2016.

En la cuarta semana se observó en el semillero de la var. Ruffec, una zona de menor crecimiento (Foto 5.9).

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro



Foto 5.9. Semillero de Ruffec día 03/03/2016.

Este efecto pudo ser debido a los riegos manuales realizados durante la última semana, que quizás favorecieron un mayor aporte de agua en esta zona.

En esta misma semana se pudo comprobar como algunas zonas de ambos semilleros presentaban plantas con pigmentaciones amarillentas en las hojas (Foto 5.11), debido posiblemente a la concentración de carbonatos (CO_3^-) y bicarbonatos (HCO_3^-) del agua de riego.



Foto 5.10. Pigmentaciones amarillas en hojas día 07/03/2016.



Foto 5.11. Semillero var. Ruffec día 10/03/2016.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro



Foto 5.12. Semillero var. C. di Bordeaux día 10/03/2016.

En la quinta y última semana de semillero, las plantas presentaron un aspecto uniforme y completamente sano (Fotos 5.11, 5.12, 5.13).



Foto 5.13. Semilleros listos para trasplante día 14/03/2016.

La fase de semillero se prolongó durante 32 días, y en este periodo no se aplicaron tratamientos fitosanitarios preventivos. Tampoco fue necesario aplicar tratamientos curativos pues no se observó la presencia de plagas o enfermedades, aunque es recomendable la aplicación de tratamientos preventivos desde semillero a los 15 días de la siembra.



5.1.2 Diseño experimental

La fase de cultivo del presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) se ha realizado en una parcela situada en un invernadero de tipo túnel con malla (Foto 5.14), situado en la isla de Tenerife, en las instalaciones de La Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (EPSI) (Sección de Ingeniería Agraria), en el municipio de San Cristóbal de La Laguna, en el noreste de la Isla cuyas coordenadas UTM son: 28°28'47''N 16°19'08''O. Este invernadero se encuentra a una altitud de 430 m.s.n.m. con una superficie de 885 m². El diseño experimental elegido fue de bloques completos al azar, con dos factores (variedad y abono foliar) y tres repeticiones (bloques). Dentro de cada bloque se dispusieron 72 plántulas, distribuidas en 4 líneas de 18 plantas cada una (sin incluir plantas bordes). La separación entre líneas fue de 30 cm, y entre plántulas de la misma línea de 33 cm, La distancia entre bloques (pasillos) fue de 1 m. Con todo ello, la densidad de plantación resultante fue de 10,1 plantas/m². El diseño experimental se muestra a continuación en la ilustración 1.



Se colocaron plantas borde alrededor de las unidades experimentales al objeto de que todas las plantas estuvieran en las mismas condiciones lumínicas.



Foto 5.14. Localización de la parcela donde se realizó el ensayo.

5.1.3 Preparación del terreno

Antes de proceder a la preparación del terreno donde se realizó el ensayo, se tomaron muestras de suelo para su posterior análisis. Al tratarse de un cultivo cuyo sistema de riego es por goteo, las muestras se tomaron dentro del bulbo húmedo, a una distancia de entre 5 y 10 cm del gotero más próximo, y siguiendo un recorrido en zig-zag a lo largo de la parcela. Las distintas submuestras se mezclaron adecuadamente y, del total, se pesó 1 kg de suelo, que se guardó en una bolsa plástica convenientemente identificada. El análisis se realizó en el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (Apéndice 9.2).

Al no haberse encontrado información que permita conocer las exigencias de suelo para el cultivo de la escarola, la interpretación se realizó mediante datos disponibles para lechuga que, según diferentes autores (García et al. (2003), etc.), es un cultivo con necesidades muy similares. Tomando como adecuados los valores propuestos por Hernández (1983) (Tabla 5.3), cabe indicar que el

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

porcentaje de materia orgánica (0,6 %) fue inferior al considerado adecuado para lechuga (2,5 %), y que por ello se estimó conveniente aplicar estiércol descompuesto de conejo a razón de 2 kg/m². Por el contrario, el nivel de fósforo (136 ppm) y los porcentajes de sodio (20,25 %) y potasio (20,57 %) cambiables fueron superiores a los recomendados (40-45 ppm, <5 % y 2-12 % respectivamente). Destacar que en este caso, el abonado potásico no fue aconsejable ya que, junto con el calcio, es de vital importancia en la absorción de magnesio, llegando a producir un bloqueo en la planta. La relación K/Mg tiene que oscilar entre 0,2 y 0,3.

Tabla 5.3. Valores ideales e interpretación.

Parámetros	Resultado	Ideal	Comentario
Materia orgánica (%)	0,6	>2,5	Baja
Fósforo (ppm)	136	40-45	Elevado
Sodio (meq/100 g)	6,4 (20,25 % de CIC)	<5%	Elevado
Potasio (meq/100 g)	6,5 (20,57 % de CIC)	2-12%	Elevado
Calcio (meq/100 g)	12,3 (38,92 % de CIC)	40-70%	Bajo
Magnesio (meq/100 g)	6,4 (20,25 % de CIC)	10-20%	Normal
CIC (meq/100 g)	31,6		
pH en pasta saturada	8,2	6,5-7,5	Normal
CE (mS/cm 25°C)	1,24	<4,00	Optimo

El porcentaje de calcio cambiante (38,92%) se situó ligeramente por debajo de los valores adecuados para un suelo ideal (40-70 %), por lo que sería aconsejable incrementar dicho valor. Por el contrario, el porcentaje de magnesio cambiante (20,25%) se mantuvo dentro del intervalo considerado óptimo, aunque muy próximo a su límite superior, lo que en este caso, y al estar el potasio elevado, no debería suponer un problema.

El pH fue elevado (8,2), superior al señalado como idóneo para la mayoría de los cultivos (6,5-7,5), si bien, en este caso, se debe destacar que la escarola es una hortaliza que se adapta bien a los suelos ácidos (Maroto, 2002).

La CE del extracto saturado (1,24 mS cm⁻¹ a 25°C) permite considerar a este suelo como no salino, y aunque fue adecuada para el cultivo, es un parámetro a



tener muy en cuenta en la escarola, ya que es una planta algo sensible a la salinidad. Se considera que la productividad no se ve afectada cuando la CE del extracto de saturación es inferior a $1,3 \text{ mS cm}^{-1}$ a 25°C .

Finalmente, con respecto a la CIC indicar que se calculó como suma de las bases cambiables Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} , que tiene un valor de $31,6 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$, y que dicho valor se encuentra por debajo del adecuado, que se establece entre 35-40 $\text{meq } 100 \text{ g}^{-1}$.

La preparación del terreno consistió en el pase de un cultivador rotativo, el nivelado del terreno de forma manual mediante rastrillado, y la colocación y comprobación del sistema de riego. Una vez preparado el terreno se procedió al trasplante del material vegetal. En la foto 5.15 se puede apreciar el terreno preparado para la siembra.



Foto 5.15. Terreno preparado para siembra.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

5.1.4 Sistema de riego

El sistema de riego empleado fue riego por goteo. La instalación dispone de un cabezal en el que se encuentran 2 filtros de arena (Foto 5.16) seguidos por dos filtros de malla, (Foto 5.17). A la salida de los filtros se acopla una tubería de acero galvanizado de 2,5" de diámetro interior, a la que le sigue una de polietileno de baja densidad de 32 mm, de la que parten las tuberías terciarias, también de polietileno de baja densidad, de 16 mm de diámetro, y con una separación entre líneas de 0,3 m. Las terciarias llevan incorporados cada 0.33 m goteros autocompensantes. El número total de líneas fue de 9 por bloque o repetición, excepto en el bloque central que no fue necesario, ya que en él no se plantaron plantas borde.

La fertirrigación se llevó a cabo con un sistema Venturi de $\frac{3}{4}$ " (19,05 mm) de diámetro (Fotos 5.18 y 5.19).



Foto 5.16. Llave principal + filtros de arena.



Foto 5.17. Filtros de malla + llave válvulas



Foto 5.18. Equipo antes de Venturi.



Foto 5.19. Sistema Venturi.

Una vez instalado el sistema de riego se realizó una prueba para comprobar el funcionamiento del Venturi, midiendo el tiempo que tardaba en inyectar un determinado volumen de disolución fertilizante (L/min). De este modo, se pudo adaptar para que proporcionara la cantidad necesaria de fertilizante, en función del tiempo de riego necesario para satisfacer las necesidades hídricas de las plantas.

Al igual que se hizo con el suelo, se tomó una muestra de agua de 1 L, se almacenó en un recipiente de plástico, y se analizó siguiendo la normativa del Laboratorio del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Los resultados del análisis se presentan en el apéndice 9.2.

El pH del agua fue elevado, 8,7, superior al considerado por Ayers y Westcot (1985) como adecuado. Este valor se debió posiblemente a la alta concentración de bicarbonatos y a la presencia de carbonatos ($\text{pH} > 8,5$), y pudo suponer un grave problema para el cultivo, afectando a su desarrollo y favoreciendo la aparición de desórdenes fisiológicos y/o nutricionales como el Tip-burn (Olle y Bender, 2009). Una elevada concentración de bicarbonatos en presencia de Ca y de Mg hace que estos puedan precipitar en forma de carbonatos, pudiendo ocasionar un déficit nutritivo para el cultivo y problemas en los sistemas de riego. El elevado valor del pH se corrigió mediante la adición ácido nítrico (HNO_3) a razón de 0,2 mL / L.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

La conductividad se encuentra dentro del rango de valores óptimos (0,7-3 mS/cm 25° C) según Ayers y Wescot (1985).

Elementos como el sodio están en concentraciones algo elevadas, lo que puede perjudicar al cultivo a la hora del riego. Para reflejar la calidad del agua de riego hay que realizar una serie de determinaciones sencillas que son el RSC (Carbonato sódico residual) y el SAR.

Estos parámetros se comparan con la clasificación hecha por Ayers y Wescot (1985).

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}); \text{RSC} = 7,3$$

El valor elevado del carbonato sódico residual es debido a la gran concentración de carbonatos y bicarbonatos del agua.

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}} = 5,97$$

El SAR < SAR ajustado que proporciona el análisis del agua de riego (Apéndice 9.2), es decir, el agua es apta para su uso agrícola, de lo contrario sería perjudicial para el cultivo. El SAR junto con la CE, y atendiendo a las recomendaciones del MAGRAMA con respecto a la calidad de las aguas de riegos se clasifica como agua de calidad media.

5.1.5 Trasplante

El trasplante se realizó el 14/03/2016 en un invernadero tipo túnel descrito anteriormente (Foto 5.20). Dado que la superficie de cultivo era manejable, se decidió no tratar el terreno con herbicidas de preemergencia, y se optó por la eliminación manual de las malas hierbas.



Foto 5.20. Invernadero de plástico tipo túnel.

El trasplante se hizo de forma manual con ayuda de un plantador. El terreno presentaba unas condiciones ideales para la siembra, sobre todo en lo que a humedad se refiere, pues unos minutos antes se activó el riego para mojar la zona de plantación próxima a los emisores y marcar el bulbo (Foto 5.21). Esto permitió además la colocación exacta de las plántulas. Las plantas presentaban en este momento entre 5 y 7 hojas verdaderas, con el cepellón bien formado y la presencia de abundantes raíces, algunas de las cuales incluso sobrepasaron la parte posterior de la bandeja.

Esta labor se realizó a primeras horas de la mañana para que las plántulas no sufrieran déficit hídrico.

El marco de plantación utilizado fue de 30 cm entre líneas y 33 cm entre plantas, resultando finalmente una densidad de 10,1 plantas/m².



Foto 5.21. Trasplante.

Una vez concluido el trasplante se aplicó un riego largo con la finalidad principal de marcar el bulbo, ya que su formación es muy importante sobre todo durante las primeras semanas de cultivo, que es un periodo muy delicado. En esta fase hay que procurar que el bulbo este siempre húmedo, Mesturados Canarias S. L. (2016). Mesturados Canarias S. L. es una empresa de la Isla de Tenerife dedicada a la producción de hortalizas para la fabricación de IV gama, cuyo único cliente es Mercadona.

Durante las dos primeras semanas los riegos fueron diarios, con una duración de 10 minutos, ajustándolos siempre la demanda del cultivo, de manera que el suelo permaneciera ligeramente húmedo, pero evitando la formación de encharcamientos. Después de ese periodo, se procedió a regar llevando al límite la capacidad de campo del terreno para estimular la planta y forzarla a desarrollar un sistema radicular más complejo, teniendo siempre en cuenta las necesidades del cultivo. En algunas ocasiones, y debido a la caída de lluvias abundantes, se optó por no regar para evitar encharcamientos.

5.1.6 Labores de cultivo

5.1.6.1 Reposición de marras

La reposición de marras no fue necesaria debido a que las plantas una vez trasplantadas crecieron con total normalidad y no se vieron afectadas por plagas



ni enfermedades. Por tanto, el porcentaje de reposición fue de un 0 %. De todas formas, durante los primeros días de cultivo se mantuvieron bastantes plantas en los semilleros de las dos variedades, en previsión de posibles fallos.

5.1.6.2 Fertilización

La fertilización se realizó por medio de fertirrigación, utilizando un sistema Venturi previamente contrastado.

Los abonos utilizados fueron abonos simples y se muestran, junto con su riqueza, en la tabla 5.4.

Tabla 5.4. Composición de los abonos empleados.

Abono	Riqueza
Nitrato amónico (NH_4NO_3)	33,5-0-0
Fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)	12-61-0
Sulfato potásico (K_2SO_4)	0-0-50

También se añadió ácido nítrico a razón de 0,2 cc/gotero.

En base a las características del suelo, las necesidades del cultivo, y la experiencia personal adquirida sobre la fertilización de este cultivo en la empresa Mesturados Canarias S. L. de esta isla, se decidió aplicar un plan de abonado cuyo equilibrio, semana a semana, se muestra en las tablas 5.5 y 5.6.

Tabla 5.5.- Plan de abonado escarola.

Semana	N (Unidades de Fertilizantes)	P (Unidades de Fertilizantes)	K (Unidades de Fertilizantes)	Equilibrio (N-P-K)
0	0	0	0	0-0-0
1	20	10	10	2-1-1
2	20	10	10	2-1-1
3	20	10	20	2-1-2
4	20	10	20	2-1-2
5	20	10	20	2-1-2
6	10	10	20	1-1-2
7	10	10	20	1-1-2
TOTAL	120	70	120	

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Tabla 5.6. Aplicación de abonos simples por equilibrio.

Equilibrio (N-P-K)	Nitrato amónico (NH ₄ NO ₃) (g)	Fosfato monoamónico (NH ₄ H ₂ PO ₄) (g)	Sulfato potásico (K ₂ SO ₄) (g)
0-0-0	0	0	0
1-1-1	75	57	69
2-1-1	149	57	69
2-1-2	149	57	138
1-1-2	75	57	138

5.1.6.3 Tratamientos fitosanitarios

Antes de comenzar el cultivo se obtuvo una relación de todas las materias activas autorizadas para la escarola (Apéndice 9.5). Afortunadamente, la decisión de no aplicar tratamientos preventivos fue acertada y, en consecuencia, tampoco hubo que aplicar tratamientos curativos, ni contra plagas, ni contra enfermedades. En todo momento, el estado sanitario de las plantas fue correcto.

5.1.7 **Aplicaciones foliares de calcio y boro**

Tomando en consideración los resultados obtenidos por Carrasco (2014) en un ensayo para determinar la incidencia del Tip-burn en un cultivo de escarola, en el que aplicó 4 tratamientos foliares con diferentes concentraciones de Ca y B, y un control, se decidieron los tratamientos que se debían aplicar en el presente trabajo.

Se estableció que los tratamientos a aplicar en este ensayo fueran tres, y consistieron en un blanco (solo agua de riego) y dos combinaciones diferentes de Ca y B, las concentraciones de estos dos elementos en cada tratamiento las que se muestran en la tabla 5.7.

Tabla 5.7. Tratamientos aplicados con sus correspondientes dosis.

Tratamiento	Dosis
T1: Testigo	
T2: Calcio (bajo) + Boro (bajo)	150cc/100 L + 200 cc/100 L
T3: Calcio (bajo) + Boro (alto)	150cc/100 L + 300 cc/100 L



Hay que señalar que las concentraciones de B asignadas a cada tratamiento fueron las recomendadas por el fabricante del producto comercial empleado en su preparación, y que fueron de 300 cc/100L como tratamiento correctivo vía foliar, y 200 cc/100L como tratamiento preventivo vía foliar. En cuanto al Calcio, también se siguieron las recomendaciones del fabricante (150-250 cc/100L), optando por la dosis más baja (Carrasco, 2014). La composición de los productos comerciales utilizados en los tratamientos se muestra en la tabla 5.8.

Tabla 5.8. Composición de los tratamientos empleados.

Tratamiento	Composición
Calcio	17,5% (p/p) Oxido de calcio (CaO) soluble en agua – 23,8% (p/v)
Boro	Boro elemental es del 11 % (en p/v es de 15%)

Se realizaron dos aplicaciones de los tratamientos (Fotos 5.22, 23 y 24), uno en la cuarta semana de cultivo y otro en la sexta semana (Apéndice 9.6).



Foto 5.22. Preparación de caldo.



Foto 5.23. Aplicación de tratamiento



Foto 5.24. Aplicación de tratamiento.

5.1.8 Escardas

El control y eliminación de las malas hierbas se realizó de forma manual, semanalmente, exactamente el viernes de cada semana (Foto 5.25). Se procedió a la eliminación de estas para evitar que pudieran afectar negativamente al desarrollo del cultivo. Algunas de las más frecuentemente identificadas se muestran en las fotos en la tabla 5.9.



Foto 5.25. Eliminación de malas hierbas.



Tabla 5.9. Reconocimiento de las principales malas hierbas presentes.



Juncia (*Cyperus spp.*)



Hierba gallinera (*Stellaria media*)



Trébol (*Trifolium arvense L.*)



Ortiga (*Urtica dioica*)

5.1.9 Accidentes, fisiopatías, plagas y enfermedades

Durante el tiempo que duró el ensayo, se realizó casi a diario, una inspección visual del cultivo para detectar la presencia o los daños causados por plagas y/o enfermedades, sin que en ningún momento se apreciaran síntomas de las mismas. Es posible que a ello contribuyera también el adecuado control que se hizo sobre los cultivos vecinos de okra (*Abelmoschus esculentus*) y karela (*Momordica charantia*), que si se vieron afectados por pulgones durante la primera semana de cultivo (no afectó al cultivo de escarola), pero que fueron tratados inmediatamente (Tabla 5.10).

Tabla 5.10. Materia activa de insecticida aplicado en cultivos colindantes.

Materia activa	Motivo	Dosis	Plazo seguridad
Imidaclopid 20 %	Pulgón	50 cc /100 L	7 días

En cuanto a fisiopatías destacar la aparición de Tip-burn sobre todo en la variedad C. di Bordeaux (hoja lisa) en la cuarta semana, la misma semana en la que se realizó la primera aplicación de tratamientos. Esta fisiopatía volvió a aparecer en la semana 6, con mayor presencia esta vez sobre la variedad Ruffec (hoja rizada), aunque también en la variedad C. di Bordeaux (hoja lisa). En la última semana de cultivo (semana 7), varias plantas presentan síntomas de subida prematura a flor, posiblemente debido al incremento de temperatura que tuvo lugar esos días.

En las últimas semanas de cultivo, y con el fin de controlar las plagas que pudieran afectar al cultivo, se coloraron bandas adhesivas de color amarillo para ácaros, pulgones, mosca blanca y minador de las hojas, y de color azul para trips y mosca blanca.

5.1.10 Datos climáticos

Durante la experiencia se tomaron datos de humedad y temperatura. En la fase de semillero que se realizó en el invernadero de cristal, se tomaron los valores de humedad y temperatura registrados por la estación instalada en este invernadero, mientras que durante la fase de cultivo que se realizó en el invernadero de plástico, se tomaron los datos de temperatura registrados por un



sensor térmico que se ha colocado (Foto 5.26). Pueden ser consultados durante la fase en los apéndices 9.3. y 9.4.



Foto 5.26. Sensor térmico.

5.2 Trabajo de laboratorio

5.2.1 Recolección de muestras para análisis foliar (05/05/2016)

Para saber cómo habían afectado los tratamientos aplicados a las plantas se procedió a su recolección y análisis en el Laboratorio de Química General y Agrícola de la EPSI (sección de Ingeniería Agraria). La recolección comenzó a primera hora de la mañana, cuando las plantas presentaban un grado máximo de hidratación, de seis en seis, dando preferencia a las unidades experimentales, los tratamientos y las repeticiones.

Cuando se terminó de recolectar una variedad se empezó a recolectar la siguiente. Las plantas se cortaron con un cuchillo a ras del suelo (a la altura del cuello de la panta), se introdujeron en bolsas plásticas adecuadamente identificadas con etiquetas (trazabilidad), donde figuraban tres letras (R: repetición o bloque, T: tratamiento, A: variedad) acompañadas cada una de ellas por un

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

dígito (1, 2, 3), y se trasladaron rápidamente al laboratorio para evitar en lo posible pérdidas de humedad.

5.2.2 Preparación de las muestras

Una vez que las muestras estuvieron en el laboratorio se colocaron en la mesa de trabajo sobre papeles de filtro rotulados (trazabilidad). A continuación se procedió del siguiente modo:

- Obtención del peso fresco de cada planta (balanza de precisión marca COBOS modelo DC-2300-S) (Foto 5.27).
- Medida de la altura (Foto 5.28).
- Anotación de observaciones relevantes como subida prematura a flor, presencia de daños, coloraciones anormales, etc.
- Partición de las plantas, que consistió en dividir las plantas en dos mitades mediante un corte longitudinal, y una de ellas a su vez en otras dos mitades. El cuarto obtenido se supone representativo de la planta entera y fue la porción de muestra que posteriormente se analizó (foto 5.29).
- Observación detallada de las plantas y asignación de un determinado valor dependiendo del grado de afectación por Tip-burn. Se asignó el valor 0 a las plantas que no presentaron Tip-burn, 1 para las que lo presentaron en un porcentaje inferior al 25%, 2 para las afectadas hasta en un 50%, que además se clasificaron como no comercializables, y 3, para las plantas afectadas en más de un 50%, y que también se clasificaron como no comercializables.
- Obtención del peso fresco de la porción de muestra ($\frac{1}{4}$) que sería analizada posteriormente (balanza de precisión marca COBOS modelo DC-2300-S).
- Lavado de las muestras (con agua destilada) para eliminar los restos de suelo, polvo, insectos, etc. que pudieran alterar los resultados de los



análisis, y escurrido de las mismas durante varios minutos para eliminar en lo posible el exceso de humedad (foto 5.30).



Foto 5.27. Peso fresco.



Foto 5.28. Altura planta.



Foto 5.29. Corte longitudinal.



Foto 5.30. Lavado con agua destilada.

5.2.3 Secado de las muestras

Después de lavadas, cada una de las muestra se introdujo en un sobre de papel de filtro (absorbente) abierto, adecuadamente etiquetado, y se pusieron a secar en una estufa de aire forzado (marca SELECTA modelo 140B) (foto 5.31) a 60 °C durante 24 h o peso constante.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Transcurridas las 24 h, se fue comprobando cada cierto tiempo cual era el grado de humedad de las muestras y, cuando se estimó que el peso de las mismas permanecía constante, se sacaron de la estufa y se trasladaron a una habitación seca donde se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

Una vez que alcanzaron la temperatura ambiente se volvieron pesar para obtener su peso seco (foto 5.32). Finalmente, las muestras secas se guardaron en bolsas plásticas transparentes adecuadamente identificadas y se conservaron en un lugar seco y protegido de la luz hasta el siguiente procedimiento (molienda).



Foto 5.31. Estufa a 60°C.



Foto 5.32. Obtención peso seco

5.2.4 Molienda

Antes de comenzar la molienda, las muestras secas se mantuvieron durante 10 minutos a 60°C en una estufa de aire forzado (marca HERAEUS modelo KT500) para asegurar su correcto nivel de secado (Foto 5.33). Además, con el fin de facilitar la molienda, las muestras secas enteras se disgregaron en trozos más pequeños con ayuda de una picadora de uso doméstico (marca Moulinex modelo A320R1) (Foto 5.34 y 5.35), y se guardaron en la misma bolsa plástica.

Dado que, como era previsible, la cantidad de materia seca obtenida (a pesar de haber realizado el cuarteo de las plantas) fue grande, y con el fin de obtener una muestra lo más representativa posible de cada unidad experimental (18), se utilizó una hoja de cálculo (Microsoft Excel) para determinar la cantidad de



muestra seca de cada planta que, en proporción a su peso seco, se debía de tomar para lograr un total de 60 g por unidad experimental. Una vez realizadas las pesadas correspondientes, las distintas submuestras se mezclaron adecuadamente y se etiquetaron (Tabla 5.11).

Tabla 5.11. Muestras con sus respectivas trazabilidades.

TRAZABILIDAD	MUESTRA
R1T1A	1
R2T1A	2
R3T1A	3
R1T2A	4
R2T2A	5
R3T2A	6
R1T3A	7
R2T3A	8
R3T3A	9
R1T1B	10
R2T1B	11
R3T1B	12
R1T2B	13
R2T2B	14
R3T3B	15
R1T3B	16
R2T3B	17
R3T3B	18

La molienda propiamente dicha se realizó en un molino de hojas (micromolino batidor marca CULATTI) provisto de tamiz de 1 mm (Foto 5.36). Durante el proceso se procuró mantener siempre una velocidad de molienda media, para evitar la excesiva pulverización de las muestras y la consiguiente falta de uniformidad. Las muestras molidas se guardaron nuevamente en su correspondiente bolsa plástica y se almacenaron en un lugar seco hasta el momento del análisis.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia* L.) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro



Foto 5.33. Estufa con muestras



Foto 5.34. Picadora.



Foto 5.35. Picadora.



Foto 5.36. Molino de hojas.



5.2.5 Mineralización

La mineralización de las muestras foliares se llevó a cabo por un procedimiento de acenización por vía seca (Jones, 1991). Para ello se pesó en una balanza de precisión (marca METTLER modelo AC100) 1 g de cada una de las muestras molidas y secas (con una precisión de $\pm 0,1$ mg) en crisoles de porcelana previamente tarados y se introdujeron en un horno mufla (marca CARBOLITE FURNACES modelo KJELTEC 2100) (Foto 5.37) con programación de temperatura (temperatura inicial de 100 °C, aumento a razón de 5 °C min⁻¹ hasta los 250 °C, permanencia durante 1 h a 250 °C, aumento hasta 500 °C a razón de 5 °C min⁻¹, permanencia durante 4 h a 500 °C). Un vez Terminado el programa se comprobó que el color de las cenizas era el adecuado y, en caso contrario, se aumentó el tiempo de calcinación y/o la temperatura (hasta un máximo de 550 °C).

Una vez que los crisoles se enfriaron, se procedió al ataque de las cenizas con 5 mL de HCl al 20% (Foto 5.38). Seguidamente los crisoles se calentaron en una placa calefactora para facilitar la disolución de las cenizas, evitando las salpicaduras y sin llegar a la sequedad. Las disoluciones obtenidas se filtraron a través de papel Whatman nº 42 sobre matraces aforados de 100 mL, lavando repetidamente tanto los embudos como los crisoles con pequeños volúmenes de agua caliente. Finalmente, los matraces se enrasaron con agua destilada (CE25°C < 4 μ mhos cm⁻¹) y el contenido se pasó a frascos plásticos (125 mL) que se guardaron en un lugar protegido de la luz (Fotos 5.39 y 5.40). En este mineralizado se determinaron los elementos Ca, Mg, P y B.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro



Foto 5.37. Horno mufla.



Foto 5.38. Adición de HCl 6N.



Foto 5.39. Preparación de material



Foto 5.40. Preparación de muestra.



5.2.6 Determinaciones analíticas

5.2.6.1 Determinación de Nitrógeno

El N se determinó mediante digestión Kjeldahl de 0,2 g de muestra seca (Digestor 12 plazas marca SELECTA) (Foto 5.41) y posterior destilación del mineralizado (destilador Tecator Kjeltec 2100) (Foto 5.42) en medio fuertemente alcalino (NaOH al 40%). El NH_3 desprendido se recogió sobre H_3BO_3 al 4% y se valoró con H_2SO_4 0,1N (Fotos 5.43 y 44).



Foto 5.41. Digestor para 12 muestras.



Foto 5.42. Unidad de destilación.



Foto 5.43. Muestras sin valorar con H_2SO_4 .



Foto 5.44. Muestras valoradas con H_2SO_4 .

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

5.2.6.2 Determinación de Fósforo

El fósforo se determinó por Espectrofotometría UV/VIS (Espectrofotómetro Perkin-Elmer 551S) según el método del molibdato vanadato, midiendo la densidad de del color (470 nm) del complejo P-molibdato vanadato amónico formado (Jackson, 1964; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1986) (Fotos 5.45, 5.46 y 5.47).



Foto 5.45. Preparación muestra de fósforo.



Foto 5.46. Posición de las cubetas.



Foto 5.47. Lecturas de muestras de fósforo.



5.2.6.3 Determinación de Potasio

El K se determinó por Fotometría de Emisión (Fotómetro de Llama marca Corning) (Foto 5.48). Los resultados se obtuvieron mediante la interpolación de las lecturas obtenidas para las muestras (una vez realizadas las diluciones oportunas) en la correspondiente curva patrón (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1986).



Foto 5.48. Fotómetro de llama.

5.2.6.4 Determinación de Calcio y Magnesio

El Ca y el Mg se determinaron por Espectrometría de Absorción Atómica (Espectrómetro Thermo Electron Corporation S Series) (Foto 5.49) con llama de aire-acetileno, utilizando Cl_2Sr como inhibidor de la ionización para evitar posibles interferencias de Si , PO_4^{3-} y SO_4^{2-} . En ambos casos, Ca y Mg, los resultados se obtuvieron mediante la interpolación de las lecturas obtenidas para las muestras en la correspondiente curva patrón (Ca o Mg), después de haber realizado las diluciones oportunas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1986).



Foto 5.49. Espectrómetro de absorción atómica.

5.2.6.5 Determinación de Boro

El Boro se analizó por el método de la Azometina-H (John *et al.*, 1975). En un tubo de ensayo de 10 mL se añadieron 1 mL de muestra, blanco o disolución patrón según fue el caso, 2 mL de disolución reguladora (250 g de acetato amónico, 15 g de EDTA, 400 mL de agua destilada, 125 mL de ácido acético) a pH 5,5, y dos mL de reactivo de azometina-H (disolución de azometina-H al 0,45% y ácido ascórbico al 1%). La mezcla se agitó convenientemente, se dejó desarrollar el color durante 45 min (Foto 5.50), y se leyó la absorbancia del compuesto formado a 420 nm. Los resultados se obtuvieron mediante la interpolación de las lecturas obtenidas para las muestras en la correspondiente curva patrón.

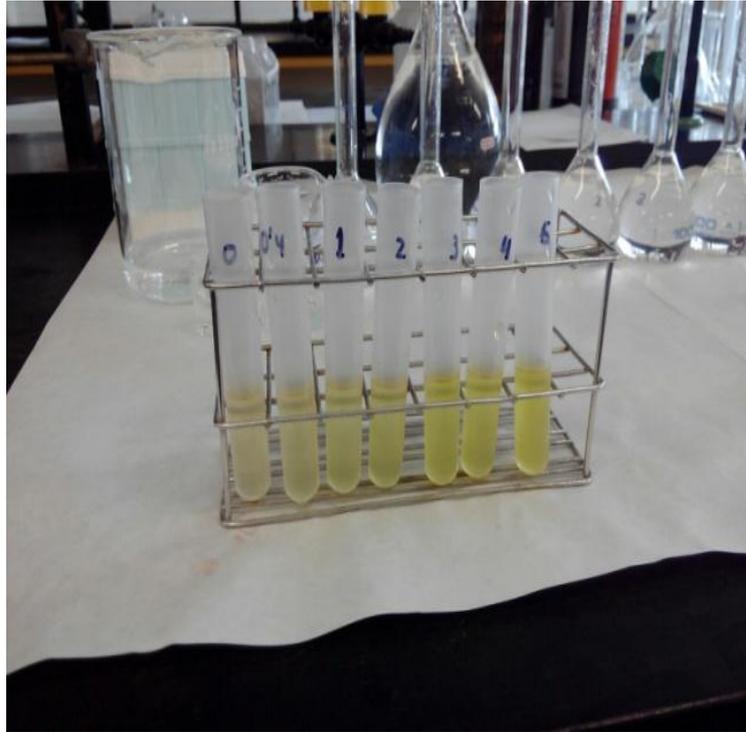


Foto 5.50. Curva patrón de boro.

5.3 Tratamiento informático y estudio estadístico

1. Los resultados obtenidos se elaboraron y organizaron en varias hojas de cálculo con el programa Microsoft Excel 2013.
2. El estudio estadístico de los resultados, que consistió principalmente en el cálculo de estadísticos univariantes, estudio de posibles diferencias significativas entre tratamientos mediante análisis de la varianza (ANOVA), test de separación de medias de los tratamientos que presentaron diferencias significativas (Test de Duncan $p \leq 0,05$), y cálculo de coeficientes de correlación y parámetros de regresión lineal entre algunas variables de interés, se realizó con el programa SPSS versión 20. En algunos casos se utilizó complementariamente el programa IS InfoStat versión 2016 para estudiantes (Di Rienzo *et al.*, 2016; Balzarini *et al.*, 2008).

ABIAN HERRERA

ABIAN HERRERA

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ABIAN HERRERA



6.1 Datos climáticos

La temperatura es un factor muy importante en la aparición del Tip-burn, debido a que con el incremento de la misma se acelera la respiración y aumenta el contenido de ácidos orgánicos y otros metabolitos intermedios, que quelatan el calcio disponible (Misaghi y Grogan, 1978). Los datos de temperatura se representan en los gráficos 6.1 y 6.2 (Apéndices 9.3 y 9.4).

Puesto que la fase de semillero y la fase de cultivo se realizaron en distintos invernaderos de la EPSI. Se han diferenciado las temperaturas obtenidas en el invernadero de cristal (fase de semillero) (Gráfico 6.1) y las obtenidas en el invernadero con cubierta de plástico (fase de cultivo) (Gráfico 6.2).

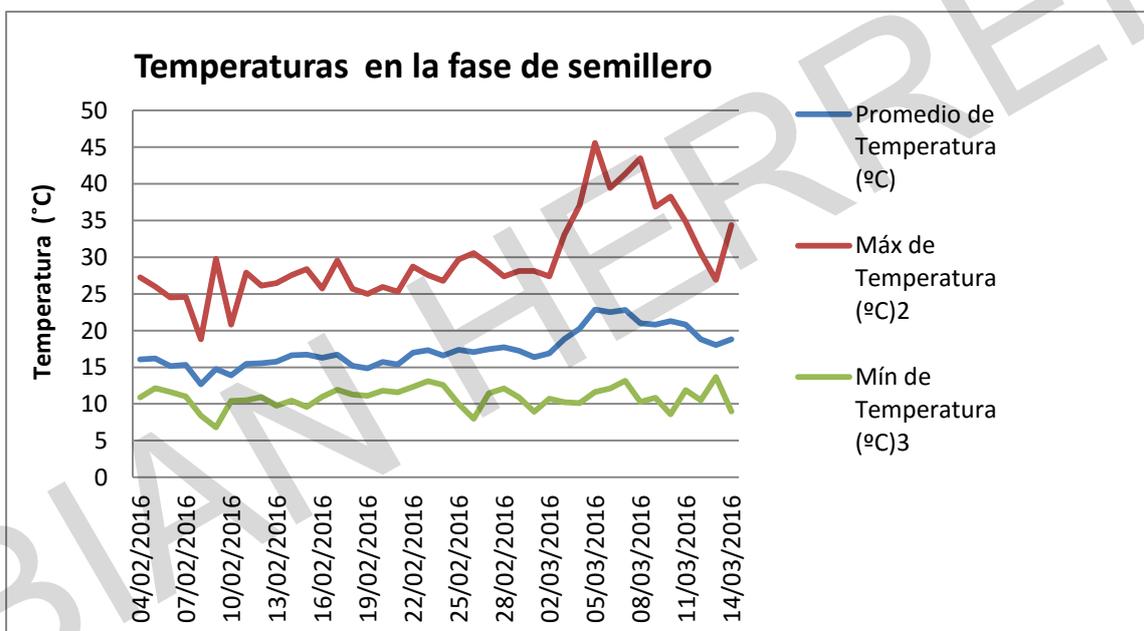


Gráfico 6.1. Evolución de la temperatura (°C) en la fase de semillero.

En la fase de semillero la temperatura se mantuvo entre 15 y 25 °C, casi todo el tiempo provocando unos resultados óptimos. Las escasas excepciones en que esto no ocurrió, se debieron al descenso de la temperatura nocturna. Cabe señalar también el incremento de las temperaturas que se produjo a partir del mes de marzo.

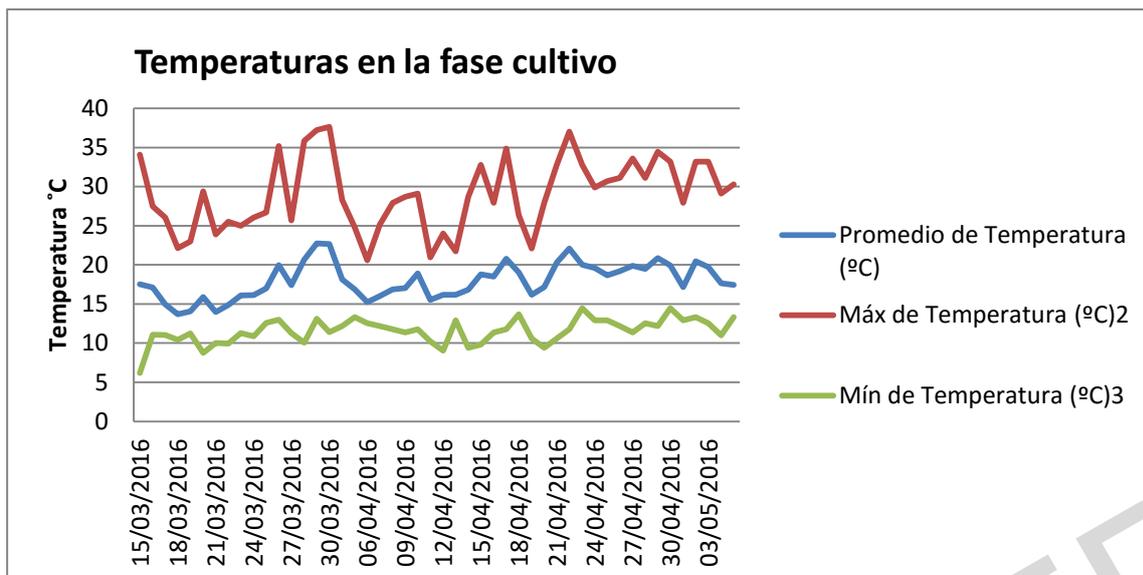


Gráfico 6.2. Evolución de la temperatura (°C) en la fase de cultivo.

Del mismo modo que la fase de semillero, la fase de cultivo se desarrolló en unas condiciones de temperatura óptimas, con medias diarias que se mantuvieron entre los 16 y los 20 °C, y que son consideradas ideales para el cultivo de la escarola. Aunque en alguna ocasión la temperatura mínima descendió hasta los 6,2 °C, el cultivo no se vió afectado dado que su temperatura crítica es de -6 °C. La temperatura máxima alcanzó en algún momento los 37,6 °C, valor que es considerado crítico para el cultivo, y que puede inducir el alargamiento de hojas, fisiopatías, etc. La diferencia de temperatura entre el día y la noche llegó a ser en algún caso de 27,9 °C, circunstancia que también puede provocar la aparición de fisiopatías, sobre todo si tiene lugar un golpe de sol con un cambio brusco de la temperatura en la atmósfera del invernadero, facilitando la aparición de necrosis marginal (Tip-burn) (Misaghi y Grogan, 1978).

6.2 Presencia de Tip-burn y tratamientos foliares aplicados

Como se ha descrito en el apartado anterior (Material y métodos) los tratamientos aplicados se pueden ver en las tablas 6.7 y su composición en la tabla 6.8.

Los primeros síntomas de Tip-burn se pudieron observar en la quinta semana después del trasplante, exactamente los días 14/04/2016 y 15/04/2016. En este último día se aplicó el primer tratamiento foliar con Ca y B. En la gráfica 6.2 se



puede apreciar como en el periodo comprendido entre el 14/04/2016 y el 17/04/2016, se produjo un aumento considerable de las temperaturas con respecto a los días anteriores, por lo que posiblemente fuera esta una de las causas que provocó la aparición de Tip-burn. Las plantas que se vieron más afectadas fueron las de la variedad Cornetto di Bordeaux, mientras que las de la variedad Ruffec lo fueron en un porcentaje bastante menor. Días posteriores al tratamiento se observó que el progreso del Tip-burn se había detenido en la práctica totalidad de las plantas afectadas, a excepción de las plantas testigo (no tratadas), en las que no se vio ninguna mejoría.



Foto 6.1. Escarola C. di Bordeaux afectada por Tip-burn.

El segundo repunte de Tip-burn se observó a finales de la sexta semana después del trasplante, concretamente el día 24/04/2016. En esta ocasión, las plantas que presentaron necrosis fueron principalmente las testigo, y aunque alguna de las tratadas también se vio afectada, los daños fueron mucho menores. La segunda aplicación foliar de Ca y B se dio el día 25/05/2016. En los días posteriores se pudo apreciar una enorme mejoría de las plantas tratadas, pues el

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

progreso de los daños se detuvo, pero en las plantas afectadas no tratadas (testigo), no se apreció mejoría alguna. Esta aparición de Tip-burn se puede relacionar con el aumento de las temperaturas que se produjo en esos días (Gráfico 6.2), y que en algún caso se aproximó a los 37 °C (22/04/2016). Las plantas que se vieron más afectadas en este segundo repunte fueron las testigo (T I) y las del tratamiento II (T II) de la variedad Ruffec, principalmente las del bloque I, mientras que la incidencia en plantas del tratamiento III (T III) fue insignificante. En cuanto a la variedad C. di Bordeaux, destacó la aparición de necrosis en las plantas testigo del bloque 2. En las fotos 6.1 y 6.2 se observa la afección del segundo repunte de Tip-burn.



Foto 6.2. Escarola var. C. di Bordeaux afectada por Tip-burn.



Foto 6.3. Escarola var. Ruffec afectada por Tip-burn.

6.3 Parámetros fisiológicos

6.3.1 Producción total

En la tabla 6.1 se muestran los pesos frescos medios obtenidos para cada una de las variedades (Cornetto di Bordeaux y Ruffec) en cada uno de los tratamientos aplicados. El valor más alto corresponde a la variedad Cornetto di Bordeaux en el tratamiento I, y el más bajo a la variedad Ruffec en el tratamiento III.

Tabla 6.1. Peso fresco medio (g) y porcentaje medio de materia seca (n=36) obtenido por variedad y tratamiento.

	Promedio de peso fresco (g)	Promedio de materia seca (%)
	Ruffec	
T I	421,99 a ¹	4,75 a
T II	418,71 a	5,57 a
T III	455,44 a	4,68 a
	Cornetto di Bordeaux	
T I	474,27 a	5,71 a
T II	455,29 a	5,14 a
T III	404,18 a	6,57 a

¹ Interacción variedad x tratamiento. Por columnas, valores medios seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Aunque en el gráfico 6.3 se aprecia una cierta tendencia de los pesos medios a disminuir en la variedad Bordeaux y a permanecer constantes en la variedad Ruffec (al aumentar la concentración de Ca y/o B del tratamiento aplicado), las diferencias tanto entre tratamientos como entre variedades son pequeñas, y desde un punto de vista estadístico, no significativas ($p > 0,05$).

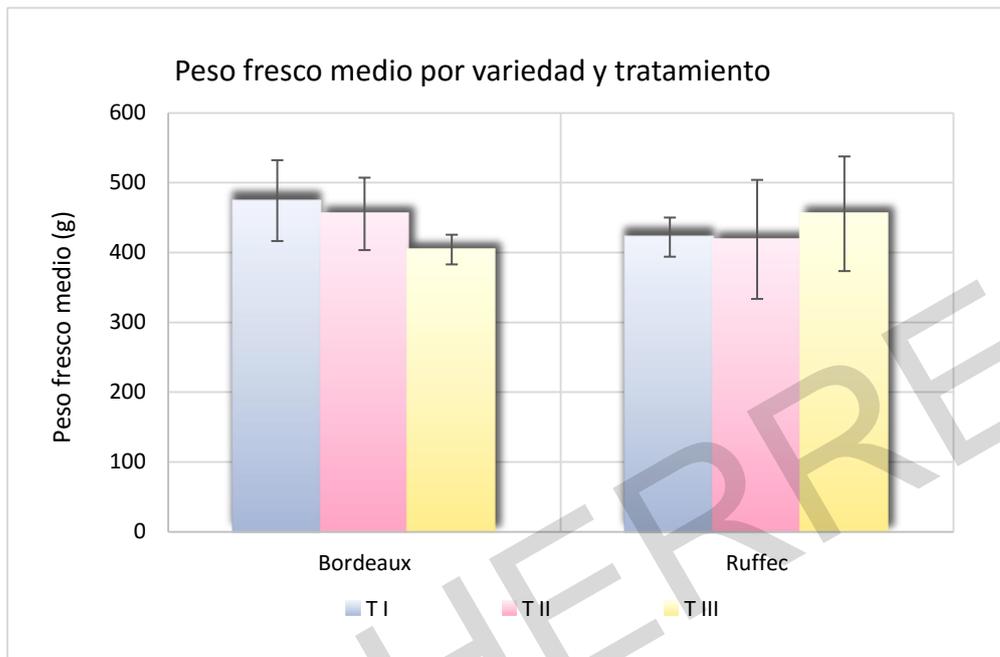


Gráfico 6.3. Pesos frescos medios por variedad (Cornetto di Bordeaux, Ruffec) y tratamiento (n=36), y error típico de la media (± 1 error típico).

Tampoco es significativa la interacción tratamiento x variedad ($p > 0,05$) (Tabla 6.1) (Apéndice 9.1.1). Estos pesos son muy similares a los señalados por Carrasco (2014) al aire libre, e inferiores a los obtenidos por Gromaz (2013) bajo invernadero. En cuanto al porcentaje de materia seca (Tabla 6.1), y al igual que ocurre con el peso fresco, las pequeñas diferencias que se aprecian tanto entre variedades como entre tratamientos, no son estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

El hecho de que el peso fresco tenga valores superiores en las plantas con mayor concentración foliar de boro concuerda con lo descrito por Vera (2001), que indica que el boro mejora el rendimiento del cultivo. Esto solo ocurre en la variedad Ruffec pero es significativo este aumento de rendimiento, mientras que en la variedad Cornetto di Bordeaux ocurre lo descrito por Carrasco (2014) que



indica que las plantas tratadas con mayor cantidad de Boro dan plantas con menor peso.

6.3.2 Altura planta

En la tabla 6.2 se muestran las alturas medias para cada una de las variedades estudiadas (Cornetto di Bordeaux y Ruffec) en cada uno de los tratamientos aplicados. El valor más alto en las dos variedades corresponde a plantas del Tratamiento I (Testigo), y el valor más bajo a plantas de la variedad Cornetto di Bordeaux en el tratamiento III. En cualquier caso, las pequeñas diferencias observadas no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$) ni entre tratamientos, ni entre variedades. Tampoco fue significativa la interacción tratamiento x variedad (Tabla 6.2) (Apéndice 9.1.3).

Tabla 6.2. Altura media de la planta (cm) (n=36) obtenido por variedad y tratamiento.

	Promedio de longitud (cm)	
	Cornetto di Bordeaux	Ruffec
T I	36,0 a ¹	35,0 a
T II	36,0 a	34,8 a
T III	32,1 a	34,3 a

¹ Interacción variedad x tratamiento. Valores medios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$).

En el gráfico 6.4 se observa como las aplicaciones foliares de Ca y B no influyeron en la longitud media de las plantas, que fue muy similar en las dos variedades (Cornetto di Bordeaux y Ruffec) y en los tres tratamientos (TI, TII y TIII).

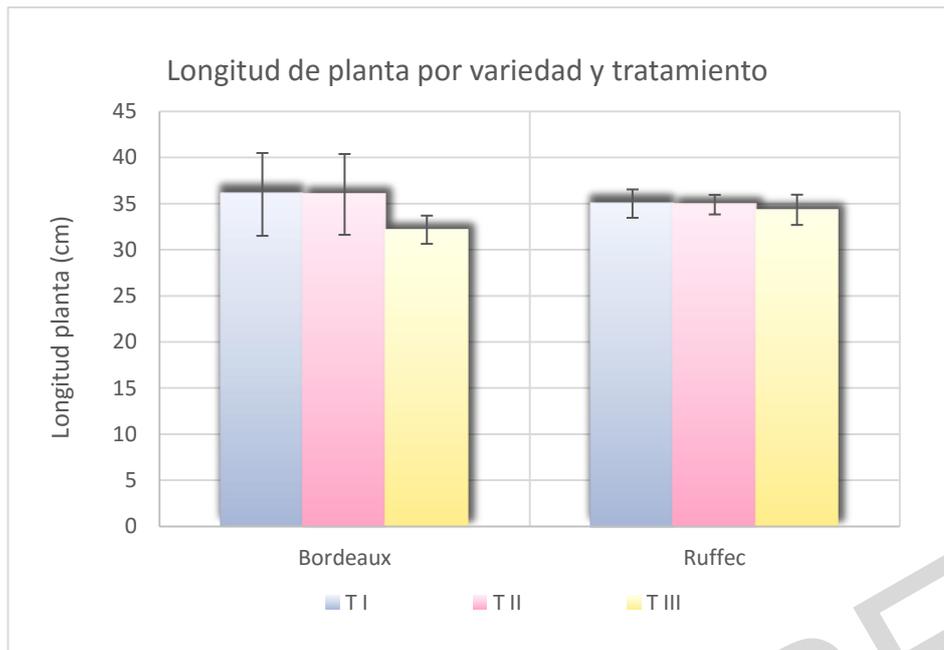


Gráfico 6.4. Longitud media por variedad (Cornetto di Bordeaux, Ruffec) y tratamiento (n=36), y error típico de la media (± 1 error típico).

Los valores obtenidos son ligeramente superiores a los citados por Carrasco (2014) al aire libre. Es posible que influyera en ello el hecho de que el ensayo se realizara en invernadero, y que las plantas estuvieran sometidas a temperaturas superiores, lo que se justifica considerando que el objetivo principal de este trabajo, es estudiar la incidencia del Tip-burn.

6.4 Incidencia del Tip-burn

En la tabla 6.3 se muestra la incidencia de Tip-Burn en cada una de las variedades estudiadas (Cornetto di Bordeaux y Ruffec), para cada uno de los tratamientos aplicados, y según el nivel de daño observado (TBG0, TBG1, TBG2, TBG3), que se estimó en función de la proporción de parte consumible afectada. Considerando otros parámetros de calidad como el espigado o el diámetro de la planta, se estimó también el porcentaje de plantas comercializables (COM), y el de plantas no comercializables (NCOM).

Se puede apreciar tanto en la variedad Ruffec como en la variedad Cornetto di Bordeaux, como a medida que aumenta la concentración de Ca y B de los tratamientos, el porcentaje de plantas que no presentan daños de Tip Burn también lo hace (TBG0), y el porcentaje de plantas que presentan daños serios



(TBG2 y TBG3) disminuye. Por el contrario, la proporción de plantas con daños leves (TBG1) parece ser independiente. Estas diferencias, que a la vista de los resultados presentados son importantes entre tratamientos, y particularmente en lo que a TBG0 y TBG2 se refiere, no lo son en ningún caso desde un punto de vista estadístico ($p > 0,05$). Una razón para ello podría ser la amplia variabilidad observada en el ensayo para estos parámetros (errores estándar). Tampoco resultaron significativas las diferencias entre variedades o la interacción tratamiento x variedad, de lo que se deduce que ambas variedades presentaron una tolerancia similar al Tip Burn, y una respuesta similar a los tratamientos.

Tabla 6.3. Incidencia de Tip-Burn en el ensayo, expresada como porcentaje de plantas afectadas con un determinado nivel de daño.

	TBG0 (%)	TBG1 (%)	TBG2 (%)	TBG3 (%)	COM (%)	NCOM (%)
Ruffec						
T I	22,22 a ¹	58,33 a	19,44 a	0,00 ²	27,78 a	72,22 a
T II	30,56 a	44,44 a	25,00 a	0,00	58,33 a	41,67 a
T III	52,78 a	41,67 a	5,56 a	0,00	69,44 a	30,56 a
Cornetto di Bordeaux						
T I	19,44 a	41,67 a	36,11 a	2,78	38,89 a	61,11 a
T II	27,78 a	50,00 a	19,44 a	2,78	58,33 a	41,67 a
T III	52,78 a	44,44 a	2,78 a	0,00	69,44 a	30,56 a

¹ Interacción variedad x tratamiento. Por columnas valores medios seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

² Para TBG3 no se realizó ANOVA por no considerarse suficientemente representativo el porcentaje de plantas afectadas en cada tratamiento.

En el gráfico 6.5 se aprecia como la aplicación de tratamientos foliares con Ca y B a las variedades Ruffec y Cornetto di Bordeaux produce un aumento en el porcentaje de plantas comercializables (COM). En este caso las diferencias entre tratamientos si son significativas ($p \leq 0,05$), y lo son entre el tratamiento I (plantas testigo o sin tratar) y los tratamientos II y III (Tabla 6.4).

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Tabla 6.4. Porcentaje de plantas comercializables (COM) por tratamiento. Test de Duncan (Alfa = 0,05).

	Medias	n		
T III	69,44	6	a ¹	
T II	58,33	6	a	
T I	33,33	6		b

¹ Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Por el contrario no se aprecian diferencias significativas entre variedades, y tampoco en la interacción tratamiento por variedad ($p > 0,05$). De lo anterior se deduce que los tratamientos con Ca y B fueron efectivos a la hora aumentar el porcentaje de plantas comercializables, que lo fueron de igual modo en las dos variedades, y que los tratamientos T II y T III siendo incluso diferentes en cuanto a la concentración de B aplicada, se comportaron de un modo similar.

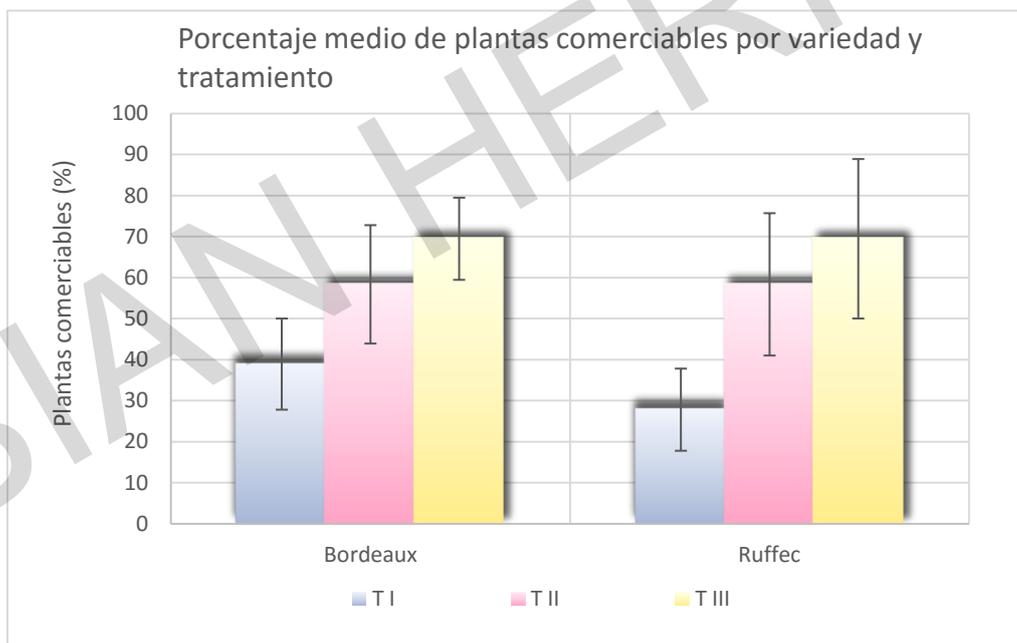


Gráfico 6.5 Porcentaje medio de plantas comercializables por variedad (Cornetto di Bordeaux, Ruffec) y tratamiento (n=36), y error típico de la media (± 1 error típico).



Estos resultados coinciden con los obtenidos por Carrasco (2014), que explica como el número de plantas comercializables aumenta al aumentar las concentraciones de Ca y B de los tratamientos.

6.5 Subida a flor prematura

En la tabla 6.5 se muestra la incidencia que tuvo la subida a flor prematura en cada una de las variedades del ensayo (Cornetto di Bordeaux y Ruffec) en función de los tratamientos aplicados. Todas las plantas afectadas por este accidente, al igual las afectadas por Tip-burn (cuando alcanza cierto grado), no son comercializables (NCOM). Esto fue tenido en cuenta cuando se calcularon los porcentajes de plantas comercializables (COM) y no comercializables (NCOM).

En las dos variedades estudiadas (Tabla 6.5), las plantas no tratadas (T I) reúnen el mayor porcentaje de plantas afectadas por subida a prematura a flor, y de estas, la variedad Ruffec es la que presenta una mayor incidencia. De ello se podría desprender que los tratamientos aplicados de Ca y B ayudan a prevenir este accidente, y sobre todo en la variedad Ruffec. Sin embargo, al margen de estas apreciaciones, las diferencias comentadas no fueron estadísticamente significativas, ni entre tratamientos ni entre variedades, y tampoco lo fue la interacción tratamiento x variedad ($p > 0,05$).

Tabla 6.5. Incidencia de la subida prematura a flor en el ensayo, por variedad y por tratamiento, expresada como porcentaje sobre el total.

	Subida a flor prematura (%)	
	C. di Bordeaux	Ruffec
T I	38,89 a ¹	52,70 a
T II	30,56 a	22,22 a
T III	27,78 a	30,56 a

¹ Interacción variedad x tratamiento. Valores medios seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tal como se muestra en el gráfico 6.6, la variabilidad encontrada para este parámetro (error estándar) es importante, y quizás sea esta una de las causas por la que algunas de las observaciones comentadas, no puedan considerarse concluyentes. El único factor que presentó diferencias significativas para este

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

parámetro fue el factor bloque ($p < 0,05$). Es posible que futuros trabajos orientados al estudio de este accidente (subida prematura flor), pudieran aumentar su sensibilidad si se incrementara el número de repeticiones y/o el número de plantas por unidad experimental.

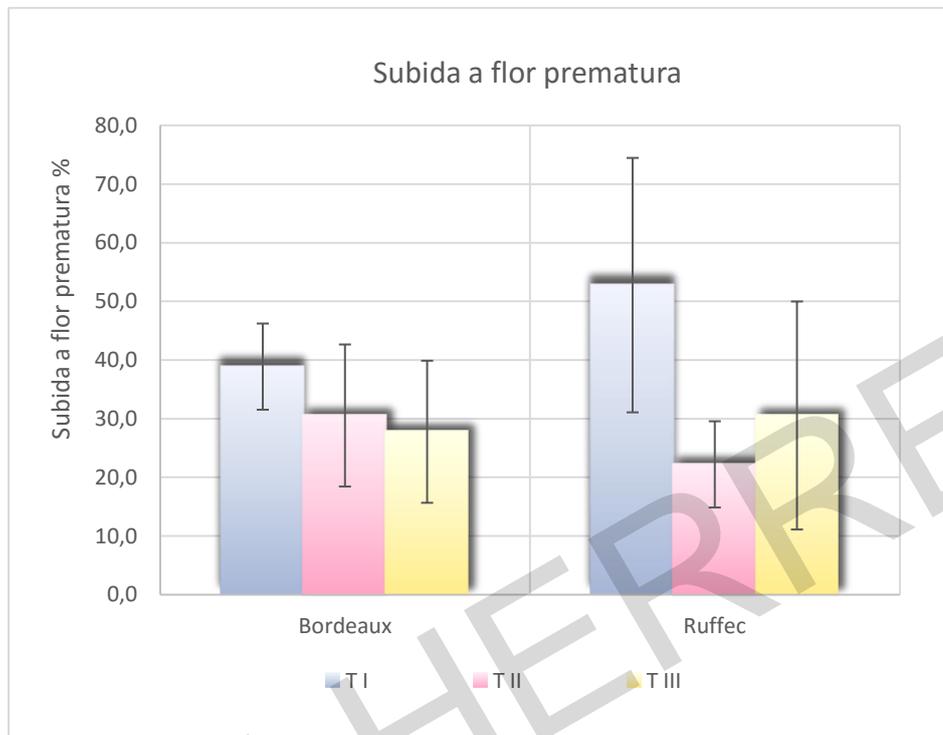


Gráfico 6.6. Porcentaje medio de plantas con síntomas de subida a flor prematura por variedad (*C. di Bordeaux*, *Ruffec*) y tratamiento ($n=36$), y error típico de la media (± 1 error típico).

6.6 Composición mineral

Con el fin de comprobar el efecto que tuvieron los tratamientos sobre las concentraciones foliares de nutrientes en el cultivo, se analizaron los macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, y un micronutriente esencial en este ensayo, el boro, prestando especial atención al Ca y al B, por ser nutrientes relacionados frecuentemente con la aparición del Tip-burn, y por ser la base de los tratamientos aplicados.

6.6.1 Concentración de nitrógeno en hojas

En la tabla 6.6 se muestran las concentraciones foliares medias de nitrógeno ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de materia seca), obtenidas para las variedades Cornetto di Bordeaux y *Ruffec* en cada tratamiento. El valor más bajo corresponde a la variedad *Ruffec*



en el tratamiento I, y el más alto a la variedad Cornetto di Bordeaux en el tratamiento III.

Aunque las concentraciones determinadas en Cornetto di Bordeaux son tan solo ligeramente superiores a las determinadas en Ruffec, la diferencia entre ambas es muy significativas ($p \leq 0,01$).

Tabla 6.6. Concentración foliar media de N, por variedad y tratamiento expresada en $g\ 100g^{-1}$ sobre materia seca (%).

	N (% sobre materia seca)	
	C. di Bordeaux	Ruffec
T I	4,4 a ¹	3,9 a
T II	4,5 a	4,1 a
T III	4,6 a	4,1 a

¹ Interacción variedad x tratamiento. Valores medios seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En todos los casos los niveles foliares de nitrógeno analizados en el tratamiento I son ligeramente inferiores a los analizados en el tratamiento II, y estos, a su vez, similares o ligeramente inferiores (Cornetto di Bordeaux) a los analizados en el tratamiento III (Gráfico 6.7). El ANOVA realizado confirma que las pequeñas diferencias entre tratamientos no son estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

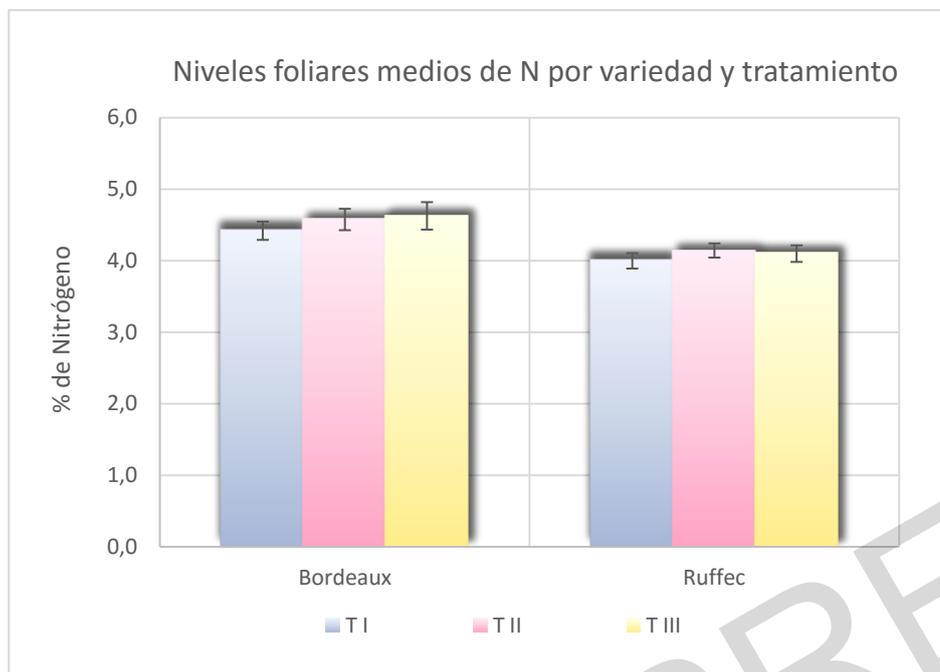


Gráfico 6.7. Porcentaje medio de nitrógeno en hojas por variedad (*C. di Bordeaux* y *Ruffec*) y tratamiento (n=3), y error típico de la media (± 1 error típico).

En este caso la interacción tratamiento x variedad tampoco resultó significativa ($p > 0,05$) (Tabla 6.6).

La concentración foliar de nitrógeno analizada en las dos variedades y en cualquiera de los tratamientos es similar a la señalada por Calvo (2015), y queda comprendida dentro del intervalo considerado como adecuado (3,5-5%) por Casas y Casas (1999).

6.6.2 Concentración de fósforo en hojas

En la tabla 6.7 se muestran las concentraciones foliares medias de fósforo (g kg^{-1} ms) analizadas en las variedades Cornetto di Bordeaux y Ruffec para cada uno de los tratamientos aplicados. El valor más bajo corresponde a la variedad Cornetto di Bordeaux en los tratamientos I y III, y el más alto, a la variedad Ruffec en el tratamiento III, si bien, tal como se muestra en el gráfico 8, todos los valores son muy similares



Tabla 6.7. Contenido medio de P en hojas, para cada variedad y tratamiento, expresado en g kg^{-1} de materia seca.

	P (g kg^{-1} de materia seca)	
	C. di Bordeaux	Ruffec
T I	4,89 a ¹	4,90 a
T II	4,90 a	4,91 a
T III	4,89 a	5,03 a

¹ Interacción variedad x tratamiento. Valores medios seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Desde un punto de vista estadístico no se aprecian diferencias significativas ni entre variedades ($p > 0,05$) ni entre tratamientos ($p > 0,05$) y, como cabe esperar, tampoco es significativa la interacción variedad por tratamiento.

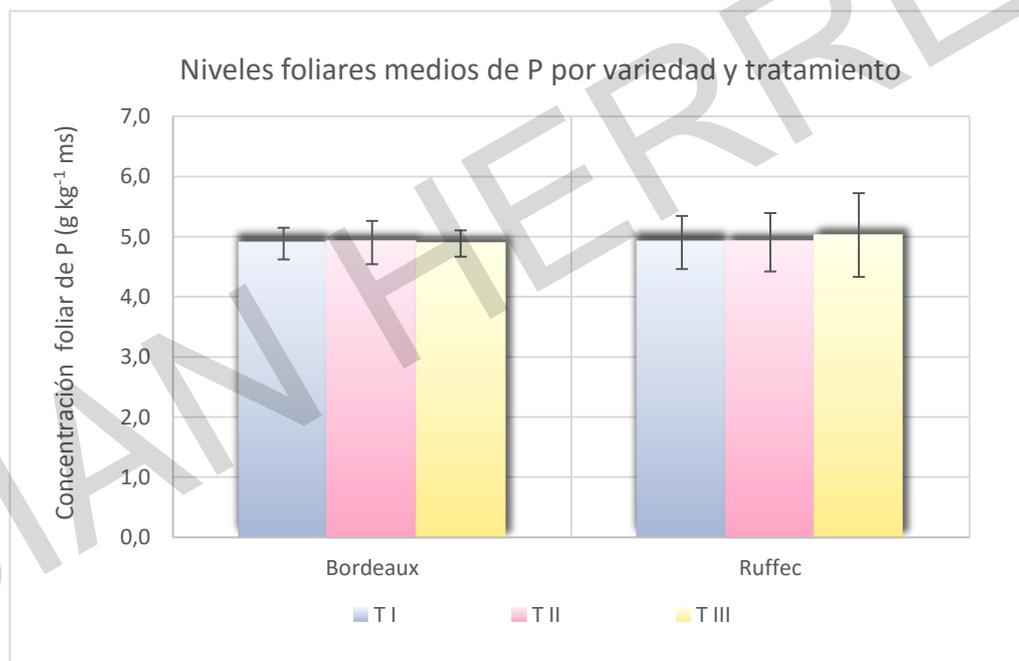


Gráfico 6.8. Contenido medio de fósforo en hojas por variedad (*C. di Bordeaux* y *Ruffec*) y tratamiento ($n=3$), y error típico de la media (± 1 error típico).

Los resultados obtenidos en este ensayo son ligeramente superiores a los señalados por National Nutrient Database for Standard (2016), algo inferiores a los obtenidos por Watt et al. (1975), y están comprendidos dentro del rango señalado por Casas y Casas (1999) como normal ($2,5-5,5 \text{ g kg}^{-1}$).

6.6.3 Concentración de potasio en hojas

En la tabla 6.8 se muestran las concentraciones foliares medias de potasio (g kg^{-1} ms) analizadas en las variedades Cornetto di Bordeaux y Ruffec, en cada uno de los tratamientos aplicados. El valor más bajo se determinó en plantas sin tratar (T I) de la variedad Cornetto di Bordeaux, y el más alto a plantas tratadas (T III) de esta misma variedad. Se observa como en Cornetto di Bordeaux la concentración aumenta a medida que aumentan la concentración de B y Ca de los tratamientos, mientras que en Ruffec ocurre lo contrario.

Tabla 6.8. Contenido medio de potasio en hojas (g kg^{-1})

	K (g kg^{-1} de materia seca)	
	C. di Bordeaux	Ruffec
T I	66,35	76,30
T II	100,72	76,17
T III	120,51	72,99

En la mayoría de los casos las concentraciones determinadas en Cornetto di Bordeaux son superiores a las determinadas en Ruffec y, aunque se observa un cierto efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de potasio (gráfico 6.9), estos no afectan del mismo modo a las dos variedades, lo que permite suponer la existencia de cierta interacción entre variedad y tratamiento. En cualquier caso, la significación estadística de las diferencias comentadas no se ha podido determinar, al no cumplir la variable uno de los supuestos necesarios para realizar el ANOVA, concretamente el de homogeneidad de la varianza (homocedasticidad), incluso, con los datos transformados.

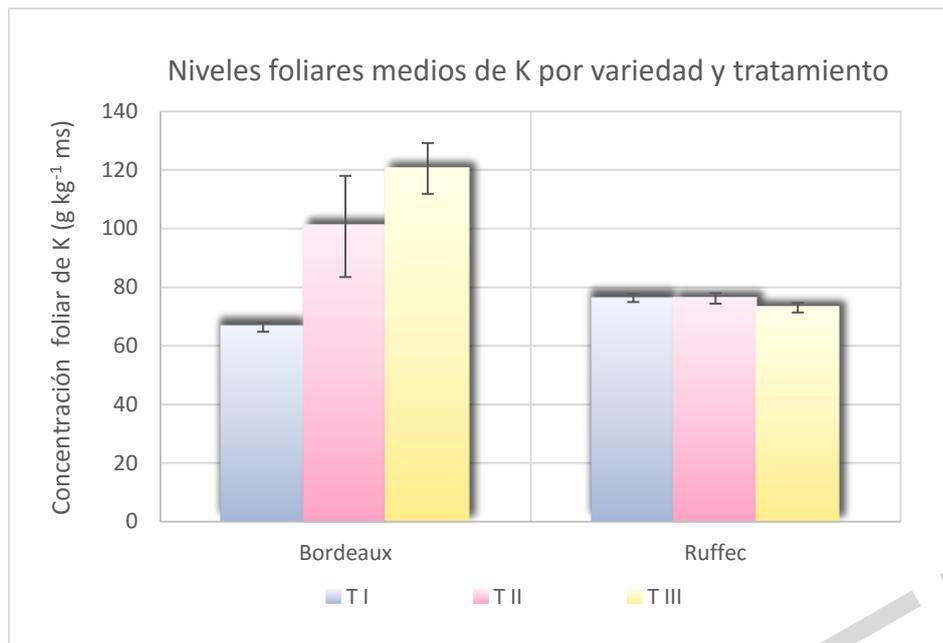


Gráfico 6.9. Contenido medio de potasio en hojas por variedad (C. di Bordeaux y Ruffec) y tratamiento (n=3), y error típico de la media (± 1 error típico).

La concentración foliar analizada en plantas de la variedad Cornetto di Bordeaux sin tratar (testigo) es similar a la señalada por National Nutrient Database for Standard (2016), y ligeramente superior a la indicada por Casas y Casas (1999) (45-64 g kg⁻¹). En cuanto a las plantas de los tratamientos II y III de la variedad Cornetto di Bordeaux, los niveles foliares casi duplican a los descritos por National Nutrient Database for Standard (2016), y a los señalados por Casas y Casas (1999). La variedad Ruffec presenta en los tres tratamientos concentraciones foliares de potasio ligeramente superiores a los indicados por National Nutrient Database for Standard (2016), y también ligeramente superiores a los obtenidos por Casas y Casas (1999) (45-64 g kg⁻¹).

6.6.4 Concentración de calcio en hojas

En la tabla 6.9 se muestra la concentración foliar media de calcio (g kg⁻¹ ms) obtenida en cada variedad (Cornetto di Bordeaux y Ruffec) y en cada uno de los tratamientos aplicados. El valor más bajo corresponde con la variedad Ruffec en plantas testigo (T I), y el más alto a la variedad Cornetto di Bordeaux, también en plantas testigo (T I). Aunque los niveles medios determinados en las dos variedades son similares, las pequeñas diferencias observadas son muy significativas ($p \leq 0,01$), como también lo son las observadas entre tratamientos (p

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

$\leq 0,01$). Cabe señalar que el efecto de los tratamientos sobre los niveles foliares de calcio no parece haber sido el mismo en las dos variedades, ya que mientras en Cornetto di Bordeaux la concentración de Ca tiende a disminuir con los tratamientos, no ocurre lo mismo en Ruffec (gráfico 10). La observación anterior se confirma estadísticamente ya que la interacción variedad x tratamiento es muy significativa ($p \leq 0,01$) (Apéndice 9.1.2).

Tabla 6.9. Contenido medio de calcio (g kg^{-1})

	Ca (g kg^{-1} de materia seca)	
	C. di Bordeaux	Ruffec
T I	14,68 a ¹	10,62 c
T II	13,95 a	13,68 a
T III	11,85 bc	12,07 b

¹ Interacción variedad x tratamiento. Valores medios seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Esta circunstancia, que en la variedad Cornetto di Bordeaux es especialmente llamativa si se tiene en consideración que son las plantas testigo (TI) las que presentan un nivel de Ca más elevado, podría atribuirse inicialmente a un posible efecto de dilución del nutriente que, sin embargo, no se puede confirmar si se considera el peso seco medio por tratamiento (Tabla 6.10), que es mayor en T I que en T III, y muy inferior a estos en T II.

Tabla 6.10. Peso seco medio por variedad y tratamiento (g).

	Peso seco medio (g)	
	C. di Bordeaux	Ruffec
T I	27,08 a	20,04 a
T II	23,40 a	23,32 a
T III	26,55 a	21,31 a

¹ Interacción variedad x tratamiento. Valores medios seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Los resultados mostrados son, en todos los casos, ligeramente superiores a los señalados por National Nutrient Database for Standard (2016) y similares a los obtenidos por Watt et al. (1975).

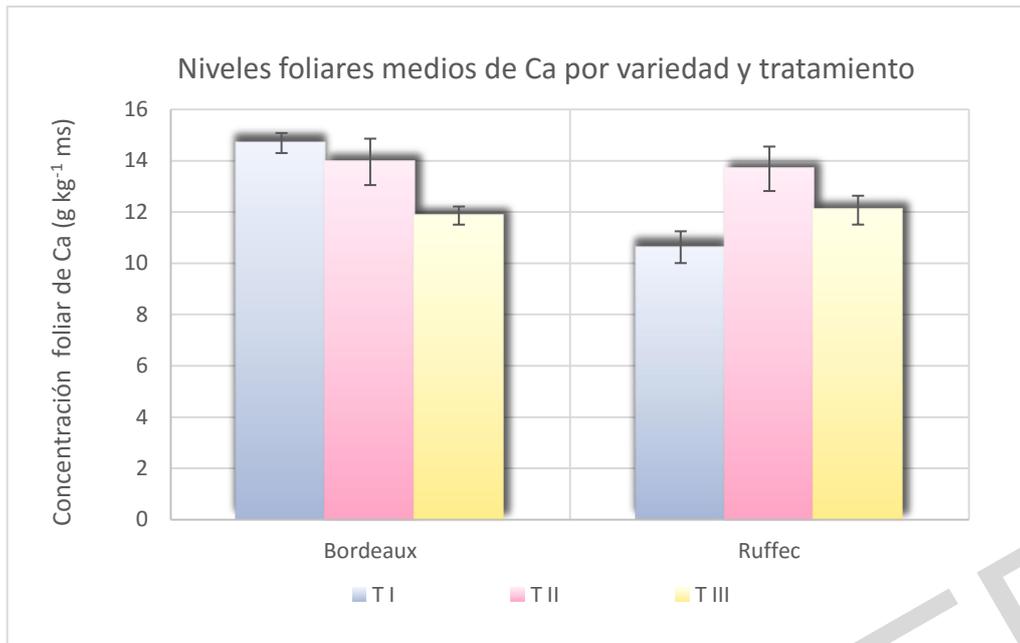


Gráfico 6.10. Contenido medio de calcio en hojas por variedad (*Cornetto di Bordeaux* y *Ruffec*) y tratamiento ($n=3$), y error típico de la media (± 1 error típico).

Al comparar las concentraciones foliares de calcio (por variedad y tratamiento) con los porcentajes de plantas comercializables, y/o con el grado de incidencia de Tip Burn en las plantas del ensayo, no parece posible establecer ninguna relación entre ambos parámetros (Carrasco, 2014). Del mismo modo, aunque las exportaciones medias estimadas de calcio por planta y variedad (0,35 g para *Cornetto di Bordeaux* y 0,26 g para *Ruffec*) son diferentes ($p \leq 0,05$), y superiores en *Cornetto di Bordeaux* que en *Ruffec*, tampoco parece que permitan justificar la incidencia de Tip Burn o el porcentaje de plantas comercializables.

6.6.5 Concentración de magnesio en hojas

En la tabla 6.11 se muestran los niveles foliares medios de magnesio ($\text{g kg}^{-1} \text{ms}$) analizados en las variedades *Cornetto di Bordeaux* y *Ruffec*, en cada uno de los tratamientos aplicados. Aunque todos los valores son muy similares, cabe señalar que el más bajo corresponde a la variedad *Ruffec* en las plantas testigo (T I), y el más alto a la variedad *Cornetto di Bordeaux*, también en las plantas testigo (sin aplicación foliar de nutrientes).

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Tabla 6.11. Contenido medio de magnesio (g kg^{-1})

	Mg (g kg^{-1} de materia seca)	
	C. di Bordeaux	Ruffec
T I	3,59 a ¹	3,09 a
T II	3,43 a	3,34 a
T III	3,38 a	3,27 a

¹ Interacción variedad x tratamiento. Valores medios seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En cualquiera de los casos, las pequeñas diferencias comentadas entre variedades no son estadísticamente significativas ($p > 0,05$) y tampoco lo son las observadas entre tratamientos. En el gráfico 6.11 se observa como la concentración de Mg varía de un modo similar a como lo hace la de Ca tanto entre tratamientos como entre variedades.

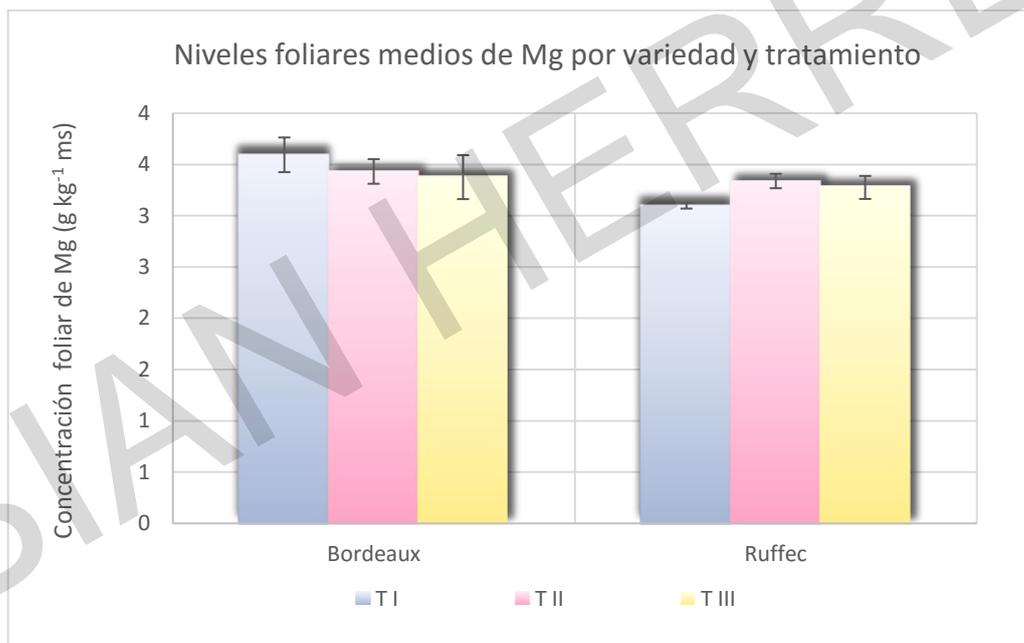


Gráfico 6.11. Contenido medio de magnesio en hojas por variedad (C. di Bordeaux y Ruffec) y tratamiento ($n=3$), y error típico de la media (± 1 error típico).

Las concentraciones foliares de magnesio son ligeramente superiores a las señalados por National Nutrient Database for Standard (2016), y están comprendidos en el intervalo considerado como adecuado ($2,5-3,5 \text{ g kg}^{-1}$) por Casas y Casas (1999).



6.6.6 Concentración de boro en hojas

En la tabla 6.12 se muestra la concentración foliar media de boro (mg kg^{-1} ms) hallada en plantas de las variedades Cornetto di Bordeaux y Ruffec, en cada uno de los tratamientos. El valor más bajo corresponde a la variedad Ruffec en las plantas testigo (T I) y el más alto a la variedad Cornetto di Bordeaux en plantas de T III.

En este caso, la concentración de boro analizada en Cornetto di Bordeaux es superior a la analizada en Ruffec, siendo la diferencia entre ambas estadísticamente muy significativa ($p \leq 0,01$). Se observa además que, en las dos variedades, a medida que aumenta la concentración de boro de los tratamientos aplicados, también aumentan los niveles foliares de este nutriente en las plantas analizadas (gráfico 6.12). Señalar que las diferencias entre tratamientos son importantes y estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) y que, de acuerdo con el Test de Duncan realizado para la separación de medias (Alfa = 0,05) (Apéndice 9.1.10) se establecen entre T I y T II y entre T I y T III, siendo T II y T III estadísticamente homogéneos (Alfa > 0,05).

Tabla 6.12. Contenido medio de boro.

	B (g kg^{-1} de materia seca)	
	C. di Bordeaux	Ruffec
T I	117,77 a ¹	51,45 a
T II	159,47 a	110,09 a
T III	190,02 a	119,62 a

¹ Interacción variedad x tratamiento. Valores medios seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Es posible que los tratamientos foliares con Ca y B tuvieran un mayor efecto sobre la concentración foliar de B en la variedad Cornetto di Bordeaux que sobre la variedad Ruffec, principalmente en los tratamientos II y III.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

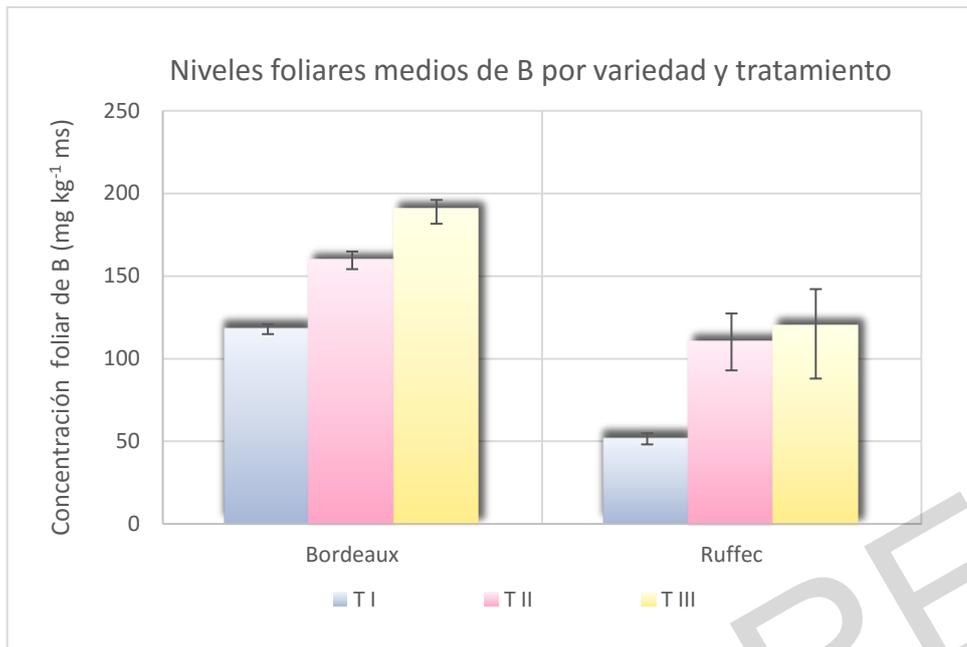


Gráfico 6.12. Contenido medio de boro en hojas por variedad (C. di Bordeaux y Ruffec) y tratamiento (n=3), y error típico de la media (± 1 error típico).

Por otro lado, considerando que el efecto de los tratamientos es similar en las dos variedades, no parece posible una interacción variedad x tratamiento, o al menos, no es estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

Las concentraciones foliares obtenidas para las plantas testigo de la variedad Ruffec (T I) se encuentran comprendidas dentro del rango considerado por Vera (2001) como adecuado, mientras que las demás, incluidas las analizadas en la variedad Cornetto di Bordeaux, son ligeramente superiores. Por el contrario, estas concentraciones se encuentran dentro de los niveles considerados óptimos por Casas y Casas (1999), pues son superiores a $25 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ms}$, y también por Vera (2001), que incluso considera a este cultivo como tolerante al exceso de boro.

A diferencia de lo que ocurría en el caso del calcio, la aplicación foliar de calcio y boro influye sobre los niveles foliares de boro, que aumentan al aumentar la concentración de boro de los tratamientos, y sobre la proporción de plantas comercializables. Es razonable por tanto suponer que pueda existir cierta relación entre estas dos variables.



6.7 Relación entre la concentración foliar de boro y el porcentaje de plantas comercializables

Con el fin de comprobar la posible relación entre la concentración foliar de boro y la proporción de plantas comercializables, se han realizado un análisis de regresión lineal entre estas dos variables para cada una de las variedades objeto de estudio: Ruffec y Cornetto di Bordeaux. Los resultados obtenidos se muestran en los gráficos 6.13 y 6.14. En el caso de Ruffec se obtiene un coeficiente de regresión (R^2) muy alto, $R^2 = 0,72$, mientras en el caso de Cornetto di Bordeaux, el coeficiente de regresión es algo inferior ($R^2 = 0,42$). De lo anterior se deduce que en este ensayo y en la variedad Ruffec, se pone de manifiesto una estrecha relación entre los niveles foliares de B y la proporción de plantas comercializables, y que quizás, esta relación también se dé en la variedad Cornetto di Bordeaux. La proporción de plantas comercializables de la variedad Ruffec aumenta considerablemente cuando la concentración foliar de B es superior a $120 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ms}$.

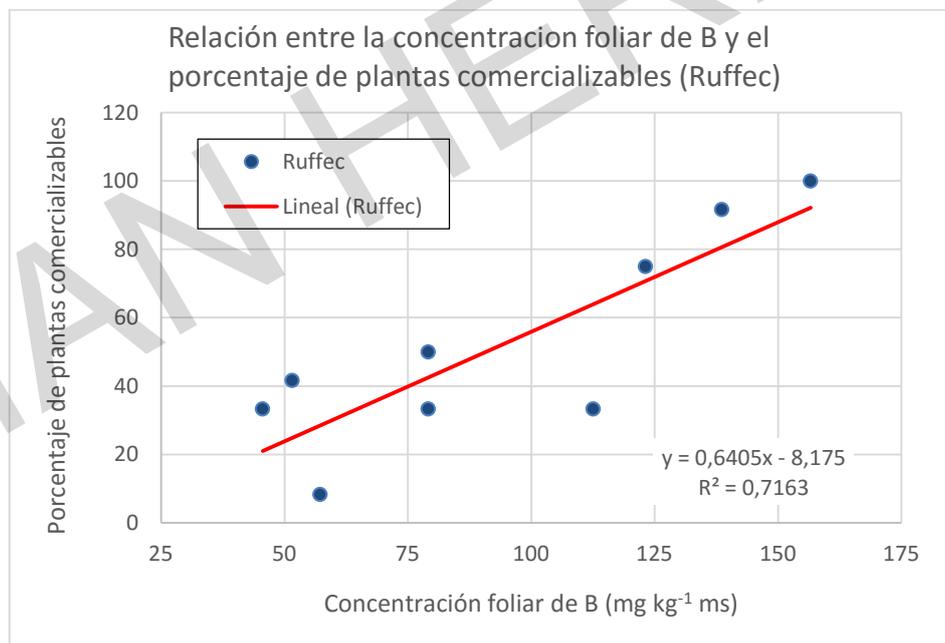


Gráfico 6.13. Relación entre la concentración foliar de B y el porcentaje de plantas comercializables de la variedad Ruffec.

Al igual que en Ruffec, el aumento de la concentración foliar de boro en Cornetto di Bordeaux conlleva un aumento de plantas comercializables, si bien, a partir de cierto valor, el porcentaje no mejora.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

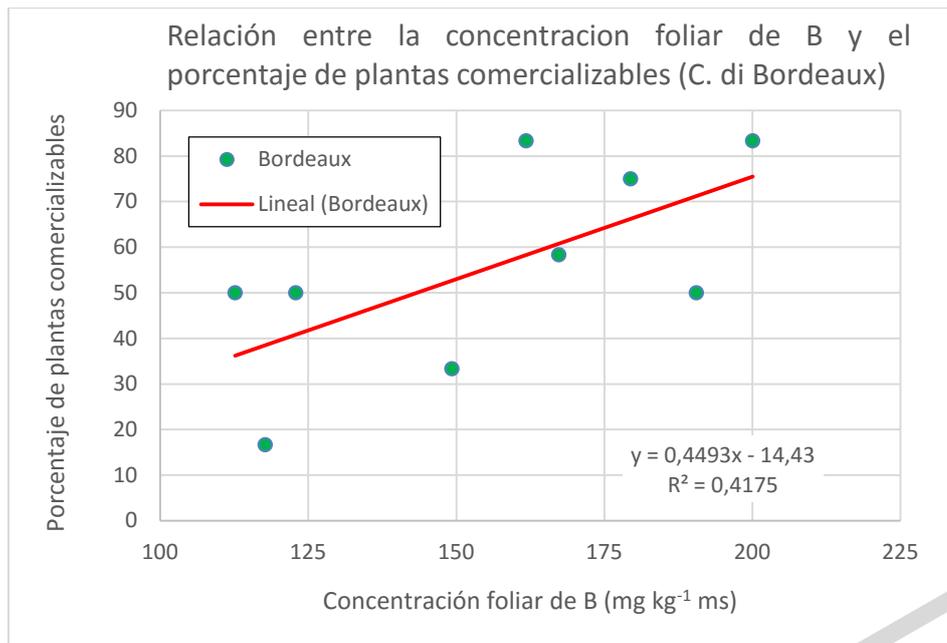


Gráfico 6.14. Relación entre la concentración foliar de B y el porcentaje de plantas comercializables de la variedad C. di Bordeaux.

ABIAN HERRERA

7. CONCLUSIONES

ABIAN HERRERA



El presente trabajo ha permitido extraer las siguientes conclusiones:

1. Las variedades Ruffec y Cornetto di Bordeaux mostraron un porcentaje similar de plantas comercializables en cada uno de los tratamientos aplicados, no apreciándose diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). Las aplicaciones favorecieron un aumento de plantas comercializables, el más que efectivo fue el tratamiento III, con 150 cc/100 L de calcio y 300 cc/100 L de boro.
2. En las variedades Ruffec y Cornetto di Bordeaux, la concentración foliar de boro más alta se produjo en plantas tratadas con aplicaciones foliares de 150 cc/100L de calcio y 300 cc/100L de boro (TIII), y la más baja, en plantas sin tratar.
3. En las variedades Ruffec y Cornetto di Bordeaux, y muy especialmente en la variedad Ruffec, parece existir una estrecha relación ($R^2 > 0,7$) entre la concentración foliar de boro y la proporción de plantas comercializables.
4. En las variedades Ruffec y Cornetto di Bordeaux, las aplicaciones foliares de calcio-boro no influyeron sobre la concentración foliar de nitrógeno, de fósforo o de magnesio.
5. En la variedad Cornetto di Bordeaux parece existir cierta relación inversa entre la aplicación foliar de calcio-boro, y la concentración foliar de calcio.
6. En la variedad Ruffec parece existir cierta relación directa entre la aplicación entre la aplicación foliar de calcio-boro, y la concentración foliar de calcio.
7. Los niveles foliares de N, P, K, Ca, Mg y B analizados en las variedades Ruffec y Cornetto di Bordeaux en este trabajo son similares a los señalados por otros autores.

Conclusión final

Las aplicaciones foliares calcio-boro incrementan el número de plantas comercializables. Es una gran medida para la prevención o corrección de diversas fisiopatías, en la que destaca el Tip-burn. En este ensayo ha tenido su aparición con cambios bruscos de temperatura, para valores superiores a los 30 °C, pero los tratamientos aplicados han prevenido, e incluso corregido las quemaduras apicales características de esta fisiopatía.

Sería interesante en futuros trabajos sobre este cultivo aumentar la dosis de aplicación de calcio para comprobar su concentración foliar y ver sus consecuencias. Debido a que en los análisis foliares a pesar de presentar valores idóneos según varios autores, no se obtuvo un incremento en la concentración foliar esperado, e incluso en la variedad Cornetto di Bordeaux presenta una relación inversa a su aplicación.

La aplicación de boro es una posible respuesta para el agricultor para combatir el Tip-burn en cultivos de escarolas permitiendo obtener producciones en periodo estival o zonas calurosas (Tenerife) donde es muy tolerable a dicha fisiopatía obteniendo grandes ganancias debido a que el precio de la escarola es muy elevado porque no hay presencia en el mercado.



This work has been done to extract the following conclusions:

1. The Ruffec and Cornetto di Bordeaux varieties showed a similar percentage of salable plants in each of the treatments applied, with no significant differences between them ($p > 0.05$). The foliar applications of calcium-boron favour the tradable plants. Treatment that provided a larger number of marketable plants was III, with 150 cc/100L calcium and 300 cc/100L of boron.
2. In varieties Cornetto di Bordeaux and Ruffec, the highest concentration of foliar boron occurred in plants treated with foliar applications of 150 cc/100L calcium and 300 cc/100L of boron, and lowest in untreated plants.
3. In Ruffec and Cornetto di Bordeaux varieties, and especially in the variety Ruffec, seems to be a close relationship ($R^2 > 0.7$) between leaf boron concentration and the proportion of salable plants.
4. In Ruffec and Cornetto di Bordeaux varieties, foliar applications of calcium-boron foliar did not influence the concentration of nitrogen, phosphorus or magnesium.
5. In the variety Cornetto di Bordeaux seems to be some inverse relationship between foliar application of calcium-boron, and foliar calcium concentration.
6. Ruffec Variety seems to be some direct relationship between the application between the foliar application of calcium-boron, and foliar calcium concentration.
7. Foliar levels of N, P, K, Ca, Mg and B analyzed in Ruffec and Cornetto di Bordeaux varieties in this study are similar to those reported by other authors.

Final conclusion

The calcium-boron foliar applications increase the number of marketable plants. It is a measure for the prevention or correction of various physiological disorders, which highlights the Tip-burn. In this trial she has had its onset with sudden changes in temperature to above 30 ° C values, but the applied treatments have prevented and even corrected the apical burns characteristics of this disorder.

It would be interesting in future work on this crop increase the application rate to check calcium foliar concentration and see its consequences. Because in the foliar analysis despite having suitable values according to several authors, an increase in leaf concentration and even in the variety Cornetto di Bordeaux has an inverse relationship to its application it was not obtained.

The application of boron is a possible answer for the farmer to combat Tip-burn crops of endive can benefit from productions in summer period or hot areas (Tenerife) where it is very tolerable to such physiopathy big profits because the price of the endive is very high because there is no market presence.

ABIAN HERRERA

8. BIBLIOGRAFÍA

ABIAN HERRERA



Aharoni, N., Back A., Ben-Yehoshua, S. y Richmond, A. E. 1975. Exogenous gibberellic acid and the cytokinin isopentenyladenine retardants of senescence in romaine lettuce. Journal-American Society for Horticultural Science (USA). 100 (1). 4-6 pp. Citado por: **Maroto, J. V. 2002.** Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Vol. 240-269 pp.

Aherne, S. A. y O'Brien N. M. 2002. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. Nutrition, vol. 18, no. 1, 75-81 pp.

Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. Trends in Food Science & Technology, 7(6), 179-187 pp.

Anstett, A. 1967. El abono de la lechuga en función de las técnicas de cultivo. La lechuga: su cultivo y comercialización. 147-167 p. Citado por: **Maroto, J. V. 2002.** Horticultura Herbácea Especial. 5ª Ed. Madrid: Mundi- Prensa. 248 pp

Arthey, D. y Dennis, C. 1992. Procesamiento de hortalizas. Editorial Acribia: Zaragoza-España. 259 pp.

Ayers, R. S. y Westcot, D. W. 1985. Water quality for agriculture. Roma. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev: 174 pp.

Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A. y Robledo, C. W. 2008. Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.

Barta, D. J. y Tibbitts, T. W. 1991. Calcium localization in lettuce leaves with and without tipburn: Comparison of controlled-environment and field-grown plants. Journal of the American Society for Horticultural Science, 116(5), 870-875 pp.

Benavente-García, A. G. y Marín, J. L. 2003. La lechuga en la Región de Murcia y otras comunidades autónomas. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente Depósito Legal. Murcia. España. 185 pp.

Berardocco, H. G. 2010. Acolchado plástico. Departamento técnico Inplex Venados S. A. www.inplexvenados.com.

Bonaria, A., Gonnella, M. y Santamaria, P. 2002. Nutrizione azotata e contenuto di nitrato degli ortaggi. *Colture Protette*, suppl. al n. 12: 20-23. Citado por: **Sagratella, E., Pastorelli, A., Stacchini, P., Baldini, M., Morelli, S. y Zaza, S. 2011.** Livelli di nitrato negli alimenti vegetali: il caso dei prodotti orticoli italiani. (Roma) Italia. 26-32 pp.

Bockman, O. C., Kaarstad, O., Lie, O. H. y Richards, I. 1990. Agriculture and Fertilizers. Norsk Hydro, Oslo, Noruega. 44-71 pp. Citado por: **Cadahía Lopez C. 2005.** Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México. 31-131 pp.

Bru Sàrda, J. y De Torres Ribas, M. 1992. Boro micronutriente agrícola. Ediciones BORAX. Barcelona. 84 pp.

Cadahía, C. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México. 31-131 pp.

Calvo Amor, I. 2015. Influencia de la concentración de amonio de la solución nutritiva sobre el comportamiento agronómico del cultivo de la escarola. Trabajo Fin De Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural. Directores: Gromaz Roig A.; J. F. Torres Rubio. Universitat Politècnica De València. Escola Tècnica Superior D'Enginyeria Agronòmica i Del Medi Natural. 2015.

Carrasco Pérez, P. 2014. Influencia del calcio y boro sobre Tipburn en la variedad de escarola rizada, *Cichorium endivia L.*, cv. Foxie. Trabajo de fin de carrera. Directores: Isidoro Rodríguez Hernández; María Teresa Ramos Rodríguez. Universidad de La Laguna. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria 2014.

Casas A. y Casas, E. 1999. Análisis de Suelo-Agua-Planta y Su Aplicación En La Nutrición De Cultivos Hortícolas En La Zona Peninsular. Caja Rural de Almería. Almería. 249 pp.



Collier, G. F. y Tibbitts, T. W. 1982. Tipburn of lettuce. In Horticultural Reviews. Palgrave Macmillan UK 49-65 pp.

Collier, G. F. y Tibbitts, T. W. 1984. Effects of relative humidity and root temperature on calcium concentration and Tip-burn. J. Amer. Soc. Hort. Sci, 109(2). 128-131 pp.

Cox, E. E. 1980. Growth of Lettuce Roots and its possible relationship to Tip-burn development, 20: 61-66 pp. Citado por: **Maroto, J. V. 2002.** Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Vol. 240-269 pp.

Cuevas Fernández A. 1968. Horticultura intensiva. Ministerio de Agricultura. Madrid. 477 pp.

Davis, R. M., Subbarao, K. W., Raild, R. N. y Kurtz, E. A. 2002. Plagas y enfermedades de la lechuga. (No. D3). The American Phytopathological Society. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid-Barcelo-México. 79 pp.

Dias, M. D. A. V. 2015. Estudo do desempenho de filmes biodegradáveis numa cultura de ciclo curto-escarola (*Cichorium endivia L.*) (Doctoral dissertation, ISA/UL).

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F, Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, Y. C. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <<http://www.infostat.com>> ar, 8, 195-199 pp.

Doorenbos, J. y Pruitt, W. O. 1984. Crop Water Requirements. FAO, Irrigation and Drainage n.º24. 144 pp. Citado por: Maroto Borrego J. V., A. Miguel Gómez, C. Baixualí Soria, 2000. La lechuga y la escarola. Ediciones Caja Rural Valencia. Fundación Mundi Prensa. Madrid. España. 6 242 pp.

Dolma, T., Gupta, A. J. y Ahmed, N. 2010. Variability, heritability and genetic advance in lettuce (*Lactuca sativa L.*). Indian Journal of Horticulture 67. 193-196 pp.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia* L.) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Domínguez Mesa, A. 2012. Ensayo comparativo de seis cultivares de lechuga Batavia (*Lactuca sativa* L.) en ciclo verano-otoño en la isla de Tenerife. Estudio de parámetros productivos incidencias de Tip-burn y subida prematura a flor. Trabajo de fin de carrea. Directores: Rodríguez Hernández, I.; Ramos, M. T.; Fernando Delgado Benítez, F. Universidad de La Laguna. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria 2012.

Escalona, V. H., Artés-Hernández, F. y Artés, F. 2005. Gas composition and temperature affects quality of fresh-cut fennel. HortScience. 40 (3): 737-739 pp.

Gonai T., Kawahara, S., Tougou, M., Satoh, S., Hashiba, T., Hirai, N., Kawaide, H., Kamiya, H. y Yoshioka, T. 2004. Abscisic acid in the thermoinhibition of lettuce seed germination and enhancement of its catabolism by gibberellin. Journal of Experimental Botany, 55(394). 8-111 pp.

Gracia C. y Martín-Portugués P. 1983. Mecanización de los cultivos hortícolas. Mundi-Prensa. Madrid. 243 pp.

Grau, L. G. Blanqueo de hortalizas con filmes o películas de polietileno. NÚ MAYO 95^ revista agropecuaria. 536 pp.

Gray, D. 1976. The effect of time to emergence on head weight and variation in head weight at maturity in lettuce (*Lactuca sativa*). Annals of Applied Biology, 82(3). 569-575 pp.

Gromaz Roig, A. 2013. 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. Directores: Prof. Dr. D. Maroto Borrego J. V.; Dr. D. Torres Rubio, J. F. 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 2013.

Guardiola Barcena, J. L., & García Luis, A. 1990. Fisiología vegetal: I. Nutrición y transporte. Colección: ciencias de la vida (España). Madrid (España). 440 pp.



Hargreaves, G. H., y Samani, Z. A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, 1(2). 96-99 pp.

Hernández Abreu, J. M. 1983. El riego localizado. III Curso internacional de Riego Localizado. Madrid. INIA. 371 pp.

Hoque, M. M., Ajwa, H., Othman, M., Smith, R. y Cahn, M. 2010. Yield and postharvest quality of lettuce in response to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers. *HortScience*, 45(10). 1539-1544 pp.

Islam, N., Grindal Patil, G., Torre, S. y 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): 26-36 pp.

Jackson, M. L. 1964. Determinaciones del fósforo para suelos. Omega. SA Barcelona. 190-252 pp.

Jones, J. B., Wolf, B., Mills, H.A. 1991. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Pub.

Kabata-Pendias, A. 2000. Trace Elements in Soils and Plants, Third Edition. CRC Press.

Junta de Extremadura. 1992. Interpretación de análisis de suelo foliar y de agua de riego Consejo de abonado (Normas básicas). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 280 pp.

Katinas, L., Gutiérrez, D. G., Grossi, M. A. y Crisci, J. V. 2007. Panorama de la familia Asteraceae en la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, vol. 42, no. 1-2. 113-129 pp.

Kiers, A., Mes, T. H., Meijden, R. y Bachmann, K. 2000. A search for diagnostic AFLP markers in *Cichorium* species with emphasis on endive and chicory cultivar groups. *Genome*. Vol. 43. no. 3. 470-476 pp.

Kiers, A. M. 2000. Endive, chicory, and their wild relatives. A systematic and phylogenetic study of *Cichorium* (Asteraceae). *Gorteria*. 5 pp.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia* L.) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Koudela, M. y Petříková, K. 2007. Nutritional composition and yield of endive cultivars—*Cichorium endivia* L. Hort.Sci, 34(1). 6-10 pp.

Laumonnier, R. 1963. Cultures maraicheres (II). **Citado por: Maroto, J. V., 2002.** Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 240-269 pp.

Llorach, R., Martínez-Sánchez, A., Tomás-Barberán, F. A., Gil, M. I. y Ferreres., F. 2008. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. Food chemistry, 108(3). 1028038 pp.

Lumbreras, E. L. 1997. Sobre el origen de algunas especies vegetales cultivadas del Sistema Ibérico. Flora Montiberica, (7). 32-43 pp.

MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente). 2014. Superficies y producciones de cultivos. [En línea]. En <<http://www.magrama.gob.es>>. [Consulta: 18 febrero 2016].

Marschner, H. y Marschner, P. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press.

Mascarell J., Díaz de la Rosa, A. y Eugenio, M. 1978. Muestreo de suelo aguas y foliares con fines agrícolas. Consejería de Agricultura y Pesca, Secretaría General Técnica, D.L. Canarias. 55 pp.

Messiaen, C. M. y Lafon, R. 1967. Enfermedades de las hortalizas. Ed. Oikos-Tau. Vilassar de Mar. Barcelona. **Citado por: Maroto, J. V. 2002.** Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 240-269 pp.

Maroto Borrego J. V., Miguel Gómez, A. y Baixuali Soria, C. 2000. La lechuga y la escarola. Ediciones Caja Rural Valencia. Fundación Mundi Prensa. Madrid. España. Vol. 6. 242 pp.

Maroto, J. V. 2002. Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Vol. 240-269 pp.



Martínez-Sánchez, A., Luna, C., Tudela, J. A., De Vogelaere, L., Tiebergijn, L. Allende, A. y Gil. M. I. 2012. EFFECT OF IRRIGATION PRACTICES ON THE QUALITY OF FRESH-CUT LETTUCE. *Acta Hortic.* 934, 511-514
DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.934.67.

Micheletti, F., Monini, P., Fortini, C., Rimessi, P., Bazzaro, M., Andreoni, M., Giuliani, M., Traniello, S., Ensoli, B. y Gavioli, R. 2002. Identification of cytotoxic T lymphocyte epitopes of human herpesvirus 8. *Immunology*, 106(3), 395-403 pp.

Miguel, A. 1987. Cultivo de la lechuga Iceberg. CAPA. Generalitat Valenciana. Citado por: **Maroto, J. V. 2002.** Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Vol. 240-269 pp.

Mills, H. A., Jones, J. B. 1996. Plant Analysis Handbook II: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide. Micro-Macro Pub.

Misaghi, I. J. y Grogan, R. G. 1978. Physiological Basis for tipburn development in head lettuce. *Phytopathology*, 60. 1744-1753 pp. Citado por: **Maroto Borrego J. V., Miguel Gómez, A., Baixuali Soria, C. 2000.** La lechuga y la escarola. Ediciones Caja Rural Valencia. Fundación Mundi Prensa. Madrid. España. Vol. 6. 242 pp.

Morgan, L. 1999. Hydroponic lettuce production: a comprehensive, practical and scientific guide to commercial hydroponic lettuce production. Casper Publications.

Namesny, A. 2006. Lechugas y escarolas hoy y mañana. *Horticultura Internacional* 54. 68-69 pp.

Namesny, A. 1993. Postrecolección de hortalizas. Vol 1. Hortalizas de hoja, tallo y flor. Reus: Ediciones de horticultura S. L. 188 pp.

Olle, M., y Bender, I. 2009. Causes and control of calcium deficiency disorders in vegetables: a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84(6): 577-584.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Passam, H. C., Koutri, A. C. y Karapanos, I. C. 2008. The effect of chlormequat chloride (CCC) application at the bolting stage on the flowering and seed production of lettuce plants previously treated with water or gibberellic acid (GA 3). *Scientia Horticulturae*. 116(2). 117-121 pp.

Pantastico, E. 1979. Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. México. Compañía Editorial Continental, S. A. 663 pp.

Persini, A. 1976. Horticultura práctica. Editorial Diana. México. 527 pp.

Pretel, M. T., Sánchez, M., Pérez, V. y Obón, C. 2008. Usos populares y propiedades antioxidantes de plantas comestibles silvestres de la familia Asteráceas en el sureste español.

Rappapor, L. y Sachs, R. M. 1967. Market diseases of Beets, Chicory, Endive, Escarole, Globe Artichokes, Lettuce, Rhubarb, Spinach, and Sweet-potatoes. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook N° 155.42 pp
Citado por: Namesny, A. (1993). Post.recoleccion de hortalizas. Vol I. Hortalizas de hoja, tallo y flor. Reus: Ediciones de Horticultura S.L. 175 pp

Rodríguez A. E., Amalia, M., China, E. 1986. Practicas de análisis agrícola. Universidad Politécnica de Canarias.

Rodríguez, E. J. F. 2004. Producción hortícola y seguridad alimentaria. Universidad Almería.

Rincón, L. 2008. Requerimientos de nutrientes en fertirrigación de lechugas especiales y minilechugas. *Vida Rural*, 15 (266), 56-60 pp.

Ryder, E. J. y Milligan. D. C. 2005. Additional Genes Controlling Flowering Time in *Lactuca sativa* and *Lactuca serriola*. U.S. Department of Agriculture JASHS. 130:3. 448-453 pp.

Sagratella, E., Pastorelli, A., Stacchini, P., Baldini, M., Morelli, S. y Zaza, S. 2011. Livelli di nitrato negli alimenti vegetali: il caso dei prodotti orticoli italiani. (Roma) Italia. 26-32 pp.



Saltveit, M. E. Jr. 1989. Summary or CA requirements for vegetables for vegetables. En: Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference. E. Kupferman and M. Patterson Ed. June 14-16 Wenatchee, Washington. Vol 2: 329-352 pp. Citado por: **Namesny, A. 1993.** Postrecolección de hortalizas. Vol 1. Hortalizas de hoja, tallo y flor. Reus: Ediciones de horticultura S. L. 188 pp.

Santamaría, P., Antonio Elia. 1997. Producing Nitrate-free Endive Heads: Effect of Nitrogen Form of Growth, Yield, and Ion Composition of Endive. Journal of the America Society for Horticultural science.

Santamaria, P., Gonnella, M. y Valenzano, V. 2002. Livelli di nitrato a commercializzazione degli ortaggi. Colture Protette. 12: 7-12 pp. Citado por: **Sagratella, E., Pastorelli, A., Stacchini, P., Baldini, M., Morelli, S. and Zaza, S. 2011.** Livelli di nitrato negli alimenti vegetali: il caso dei prodotti orticoli italiani. (Roma) Italia. 26-32 pp.

Saure, M. C. 1998. Causes of the tipburn disorder in leaves of vegetables. Scientia horticulturae, 76(3): 131-147 pp.

Sobrino-Illescas, E., Sobrino-Vesperinas, E. 1994. Tratado de Horticultura Herbácea 3. Hortalizas de hojas, de raíz y hongos. Ediciones Aedos Barcelona. 313 pp.

Socas, A. L. 2012. Estudio de aplicación de extracto de algas en dos cultivares de lechuga Batavia. Trabajo fin de carrera. Directores: Rodríguez Hernández I.; Ramos M^a. T.; de León Hernández, A. M^a. Universidad de La Laguna. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria 2012.

Scaife, A., Ferreira, M. S., y Turner, M. K. 1986. Effect of nitrogen form on the growth and nitrate concentration of lettuce. Plant and soil, 94(1), 3-16.

Sylvie Jenni, Dubuc, J. F., Desrosiers, J. C. y Stewart. K. A. 2008. Cooling the canopy with sprinkler irrigation to reduce tipburn in endive. Acta Hortic. 792. 379-384 pp.

Thompson, H. C., & Kelly, W. C. 1957. Vegetable crops. MC Grow. Hill Book Co. Inc. NY. 327 pp.

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

USDA National Nutrient Database for Standard Reference [En línea]. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service. <<https://ndb.nal.usda.gov/>>. [Consulta: 5 julio 2016].

Vera, A. L. A. 2001. El boro como nutriente esencial. Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros. (155). 36-47 pp.

Vicente Giaconi M., Escaff, M. 2004. Cultivo de hortalizas. Editorial Universitaria. Chile. Vol. 341 pp.

Wacquant, C. y Le Bohec, J. 1982. Laitues de serre. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes. París. 147 pp. Citado por: **Namesny, A. 1993.** Postrecolección de hortalizas. Vol 1. Hortalizas de hoja, tallo y flor. Reus: Ediciones de horticultura S. L. 188 pp.

Watt, B. K., et al. 1975. Composicion of Foods, Agric. Handbook n°8. U. S. Dept. of Agriculture. Washington. Citado por: **Maroto Borrego J. V., Miguel Gómez, A., Baixuali Soria, C. 2000.** La lechuga y la escarola. Ediciones Caja Rural Valencia. Fundación Mundi Prensa. Madrid. España. Vol. 6. 242 pp.

Waycott, W. 1995. Photoperiodic Response of Genetically Diverse Lettuce Accessions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120 (3): 160-167 pp. Citado por: **Maroto Borrego J. V., Miguel Gómez, A., Baixuali Soria, C. 2000.** La lechuga y la escarola. Ediciones Caja Rural Valencia. Fundación Mundi Prensa. Madrid. España. Vol. 6. 242 pp.

Yanagi, A. A., Bullock, R. M. y Cho, J. J. 1983. Factors involved in the development of tipburn in crisphead lettuce in Hawaii [Physiological disorder]. Journal American Society for Horticultural Science. 108(2): 234-238 pp.

ABIAN HERRERA

9. APÉNDICE

ABIAN HERRERA



9.1 ANOVA y test de separación de medias (Duncan)

9.1.1 Peso fresco

Tabla 9.1. ANOVA peso fresco.

F.V.	SCtipo III	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	23834,60	7	3404,94	0,30	0,9401
Variedad	706,77	1	706,77	0,06	0,8092
Trat	1022,16	2	511,08	0,04	0,9567
Bloque	12764,98	2	6382,49	0,55	0,5908
Variedad*Trat	9340,70	2	4670,35	0,41	0,6767
Error	115003,40	10	11500,34		
Total	138838,01	17			

9.1.2 Peso seco

Tabla 9.2. ANOVA porcentaje de materia seca.

F.V.	SCtipo III	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11,51	7	1,64	2,12	0,1357
Variedad	2,95	1	2,95	3,81	0,0796
Trat	0,48	2	0,24	0,31	0,7400
Bloque	3,99	2	1,99	2,57	0,1255
Variedad*Trat	4,09	2	2,04	2,64	0,1204
Error	7,76	10	0,78		
Total	19,27	17			

Tabla 9.3. ANOVA peso seco.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	132,43	7	18,92	0,61	0,7380
Variedad	95,06	1	95,06	3,06	0,1109
Trat	6,23	2	3,12	0,10	0,9055
Bloque	4,48	2	2,24	0,07	0,9309
Variedad*Trat	26,65	2	13,33	0,43	0,6628
Error	310,85	10	31,08		
Total	443,27	17			

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

9.1.3 Longitud de la planta

Tabla 9.4. ANOVA promedio de Longitud.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	135,18	7	19,31	1,06	0,4526
Variedad	1,5E-03	1	1,5E-03	8,4E-05	0,9928
Trat	19,76	2	9,88	0,54	0,5984
Bloque	105,02	2	52,51	2,87	0,1032
Variedad*Trat	10,39	2	5,20	0,28	0,7583
Error	182,69	10	18,27		
Total	317,87	17			

9.1.4 Porcentaje afección Tip-burn

Tabla 9.5. ANOVA porcentaje afección de Tip-burn nivel 0.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4575,62	7	653,66	0,98	0,4937
Variedad	15,43	1	15,43	0,02	0,8820
Trat	3294,75	2	1647,38	2,47	0,1340
Bloque	1257,72	2	628,86	0,94	0,4210
Variedad*Trat	7,72	2	3,86	0,01	0,9942
Error	6658,95	10	665,90		
Total	11234,57	17			

Tabla 9.6. ANOVA porcentaje afección de Tip-burn nivel 1.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1647,38	7	235,34	0,56	0,7730
Variedad	34,72	1	34,72	0,08	0,7797
Trat	146,60	2	73,30	0,17	0,8425
Bloque	1026,23	2	513,12	1,22	0,3356
Variedad*Trat	439,81	2	219,91	0,52	0,6081
Error	4205,25	10	420,52		
Total	5852,62	17			

Tabla 9.7. ANOVA porcentaje afección de Tip-burn nivel 2.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2372,69	7	338,96	0,67	0,6909
Variedad	34,72	1	34,72	0,07	0,7980
Trat	1828,70	2	914,35	1,82	0,2118
Bloque	69,44	2	34,72	0,07	0,9337
Variedad*Trat	439,81	2	219,91	0,44	0,6573
Error	5023,15	10	502,31		
Total	7395,83	17			



Tabla 9.8. ANOVA porcentaje afección de Tip-burn nivel 3.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	38,58	7	5,51	0,65	0,7089
Variedad	15,43	1	15,43	1,82	0,2073
Trat	7,72	2	3,86	0,45	0,6472
Bloque	7,72	2	3,86	0,45	0,6472
Variedad*Trat	7,72	2	3,86	0,45	0,6472
Error	84,88	10	8,49		
Total	123,46	17			

9.1.5 Subida a flor prematura

Tabla 9.9. ANOVA porcentaje de plantas con subida a flor prematura.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6415,90	7	916,56	3,25	0,0449
Variedad	34,72	1	34,72	0,12	0,7328
Trat	1327,16	2	663,58	2,36	0,1451
Bloque	4683,64	2	2341,82	8,32	0,0075
Variedad*Trat	370,37	2	185,19	0,66	0,5392
Error	2816,36	10	281,64		
Total	9232,25	17			

9.1.6 Plantas comercializables y no comercializables

Tabla 9.10. ANOVA porcentaje de plantas comercializables.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7862,65	7	1123,24	3,04	0,0546
Variedad	61,73	1	61,73	0,17	0,6914
Trat	4104,94	2	2052,47	5,55	0,0239
Bloque	3572,53	2	1786,27	4,83	0,0340
Variedad*Trat	123,46	2	61,73	0,17	0,8485
Error	3695,99	10	369,60		
Total	11558,64	17			

Tabla 9.11. Test de Duncan para porcentaje de plantas comercializables respecto a tratamientos, alfa = 0,05

Trat.	Medias	n		
III	69,44	6	A	
II	58,33	6	A	
I	33,33	6		B

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

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Tabla 9.12. ANOVA porcentaje de plantas no comercializables.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7862,65	7	1123,24	3,04	0,0546
Variedad	61,73	1	61,73	0,17	0,6914
Trat	4104,94	2	2052,47	5,55	0,0239
Bloque	3572,53	2	1786,27	4,83	0,0340
Variedad*Trat	123,46	2	61,73	0,17	0,8485
Error	3695,99	10	369,60		
Total	11558,64	17			

Tabla 9.13. Test de Duncan para porcentaje de plantas no comercializables respecto a tratamientos, alfa =0,05.

Trat.	Medias	n		
I	66,67	6	A	
II	41,67	6		B
III	30,56	6		B

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

9.1.7 Peso cenizas

Tabla 9.14. ANOVA peso en cenizas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	59,62	7	8,52	0,58	0,7583
Variedad	0,32	1	0,32	0,02	0,8851
Trat	15,19	2	7,60	0,52	0,6112
Bloque	22,90	2	11,45	0,78	0,4843
Variedad*Trat	21,20	2	10,60	0,72	0,5094
Error	146,79	10	14,68		
Total	206,41	17			



9.1.8 Nitrógeno

Tabla 9.15. ANOVA concentración foliar de nitrógeno.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,30	7	0,19	4,43	0,0172
Variedad	0,96	1	0,96	22,77	0,0008
Trat	0,09	2	0,05	1,11	0,3665
Bloque	0,24	2	0,12	2,90	0,1015
Variedad*Trat	0,01	2	0,01	0,12	0,8856
Error	0,42	10	0,04		
Total	1,72	17			

Tabla 9.16. Test de Duncan para la concentración de nitrógeno respecto a la variedad, $\alpha = 0,05$.

Variedad	Medias	n		
Bordeaux	4,54	9	A	
Ruffec	4,08	9	B	

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

9.1.9 Fósforo

Tabla 9.17. ANOVA concentración foliar de fósforo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,36	7	0,48	1,31	0,3390
Variedad	0,01	1	0,01	0,04	0,8515
Trat	0,01	2	0,01	0,02	0,9818
Bloque	3,31	2	1,66	4,51	0,0402
Variedad*Trat	0,02	2	0,01	0,02	0,9771
Error	3,67	10	0,37		
Total	7,03	17			

9.1.10 Boro

Tabla 9.18. ANOVA concentración foliar de boro.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	35626,37	7	5089,48	16,62	0,0001
Variedad	17315,15	1	17315,15	56,56	<0,0001
Trat	15697,51	2	7848,76	25,64	0,0001
Bloque	2240,76	2	1120,38	3,66	0,0642
Variedad*Trat	372,95	2	186,48	0,61	0,5628
Error	3061,47	10	306,15		
Total	38687,85	17			

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Tabla 9.19. Test de Duncan para la concentración de boro respecto a la variedad, alfa = 0,05.

Variedad	Medias	n		
Bordeaux	155,76	9	A	
Ruffec	93,72	9		B

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

Tabla 9.20. Test de Duncan para la concentración de boro respecto a los tratamientos, alfa = 0,05.

Trat.	Medias	n		
III	154,82	6	A	
II	134,79	6	A	
I	84,61	6		B

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

9.1.11 Magnesio

Tabla 9.21. ANOVA concentración foliar de magnesio.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,42	7	0,06	0,96	0,5055
Variedad	0,24	1	0,24	3,78	0,0804
Trat	0,01	2	0,01	0,09	0,9183
Bloque	0,01	2	0,01	0,11	0,8928
Variedad*Trat	0,16	2	0,08	1,27	0,3224
Error	0,63	10	0,06		
Total	1,05	17			



9.1.12 Calcio

Tabla 9.22. ANOVA concentración foliar de calcio.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	45,36	7	6,48	12,00	0,0004
Variedad	8,48	1	8,48	15,70	0,0027
Trat	10,53	2	5,27	9,75	0,0045
Bloque	9,91	2	4,96	9,18	0,0055
Variedad*Trat	16,43	2	8,22	15,22	0,0009
Error	5,40	10	0,54		
Total	50,76	17			

Tabla 9.23. Test de Duncan para la concentración de calcio respecto a la variedad, alfa = 0,05.

Variedad	Medias	n		
Bordeaux	13,50	9	A	
Ruffec	12,12	9		B

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

Tabla 9.24. Test de Duncan para la concentración de calcio respecto a los tratamientos, alfa = 0,05.

Trat	Medias	n		
II	13,82	6	A	
I	12,65	6		B
III	11,96	6		B

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

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Tabla 9.25. Test de Duncan para la concentración de calcio respecto a bloques, alfa = 0,05

Bloque	Medias	n		
II	13,67	6	A	
III	12,90	6	A	
I	11,86	6		B

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

Tabla 9.26. Test de Duncan para la concentración de calcio respecto a variedad por tratamiento, alfa = 0,05.

Variedad	Trat	Medias	n			
Bordeaux	1,00	14,68	3	A		
Bordeaux	2,00	13,95	3	A		
Ruffec	2,00	13,68	3	A		
Ruffec	3,00	12,07	3		B	
Bordeaux	3,00	11,86	3		B	C
Ruffec	1,00	10,62	3			C

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

9.1.13 Extracciones de boro

Tabla 9.27. ANOVA extracciones de boro por planta.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	27,53	7	3,93	8,21	0,0018
Variedad	18,26	1	18,26	38,11	0,0001
Trat	7,22	2	3,61	7,53	0,0101
Bloque	0,60	2	0,30	0,62	0,5569
Variedad*Trat	1,45	2	0,73	1,52	0,2660
Error	4,79	10	0,48		
Total	32,32	17			



Tabla 9.28. Test de Duncan para las extracciones de boro por planta respecto a la variedad, alfa = 0,05.

Variedad	Medias	n		
Bordeaux	3,97	9	A	
Ruffec	1,96	9		B

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

Tabla 9.29. Test de Duncan para las extracciones de boro por planta respecto a los tratamientos, alfa = 0,05.

Trat	Medias	n		
III	3,70	6	A	
II	3,05	6	A	
I	2,15	6		B

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

9.1.14 Extracciones de calcio

Tabla 9.30. ANOVA extracciones de calcio.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,07	7	0,01	1,72	0,2100
Variedad	0,04	1	0,04	6,51	0,0288
Trat	3,1E-03	2	1,6E-03	0,28	0,7586
Bloque	0,01	2	3,8E-03	0,69	0,5224
Variedad*Trat	0,02	2	0,01	1,79	0,2160
Error	0,05	10	0,01		
Total	0,12	17			

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Tabla 9.31. Test de Duncan para las extracciones de calcio respecto a la variedad, alfa = 0,05.

Variedad	Medias	n		
Bordeaux	0,35	9	A	
Ruffec	0,26	9		B

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

ABIAN HERRERA



9.2 Análisis de suelo y agua

Análisis de suelo

Parámetros analizados	Resultado
Materia orgánica (%)	0,6
Fosforo (ppm)	136
Sodio (meq/100 g)	6,4
Potasio (meq/100 g)	6,5
Calcio (meq/100 g)	12,3
Magnesio (meq/100 g)	6,4
pH de pasta saturada	8,2
CE del extracto saturado (mS/cm 25° C)	1,24
Porcentaje de saturación (%)	43,6

Análisis de agua

Parámetros analizados	Resultado
pH	8,7
Conductividad (mS/cm 25° C)	0,7
Carbonato (meq/L)	1,6
Bicarbonato (meq/L)	9,2
Cloruro (meq/L)	1,1
Sodio (meq/L)	7,9
Potasio (meq/L)	0,90
Calcio (meq/L)	0,20
Magnesio (meq/L)	3,30
pH de equilibrio	7
S.A.R. ajustado	14,33

Fuente: CSIC.

9.3 Datos de Temperatura fase de semillero

Fecha	Promedio de Temperatura (°C)	Máx. de Temperatura (°C)	Mín. de Temperatura (°C)
04/02/2016	16,08	27,26	10,88
05/02/2016	16,22	25,99	12,15
06/02/2016	15,16	24,51	11,61
07/02/2016	15,33	24,58	11,03
08/02/2016	12,67	18,79	8,42
09/02/2016	14,74	29,77	6,81
10/02/2016	13,87	20,79	10,42
11/02/2016	15,45	27,90	10,52
12/02/2016	15,53	26,11	10,93
13/02/2016	15,75	26,45	9,78
14/02/2016	16,64	27,55	10,44
15/02/2016	16,74	28,39	9,58
16/02/2016	16,30	25,74	10,98

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Fecha	Promedio de Temperatura (°C)	Máx. de Temperatura (°C)	Mín. de Temperatura (°C)
17/02/2016	16,71	29,54	11,95
18/02/2016	15,22	25,67	11,30
19/02/2016	14,87	24,99	11,13
20/02/2016	15,74	25,94	11,78
21/02/2016	15,37	25,31	11,59
22/02/2016	16,96	28,74	12,34
23/02/2016	17,35	27,55	13,09
24/02/2016	16,60	26,77	12,58
25/02/2016	17,37	29,69	10,03
26/02/2016	17,06	30,55	8,00
27/02/2016	17,46	29,09	11,44
28/02/2016	17,71	27,36	12,12
29/02/2016	17,23	28,12	10,91
01/03/2016	16,37	28,12	8,94
02/03/2016	16,91	27,38	10,71
03/03/2016	18,84	33,08	10,22
04/03/2016	20,25	37,04	10,10
05/03/2016	22,86	45,56	11,64
06/03/2016	22,49	39,43	12,12
07/03/2016	22,82	41,36	13,14
08/03/2016	20,99	43,47	10,30
09/03/2016	20,82	36,88	10,86
10/03/2016	21,27	38,25	8,59
11/03/2016	20,82	34,84	11,90
12/03/2016	18,80	30,57	10,49
13/03/2016	18,03	26,89	13,67
14/03/2016	18,80	34,36	8,97

9.4 Datos de Temperatura fase de cultivo

Fecha	Promedio de Temperatura (°C)	Máx. de Temperatura (°C)	Mín. de Temperatura (°C)
15/03/2016	17,53	34,07	6,20
16/03/2016	17,11	27,46	11,08
17/03/2016	14,97	26,04	11,03
18/03/2016	13,70	22,13	10,44
19/03/2016	14,07	22,99	11,25
20/03/2016	15,90	29,39	8,77
21/03/2016	13,97	23,88	10,03
22/03/2016	14,89	25,53	9,95
23/03/2016	16,10	24,99	11,30
24/03/2016	16,14	26,04	10,88
25/03/2016	16,98	26,70	12,58
26/03/2016	19,97	35,18	12,99
27/03/2016	17,39	25,67	11,27



Fecha	Promedio de Temperatura (°C)	Máx. de Temperatura (°C)	Mín. de Temperatura (°C)
28/03/2016	20,66	35,82	10,08
29/03/2016	22,73	37,21	13,11
30/03/2016	22,65	37,65	11,42
04/04/2016	18,12	28,31	12,16
05/04/2016	16,85	24,79	13,32
06/04/2016	15,26	20,57	12,55
07/04/2016	16,01	25,17	12,16
08/04/2016	16,85	27,91	11,77
09/04/2016	17,04	28,70	11,38
10/04/2016	18,90	29,10	11,77
11/04/2016	15,53	20,95	10,21
12/04/2016	16,20	24,01	9,03
13/04/2016	16,17	21,71	12,93
14/04/2016	16,82	28,70	9,42
15/04/2016	18,80	32,76	9,82
16/04/2016	18,51	27,91	11,38
17/04/2016	20,78	34,85	11,77
18/04/2016	19,02	26,34	13,70
19/04/2016	16,19	22,09	10,60
20/04/2016	17,17	27,91	9,42
21/04/2016	20,30	32,76	10,60
22/04/2016	22,09	37,00	11,77
23/04/2016	20,02	32,76	14,47
24/04/2016	19,59	29,90	12,93
25/04/2016	18,65	30,71	12,93
26/04/2016	19,20	31,12	12,16
27/04/2016	19,89	33,59	11,38
28/04/2016	19,50	31,12	12,55
29/04/2016	20,88	34,43	12,16
30/04/2016	19,93	33,17	14,47
01/05/2016	17,18	27,91	12,93
02/05/2016	20,46	33,17	13,32
03/05/2016	19,71	33,17	12,55
04/05/2016	17,63	29,10	10,99
05/05/2016	17,44	30,31	13,32

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

9.5 Materias activas autorizadas para escarola

Formulados existentes para aplicar en Cultivos, Escarola

Uso protegido	Formulados
N	1,3-DICLOROPROPENO 107% (EQUIV. AL 90% P/P) [EC] P/V
N	ABAMECTINA 1,8% [EC] P/V (ESP.)
N	ACETAMIPRID 20% [SP] P/P
N	ACIDO PELARGÓNICO 2,04% + GLIFOSATO 0,72% (SAL ISOPROPILAMINA) [AL] P/V
N	ALFA CIPERMETRIN 15% [WG] P/P
N	ANA 0,45% + ANA AMIDA 1,2% [SL] P/V
N	ANA 0,45% + ANA AMIDA 1,2% [WP] P/P
N	AZADIRACTIN 3,2% [EC] P/V
N	AZOXISTROBIN 25% [SC] P/V (ESP.)
S	AZOXISTROBIN 25% [SC] P/V (ESP.)
N	AZUFRE 72% [SC] P/V
N	AZUFRE 80% [DP] P/P
N	AZUFRE 80% [SC] P/V
N	AZUFRE 80% [WG] P/P
N	AZUFRE 80% [WP] P/P
N	AZUFRE 82,5% [SC] P/V
N	AZUFRE 90% [DP] P/P
N	AZUFRE 98,5% () [DP] P/P
N	AZUFRE 99% [DP] P/P
N	BACILLUS SUBTILIS 15,67% (5,13 X 10E10 CFU/G) [WP] P/P
N	BACILLUS THURINGIENSIS AIZAWAI 15% (15 MILL. DE U.I./G) [WG] P/P
S	BACILLUS THURINGIENSIS AIZAWAI 15% (15 MILL. DE U.I./G) [WG] P/P
N	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 11,8% (11,8 MILL. DE U.I./G) [SC] P/V
N	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 18% [WG] P/P
N	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 24% [SC] P/V
N	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 32% (32 MILL. DE U.I./G) [WG] P/P
N	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 32% (32 MILL. DE U.I./G) [WP] P/P
N	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 32% (KURSTAKI 30.36, CEPA SA-11; 32 MILL. DE U.I./G) [WG] P/P
N	BETACIFLUTRIN 2,5% [SC] P/V
N	CAPTAN 50% [WP] P/P
N	CAPTAN 80% [WG] P/P
N	CIPERMETRIN 1% [ME] P/V
N	CIPERMETRIN 50% [EC] P/V



Uso protegido	Formulados
N	CIPRODINIL 37,5% + FLUDIOXONIL 25% (ESP) [WG] P/P
N	CIROMAZINA 75% [WP] P/P
N	CLORANTRANILIPROL 10% + LAMBDA CIHALOTRIN 5% [ZC] P/V
N	CLORANTRANILIPROL 10% + LAMBDA CIHALOTRIN 5% [ZC] P/V (ESP.)
N	CLORANTRANILIPROL 35% [WG] P/P
N	CLORPIRIFOS 1% (ESP I) [GB] P/P
N	CLORPIRIFOS 5% ((ESP I)) [GR] P/P
N	CLORPIRIFOS 5% ((ESP)) [GR] P/P
N	CLORPROFAM 40% (ESP) [EC] P/V
N	CLORPROFAM 40% [EC] P/V
N	DELTAMETRIN 1% + IMIDACLOPRID 7,5% [OD] P/V
N	DELTAMETRIN 1,5% [EW] P/V
N	DELTAMETRIN 1,57% [SC] P/V
N	DELTAMETRIN 2,5% ((ESP I)) [EC] P/V
N	DELTAMETRIN 2,5% ((ESP)) [EC] P/V
N	DELTAMETRIN 2,5% [EC] P/V
N	DIFENOCONAZOL 25% [EC] P/V (ESP.)
N	DIMENTENO 96% [EC] P/V
N	DIQUAT 20% (DIBROMURO (ESP)IT) [SL] P/V
N	DIQUAT 20% (DIBROMURO) [SL] P/V
N	FENAMIDONA 4,44% + FOSETIL-AL 66,7% [WG] P/P
N	FENHEXAMIDA 50% ((ESP I)) [WG] P/P
N	FLUAZIFOP-P-BUTIL 12,5% [EC] P/V
N	FLUOPICOLIDA 6,25% + PROPAMOCARB 52,5% (CLORHIDRATO) [SC] P/V
N	FOLPET 10% + OXICLORURO DE COBRE 11,2% (EXPR. EN CU) + SULFATO CUPROCALCICO 10,4% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
N	FOSETIL 31% + PROPAMOCARB 53% [SL] P/V
N	FOSFATO FERRICO 1,62% [RB] P/P
N	FOSFATO FERRICO 2,97% [RB] P/P
N	GLIFOSATO 12% (SAL ISOPROPILAMINA) [SL] P/V
N	GLIFOSATO 36% (SAL ISOPROPILAMINA) ESP II) [SL] P/V
N	GLIFOSATO 36% ((SAL ISOPROPILAMINA) (ESP III)) [SL] P/V
N	GLIFOSATO 36% (SAL AMÓNICA) [SG] P/P
N	GLIFOSATO 36% (SAL AMÓNICA) [SL] P/V (ESP.)
N	GLIFOSATO 36% (SAL ISOPROPILAMINA (ESP 1)) [SL] P/V
N	GLIFOSATO 36% (SAL ISOPROPILAMINA) [SL] P/V
N	GLIFOSATO 36% (SAL ISOPROPILAMINA) [UL] P/V
N	GLIFOSATO 36% (SAL POTÁSICA) [SL] P/V
N	GLIFOSATO 40% (SAL ISOPROPILAMINA) [SL] P/V
N	GLIFOSATO 45% (SAL ISOPROPILAMINA (ESP 1)) [SL] P/V

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Uso protegido	Formulados
N	GLIFOSATO 45% (SAL ISOPROPILAMINA) [SL] P/V
N	GLIFOSATO 45% (SAL POTÁSICA) [SL] P/V
N	GLIFOSATO 48% (SAL POTÁSICA) [SL] P/V
N	GLIFOSATO 54% (SAL POTÁSICA) [SL] P/V
N	GLIFOSATO 68% (SAL AMÓNICA) [SG] P/P
N	INDOXACARB 30% [WG] P/P
N	IPRODIONA 50% (ESPIV) [SC] P/V
N	IPRODIONA 50% [SC] P/V
	LAMBDA CIHALOTRIN 0,4% [GR] P/P
N	LAMBDA CIHALOTRIN 1,5% [CS] P/V
N	LAMBDA CIHALOTRIN 1,5% + TIAMETOXAM 3% [ZC] P/V
N	LAMBDA CIHALOTRIN 10% [CS] P/V
N	LAMBDA CIHALOTRIN 2,5% [WG] P/P
N	LAMBDA CIHALOTRIN 5% [EG] P/P
N	MANCOZEB 17,5% + OXICLORURO DE COBRE 22% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
N	MANCOZEB 20% + OXICLORURO DE COBRE 30% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
N	MANCOZEB 35% [SC] P/V
N	MANCOZEB 75% [WG] P/P
N	MANCOZEB 75% [WG] P/P (ESP II)
N	MANCOZEB 8% + SULFATO CUPROCALCICO 20% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
N	MANCOZEB 80% (ESP) [WP] P/P
N	MANCOZEB 80% [WP] P/P
N	MANDIPROPAMID 25% [SC] P/V
N	METAFLUMIZONA 24% [SC] P/V
	METALDEHIDO 3% [RB] P/P
N	METALDEHIDO 5% (ADICIONADO DE COLORANTE) [GB] P/P
N	METALDEHIDO 5% [GB] P/P
N	METAM POTASIO 40% (ANHIDRO) [SL] P/V
N	METAM POTASIO 50% (ANHIDRO) [SL] P/V
N	METAM POTASIO 66,7% (ANHIDRO) [SL] P/V
N	METAM SODIO 40% (ANHIDRO) [SL] P/V
N	METAM SODIO 40% (ANHIDRO) [SL] P/V (ESP.)
N	METAM SODIO 50% (ANHIDRO) [SL] P/V
N	METIRAM 70% [WG] P/P
N	PENCICURON 25% [SC] P/V
N	PIMETROZINA 50% (ESP) [WG] P/P
N	PIRETRINAS 4% (EXTR. DE PELITRE) [EC] P/V
N	PIRIDATO 45% (ESPI) [WP] P/P
N	PIRIMICARB 50% [WG] P/P
N	PROPIZAMIDA 40% [SC] P/V



Uso protegido	Formulados
N	PROPIZAMIDA 40% [SC] P/V (ESP.)
N	PROPIZAMIDA 50% [SC] P/V
N	PROPIZAMIDA 80% [WG] P/P
N	PROTEINA HARPIN 3% () [WG] P/P
N	SPINOSAD 48% [SC] P/V
S	SPINOSAD 48% [SC] P/V
N	SPIROTETRAMAT 15% [OD] P/V
N	TEBUFENOCIDA 24% [SC] P/V
S	TEBUFENOCIDA 24% [SC] P/V
N	TIAMETOXAM 25% [WG] P/P
S	TIAMETOXAM 25% [WG] P/P

ABIAN HERRERA

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

9.6 Cuaderno de campo escarola

PARCELA	Finca	Nombre científico	Nombre común
Invernadero Plástico	Universidad de la Laguna	<i>Cichorium endivia L.</i>	Escarola

FECHA	LABORES DE PREPLANTACIÓN	RESPONSABLE
01/03/2016	Arar	Fernando (Ingeniero Técnico Agrícola)

PLANTACIÓN							
FECHA SIEMBRA	FECHA TRANSPLANTE	CULTIVO	VARIEDAD	DENSIDAD	CULTIVO PRECEDENTE	SUPERFICIE REAL PLANTADA (m ²)	RESPONSABLE
04/02/2016	14/03/2016	Escarola	Ruffec	10 plantas/m ²	Barbecho	18	Abián
04/02/2016	14/03/2016	Escarola	Cornetto di Bordeaux	10 plantas/m ²	Barbecho	18	Abián



FECHA	LABORES DE CULTIVO	RESPONSABLE
21/03/2016	DESHIERBE	Abián
28/03/2016	DESHIERBE	Abián
04/04/2016	DESHIERBE	Abián
08/04/2016	DESHIERBE	Abián
15/04/2016	DESHIERBE	Abián
22/04/2016	DESHIERBE	Abián
25/04/2016	DESHIERBE	Abián
29/04/2016	DESHIERBE	Abián

FERTILIZACIÓN					
FECHA	TIPO DE ABONADO	ABONO	NPK	RESPONSABLE	ESTADO EQUIPO
18/03/2016	Suelo (fertirrigación)	Abonos simples	2.1.1	Abián	OK
30/03/2016	Suelo (fertirrigación)	Abonos simples	2.1.2	Abián	OK
04/04/2016	Suelo (fertirrigación)	Abonos simples	2.1.2	Abián	OK
11/04/2016	Suelo (fertirrigación)	Abonos simples	2.1.2	Abián	OK
18/04/2016	Suelo (fertirrigación)	Abonos simples	1.1.2	Abián	OK
27/04/2016	Suelo (fertirrigación)	Abonos simples	1.1.2	Abián	OK
02/05/2016	Suelo (fertirrigación)	Abonos simples	1.1.2	Abián	OK

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

TRATAMIENTOS											
FECHA	MATERIA ACTIVA %	MOTIVO	TRAZABILIDAD	DOSIS	GASTO CALDO (L)	EQUIPO	APLICADOR	P.S. (DIAS)	EFFECTIVIDAD	CLIMATOLOGÍA	SISTEMA
10/04/2016	17,5 Oxido de calcio (CaO)	Tip-Burn	R1T2+R2T2+R2T3	150 cc/100 l	16	Mochila pulverizadora	Abián	No presenta	ok	Soleado	Vía foliar
10/04/2016	11 Boro elemental	Tip-Burn	R1T2+R2T2+R2T3	200 cc/100 l	16	Mochila pulverizadora	Abián	No presenta	ok	Soleado	Vía foliar
10/04/2016	17,5 Oxido de calcio (CaO)	Tip-Burn	R1T3+R2T3+R3T3	150 cc/100 l	16	Mochila pulverizadora	Abián	No presenta	ok	Soleado	Vía foliar
10/04/2016	11 Boro elemental	Tip-Burn	R1T3+R2T3+R3T3	300 cc/100 l	16	Mochila pulverizadora	Abián	No presenta	ok	Soleado	Vía foliar
25/04/2016	17,5 Oxido de calcio (CaO)	Tip-Burn	R1T2+R2T2+R2T3	150 cc/100 l	16	Mochila pulverizadora	Abián	No presenta	ok	Soleado	Vía foliar
25/04/2016	11 Boro elemental	Tip-Burn	R1T2+R2T2+R2T3	200 cc/100 l	16	Mochila pulverizadora	Abián	No presenta	ok	Soleado	Vía foliar
25/04/2016	17,5 Oxido de calcio (CaO)	Tip-Burn	R1T3+R2T3+R3T3	150 cc/100 l	16	Mochila pulverizadora	Abián	No presenta	ok	Soleado	Vía foliar
25/04/2016	11 Boro elemental	Tip-Burn	R1T3+R2T3+R3T3	300 cc/100 l	16	Mochila pulverizadora	Abián	No presenta	ok	Soleado	Vía foliar

ESTADO DE LA MAQUINARIA					
FECHA	MAQUINARIA	VERIFICACIÓN BUEN ESTADO	LIMPIEZA A.	LIMPIEZA P.	SOBRANTE
10/04/2016	Mochila pulverizadora	ok	ok	ok	Si
25/04/2016	Mochila pulverizadora	ok	ok	ok	Si

ABIAN HERRERA

**10. ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS, FOTOS E
ILUSTRACIONES**

ABIAN HERRERA



10.1 Índice de tablas

Tabla 4.1. Composición nutritiva de las escarolas de hoja crespa (por 100 g de parte comestible).....	29
Tabla 4.2. Superficie, rendimiento, producción, precio y valor de la escarola en España.....	30
Tabla 4.3. Rendimiento y superficie de escarola en las Comunidades Autónomas de España año 2014.	33
Tabla 4.4. Tratamiento semillero de escarola en la empresa Mesturados Canarias S. L.	47
Tabla 4.5. Rendimiento en distintos cultivares de escarola obtenidos en distintos experimentos del Grupo de trabajo del Convenio Generalitat Valenciana.	58
Tabla 5.1. Características de la turba usada en los semilleros.	85
Tabla 5.2. Porcentaje de germinación semilleros.	85
Tabla 5.3. Valores ideales e interpretación.....	94
Tabla 5.4. Composición de los abonos empleados.....	101
Tabla 5.5.- Plan de abonado escarola.	101
Tabla 5.6. Aplicación de abonos simples por equilibrio.....	102
Tabla 5.7. Tratamientos aplicados con sus correspondientes dosis.	102
Tabla 5.8. Composición de los tratamientos empleados.....	103
Tabla 5.9. Reconocimiento de las principales malas hierbas presentes.	105
Tabla 5.10. Materia activa de insecticida aplicado en cultivos colindantes.	106
Tabla 5.11. Muestras con sus respectivas trazabilidades.	111
Tabla 6.1. Peso fresco medio (g) y porcentaje medio de materia seca (n=36) obtenido por variedad y tratamiento.	127
Tabla 6.2. Altura media de la planta (cm) (n=36) obtenido por variedad y tratamiento.	129
Tabla 6.3. Incidencia de Tip-Burn en el ensayo, expresada como porcentaje de plantas afectadas con un determinado nivel de daño.	131
Tabla 6.4. Porcentaje de plantas comercializables (COM) por tratamiento. Test de Duncan (Alfa = 0,05).	132
Tabla 6.5. Incidencia de la subida prematura a flor en el ensayo, por variedad y por tratamiento, expresada como porcentaje sobre el total.	133
Tabla 6.6. Concentración foliar media de N, por variedad y tratamiento expresada en g 100g ⁻¹ sobre materia seca (%).	135
Tabla 6.7. Contenido medio de P en hojas, para cada variedad y tratamiento, expresado en g kg ⁻¹ de materia seca.....	137
Tabla 6.8. Contenido medio de potasio en hojas (g kg ⁻¹)	138
Tabla 6.9. Contenido medio de calcio (g kg ⁻¹).....	140
Tabla 6.10. Peso seco medio por variedad y tratamiento (g).....	140
Tabla 6.11. Contenido medio de magnesio (g kg ⁻¹)	142
Tabla 6.12. Contenido medio de boro.....	143
Tabla 9.1. ANOVA peso fresco.....	167
Tabla 9.2. ANOVA porcentaje de materia seca.	167
Tabla 9.3. ANOVA peso seco.....	167
Tabla 9.4. ANOVA promedio de Longitud.....	168
Tabla 9.5. ANOVA porcentaje afección de Tip-burn nivel 0.	168
Tabla 9.6. ANOVA porcentaje afección de Tip-burn nivel 1.	168

Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia L.*) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro

Tabla 9.7. ANOVA porcentaje afección de Tip-burn nivel 2.....	168
Tabla 9.8. ANOVA porcentaje afección de Tip-burn nivel 3.....	169
Tabla 9.9. ANOVA porcentaje de plantas con subida a flor prematura.....	169
Tabla 9.10. ANOVA porcentaje de plantas comercializables.....	169
Tabla 9.11. Test de Duncan para porcentaje de plantas comercializables respecto a tratamientos, alfa = 0,05.....	169
Tabla 9.12. ANOVA porcentaje de plantas no comercializables.....	170
Tabla 9.13. Test de Duncan para porcentaje de plantas no comercializables respecto a tratamientos, alfa =0,05.....	170
Tabla 9.14. ANOVA peso en cenizas.....	170
Tabla 9.15. ANOVA concentración foliar de nitrógeno.....	171
Tabla 9.16. Test de Duncan para la concentración de nitrógeno respecto a la variedad, alfa = 0,05.....	171
Tabla 9.17. ANOVA concentración foliar de fósforo.....	171
Tabla 9.18. ANOVA concentración foliar de boro.....	171
Tabla 9.19. Test de Duncan para la concentración de boro respecto a la variedad, alfa = 0,05.....	172
Tabla 9.20. Test de Duncan para la concentración de boro respecto a los tratamientos, alfa = 0,05.....	172
Tabla 9.21. ANOVA concentración foliar de magnesio.....	172
Tabla 9.22. ANOVA concentración foliar de calcio.....	173
Tabla 9.23. Test de Duncan para la concentración de calcio respecto a la variedad, alfa =0,05.....	173
Tabla 9.24. Test de Duncan para la concentración de calcio respecto a los tratamientos, alfa = 0,05.....	173
Tabla 9.25. Test de Duncan para la concentración de calcio respecto a bloques, alfa = 0,05.....	174
Tabla 9.26. Test de Duncan para la concentración de calcio respecto a variedad por tratamiento, alfa = 0,05.....	174
Tabla 9.27. ANOVA extracciones de boro por planta.....	174
Tabla 9.28. Test de Duncan para las extracciones de boro por planta respecto a la variedad, alfa = 0,05.....	175
Tabla 9.29. Test de Duncan para las extracciones de boro por planta respecto a los tratamientos, alfa = 0,05.....	175
Tabla 9.30. ANOVA extracciones de calcio.....	175
Tabla 9.31. Test de Duncan para las extracciones de calcio respecto a la variedad, alfa = 0,05.....	176



10.2 Índice de gráficos

Gráfico 4.1. Evolución de la superficie de la escarola. Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.....	31
Gráfico 4.2. Evolución de la producción de escarola. Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.....	31
Gráfico 4.3. Evolución del valor de escarola. Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.	32
Gráfico 5.1. Porcentaje de alveolos con plántula a la semana de siembra.	85
Gráfico 6.1. Evolución de la temperatura (°C) en la fase de semillero.	123
Gráfico 6.2. Evolución de la temperatura (°C) en la fase de cultivo.....	124
Gráfico 6.3. Pesos frescos medios por variedad (Cornetto di Bordeaux, Ruffec) y tratamiento (n=36), y error típico de la media (± 1 error típico).	128
Gráfico 6.4. Longitud media por variedad (Cornetto di Bordeaux, Ruffec) y tratamiento (n=36), y error típico de la media (± 1 error típico).	130
Gráfico 6.5 Porcentaje medio de plantas comercializables por variedad (Cornetto di Bordeaux, Ruffec) y tratamiento (n=36), y error típico de la media (± 1 error típico).	132
Gráfico 6.6. Porcentaje medio de plantas con síntomas de subida a flor prematura por variedad (C. di Bordeaux, Ruffec) y tratamiento (n=36), y error típico de la media (± 1 error típico).	134
Gráfico 6.7. Porcentaje medio de nitrógeno en hojas por variedad (C. di Bordeaux y Ruffec) y tratamiento (n=3), y error típico de la media (± 1 error típico).	136
Gráfico 6.8. Contenido medio de fósforo en hojas por variedad (C. di Bordeaux y Ruffec) y tratamiento (n=3), y error típico de la media (± 1 error típico).	137
Gráfico 6.9. Contenido medio de potasio en hojas por variedad (C. di Bordeaux y Ruffec) y tratamiento (n=3), y error típico de la media (± 1 error típico).	139
Gráfico 6.10. Contenido medio de calcio en hojas por variedad (Cornetto di Bordeaux y Ruffec) y tratamiento (n=3), y error típico de la media (± 1 error típico).	141
Gráfico 6.11. Contenido medio de magnesio en hojas por variedad (C. di Bordeaux y Ruffec) y tratamiento (n=3), y error típico de la media (± 1 error típico).	142
Gráfico 6.12. Contenido medio de boro en hojas por variedad (C. di Bordeaux y Ruffec) y tratamiento (n=3), y error típico de la media (± 1 error típico).	144
Gráfico 6.13. Relación entre la concentración foliar de B y el porcentaje de plantas comercializables de la variedad Ruffec.	145
Gráfico 6.14. Relación entre la concentración foliar de B y el porcentaje de plantas comercializables de la variedad C. di Bordeaux.	146

10.3 Índice de fotos

Foto 5.1. Vista exterior invernadero cristal.	83
Foto 5.2. Localización del invernadero cristal.....	83
Foto 5.3. Semillas y bandejas.	84
Foto 5.4. Realización de siembra.....	84
Foto 5.5. Semillero variedad C. di Bordeaux 18/02/2016	86
Foto 5.6. Semillero de Ruffec día 18/02/2016.	86
Foto 5.7. Semillero de Ruffec día 25/02/2016.	87
Foto 5.8. Semillero de C. di Bordeaux día 25/02/2016.....	87
Foto 5.9. Semillero de Ruffec día 03/03/2016.	88
Foto 5.10. Pigmentaciones amarillas en hojas día 07/03/2016.	89
Foto 5.11. Semillero var. Ruffec día 10/03/2016.	89
Foto 5.12. Semillero var. C. di Bordeaux día 10/03/2016.....	90
Foto 5.13. Semilleros listos para trasplante día 14/03/2016.....	90
Foto 5.14. Localización de la parcela donde se realizó el ensayo.....	93
Foto 5.15. Terreno preparado para siembra.	95
Foto 5.16. Llave principal + filtros de arena.....	96
Foto 5.17. Filtros de malla + llave válvulas	96
Foto 5.18. Equipo antes de Venturi.....	97
Foto 5.19. Sistema Venturi.....	97
Foto 5.20. Invernadero de plástico tipo túnel.	99
Foto 5.21. Trasplante.....	100
Foto 5.22. Preparación de caldo.	103
Foto 5.23. Aplicación de tratamiento	103
Foto 5.24. Aplicación de tratamiento.....	104
Foto 5.25. Eliminación de malas hierbas.....	104
Foto 5.26. Sensor térmico.....	107
Foto 5.27. Peso fresco.....	109
Foto 5.28. Altura planta.....	109
Foto 5.29. Corte longitudinal.....	109
Foto 5.30. Lavado con agua destilada.	109
Foto 5.31. Estufa a 60°C.	110
Foto 5.32. Obtención peso seco	110
Foto 5.33. Estufa con muestras	112
Foto 5.34. Picadora.	112
Foto 5.35. Picadora.	112
Foto 5.36. Molino de hojas.....	112
Foto 5.37. Horno mufla.	114
Foto 5.38. Adición de HCl 6N.....	114
Foto 5.39. Preparación de material	114
Foto 5.40. Preparación de muestra.....	114
Foto 5.41. Digestor para 12 muestras.	115
Foto 5.42. Unidad de destilación.....	115
Foto 5.43. Muestras sin valorar con H ₂ SO ₄	115
Foto 5.44. Muestras valoradas con H ₂ SO ₄	115



Foto 5.45. Preparación muestra de fósforo.....	116
Foto 5.46. Posición de las cubetas.....	116
Foto 5.47. Lecturas de muestras de fósforo.	116
Foto 5.48. Fotómetro de llama.....	117
Foto 5.49. Espectrómetro de absorción atómica.....	118
Foto 5.50. Curva patrón de boro.....	119
Foto 6.1. Escarola C. di Bordeaux afectada por Tip-burn.	125
Foto 6.2. Escarola var. C. di Bordeaux afectada por Tip-burn.	126
Foto 6.3. Escarola var. Ruffec afectada por Tip-burn.	127

ABIAN HERRERA

10.4 Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Diseño experimental92

ABIAN HERRERA