

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Origen botánico y generalidades	1
1.2. Material vegetal	5
1.3. Importancia económica	6
1.4. Acumulación de nitratos	8
1.5. Asimilación del nitrógeno	10
1.5.1. Reducción del nitrato	11
1.5.2. Asimilación del amonio	13
1.6. Factores influyentes en la acumulación de nitratos	13
1.6.1. Genotipo	14
1.6.2. Fertilización	15
1.6.3. Radiación y temperatura	16
1.7. Determinación del contenido de nitrógeno y nitratos	18
1.7.1. Método Kjeldahl	18
1.7.2. Tiras sensibles de nitratos	19
1.7.3. Medidores SPAD	20
1.7.4. Contenido en carotenos	22
1.7.5. Medidas de color	23
1.8. Índices de crecimiento	26
1.9. Fisiopatías	27
1.9.1. ‘Tipburn’	27
1.9.1.1. Factores externos	31
1.9.1.1.1. Luz y temperatura	31
1.9.1.1.2. Humedad relativa	32
1.9.1.1.3. Fertilización	35
1.9.1.2. Factores genéticos	36
1.9.2. Subida a flor prematura	37
1.9.3. ‘Mancha translúcida’	38
1.10. Objetivos	39
2. ESTUDIOS PREVIOS	41
2.1. Material y métodos	41
2.1.1. Características comunes	41
2.1.2. Experimento 1: Evolución de distintos parámetros fisiológicos en diferentes partes del pseudocogollo	44
2.1.3. Experimento 2: Caracterización del color y SPAD en la hoja	46
2.1.4. Parámetros medidos	47
2.1.4.1. Medidas de color	47
2.1.4.2. Determinación indirecta de clorofilas. Valores SPAD	48
2.1.4.3. Determinación directa de clorofilas	49

2.1.4.4. <u>Análisis de nitratos</u>	52
2.1.4.4.1.Toma de muestras.....	52
2.1.4.4.2.Método de análisis utilizado, cálculos y operaciones realizadas para obtener el contenido en nitratos.....	52
2.1.4.5. <u>Determinación del nitrógeno total</u>	56
2.1.4.6. <u>Determinación de azúcares</u>	60
2.1.5.Análisis estadístico	63
2.2.Resultados del experimento sobre la evolución de distintos parámetros fisiológicos en el pseudocogollo	64
2.2.1.Resultados ciclo C1.....	64
2.2.2.Resultados ciclo C2.....	66
2.2.3.Resultados ciclo C3.....	69
2.3.Resultados del experimento de caracterización del color y SPAD en la hoja	73
2.3.1.Parte externa del pseudocogollo.....	73
2.3.2.Parte media del pseudocogollo.....	75
2.3.3.Parte interna del pseudocogollo.....	77
2.4.Discusión de los resultados correspondientes a los estudios previos	79
2.5.Conclusiones del capítulo	82
3. EFECTO DE DIFERENTES MODALIDADES DE CULTIVO, CICLOS, CULTIVARES Y SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA ACUMULACIÓN DE NITRATOS E INCIDENCIA DE FISIOPATÍAS	83
3.1.Material y métodos	83
3.1.1.Características comunes a todos los experimentos.....	83
3.1.2.Experimentos de la campaña 2013-2014.....	85
3.1.3.Experimentos de la campaña 2014-2015.....	85
3.1.4.Parámetros estudiados.....	86
3.1.4.1. <u>Determinación del color</u>	87
3.1.4.2. <u>Determinación del contenido en clorofilas</u>	87
3.1.4.3. <u>Análisis del contenido de nitratos</u>	88
3.1.4.4.Evaluación de la incidencia de las fisiopatías.....	88
3.1.4.4.1.Evaluación de la incidencia de ‘tipburn’.....	88
3.1.4.4.2.Evaluación de la subida a flor prematura.....	90
3.1.4.5. <u>Producción comercial</u>	91
3.1.5.Medida de la humedad relativa y la temperatura.....	91
3.1.6.Análisis estadístico de los resultados.....	93
3.2.Resultados y discusión de los experimentos de la campaña 2013-2014	94
3.2.1.Resultados ciclo C1.....	94
3.2.2. Resultados ciclo C2.....	106

3.2.3.Resultados ciclo C3.....	118
3.2.4.Resultados comparación entre ciclos.....	130
3.2.5.Correlaciones entre parámetros.....	135
3.2.6.Discusión de los resultados	138
3.3. Resultados y discusión de los experimentos de la campaña	
<u>2014-2015</u>	145
3.3.1.Resultados ciclo C1.....	145
3.3.2.Resultados ciclo C2.....	152
3.3.3.Resultados ciclo C3.....	161
3.3.4.Resultados ciclo C4.....	171
3.3.5.Resultados ciclo C5.....	182
3.3.6.Resultados comparación entre ciclos.....	192
3.3.7.Correlaciones entre parámetros.....	198
3.3.8.Discusión de los resultados	200
3.4. <u>Conclusiones del capítulo.</u>	205
4. EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD,	
<u>MODALIDAD DE CULTIVO, CULTIVARES Y CICLOS EN</u>	
<u>LA ACUMULACIÓN DE NITRATOS E INCIDENCIA DE</u>	
<u>FISIOPATÍAS.</u>	207
4.1. <u>Material y métodos</u>	207
4.1.1.Características comunes a ambos experimentos	207
4.1.2.Experimento año 2013	208
4.1.3.Experimentos campaña 2013-2014	209
4.1.4.Parámetros estudiados.....	210
4.1.4.1. <u>Determinación de parámetros fisiológicos</u>	210
4.1.4.2. <u>Evaluación de la producción e incidencia de fisiopatías</u>	211
4.1.4.3. <u>Evaluación de la afección de ‘mancha translúcida’</u>	211
4.1.5. <u>Medida de la humedad relativa y la temperatura</u>	212
4.1.6. <u>Análisis estadístico de los resultados</u>	214
4.1.7. <u>Incidencias</u>	215
4.2. <u>Resultados y discusión experimento año 2015</u>	216
4.2.1.Resultados ciclo C1.....	216
4.2.2.Resultados ciclo C2.....	229
4.2.3.Resultados de la comparación entre ciclos.....	249
4.2.4.Correlaciones entre parámetros.....	255
4.2.5.Discusión de los resultados	257
4.3. <u>Resultados y discusión experimentos campaña 2013-2014</u> ...	264
4.3.1.Resultados ciclo C1.....	264
4.3.2.Resultados ciclo C2.....	288
4.3.3.Resultados de la comparación entre ciclos.....	306
4.3.4. <u>Correlaciones entre parámetros</u>	312
4.3.5. <u>Discusión de los resultados</u>	314

4.4. Conclusiones del capítulo	320
5. MODELIZACIÓN DE DISTINTAS VARIABLES FISIOLÓGICAS	323
5.1. Material y métodos	323
5.1.1. Características del experimento	323
5.1.2. Parámetros estudiados	325
5.1.2.1. <u>Determinación del color</u>	325
5.1.2.2.1. <u>Determinación indirecta</u>	325
5.1.2.2.2. <u>Extracción directa de clorofilas</u>	326
5.1.2.2. <u>Determinación del contenido en clorofilas</u>	325
5.1.2.3. <u>Análisis del contenido de nitratos</u>	326
5.1.2.4. <u>Determinación de nitrógeno</u>	326
5.1.3. Medida de la humedad relativa y la temperatura	327
5.1.4. Análisis estadístico	327
5.2. Resultados y discusión	328
5.2.1. Resultados ciclo C1	328
5.2.1.1. <u>Evolución de los parámetros fisiológicos</u>	328
5.2.1.2. <u>Correlaciones entre parámetros fisiológicos</u>	330
5.2.2. Resultados ciclo C2	340
5.2.2.1. <u>Evolución de los parámetros fisiológicos</u>	340
5.2.2.2. <u>Correlaciones entre parámetros fisiológicos</u>	341
5.2.3. Discusión de los resultados	347
5.3. Conclusiones del capítulo	351
6. EFECTO DE LA MODIFICACIÓN DE LA RATIO NO⁻³: NH⁺⁴ EN LA ACUMULACIÓN DE NITRATOS E INCIDENCIA DE FISIOPATÍAS	353
6.1. Material y métodos	353
6.1.1. Características comunes	353
6.1.2. Experimento del año 2015	353
6.1.2.1. <u>Diseño experimental</u>	355
6.1.2.2. <u>Fechas de muestreos</u>	356
6.1.3. Experimentos campaña 2015-2016	357
6.1.3.1. <u>Diseño experimental</u>	359
6.1.3.2. <u>Fechas muestreos</u>	359
6.1.4. Experimento del año 2016	360
6.1.4.1. <u>Diseño experimental</u>	362
6.1.4.2. <u>Fechas de muestreos</u>	362
6.1.5. Parámetros estudiados	363
6.1.5.1. <u>SPAD, parámetros de color y contenido de nitratos</u>	363
6.1.5.2. <u>Evaluación de la producción e incidencia de fisiopatías</u>	36
6.1.5.3. <u>Determinación de macronutrientes</u>	364
6.1.5.3.1. <u>Determinación de nitrógeno</u>	364

6.1.5.3.2.Determinación de fósforo.....	364
6.1.5.4.Determinación de la enzima nitrato-reductasa.....	369
6.1.6.Determinación de la tasa relativa de crecimiento.....	378
6.1.7.Determinación del índice de área foliar (IAF).....	378
6.1.8.Medida del pH y la conductividad eléctrica (CE)	379
6.1.9.Datos meteorológicos.....	381
6.1.10. Análisis estadístico.....	382
6.2.Resultados y discusión de los experimentos del año 2015.....	383
6.2.1.Resultados ciclo C1.....	383
6.2.2.Resultados ciclo C2.....	395
6.2.3.Comparación de ciclos	409
6.2.4.Correlaciones entre los parámetros.....	427
6.2.5.Índices de crecimiento.....	429
6.2.6.Discusión de los resultados	432
6.3.Resultados y discusión experimentos campaña 2015-2016... 440	440
6.3.1.Resultados ciclo C1.....	440
6.3.2.Resultados ciclo C2.....	455
6.3.3.Comparación entre ciclos	471
6.3.4.Correlaciones entre los parámetros.....	494
6.3.5.Índices de crecimiento.....	496
6.3.6.Discusión de los resultados	499
6.4.Resultados y discusión experimento 2016 en cámara de cultivo	505
6.4.1.Temperatura 15-18°C	505
6.4.2.Temperatura 15-21°C	512
6.4.3.Temperatura 15-24°C	519
6.4.4.Comparación de temperaturas de manejo en cámara climática	525
6.4.5.Discusión de los resultados	536
6.5.Conclusiones del capítulo.....	539
7.EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CLORUROS SOBRE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LA ACUMULACIÓN DE NITRATOS.....	541
7.1.Material y métodos.....	541
7.1.1. Características comunes	541
7.1.2.Experimento año 2015	542
7.1.2.1.Diseño experimental.....	544
7.1.2.2.Fechas de muestreo	545
7.1.3.Experimento campaña 2015-2016.....	545
7.1.3.1.Diseño experimental.....	547
7.1.3.2.Fechas de muestreo	548
7.1.4.Experimento año 2016	548

7.1.4.1. <u>Diseño experimental</u>	549
7.1.4.2. <u>Fechas de muestreo</u>	549
7.1.5. Parámetros estudiados	550
7.1.5.1. <u>Valores SPAD, parámetros de color y contenido en nitratos</u>	550
7.1.5.2. <u>Evaluación de la producción e incidencia de fisiopatías</u>	551
7.1.5.3. <u>Determinación de macronutrientes</u>	552
7.1.5.3.1. <u>Determinación del nitrógeno</u>	552
7.1.5.3.2. <u>Determinación del fósforo</u>	552
7.1.5.4. <u>Determinación de la actividad nitrato reductasa</u>	553
7.1.5.5. <u>Determinación de cloruros en tejidos vegetales (Experimento año 2015)</u>	553
7.1.5.6. <u>Determinación del contenido de azúcares de las hojas (Experimento campaña 2015-2016)</u>	554
7.1.5.7. <u>Materia fresca y seca de la parte aérea y de la raíz (Experimento 2016)</u>	556
7.1.6. Tasa de crecimiento (Experimentos 2015 y campaña 2015-20116)	556
7.1.7. Índice de área foliar (Experimentos 2015 y campaña 2015-20116)	557
7.1.8. Medida del pH y la CE (Experimentos 2015 y campaña 2015-2016)	557
7.1.9. Datos climatológicos	559
7.1.10. Análisis estadístico	560
7.2. Resultados y discusión	561
7.2.1. Resultados del experimento correspondiente al año 2015	561
7.2.1.1. <u>Resultados correspondientes a las soluciones S1 y S2</u>	561
7.2.1.2. <u>Resultados correspondientes a los 42 DDT (Soluciones nutritivas S1, S2, S3 y S4)</u>	572
7.2.2. Resultados del experimento de la campaña 2015-2016	579
7.2.3. Resultados del experimento correspondiente al año 2016	597
7.2.4. Correlaciones entre los parámetros	603
7.2.5. Índices de crecimiento	605
7.2.6. Discusión de los resultados	610
7.3. Conclusiones del capítulo	617
8. DISCUSIÓN GENERAL	619
9. CONCLUSIONES GENERALES	631
10. BIBLIOGRAFÍA	635
ANEJO DE LOS DATOS CLIMÁTICOS REGISTRADOS EN LOS EXPERIMENTOS	673

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1.1.1. Composición de la solución nutritiva ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)... 44	44
Cuadro 2.1.2.1. Fechas de siembra, plantación y recolección. 44	44
Cuadro 2.1.3.1. Fechas de siembra, plantación y recolección 46	46
Cuadro 3.1.1.1. Composición de la solución nutritiva ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)... 84	84
Cuadro 3.1.2.1. Fechas de siembra, trasplante y recolección de cada ciclo..... 85	85
Cuadro 3.1.3.1. Fechas de siembra, trasplante y recolección en cada ciclo..... 86	86
Cuadro 3.1.5.1. Valores medios de temperatura (T_m), humedad relativa (HR) y radiación (aire libre) en los diferentes ciclos y modalidades de cultivo. Experimentos campaña 2013-2014. 92	92
Cuadro 3.1.5.2. Valores medios de temperatura (T_m), humedad relativa (HR) y radiación (aire libre) en los diferentes ciclos y modalidades de cultivo. Experimentos campaña 2014-2015. 93	93
Cuadro. 4.1.1.1. Composición de la solución nutritiva ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) 208	208
Cuadro 4.1.2.1. Fechas de siembra, trasplante y recolección en cada ciclo..... 209	209
Cuadro 4.1.3.1. Fechas de siembra, trasplante y recolección en cada ciclo..... 209	209
Cuadro 4.1.5.1. Experimentos 2013. Valores medios de temperatura (T_m), humedad relativa (HR) y radiación (aire libre) en los diferentes ciclos y modalidades de cultivo..... 214	214
Cuadro 4.1.5.2. Experimentos campaña 2013- 2014. Valores medios de temperatura (T_m), humedad relativa (HR) y radiación (aire libre) en los diferentes ciclos y modalidades de cultivo. 214	214
Cuadro 5.1.1.1. Composición de la solución nutritiva ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$). 323	323
Cuadro 5.1.1.2. Fechas los muestreos realizados. Ciclo C1 324	324
Cuadro 5.1.1.3. Fechas los muestreos realizados. Ciclo C2 324	324
Cuadro 6.1.2.1. Fechas de siembra, trasplante y recolección en cada ciclo..... 354	354
Cuadro 6.1.2.2. Composición de las soluciones nutritivas ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) 354	354
Cuadro 6.1.2.3. Fechas de muestreos..... 356	356
Cuadro 6.1.3.1. Fechas de siembra, trasplante y recolección en cada ciclo..... 357	357
Cuadro 6.1.3.2. Composición de las soluciones nutritivas ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) 358	358
Cuadro 6.1.3.3. Fechas de muestreos..... 360	360
Cuadro 6.1.4.1. Fechas de siembra, trasplante y recolección en los diferentes ciclos..... 361	361

Cuadro 6.1.4.2. Composición de las soluciones nutritivas (mmol·L ⁻¹)	362
Cuadro 6.1.4.3. Fechas de muestreos.....	363
Cuadro 7.1.2.1. Fechas de siembra, trasplante y recolección	542
Cuadro 7.1.2.2. Composición de las soluciones nutritivas Experimento 2015 (mmol·L ⁻¹)	543
Cuadro 7.1.2.3. Fechas de muestreos (días después del trasplante)	545
Cuadro 7.1.3.1. Fechas de siembra, trasplante y recolección	545
Cuadro 7.1.3.2. Composición de las soluciones (mmol·L ⁻¹).....	546
Cuadro 7.1.3.3. Fechas de muestreo (días después del trasplante) .	548
Cuadro 7.1.3.4. Fechas de muestreo (días después del trasplante) .	550

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Escala de color L, a*, b*. (HunterLab,2012).....	24
Figura 1.2. Tonos correspondientes al ángulo Hue. (Sowards, 2016)	25
Figura 2.1.1. Distribución de las zonas de la hoja.....	47
Figura 3.2.1.1. Porcentaje de plantas comerciales. Interacción: cultivar x solución (A), cultivar x modalidad (B)	103
Figura 3.2.1.2. Porcentaje de plantas subidas a flor. Interacción: cultivar x solución (A). Interacción cultivar x modalidad (B).	104
Figura 3.2.1.3. Porcentaje incursión del esbozo floral. Interacción cultivar x modalidad.....	105
Figura 3.2.1.4. Concentración de nitratos. Interacción cultivar x modalidad (A), solución x modalidad (B).....	105
Figura 3.2.2.1. Porcentaje de plantas comerciales. Interacción cultivar x modalidad.....	115
Figura 3.2.2.2. Peso medio comercial. Interacción cultivar x modalidad.....	115
Figura 3.2.2.3. Porcentaje de ‘tipburn’. Interacción cultivar x modalidad.....	116
Figura 3.2.2.4. IMTB. Interacción cultivar x modalidad	116
Figura 3.2.2.5. Interacción cultivar x modalidad. Ángulo Hue (A). Interacción solución x modalidad. Luminosidad (B), Croma (C)	117
Figura 3.2.2.6. Valores SPAD. Interacción solución x modalidad.	118
Figura 3.2.3.1. Porcentaje de plantas comerciales. Interacción cultivar x modalidad.....	127
Figura 3.2.3.2. Porcentaje de ‘tipburn’.....	127
Figura 3.2.3.3. Interacción cultivar x modalidad. (A) IMTB. (B) IPTB	128
Figura 3.2.3.4. Croma. Interacción solución x modalidad	129
Figura 3.2.3.5. Concentración de nitratos. Interacción cultivar x modalidad.....	129
Figura 3.3.1.1. % Incursión esbozo floral. Interacción cultivar x modalidad.....	151
Figura 3.3.2.1. IMTB. Interacción cultivar x solución.....	160
Figura 3.3.3.1. Porcentaje de plantas comerciales. Interacción cultivar x modalidad.....	169
Figura 3.3.3.2. Porcentaje de ‘tipburn’. Interacción cultivar x modalidad.....	169
Figura 3.3.3.3. IPTB. Interacción cultivar x solución.....	170
Figura 3.3.3.4. % Incursión esbozo floral. Interacción cultivar x modalidad.....	170

Figura 3.3.4.1. Porcentaje de plantas comerciales. Interacción cultivar x modalidad.....	179
Figura 3.3.4.2. Porcentaje de plantas con ‘tipburn’. Interacción cultivar x modalidad.....	179
Figura 3.3.4.3. IMTB. Interacción cultivar x modalidad	180
Figura 3.3.4.4. Porcentaje de Incursión del esbozo floral. Interacción solución x modalidad	180
Figura 3.3.4.5. Croma. Interacción solución x modalidad	181
Figura 3.3.5.1. Porcentaje de plantas comerciales. Interacción cultivar x modalidad.....	190
Figura 3.3.5.2. Porcentaje de ‘tipburn’. Interacción cultivar x modalidad.....	190
Figura 3.3.5.3. IMTB. Interacción cultivar x modalidad	191
Figura 3.3.5.4. Porcentaje de incursión esbozo floral. Interacción cultivar x modalidad.....	191
Figura 4.2.1.1. Porcentaje de plantas comerciales. Interacción cultivar x humedad (A). Interacción cultivar x modalidad (B)	226
Figura 4.2.1.2. Porcentaje de plantas con ‘tipburn’. Interacción cultivar x humedad (A). Interacción cultivar x modalidad (B)	227
Figura 4.2.1.3. IMTB. Interacción humedad x modalidad	228
Figura 4.2.2.1. Porcentaje de plantas comerciales. Interacción cultivar x modalidad.....	241
Figura 4.2.2.2. Peso medio comercial. Interacción humedad x modalidad.....	241
Figura 4.2.2.3. Porcentaje de plantas con ‘tipburn’ Interacción cultivar x humedad (A) Interacción cultivar x modalidad (B)	242
Figura 4.2.2.4. Porcentaje de plantas subidas a flor. Interacción cultivar x humedad (A) Interacción cultivar x modalidad (B). Interacción humedad-modalidad (C).....	243
Figura 4.2.2.5. IMTB. Interacción cultivar x humedad. Las barras verticales corresponden al valor del intervalo LSD ($p \leq 0.05$).....	244
Figura 4.2.2.6. IPTB. Interacción cultivar x humedad (A). Interacción cultivar x modalidad (B)	245
Figura 4.2.2.7. Porcentaje incursión del esbozo floral Interacción cultivar x humedad (A). Interacción cultivar x modalidad (B). .	246
Figura 4.2.2.8. Ángulo Hue. Interacción cultivar x humedad (A). Interacción humedad x modalidad (B)	247
Figura 4.2.2.9. Croma. Interacción humedad x modalidad	248
Figura 4.2.2.10. Concentración de nitratos Interacción humedad x modalidad.....	248
Figura 4.3.1.1. Porcentaje de plantas comerciales. Interacción cultivar x humedad (A) Interacción cultivar x modalidad (B) Interacción	

humedad x modalidad (C)	279
Figura 4.3.1.2. Peso medio plantas comerciales. Interacción humedad x modalidad	280
Figura 4.3.1.3. Porcentaje de plantas con ‘tipburn’. Interacción cultivar x humedad (A) Interacción cultivar x modalidad (B) Interacción humedad x modalidad (C)	281
Figura 4.3.1.4. Porcentaje de plantas subidas a flor. Interacción cultivar x humedad	282
Figura 4.3.1.5. IMTB. Interacción cultivar x humedad (A). Interacción humedad x modalidad (B)	282
Figura 4.3.1.6. Porcentaje de incursión de esbozo floral. Interacción cultivar x humedad (A). Interacción cultivar X modalidad (B) ...	283
Figura 4.3.1.7. Luminosidad. Interacción cultivar x humedad (A). Interacción cultivar x modalidad (B)	284
Figura 4.3.1.8. Croma. Interacción humedad x modalidad	285
Figura 4.3.1.9. Valores SPAD. Interacción cultivar x humedad. Interacción humedad x modalidad (B)	286
Figura 4.3.1.10. Concentración de nitratos. Interacción cultivar x modalidad	287
Figura 4.3.2.1. Porcentaje de plantas comerciales Interacción cultivar x humedad (A) Interacción humedad x modalidad (B)	301
Figura 4.3.2.2. Peso medio plantas comerciales. Interacción cultivar x modalidad	302
Figura 4.3.2.3. Porcentaje de plantas con ‘tipburn’. Interacción cultivar x humedad (A) Interacción humedad x modalidad (B) ...	302
Figura 4.3.2.4. Porcentaje de plantas con ‘tipburn’ y subidas a flor. Interacción cultivar x humedad. (A) Interacción cultivar x modalidad (B) Interacción humedad-modalidad (C)	303
Figura 4.3.2.5. Interacción humedad x modalidad. IMTB (A). IPTB (B)	304
Figura 4.3.2.6. Porcentaje de esbozo floral. Interacción cultivar x humedad (A) Interacción cultivar x humedad (B) Interacción humedad x modalidad (C)	305
Figura 5.2.1.1. Cambios en el contenido en clorofila a, clorofila b y clorofila total durante el ciclo de cultivo	335
Figura 5.2.1.2. Cambios en el contenido en carotenos a lo largo del ciclo de cultivo	336
Figura 5.2.1.3. Cambios en los valores SPAD a lo largo del ciclo de cultivo	336
Figura 5.2.1.4. Cambios en la luminosidad, ángulo Hue (°H) y Cromo (C) a lo largo del ciclo de cultivo	337
Figura 5.2.1.5. Cambios en el contenido de nitratos a lo largo del	

ciclo de cultivo	338
Figura 5.2.1.6. Cambios en el porcentaje de nitrógeno total a lo largo del ciclo de cultivo	338
Figura 5.2.2.1. Cambios en la luminosidad, ángulo Hue (°H) y Croma (C) a lo largo del ciclo de cultivo	344
Figura 5.2.2.2. Cambios en los valores SPAD a lo largo del ciclo de cultivo.....	345
Figura 5.2.2.3. Cambios en el contenido de nitratos a lo largo del ciclo de cultivo	345
Figura 6.1.1. Evolución del pH (A) y la CE ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) a lo largo del experimento del año 2015	381
Figura 6.2.1.1. Interacción solución x DDT. Ángulo Hue (A). Croma (B)	394
Figura 6.2.2.1. Interacción solución x DDT. Ángulo Hue (A). Croma (B)	407
Figura 6.2.2.2. Porcentaje de fósforo. Interacción solución x DDT	408
Figura 6.2.3.1. Interacción ciclo x DDT (A). Ángulo Hue. (B). Croma	423
Figura 6.2.3.2. Interacción solución x DDT (A). Ángulo Hue (B) Croma.....	424
Figura 6.2.3.3. Concentración de nitratos	425
Figura 6.2.3.4. Actividad Nitrato Reductasa.....	425
Figura 6.2.3.5. Interacción ciclo x DDT. (A) Porcentaje de nitrógeno (B) Porcentaje de fósforo	426
Figura 6.2.3.6 Interacción ciclo x DDT	427
Figura 6.2.5.1. Respuesta de la Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) a diferentes niveles de amonio en la solución nutritiva en dos ciclos de cultivo.....	430
Figura 6.2.5.2. Respuesta del índice de área foliar a diferentes niveles de amonio en la solución nutritiva en dos ciclos de cultivo.....	431
Figura 6.3.1.1. Interacción solución x DDT. Luminosidad (A) Ángulo Hue (B).....	453
Figura 6.3.1.2. Valores SPAD. Interacción solución x DDT	454
Figura 6.3.2.1. Interacción solución x DDT. Luminosidad (A) Ángulo Hue (B). Croma (C).....	469
Figura 6.3.2.2. SPAD. Interacción solución x DDT	470
Figura 6.3.2.3. Actividad de la enzima Nitrato Reductasa. Interacción solución x DDT	470
Figura 6.3.2.4. Peso fresco raíz. . Interacción solución x DDT	471
Figura 6.3.3.1. Interacción ciclo x DDT (A). Luminosidad. (B) Ángulo Hue. (C) Croma.....	487
Figura 6.3.3.2. Interacción solución x DDT. (A) Luminosidad (B)	

Ángulo Hue (C) Croma	488
Figura 6.3.3.3. Valores SPAD. Interacción ciclo x DDT (A). Interacción solución x DDT (B).....	489
Figura 6.3.3.4. Concentración de nitratos. Interacción ciclo x DDT	490
Figura 6.3.3.5. Actividad enzima Nitrato Reductasa. Interacción ciclo x DDT (A). Interacción solución x DDT (B).....	491
Figura 6.3.3.6. Porcentaje de nitrógeno total. Interacción ciclo x solución	492
Figura 6.3.3.7. Interacción ciclo x DDT. (A) Porcentaje de nitrógeno total. (B) Porcentaje de fósforo	493
Figura 6.3.5.1. Respuesta de la Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) a diferentes niveles de amonio en la solución nutritiva en dos ciclos de cultivo.....	497
Figura 6.3.5.2. Respuesta del índice de área foliar a diferentes niveles de amonio en la solución nutritiva en dos ciclos de cultivo.....	498
Figura 6.4.4.1. Concentración de nitratos. Interacción temperatura x DDT.....	534
Figura 6.4.4.2. Actividad enzima nitrato reductasa. Interacción temperatura x DDT	534
Figura 6.4.4.3. Porcentaje de nitrógeno. Interacción temperatura x DDT.....	535
Figura 7.1.1. Evolución del pH (A) y la CE ($\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$) (B) a lo largo del Experimento 2015	558
Figura 7.1.2. Evolución del pH (A) y la CE ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) (B) a lo largo del Experimento de la campaña 2015-2016	559
Figura 7.2.1.1. Concentración de nitratos. Interacción cloruro x DDT. Las barras verticales corresponden al valor del intervalo LSD ($p\leq 0.05$).....	571
Figura 7.2.2.1. Croma. Interacción cloruro x DDT.....	594
Figura 7.2.2.2. Interacción amonio x DDT. Ángulo Hue (A). Croma (B)	594
Figura 7.2.2.3. Concentración de nitratos. Interacción cloruro x DDT	595
Figura 7.2.2.4. Actividad enzima nitrato reductasa. Interacción cloruro x amonio (A). Interacción cloruro x DDT (B). Interacción amonio x DDT (C)	596
Figura 7.2.3.1. Materia fresca parte aérea. Interacción cloruro x DDT	601
Figura 7.2.3.2. Materia seca parte aérea. Interacción cloruro x DDT	602
Figura 7.2.5.1. Tendencia de la tasa de crecimiento (%) según las	

distintas concentraciones de cloruro a lo largo de los días.....	606
Figura 7.2.5.2. Tendencia de la tasa de crecimiento (%) según las distintas concentraciones de amonio a lo largo de los días	607
Figura 7.2.5.3. Respuesta del índice de área foliar a diferentes niveles de cloruro en la solución nutritiva en dos ciclos de cultivo	608
Figura 7.2.5.4. Respuesta del índice de área foliar a diferentes niveles de amonio en la solución nutritiva en dos ciclos de cultivo	609

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2.1. Invernadero tipo Venlo.....	42
Fotografías 2.2. y 2.3. “Cooling system” y calefacción.....	42
Fotografía 2.4. Bandejas de semillero.....	43
Fotografía 2.5. Bandeja de drenaje	43
Fotografía 2.6. Colorímetro	48
Fotografía 2.7. Medidor SPAD-502.....	49
Fotografía 2.8. Extracción de clorofilas en disolvente.....	50
Fotografía 2.9. Espectrofotómetro	50
Fotografía 2.10. Triturado de los nervios.....	53
Fotografía 2.11. Tiras soporte del reactivo para la medición de nitratos.....	55
Fotografía 2.12. Medidor de nitratos por reflectometría.....	55
Fotografía 2.13. Destilador Kjeltex.....	59
Fotografía 2.14. Valoración	59
Fotografía 2.15. Liofilizador.....	60
Fotografía 2.16. “Speed vac”	61
Fotografía 2.17. Filtrado de las muestras.....	62
Fotografía 3.1. Cultivar ‘Cuartana’	84
Fotografía 3.2. Cultivar ‘Santel’	84
Fotografía 3.3. (A) Planta sana. (B) Grado 1 ‘tipburn’. (C) Grado 2 ‘tipburn’. (D). Grado 3 ‘tipburn’.....	89
Fotografía 3.4. Medida del esbozo floral	91
Fotografías 3.5 y 3.6. Sensores climáticos.....	92
Fotografía 4.1. Invernadero. Condiciones control y bajo túnel.....	208
Fotografía 4.2. Aire libre .Condiciones control y bajo túnel.....	208
Fotografía 4.3. Hojas sana (A) y afectadas por ‘mancha translúcida’. (B) Afección ligera. (C) Afección media. (D) Afección alta	212
Fotografía 4.4. Planta afectada por el exceso de temperatura.....	215
Fotografía 6.1. Plantación en invernadero	353
Fotografía 6.2. Cultivo en botes de plástico.....	357
Fotografía 6.3. Cámara de cultivo.....	360
Fotografía 6.4. Muestra en los crisoles	367
Fotografía 6.5. Lámpara de infrarrojos	367
Fotografía. 6.6. Determinación de fósforo colorimetría	368
Fotografía 6.7. Discos de los limbos con solución tampón.....	376
Fotografía 6.8. Determinación actividad de la enzima nitrato reductasa.....	377
Fotografía 6.9. Medidor de área foliar.....	379
Fotografía 6.10. Medidor de pH	380
Fotografía 6.11. Conductímetro.....	380
Fotografía 7.1. Vista general del invernadero.....	541

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.2.1.1. Parámetros de color y SPAD..... 65

Tabla 2.2.1.2. Concentración de nitratos..... 65

Tabla 2.2.2.1. Parámetros de color y valores SPAD 68

Tabla 2.2.2.2. Concentración de clofofilas y carotenos 68

Tabla 2.2.2.3. Concentración de nitratos. Porcentaje de nitrógeno... 69

Tabla 2.2.3.1. Parámetros de color. Valores SPAD 71

Tabla 2.2.3.2. Concentración de nitratos. Porcentaje de nitrógeno... 71

Tabla 2.2.3.3. Contenido en azúcares..... 72

Tabla 2.3.1.1. Parámetros de color y SPAD en diferentes zonas de
hojas de la parte externa del pseudocogollo,..... 74

Tabla 2.3.2.1. Parámetros de color y SPAD en diferentes zonas de
hojas de la parte media del pseudocogollo..... 76

Tabla 2.3.3.1. Parámetros de color y SPAD en diferentes zonas de
hojas de la parte interna del pseudocogollo 78

Tabla 3.2.1.1. Producción comercial y no comercial (C1) 99

Tabla 3.2.1.2. Incidencia de fisiopatías (C1)..... 100

Tabla 3.2.1.3. Parámetros de color luminosidad (L), ángulo Hue (H°),
Croma (C) y valores SPAD (C1)..... 101

Tabla 3.2.1.4. Concentración de nitratos (C1)..... 102

Tabla 3.2.2.1. Producción comercial y no comercial (C2) 111

Tabla 3.2.2.2. Incidencia de fisiopatías (C2)..... 112

Tabla 3.2.2.3. Parámetros de color luminosidad (L), ángulo Hue (H°),
Croma (C) y valores SPAD (C2)..... 113

Tabla 3.2.2.4. Concentración de nitratos (C2)..... 114

Tabla 3.2.3.1. Producción comercial y no comercial (C3) 123

Tabla 3.2.3.2. Incidencia de fisiopatías (C3)..... 124

Tabla 3.2.3.3. Parámetros de color luminosidad (L), ángulo Hue (H°),
Croma (C) y valores SPAD (C3)..... 125

Tabla 3.2.3.4. Concentración de nitratos (C3)..... 126

Tabla 3.2.4.1. Producción comercial y no comercial (Comparación
ciclos)..... 132

Tabla 3.2.4.2. Incidencia de fisiopatías (Comparación de ciclos)... 133

Tabla 3.2.4.3. Parámetros de color luminosidad (L), ángulo Hue (H°),
Croma (C) y concentración de nitratos (Comparación de ciclos) 133

Tabla 3.2.4.4. Concentración de nitratos (Comparación de ciclos). 134

Tabla 3.2.5.1. Matriz de correlaciones Ciclo C1 136

Tabla 3.2.5.2. Matriz de correlaciones Ciclo C2..... 136

Tabla 3.2.5.3. Matriz de correlaciones Ciclo C3..... 137

Tabla 3.3.1.1. Producción comercial (C1)..... 148

Tabla 3.3.1.2. Incidencia de fisiopatías (C1)..... 149

Tabla 3.3.1.3. Parámetros de color luminosidad (L), ángulo Hue (H°), Cromo (C) y concentración de nitratos (C1).....	150
Tabla 3.3.2.1. Producción comercial y no comercial (C2).....	156
Tabla 3.3.2.2. Incidencia de fisiopatías (C2).....	157
Tabla 3.3.2.3. Parámetros de color luminosidad (L), ángulo Hue (H°), Cromo (C) y valores SPAD (C2).....	158
Tabla 3.3.2.4. Concentración de nitratos (C2).....	159
Tabla 3.3.3.1. Producción comercial y no comercial (C3).....	165
Tabla 3.3.3.2. Incidencia de fisiopatías (C3).....	166
Tabla 3.3.3.3. Parámetros de color: luminosidad (L), ángulo Hue (H°), Cromo (C) y valores SPAD (C3).....	167
Tabla 3.3.3.4. Concentración de nitratos (C3).....	168
Tabla 3.3.4.1. Producción comercial y no comercial (C4).....	175
Tabla 3.3.4.2. Incidencia de fisiopatías (C4).....	176
Tabla 3.3.4.3. Parámetros de color: luminosidad (L), ángulo Hue (H°), Cromo (C) y valores SPAD (C4).....	177
Tabla 3.3.4.4. Concentración de nitratos (C4).....	178
Tabla 3.3.5.1. Producción comercial y no comercial (C5).....	186
Tabla 3.3.5.2. Incidencia de fisiopatías (C5).....	187
Tabla 3.3.5.3. Parámetros de color: luminosidad (L), ángulo Hue (H°), Cromo (C) y valores SPAD (C5).....	188
Tabla 3.3.5.4. Concentración de nitratos (C5).....	189
Tabla 3.3.6.1. Producción comercial y no comercial (Comparación de ciclos).....	194
Tabla 3.3.6.2. Incidencia de fisiopatías (Comparación de ciclos)...	195
Tabla 3.3.6.3. Parámetros de color: luminosidad (L), ángulo Hue (H°), Cromo (C) (Comparación de ciclos).....	196
Tabla 3.3.6.4. Concentración de nitratos (Comparación de ciclos).....	197
Tabla 3.3.7.1. Matriz de correlaciones ciclo C1.....	198
Tabla 3.3.7.2. Matriz de correlaciones ciclo C2.....	198
Tabla 3.3.7.3. Matriz de correlaciones ciclo C3.....	199
Tabla 3.3.7.4. Matriz de correlaciones ciclo C4.....	199
Tabla 3.3.7.5. Matriz de correlaciones ciclo C5.....	199
Tabla 4.2.1.1. Producción comercial y no comercial (C1).....	221
Tabla 4.2.1.2. Incidencia de fisiopatías (C1).....	222
Tabla 4.2.1.3. Parámetros de color y valores SPAD (C1).....	223
Tabla 4.2.1.4. Concentración de nitratos (C1).....	224
Tabla 4.2.1.5. Porcentaje de hojas afectadas comerciales y afectadas por mancha translúcida (C1).....	225
Tabla 4.2.2.1. Producción y fisiopatías (C2).....	236
Tabla 4.2.2.2. Incidencia de fisiopatías (C2).....	237
Tabla 4.2.2.3. Parámetros de color y valores SPAD (C2).....	238

Tabla 4.2.2.4. Concentración de nitratos (C2).....	239
Tabla 4.2.2.5. Porcentaje de hojas comerciales y afectadas por mancha translúcida (C2).....	240
Tabla 4.2.3.1. Producción y fisiopatías (Comparación ciclos).....	251
Tabla 4.2.3.2. Incidencia de fisiopatías (Comparación ciclos).....	252
Tabla 4.2.3.3. Parámetros de color, SPAD (Comparación ciclos).	253
Tabla 4.2.3.4. Concentración de nitratos (Comparación ciclos). ...	253
Tabla 4.2.3.5. “Mancha translúcida” (Comparación de ciclos).....	254
Tabla 4.2.4.1. Matriz de correlaciones ciclo C1.....	256
Tabla 4.2.4.2. Matriz de correlaciones ciclo C2.....	256
Tabla 4.3.1.1. Producción y fisiopatías (C1).....	274
Tabla 4.3.1.2. Incidencia de fisiopatías (C1).....	275
Tabla 4.3.1.3. Parámetros de color y SPAD (C1).	276
Tabla 4.3.1.4. Concentración de nitratos (C1).....	277
Tabla 4.3.1.5. Porcentaje de hojas sanas y afectadas por ‘Mancha translúcida’ (C1).....	278
Tabla 4.3.2.1. Producción comercial y no comercial (C2).....	296
Tabla 4.3.2.2. Incidencia de fisiopatía (C2).	297
Tabla 4.3.2.3. Parámetros de color y SPAD (C2).	298
Tabla 4.3.2.4. Concentración de nitratos (C2).....	299
Tabla 4.3.2.5. Porcentaje de hojas comerciales y afectadas por mancha translúcida (C2).....	300
Tabla 4.3.3.1. Producción comercial y no comercial (Comparación de ciclos).....	308
Tabla 4.3.3.2. Incidencia de fisiopatías (Comparación de ciclos)...	309
Tabla 4.3.3.3. Parámetros de color y valores SPAD (Comparación de ciclos).....	310
Tabla 4.3.3.4. Concentración de nitratos (Comparación de ciclos).	310
Tabla 4.3.3.5. ‘Mancha translúcida’. (Comparación de ciclos).....	311
Tabla 4.3.4.1. Matriz de correlaciones ciclo C1.	313
Tabla 4.3.4.2. Matriz de correlaciones ciclo C2.	313
Tabla 5.2.1.1. Evolución del contenido en clorofilas y carotenos. Ciclo C1	332
Tabla 5.2.1.2. Evolución de los parámetros de color y valores SPAD. Ciclo C1.	333
Tabla 5.2.1.3. Evolución de la concentración de nitratos y porcentaje de nitrógeno total. Ciclo 1.	334
Tabla 5.2.1.4. Matriz de correlaciones ciclo C1.....	339
Tabla 5.2.2.1. Evolución de los parámetros de color y valores SPAD. Ciclo C2.	342
Tabla 5.2.2.2. Evolución de la concentración de nitratos y del porcentaje de nitrógeno total. Ciclo C2.....	343

Tabla 5.2.2.3. Matriz de correlaciones C2.....	346
Tabla 6.2.1.1. Producción comercial y no comercial (C1).....	388
Tabla 6.2.1.2. Incidencia de fisiopatías (C1).....	389
Tabla 6.2.1.3. Parámetros de color luminosidad (L), ángulo Hue (H°), Croma (C) y valores SPAD (C1).....	390
Tabla 6.2.1.4. Concentración de nitratos.(C1).....	391
Tabla 6.2.1.5. Actividad de la enzima Nitrato reductasa (C1)	392
Tabla 6.2.1.6. Macronutrientes. Porcentaje de nitrógeno y fósforo	393
Tabla 6.2.2.1. Producción comercial y no comercial (C2)	401
Tabla 6.2.2.2. Incidencia de fisiopatías (C2).....	402
Tabla 6.2.2.3. Parámetros de color. Valores SPAD. (C2)	403
Tabla 6.2.2.4. Concentración de nitratos (C2).....	404
Tabla 6.2.2.5. Actividad enzima nitrato reductasa (C2).....	405
Tabla 6.2.2.6. Macronutrientes. Porcentaje de nitrógeno y fósforo (C2)	406
Tabla 6.2.3.1. Producción comercial y no comercial, (Comparación de ciclos)	417
Tabla 6.2.3.2. Incidencia de fisiopatías. (Comparación de ciclos)..	418
Tabla 6.2.3.3. Parámetros de color. Valores SPAD (Comparación de ciclos)	419
Tabla 6.2.3.4. Concentración de nitratos.(Comparación de ciclos).	420
Tabla 6.2.3.5. Actividad Nitrato Reductasa (Comparación de ciclos)	421
Tabla 6.2.3.6. Macronutrientes. Porcentaje de nitrógeno. y fósforo. (Comparación de ciclos).....	422
Tabla 6.2.4.1. Matriz de correlaciones Ciclo C1	428
Tabla 6.2.4.2. Matriz de correlaciones Ciclo C2	429
Tabla 6.3.1.1. Producción comercial y no comercial.	446
Tabla 6.3.1.2. Incidencia de fisiopatías (C1).....	447
Tabla 6.3.1.3. Parámetros de color y valores SPAD (C1).....	448
Tabla 6.3.1.4. Concentración de nitratos. (C1).....	449
Tabla 6.3.1.5. Actividad enzima Nitrato Reductasa.....	450
Tabla 6.3.1.6. Macronutrientes. Porcentaje de nitrógeno y fósforo.	451
Tabla 6.3.1.7. Peso fresco raíz.....	452
Tabla 6.3.2.1. Producción comercial y no comercial (C2).....	462
Tabla 6.3.2.2. Incidencia de fisiopatías (C2).....	463
Tabla 6.3.2.3. Parámetros de color y valores SPAD (C2).....	464
Tabla 6.3.2.4. Concentración de nitratos. (C2).....	465
Tabla 6.3.2.5. Concentración de nitratos. Actividad Nitrato Reductasa. (C2).....	466
Tabla 6.3.2.6. Macronutrientes. Porcentaje de nitrógeno. y fósforo (C2)	467