



Universidad Nacional del Litoral
Facultad de Ciencias Agrarias

Tesis sometida a consideración como requisito parcial para optar por el grado de:

Magister Scientiae en Cultivos Intensivos

Comportamiento ecofisiológico de cultivares de coliflor (*Brassica oleracea* Linn. var. *botrytis*) de verano-otoño en clima templado

Autor: Ing. Agr. Verónica Lorena Dovis

Esperanza, abril de 2007.

Director**Ing. Agr. Carlos Alberto Bouzo (MSc)**

Cátedra de Cultivos Intensivos

Facultad de Ciencias Agrárias

Universidad Nacional del Litoral (UNL)

Co-Director**Ing. Agr. Carlos Daniel Giaveno (MSc, PhD)**

Departamento de Genética

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Universidad de São Paulo (USP)

Miembros del Jurado**Ing. Agr. Juan Carlos Favaro**

Cátedra de Cultivos Intensivos

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional del Litoral (UNL)

Ing. Agr. Luis A. Mroginski

Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE)

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)

Ing. Agr. Rubén Andrés Pilatti (MSc)

Cátedra de Fisiología Vegetal

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional del Litoral (UNL)

*...no existe la ciencia acabada, la ciencia vive
venciendo errores y no estableciendo verdades...*

B. Eichembaum

*A Mirna y Aldo ... por la vida y el ejemplo
A Juan ... por estar ahí ... siempre e incondicionalmente*

AGRADECIMIENTOS

El nombrar a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para que este proyecto pudiera llevarse a cabo rebasaría los límites de este escrito. Sin embargo no podría dejar de agradecer....

A Carlos Bouzo y Carlos Giaveno, por su inestimable colaboración tanto en lo moral como en lo material. Por ayudarme a llevar a cabo los ensayos, por aportar ideas y trabajo. Por su infinita paciencia al corregir una y otra vez mis escritos.

A Norberto Gariglio por confiar en mi capacidad, ofrecerme esta oportunidad y fundamentalmente por incentivar me constantemente en este proyecto.

A la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica por el apoyo financiero brindado.

A todo el grupo de trabajo de las Cátedras de Fisiología Vegetal y Cultivos Intensivos de la Facultad de Ciencias Agrarias.

A Marcela Buyatti, Marcela Weber y Marisa Mendow por su invaluable consejo y amistad, por prestarme siempre un hombro en donde descansar.

A Luciana Papporelo y Betiana Kummer por ayudarme en largos y calurosos días de cosecha.

A todo el grupo de trabajo de la Cátedra de Morfología Vegetal, Julio, Alicia y Mariel, por facilitarme el material de trabajo del Pabellón de Estudios Botánicos. Y especialmente a Abelardo Vegetti por sus valiosas recomendaciones para la edición de esta tesis.

A toda mi familia y amigos por el apoyo moral brindado en todo momento.

... y porqué no a todos aquellos que colaboraron con la degustación de gran cantidad de coliflor...

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XVIII
ABSTRACT	XIX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. <i>Objetivo general</i>	5
2.2. <i>Objetivos específicos</i>	5
3. REVISIÓN DE LITERATURA	6
3.1. <i>Origen y distribución</i>	7
3.2. <i>Descripción morfológica de la familia botánica y la especie coliflor</i>	11
3.3. <i>Valor nutritivo y nutraceútico de la familia botánica y la especie coliflor</i>	13
3.4. <i>Desarrollo fenológico y ontogénico del cultivo de coliflor</i>	16
3.5. <i>Factores ambientales que afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo de coliflor</i>	21
3.5.1. <i>Efecto de la temperatura:</i>	22
3.5.2. <i>Efecto de la luz</i>	27
3.5.3. <i>Interacción entre vernalización y respuesta al fotoperíodo</i>	30
3.6. <i>Cambios que ocurren en el ápice y conducen a la iniciación de la pella</i>	30
3.7. <i>Implantación, cosecha y calidad en coliflor</i>	33
3.8. <i>Situación actual del cultivo en la zona</i>	36
4. MATERIALES Y MÉTODOS	40
4.1. <i>Localización de los experimentos</i>	41
4.2. <i>Cultivares utilizados</i>	42
4.3. <i>Establecimiento del cultivo</i>	44
4.4. <i>Experimentos realizados</i>	44

4.4.1.	<i>Efecto de la longitud del fotoperíodo y la temperatura sobre las fenofases y el desarrollo productivo de la coliflor</i>	45
4.4.1.1.	<i>Experimentos con modificación de la temperatura y alargamiento del fotoperíodo</i>	45
4.4.1.2.	<i>Experimentos con acortamiento del fotoperíodo</i>	49
4.4.1.3.	<i>Recolección de datos</i>	50
4.4.2.	<i>Comportamiento productivo de diferentes cultivares</i>	52
4.5.	<i>Herramientas de análisis y tratamiento estadístico</i>	56
4.5.1.	<i>Efecto de la longitud del fotoperíodo y la temperatura sobre las fenofases y el desarrollo productivo de la coliflor</i>	56
4.5.2.	<i>Comportamiento productivo de diferentes cultivares</i>	57
5.	<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	60
5.1.	<i>Efecto de la longitud del fotoperíodo y la temperatura sobre las fenofases y el desarrollo productivo de la coliflor</i>	61
5.1.1.	<i>Morfología de la pella</i>	61
5.1.2.	<i>Experimentos con modificación de la temperatura y alargamiento del fotoperíodo</i>	61
5.1.3.	<i>Experimentos con acortamiento del fotoperíodo</i>	91
5.2.	<i>Comportamiento productivo de diferentes cultivares</i>	98
5.2.1.	<i>Transplante en invernadero - invierno de 2003</i>	98
5.2.1.1.	<i>Condiciones ambientales durante el experimento</i>	98
5.2.1.2.	<i>Comportamiento de los cultivares en estudio</i>	100
5.2.1.3.	<i>Consideraciones del análisis de cultivares en el transplante en invernadero – invierno de 2003</i>	125
5.2.2.	<i>Transplante al aire libre - invierno de 2003</i>	126
5.2.2.1.	<i>Condiciones ambientales durante el experimento</i>	126
5.2.2.2.	<i>Comportamiento de los cultivares en estudio</i>	127
5.2.2.3.	<i>Consideraciones del análisis de cultivares en transplante al aire libre – invierno de 2003</i>	145
5.2.3.	<i>Transplante al aire libre – verano de 2004</i>	145
5.2.3.1.	<i>Condiciones ambientales durante el experimento</i>	146
5.2.3.2.	<i>Comportamiento de los cultivares en estudio</i>	147
5.2.3.3.	<i>Consideraciones de la evaluación de cultivares en transplante al aire libre – verano de 2004</i>	166

5.2.4.	<i>Interacciones Cultivares x Ambientes</i>	167
5.2.4.1.	<i>Condiciones ambientales</i>	167
5.2.4.2.	<i>Comportamiento de los cultivares en estudio</i>	168
6.	CONCLUSIONES	197
6.1.	<i>Sobre la fisiología de la coliflor</i>	198
6.2.	<i>Sobre el comportamiento productivo de la coliflor</i>	199
	<i>Consideraciones finales: Aspectos de investigación futura</i>	201
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	202

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1: Composición nutritiva de 100 gr de coliflor.....	14
Cuadro 3.2: Algunos antecedentes de número de hojas iniciadas hasta el final de la etapa juvenil en estudios realizados sobre diferentes cultivares de coliflor.....	19
Cuadro 3.3: Ejemplos de temperatura base, óptima y máxima de vernalización estimadas en diferentes cultivares de coliflor por distintos autores.....	25
Cuadro 3.4: Informes de cosecha de coliflor en distintas condiciones culturales y ambientales.....	36
Cuadro 4.1: Cultivares utilizados en los ensayos, largo de ciclo estimado, momento de siembra recomendada y características generales de las pellas y las plantas.....	42
Cuadro 5.1: Temperaturas media, mínima y máxima media durante el período en vivero y desde trasplante hasta cosecha en los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.....	63
Cuadro 5.2: Efecto de los tratamientos de temperatura y prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde $y = 1/\text{diámetro (mm)}$. Coeficiente de determinación del análisis de regresión ($R^2\%$) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). Días hasta el final de juvenilidad (0,2 mm), días al final de inducción (0,6 mm) y duración de la etapa inductiva (DEI). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.	65
Cuadro 5.3: Efecto de los tratamientos de temperatura y prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función de la cantidad de hojas iniciadas con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde $y = \text{número de hojas iniciadas}$. Coeficiente de determinación del análisis de regresión ($R^2\%$) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.	70
Cuadro 5.4: Efecto de los tratamientos de temperatura y prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con el número de hojas iniciadas (Hojas). Para $y = (\alpha + \beta * \text{Hojas})$, donde $y = \text{Ln diámetro (mm)}$. Coeficiente de determinación del análisis de regresión ($R^2\%$) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). Nº de hojas al final de juvenilidad (0,2 mm), al final de inducción (0,6 mm) y cantidad iniciada durante la etapa inductiva (HDEI). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.....	73
Cuadro 5.5: Efecto de los tratamientos de temperatura y prolongación del fotoperíodo sobre los días desde emergencia a cosecha (DDE-C), el número de hojas totales (Nº hojas) y el peso fresco de las pellas (PF pella). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.....	77

Cuadro 5.6: Efecto de los tratamientos de temperatura y prolongación del fotoperíodo sobre el área folia final, el peso seco de las hojas (PS hojas), el área foliar específica (AFE) y los días desde iniciación a cosecha (DDI-C). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.....	80
Cuadro 5.7: Temperatura media, mínima y máxima media durante el período de vivero y desde transplante hasta cosecha en los cvs Madrid y KS 40. Segunda y Tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.	84
Cuadro 5.8: Efecto del tratamiento de prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde $y = 1/\text{diámetro (mm)}$. Coeficiente de determinación del análisis de regresión (R2%) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). Días hasta el final de juvenilidad (0,2 mm), días al final de inducción (0,6 mm) y duración de la etapa inductiva (DEI). En los cvs Madrid y KS 40. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.	85
Cuadro 5.9: Efecto de los tratamientos de prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función de la evolución del número de hojas con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde $y = \text{número de hojas iniciadas}$. Coeficiente de determinación del análisis de regresión (R2%) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). En los cvs KS 40 y Madrid. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.....	87
Cuadro 5.10: Efecto de los tratamientos de prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con el número de hojas iniciadas (Hojas). Para $y = (\alpha + \beta * \text{Hojas})$, donde $y = \text{Ln diámetro (mm)}$. Coeficiente de determinación del análisis de regresión (R2%) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). Nº de hojas al final de juvenilidad (0,2 mm), al final de inducción (0,6 mm) y cantidad iniciada durante la etapa inductiva (HEDI). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.....	89
Cuadro 5.11: Efecto del tratamiento de prolongación del fotoperíodo sobre el número de hojas totales (Nº hojas), el peso fresco de las pellas (PF pella), el peso seco de las hojas (PS hojas), el área foliar final y el área foliar específica (AFE). En los cvs KS 40 y Madrid. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004	91
Cuadro 5.12: Temperatura media, mínima y máxima media durante el período de vivero y desde transplante hasta cosecha en los cvs Majestic y KS 40. Cuarta y quinta experiencia: verano-otoño de 2003-2004.	92
Cuadro 5.13: Efecto del tratamiento de acortamiento del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde $y = 1/\text{diámetro (mm)}$. Coeficiente de determinación del análisis de regresión (R2%) y error cuadrático medio de la	

predicción (ECMP). Días hasta el final de juvenilidad (0,2 mm), días al final de inducción (0,6 mm) y duración de la etapa inductiva (DEI). En los cvs Majestic y KS 40. Cuarta y Quinta experiencia: verano-otoño de 2003-2004.	93
Cuadro 5.14: Efecto de los tratamientos de acortamiento del fotoperíodo sobre la pendiente de la función de la evolución del número de hojas con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde y = número de hojas iniciadas. Coeficiente de determinación del análisis de regresión (R ² %) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). En los cvs KS 40 y Majestic. Cuarta y quinta experiencia: verano-otoño de 2003-2004.	96
Cuadro 5.15: Efecto de los tratamientos de prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con el número de hojas iniciadas (Hojas). Para $y = (\alpha + \beta * Hojas)$, donde y = Ln diámetro (mm). Coeficiente de determinación del análisis de regresión (R ² %) y el error cuadrático medio de la predicción (ECMP). N° de hojas al final de juvenilidad (0,2 mm), al final de inducción (0,6 mm) y cantidad iniciada durante la etapa inductiva (HEDI). En los cvs KS 40 y Majestic. Cuarta y quinta experiencia: verano-otoño de 2003-2004.	97
Cuadro 5.16: Temperaturas mínimas y máximas medias mensuales durante el período de transplante a cosecha, en el ensayo de evaluación de cultivares. Transplante invernadero - invierno de 2003.	99
Cuadro 5.17: Temperaturas mínimas y máximas absolutas para el período 1994-2005 y las registradas en el invernadero correspondientes al período desde transplante a cosecha, en el ensayo de evaluación de cultivares. Transplante invernadero-invierno de 2003.	100
Cuadro 5.18: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares sobre el promedio de calidad visual, diámetro (cm) y peso fresco (g) de las pellas. Transplante invernadero – invierno de 2003.	101
Cuadro 5.19: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación de cultivares, sobre el promedio de los días de transplante a cosecha (d), el porcentaje de materia seca de las pellas (% MS Pella) y proporción de partición de materia seca a la pella (Índice cosecha). Transplante invernadero–invierno de 2003.	115
Cuadro 5.20: Estimación del coeficiente de correlación de Pearson para la relación entre la calidad promedio de las pellas por cultivar y el porcentaje de materia seca de la pella, en el ensayo de evaluación de cultivares. Transplante invernadero - invierno de 2003.	118
Cuadro 5.21: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación de cultivares, sobre el número de hojas finales (N° Hojas), el peso seco de la pella	

(PS Pella), de las hojas (PS Hojas), del tallo (PS Tallo) y del total de la planta (PS Total). Transplante invernadero – invierno de 2003.....	120
Cuadro 5.22: Temperaturas mínimas y máximas medias mensuales durante el período de transplante a cosecha. Transplante al aire libre – invierno de 2003.....	127
Cuadro 5.23: Temperaturas mínimas y máximas absolutas del período 1994-2005 y registradas al aire libre correspondientes al período desde transplante a cosecha. Transplante al aire libre–invierno de 2003.	127
Cuadro 5.24: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación de cultivares, sobre el promedio de calidad visual, diámetro (cm) y peso fresco (g) de las pellas. Transplante al aire libre–invierno de 2003.	128
Cuadro 5.25: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados sobre el promedio de los días de transplante a inicio de cosecha (d), porcentaje de materia seca de las pellas (% MS Pella) y proporción de la partición de la materia seca a la pella (Índice cosecha). Transplante al aire libre – invierno de 2003.	135
Cuadro 5.26: Estimación del coeficiente de correlación de Pearson para la relación entre la calidad promedio de las pellas por cultivar y el porcentaje de materia seca de la pella. Transplante al aire libre-invierno de 2003	138
Cuadro 5.27: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación de cultivares, sobre el número de hojas finales (Nº Hojas), el peso seco de la pella (PS Pella), de las hojas (PS Hojas), del tallo (PS Tallo) y del total de la planta (PS Total). Transplante al aire libre – invierno de 2003.....	140
Cuadro 5.28: Temperaturas mínimas y máximas medias mensuales durante el período de transplante a cosecha. Transplante al aire libre – verano de 2004.	146
Cuadro 5.29: Temperaturas mínimas y máximas absolutas del período 1994-2005 y registradas al aire libre correspondientes al período desde transplante a cosecha. Transplante aire libre–verano de 2004.	147
Cuadro 5.30: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares, sobre el promedio de calidad visual, diámetro (cm) y peso fresco (g) de las pellas. Transplante al aire libre – verano de 2004.....	149
Cuadro 5.31: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares, sobre el promedio de los días de transplante a inicio de cosecha (d), porcentaje de materia seca de las pellas (% MS Pella) y proporción de la partición de la materia seca a la pella (Índice cosecha). Transplante al aire libre – verano de 2004.	157
Cuadro 5.32: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares, sobre el número de hojas finales (Nº Hojas), el peso seco de la pella (PS Pella), de las hojas (PS Hojas), del tallo (PS Tallo) y del total de la planta (PS Total). Transplante al aire libre – verano de 2004.....	162

Cuadro 5.33: Temperaturas mínimas y máximas medias registradas en el período transplante a cosecha en los ensayos de evaluación de cultivares en los tres ambientes utilizados.....	168
Cuadro 5.34: Términos para cultivar (C), ambiente (A) e interacción cultivar x ambiente (CxA) del modelo del análisis de la Varianza para las variables calidad visual y peso fresco de las pellas. Para los 31 cultivares de coliflor en los tres ambientes estudiados.	169
Cuadro 5.35: Efecto de los ambientes estudiados sobre la calidad visual y el peso fresco (g) de las pellas para la totalidad de los cultivares utilizados.	169
Cuadro 5.36: Efecto de los distintos ambientes estudiados sobre la calidad promedio obtenida para cada uno de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares.	171
Cuadro 5.37: Efecto de los distintos ambientes estudiados sobre el peso fresco promedio (g) obtenido para cada uno de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares.....	177
Cuadro 5.38: Términos para cultivar (C), ambiente (A) e interacción cultivar x ambiente (CxA) del modelo del análisis de la varianza para la variable días desde el transplante a la cosecha, para 31 cultivares de coliflor.	189
Cuadro 5.39: Efecto de los ambientes estudiados sobre los días desde transplante a cosecha para la totalidad de los cultivares utilizados.	189
Cuadro 5.40: Efecto de los distintos ambientes estudiados sobre los días desde el transplante hasta la cosecha promedio obtenido para cada uno de los genotipos de coliflor utilizados.....	193

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Diversidad en órganos de consumo de la especie <i>Brassica oleracea</i>	9
Figura 3.2: Micrografía electrónica de barrido de cuatro estados de desarrollo del ápice en coliflor <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> . a) estado vegetativo; b) estado de inducción de la pella; c) estado de formación de la pella; d) estado de engrosamiento de la pella. Las barras representan 100 um. Tomado de Kieffer <i>et al.</i> , 1998.	13
Figura 3.3: Función general de respuesta de coliflor a la vernalización. Donde T1 es la temperatura base, T2 y T3 es el rango de temperaturas óptimas y T4 es la temperatura máxima. Adaptado de Wurr <i>et al.</i> (1993).....	23
Figura 3.4: Respuestas fotoperiódicas cuantitativas típicas en a) plantas de día largo (LDP) y b) plantas de día corto (SDP). Donde Fcr es el fotoperíodo crítico debajo del cual el tiempo a floración es mínimo y no afectado por variaciones en la longitud del día, y Fce es el fotoperíodo cielo por encima del cual ya no se observa respuesta a la prolongación del fotoperíodo. Adaptado de Roberts & Summerfield, 1987.	28
Figura 3.5: Corte transversal del ápice de una planta del cv Main Crop: a) planta en estado vegetativo (no inducida) x 83; b) planta que ha crecido durante 3 semanas a 5,5 °C (inducida) x 108. Nótese la acumulación de granos de almidón en la planta que ha sido inducida. Tomado de Sadik & Ozgun (1967).....	31
Figura 3.6: Participación de distintas regiones del país en el volumen de coliflor comercializado a través del Mercado Central de Buenos Aires (MCBA).....	38
Figura 3.7: a) Evolución del volumen y el precio de coliflor ingresado mensualmente en el Mercado Central de Buenos Aires (MCBA). b) Porcentaje del aporte mensual sobre el total enviado por las regiones productoras más importantes de coliflor.....	39
Figura 4.1: Vista general de las parcelas: a) Parcelas experimentales dentro del invernadero en la primera experiencia: otoño-invierno 2003; b) Parcelas experimentales al aire libre en la primera experiencia: otoño-invierno de 2003; c) y d) Parcelas experimentales en macetas en la segunda experiencia: otoño-invierno de 2004.....	47
Figura 4.2: determinación del diámetro del ápice: a) fotografía de un ápice de coliflor previo a la inducción; b) esquema de un ápice de coliflor mostrando la forma de realizar la determinación del diámetro.....	51
Figura 4.3: Vista de las parcelas en las experiencias de evaluación de cultivares: a) parcelas en invernadero; b) parcelas al aire libre.....	53
Figura 5.1: Estados de desarrollo de la pella: a) ápice de una planta del cv KS 40 en estado previo a la iniciación (x70); b) ápice de una planta del cv Madrid en momentos donde la iniciación de la pella se vuelve evidente, el ápice es plano y ancho (x70); c) ápice de una planta del cv KS 40 en un estado mas avanzado del desarrollo de	

la pella (x70); d) pella del cv Madrid en pleno crecimiento, se observan numerosas ramificaciones de primer y segundo orden (x30); e) corte longitudinal de una pella del cv 1843 F1 mostrando el sistema y tipo de ramificaciones; f) porción de una pella del cv KS 40 plenamente desarrollada mostrando en detalle la estructura de la ramificación.	62
Figura 5.2: Evolución de la temperatura mínima y máxima media, dentro del invernadero y al aire libre. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.	64
Figura 5.3: Evolución de la inversa del diámetro del ápice (1/mm) en función de los días desde emergencia (DDE) en los cvs: a) KS 40; b) Madrid; c) Majestic y d) Candid Charm. Líneas separadas según tratamientos con diferencias significativas. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.	67
Figura 5.4: Cantidad de hojas iniciadas en función de los días desde emergencia (DDE) en los cvs: a) KS 40; b) Madrid; c) Majestic y d) Candid Charm. Líneas separadas según tratamientos con diferencias significativas. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.	72
Figura 5.5: Evolución del diámetro del ápice en función de la cantidad de hojas iniciadas desde la emergencia en los cvs: a) KS 40; b) Madrid; c) Majestic y d) Candid Charm. Líneas separadas según tratamientos con diferencias significativas. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.	75
Figura 5.6: Relación entre: a) el número de hojas formadas y el área foliar; b) entre el peso seco de las hojas y el área foliar. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.	82
Figura 5.7: Evolución de la inversa del diámetro del ápice(1/mm) en función de los días desde la emergencia (DDE) en los cvs: a) Madrid y b) KS 40. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.	86
Figura 5.8: Evolución del número de hojas formadas en función de los días desde emergencia (DDE) en los cvs: a) Madrid y b) KS 40. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.	88
Figura 5.9: Evolución del diámetro del ápice en función de la cantidad de hojas iniciadas desde la emergencia en los cvs: a) Madrid y b) KS 40. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.	89
Figura 5.10: Evolución de la inversa del diámetro del ápice (1/mm) en función de los días desde la emergencia (DDE) en los cvs: a) Majestic y b) KS 40. Cuarta y quinta experiencia: verano-otoño de 2004.	94
Figura 5.11: Evolución del número de hojas iniciadas en función de los días desde emergencia (DDE) en los cvs: a) KS 40 y b) Majestic. Cuarta y quinta experiencia: verano-otoño de 2004.	96

Figura 5.12: Calidad de las pellas cosechadas: a) pella de buena calidad del cv 1843, cosechada en invernadero el 26/08/03; b) pella con arrozado del cv KS40, cosechada en invernadero el 26/08/03; c) pella del cv Belot con gran desarrollo de vellosidad, cosechada en invernadero el 20/11/03; d) pella del cv Belot con desarrollo de hojas dentro de la pella cosechada en invernadero el 21/08/03; e) pella del cv Defender con leve amarillamiento, cosechada al aire libre el 28/04/05; f) pella del cv Encanto con coloración púrpura, cosechada en invernadero el 02/10/03; g) pella rosada del cv Madrid cosechada al aire libre el 02/10/03; h) planta del cv KS 40 que presenta abotonamiento, cosechada en invernadero el 23/11/03.	105
Figura 5.13: Días promedio desde el transplante a cosecha para cada uno de los cultivares utilizados. Transplante invernadero – invierno de 2003.....	116
Figura 5.14: Promedio de la partición de la materia seca hacia la pella en cada uno de los cultivares evaluados. Transplante invernadero – invierno de 2003.....	119
Figura 5.15: a) Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b) Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **,*, significativa al 1% y 5% respectivamente. Transplante invernadero – invierno de 2003.	121
Figura 5.16: a) Relación entre el promedio de peso fresco de la pella (PF pella) y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b) Relación entre el promedio de peso fresco de la pella (PF pella) y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **,*, significativa al 1% y 5% respectivamente. Transplante invernadero – invierno de 2003.	122
Figura 5.17: Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio de peso de las pellas (PF pellas) por cultivar. Transplante invernadero–invierno de 2003.	123
Figura 5.18: Dendrograma del agrupamiento de 25 cultivares de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación de cultivares, según método de cálculo UPGMA y matriz de distancias euclídeas. Transplante invernadero - invierno de 2003. Correlación cofenética: 0,965.	124
Figura 5.19: Días promedio desde el transplante hasta la cosecha para cada uno de los cultivares utilizados. Transplante al aire libre – invierno de 2003.	136
Figura 5.20: Promedio de la partición de la materia seca hacia la pella en cada uno de los cultivares utilizados. Transplante al aire libre – invierno de 2003.	138
Figura 5.21: a) Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b)	

Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **,*, significativa al 1% y 5% respectivamente. Transplante al aire libre–invierno de 2003.....	141
Figura 5.22: a) Relación entre el peso fresco promedio de la pella (PF Pella) y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b) Relación entre el peso fresco de la pella (PF Pella) y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **,*, significativa al 1% y 5% respectivamente. Transplante al aire libre – invierno de 2003	141
Figura 5.23: Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio de peso fresco de las pellas (PF pellas) por cultivar. Transplante al aire libre–invierno de 2003.....	143
Figura 5.24: Dendrograma del agrupamiento de 27 cultivares de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación, según método de cálculo UPGMA y matriz de distancias euclídeas. Transplante aire libre - invierno de 2003. Correlación cofenética: 0,950.	144
Figura 5.25: Días promedio desde el transplante hasta la cosecha para cada uno de los cultivares utilizados. Transplante al aire libre – verano de 2004.....	158
Figura 5.26: Promedio de la partición de la materia seca hacia la pella en cada uno de los cultivares utilizados. Transplante al aire libre – verano de 2004.....	160
Figura 5.27: a) Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b) Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **,*, significativo al 1% y 5% respectivamente. Transplante al aire libre–verano de 2004.	163
Figura 5.28: a) Relación entre el peso fresco promedio de la pella (PF Pella) y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b) Relación entre el peso fresco de la pella (PF Pella) y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **,*, significativo al 1% y 5% respectivamente. Transplante al aire libre – verano de 2004.....	163
Figura 5.29: Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio de peso fresco de las pellas (PF pellas) por cultivar. Transplante al aire libre–invierno de 2003.....	164
Figura 5.30: Dendrograma del agrupamiento de 31 genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares, según método de cálculo UPGMA y matriz de distancias euclídeas. Transplante aire libre – verano de 2004. Correlación cofenética: 0,703.....	165

Figura 5.31: Biplot del modelo AMMI para la variable calidad visual de las pellas en 31 cultivares de coliflor en los tres ambientes estudiados. Sobre matriz de datos sin estandarizar.....	172
Figura 5.32: Media de la calidad visual de las pellas y valor del eje 1 del análisis de componentes principales para 31 cultivares de coliflor.	174
Figura 5.33: Biplot del modelo AMMI para la variable peso fresco de las pellas en 31 cultivares de coliflor en los tres ambientes estudiados. Sobre matriz de datos sin estandarizar.....	176
Figura 5.34: Media del peso fresco de las pellas y valor del eje 1 del análisis de componentes principales para 31 cultivares de coliflor en tres ambientes distintos.	178
Figura 5.35: Dispersión del índice ponderación de la calidad visual y del peso fresco de las pellas de los cultivares utilizados en los tres ambientes estudiados.	179
Figura 5.36: Evolución de la temperatura media en los tres ambientes utilizados, fecha de transplante y duración de las etapas de crecimiento del cultivo (estimado desde el transplante hasta la cosecha) y del período de cosecha.	192
Figura 5.37: Relación entre el promedio de días desde transplante a cosecha y el coeficiente de variación porcentual (CV%) para cada uno de los cultivares.....	194
Figura 5.38: Aumento en la cantidad de días desde el transplante hasta la cosecha en los distintos ambientes estudiados para los cultivares utilizados, según grupos con diferente interacción ambiente x cultivar.	195

RESUMEN

Comportamiento ecofisiológico de cultivares de coliflor (*Brassica oleracea* Linn. var. *botrytis*) de verano-otoño en clima templado

El cultivo de la coliflor, que se encuentra presente en la mayoría de los planteos productivos del Cinturón Hortícola Santafesino (Santa Fe, Argentina), presenta requerimientos ambientales que dificultan la obtención de un producto de buena calidad durante la época estival. Si bien existen cultivares recomendados para estas condiciones, aún existe incertidumbre acerca de los factores que influyen sobre la formación de la pella. El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos de la temperatura y del fotoperíodo en la inducción, calidad y estabilidad de la producción de cultivares de coliflor de verano y verano-otoño. Para ello fueron realizados ensayos en invernadero y al aire libre, con tratamientos de prolongación y acortamiento artificial del fotoperíodo, en distintas fechas de siembra.

Fue observada una respuesta positiva en la velocidad de iniciación de la pella con el aumento de la temperatura hasta una media de 15 °C y una respuesta negativa por encima de ésta. Además se observó un incremento en la velocidad de iniciación como consecuencia del alargamiento del día, condicionada por la temperatura. La mayor parte de los cultivares tuvo un buen desempeño en el transplante de verano, algunos también en el transplante invernal. Los cultivares Balboa, Julia, Smilla y Candid Charm, produjeron pellas de buena calidad y de tamaño medio a grande en ambas situaciones. Los resultados obtenidos permiten concluir que existe gran variabilidad entre cultivares en la adaptación a las condiciones ambientales estudiadas, así como también una respuesta de tipo fototermal en la iniciación de la pella.

Palabras clave: *inducción, fotoperíodo, bajas temperaturas, cultivares tempranos*

ABSTRACT

Ecophysiological behavior of summer-fall cauliflowers (*Brassica oleracea* Linn. var. *botrytis*) cultivars in temperate climate conditions

Cauliflower is considered as important crop in the horticultural belt of Santa Fe (Argentina). This species has environmental requirements that difficult the obtention of good quality curds during the summer. Although an important set of commercial cultivars recommended for these conditions is available for horticulturists, the environmental factors that affect curd induction remain unclear. The objective of this research was the study of the effects of temperature and photoperiod on yield, quality and curd induction. Another objective was to evaluate the genotype x environment interaction and the phenotypic stability showed by a set of summer and summer-fall cultivars of cauliflower. The experiments were conducted in the field and greenhouse in different sowing dates. Light treatments were performed by artificial reduction or elongation of the photoperiod.

A positive response was observed in the velocity of curd induction as the average temperature increase until to reach 15 °C. On the other hand, temperatures higher than 15 °C produce a negative response. Furthermore, similar effect on induction due to the elongation of photoperiod, was observed. In a broad sense, an important number of cultivars under study showed good quality curds in summer transplanting and some of these repeated this performance in the winter transplanting. The cultivars Balboa, Julia, Smilla and Candid Charm, produced high size and good quality curds in both conditions. These results revealed the existence of a large variability in environment stability among cultivars and the existence of a photothermal response in curd induction as consequence of the combination of temperature and photoperiod increases.

Key words: curd induction, photoperiod, low temperature, early crops

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la coliflor ocupa el sexto lugar de importancia dentro de los cultivos hortícolas en el departamento La Capital (Santa Fe, Argentina), con una producción anual media cercana a 2000 t (MAGIC, sf). Pronósticos realizados indican una tendencia moderadamente creciente de la superficie cultivada para los próximos años (Bouzo *et al.*, 2005). La planificación de una producción continua de esta especie a lo largo del año se enfrenta con variados problemas, en particular en las siembras de verano. Esta especie, al ser originaria del norte de Europa presenta numerosos defectos de calidad cuando durante su crecimiento imperan condiciones de altas temperaturas (Grevsen & Olesen, 1994 b; Fujime & Okuda, 1996; Everaarts & Putter, 2003; Grevsen *et al.*, 2003), tal como las registradas en la región de estudio durante la época estival. Por otro lado, el productor se enfrenta con el problema que las distintas etapas fenológicas del cultivo se encuentran fuertemente influenciadas por factores climáticos, teniendo cada una de estas fases requerimientos contrastantes (Grevsen & Olesen, 1994 a). A esto se suma el hecho que la relación entre la fecha de transplante y la fecha de cosecha presenta una considerable variación de año en año, aún para un mismo cultivar (Wurr *et al.*, 1990 c).

Existe actualmente una amplia variedad de cultivares con distinta adaptación climática que hacen factible la producción de este cultivo a lo largo de todo el año. Las plantas de los diferentes tipos de cultivares varían considerablemente en el tamaño potencial de las pellas y en el tiempo cronológico necesario para completar el ciclo de siembra hasta madurez (Wurr & Fellows, 2000). Los cultivares disponibles en el mercado nacional pueden clasificarse como:

- De ciclo corto o tempranos, con una duración de 70 a 90 días desde transplante a cosecha. Estos cultivares son aptos para su transplante durante diciembre y enero, realizándose la cosecha desde fin de febrero hasta abril. Son cultivares de verano.
- De ciclo intermedio, semitempranos o semitardíos, con una duración de 90 a 120 días desde transplante a cosecha. En estos el transplante se realiza desde marzo y la cosecha comienza en mayo y finaliza a fin de julio. Son cultivares de verano-otoño.

- De ciclo largo o tardíos, con un ciclo de más de 120 días desde transplante a cosecha. En estos cultivares el transplante se realiza durante mayo y junio, y la cosecha se extiende entre agosto y octubre inclusive. Son cultivares invernales.

Una gran cantidad de trabajos se han realizado para tratar de comprender mejor los factores que determinan la iniciación de la pella en los cultivares de verano (Booij, 1987; Wurr *et al.*, 1990; Wurr *et al.*, 1990 b, 1993, 1994, 1995; Fellows *et al.*, 1999; Reeves *et al.*, 2001), pero la mayoría de ellos fueron realizados en Europa, donde las condiciones climáticas son muy diferentes a las encontradas en el Cinturón Hortícola Santafesino. De esos trabajos se concluye que estos genotipos tienen requerimientos de frío para la inducción muy bajos y que son capaces de `vernalizar´ cuando crecen a temperaturas cercanas a 30°C (Wurr *et al.*, 1993). Por otra parte, existen antecedentes contradictorios respecto al efecto del fotoperíodo sobre la iniciación de la pella y la floración en este cultivo. Roberts y Summerfield (1987) indican un requerimiento de días largos cuantitativos para floración, mientras que Sadik (1967) y Tan *et al.*, (2000) consideran que la iniciación de la pella es insensible al fotoperíodo. Por otro lado, en el Cinturón Hortícola Santafesino, fue observado en transplantes de verano una reducción en la duración del ciclo en algunos cultivares tempranos y semitempranos, sugiriendo un efecto del acortamiento de los días sobre la iniciación de la pella (Favaro¹, Com. Pers.). Una clara comprensión de los factores que determinan el momento de inducción de la formación de la pella permitirá caracterizar mejor el comportamiento de este tipo de cultivares y evaluar su adaptación a la región central de Argentina, permitiendo una adecuada planificación de las siembras.

A su vez, la evaluación de la estabilidad fenotípica ante condiciones cambiantes del ambiente es importante a fin de poder recomendar cultivares no solo adaptados a las características particulares de una región, sino también escoger entre los que posean cierta plasticidad en su comportamiento.

¹ Favaro, J.C. 2003. Manejo de cultivos hortícolas (entrevista). Profesor Asociado Cátedra de Cultivos Intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias – UNL.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Analizar el efecto de la temperatura y el fotoperíodo sobre la producción de cultivares de coliflor de verano y verano-otoño (ciclos cortos e intermedios) en el Cinturón Hortícola Santafesino.

2.2. Objetivos específicos

Sobre la fisiología de la coliflor

- Analizar el efecto de la longitud del fotoperíodo sobre el momento de inducción de la formación de la pella de cuatro cultivares de coliflor de verano y verano-otoño.
- Analizar el efecto de la temperatura durante la fase juvenil, de inducción y de crecimiento de la pella en cuatro genotipos de coliflor de verano y verano-otoño.
- Analizar la interacción entre la longitud del fotoperíodo y la temperatura sobre el período inductivo de la formación de la pella de cuatro genotipos de coliflor de verano y verano-otoño.

Sobre el comportamiento productivo de la coliflor

- Evaluar el comportamiento agronómico de 31 cultivares comerciales y experimentales de coliflor de ciclo verano-otoño, en situaciones de cultivo altamente contrastantes.
- Analizar la estabilidad fenotípica de los cultivares utilizados a través de la evaluación de la interacción genotipo x ambiente.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Origen y distribución

La coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.) es una especie perteneciente a la familia Brassicaceae. Esta familia botánica cuenta con cerca de 340 géneros y más de 3400 especies distribuidas a lo largo de todo el mundo. Son abundantes en regiones templadas del hemisferio norte, con menor representación en el hemisferio sur y escasas en las regiones tropicales (Al-Shehbaz, 2002). Esta familia se caracteriza por la presencia de flores pequeñas y abundantes con forma de cruz, por lo que también recibe la denominación de Cruciferae (Krarup & Moreira, 1998; Quiros, 2004). Dado el origen y distribución de esta familia, las especies silvestres están adaptadas a crecer y desarrollarse en zonas de temperaturas moderadas a frías, por lo que son resistentes a heladas (Krarup & Moreira, 1998).

El género *Brassica* es uno de los más amplios e importantes de esta familia, su gran polimorfismo ha sido motivo de confusión para los botánicos, pero gracias a la utilización de técnicas de citogenética fue posible el reconocimiento de sus especies en base al número de cromosomas (Krarup & Moreira, 1998). De esta manera fueron identificadas dentro de este género, cerca de 40 especies y dentro de ellas numerosas variedades botánicas, estrechamente emparentadas entre sí (Quiros, 2004). Mediante análisis genómicos fueron establecidas las relaciones filogenéticas entre seis de las especies cultivadas del género *Brassica*. Tres de ellas son consideradas diploides: *B. nigra* ($2n = 16$), *B. oleracea* ($2n = 18$) y *B. rapa* ($2n = 20$). Del cruzamiento de estas fueron originadas las especies anfidiplóides *B. juncea* (*B. rapa* x *B. nigra*), *B. napus* (*B. rapa* x *B. oleracea*) y *B. carinata* (*B. oleracea* x *B. nigra*) (Schmidt *et al.* 2001).

Asimismo, la especie *Brassica oleracea* es otro ejemplo de la gran diversidad mencionada (Figura 3.1), dado que dentro de esta especie se incluyen seis variedades botánicas de interés agrícola entre las cuales, entre otras cosas, varía el órgano de consumo. El ancestral común de este diverso grupo de plantas, ha sido descrito por Helm (1963; citado por Wien & Wurr, 1997), como una hierba polimórfica y perenne de 60-100 cm de altura tallo moderadamente ramificado (Wien & Wurr, 1997). Estas variedades botánicas constituyen el grupo de hortalizas denominado

de las coles, término que deriva del latín *caulis*, y significa tallo. Las principales variedades hortícolas son:

B. oleracea L. var. *acephala* DC., nombre común: col crespa y col berza (Figura 3.1 a y 3.1 b). El órgano de consumo es una cabeza laxa de hojas. La fisonomía de estas se asemeja a la planta silvestre desde la cual fueron domesticadas y seleccionadas las especies pertenecientes al grupo de las coles. La diferencia fundamental entre ambos tipos de coles radica en la sinuosidad de sus hojas (Krarup & Moreira, 1998).

B. oleracea L. var. *italica* Plenck, nombre común: brócoli. El órgano de consumo es una inflorescencia plenamente desarrollada cuya cosecha se realiza antes de la apertura de las flores (Figura 3.1 c).

B. oleracea L. var. *botrytis* L., nombre común: coliflor. El órgano de consumo es una preinflorescencia (Figura 3-d). El color característico es el blanco, pero también existen actualmente en el mercado un híbrido invernal de color violeta y un nuevo tipo llamado Romanesco, de color verde y forma piramidal-helicoidal (Bouzo & Favaro, 2006) (Figura 3.1 e).

B. oleracea L. var. *capitata* L., nombre común: repollo. El órgano de consumo esta formado por una cabeza muy compacta de hojas (Figura 3-f).

B. oleracea L. var. *gemmifera* Zenker, nombre común: repollo de bruselas. El órgano de consumo son los brotes axilares que forman pequeñas cabezas compactas de hojas. (Figura 3.1 g)

B. oleracea L. var. *gongylodes* L., nombre común: colirrábano. El órgano de consumo es un tallo engrosado. (Figura 3.1 h).

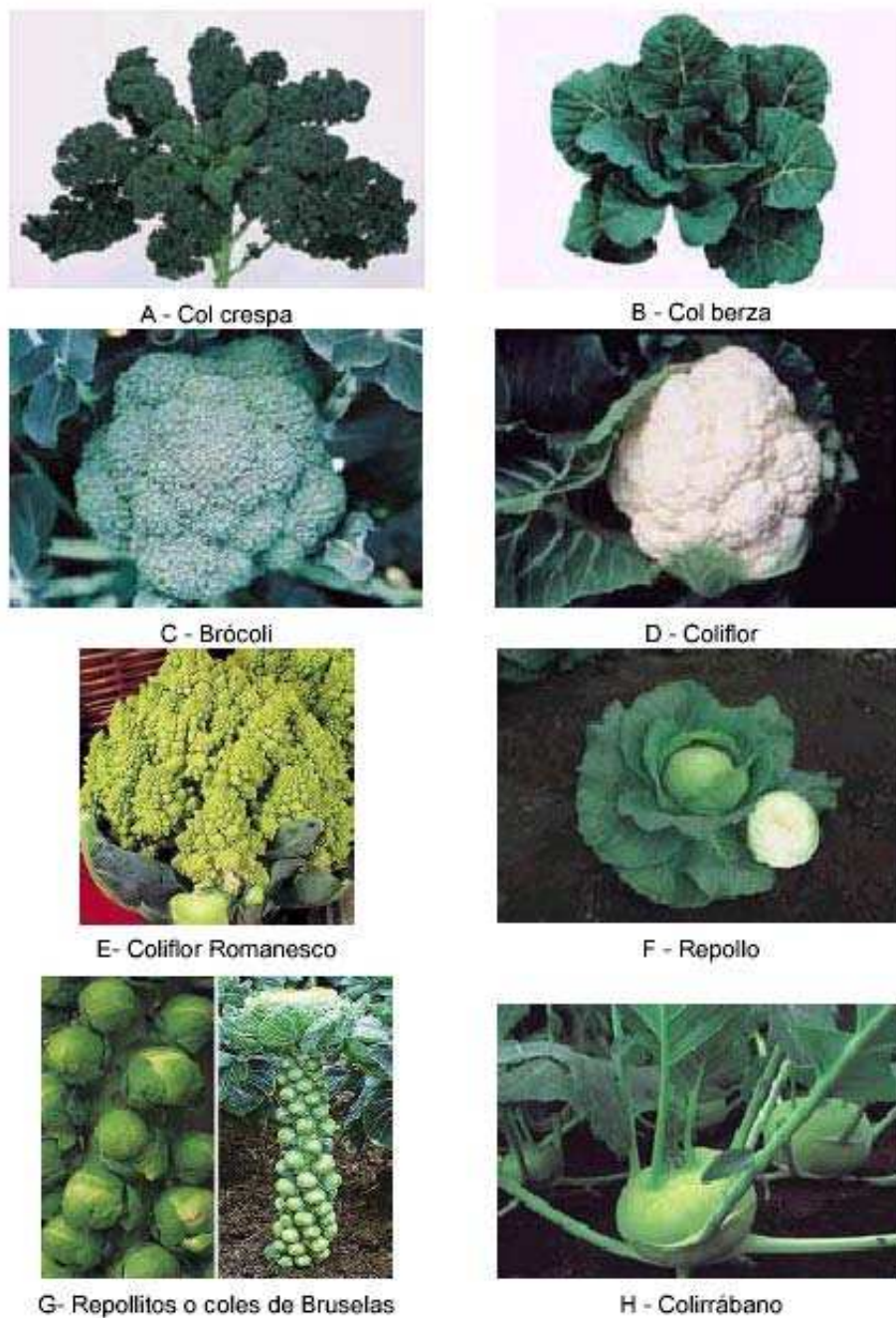


Figura 3.1: Diversidad en órganos de consumo de la especie *Brassica oleracea*.

Estudios moleculares recientes han demostrado que *Brassica* y unos pocos géneros relacionados forman una tribu monofilética natural, denominada *Brassicaceae*, distribuída primariamente en la región este del Mediterráneo (Al-Shehbaz, 2002). Especies salvajes relacionadas con el repollo son endémicas de las costas marítimas de Gran Bretaña y de la costa del Mediterráneo, desde la cuales han derivado las variedades botánicas que se cultivan actualmente (Wien & Wurr, 1997; Krarup & Moreira, 1998).

Registros sánscritos en India mencionan la utilización de cultivos del género *Brassica* antes del año 3000 A.C. (Al-Shehbaz, 2002). Probablemente, las primeras selecciones fueron conducidas para reducir el sabor amargo de las hojas de los tipos salvajes debido al alto contenido de glucosinolatos (Wien & Wurr, 1997). Variedades de repollo, col crespada y colirrábano fueron las primeras en ser domesticadas, cultivándose alrededor del año 2500 A.C. El centro de origen de la coliflor pareciera ser la costa este del Mediterráneo en Asia Menor, Líbano y Siria (Krarup & Moreira, 1998), siendo cultivada desde el año 400-600 A.C. En Europa la expansión de su consumo se inicia a partir del siglo XVI, cultivándose principalmente en zonas templadas y templadas frías. Sin embargo, Thompson (1976; citado por Wien & Wurr, 1997) menciona un origen más reciente de estas selecciones. Este autor reporta la aparición del repollo en Alemania a principios del siglo XII y antecesores del colirrábano en el siglo XIV en la misma área. La coliflor recién en el siglo XVI y el brócoli 100 años más tarde en el este del Mediterráneo. Mientras que selecciones de repollo de Bruselas aparecen recién en el siglo XVIII (Thompson, 1976; citado por Wien & Wurr, 1997). Los países más importantes tanto productores como consumidores de coles son los europeos y Estados Unidos (Limongelli, 1979).

Brassicaceae es una familia de gran importancia económica, incluye especies hortícolas, forrajeras, medicinales, ornamentales y productoras de especias y aceites comestibles e industriales. A esta familia también pertenecen más de 120 especies de malezas, entre ellas *Capsella bursa-pastoris* conocida como bolsa de pastor, considerada la segunda maleza más común de la tierra (Al-Shehbaz, 2002). Entre los cultivos hortícolas la variedad de órganos de consumo es muy amplia, se consumen hojas (repollo, berro, pak choi), tallos (colirrábano), raíces

(rutabaga, nabo), brotes axilares (repollo de bruselas) e inflorescencias (brócoli, coliflor). Los géneros más difundidos y utilizados son *Brassica* y *Raphanus* (Krarup & Moreira, 1998).

Dentro de esta familia la especie *Arabidopsis thaliana* (berro u oreja de ratón) es una típica representante de planta efímera. Las características de este tipo de plantas son corto tiempo generacional, pequeño tamaño, capacidad para crecer en ambientes modificados y una gran producción de semillas. Además, en años recientes se ha descubierto que posee el genoma más pequeño entre las plantas conocidas (solamente 10 cromosomas). Todas estas características han convertido a *Arabidopsis* en una planta modelo muy conveniente para estudios fisiológicos, genéticos y moleculares (Lízal & Relichová, 2001; Al-Shehbaz, 2002).

3.2. Descripción morfológica de la familia botánica y la especie coliflor

Las especies de esta familia son primariamente herbáceas y dos tercios de ellas son perennes. La savia de sus miembros contiene gran cantidad de glucósidos (azúcares) que contienen azufre en su composición, denominados glucosinolatos. Cuando el tejido de las plantas es dañado estos glucosinolatos son hidrolizados por la enzima endógena mirosinasa, dando origen a los isotiocianatos, los que le otorgan su pungencia, sabor y olor característicos (Al-Shehbaz, 2002; Quiros, 2004).

Esta familia se distingue por sus flores actinomorfas con cuatro pétalos en forma de cruz y 6 estambres, de los cuales dos son más cortos. Las flores son pequeñas y abundantes, dispuestas en una inflorescencia racimosa, generalmente amarillas. Son bisexuales de ovario súpero y bicarpelares. Presentan una alta autoincompatibilidad lo que asegura una elevada variabilidad genética, característica de los cultivos de polinización abierta. El fruto es una cápsula bivalva, usualmente dehiscente longitudinalmente, llamada silicua o silícula (dependiendo de la relación largo-ancho) (Krarup & Moreira, 1998; Lízal & Relichová 2001; Al-Shehbaz, 2002; Quirós, 2004;).

Además de las características generales de la familia, la coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.) es una especie de ciclo anual o bienal. Su sistema radical está conformado por una

raíz pivotante que alcanza los 50 cm de profundidad y raíces laterales relativamente pequeñas, provistas de numerosos pelos radicales lo que determina una muy restringida capacidad de exploración del suelo. El tallo es erecto, corto y el tejido medular experimenta un fuerte crecimiento en grosor. Las hojas son sésiles, grandes y elípticas, con el borde de los limbos ondulados y nervaduras muy marcadas y blanquecinas. Se encuentran dispuestas en forma alterna y cubiertas por ceras epicuticulares, que dificultan el mojado y le otorgan un color verde azulado. Las flores son amarillas de 2,5 cm de diámetro, aproximadamente. La polinización es cruzada y entomófila, el fruto es una silicua dehiscente y glabra de 7 cm a 8 cm de largo que contiene unas 20 semillas pequeñas de color rojizo por lóculo (Krarup & Moreira, 1998).

El producto comercial y órgano de reserva es una estructura prefloral, denominada comúnmente 'pella', usualmente blanca (aunque también hay variedades amarillas, verdes y moradas), de superficie uniforme y con forma de domo. El tejido compacto y succulento consiste en pedúnculos de flores fuertemente ramificados y numerosos primordios de inflorescencia (Sadik, 1962; Krarup & Moreira, 1998; Grevsen *et al.*, 2003). La morfología y organización de este órgano aún hoy son algo confusas. De Candolle (1824; citado por Sadik, 1962), y otros posteriormente han descrito la pella como una estructura hipertrofiada de pedúnculos de flores, la cual solamente produce rudimentos de flores abortadas, algunos autores atribuyen el aborto a la excesiva ramificación (Sadik, 1962). Sin embargo, Coupin en 1923 (citado por Sadik, 1962) encontró partes florales y por ende consideró que la pella estaba formada exclusivamente por numerosas ramificaciones hipertrofiadas y que en estadios avanzados de su desarrollo parte de estas ramificaciones se elonga y forma flores (Sadik, 1962). Dado esto se cree que la pella es una inflorescencia que ha sido detenida tempranamente en un estado indeterminado, de modo que su formación precede a la iniciación floral verdadera (Anthony *et al.*, 1996). El ápice atraviesa una serie de cambios morfológicos que resultan en la formación de la pella. La iniciación es marcada por el ensanchamiento del ápice del vástago, luego en la axila del primordio foliar formado ocurre el desarrollo y elongación de la ramificación de primer orden. Ramificaciones de primer orden de inician en forma acrópeta desde el ápice principal y continúan iniciándose hasta que la pella alcanza su tamaño de madurez. Mientras tanto ramificaciones de

segundo orden se inician en los ápices de ramificaciones de primer orden, este proceso continúa resultando en una gran cantidad de ápices cubriendo la superficie (Figura 3.2) (Sadik, 1962; Anthony *et al.*, 1996; Kieffer *et al.*, 1998).

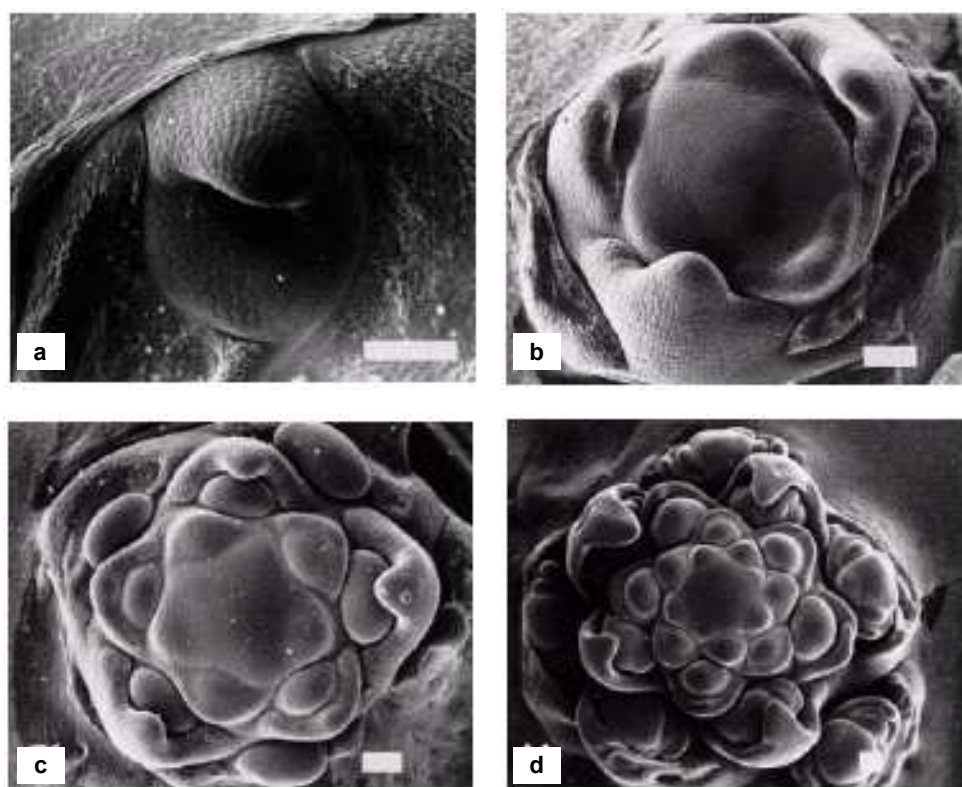


Figura 3.2: Micrografía electrónica de barrido de cuatro estados de desarrollo del ápice en coliflor *Brassica oleracea* var. *botrytis*. a) estado vegetativo; b) estado de inducción de la pella; c) estado de formación de la pella; d) estado de engrosamiento de la pella. Las barras representan 100 μ m.

Tomado de Kieffer *et al.*, 1998.

3.3. Valor nutritivo y nutraceutico de la familia botánica y la especie coliflor

Las hortalizas en general son productos ricos en agua y pobres en carbohidratos, proteínas y lípidos, por lo que su aporte desde el punto de vista energético es muy escaso (Cuadro 3.1). Sin embargo, su importancia radica en que son fuente de gran variedad de vitaminas, minerales y micronutrientes. En general las hortalizas del género *Brassica* muestran un contenido de proteínas entre 3 y 5 g/100g, muy cercano al de las legumbres que contienen esta cantidad o superior (Krarup & Moreira, 1998; Nutrar, 2006). La coliflor también es rica en vitamina C o ácido

ascórbico con un contenido superior a 50 mg/100g, ubicándose después del brócoli y las coles de bruselas, cuyo contenido es cercano a 80 mg/100g. La importancia de este elemento radica en que facilita la absorción del hierro. Este grupo de vegetales también son una importante fuente de antioxidantes liposolubles como los carotenoides (precursores de la vitamina A) y vitamina E. Estos últimos compuestos, junto al ácido ascórbico retardan el envejecimiento celular y ayudan a la reducción del colesterol en sangre disminuyendo el riesgo de infarto al miocardio. El grupo de las coles se destaca también por presentar altos contenidos de vitamina B₁ y B₂, ácido fólico y ácido nicotínico, siendo escasas las vitaminas liposolubles. Se destacan el brócoli y los repollitos de Bruselas, que aportan aproximadamente 63 mg/100g de ácido fólico. La coliflor contiene además alto contenido de potasio y bajo de sodio (Cuadro 3.1) (Krarup & Moreira, 1998; Podsędek, 2007).

Cuadro 3.1: Composición nutritiva de 100 gr de coliflor.

Componente	Coliflor cruda	Coliflor cocida
Agua	92 %	93 %
Carbohidratos	5,0 g	4,8 g
Proteínas	2,0 g	1,6 g
Lípidos	Trazas	Trazas
Calcio	29,0 mg	27,2 mg
Fósforo	46,0 mg	35,2 mg
Hierro	0,60 mg	0,40 mg
Potasio	355,0 mg	323,2 mg
Sodio	15,0 mg	6,4 mg
Vitamina A (valor)	20,0 UI	16,0 UI
Tiamina	0,08 mg	0,06 mg
Riboflavina	0,06 mg	0,06 mg
Niacina	0,60mg	0,56 mg
Ácido ascórbico	72,0 mg	55,2 mg
Valor energético	25,0 cal	24,0 cal

FUENTE: Krarup & Moreira, 1998 (adaptado de Gebhardt & Matthews, 1988).

Por otro lado, la hidrólisis de los glucosinolatos que se produce cuando el tejido de las plantas es dañado, libera entre otros compuestos glucosa, isotiocianatos, tiocinatos y nitritos, entre otros (Johnson, 2002). Estos compuestos tienen actividad biológica con propiedades

anticarcinogénicas, antifúngicas y algunos son también antinutritivos (Al-Shehbaz, 2001; Quirós, 2004). Uno de los aspectos mas estudiados en años recientes, es el papel que tienen, o podrían tener los glucosinolatos en la prevención del cáncer. Existen numerosos estudios que avalan el concepto de que el consumo de vegetales del género *Brassica* (coliflor, brócoli, repollo, bruselas, pak choi, etc) reduce significativamente el riesgo de desarrollar distintos tipos de cánceres. Ha sido observada una relación inversa entre su consumo y el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón, estómago, colon y recto, en mayor grado.

También fueron informadas asociaciones menos consistentes entre el consumo de vegetales de este género y el riesgo de cáncer de próstata, endometrio y ovarios (Verhoeven *et al.*, 1996; Van Poppel *et al.*, 1999; Kristal & Lampe, 2002). Estas propiedades anticancerígenas se deberían principalmente, a su alto contenido de glucosinolatos. En efecto, uno de los productos de la degradación de estos compuestos, los isotiocianatos, han mostrado incrementar el metabolismo y la detoxificación de agentes carcinógenos *in vivo* y en animales. Además, algunos de estos compuestos inhiben la mitosis y estimulan la apoptosis (tipo de muerte celular implicada en el control del desarrollo y crecimiento) en células tumorales *in vitro* e *in vivo*. Este efecto, junto a la posibilidad que tienen los isotiocianatos de bloquear el daño del ADN, hace que puedan inhibir selectivamente el crecimiento de células tumorales incluso luego de la iniciación por carcinógenos químicos. La teoría de que los productos de la ruptura de los glucosinolatos pueden proteger al organismo de distintos tipos de cáncer, especialmente aquellos relacionados con el tracto gastro-intestinal y los pulmones, está apoyada por evidencia epidemiológica (Johnson, 2002; Zareba & Serradel, 2004). Otros estudios han explorado la asociación entre distintos tipos de fitoquímicos presentes en estas especies y su relación con la síntesis de dos tipos de estrógenos, uno de ellos promotor del cáncer de pecho. Fitoquímicos presentes en esta familia conducirían la síntesis estrogénica hacia de formación de metabolitos no promotores de cáncer de pecho (Fowke *et al.*, 2000).

Sin embargo para explotar estos potenciales efectos es importante comprender y manipular la química y el metabolismo de estos compuestos en los alimentos, desde su producción hasta su consumo y absorción en el cuerpo humano.

3.4. Desarrollo fenológico y ontogénico del cultivo de coliflor

Desde el estado de semilla hasta la cosecha de la coliflor ocurren numerosos e importantes cambios en la conformación de la planta relacionados directamente con los procesos de crecimiento y de desarrollo de las distintas estructuras funcionales. Según Monteith (1981; citado por Wurr *et al.*, 2002) *crecimiento* es el incremento en peso seco de la planta y el *desarrollo* es el progreso desde la germinación hasta la madurez a través de una serie de estados ontogénicos. En todas las plantas que florecen el desarrollo postembrional puede ser dividido en dos fases: la vegetativa y la reproductiva. Durante la etapa vegetativa la planta produce hojas y raíces, órganos que son críticos para el éxito del posterior proceso reproductivo (Ma, 1998). Los factores del ambiente físico (radiación, temperatura, agua y nutrientes) afectan a ambos procesos de manera diferente. Los siguientes siete estados fenológicos han sido identificados en coliflor con fines de protección del cultivo (control de malezas, plagas y enfermedades) (Theunissen & Sins, 1984):

- (0) Estado de semilla: es esférica y amarronada.
- (1) Estado de emergencia: una vez que la semilla hubo germinado y la lámina de los cotiledones se ha desplegado.
- (2) Estado de primera hoja: se desarrolla la primera hoja verdadera.
- (3) Etapa de transplante: abundante cantidad de hojas son formadas cerca de la superficie del suelo. A medida que se van desarrollando más hojas éstas van siendo de bordes cada vez más ondulados. Hay muy poco incremento en la altura de la planta.

- (4) Estado de formación de la cabeza: las hojas jóvenes aparecen una cerca de otra alrededor del eje central, plegándose en forma de espiral sobre el ápice protegiendo el proceso de iniciación de la pella.
- (5) Estado de cosecha: dentro de la espiral de hojas la pella se desarrolla, a medida que esta va creciendo se convierte en visible y esta cobertura de hojas permite preservar el color blanco.
- (6) Estado de floración de la planta.
- (7) Estado de producción de semillas.

Los estados 6 y 7 carecen de importancia en un esquema de producción comercial de coliflor, aunque son etapas fundamentales en programas de mejoramiento y producción de semilla.

Sin embargo, en esta clasificación no se hace hincapié en aquellos estados de importancia desde el punto de vista de la fisiología de la planta. En este aspecto, en las plantas superiores existen dos estados ontogénicos bien diferenciados, el vegetativo donde la planta solo produce hojas y el reproductivo donde el meristema cambia su función hacia la producción de flores y frutos con semilla (Salisbury & Ross, 1994 a). En coliflor la planta tiene un comportamiento exclusivamente vegetativo hasta el momento de iniciación de la pella, durante este período solamente produce hojas. Luego le sigue una etapa pre-reproductiva, que abarca desde la formación de la pella hasta su maduración. Finalmente una etapa reproductiva que se extiende desde la maduración y disgregación de la pella hasta la maduración de las semillas, pasando por la floración (Castillo *et al.*, 1994).

Wurr *et al.* (1995) han destacado tres etapas de importancia en la producción comercial de esta especie: juvenil, inductiva y de crecimiento de pella. En cada una de estas etapas fenológicas se observa un comportamiento diferente frente a los factores del ambiente, en particular la temperatura (Wurr *et al.*, 1995). Otro factor que modifica la respuesta de la planta a

las condiciones del medio ambiente es el suministro de nitrógeno, cuya deficiencia puede causar la producción precoz de una pella sin valor comercial (Wiebe, 1981; Everaarts & De Moel, 1995). Para estudiar de manera más eficiente los efectos de las condiciones ambientales sobre el desarrollo de la planta de coliflor se utilizan los siguientes estados fenológicos:

- a) *Período entre siembra y emergencia*: el intervalo de días entre estos dos momentos incluye la germinación. En coliflor la germinación es epigea, es decir que los cotiledones salen por sobre de la superficie del suelo y desarrollan la capacidad para fotosintetizar. El momento exacto en que culmina la germinación y comienza el crecimiento es difícil de determinar, usualmente se identifica el final de esta etapa con la aparición de alguna parte del embrión, en este caso la radícula, fuera del tegumento de la semilla. Sin embargo, desde el punto de vista agronómico es habitual registrar la emergencia, definiéndola como la salida de los cotiledones sobre la superficie del suelo (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975).

- b) *Período entre emergencia y fin de juvenilidad*: la fase juvenil es definida como el período durante el cual las plantas no pueden responder a los estímulos que inducen la floración (Sadik & Ozgun, 1967; Roberts *et al.*, 1988). Kato (1964) y Fujime (1983; citados por Wurr *et al.*, 1988) reportan la influencia de vernalización al estado de semilla sobre la iniciación de la pella, lo que sugeriría que este estímulo puede ser percibido muy temprano en el ciclo y que esta especie no posee un período juvenil. Otra hipótesis, mas ampliamente aceptada, postula que la coliflor tiene una fase juvenil y que durante esta etapa la temperatura ambiente no tendría influencia sobre la iniciación de la pella (Atherton *et al.*, 1987; Booij, 1987; Sadik (1967) y Wiebe (1972), citados por Wurr *et al.*, 1988; Grevsen & Olesen, 1994 a; Wien & Wurr, 1997), no siendo posible la vernalización al estado de semillas (Thomas, 1980; Hand & Atherton, 1987). La presencia de esta etapa juvenil ha sido observada en otras especies, entre ellas la cebolla y varios cereales de invierno (Roberts *et al.*, 1988; Streck, 2003). Habitualmente en coliflor se define el final de esta etapa según el número de hojas formadas, característica muy variable entre distintos genotipos. Además cultivares

tempranos tienen generalmente una fase juvenil más corta que los tardíos (Wurr *et al.*, 1993; Mourão, 1999; Bouzo *et al.*, 2006) (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2: Algunos antecedentes de número de hojas iniciadas hasta el final de la etapa juvenil en estudios realizados sobre diferentes cultivares de coliflor.

Nº de hojas iniciadas	Cultivar	Condición experimental	Autor
19	Delira	Cultivo a campo	Booij, 1987.
19	Elgon	Cultivo a campo	Booij, 1990 c.
17	Delira		
18	February-Early-March	-	Sadik, 1967; citado por Wurr <i>et al.</i> , 1993.
16	Snow Ball		
13-15	Perfection	Cámara de crecimiento a temperatura constante	Atherton <i>et al.</i> 1987.
17-19	White Fox	-	Hand & Atherton, 1987; citado por Wurr <i>et al.</i> , 1993.
23-28	December/January	Cultivos a campo con cobertura de polietileno perforada	Wurr & Fellows, 1998
23-28	March		
17	White Fox	Cultivos a campo	Wurr <i>et al.</i> , 1994
17,5	Dok Elgon		
20,5	Revito		
21,0	White Rock		

El final de la etapa juvenil podría estar asociado a un repentino cambio en la tasa de iniciación de hojas (Hand & Atherton, 1987; Booij & Struik, 1990). Sin embargo, estos autores observaron diferencias entre la cantidad de hojas al final de la etapa juvenil determinadas de esta forma y por el método más frecuentemente utilizado para la estimación de este parámetro. Esta metodología consiste en transferir plantas de condiciones no inductivas a inductivas a distinta edad y observar la cantidad de hojas formadas antes del cambio del ápice de vegetativo a reproductivo (Booij & Struik, 1990; Wien & Wurr, 1997). La precocidad del cultivo se encuentra asociada, entre otros factores a la cantidad de hojas necesarias para superar la etapa juvenil (Bouzo *et al.*, 2006). Wurr &

Fellows (2000) mencionan un mínimo de 10 hojas formadas al final de la fase juvenil en cultivares de verano, 13 hojas en los de verano-otoño y 22 en cultivares invernales. Entre los cambios morfológicos que ocurren cuando el cultivo finaliza el período juvenil se ha observado en coliflor, brócoli y repollo de Bruselas que el domo apical del meristema se aplana y ensancha considerablemente (Wien & Wurr, 1997).

Si bien la mayoría de los autores definen el final de la etapa juvenil en función del número de hojas formadas también se ha obtenido información respecto de otros parámetros útiles para medir la finalización del período juvenil. Wurr *et al.* (1986) encontraron que el peso de materia seca de la planta al final de esta etapa variaba entre 10,4 gr y 13,4 gr para un mismo cultivar en diferentes años. Este mismo autor también observó que el diámetro del ápice alcanzado al final de la etapa juvenil era de 0,2 mm, independientemente del genotipo y de la cantidad de hojas formadas (Wurr *et al.*, 1993; Wurr & Fellows, 1998), aunque no se conocen los cambios producidos a nivel meristemático para la finalización de esta etapa. En la bibliografía no existe coincidencia respecto de la cantidad de hojas que marca el final de la fase juvenil, inclusive para el mismo cultivar. Distintos autores informaron cantidades de hojas diferentes para un mismo cultivar, dependiendo de la metodología utilizada para realizar la estimación y de las condiciones de cultivo.

- c) *Período entre fin de juvenilidad e iniciación de la pella*: durante la etapa juvenil e inductiva la planta solamente produce hojas y este período culmina con la iniciación de la pella cuando el ápice alcanza 0,6 mm de diámetro (Wurr *et al.*, 1993), quedando fijado al final de esta fase la cantidad total de hojas que tendrá la planta (Booij, 1990 c). Durante la etapa vegetativa el diámetro del meristema apical se incrementa en relación al número de hojas iniciadas, rápidamente hasta el momento de iniciación de la pella y más lentamente luego de esta (Kieffer *et al.*, 1998). En contraste con el período juvenil cuya duración varía principalmente entre genotipos, en este período se debe considerar además del efecto genotipo, el efecto de las condiciones ambientales (Wurr *et al.*, 1993).

d) *Período de crecimiento de la pella*: el crecimiento de este órgano comienza cuando el meristema apical inicia la formación de primordios de inflorescencias en lugar de iniciar hojas, este momento fue establecido cuando el ápice alcanza 0,6 mm de diámetro (Wurr *et al.*, 1993). El crecimiento de la pella es un proceso que depende fuertemente de la temperatura registrada luego de finalizada de la etapa inductiva. De esa forma, al comienzo el crecimiento presenta un comportamiento sigmoideo debido a la capacidad limitada de la pella para actuar como sumidero en el proceso de partición de fotoasimilados. En la medida en que este órgano crece se incrementa su fuerza como destino, produciéndose un aumento exponencial en el tamaño, desde que la disponibilidad de asimilados sea suficiente para evitar que se conviertan en limitantes del crecimiento de la pella (Kage & Stützel, 1999).

3.5. Factores ambientales que afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo de coliflor

Para una adecuada planificación de las siembras y trasplantes en un esquema de producción hortícola continua es necesario conocer y evaluar la respuesta de las plantas a los factores del medio ambiente. Uno de estos factores de suma importancia es la temperatura, la cual es responsable del crecimiento vegetativo y reproductivo. Particularmente la baja temperatura afecta varios procesos morfogénicos entre ellos la inducción de la formación de las flores (Matsui *et al.*, 1978). Otro de los factores de importancia es la radiación, siendo su efecto considerable tanto por la intensidad como por la duración del período de luz.

En muchas especies de *Brassicas* la baja temperatura promueve el cambio del tipo de planta de roseta a la formación del escapo floral bajo condiciones de día largo (Matsui *et al.*, 1978). En repollo chino (*Brassica pekinensis*) Matsui *et al.* (1978) observaron la promoción del desarrollo del escapo floral y la inhibición del crecimiento vegetativo en estas condiciones.

3.5.1. Efecto de la temperatura:

La temperatura afecta el crecimiento de las plantas por controlar la velocidad de los procesos bioquímicos (Q_{10}). También puede afectar el desarrollo de las mismas debido a la capacidad de producción de un estímulo en particular, como por ejemplo la vernalización. Incrementando la temperatura se incrementa, generalmente, la tasa de desarrollo y la tasa de crecimiento, excepto en los casos de estímulos específicos (Krug, 1997). La tasa de expansión foliar se relaciona linealmente con la temperatura (Olesen & Grevsen, 1997). En algunos cultivares de coliflor sembrados en invierno y verano se ha observado que las temperaturas mas altas ejercen un efecto regulador sobre el desarrollo, acortando la duración del período de transplante a cosecha (Castillo *et al.*, 1994).

- a) *Período entre siembra y emergencia:* con una temperatura óptima cercana a 21°C y humedad en el sustrato la emergencia de semillas de coliflor se produce entre 5 y 10 días (Evans & Blazich, sf).

- b) *Período entre emergencia y fin de juvenilidad:* durante la etapa juvenil la producción de hojas y su tasa de expansión se aceleran con el incremento de la temperatura (Booij & Struik, 1990; Grevsen & Olesen, 1994 a; Wurr *et al.*, 1995), reduciéndose la cantidad de días necesarios para llegar al fin de esta etapa (Wurr *et al.*, 1994). A su vez la tasa de iniciación de hojas se incrementa con el número de hojas formadas y con el tamaño de la planta (Grevsen & Olesen, 1994 a). En el cv Delira la tasa de incremento del número de hojas iniciadas fue mayor que la tasa de incremento del número de hojas de mas de 2 cm de longitud, y a su vez la relación entre el número de hojas iniciadas y las mayores a 2 cm fue independiente de la temperatura. El tiempo transcurrido desde la iniciación de una hoja individual hasta alcanzar la longitud de 2 cm se incrementa linealmente con el número de hojas, es decir que se produce una acumulación de hojas iniciadas que continúan expandiéndose aún después de la formación de la pella. La tasa de incremento del área foliar y del peso seco por planta con el tiempo se incrementan con el aumento de la temperatura entre 14 °C y 22 °C (Booij & Struik, 1990).

c) *Período entre fin de juvenilidad e iniciación de la pella*: La coliflor se describe como una especie con requerimientos obligados o cuantitativos de frío (Wiebe, 1990; citado por Wurr *et al.*, 1993; Grevsen & Olesen, 1994 a; Thapa, 1994; Wien & Wurr, 1997). En caso de no ser cubiertos estos requerimientos de frío la planta puede permanecer en estado vegetativo por largo tiempo como ocurre con cultivares de coliflores invernales utilizados en condiciones de altas temperaturas (Thapa, 1994). Friend (1985; citado por Mourão, 1999) y Wiebe (1990; citado por Mourão, 1999) también informaron un requerimiento obligado (o cuantitativo) de frío para la floración en varios cultivos de *Brassicas*, entre ellos brócoli y coliflor. Normalmente los principales cultivos de *Brassicas* tienen hábitos de floración bianual, aunque existen cultivares de brócoli y coliflor que son anuales (Gray, 1982; citado por Mourão, 1999). Fue observado que en cultivares de brócoli tempranos la iniciación fue acelerada por el incremento en la temperatura, indicando que la vernalización no fue requerida. Mientras en cultivares tardíos la vernalización condujo a una aceleración de la inducción floral (Mourão, 1999). Atherton *et al.* (1987), Booiij (1987) y Wurr *et al.* (1988) mostraron que en coliflor ante un incremento en la temperatura, la tasa relativa de vernalización se incrementó hasta un máximo y luego declinó, definiendo un patrón de respuesta general (Figura 3.3).

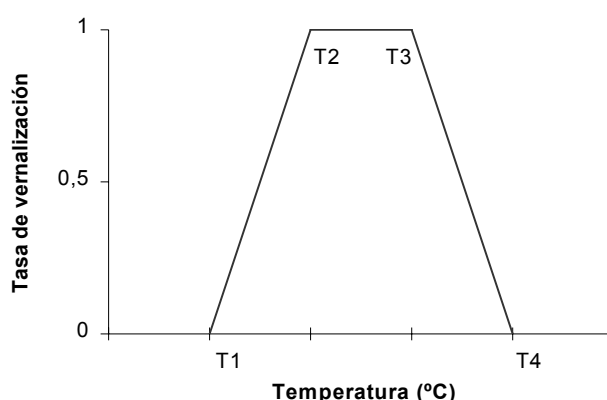


Figura 3.3: Función general de respuesta de coliflor a la vernalización.

Donde T1 es la temperatura base, T2 y T3 es el rango de temperaturas óptimas y T4 es la temperatura máxima. Adaptado de Wurr *et al.* (1993).

La pendiente de esta función y las temperaturas cardinales pueden variar de un cultivar a otro, explicando las diferencias entre las respuestas de la tasa de progreso de la floración. El mismo tipo de respuesta puede mencionarse en brócoli, habiéndose observado que entre 0 °C y 15 °C el aumento de la temperatura redujo el tiempo a iniciación de la cabeza con un incremento en la cantidad de hojas. Mayores aumentos de temperatura retrasaron la iniciación, mientras que por encima de 25 °C las plantas permanecieron vegetativas (Fellows *et al.*, 1997).

En brócoli cv Mercedes se observó que la temperatura óptima para la iniciación del brote fue de 21°C, y además que a 9°C el tiempo de iniciación fue de 20 días y a 12°C fue de 14 días (Mourão, 1999). Wurr *et al.* (1990 b) en coliflor cv White Fox observaron que cuando la temperatura fue más baja el período inductivo fue de menor duración y se redujo la cantidad de hojas formadas. Diputado y Nichols (1989; citado por Tan *et al.*, 2000) obtuvieron una temperatura base de 1°C con una óptima de 21°C, mientras que Wurr *et al.*, (1993) desarrollaron un modelo de vernalización para coliflores de verano-otoño donde las mínimas y máximas fueron de 9°C y 21°C, respectivamente y la óptima de 9,5°C. Grevsen y Olesen (1994 a) propusieron una relación simétrica sin vernalización por debajo de 0°C y sobre 25,6°C, con una tasa máxima a 12,8°C. De esta forma se puede afirmar que la curva de respuesta a las bajas temperaturas es variable para cada variedad, grupo de madurez y cultivar (Cuadro 3.3). Wurr & Fellows (2000) analizaron la respuesta de diferentes tipos de cultivares a las condiciones de temperatura y estimaron las temperaturas cardinales en 2-3°C, 9-13°C y 23-24°C como base, óptima y máxima en cultivares tempranos de verano. En cultivares de verano-otoño las temperaturas cardinales fueron 9°C, 10°C y 21°C y en tipos invernales de 5°C, 13-14°C y 23°C. Requiriendo, a su vez, menor cantidad de días a temperatura óptima los tipos de verano que los invernales. Por otra parte, cuando la temperatura excede el rango normal para el crecimiento pueden aparecer algunos desórdenes fisiológicos, que pueden retrasar o suprimir la iniciación de la pella. Con temperaturas muy bajas puede ser restringido el desarrollo foliar conduciendo a la aparición precoz de una pella con diámetro menor a 9 cm sin valor comercial (Wurr & Fellows, 1984).

Estos antecedentes permiten observar la amplitud de respuesta a la temperatura con una gran variación según los genotipos, con altos requerimientos para vernalización en los cultivares invernales (Bouzo *et al.*, 2006) y mínimos a nulos en los cultivares de verano-otoño (Krarup y Moreira, 1998).

Por último, si la temperatura media que experimenta el cultivo es cercana al límite máximo de vernalización, el requerimiento es de tipo obligado. En cambio, si la temperatura media es cercana a la óptima para vernalización, el requerimiento será de tipo facultativo (Wurr *et al.*, 1993). A su vez dado que la iniciación continúa hasta el momento de inducción de la pella, la temperatura experimentada durante la fase de inducción determina el número final de hojas (Booij, 1987; Booij & Struik, 1990).

Cuadro 3.3: Ejemplos de temperatura base, óptima y máxima de vernalización estimadas en diferentes cultivares de coliflor por distintos autores.

Cultivar	Condición experimental	T _{base} (°C)	T _{óptima} (°C)	T _{máxima} (°C)	Autor
White Fox	Invernadero con temperatura controlada	0	5 - 17	25	Wurr <i>et al.</i> , 1988
White Fox	A campo con cobertura de polietileno perforada para generar un rango de condiciones ambientales	9	9 – 9,5	21	Wurr <i>et al.</i> , 1993
Roscoff	A campo con cobertura de polietileno perforada para generar un rango de condiciones ambientales	10	12-14	16	Wurr & Fellows, 1998
Delira	Cultivos a campo con varias siembras a lo largo del año.	5,8	13,2-14,2	NI	Grevsen & Olesen, 1994 b
Elgon		9,3	14,1	NI	
Plana		5,1-6,7	15,1-15,8	NI	

^{NI} Los autores no informan valores.

Castillo *et al.* (1994) en siembras realizadas en diferentes condiciones de temperatura y radiación solar observaron la producción y cosecha de pellas pero no la producción de flores y semillas en los trasplantes realizados durante los meses de primavera y verano.

Plantas de coliflor cv Día 60 que permanecieron en forma continua a 25°C formaron pella el 100 % de ellas, pero la floración fue nula o escasa. A su vez el número de plantas que florecieron se incrementó con la extensión del tratamiento de vernalización desde 3 a 6 semanas a 10°C. (Guo *et al.*, 2004). En este mismo ensayo las pellas aparecieron más tarde en plantas no vernalizadas y la floración fue mucho más retrasada aún. A su vez cuando recibieron tratamiento con Paclobutrazol, un inhibidor de la síntesis de giberelinas, no se formó ninguna flor y se redujeron los niveles de GA₁ (Giberelinas endógenas). Mientras que en plantas tratadas con ácido giberélico (GA₃) las flores aparecieron unos días antes y fue promovida la síntesis de GA₁ (Guo *et al.*, 2004). Pero, dado que la sola aplicación de GA₃ en plantas no vernalizadas tuvo un pequeño efecto sobre la aparición de la inflorescencia, la baja temperatura debe ejercer algún otro efecto sobre la floración (Guo *et al.*, 2004). En función de estos resultados, podría esperarse que cultivares tempranos de coliflor sean capaces de producir pellas independientemente de haber estado o no sometidas a bajas temperaturas, a pesar de que la presencia de algún tipo de vernalización sea necesaria para la iniciación floral. Resultados similares fueron observados por Fernández *et al.* (1997) en el cv Nautilus, donde la aplicación de GA₄₊₇ redujo la tasa de iniciación de hojas, y con ello disminuyó el tiempo y la cantidad de hojas al momento de iniciación de la pella sin perjudicar la tasa de acumulación de materia seca. De esta manera la formación de la pella y el desarrollo de la inflorescencia parecerían ser procesos de desarrollo diferentes.

- d) *Período de crecimiento de la pella:* En la velocidad de crecimiento de la pella se observó una relación positiva con el aumento de la temperatura ambiente (Castillo *et al.*, 1994). Fue registrado también una relación lineal entre los grados-día que describen la duración del período de crecimiento de la pella y el momento del transplante, indicando que transplantes tardíos necesitan mayor cantidad de grados-día para alcanzar la madurez (Wurr *et al.*, 1990 b, c). Esta disminución en la cantidad de grados-día puede estar asociada con el hecho que las pellas alcanzaron la madurez con distintos tamaño (Wurr *et al.*, 1990 b). Esto podría ser explicado por la observación de una relación lineal entre el tamaño final de las pellas y el

área foliar formada (Salter, 1959; citado por Wurr *et al.*, 1988). Booij (1987) proporcionó evidencia que podría indicar que la longitud del fotoperíodo tendría influencia sobre la madurez de la pella, al afectar la elongación de la inflorescencia.

3.5.2. Efecto de la luz

La radiación que llega a la Tierra influye directamente sobre la vida de las plantas, regulando tanto el crecimiento como la morfogénesis de sus estructuras vitales para la vida. La intensidad y calidad de la radiación influyen sobre la capacidad fotosintética, mientras la duración del período de luz tiene una fuerte influencia sobre procesos de morfogénesis tales como la tuberización en papa, la bulbificación en cebolla y ajo y mas ampliamente sobre la inducción a la floración en numerosas especies de clima templado (Streck, 2003; González *et al.*, 2004; Karaguzel *et al.*, 2005).

- a) *Efecto de la intensidad y la calidad:* En muchos cultivos, entre ellos en la coliflor, fue observada una relación lineal entre la cantidad final de hojas y la producción de materia seca con la radiación fotosintéticamente activa absorbida (RFAA) durante el ciclo. Teniendo esa relación un fuerte efecto sobre la producción comercial del cultivo (Booij, 1987; Olesen & Grevsen, 1997). Una reducción en la duración de la fase juvenil en condiciones de alta intensidad de luz puede ser explicada por el efecto directo de ésta sobre la fotosíntesis y consecuentemente sobre el tiempo necesario para iniciar determinada cantidad de hojas (Booij & Struik, 1990). Este efecto ocurriría por un aumento en la tasa de iniciación de hojas con el incremento en la radiación diaria (Grevsen & Olesen, 1994 a). La pendiente de la recta que relaciona la producción de materia seca con la RFAA corresponde al índice de eficiencia de uso de la energía, siendo esta respuesta dependiente de las condiciones ambientales, del cultivar y del momento en el ciclo del cultivo (Castillo *et al.*, 1994; Olesen & Grevsen, 1997).
- b) *Efecto de la longitud del fotoperíodo:* En la respuesta de las plantas a la longitud del fotoperíodo fueron reconocidos tres patrones generales: plantas de días neutro o

insensibles (DNP), plantas de día corto (SDP) y plantas de día largo (LDP). De acuerdo con Roberts & Summerfield (1987), la respuesta tanto en SDP como en LDP, está dada por una relación lineal entre la longitud del fotoperíodo y la tasa de progreso hacia la floración. En la figura 3.4 se presentan ejemplos de respuesta de tipo facultativa (cuantitativa) y obligatoria (cualitativa).

Con relación a la influencia del fotoperíodo sobre la floración de este cultivo, la coliflor ha sido clasificada como una planta de días largos cuantitativos (Roberts & Summerfield, 1987). Sin embargo, hay pocos antecedentes que permitan establecer si existe alguna influencia de este factor sobre la fase de inducción de la pella. Por este motivo ha sido clasificada como una planta de día neutro o prácticamente insensible al fotoperíodo para la iniciación de la pella (Sadik, 1967; Tan *et al.*, 2000).

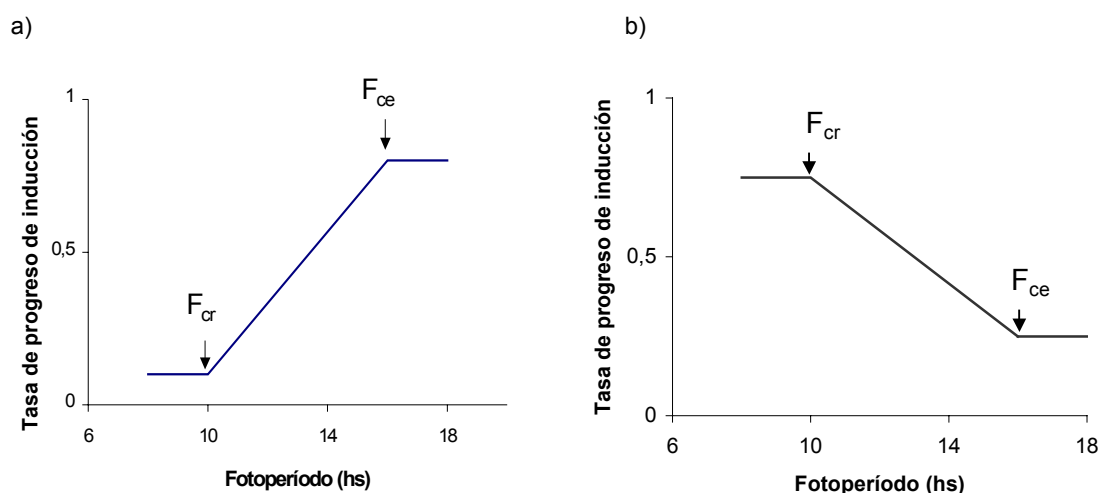


Figura 3.4: Respuestas fotoperiódicas cuantitativas típicas en a) plantas de día largo (LDP) y b) plantas de día corto (SDP). Donde F_{cr} es el fotoperíodo crítico debajo del cual el tiempo a floración es mínimo y no afectado por variaciones en la longitud del día, y F_{ce} es el fotoperíodo cielo por encima del cual ya no se observa respuesta a la prolongación del fotoperíodo. Adaptado de Roberts & Summerfield, 1987.

Otras especies pertenecientes a la familia Brassicaceae han sido objeto de estudios tendientes a dilucidar el mecanismo de respuesta de la floración. Por ejemplo, fue observado en genotipos salvajes de *Arabidopsis thaliana* provenientes del norte de Europa,

una fuerte respuesta al aumento de la longitud del día, floreciendo en la primavera o principios del verano cuando los días se alargan (Coupland, 1997; Lízal & Relichová, 2001; Searle & Coupland, 2004). Sin embargo, en brócoli (*B. oleracea* var. *itálica*) Tan *et al.* (2000) obtuvieron resultados contrarios al observar un retraso de dos días en la inducción de la iniciación floral con el alargamiento de los días dependiendo de la temperatura ambiente. Estos resultados permiten suponer la existencia de una respuesta, aunque muy leve al acortamiento del día en algunos cultivares de brócoli. Este comportamiento, de confirmarse en coliflor podría explicar el acortamiento del ciclo observado en algunos cultivares tempranos y semitempranos al inicio del otoño en el Cinturón Hortícola Santafesino (Favaro², Com. Pers.). Cuando estos cultivares son sembrados en forma escalonada durante el verano, al entrar en el otoño las fechas de cosecha se aproximan, posiblemente debido a la existencia de una respuesta al acortamiento de los días en interacción con la temperatura. Este fenómeno ha sido estudiado en otros cultivos, observando que es posible la existencia de una interacción entre los requerimientos de vernalización y fotoperíodo (Pilatti *et al.*, 1990), observando que es posible la existencia de una interacción entre los requerimientos de vernalización y fotoperíodo. Sin embargo, Thapa (1994) en estudios realizados en el Reino Unido no encontró evidencia de sensibilidad a la longitud del fotoperíodo en 3 cultivares comerciales de coliflor fisiológicamente diferentes (Plana, Kathmandu Local y Snowball-16). Sin embargo, de los cultivares utilizados Kathmandu Local y Plana no iniciaron pella creciendo a una temperatura media entre 15 °C y 30 °C, mientras el cv Snowball inició la pella 99 días después de la siembra (Thapa, 1994). En esta situación las plantas mantenidas en un ambiente con 9 h día⁻¹ parecieron iniciar la pella antes que aquellas a 17 h día⁻¹, ya que la fecha en que ocurrió la iniciación no fue observada, sino estimada a través de interpolaciones. Aunque esta diferencia no fue significativa (Thapa, 1994).

² Favaro, J.C. 2003. Manejo de cultivos hortícolas (entrevista). Profesor Asociado Cátedra de Cultivos Intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias – UNL.

3.5.3. Interacción entre vernalización y respuesta al fotoperíodo

En *Arabidopsis* se han observado ecotipos que responden de manera diferente a los cambios estacionales en la temperatura y longitud del día: variedades anuales de verano que florecen rápidamente en la primavera o verano en respuesta al alargamiento del fotoperíodo y variedades anuales de primavera, que necesitan pasar por un período de bajas temperaturas antes de poder responder a fotoperíodos largos (Lízal & Relichová, 2001; Searle & Coupland, 2004). Los tipos de primavera y verano típicamente difieren en uno o dos locus, siendo las formas dominantes de estos alelos las que confieren los requerimientos de vernalización (Simpson & Dean, 2002; citados por Searle & Coupland, 2004). En la especie ornamental *Lobelia x speciosa* fue observada una interacción entre los requerimientos de vernalización y de fotoperíodo para la inducción de la floración. Observándose que cuando las plantas recibieron tratamiento de vernalización el 80% floreció bajo un fotoperíodo de 10 hs; mientras que plantas que no recibieron tratamiento de vernalización necesitaron un fotoperíodo de 14 hs para alcanzar el 85% de floración (Runkle *et al.*, 1999). Otro ejemplo de esta interacción lo constituye la espinaca (*Spinacea oleracea* L.), la cual tiene un requerimiento de frío facultativo para la inducción floral, respondiendo además como una típica planta de día largo. En esta especie fueron observados distintos grados de sensibilidad a ambos factores dependiendo del cultivar en estudio (González *et al.*, 2004). Patrones de respuesta similar han sido observados en otras plantas herbáceas perennes, aunque en algunos casos la combinación de factores puede conducir tanto a una reducción en el tiempo a floración como a una mejora en las características de la floración (Heins *et al.*, 1997; citado por Runkle *et al.*, 1999). Es decir que el umbral de respuesta fotoperiódica se halla condicionado por la temperatura que experimenta el cultivo.

3.6. Cambios que ocurren en el ápice y conducen a la iniciación de la pella

Los cambios que ocurren en el ápice como consecuencia de la vernalización y que por lo tanto conducen a la iniciación de la pella, han sido relacionados con un incremento en los niveles de carbohidratos. De esa forma fue propuesto que durante el periodo previo a la inducción, los

fotoasimilados son usados principalmente para el crecimiento de las hojas más que del meristema apical (Hand & Atherton, 1987; Fernández *et al.*, 1997). La rápida acumulación de materia seca en el domo apical comienza 10 días después de que las plantas sean sometidas a bajas temperaturas. Esto ocurre mucho tiempo antes que la iniciación de la pella sea aparente e incluso antes de que el ápice comience a engrosarse (Hand & Atherton, 1987). Sadik y Ozburn (1967) observaron que tanto el núcleo como el nucleolo de plantas vegetativas fueron mucho más pequeños que los de plantas que fueron inducidas en cámara de crecimiento a 5,5 °C. Asimismo el contenido de almidón se incrementó en gran medida durante el tratamiento con frío (Figura 3.5). Aunque este estudio no prueba que exista una relación directa entre la floración y la acumulación de almidón, si sugiere una posible importancia en el proceso.

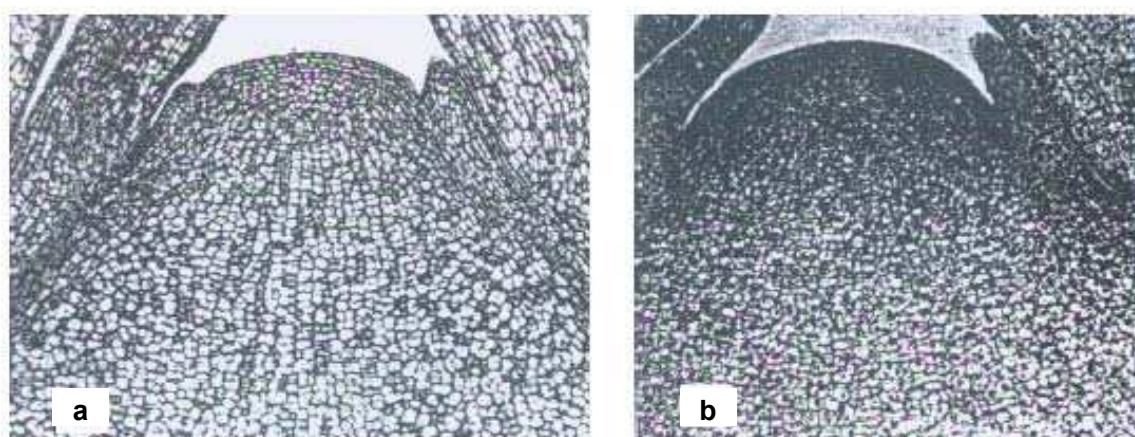


Figura 3.5: Corte transversal del ápice de una planta del cv Main Crop: a) planta en estado vegetativo (no inducida) x 83; b) planta que ha crecido durante 3 semanas a 5,5 °C (inducida) x 108. Nótese la acumulación de granos de almidón en la planta que ha sido inducida. Tomado de Sadik & Ozburn (1967).

Estos autores consiguieron impedir la diferenciación del ápice de vegetativo a generativo al reducir la biosíntesis de carbohidratos colocando las plantas en condiciones de muy baja luminosidad, en aire libre de dióxido de carbono o durante prolongados períodos a temperatura alta. En este trabajo es mencionado el hecho de que en el proceso de reversión de la inducción, conocido como desvernalización, ocurre una reducción de los niveles de carbohidratos en el ápice, previniendo de esta manera la floración (Sadik & Ozburn, 1968). Por otro lado, Atherton *et al.* (1987) obtuvieron una aceleración en la iniciación de la pella aplicando una solución de

sacarosa sobre el ápice de plantas que crecían bajo temperaturas no inductivas. Estos antecedentes sugieren que dependiendo de las condiciones ambientales el crecimiento de las hojas puede prolongarse a expensas de la diferenciación del meristema apical. Pudiendo el efecto de la vernalización y la aplicación de giberelinas incrementar la disponibilidad de nutrientes en el ápice (Fernández *et al.*, 1997).

Se ha propuesto un modelo molecular para explicar el efecto de las bajas temperaturas sobre la inducción floral (Metzer, 1996). El mecanismo de acción probable sería el de provocar una alteración en la expresión génica a través de la desmetilación de una base en la cadena de ADN, con la subsecuente activación de genes promotores de la floración (Metzer, 1996; Lízal & Relichová, 2001). En los últimos años se han investigado y desarrollado modelos de control multifactorial de la floración, en estos se propone que un número de factores promotores e inhibidores, que incluyen hormonas y fotoasimilados estarían envueltos en el control de la floración (Levy & Dean, 1998). En este aspecto *Arabidopsis* ha servido de base para numerosos trabajos relacionados con el o los mecanismos que controlan la floración, al ser esta una planta de días largos facultativa y que requiere además vernalización. Han sido identificados en ella al menos 80 locus implicados en el control de la floración. De esta forma fueron establecidas al menos cuatro vías que controlan el tiempo a floración en *Arabidopsis*, dos de estas vías parecen monitorear el estado de desarrollo endógeno de la planta. De ellas, una puede ser entendida como un mecanismo establecido para prevenir la floración hasta que la planta alcance una cierta edad o tamaño, mientras que la otra vía es de promoción autónoma de la floración y antagoniza con la primera. Finalmente las otras dos vías serían mediadas por señales del ambiente y le permitirían a la planta establecer el momento mas apropiado para florecer: una de ellas sería la vía de la promoción fotoperiódica y la otra la vía de la promoción por temperaturas vernalizantes (Levy & Dean, 1998). Todos los mecanismos de regulación de la floración por el fotoperíodo requieren del normal funcionamiento del reloj circadiano (Ma, 1998; Davis, 2002).

3.7. Implantación, cosecha y calidad en coliflor

- a) **Implantación del cultivo:** En la zona del Cinturón Hortícola Santafesino, como en la gran mayoría de las zonas productoras del país, la implantación del cultivo se realiza por medio del sistema de trasplante de plantines previamente obtenidos. La producción de estos plantines puede ser realizada por el propio productor como por productores especializados y el trasplante puede realizarse utilizando plantines con raíz desnuda o aquellos producidos en bandejas de plástico o poliestireno expandido. El cultivo se realiza a campo, en general en surcos distanciados a 70 cm y con distancia variable entre plantas, dependiendo de la fecha de trasplante, del cultivar y de las condiciones ambientales. La recolección se realiza en forma manual, necesitándose varias recorridas de los lotes para efectuar la cosecha de la totalidad de las pellas en el momento óptimo y con el mayor tamaño posible.
- b) **Calidad de las pellas:** En coliflor existen varios desórdenes fisiológicos que conducen a la producción de pellas de regular o mala calidad. Temperaturas extremas, radiación y factores nutricionales, entre otros, determinan la aparición de estos desórdenes y su intensidad. Aunque existen amplias diferencias en susceptibilidad entre cultivares (Castillo *et al.*, 1994). Algunas de las posibles anomalías son:

Amarillamiento: puede ocurrir como consecuencia de la excesiva exposición a la radiación solar (Jaya *et al.*, 2002) lo que provoca la síntesis de pequeñas cantidades de pigmentos de clorofila. La incidencia de este defecto en cultivares sensibles se reduce cuando las plantas conservan hasta el momento de cosecha las hojas plegadas sobre la pella ofreciendo una protección. También fue asociado con sobremadurez al momento de cosecha (Hemphill, 2005).

Abotonamiento: es la formación de pellas muy pequeñas, de tamaño inferior a 9 cm o 150 g de peso. La utilización de plantines envejecidos o con una fuerte restricción en el desarrollo vegetativo es asociada directamente con una alta probabilidad del desarrollo de este defecto (Wurr & Fellows, 1984; Booij, 1990 e). Bajas temperaturas previas al final de la fase juvenil

reducen el crecimiento de las hojas y luego de esta etapa aceleran la inducción ocasionando la iniciación de la pella sobre plantas de escaso tamaño (Wurr & Fellows, 1984; Booij, 1990 e). Deficiencia de nitrógeno o alta densidad de transplante, al limitar el desarrollo foliar, también pueden incrementar el riesgo de abotonamiento (Wiebe, 1981; Wurr & Fellows, 1984; Hemphill, 2005).

Arrozado: se observa en la superficie de la pella una granulosidad que es originada por el desarrollo irregular de pequeños órganos florales. Estas flores son normalmente blancas pero en estados avanzados pueden colorearse. El desarrollo de esta anomalía ha sido asociado a condiciones de bajas temperaturas durante o cerca del momento de inducción (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). Fue observado un período de máxima susceptibilidad cuando el diámetro del ápice se encuentra entre 0,2 y 0,5 mm (Grevsen *et al.* 2003). La intensidad del defecto se reduce con el incremento de la temperatura y cuando la exposición ocurre tardíamente durante el crecimiento de la pella (Fujime & Okuda, 1996).

Coloración púrpura de las pellas: este defecto se debe al desarrollo de tonalidades púrpura sobre la superficie de la pella, lo que podría implicar la síntesis de antocianinas. Estas sustancias pertenecen al grupo de los flavonoides e imparten colores rosas o púrpuras en el tejido en que se sintetizan (Harborne, 1988; citado por Gould *et al.*, 2000). Una de las causas del desarrollo de este defecto serían temperaturas fuera del rango óptimo de crecimiento y la elevada radiación (Olesen & Grevsen, 1997; Hemphill, 2005).

Pellas rosadas: se debe al desarrollo de coloraciones púrpuras en el interior de las ramificaciones de la pella ocasionado por la síntesis de antocianinas (Harborne, 1988; citado por Gould *et al.*, 2000). Como agente causal de este defecto se menciona, entre otros, a las bajas temperaturas (Hemphill, 2005; Irani & Grotewold, 2005).

Vellosidades: luego de la iniciación de la pella por efecto de altas temperaturas puede desencadenarse el desarrollo de brácteas y bractéolas ubicadas alrededor de cada primordio floral, observándose la superficie de la pella como afelpada. Estas bractéolas son

blancas, pero ocasionalmente pueden desarrollar tonalidades verdes o púrpuras (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). La intensidad del defecto se reduce en exposiciones tardías y a medida que la temperatura se acerca al óptimo para el crecimiento de la pella (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003).

Hojas en la pella: es un caso extremo del desarrollo de vellosidades, cuando las bractéolas se expanden y crecen a través de la superficie de la pella. La temperatura que provoca la aparición de este defecto es más alta que aquella que desencadena en desarrollo de vellosidad (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003).

Tallo hueco: este defecto se debe al desarrollo de cavidades en el interior del tallo causando una depreciación en la calidad o, en el peor de los casos, la colonización por microorganismos, con una completa pérdida de la planta (Everaarts & Putter, 2003). Su aparición ha sido asociada a deficiencias de boro en suelo y más frecuentemente a condiciones de rápido crecimiento para las plantas (Cutcliffe, 1972; Everaarts & Putter, 2003; Pizetta *et al.* 2005).

- c) *Cosecha*: En coliflor, dado que solamente hay una inflorescencia terminal, la producción por unidad de superficie depende directamente de la densidad de transplante. Al aumentar la cantidad de plantas por unidad de superficie se incrementa la productividad, aunque en casos extremos puede perjudicarse el tamaño final. En este aspecto debe prestarse atención, porque si bien la forma de comercialización es por unidad, la clasificación por calidad incluye el parámetro calibre de la pella. En el cuadro 3.4 se presenta una comparación entre diferentes informes de producción de experiencias realizadas en condiciones ambientales variables y con diferentes cultivares.

Cuadro 3.4: Informes de cosecha de coliflor en distintas condiciones culturales y ambientales.

Cultivar	Cosecha (t.ha ⁻¹)	% de pellas comercializables	Condiciones experimentales	Ubicación	Autor
Hsi-Shu	6,0 – 9,6	NI	Ensayos a campo, transplante de primavera-verano 2,1 pl.m ⁻²	Réduit y Wooton, Mauritius	Nathoo <i>et al.</i> , 1998
White Contessa	3,8 – 9,9	NI			
Cashmere	3,4 – 8,8	NI			
Local	3,4 – 4,4	NI			
Poushali	6,4	NI	Ensayos a campo, transplante de invierno. Densidad 2,8 pl m ⁻²	Región este, Bangladesh	Ahmad <i>et al.</i> , 2003
Tropical 45 días	7,4	NI			
Patnai	11,0	NI			
Shiroyama-65	18,4	NI			
Amazing	24,7	72,9	Ensayos a campo, transplante de verano. Densidad de 3,8 pl m ⁻² .	Virginia, USA	Bratsch, 2003
Cassius	23,8	31,4			
Fremont	29,2	59,6			
Wentworth	29,2	67,3			

^{NI} Los autores no informan valores

3.8. Situación actual del cultivo en la zona

La provincia de Santa Fe tenía entre 2002 y 2004, un poco más de 10000 ha implantadas con cultivos hortícolas, según en censo Nacional Agropecuario (INDEC, 2002) y relevamientos realizados por el Centro Operativo Angel Gallardo (MAGIC, sf). De esta superficie el 20% correspondió al departamento La Capital y el 12% al departamento Las Colonias (INDEC, 2002). Desde el año 2002 en adelante, la actividad hortícola se encuentra en un período de retroceso dada la estructura económica del sector, la baja rentabilidad obtenida y el traspaso de productores de gran superficie a la producción de cultivos extensivos (Bouzo *et al.*, 2005; MAGIC, sf). En el año 2001 fueron registradas 3200 ha dedicadas a la horticultura en el departamento La Capital, cifra que se redujo a 2015 ha en el año 2004 (Bouzo *et al.*, 2005; MAGIC, sf). Esta superficie se distribuyó en 248 explotaciones, de las cuales el 23% de los productores cultivó menos de 5 ha y el 39% entre 6 y 10 ha. Este grupo representa el sector más castigado por la crisis económica; ya que en general, obtienen baja rentabilidad en sus planteos

productivos dado que el principal destino de lo producido es el mercado local con mercadería de bajo precio final de venta (Bouzo *et al.*, 2005).

El cultivo de mayor representación en el departamento La Capital es la lechuga, con una tendencia fuertemente creciente para los próximos años (Bouzo *et al.*, 2005). Le siguen en importancia zapallito, remolacha, repollo, tomate y coliflor (MAGIC, sf). En la provincia de Santa Fe en el año 2004 se relevaron 182 ha dedicadas al cultivo de coliflor, el 60% de ellas en el departamento La Capital (MAGIC, sf). La producción total obtenida fue de 2443 t por año en todo el territorio provincial, correspondiendo a este departamento el 85,5% de esta cantidad (MAGIC, sf). Según pronósticos matemáticos realizados para este cultivo se espera una tendencia moderadamente creciente de la superficie implantada para los próximos años (Bouzo *et al.*, 2005).

El destino principal de todos los productos hortícolas es el mercado interno y fundamentalmente el consumo en fresco, con una participación minoritaria de los procesos de industrialización. El mayor centro de comercialización de frutas y hortalizas es el Mercado Central de Buenos Aires (MCBA), en cual también cumple el rol de formador de precios de referencia (Colamarino *et al.*, sf). Datos sobre comercialización recogidos por el MCBA dan cuenta que para el período 1996-2003 se comercializaron anualmente en promedio 3842 t de coliflor, de este volumen el 6,2% provino de la Provincia de Santa Fe (Figura 3.6). A lo largo del período 96-03 el volumen de coliflor que se comercializa en este mercado ha caído un 25% aproximadamente, desde 5120 t en 1996 a 3300 t en el 2003 (Corporación del MCBA, sf). Sin embargo, no es posible distinguir si se trata de una disminución en la superficie implantada a nivel nacional y en el volumen de producción o simplemente de un cambio en la cadena de comercialización. Por otro lado, de la producción obtenida en el año 2004 en el Cinturón Hortícola Santafesino el 35% se comercializó en forma directa en quintas, el 10% a través de los supermercados, el 36% en el Mercado concentrador de Santa Fe, el 5% en el MCBA y el 16% restante en otros mercados concentradores (MAGIC, sf).

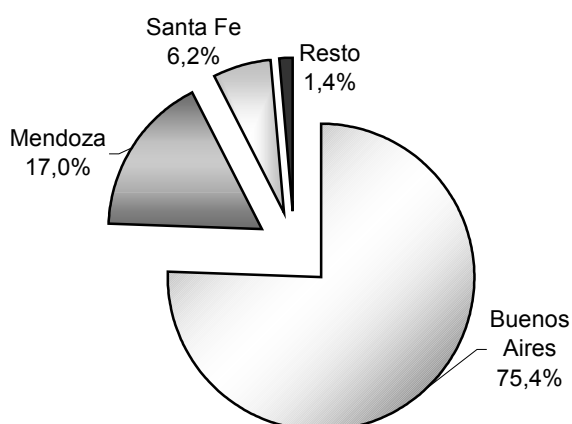


Figura 3.6: Participación de distintas regiones del país en el volumen de coliflor comercializado a través del Mercado Central de Buenos Aires (MCBA). FUENTE: Corporación MCBA (s.f)

La curva de evolución del precio del producto a lo largo del año tiene un comportamiento estacional, donde los más altos valores se registran durante los primeros meses del año, con un incremento sostenido entre enero y marzo. Este período coincide con el momento de menor entrada de coliflor en el MCBA (Figura 3.7 a) (Corporación del MCBA, sf).

Los cinturones hortícolas de la provincia de Buenos Aires realizan un aporte de coliflor sostenido a lo largo del año, mientras Santa Fe y Mendoza muestran una fuerte estacionalidad, concentrándose el ingreso de mercadería en los meses de menor precio (Figura 3.7).

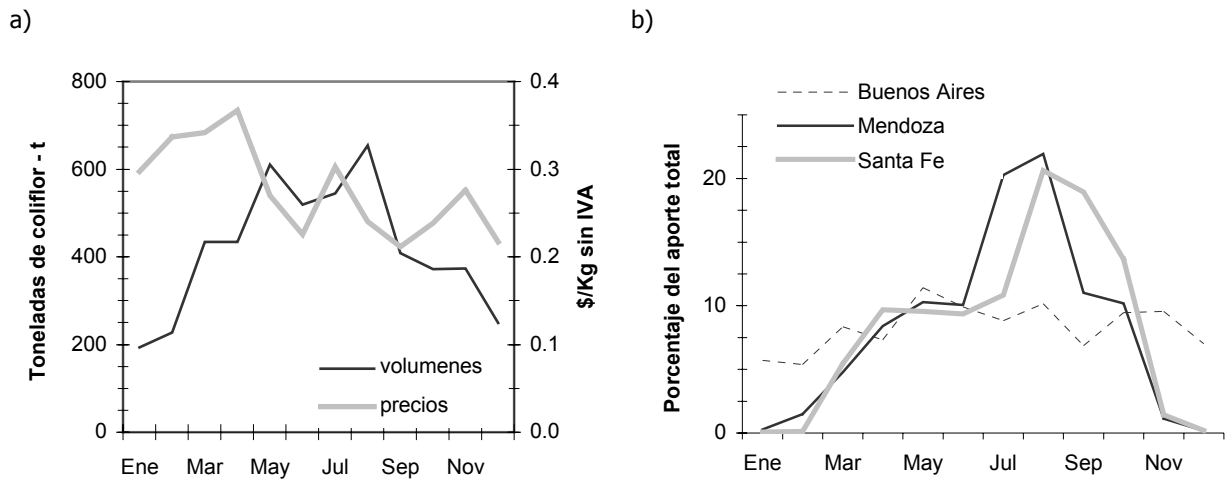


Figura 3.7: a) Evolución del volumen y el precio de coliflor ingresado mensualmente en el Mercado Central de Buenos Aires (MCBA). b) Porcentaje del aporte mensual sobre el total enviado por las regiones productoras más importantes de coliflor. FUENTE: Corporación del MCBA (s.f)

4. MATERIALES y MÉTODOS

4.1. Localización de los experimentos

Las experiencias fueron llevadas a cabo en el CECIF (Campo Experimental de Cultivos Intensivos y Forestales) de la Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Litoral, ubicado a 6 Km de la localidad de Esperanza, Santa Fe (31° 26' S; 60° 56' W.; 40 m.s.n.m). Los trabajos bajo condiciones ambientales modificadas fueron realizados en un invernadero de tipo curvo cubierto por plástico LDT de 150 μm , con ventilación cenital y lateral. El invernadero estaba compuesto de cuatro naves y la superficie cubierta de cada una fue de 216 m^2 , teniendo 9 m de ancho por 24 m de longitud con una altura cenital de 6 m. Las operaciones de apertura y cierre de las ventanas se realizaron mediante un sistema de monitoreo de temperatura y de apertura y cierre automatizado de la ventilación cenital y lateral.

El clima de la región centro oeste de la provincia de Santa Fe corresponde al tipo Cfa (templado húmedo sin estación seca con veranos muy calurosos) según la clasificación de Köppen (1931). La precipitación anual es de 938 mm (García *et al.*, 2002), los menores registros hídricos ocurren en los meses de invierno y el 50% de estas lluvias se concentran entre los meses de diciembre a marzo (INTA, 1991). Según García *et al.* (2002) la temperatura media anual es de 18,3 °C; siendo julio el mes más frío, con una temperatura media de 11,5 °C y enero el más cálido con una media de 24,8 °C (García *et al.*, 2002). La humedad relativa media normal anual es de 73% (García *et al.*, 2002). El viento es predominantemente del cuadrante este con una velocidad media anual de 13,8 Km h^{-1} (SMN, 2000).

Los análisis de plantas y de microscopía se realizaron en el laboratorio de Anatomía Vegetal del Pabellón de Estudios Botánicos de la Facultad de Ciencias Agrarias, y los análisis de suelo en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias.

4.2. Cultivares utilizados

Los experimentos se realizaron utilizando 31 cultivares de coliflor de ciclos intermedios y cortos. Los cultivares utilizados correspondieron en su mayor parte a híbridos comerciales, siendo el resto híbridos en etapa experimental (Cuadro 4.1), pertenecientes a las siguientes empresas: PetoSeed, Horticeres-Agroceres, Sakata, Kobayashi Seed, Bejo, Yates, LD, Vilmorin, Nickerson-Zwaan, Hurst.

Cuadro 4.1: Cultivares utilizados en los ensayos, largo de ciclo estimado, momento de siembra recomendada y características generales de las pellas y las plantas.

Cultivar	Empresa	Ciclo *	Siembra *	Características *
Cortijo	Petoseed	ND	ND	ND
Verona	Horticeres-Agroceres	ND	ND	ND
White Magic	Sakata	Temprano 75 - 85 días (°)	Otoño/ Invierno	Tolerante al frío. Excelente cobertura de hojas. Pella pesada, blanca y uniforme. Variedad adaptable. Similar a Incline (°). Distancia plantación: 0,70 x 0,30 m
Majestic	Sakata	Extra temprano, 50 días (°)	ND	Extremadamente temprano. Buena tolerancia al calor. Uso restringido. Pellas medias, planas y uniformes. Moderada cobertura de hojas. Planta compacta (°).
Julia	Sakata	ND	Otoño/ Invierno	Pellas de 1,2 a 1,6 kg, color crema blanca. Hojas erectas. Tolerante a Black rot (<i>Xanthomonas campestris</i> pv <i>campestris</i>). Distancia plantación: 0,80 x 0,50m (°).
Incline	Sakata	Temprano 76 días (°)	Otoño/ Invierno	De clima templado a frío, tolerante. Excelente cobertura de hojas. Tamaño grande a mediano, pesadas, blanco medio y uniformes. Distancia plantación: 0,70 x 0,30 m (°).
Candid Charm	Sakata	Temprano o extra, 65 días (°)	Otoño/ Invierno	Producción en clima cálido y frío. Ampliamente adaptada. Buena cobertura. Pellas medianas a grandes, pesadas. Madurez concentrada. Distancia plantación: 0,70 x 0,30 m (°).

Cuadro 4.1: Cultivares utilizados en los ensayos, largo de ciclo estimado, momento de siembra recomendada y características generales de las pellas y las plantas (continuación).

Cashmere	Sakata	Extra precoz 60 días (^z)	Otoño/ Invierno	Pella grande, densa y blanca. Hojas exteriores altas. Distancia plantación: 0,70 x 0,30 m. (^z)
KS-40	Kobayashi Seed	ND	ND	Experimental
KS-60	Kobayashi Seed	ND	ND	Experimental
Balboa F1	Bejo	ND	ND	ND
Bejo 1843 F1	Bejo	ND	ND	Experimental
Bejo 1844 F1	Bejo	ND	ND	Experimental
G 390	Yates	ND	ND	ND
Clyde	Yates	ND	ND	ND
Don Mario	LD	ND	ND	ND
Bonny	LD	Semi temprano 75 – 85 días (^y)	Otoño/ Invierno	Cabeza blanca de 0,7 a 1,5 Kg. Planta muy vigorosa y buena cobertura de hojas. La pella debe iniciarse con menos de 16 °C (^y).
Memphis F1	Vilmorin	Semi temprano 85-95 días (^x)	ND	De otoño en clima templado. Muy vigorosa y rústica. Buena cobertura. Pella blanca, redonda y pesada. Cosecha concentrada (10-12 días). (^x)
Skywalker F1	Bejo	Semi temprano 92 días (^w)	ND	Cosecha todo el año. Cabeza blanca muy pesada, planta muy grande, cobertura excelente. (^w)
Amazing	Bejo	ND	ND	ND
Somerset F1	Bejo	ND	ND	ND
Encanto F1	Bejo	Semi temprano 87 días (^w)	ND	Cosecha primavera-verano. Cabeza blanca, sólida y con una cobertura excelente. (^w)
Alpina F1	Bejo	ND	ND	ND
Cassius F1	Bejo	ND	ND	ND
Belot F1	Bejo	ND	ND	ND
Phantom F1	Bejo	ND	ND	ND
Amsterdam F1	Nickerson-Zwaan	Semi temprano 80-90 días (^x)	ND	Tipo verano-otoño. Pella redonda, muy blanca y pesada. Buena cobertura. Planta vigorosa. (^w)

Cuadro 4.1: Cultivares utilizados en los ensayos, largo de ciclo estimado, momento de siembra recomendada y características generales de las pellas y las plantas (continuación).

Barcelona	Nickerson-Zwaan	Intermedio 85-105 días (^x)	ND	Cosecha de primavera y verano. Pella blanca, muy pesada, mediana. Bien envuelta. Planta media (^x).
------------------	-----------------	-----------------------------------------	----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Smilla	Hurst	Semi temprano 75-85 días ^(Y)	Otoño/ Invierno	Planta erecta de muy buena cobertura. Pellas muy blancas de 1 a 2 kg. Cosecha en otoño, invierno y primavera en clima templado cálido, y de verano-otoño en clima más frío ^(Y) .
Bonny	Hurst	ND	ND	ND
Madrid 70	Hurst	Extra precoz 65-75 días	ND	ND

* Información proporcionada por la empresa comercial. ^(Z) Sakata, 2005; ^(Y) LDaehnfeldt, 2007; ^(X) (Vilmorin, 2005; ^(W) Bejo, 2002; ND, información no disponible.

4.3. Establecimiento del cultivo

La implantación de todas las parcelas experimentales se realizó mediante la técnica de siembra y transplante. Para ello semillas de cada uno de los cultivares fueron sembradas en bandejas de poliestireno expandido de 228 celdas, cada una con un volumen de 20 cm³ rellenas de un sustrato comercial marca Terrafertil, compuesto por 80% turba (v/v) y 20% perlita (v/v) y con fertilizante de liberación lenta incorporado. La concentración aproximada de elementos del fertilizante fue de 150 ppm de N de NO₃, 95 ppm de P, 160 ppm de K, 85 ppm de Ca y 35 ppm de Mg. Las bandejas fueron colocadas durante dos a cuatro días en cámara de germinación a 20°C y 90% HR, posteriormente fueron mantenidas dentro del invernadero durante el resto del período de propagación. El riego se realizó diariamente mediante aspersion manual durante todo este período. Se realizó un recuento de plántulas a los 12 días desde la siembra para determinar el porcentaje de germinación. El transplante se realizó cuando los plantines presentaron entre 3 y 4 hojas visibles.

4.4. Experimentos realizados

Los tratamientos experimentales fueron diseñados para estudiar la fisiología relacionada a la inducción de la pella y el comportamiento productivo del cultivo.

4.4.1. Efecto de la longitud del fotoperíodo y la temperatura sobre las fenofases y el desarrollo productivo de la coliflor

Los experimentos consistieron en trasplantes realizados en diferentes momentos del año con la finalidad de someter a las plantas en estudio a diferentes condiciones de temperatura y de fotoperíodo.

Para la realización de estos experimentos, fueron seleccionados cuatro cultivares: Majestic, Madrid, Candid Charm y KS40. Para la elección de los cultivares utilizados se consideró la información técnica disponible (Cuadro 4.1). Majestic es un cultivar temprano utilizado ampliamente en el Cinturón Hortícola Santafesino para trasplantes de verano. Madrid es un cultivar de características muy similares al anterior, también usado en la región como alternativa de Majestic. Candid Charm es un cultivar de tipo intermedio, de amplio uso entre los productores locales, aunque con fecha de trasplante mas temprano que los anteriores (Favaro³, Com. Pers.). El cultivar KS 40 es un híbrido no comercial, del que se carecía de antecedentes, aunque presumiblemente de ciclo mas corto que los anteriores (Lesser⁴, Com. Pers.).

4.4.1.1. Experimentos con modificación de la temperatura y alargamiento del fotoperíodo

Para estudiar el efecto en ambientes con temperaturas diferentes y con alargamiento del fotoperíodo se realizaron tres experiencias durante la temporada otoño-invierno de 2003 y 2004. La modificación del fotoperíodo se logró mediante la aplicación de luz artificial con lámparas incandescentes de 60 watts a razón de 1 lámpara cada 4 m², en función de alcanzar un mínimo de 2 W m² en los sectores mas alejados de la parcela (Tan *et al.*, 2000). La longitud natural del día se calculó mediante la utilización de la ecuación que considera la latitud y el día juliano

³ Favaro, J.C. 2003. Manejo de cultivos hortícolas (entrevista). Profesor Asociado Cátedra de Cultivos Intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias – UNL.

⁴ Lesser, P. 2003. El Mercado de semillas hortícolas (entrevista). Ing. Agrónomo. Gerente de desarrollo Semillas Emilio. Mercado Central de Buenos Aires.

propuesta por Goudriaan (1977). Para el registro de las temperaturas durante el transcurso de las experiencias se utilizaron un termómetro de máxima y uno de mínima. Se ubicó dentro de una casilla meteorológica de abrigo a 1,5 m de altura tanto al aire libre como en el invernadero, el termómetro de máxima fue de mercurio y el de mínima de alcohol.

Primera experiencia

La siembra se realizó el día 24/05/03, utilizándose semilla de los híbridos KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. El transplante se realizó en invernadero y al aire libre con el mismo esquema de plantación a los 41 días después de la siembra (DDS), cuando los plantines tenían entre 4 y 5 hojas visibles.

En el invernadero el riego se realizó por goteo y al aire libre fue gravitacional por surcos. Las necesidades de riego se establecieron según el estado hídrico del suelo medido con tensiómetros enterrados a 30 cm de profundidad. Los potenciales hídricos en ningún caso fueron inferiores a -80 mbar. La fertilización se realizó con una dosis equivalente a 150 Kg N ha^{-1} , 40 Kg P ha^{-1} y 230 Kg K ha^{-1} , utilizándose urea, superfosfato triple de Ca y Clorpirifós como fuente de N, P y K, respectivamente (Bouzo *et al.*, 2003). No se realizó aplicación de herbicidas, el control de malezas se hizo en forma manual. El tratamiento sanitario consistió en pulverizaciones quincenales con una mezcla de Cipermetrina ($0,2 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$) y Clorpirifós ($1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$) para prevenir el ataque de insectos.

La unidad experimental estuvo constituida por parcelas de 7 m^2 , con una densidad de $3,2 \text{ pl m}^{-2}$. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones por tratamiento y cultivar. Cada parcela consistió en una línea de cultivo a $0,7 \text{ m}$ por 10 m de longitud, las plantas se ubicaron a una distancia de $0,45 \text{ m}$ entre sí (Figura 4.1 a y 4.1 b).

Los tratamientos de prolongación del fotoperíodo se realizaron mediante la aplicación de iluminación artificial entre las 18 hs y las 23 hs, obteniéndose una longitud total del día entre 15 y 16 horas. Estos tratamientos fueron aplicados 13 días después del transplante y finalizaron

cuando el 100% de las plantas habían alcanzado el final del período inductivo. Los tratamientos fueron:

- Aire libre con fotoperíodo natural (AL – FN);
- Aire libre con fotoperíodo prolongado de 15-16 hs (AL – FP);
- Invernadero con fotoperíodo natural (INV – FN);
- Invernadero con fotoperíodo prolongado de 15-16 hs (INV – FP).



Figura 4.1: Vista general de las parcelas: a) Parcelas experimentales dentro del invernadero en la primera experiencia: otoño-invierno 2003; b) Parcelas experimentales al aire libre en la primera experiencia: otoño-invierno de 2003; c) y d) Parcelas experimentales en macetas en la segunda experiencia: otoño-invierno de 2004.

Segunda experiencia

Se utilizó solamente el cv Madrid, las semillas se sembraron el día 26/06/04 y el transplante se realizó el día 03/08/04 en macetas de 15 L. Las macetas fueron llenadas con tierra proveniente de los primeros 10 cm del horizonte A₁ del mismo suelo en que se realizó la experiencia anterior. El riego se realizó en forma manual con frecuencia diaria y un volumen aproximado de 130 cm³ por maceta. El control de malezas se fue manual y el control de insectos mediante pulverizaciones quincenales con Cipermetrina (0,2 cm³ l⁻¹) y Clorpirifós (1 cm³ l⁻¹).

Cada unidad experimental estuvo constituida por 15 macetas, colocadas de manera de lograr una densidad de 10 pl m⁻². El diseño fue el mismo que en el ensayo anterior, con tres repeticiones por tratamiento (Figura 4.1 c y 4.1 d). Las macetas fueron colocadas en el invernadero dentro de una cobertura realizada con polietileno cristal de 100 µm a una altura de 1,5 m. Debajo de la cobertura se instaló el equipo de calefacción constituido por estufas de cuarzo que entregaban 128 Kcal m⁻² h⁻¹. El encendido de la calefacción fue automático toda vez que la temperatura descendía por debajo de los 15 °C, este mecanismo fue comandado por un sensor de temperatura.

El tratamiento de iluminación artificial se aplicó desde las 18 hs hasta las 02 hs, resultando en una duración del período con luz mayor a 18 horas. El tratamiento de iluminación comenzó a aplicarse 9 días después de realizado el transplante y se prolongó hasta que el 100% de las plantas habían finalizado el período inductivo. Los tratamientos realizados fueron:

- ⇒ Fotoperíodo natural (FN);
- ⇒ Fotoperíodo artificial mayor a 18 horas (FP).

Tercera experiencia

Se utilizó el cultivar KS 40. La siembra se realizó el día 12/07/04 y el transplante el día 03/09/04 con plantines al estado de 3 hojas visibles. La metodología de trabajo fue la misma que la empleada en la experiencia anterior, con transplante en macetas y ubicadas en el interior de la cobertura calefaccionada dentro del invernadero. Los tratamientos de iluminación comenzaron

en el momento del trasplante y se realizaron de la misma manera que en la segunda experiencia.

4.4.1.2. Experimentos con acortamiento del fotoperíodo

Durante la temporada de verano del 2003-04 fueron realizadas dos experiencias al aire libre. La modificación del fotoperíodo se realizó mediante la utilización de una cobertura de polietileno blanco/negro de 200 μm de espesor, que cubría totalmente las plantas logrando la máxima hermeticidad posible. La longitud natural del día se calculó según la ecuación de Goudriaan (1977). Para el registro de las temperaturas durante el transcurso de las experiencias se utilizó un termómetro de máxima y mínima. Se ubicó dentro de una casilla meteorológica de abrigo a 1,5 m de altura, el termómetro de máxima fue de mercurio y el de mínima de alcohol.

Cuarta experiencia

La siembra se realizó el día 19/12/03, utilizándose semilla del cv KS 40. El trasplante fue el día 19/01/04 a los 31 DDS cuando los plantines tenían 3 hojas visibles. La implantación fue en macetas de 15 litros de capacidad, las que fueron llenadas con tierra proveniente de los primeros 10 cm del horizonte A_1 del mismo suelo en que se realizaron las experiencias anteriores. Se aplicó riego en forma manual con frecuencia diaria, siendo el volumen aproximado empleado en cada ocasión de 130 cm^3 por maceta. El control de malezas se hizo en forma manual y el control de insectos mediante aplicaciones quincenales de Cipermetrina ($0,2 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$) y Clorpirifós ($1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$).

Cada unidad experimental estuvo constituida por 15 macetas que se colocaron al aire libre con una densidad de 10 pl m^{-2} . El diseño fue el mismo que el la experiencia anterior, con tres repeticiones por tratamiento.

El tratamiento de acortamiento artificial del fotoperíodo se realizó aplicando la cobertura entre las 18 hs y las 10 hs del día siguiente, simulando un fotoperíodo de 8 hs de duración. El

tratamiento comenzó el 26/01/04, siete días después del trasplante y se prolongó hasta que la totalidad de las plantas habían finalizado el período inductivo. Los tratamientos fueron:

- Fotoperíodo natural (FN);
- Fotoperíodo artificial de 8 hs (FA).

Quinta experiencia

La siembra se realizó el día 06/02/04 utilizándose el cv Majestic y el trasplante siendo el día 01/03/04, 23 días DDS cuando los plantines tenían entre 3 y 4 hojas visibles. La metodología de trabajo fue la misma que la empleada en la experiencia anterior, con trasplante en macetas colocadas al aire libre. Los tratamientos de acortamiento del fotoperíodo comenzaron en el momento del trasplante y se realizaron de la misma manera que en la cuarta experiencia.

4.4.1.3. Recolección de datos

En cada experiencia la primera extracción de muestras se realizó al momento del trasplante tomándose desde las bandejas tres plantas al azar. Las siguientes muestras fueron extraídas con frecuencia entre cuatro a siete días, dependiendo de la velocidad del crecimiento y desarrollo observada en las plantas. El tamaño de cada muestra fue de una planta al azar por repetición. Los parámetros evaluados fueron:

Peso fresco de los distintos órganos (PF): para cada planta se efectuó la separación de los órganos en hojas, tallo y pella (solo en las plantas que la presentaron), obteniéndose el peso en húmedo con una balanza Scientech, con una precisión de 0,001 g.

Peso seco de los distintos órganos (PS): cada muestra fue secada en estufa con circulación de aire a 65 °C hasta pesada constante, obteniéndose el peso de materia seca de hojas, tallos y ápices o pellas en forma individual con una balanza Scientech, con una precisión de 0,001 g.

Número y área de hojas: se contó y registró el número de hojas por observación directa registrándose aquellas cuya longitud fuera superior a 1 cm, contabilizando también las cicatrices de hojas absentidas. La determinación del número de primordios foliares se realizó por medio de observaciones con una lupa binocular marca Olympus 70x (Booij, 1990 a; Wurr *et al.*, 1993), y se sumaron las hojas que no superaron 1 cm de longitud. El área foliar, en cm^2 , se determinó mediante un medidor electrónico de área foliar LI-COR modelo LI-3000 (Lincoln, Nebraska)

Diámetro del ápice: la determinación del diámetro del ápice se realizó a través de observaciones utilizando una lupa binocular Olympus con un aumento 70x, con una escala ocular calibrada para medición directa con una definición de 10 μm , mediante una escala patrón Olympus Objective Micrometer®. Una vez separadas las hojas mayores a 1 cm se tiñó el tejido con una solución de carmín acético para facilitar la visualización del meristema apical. El diámetro del ápice se consideró como el resultante del promedio entre dos mediciones realizadas a 90° sexagesimales entre sí (Figura 4.2). También fueron fotografiados e identificados los estados ontogénicos en el desarrollo del cultivo.

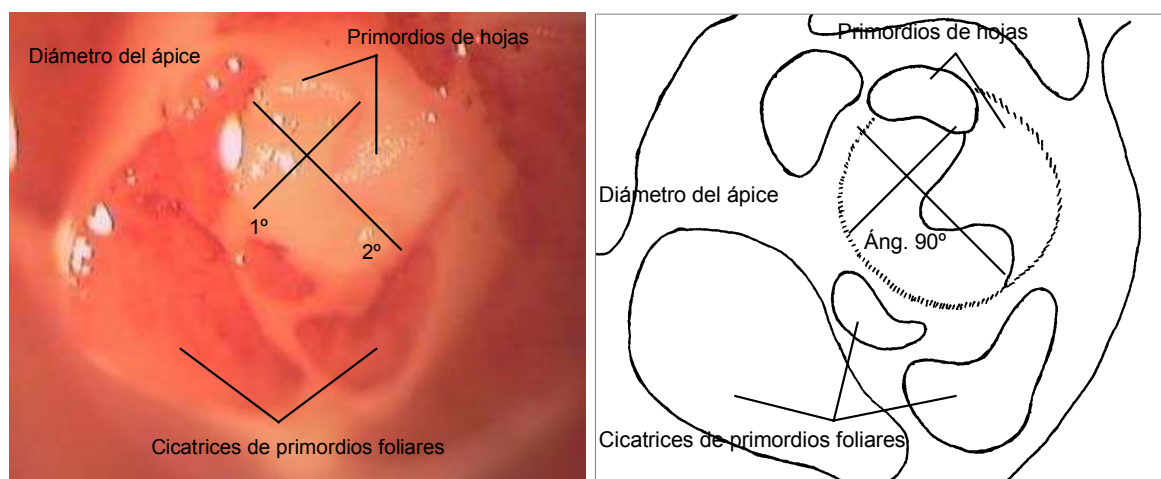


Figura 4.2: determinación del diámetro del ápice: a) fotografía de un ápice de coliflor previo a la inducción; b) esquema de un ápice de coliflor mostrando la forma de realizar la determinación del diámetro.

Duración de la etapa inductiva: para la determinación de la duración temporal de esta etapa se consideraron los días transcurridos para el crecimiento del ápice entre 0,2 mm y 0,6

mm de diámetro (Wurr *et al.*, 1993; Wurr *et al.*, 1995). Se consideró como fecha de inducción y de iniciación del crecimiento de la pella el momento en que la mitad de las plantas de la población habían alcanzado este estado (Booij, 1987). A partir de este momento la extracción de las muestras de plantas se realizó cada 15 días.

Cuando las pellas alcanzaron la madurez de cosecha fueron extraídas tres plantas por tratamiento en las cuales se determinó:

Cosecha (Días cos.): fueron establecidos como la cantidad de días necesarios para alcanzar el momento en que el 50% de las plantas fueron cosechadas (Booij, 1987).

Número final de hojas (N hojas): mediante el conteo del total de hojas formadas.

Tamaño de las pellas: el diámetro final de las pellas se determinó como el promedio de dos mediciones realizadas con un calibre mecánico a 90° sexagesimales entre sí.

Área foliar total: fue cuantificada en cm² y se determinó mediante un medidor electrónico de área foliar Licor modelo LI-3000.

4.4.2. Comportamiento productivo de diferentes cultivares

Fueron realizadas tres experiencias para evaluar el comportamiento productivo de 31 cultivares (Cuadro 4.1). Para ello fueron realizadas dos experiencias con transplante de invierno el día 06/07/03 en distintos ambientes: invernadero y aire libre; y otra mediante un transplante de verano el día 19/01/04 al aire libre.

La implantación del cultivo se realizó en surcos distanciados a 0,7 m entre sí, con una densidad de 3,2 pl m⁻². El riego del cultivo fue gravitacional por surcos al aire libre y por goteo dentro del invernadero. Las necesidades de riego se establecieron según el estado hídrico del suelo medido por medio de tensiómetros enterrados a 30 cm de profundidad. Los potenciales hídricos en ningún caso fueron inferiores a -80 mbar. La fertilización se realizó con una dosis equivalente a 150 Kg N ha⁻¹, 40 Kg P ha⁻¹ y 230 Kg K ha⁻¹; utilizándose urea, superfosfato triple

de Ca y CIK como fuentes de N, P y K, respectivamente (Bouzo *et al.*, 2003). El tratamiento fitosanitario del cultivo consistió en pulverizaciones quincenales de una mezcla de Cipermetrina y Clorpirifos para prevenir el ataque de insectos. No se realizó aplicación de herbicidas, por lo que el control de malezas fue manual.

En todos los experimentos se utilizó el mismo diseño estadístico: un diseño completamente aleatorizado (DCA) con 3 repeticiones. Los ambientes utilizados fueron: Invernadero-Invierno, Aire Libre-Invierno y Aire Libre-Verano. El área total utilizada fue de 230 m² en cada tratamiento, con una superficie por parcela de 7,4 m². Con esto se obtuvieron 18 plantas por cultivar x ambiente (Figura 4.3).



Figura 4.3: Vista de las parcelas en las experiencias de evaluación de cultivares: a) parcelas en invernadero; b) parcelas al aire libre.

Durante el ciclo de crecimiento del cultivo fue realizado un seguimiento de la evolución foliar para lo cual se recurrió a un recuento quincenal de las hojas visibles desplegadas. El mismo fue realizado sobre una muestra de tres plantas representativas por cultivar.

Al momento de cosecha se realizaron observaciones en las parcelas con intervalo de dos días para evaluar el estado de las pellas próximas a cosecha. Para la evaluación del comportamiento productivo en el momento de cosecha se recolectaron aproximadamente el 50% de las pellas y los parámetros evaluados fueron agrupados en tres categorías: calidad de pellas, longitud de ciclo y acumulación y partición del material producido.

Se evaluó la **calidad visual** de las pellas, agrupándolas en diferentes categorías de acuerdo a una escala de clasificación desarrollada para este trabajo. Para esta escala se tomó como referencia la Resolución RX n° 297/83 de la ex-Secretaría de Agricultura y Ganadería que reglamenta las normas de tipificación de hortalizas frescas para el mercado interno (SENASA, 1983). De esa forma, las pellas fueron clasificadas en grados que variaron de 1 (muy buena) hasta 4 (sin valor comercial). De esa forma cada grado fue definido según los siguientes parámetros:

- Grado 1: Color, se acepta solo un ligero amarillamiento respecto al color típico de la variedad. Presencia de hasta 5 brácteas por pella siempre que no la sobrepasen. Sin otros defectos.
- Grado 2: Color, se acepta un ligero cambio de color. Presencia de hasta 5 brácteas de 5 mm por encima de la pella. Vellosoidad no húmeda ni grasosa hasta en un 25% de la superficie. Hasta un 10% de otros defectos (o entendido como muy leve o muy escasa presencia de otros defectos).
- Grado 3: Coloraciones más intensas, una ligera falta de compacidad. Hasta 7 brácteas que sobresalen de la pella y vellosoidad hasta un 50% de la superficie. Hasta un 15% de otros defectos.
- Grado 4: No comercial. Por defectos muy graves como podredumbres, coloraciones intensamente moradas o graves defectos de forma. También por muy abundante desarrollo de brácteas, hojas a veces, en el interior o superficie de la pella, intensa pérdida de compacidad, etc.

Otro aspecto utilizado para la realización de la evaluación de la calidad de la pella es el tamaño de las pellas, para esto se determinó el **diámetro** en la parte más ensanchada de la unidad, en línea perpendicular al eje longitudinal, realizándose dos mediciones con un ángulo de 90° sexagesimales entre sí. Se midió el diámetro de la pella libre de hojas. El tercer parámetro utilizado para evaluar la calidad de las pellas fue el **peso fresco** de las pellas, registrado con una

balanza Scientech con una precisión de 0,001 g. Las pellas fueron catalogadas por tamaño según la siguiente escala, también adaptada de la Resolución RX n° 297/83 (SENASA, 1983):

- Tamaño 0: No comercial, menos de 9 cm o de 150 grs.
- Tamaño 1: Chicos de 9-13 cm o 150-450 grs.
- Tamaño 2: Medianos de 13-18 cm o 450-1000 grs.
- Tamaño 3: Grandes, más de 18 cm o más de 1000 grs.

Se registró y tipificó el **color** característico de las pellas con la utilización de la tabla de colores de Munsell (1992). También fueron registrados y descritos los **defectos** observados en las pellas, siendo clasificados de acuerdo a lo mencionado en la bibliografía como: *arrozado*, *vellosidades*, *presencia de hojas en la pella* (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003), *amarillamiento de las pellas* (Jaya *et al.*, 2002), *coloración púrpura de la pella y pellas rosadas* (Hemphill, 2005), *abotonamiento* (Wiebe, 1981; Wurr & Fellows, 1984; Hemphill, 2005) y *tallo hueco* (Everaarts & Putter, 2003). En base a los parámetros mencionados, se evaluó la calidad comercial de las pellas producidas en los distintos ambientes tomando como principales factores de aptitud y adaptación de un cultivar a la calidad visual y a los defectos observados. El segundo aspecto que se tuvo en cuenta fue la capacidad productiva, medida a través del diámetro y peso fresco de las pellas producidas.

Longitud de ciclo fueron contabilizados los días desde el transplante hasta la cosecha de cada una de las pellas.

Al momento de cosecha fue recolectada una planta al azar por repetición y por cultivar para evaluar aspectos fisiológicos del crecimiento. Se contabilizó el número final de hojas formadas y se procedió a la separación en tallo, hojas y pella. En cada porción se determinó el peso fresco y se secaron en estufa a 65°C con circulación forzada de aire hasta pesada constante. Se pesaron con una balanza Scientech, con una precisión de 0,001 g.

4.5. Herramientas de análisis y tratamiento estadístico

4.5.1. Efecto de la longitud del fotoperíodo y la temperatura sobre las fenofases y el desarrollo productivo de la coliflor

En cada uno de los tratamientos realizados en cada una de las experiencias se determinaron las rectas de regresión de la evolución del diámetro del ápice y el número de hojas iniciadas en función de los días desde la emergencia (DDE), y también de la evolución del diámetro del ápice en función de la cantidad de hojas iniciadas (Hojas), según los siguientes modelos:

$$1/\text{diámetro (mm)} = \alpha + \beta * \text{DDE}$$

$$\text{N}^\circ \text{Hojas} = \alpha + \beta * \text{DDE}$$

$$\text{Ln diámetro} = \alpha + \beta * \text{Hojas}$$

De esta forma se determinó el momento de ocurrencia del final de la fase juvenil (0,2 mm de diámetro del ápice) y el momento final del período inductivo (0,6 mm de diámetro del ápice), así como la cantidad de hojas formadas durante cada una de las etapas.

Sobre las rectas obtenidas se aplicó el procedimiento de regresión con variables auxiliares y una prueba F con el objeto de probar las diferencias en la pendiente y ordenada al origen de cada una de las funciones obtenidas entre tratamientos en cada una de las experiencias y cultivares.

Los datos obtenidos al momento de cosecha en la primera experiencia se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA) de tipo univariado con un diseño factorial (ambiente y tratamiento de fotoperíodo) en un diseño completamente aleatorizado (DCA). El modelo aplicado fue el siguiente (Montgomery, 1991):

$$Y_{IJKL} = \mu + M_I + T_J + A_K + TA_{JK} + E_{IJKL}$$

Donde Y_{IJK} es el valor del material genético, μ la media poblacional, M_I es el efecto de la muestra, T_I es el efecto del fotoperíodo, A_J es el efecto del ambiente o temperatura, TA_{IJ} es la interacción fotoperíodo-ambiente y E_{IJK} es el error experimental. Una vez detectadas diferencias entre los tratamientos se aplicó el test de Tukey al 5% para separar los tratamientos que dieron origen a las diferencias.

Desde la segunda a la quinta experiencia los datos obtenidos al momento de cosecha fueron analizados con un análisis de varianza (ANOVA) de tipo univariado y unifactorial en un diseño completamente aleatorizado (DCA). Los análisis fueron realizados separadamente para cada uno de los ensayos, mediante la utilización del siguiente modelo (Steel & Torrie, 1960):

$$Y_{IJK} = \mu + M_I + T_J + E_{IJK}$$

Donde Y_{IJ} es el valor del material genético, μ la media poblacional, M_I es el efecto de la muestra, T_I es el efecto del tratamiento y E_{IJ} es el error experimental.

Para prueba de supuestos del modelo se utilizó gráficos de distribución de residuos contra estimados para observar homocedasticidad y gráfico de cuantiles-cuantiles para prueba de normalidad. Se trabajó con el paquete estadístico InfoStat (InfoStat, 2004).

4.5.2. Comportamiento productivo de diferentes cultivares

Con la información recogida se procedió primero a evaluar el comportamiento de los cultivares en cada uno de los ambientes (tratamientos). Esto se realizó por medio del análisis de la varianza (ANOVA) de tipo univariado para cada una de las variables medidas. Esto permitió conocer cuales son los mejores cultivares para cada ambiente. Para el análisis de cada ambiente se utilizó el siguiente modelo matemático (Steel & Torrie, 1960; Montgomery, 1991):

$$Y_{IJK} = \mu + M_I + G_J + E_{IJK}$$

Donde Y_{IJK} es el valor del material genético, μ la media poblacional, M_I el efecto de la muestra, G_J el efecto de los genotipos y E_{IJK} el error experimental.

Las medias de los genotipos fueron comparadas mediante la utilización del test de separación de medias de Scott-Knott al 5%, con el paquete estadístico InfoStat (InfoStat, 2004).

Se realizó análisis de conglomerados (Cluster Analysis) para el agrupamiento de los cultivares en cada uno de los ambientes en función de la respuesta observada para las variables: peso fresco, diámetro y calidad visual de las pellas, porcentaje de materia seca de las pellas, días desde transplante a cosecha, número de hojas, peso seco de hojas y proporción de la partición de materia seca hacia la pella. Se utilizó la técnica de agrupamiento jerárquico y el método de cálculo fue por encadenamiento promedio (UPGMA), tomándose la euclídea como medida de distancia, se trabajó con matrices de distancias estandarizadas.

Para el análisis de los supuestos del modelo se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la distribución gráfica de los residuos para probar la normalidad de los datos. Para prueba de homocedasticidad se utilizaron gráficos de distribución de residuos versus estimados y prueba de Levene.

Una vez concluidos los análisis de cada ambiente, se procedió a realizar el análisis conjunto mediante la utilización del siguiente modelo:

$$Y_{IJK} = \mu + G_I + A_J + GA_{IJ} + M/A_{JK} + E_{IJK}$$

Donde Y_{IJK} es el valor del material genético, μ es la media poblacional, G_I es el efecto de los genotipos, A_J el efecto de los ambientes, GA_{IJ} la interacción, M/A_{JK} el efecto de las muestras de cada ambiente y E_{IJK} el error experimental.

Todos estos análisis estadísticos fueron realizados utilizando el procedimiento GLM (General Lineal Models) del programa computacional SAS (SAS-STAT, 1991).

Con el programa InfoStat (InfoStat, 2004) se realizó el análisis de la interacción con el modelo de interacción multiplicativa y efectos principales (AMMI: Aditive Main effects and Multiplicative Interaction model) (Ebdon & Gauch, 2002; Zóbel *et al.*, 1988; citado por Solano *et al.*, 1998) para las variables calidad visual y peso fresco de las pellas. Para ello se realizó un

ANOVA evaluando el efecto de los cultivares y los ambientes, sin tener en cuenta la interacción, reservándose los residuos de este análisis. El modelo de ANOVA aplicado fue (Ebdon & Gauch, 2002):

$$Y_{IJK} = \mu + G_I + A_J + O_{IJ} + E_{IJK},$$

y el modelo AMMI fue:

$$Y_{IJK} = \mu + G_I + A_J + \sum_{n=1}^N S_n + GV_{In} AV_{Jn} + R_{IJ} + E_{IJK}$$

Donde Y_{IJK} es la variable respuesta del cultivar I en el ambiente J para la repetición K . La gran media es μ , G_I es el efecto del material genético, A_J es el efecto del ambiente, N es el número de ejes retenidos en la matriz SVD (descomposición por valor singular) en el modelo. O_{IJ} es la interacción residual (residuos AMMI) y E_{IJK} es el error experimental. El término S_n representa el valor singular para la matriz SVD del eje n , GV_{In} es el valor del vector singular de la matriz SVD para el genotipo y AV_{Jn} es el valor del vector singular de la matriz SVD para el ambiente.

Para la evaluación del comportamiento relativo de cada uno de los cultivares se calculó para las variables calidad visual y peso fresco de las pellas un índice ponderativo, de la siguiente forma:

$$\left[\frac{(X_{\text{Ambiente}} - X_{\text{Cultivar}})}{X_{\text{Ambiente}}} \right] * 100$$

Donde X_{Ambiente} es la media general del ambiente, y X_{Cultivar} es la media de cada cultivar en dicho ambiente. Luego se calculó el valor promedio para cada cultivar con los datos provenientes de los tres ambientes en que se realizó la experiencia.

5. RESULTADOS y DISCUSIÓN

5.1. Efecto de la longitud del fotoperíodo y la temperatura sobre las fenofases y el desarrollo productivo de la coliflor

5.1.1. Morfología de la pella

Las fotografías obtenidas a partir de las observaciones con lupa binocular permiten apreciar la superficie plana del ápice característica del estado vegetativo (Figura 5.1 a) y el incremento en el diámetro y el cambio de su forma hacia una estructura mas puntiaguda (Figura 5.1 b) que caracteriza su transformación hacia el estado reproductivo. En estados más avanzados del crecimiento de la pella pudieron observarse los primordios de inflorescencias que se multiplican sobre la superficie, y que constituyen el órgano de consumo de este cultivo (Figura 5.1 c y d). Por último, se observa un corte transversal de una pella en óptimo estado de cosecha (Figura 5.1 e y f), donde es posible apreciar el grado de ramificación alcanzado y la presencia de brácteas de grado de desarrollo normal.

5.1.2. Experimentos con modificación de la temperatura y alargamiento del fotoperíodo

a) Primera experiencia

En el transplante realizado el día 6 de julio del 2003, la cantidad de días entre la emergencia y el transplante fue de 36. Los tratamientos fueron: 1) INV-FP, 2) INV-FN, 3) AL-FP y 4) AL-FN; donde INV y AL son invernadero y aire libre, respectivamente; y FN y FP son el fotoperíodo natural y artificialmente prolongado, respectivamente. Siendo los cultivares utilizados KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. La longitud del fotoperíodo natural calculada según la fórmula propuesta por Goudriaan (1977), dió como resultado que la longitud del día tuvo un mínimo de 10,3 horas y un máximo de 11,1 horas. Mientras en el tratamiento que recibió iluminación artificial la longitud del día fue de 15 a 16 hs.

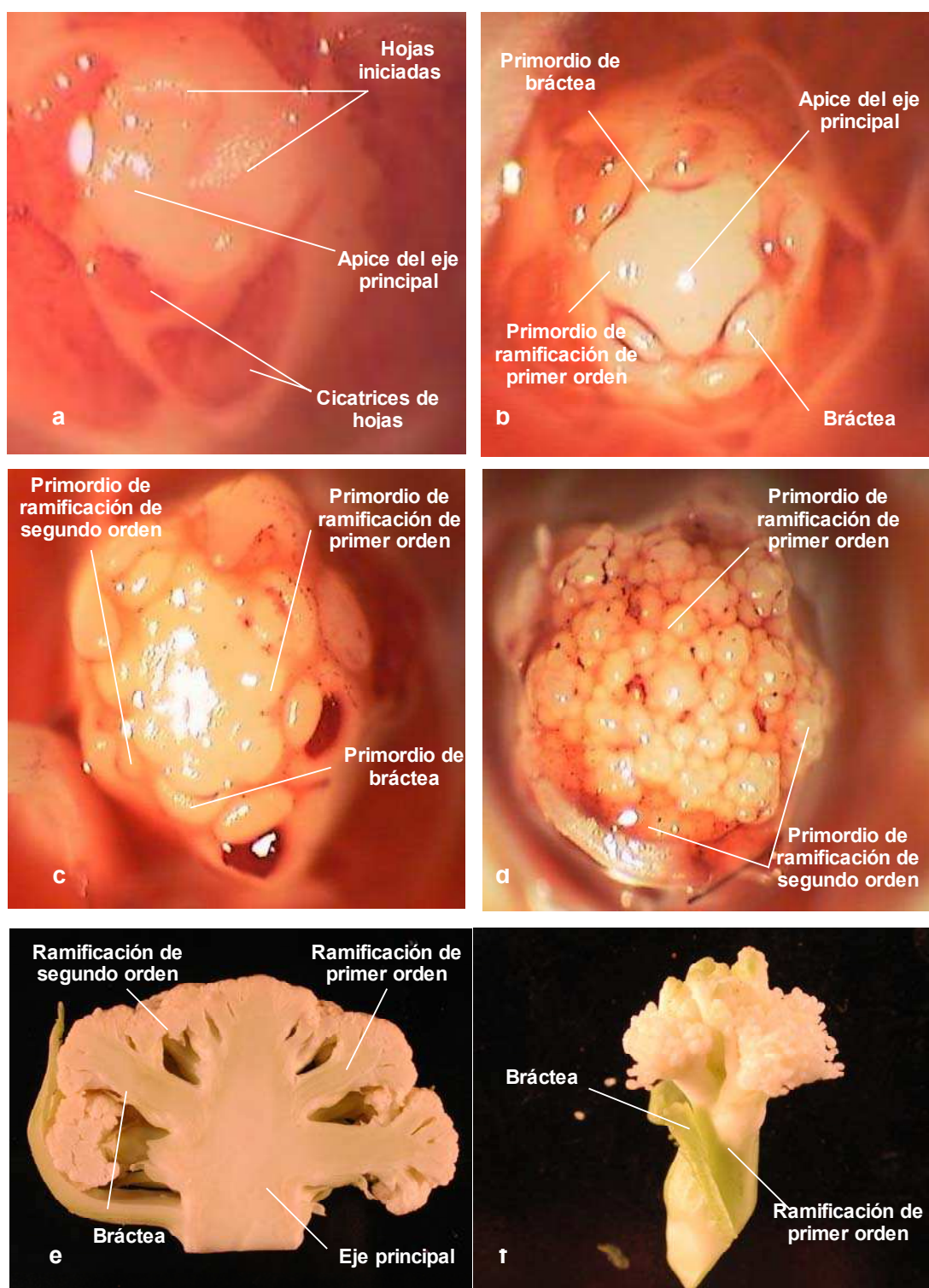


Figura 5.1: Estados de desarrollo de la pella: a) ápice de una planta del cv KS 40 en estado previo a la iniciación (x70); b) ápice de una planta del cv Madrid en momentos donde la iniciación de la pella se vuelve evidente, el ápice es plano y ancho (x70); c) ápice de una planta del cv KS 40 en un estado mas avanzado del desarrollo de la pella (x70); d) pella del cv Madrid en pleno crecimiento, se observan numerosas ramificaciones de primer y segundo orden (x30); e) corte longitudinal de una pella del cv 1843 F1 mostrando el sistema y tipo de ramificaciones; f) porción de una pella del cv KS 40 plenamente desarrollada mostrando en detalle la estructura de la ramificación.

En la etapa previa al trasplante, durante la permanencia en el vivero, todas las plantas estuvieron sometidas a las mismas condiciones ambientales. Luego del trasplante fue posible observar que en los cultivares más tempranos, debido a su ciclo más corto, las temperaturas mínimas medias durante el período de crecimiento y hasta la cosecha fueron menores, habiéndose observado poca diferencia entre el ambiente dentro del invernadero y al aire libre (Cuadro 5.1). Las temperaturas mínimas medias fueron muy similares en los dos ambientes; pero las temperaturas máximas medias observadas fueron entre 2 °C y 5 °C superiores dentro del invernadero (Figura 5.2).

Cuadro 5.1: Temperaturas media, mínima y máxima media durante el período en vivero y desde trasplante hasta cosecha en los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.

Etapa	Cultivar	Período	Ambiente	Media	Mínima media	Máxima media
Vivero		24/05 al 06/07		19,4 °C	11,2 °C	27,5 °C
Trasplante a cosecha	KS40	07/07 al 02/09	Invernadero	14,1 °C	5,7 °C	22,6 °C
			Aire Libre	12,9 °C	5,5 °C	20,2 °C
	Madrid	07/07 al 30/09	Invernadero	14,1 °C	6,5 °C	21,7 °C
			Aire Libre	12,9 °C	6,3 °C	19,5 °C
	Majestic	07/07 al 09/10	Invernadero	14,3 °C	7,2 °C	21,3 °C
			Aire Libre	13,0 °C	7,0 °C	19,1 °C
	Candid Charm	07/07 al 03/11	Invernadero	15,0 °C	8,2 °C	21,8 °C
			Aire Libre	13,8 °C	8,0 °C	19,6 °C

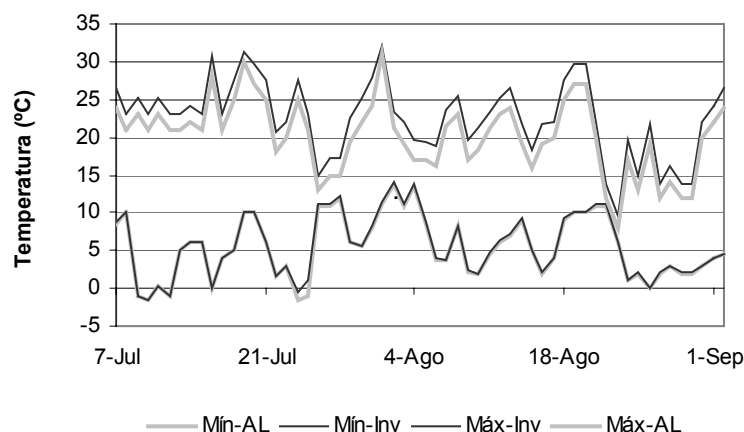


Figura 5.2: Evolución de la temperatura mínima y máxima media, dentro del invernadero y al aire libre. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.

Efecto de la modificación de la temperatura y la longitud del fotoperíodo sobre la duración de las etapas preinductiva e inductiva

No se observó un efecto significativo del tratamiento de prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la recta que relaciona la inversa del diámetro del ápice con los días transcurridos desde la emergencia, en los cuatro cultivares evaluados. Esto coincide con lo informado por otros autores para coliflor y brócoli en trasplantes realizados a campo en siembras escalonadas a lo largo del año, quienes no observaron influencia de la longitud del fotoperíodo sobre el momento de iniciación floral ni sobre la iniciación de la pella (Thapa, 1994; Tan *et al.*, 2000). Sin embargo, la tasa de progreso del diámetro del ápice fue significativamente afectada por el ambiente donde crecieron las plantas, siendo mayor dentro del invernadero que al aire libre (Cuadro 5.2).

El período juvenil duró entre 7 y 19 días más al aire libre, y la etapa inductiva fue entre 4 y 22 días más larga en esas condiciones, variando entre cultivares. Los días desde la emergencia a la iniciación de la pella fueron mayores en los tratamientos al aire libre, dado que se necesitaron mayor cantidad de días para superar la etapa juvenil, así como también para superar la etapa inductiva (Cuadro 5.2, Figura 5.3). De esta forma se observa el efecto positivo de la temperatura sobre la longitud del período juvenil, registrándose una disminución en la cantidad

de días necesarios para superarla con el aumento de la temperatura, a raíz del incremento de la tasa de iniciación de hojas.

Este efecto fue relatado por varios autores, los que también postulan la existencia de diferencias entre distintos cultivares (Booij & Struik, 1990; Grevsen & Olesen, 1994 a y b; Fellows *et al.*, 1999). Por su parte Hand & Atherton (1987) observaron que el tratamiento con frío durante estados tempranos de la fase juvenil puede retrasar la iniciación de la pella al retardar la transición entre la fase juvenil y la inductiva (Hand & Atherton, 1987). Además una gran parte de la variabilidad observada en la duración del período juvenil dentro de cada tratamiento podría ser explicada por las diferencias en el tiempo necesario para retomar el crecimiento luego del trasplante (Booij, 1987, 1990 c).

Cuadro 5.2: Efecto de los tratamientos de temperatura y prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde $y = 1/\text{diámetro (mm)}$. Coeficiente de determinación del análisis de regresión ($R^2\%$) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). Días hasta el final de juvenilidad (0,2 mm), días al final de inducción (0,6 mm) y duración de la etapa inductiva (DEI). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.

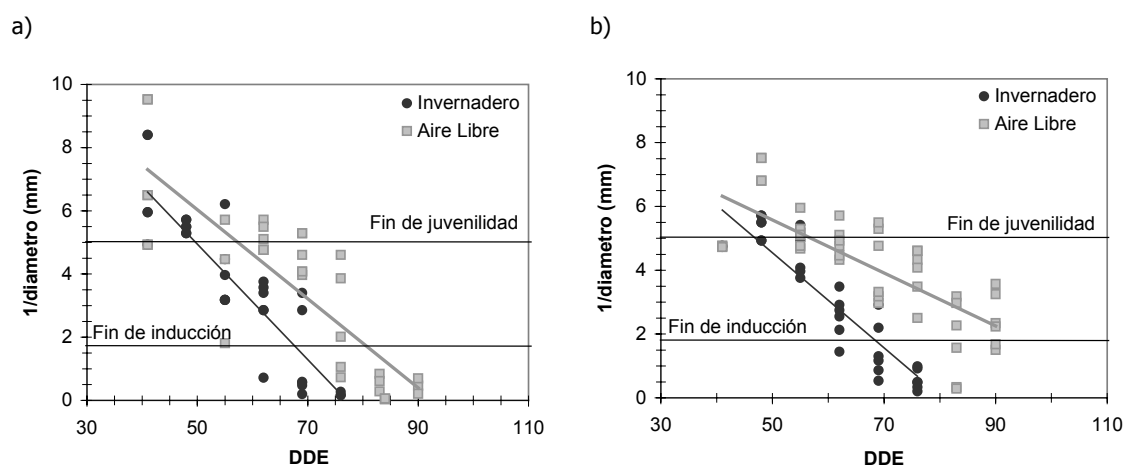
Cultivar	Tratamiento	Función	$R^2 \%$	ECMP	DDE hasta el diámetro		DEI
		Pendiente (β)			0,2 mm	0,6 mm	
KS40	1) INV-FP	-0,198 a ^z	77,4	1,76	50,0	66,8	16,8
	2) INV-FN	-0,174 a	80,3	1,54	49,4	68,5	19,1
	3) AL-FP	-0,132 b	66,8	3,23	56,8	82,1	25,3
	4) AL-FN	-0,155 b	76,3	2,88	58,0	79,5	21,5
		** y					
Madrid	1) INV-FP	-0,153 a	83,2	0,92	46,9	68,7	21,8
	2) INV-FN	-0,144 a	81,7	0,91	47,0	70,1	23,1
	3) AL-FP	-0,092 b	58,2	2,00	57,3	93,4	36,1
	4) AL-FN	-0,074 b	60,3	1,18	56,4	101,7	45,3
		**					
Majestic	1) INV-FP	-0,176 a	92,5	0,57	48,6	67,6	19,0
	2) INV-FN	-0,186 a	92,4	0,70	49,9	67,8	17,9
	3) AL-FP	-0,123 b	74,1	1,77	58,6	85,6	27,0
	4) AL-FN	-0,110 b	78,5	1,16	61,6	91,9	30,3
		**					

Candid Charm	1) INV-FP	-0,146 a	90,5	0,54	51,0	73,8	22,8
	2) INV-FN	-0,162 a	92,2	0,50	51,0	71,6	20,6
	3) AL-FP	-0,081 b	65,6	1,04	70,4	111,4	41,0
	4) AL-FN	-0,091 b	70,4	0,98	66,2	102,9	36,7
		**					

^z Medias con la misma letra dentro de la columna no muestran diferencias significativas para test de Tukey al 5%.

^y NS, **, * diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 1% y 10%, respectivamente.

Los días para superar la fase juvenil, en los cultivares utilizados en esta experiencia, fueron menores a los registrados por Booij (1987). Este autor observó, en los países bajos, en los cvs Elgon y Delira, transplantados en verano; que la fase juvenil finalizó luego de la iniciación de 19 hojas, requiriendo en aquellas condiciones entre 20 y 28 días luego del transplante (Booij, 1987). Grevsen & Olesen (1994 b) determinaron, también en los cvs Elgon y Delira, una temperatura óptima durante la etapa juvenil de 12,8 °C. Por otro lado, Bouzo *et al.* (2005) observaron en el Cinturón Hortícola Santafesino, en el cv Majestic, y en transplantes realizados en verano que el período juvenil se extendió hasta por más de 70 días.



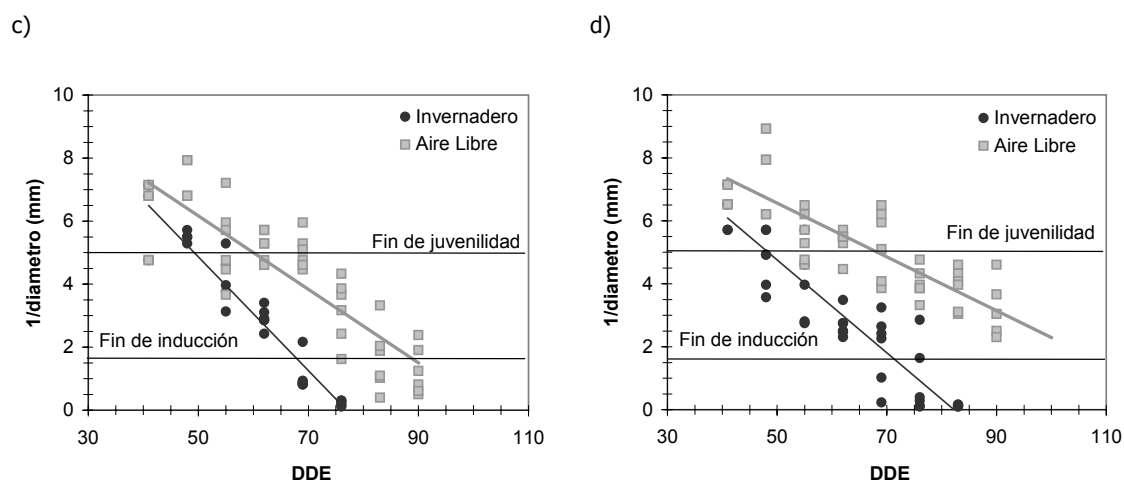


Figura 5.3: Evolución de la inversa del diámetro del ápice (1/mm) en función de los días desde emergencia (DDE) en los cvs: a) KS 40; b) Madrid; c) Majestic y d) Candid Charm. Líneas separadas según tratamientos con diferencias significativas. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.

El aumento general observado en la cantidad de días necesarios para superar la etapa inductiva en el ambiente al aire libre, es decir el de menor temperatura, es contrario a lo reportado por algunos autores. Booij (1987) y Wurr & Fellows (1998), en distintos cultivares, observaron una correlación positiva entre la longitud del período inductivo y la temperatura entre 10 °C y 25 °C, lo que indica una iniciación más tardía en ambientes de mayor temperatura. Esto podría implicar que la temperatura óptima para la vernalización en los cultivares utilizados en esta experiencia podría ser cercana a 20 °C, superior a los 9 °C a 16 °C, reportado en cultivares de clima templado (Booij, 1987; Grevsen & Olesen, 1994 b; Wurr *et al.*, 1988, 1993; Wurr & Fellows, 1998; Fellows *et al.*, 1999) e inferior a lo observado en cultivares tropicales (Jaya *et al.*, 2002).

El comportamiento observado en los cvs KS 40, Majestic, Madrid y Candid Charm es similar al reportado por Fellows *et al.* (1999), quienes registraron una reducción en la cantidad de días a iniciación de pella y un aumento de la cantidad de hojas, cuando la temperatura media aumentó de 6,0 °C hasta 19,5 °C. Pero cuando la temperatura continuó en aumento, también se incrementó la cantidad de días y de hojas, hasta que la temperatura alcanzó los 23 °C, situación en que las plantas se mantuvieron vegetativas (Fellows *et al.*, 1999).

Debemos considerar, sin embargo, que aunque en esta experiencia la temperatura media fue superior a los 9 °C a 16 °C mencionados como óptimos para cultivares de clima templado, la temperatura mínima media registrada fue inferior a este umbral. Razón por la cual los requerimientos de bajas temperaturas para la inducción de la pella fueron satisfechos sin inconvenientes. Por otro lado, la mayor temperatura máxima media dentro del invernadero podría haber tenido un efecto positivo sobre la tasa de fotosíntesis, translocación y acumulación de carbohidratos en el ápice. Sadik & Ozbun (1968) informaron que generalmente altos niveles de carbohidratos acompañan o preceden a la iniciación floral y que, además, serían las hojas las encargadas de proveer los nutrientes necesarios al ápice (Sadik & Ozbun, 1967). Dado que no se ha podido aislar una hormona de la floración, Fernández *et al.* (1997) y Levy & Dean (1998) han propuesto un modelo que supone que por efecto de bajas temperaturas se produce una inhibición de la iniciación de hojas, lo cual conduce a un incremento en la cantidad de asimilados que se mueven hacia el ápice, promoviendo de esta manera a diferenciación floral.

En la experiencia llevada a cabo la duración del período inductivo fue de 17 a 23 días, según cultivar, cuando estuvieron en el invernadero; y entre 22 y 45 días cuando crecieron al aire libre (Cuadro 5.2). La etapa inductiva del cv KS 40 fue la de menor duración, intermedia en el cv Majestic y más prolongada en los cvs Madrid y Candid Charm (Cuadro 5.2). La extensión de esta etapa se encuentra asociada, entre otros factores, al tipo de cultivar, siendo mas corta en cultivares tropicales que en los de clima templado (Fellows *et al.*, 1999; Jaya *et al.*, 2002). En el cultivar tropical Milky esta fase se completó en 6 a 10 días a una temperatura media de 26 °C (Jaya *et al.*, 2002). Mientras que Fellows *et al.*, (1999) reportaron en el cultivar temprano Perfection 18 días a 22,8 °C, reduciéndose a 6 días a 10,5 °C. En los cultivares de verano Plana, Elgon y Delira, la duración fue de 7 a 12 días a temperatura óptima, entre 13 °C y 16 °C (Grevsen & Olesen, 1994 a y b). Por otro lado, Wurr *et al.* (1993), también trabajando en cultivares de verano, registraron un período entre fin de juvenilidad e inducción de 4 días. En esta situación no fueron registradas temperaturas por debajo de 8 °C y el 50% del tiempo la temperatura fue entre 8 °C y 14 °C (Wurr *et al.*, 1993).

En experiencias realizadas a campo con distintos tipos de cultivares fue observado que, en general, la duración de la etapa inductiva sería de 6 días, aproximadamente en cultivares de verano, 8 días, aproximadamente en los cultivares de verano-otoño y 40 días en los invernales; siempre que la temperatura sea la óptima para esta etapa en cada caso (Wurr & Fellows, 2000).

El cv KS 40 fue el que presentó menor efecto del ambiente medido a través de la pendiente de la tasa de progreso del crecimiento del ápice, seguido por el cv Majestic. El efecto fue de mayor incidencia y muy similar en los cvs Madrid y Candid Charm, ya que la tasa de progreso dentro del invernadero duplicó a la registrada al aire libre (Cuadro 5.2). A su vez, el cv KS 40 fue el de mayor velocidad de crecimiento del ápice, lo que condujo a un período inductivo corto. Por otro lado este cultivar tuvo un error cuadrático medio de predicción (ECMP) mayor, indicando que su respuesta es mas variable que en los restantes cultivares (Cuadro 5.2, Figura 5.3).

Las diferencias en la cantidad de días entre tratamientos pudieron deberse a la variabilidad dentro del cultivar, teniendo en cuenta que el ECMP se duplicó en el ambiente al aire libre respecto al invernadero (Cuadro 5.2). El cambio abrupto de condiciones ambientales luego del trasplante al aire libre, en comparación con aquellas plantas que permanecieron en el invernadero, ejerce un efecto negativo que se refleja en el tiempo necesario para el reinicio del crecimiento. Diferencias en la adaptabilidad particular de cada una de las plantas exacerban estas diferencias traduciéndose en mayor variabilidad dentro del cultivo (Bouzo⁵, Com. Pers.).

En el cv Madrid la duración de la etapa inductiva estimada a través de la recta de regresión calculada entre la inversa del diámetro del ápice y los días desde la emergencia fue 9,2 días más corta en el tratamiento que tuvo prolongación del fotoperíodo cuando el trasplante fue al aire libre. Sin embargo no fueron observadas diferencias estadísticamente significativas en la pendiente de las rectas que describen el crecimiento del ápice en función del tiempo transcurrido desde la emergencia (Cuadro 5.2). Es decir que, dado que la duración de esta etapa no fue

⁵ Bouzo, C.A. 2007. Cultivos Intensivos (entrevista). Profesor Adjunto Cátedra de Cultivos Intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias – UNL.

medida sino estimada, la respuesta del cultivar es confusa. Estos resultados serían contrarios al supuesto de que podría haber un retraso en la inducción asociado a la prolongación del fotoperíodo (Favaro, Com. Pers.), aunque en concordancia con la hipótesis de Thapa (1994). Este autor planteó que podría existir una reducción en el período siembra a cosecha con el alargamiento del fotoperíodo, hipótesis que finalmente fue rechazada por Él mismo.

Efecto de la modificación de la temperatura y la longitud del fotoperíodo sobre la cantidad de hojas iniciadas durante las etapas preinductiva e inductiva

En todos los casos la tasa de iniciación de hojas fue mayor a la reportada por Jaya *et al.* (2002) en cultivares tropicales sin distinción entre etapa juvenil e inductiva (0,26-0,35 hojas día⁻¹), con temperaturas superiores a las registradas en esta situación (Cuadro 5.3). Esto concuerda también con las observaciones de Wurr & Fellows (2000) respecto a la menor tasa de iniciación de hojas (hojas día⁻¹) en cultivares tempranos en comparación con aquellos más tardíos. Aunque el número final de hojas registradas en el cv KS 40 (19,5 a 22) fue similar a la cantidad observada en los cultivares tropicales (Jaya *et al.*, 2002).

Cuadro 5.3: Efecto de los tratamientos de temperatura y prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función de la cantidad de hojas iniciadas con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde y = número de hojas iniciadas. Coeficiente de determinación del análisis de regresión (R²%) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.

Cultivar	Tratamiento	Función Pendiente (β)	R ² %	ECMP
KS40	1) INV-FP	0.433 a ^z	90,8	2,72
	2) INV-FN	0,418 a	85,4	5,66
	3) AL-FP	0,407 a	85,8	9,84
	4) AL-FN	0,269 b	72,8	7,93
		** y		
Madrid	1) INV-FP	0,459	73,7	25,56
	2) INV-FN	0,418	67,0	29,52
	3) AL-FP	0,443	78,4	18,32
	4) AL-FN	0,421	85,4	10,26
		NS		

Majestic	1) INV-FP	0,565 a	83,0	12,24
	2) INV-FN	0,642 a	84,1	14,85
	3) AL-FP	0,512 a	79,3	23,37
	4) AL-FN	0,386 b	72,9	17,27
		**		
Candid Charm	1) INV-FP	0,566 a	93,5	5,92
	2) INV-FN	0,531 a	84,3	13,95
	3) AL-FP	0,338 b	83,9	7,78
	4) AL-FN	0,361 b	89,3	5,16
		**		

^z Medias con la misma letra en la columna no muestran diferencias significativas para test de Tukey al 5% y ^{NS}, **, * diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 1% y 10%, respectivamente.

Los cvs Majestic y KS 40 respondieron de forma similar a los tratamientos de prolongación del fotoperíodo aplicados. En ambos cultivares se registró una menor tasa de iniciación de hojas en función de los días desde la emergencia en el tratamiento que tuvo un fotoperíodo de entre 10 y 11 horas, respecto de aquel que tuvo entre 15 y 16 horas de luz, cuando crecieron al aire libre (Cuadro 5.3, Figura 5.4). Sin embargo, al momento de cosecha hubieron diferencias entre estos cultivares. En el cv KS 40 la menor tasa de iniciación influyó sobre el plastocrono, es decir en el tiempo transcurrido entre la iniciación de una hoja y la sucesiva (Laskowski & Bautista, 2003). Como resultado de esto, al momento de cosecha se observó la formación de cuatro hojas más en el tratamiento que tuvo un fotoperíodo de 15 a 16 horas, sin efecto sobre los días a cosecha (Cuadro 5.5). En cambio, en el cv Majestic, la diferencia en la velocidad de iniciación de hojas tuvo un efecto sobre el número de días hasta cosecha y no sobre la cantidad final de hojas, habiéndose registrado un período transplante cosecha cuatro días más corto en el tratamiento que tuvo un fotoperíodo de 15 a 16 horas (Cuadro 5.5).

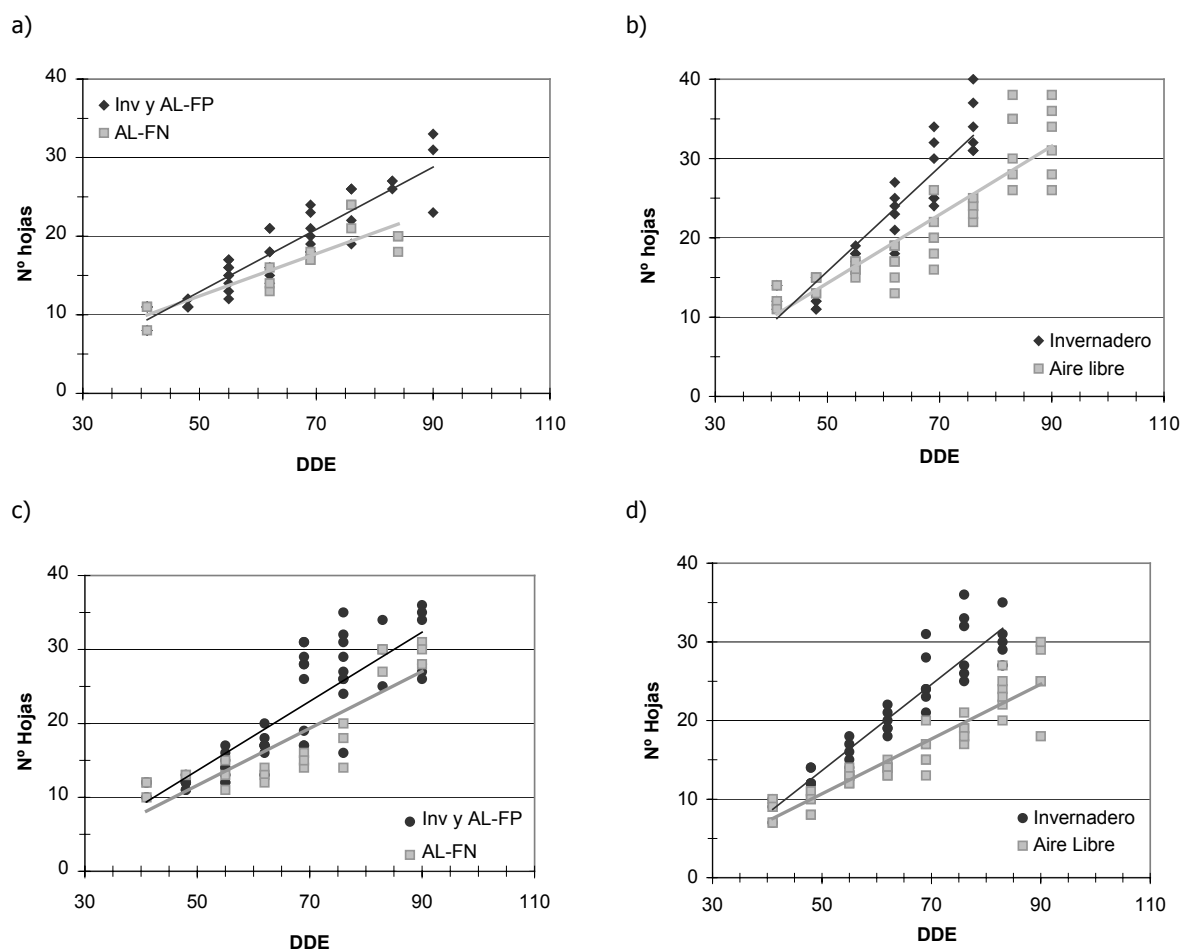


Figura 5.4: Cantidad de hojas iniciadas en función de los días desde emergencia (DDE) en los cvs: a) KS 40; b) Madrid; c) Majestic y d) Candid Charm. Líneas separadas según tratamientos con diferencias significativas.

Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.

En el cv Madrid no se observaron diferencias estadísticas en las pendientes de la tasa de iniciación de hojas con el tiempo, situación que se repitió entre tratamientos, y entre ambientes (Cuadro 5.3). Finalmente en el cv Candid Charm se observó un comportamiento similar en la tasa de iniciación de hojas en función de los días desde la emergencia que el encontrado en la evolución del diámetro. No habiendo diferencias entre los tratamientos de alteración del fotoperíodo, pero con diferencias entre el invernadero y el aire libre; siendo esta respuesta consecuencia de las diferentes temperaturas medias en uno y otro ambiente (Fellows *et al.*, 1999) (Cuadro 5.3).

De acuerdo con Bouzo *et al.* (2005), tanto el número de hojas al final del período juvenil como el número total de hojas varía según el tipo de cultivar, siendo ambos indicadores de la precocidad del mismo (Cuadro 5.4). De esa forma, los materiales de verano pueden tener, aproximadamente, 10 hojas al final de la juvenilidad y entre 14 y 57 hojas totales. Mientras que los cultivares de verano-otoño tienen, aproximadamente, 13 hojas al final del período juvenil y entre 20 y 50 hojas totales. Finalmente, los cultivares invernales tienen, aproximadamente; 22 hojas al final de período juvenil y entre 32 y 122 hojas finales (Wurr & Fellows, 2000). Por otro lado la tasa de iniciación de hojas observada es menor en los cultivares de verano que en los invernales (Wurr & Fellows, 2000). De acuerdo a estos parámetros, los cultivares utilizados en esta experiencia podrían ser clasificados dentro del grupo verano-otoño o intermedios.

Los cvs KS 40 y Majestic tuvieron una cantidad de hojas al final del período juvenil muy similar, formando durante esta etapa entre 12 y 13 hojas en el invernadero y entre 14 y 15 al aire libre (Cuadro 5.4). La cantidad observada en el cv Majestic coincide con la reportada por Bouzo *et al.* (2005) en siembras escalonadas a lo largo del año con este cultivar. A su vez, los cvs Madrid y Candid Charm también iniciaron similar cantidad de hojas, siendo de 13 a 14 en el invernadero y de 16 a 17 al aire libre (Cuadro 5.4).

Cuadro 5.4: Efecto de los tratamientos de temperatura y prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con el número de hojas iniciadas (Hojas). Para $y = (\alpha + \beta * \text{Hojas})$, donde $y = \ln$ diámetro (mm). Coeficiente de determinación del análisis de regresión ($R^2\%$) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). Nº de hojas al final de juvenilidad (0,2 mm), al final de inducción (0,6 mm) y cantidad iniciada durante la etapa inductiva (HDEI). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.

Cultivar	Tratamiento	Función	$R^2 \%$	ECMP	Nº hojas hasta el diámetro		HDEI ^y
		Pendiente (β)			0,2 mm	0,6 mm	
KS40	1) INV-FP	0,159	61,5	0,50	12,3	19,3	7,0
	2) INV-FN	0,187	75,6	0,41	12,4	18,3	5,9
	3) AL-FP	0,144	77,4	0,33	13,8	21,5	7,7
	4) AL-FN	0,106	70,7	0,23	14,0	24,4	10,4

		NS					
Madrid	1) INV-FP	0,105 a	81,7	0,25	14,6	25,1	10,5
	2) INV-FN	0,091 a	68,2	0,42	13,3	25,4	12,1
	3) AL-FP	0,090 a	71,8	0,31	17,3	29,5	12,2
	4) AL-FN	0,051 b	81,4	0,04	16,6	38,3	21,9
		**					
Majestic	1) INV-FP	0,142 a	61,6	0,91	12,8	20,5	7,7
	2) INV-FN	0,138 a	96,3	0,86	13,0	20,9	7,9
	3) AL-FP	0,101 b	89,9	0,11	14,8	25,7	10,9
	4) AL-FN	0,074 b	89,6	0,04	14,6	29,5	14,9
		**					
Candid Charm	1) INV-FP	0,140 a	73,7	0,62	14,5	22,3	7,8
	2) INV-FN	0,155 a	68,9	0,87	13,6	20,7	7,1
	3) AL-FP	0,048 b	83,9	0,02	16,7	39,6	22,9
	4) AL-FN	0,050 b	79,7	0,03	15,6	37,6	22,0
		**					

^z Medias con la misma letra dentro de la columna no muestran diferencias significativas para test de Tukey al 5%.

y ^{NS}, **, * diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 5% y 10%, respectivamente.

Se han utilizado diferentes métodos para estimar el momento en que ocurre el final de la fase juvenil (Booij, 1987; Booij & Struick, 1990; Wurr et al., 1993; Wurr & Fellows, 1998; Fellows et al., 1999; Jaya et al., 2002). Sea transfiriendo plantas desde temperaturas no inductivas a temperaturas inductivas en diferentes momentos y analizando la cantidad final de hojas formadas (Booij, 1987; Booij & Struick, 1990). O también a través de la estimación del punto de cambio en la tasa de expansión del ápice en distintas condiciones ambientales (Wurr et al., 1993; Fellows et al., 1999; Jaya et al., 2002). A su vez, se ha relacionado el diámetro del ápice en este momento con la cantidad de hojas iniciadas, observándose que este al final de la fase juvenil oscila entre 0,19 mm y 0,3 mm, según cultivar. De esta forma, la estimación de la cantidad de hojas formadas al final de la etapa juvenil al utilizarse el diámetro de 0,2 mm como punto de cambio, puede mostrar variaciones en diferentes condiciones ambientales, aún para un mismo cultivar. Esto podría explicar las diferencias observadas en la cantidad de hojas al final de la fase juvenil entre el ambiente dentro del invernadero y al aire libre (Cuadro 5.4, Figura 5.5).

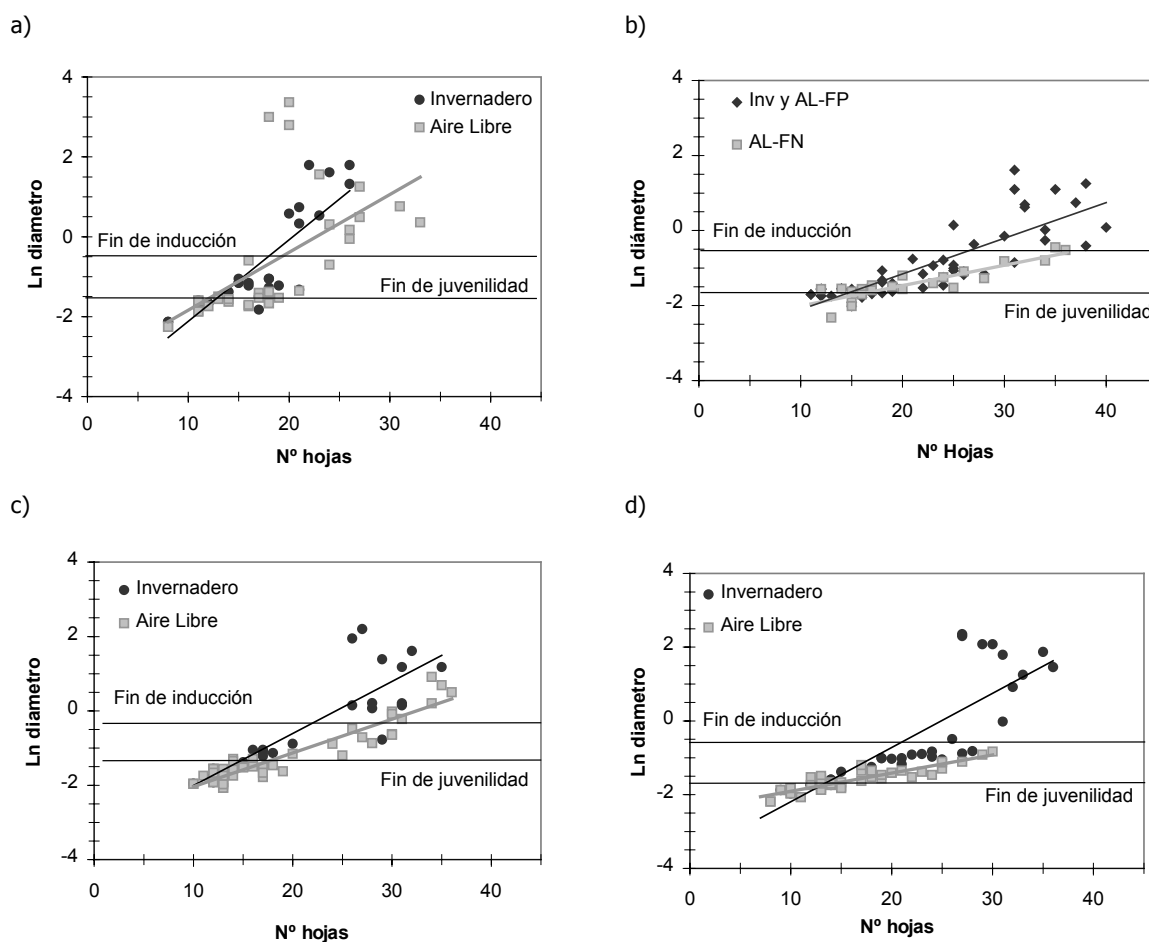


Figura 5.5: Evolución del diámetro del ápice en función de la cantidad de hojas iniciadas desde la emergencia en los cvs: a) KS 40; b) Madrid; c) Majestic y d) Candid Charm. Líneas separadas según tratamientos con diferencias significativas. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003

En el cv KS 40 no se observó efecto del tratamiento ni del ambiente sobre el incremento del diámetro del ápice en función del número de hojas (Cuadro 5.4). En cambio en el cv Madrid se observó efecto positivo del tratamiento de prolongación del fotoperíodo al aire libre sobre el incremento en el diámetro del ápice con el número de hojas. A raíz de este efecto, las plantas que crecieron en días 10 a 11 horas de duración debieron iniciar 10 hojas más para completar la inducción que aquellos que crecieron con 16 horas de luz (Cuadro 5.4). Por su parte, los cvs Majestic y Candid Charm no mostraron efecto de la longitud del fotoperíodo sobre la tasa de incremento del diámetro del ápice por hoja iniciada, aunque si hubo diferencias entre ambientes. La reducción en la pendiente de la recta observada al aire libre se tradujo en mayor cantidad de

hojas al final de la inducción como resultado de la menor temperatura (Fellows *et al.*, 1999). Aunque en este caso, a diferencia de lo observado por Fellows *et al.* (1999), la cantidad de días también aumentó como consecuencia de la menor tasa de iniciación de hojas por día (Cuadro 5.3).

Efecto de la modificación de la temperatura y la longitud del fotoperíodo sobre los días hasta cosecha, la cantidad final de hojas y el peso fresco de las pellas

Al momento de cosecha, en los cvs KS 40 y Madrid se observaron diferencias estadísticamente significativas en la longitud del ciclo entre los ambientes y no entre los tratamientos resultando en promedio 17 días mas largo al aire libre (Cuadro 5.5). Asimismo en el primero de estos cultivares se registró una diferencia en la cantidad de hojas finales en el tratamiento al aire libre con fotoperíodo prolongado respecto de los restantes tratamientos. Sin embargo esta diferencia no se reflejó en el peso fresco de las pellas, las cuales fueron de tamaño no comercial (Cuadro 5.5). En base a los resultados presentados para el cv KS 40 se observó un efecto positivo de la prolongación del fotoperíodo sobre la tasa de iniciación de hojas por día, cuando el cultivar creció a aire libre (Cuadro 5.3). A esto se suma que la tasa de evolución del diámetro del ápice en función de las hojas iniciadas fue mayor en este tratamiento (Cuadro 5.4). Como resultado al momento de cosecha solo se observó mayor cantidad de hojas en este tratamiento, pero sin diferencias en los días a cosecha o en el peso fresco de las pellas obtenidas (Cuadro 5.5).

En el cv Madrid se registraron también diferencias estadísticamente significativas entre ambientes pero no entre tratamientos para el número final de hojas formadas y el tamaño de las pellas (Cuadro 5.5). En el invernadero se observó una diferencia estadísticamente significativa de 2 a 3 hojas menos, sin embargo, el peso fresco del órgano de consumo se duplicó. En este cultivar se observó también un efecto estadísticamente no significativo sobre la pendiente de la recta de la evolución del diámetro del ápice con los días desde la emergencia entre los tratamientos en el ambiente al aire libre. En el tratamiento que recibió prolongación del

fotoperíodo la pendiente de la recta fue mayor, en consecuencia el período inductivo fue 9 días más corto (Cuadro 5.2).

Finalmente en este mismo cultivar se registró una diferencia estadísticamente significativa en la pendiente de la recta de la evolución del diámetro del ápice en función de las hojas iniciadas, hecho que se tradujo en la formación de 9,7 hojas más al momento de finalización del período inductivo en el tratamiento que no recibió prolongación del fotoperíodo al aire libre (Cuadro 5.4). Esto implica que en el tratamiento con fotoperíodo prolongado al aire libre, por cada hoja iniciada, el diámetro del ápice se incrementó más rápidamente que en el tratamiento que no tuvo aquella condición. Ésta podría ser una típica respuesta de planta de día largo (Roberts *et al.*, 1988). Sin embargo a cosecha no se registró tal diferencia, ya que la longitud del ciclo, la cantidad final de hojas y el peso fresco de las pellas fue similar entre tratamientos (Cuadro 5.5).

Cuadro 5.5: Efecto de los tratamientos de temperatura y prolongación del fotoperíodo sobre los días desde emergencia a cosecha (DDE-C), el número de hojas totales (Nº hojas) y el peso fresco de las pellas (PF pella). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.

Cultivar	Tratamiento	DDE-C	Nº hojas	PF pella-g	
KS40	1) INV-FP	81.8 b ^z	19.6 b	18.5	
	2) INV-FN	80,1 b	20,8 b	23,8	
	3) AL-FP	101,2 a	24,0 a	19,7	
	4) AL-FN	95,1 a	20,7 b	18,9	
	Significancia	Ambiente	** y	**	NS
		Tratamiento	NS	NS	NS
		Interacción	NS	**	NS
		R ² %	86,9	70,6	83,1
CV%	5,6	8,0	56,0		
Madrid	1) INV-FP	104,1 b	27,0 b	525,7 a	
	2) INV-FN	105,3 b	24,7 b	556,7 a	
	3) AL-FP	121,0 a	30,1 a	221,9 b	
	4) AL-FN	121,8 a	29,0 a	259,3 b	
	Significancia	Ambiente	**	*	*
		Tratamiento	NS	NS	NS

	Interacción	NS	NS	NS
	R ² %	95,5	48,0	69,7
	CV%	2,1	6,4	30,4
Majestic	1) INV-FP	101,6 d	25,5 b	497,8 a
	2) INV-FN	105,4 c	25,7 b	478,9 a
	3) AL-FP	120,5 b	27,0 a	237,1 b
	4) AL-FN	123,9 a	29,0 a	369,6 b
	Ambiente	**	**	**
	Tratamiento	**	NS	NS
	Interacción	NS	NS	NS
	R ² %	95,1	56,3	58,9
	CV%	1,9	4,8	28,0
Candid Charm	1) INV-FP	119,7 c	25,7 b	988,6 ab
	2) INV-FN	119,8 c	25,3 b	1384,5 a
	3) AL-FP	150,0 a	31,7 a	917,6 b
	4) AL-FN	137,4 b	29,0 a	929,5 b
	Ambiente	**	**	**
	Tratamiento	**	NS	NS
	Interacción	**	NS	*
	R ² %	97,8	77,1	49,2
	CV%	1,9	6,2	32,6

^z NS, **, * diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 1% y 5%, respectivamente.

^y Medias con la misma letra en la columna no muestran diferencias significativas para test de Tukey al 5%.

En el cv Majestic no hubieron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque si entre los ambientes para las variables número final de hojas y peso fresco de la pella, teniendo en el invernadero entre 2 y 3 hojas menos, aunque con pellas que duplicaron el peso respecto de las obtenidas al aire libre (Cuadro 5.5). En los días a cosecha se registraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de 3 a 4 días, y de 20 días entre ambientes (Cuadro 5.5). Las diferencias entre tratamientos pueden haberse originado durante la etapa de crecimiento de las pellas, dado que las mismas no fueron detectadas al momento de la inducción (Cuadro 5.5). De hecho el período de crecimiento de las pellas duró entre 32 y 38 días en los distintos ambientes y tratamientos. Tal como ya fue mencionado no se observó efecto del tratamiento sobre la tasa de progreso del diámetro del ápice con los días, ni sobre la tasa de incremento del diámetro del ápice con la cantidad de hojas iniciadas. Aunque se observó efecto de la longitud del fotoperíodo sobre el número de hojas iniciadas por día desde la emergencia (Cuadro 5.2, Cuadro 5.3 y Cuadro 5.4). Como resultado de esto, las plantas que crecieron en

días de 16 horas iniciaron mayor cantidad de hojas por día, registrándose al momento de inducción una diferencia no significativa de 4 días (Cuadro 5.2). Esta diferencia se reflejó en el momento de cosecha en un ciclo 4 días mas corto al aire libre en el tratamiento con fotoperíodo prolongado, sin efecto sobre el número de hojas ni sobre el peso fresco de la pella (Cuadro 5.5).

En el cv Candid Charm, dado que no se registraron diferencias entre los tratamientos en la tasa de incremento del diámetro del ápice con los días ni con la cantidad de hojas y tampoco en la tasa de iniciación de hojas, sería de esperar que al momento de cosecha no hubiera diferencias entre los tratamientos (Cuadro 5.2, Cuadro 5.3 y Cuadro 5.4). Sin embargo se registraron diferencias en los días a cosecha entre los tratamientos al aire libre (Cuadro 5.5). Posiblemente el origen sea una diferencia en la duración del período de crecimiento de la pella, a raíz de la disparidad en la cantidad de hojas y en el área foliar final (Cuadro 5.6). Aunque esto no se reflejó en el peso de las pellas obtenidas (Cuadro 5.5).

En los cvs Madrid, Majestic y Candid Charm se contabilizó mayor cantidad de hojas y de días hasta cosecha en los tratamientos al aire libre que dentro del invernadero (Cuadro 5.5). Esto puede ser explicado por una etapa inductiva mas larga, ya que existe una correlación positiva entre su duración y la cantidad de hojas (Booij, 1987; Wurr & Fellows, 1998). La prolongación de la inducción en condiciones de muy baja temperatura ha sido observada en otros cultivares de verano por Fellows *et al.* (1999), aunque ellos también registraron una reducción en la cantidad de hojas formadas a medida que la etapa inductiva se acortó.

Efecto de la modificación de la temperatura y la longitud del fotoperíodo sobre el área foliar y el peso seco de las hojas obtenidas

Para el carácter área foliar se observó un fuerte incremento en el ambiente dentro del invernadero respecto del aire libre, y sin efecto del tratamiento de prolongación del fotoperíodo (Cuadro 5.6). Esta diferencia no estuvo solamente asociada al aumento en la cantidad de hojas y del peso seco de éstas, sino que también se registró mayor expansión foliar en el invernadero

que al aire libre, dado que para valores similares de peso seco o de número de hojas el área foliar fue mayor en el invernadero (Figura 5.6, Cuadro 5.6).

Entre los factores de mayor influencia sobre la expansión foliar se encuentran la radiación, la nutrición mineral, el potencial hídrico y la temperatura. Entre éstos, la radiación suele ser de menor importancia, dado que el área máxima se alcanza con radiaciones relativamente bajas (Milthorpe & Moorby, 1982). Mientras que la nutrición mineral y el potencial hídrico fueron mantenidos durante el período de crecimiento del cultivo en valores óptimos. En cambio si fueron registradas diferencias en la temperatura en que crecieron en un ambiente y otro. En general se observa un incremento en la tasa de expansión foliar con el aumento de la temperatura, con una respuesta curvilínea entre 5 °C y 30 °C, altamente variable entre especies (Milthorpe & Moorby, 1982).

Cuadro 5.6: Efecto de los tratamientos de temperatura y prolongación del fotoperíodo sobre el área folia final, el peso seco de las hojas (PS hojas), el área foliar específica (AFE) y los días desde iniciación a cosecha (DDI-C). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003

Cultivar	Tratamiento	Área foliar-	PS hojas - α	AFE - $\text{cm}^2 \alpha^{-1}$	DDI-C
KS40	1) INV-FP	2340,8 b ^z	12,1 b	192,7 d	15
	2) INV-FN	2732,9 b	16,0 b	170,1 c	11,6
	3) AL-FP	1665,6 a	13,6 b	123,2 a	19,1
	4) AL-FN	1040,4 a	7,7 a	144,8 b	15,6
Significancia	Ambiente	** Y	**	**	-
	Tratamiento	NS	NS	NS	-
	Interacción	**	**	**	-
	R ² %	88,4	83,3	87,5	-
	CV%	22,6	24,3	8,1	-
Madrid	1) INV-FP	5965,3 b	28,3	191,9 a	35,4
	2) INV-FN	10210,0 c	53,3	226,2 a	35,2
	3) AL-FP	3572,8 ab	34,6	103,2 b	27,6
	4) AL-FN	2821,7 a	26,2	107,8 b	20,1
Significancia	Ambiente	**	NS	**	-

	Tratamiento	*	NS	NS	-
	Interacción	**	*	NS	-
	R ² %	90,2	57,3	84,3	-
	CV%	20,6	30,6	17,9	-
Majestic	1) INV-FP	9113,0 b	45,7	194,0 b	34,0
	2) INV-FN	8064,0 b	49,4	194,0 b	37,6
	3) AL-FP	4644,0 a	43,2	94,0 a	34,4
	4) AL-FN	4661,6 a	39,4	117,7 a	32,0
Significancia	Ambiente	**	NS	**	-
	Tratamiento	NS	NS	NS	-
	Interacción	NS	NS	NS	-
	R ² %	67,4	16,2	88,8	-
	CV%	25,8	17,8	13,0	-
Candid Charm	1) INV-FP	13623,3 b	85,2	149,4 b	45,9
	2) INV-FN	13682,3 b	91,3	159,6 b	48,2
	3) AL-FP	9084,0 a	93,8	97,5 a	38,6
	4) AL-FN	7476,3 a	67,9	109,8 a	34,5
Significancia	Ambiente	**	NS	**	-
	Tratamiento	NS	NS	NS	-
	Interacción	NS	NS	NS	-
	R ² %	68,4	37,6	91,1	-
	CV%	20,8	18,8	7,7	-

^z Medias con la misma letra en la columna no muestran diferencias significativas para test de Tukey al 5% y NS, **, * diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 1% y 5%, respectivamente.

En los cuatro cultivares evaluados el incremento en el peso seco de las hojas no superó, en el mejor de los casos, el 50%; sin embargo el incremento en el área foliar fue superior al 70% (Cuadro 5.6). Esta diferencia podría ser el resultado de la mayor temperatura registrada en el invernadero, lo que está en concordancia con trabajos de otros autores, quienes observaron que el área foliar aumenta con la temperatura (Booij & Struik, 1990; Olesen & Grevsen, 1997).

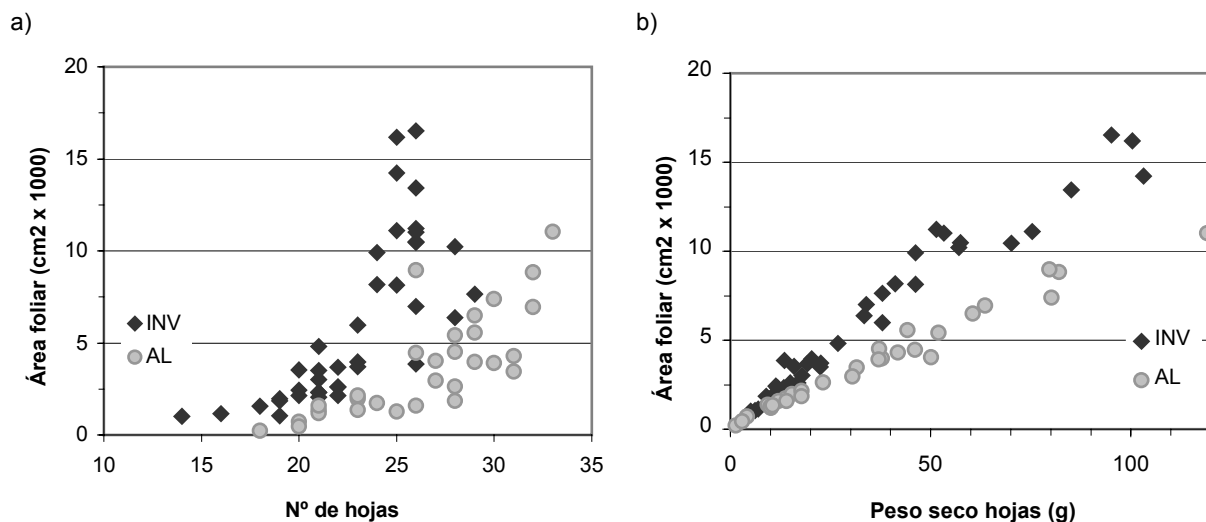


Figura 5.6: Relación entre: a) el número de hojas formadas y el área foliar; b) entre el peso seco de las hojas y el área foliar. Primera experiencia: otoño-invierno de 2003.

El peso seco de las hojas formadas tuvo un comportamiento dispar entre los tratamientos, sin diferencias estadísticamente significativas y alto coeficiente de variación en los cvs Madrid, Majestic y Candid Charm (Cuadro 5.6).

La duración del período de crecimiento de la pella fue menor en los tratamientos al aire libre que en el invernadero. En todos los casos las pellas resultantes fueron mas grandes dentro del invernadero, excepto en el cv KS 40 en el que no hubo diferencias. Sin embargo los cultivares respondieron de distinta manera a esta diferencia en la duración del período de crecimiento de la pella. En Majestic y Madrid el peso de las pellas no cambió significativamente entre ellos, sin embargo el período fue significativamente acortado al aire libre en Madrid (Cuadro 5.5 y 5.6). Con excepción del cv Candid Charm cultivado en el invernadero, el período de crecimiento de la pella fue inferior a los 40 a 50 días reportado por Booij (1987) en los cvs Delira y Elgon, aunque este autor no menciona el peso de las pellas obtenidas. Castillo *et al.* (1994) registraron períodos de crecimiento de pella entre 20 y 40 días según cultivar y época de siembra, y pellas entre 500 g y 1300 g de peso.

De acuerdo con Booj (1987) habría una relación entre la duración del período de crecimiento de la pella y el área foliar, dado que la exposición de las pellas a la luz desencadenaría el alargamiento de los pedicelos y con ello afectaría la madurez de este órgano de consumo. Esta relación ya habría sido observada por otros autores en otros cultivares de coliflor, considerando también de importancia para el peso final de las pellas el peso de la materia seca foliar y la radiación absorbida (Wurr & Fellows, 1984; Wurr *et al.*, 1988; 1990 a), así como también el coeficiente de conversión de la misma (Castillo *et al.*, 1994).

Booj (1987) y Castillo *et al.* (1994) observaron que la longitud del período de crecimiento de la pella estuvo negativamente correlacionada con la temperatura media, sin embargo ninguno de estos autores hace referencia a las temperaturas registradas durante dicho período. Contrariamente a esto en esta ocasión la mayor temperatura media registrada en el invernadero fue acompañada por un período de crecimiento más largo (Cuadro 5.1 y Cuadro 5.6); probablemente a consecuencia del incremento en el peso seco y en el área foliar registrado en tal situación, lo que implicaría mayor fotosíntesis y disponibilidad para el crecimiento de la pella.

b) Segunda y tercera experiencia

En el transplante realizado el día 3 de agosto del 2004 con el cv Madrid, en la segunda experiencia y el día 3 de septiembre del 2004 con el cv KS 40, en la tercera, los tratamientos fueron: 1) FN (fotoperíodo natural) y 2) FP (fotoperíodo prolongado). La cantidad de días entre emergencia y transplante fue de 33 y 47 días, en la segunda y tercera experiencia, respectivamente. La longitud del fotoperíodo natural calculada según la fórmula propuesta por Goudriaan (1977) dió como resultado que el día en la segunda experiencia duró entre 10,6 y 12,1 horas; y en la tercera experiencia entre 11,5 y 12,5 horas. Mientras en el tratamiento que recibió iluminación artificial la longitud del día fue de 18 hs. Durante todo el período de crecimiento la temperatura fue la misma en los tratamientos realizados (Cuadro 5.2). La temperatura durante el período que las plantas permanecieron en el vivero fue inferior a la registrada en la primera experiencia, 16 °C contra 19 °C, aproximadamente. Mientras que la

temperatura media durante el período de crecimiento entre el transplante y la cosecha fue, aproximadamente, 4 °C a 5 °C superior (Cuadro 5.1 y Cuadro 5.7). Sin embargo esta temperatura corresponde a la registrada dentro del invernadero y no dentro de la carpa con calefacción, dentro de la cual fueron ubicadas las plantas. Respecto a esto, debemos considerar que el equipo de calefacción fue programado para encenderse cuando la temperatura fuera inferior a 15 °C, por lo que no hubo temperaturas por debajo de este umbral.

Cuadro 5.7: Temperatura media, mínima y máxima media durante el período de vivero y desde transplante hasta cosecha en los cvs Madrid y KS 40. Segunda y Tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.

Etapas	Cultivar	Período	Media	Mínima media	Máxima media
Vivero	Madrid	26/06 al 03/08	16,2 °C	8,1 °C	24,4 °C
Transplante a cosecha		04/08 al 19/10	19,3 °C	10,5 °C	28,1 °C
Vivero	KS 40	12/07 al 03/09	16,8 °C	7,9 °C	25,7 °C
Transplante a cosecha		04/09 al 19/10	20,6 °C	12,0 °C	29,1 °C

Efecto de la modificación de la longitud del fotoperíodo sobre la duración de las etapas preinductiva e inductiva

No se observó un efecto significativo del tratamiento de alargamiento del fotoperíodo sobre la pendiente de la recta de regresión entre la recíproca del diámetro del ápice y los días desde la emergencia en ambos cultivares (Cuadro 5.8, Figura 5.7), tal como fuera observado en la primera experiencia y en concordancia con lo reportado por otros autores (Thapa, 1994; Tan *et al.*, 2000). En el cv Madrid la pendiente de la evolución del diámetro del ápice fue menor a la registrada en el invernadero en la experiencia anterior (0,148) producto de la mayor temperatura, ya que la mínima fue mayor a 15 °C; y la máxima media fue un mínimo de 6 °C superior (Cuadro 5.8). En cambio en el cv KS 40 el incremento de la temperatura produjo un aumento en la pendiente de la recta de evolución del diámetro del ápice respecto de la primera experiencia (0,186) (Cuadro 5.8).

Cuadro 5.8: Efecto del tratamiento de prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde $y = 1/\text{diámetro (mm)}$. Coeficiente de determinación del análisis de regresión ($R^2\%$) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). Días hasta el final de juvenilidad (0,2 mm), días al final de inducción (0,6 mm) y duración de la etapa inductiva (DEI). En los cvs Madrid y KS 40. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.

Cultivar	Tratamiento	Función Pendiente (β)	R^2 %	ECMP	DDE hasta el diámetro		DEI
					0,2 mm	0,6 mm	
Madrid	FP	-0,082	56,5	1,35	52,8	93,5	45,7
	FN	-0,079	51,1	1,61	51,2	93,4	42,2
		NS z					
KS40	FP	-0,213	79,4	1,38	64,7	80,3	15,6
	FN	-0,232	90,1	0,68	62,5	76,8	14,4
		NS					

^z NS, **, * diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 1% y 10%, respectivamente.

En el cv Madrid la duración de la etapa juvenil fue intermedia entre la registrada en invernadero (47 días) y al aire libre (57 días) en la primera experiencia, mientras en el cv KS 40 fue casi 10 días más larga que en aquella (57 a 58 días) (Cuadro 5.8). La prolongación de la etapa juvenil en el cv KS 40, a pesar del aumento de la temperatura provocado por la calefacción dentro de las carpas luego del transplante, podría ser consecuencia de la menor temperatura durante la etapa en vivero. Esto dado que la temperatura durante esta etapa en la experiencia anterior fue de 19,3 °C y en la presente fue de 16,8 °C. Ya que ha sido observado que el tratamiento con frío en estados tempranos de la fase juvenil puede retrasar la transición entre esta etapa y la inductiva (Hand & Atherton, 1987).

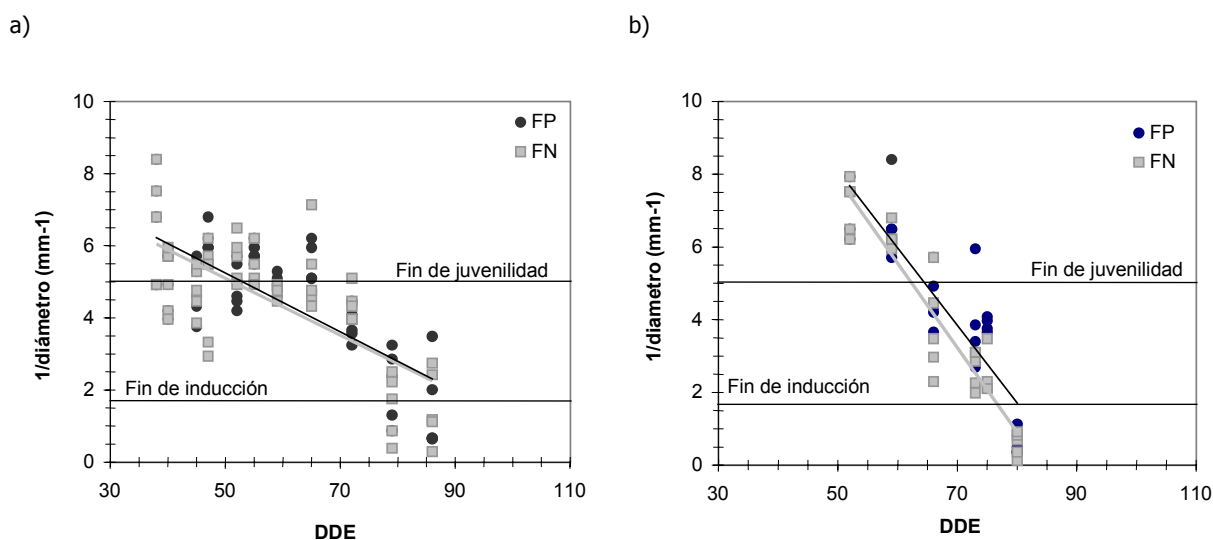


Figura 5.7: Evolución de la inversa del diámetro del ápice (1/mm) en función de los días desde la emergencia (DDE) en los cvs: a) Madrid y b) KS 40. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.

En el cuadro 5.8, se observa que la etapa inductiva en el cv Madrid duró aproximadamente 43 días, siendo mas larga que la observada en la primera experiencia, tanto al aire libre (41 días) como en el invernadero (22,5 días). Como resultado del aumento en la temperatura producido por la calefacción, que provoca un retraso en la inducción (Booij, 1987; Wurr *et al.*, 1990 c; Wurr & Fellows, 1998). En el cv KS 40 esta etapa fue de 2 a 8 días más corta que la registrada en la primera experiencia (Cuadro 5.8). Esta reducción en el tiempo necesario para la iniciación de la pella sería producto del efecto del aumento de temperatura sobre un cultivar con características propias de un tipo tropical o de ciclo muy corto (Fellows *et al.*, 1999; Jaya *et al.*, 2002), en el cual la temperatura óptima de vernalización sería superior a la registrada en la primera experiencia. Sobre la base de los resultados obtenidos en ambas experiencias, es posible pensar que la temperatura óptima para cumplimentar el proceso de vernalización en el cv KS 40 es superior a los 20° C, muy por encima de los 9° C a 16° C, enunciado en cultivares de clima templado (Booij, 1987; Grevsen & Olesen, 1994 b; Wurr & Fellows, 1998). Todas las evidencias reunidas en estas experiencias indican que KS 40 es un cultivar tropical, posiblemente con mínimos requerimientos de vernalización, tal como los descritos por Jaya *et al.* (2002).

Efecto de la modificación de la longitud del fotoperíodo sobre la cantidad de hojas iniciadas durante las etapas preinductiva e inductiva

En ambos cultivares no se observó efecto del tratamiento de prolongación del fotoperíodo sobre la tasa de iniciación de hojas, siendo la pendiente de la recta similar en los dos cultivares y de mayor magnitud que en la primera experiencia (Cuadro 5.9, Figura 5.8). Esto probablemente sea consecuencia de la más alta temperatura registrada, en comparación con la experiencia anterior, lo que provoca una reducción en el tiempo entre la iniciación de una hoja y la sucesiva (Wurr & Fellows, 1998; Streck *et al.*, 2005).

La tasa de producción de hojas por día en esta experiencia fue menor a la observada en coliflores invernales (0,66-0,78) y superior a la de coliflores de ciclo verano-otoño (0,29-0,48), (Wurr & Fellows, 2000). El ECMP fue similar al observado en la primera experiencia en ambos cultivares, mucho más alto en el cv Madrid que en KS 40 (Cuadro 5.9).

Cuadro 5.9: Efecto de los tratamientos de prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función de la evolución del número de hojas con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde y = número de hojas iniciadas. Coeficiente de determinación del análisis de regresión (R²%) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). En los cvs KS 40 y Madrid. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.

Cultivar	Tratamiento	Función Pendiente (β)	R ² %	ECMP
Madrid	FP	0,635	86,7	16,10
	FN	0,625	80,0	26,98
		NS y		
KS40	FP	0,554	81,0	8,53
	FN	0,628	86,3	7,21
		NS		

^z NS, **, * diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 1% y 10%, respectivamente.

No se observó efecto del tratamiento de prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la recta que relaciona el diámetro del ápice con la cantidad de hojas iniciadas (Cuadro 5.10). En consecuencia no hubo diferencias en el número de hojas al final de la etapa juvenil y al finalizar la inducción, entre los tratamientos para ambos cultivares (Cuadro 5.10).

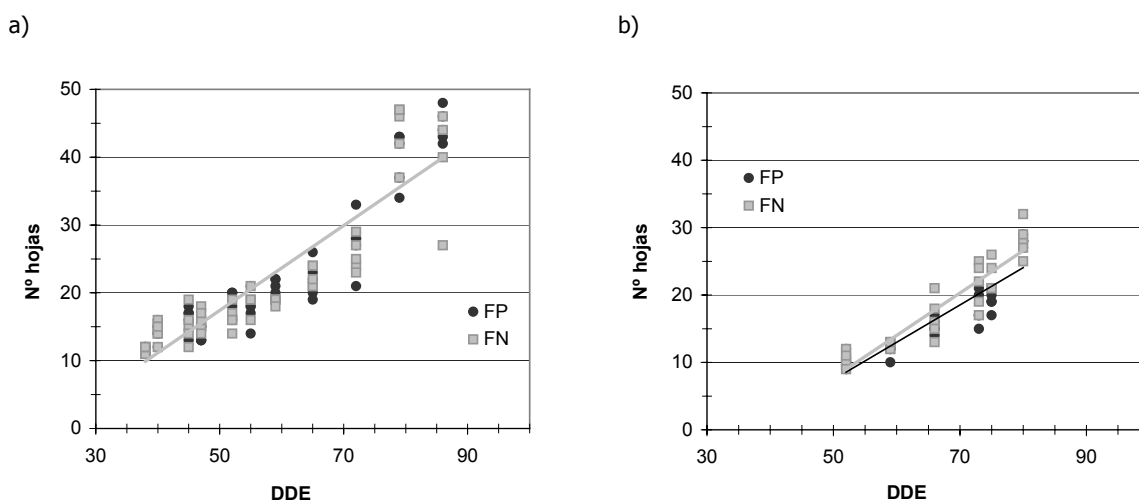


Figura 5.8: Evolución del número de hojas formadas en función de los días desde emergencia (DDE) en los cvs: a) Madrid y b) KS 40. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.

Por otro lado, esta pendiente fue similar a la observada en la primera experiencia al aire libre bajo fotoperíodo natural en el cv Madrid (0,051) y al aire libre en el cv KS 40 (0,125) (Cuadro 5.10, Figura 5.9). A su vez, la cantidad de hojas formadas hasta el final de la etapa juvenil fue entre 17 y 18 hojas en el cv Madrid y de 14 en el cv KS 40, valores muy cercanos a los observados en la primera experiencia. La cantidad de hojas iniciadas durante la etapa inductiva no tuvo diferencias con las iniciadas en la experiencia anterior en el cv KS 40 (7 a 8 hojas), mientras en el cv Madrid se iniciaron 22 a 23 hojas, igual cantidad que la observada en la primera experiencia al aire libre y con un fotoperíodo de entre 10,3 y 11,1 horas (fotoperíodo corto) (Cuadro 5.10).

Cuadro 5.10: Efecto de los tratamientos de prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con el número de hojas iniciadas (Hojas). Para $y = (\alpha + \beta * \text{Hojas})$, donde $y = \ln$ diámetro (mm). Coeficiente de determinación del análisis de regresión ($R^2\%$) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). Nº de hojas al final de juvenilidad (0,2 mm), al final de inducción (0,6 mm) y cantidad iniciada durante la etapa inductiva (HEDI). En los cvs KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.

Cultivar	Tratamiento	Función	$R^2 \%$	ECMP	Nº hojas hasta el diámetro		HDEI
		Pendiente (β)			0,2 mm	0,6 mm	
Madrid	FP	0,048	74,9	0,10	18,1	41,0	22,9
	FN	0,051	73,0	0,14	17,4	39,0	21,6
		NS z					
KS40	FP	0,149	88,1	0,14	14,3	21,7	7,4
	FN	0,127	73,6	0,31	14,0	22,7	8,7
		NS					

z NS, **, * diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 5% y 10%, respectivamente.

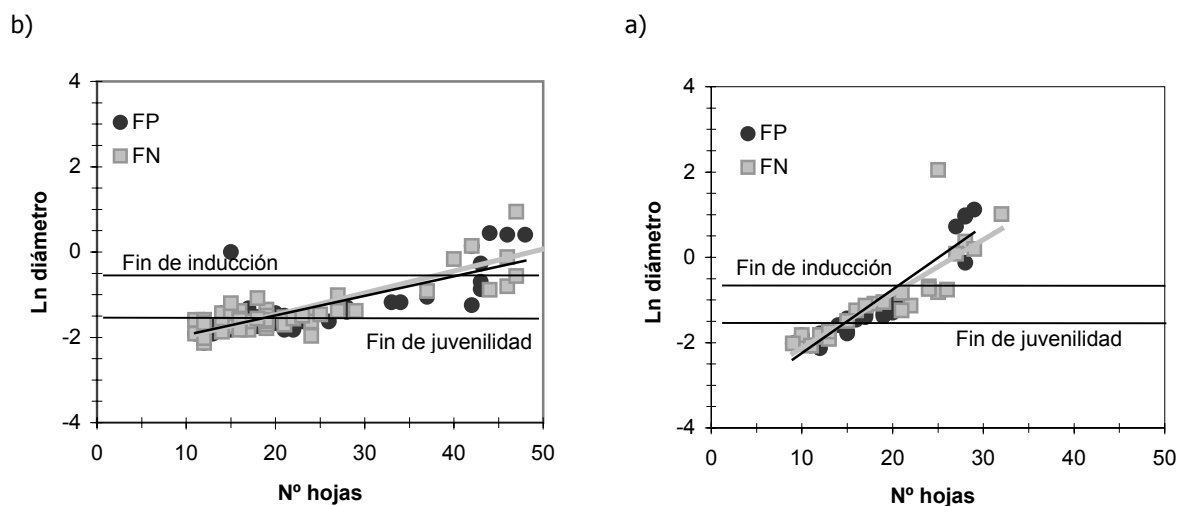


Figura 5.9: Evolución del diámetro del ápice en función de la cantidad de hojas iniciadas desde la emergencia en los cvs: a) Madrid y b) KS 40. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004.

La similitud en la respuesta observada entre esta experiencia y el tratamiento con fotoperíodo corto al aire libre de la experiencia anterior para el cv Madrid, podría sugerir que de haber una cierta respuesta a la longitud del fotoperíodo, ésta sería condicionada por la

temperatura ambiente, característico de un modelo de respuesta fototermal (Roberts *et al.*, 1988; González *et al.*, 2004). Sin embargo la respuesta es confusa, ya que habría un incremento en la tasa de crecimiento del ápice en función de las hojas iniciadas, pero solamente en condiciones de baja temperatura.

En el cv KS 40 la cantidad de hojas iniciadas durante la inducción fue la misma que en la primera experiencia, pero en menor cantidad de tiempo, lo que constituye otro indicio de la precocidad de este cultivar. Dado que el aumento en la temperatura registrado en la tercera experiencia produjo una reducción en la cantidad de días para superar esta etapa sin reducir la cantidad de hojas (Fellows *et al.*, 1999; Wurr & Fellows, 2000). La duración de la inducción fue similar a la observada en cv tropicales (6 a 10 días) que crecieron en un ambiente donde la temperatura media fue cercana a 27 °C (Jaya, *et al.*, 2002).

Efecto de la modificación de la longitud del fotoperíodo sobre la cantidad final de hojas, el peso fresco de las pellas y el área y peso seco foliar

En esta segunda y tercera experiencia, dado el pequeño tamaño de las plantas y de las pellas producidas, no se registró el momento óptimo de cosecha, efectuándose la recolección cuando las pellas fueron expuestas por las hojas. Esto ocurrió a los 95 días en el cv KS 40 y a los 105 días en el cv Madrid. En este momento no se observaron diferencias en la cantidad total de hojas formadas y en el peso fresco de las pellas entre los tratamientos en los cv KS 40 y Madrid (Cuadro 5.11).

En el cv Madrid no se observaron diferencias en el peso seco de las hojas y en el área foliar final entre los tratamientos, además el coeficiente de variación duplicó al valor observado en la primera experiencia, para cada una de las variables analizadas (Cuadro 5.11).

En el cv KS 40 se observaron diferencias significativas en el peso seco de las hojas y en el área foliar (Cuadro 5.11), la razón de esta diferencia no estaría asociada a algún efecto del tratamiento, sino que formaría parte de la variabilidad no explicada por el tratamiento debido

posiblemente a diferencias en la cantidad de luz recibida dada la ubicación de las macetas dentro del invernadero.

Cuadro 5.11: Efecto del tratamiento de prolongación del fotoperíodo sobre el número de hojas totales (Nº hojas), el peso fresco de las pellas (PF pella), el peso seco de las hojas (PS hojas), el área foliar final y el área foliar específica (AFE). En los cvs KS 40 y Madrid. Segunda y tercera experiencia: otoño-invierno de 2004

Cultivar	Tratamiento	Nº hojas	PF pella- g	PS hojas- g	Área foliar- cm ²
Madrid	FP	34,7	22,8	17,8	1980,4
	FN	35,3	66,5	20,5	1479,4
Significancia	Tratamiento	NS ^z	NS	NS	NS
	CV%	2,3	78,0	46,1	21,5
KS40	FP	24,0	16,2	7,9	1363,2
	FN	24,0	23,7	14,2	2333,9
Significancia	Tratamiento	NS	NS	*	*
	CV%	3,6	97,3	42,4	34,6

^z NS, **, * diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 1% y 5%, respectivamente.

Se observó también una reducción considerable en el tamaño de las plantas en el cv Madrid, y por ende en el tamaño de las pellas cosechadas, probablemente producto del crecimiento confinado de las raíces debido al uso de macetas. De esto podría inferirse un efecto sobre la capacidad de absorción de agua y por ende sobre el crecimiento; con poco efecto sobre las variables de desarrollo, tal como la cantidad de hojas iniciadas y la duración de las fenofases.

5.1.3. Experimentos con acortamiento del fotoperíodo

c) **Cuarta y quinta experiencia**

En el transplante realizado el 19 de enero del 2004 con el cv KS 40, en la cuarta experiencia y el 1º de marzo del 2004 con el cv Majestic, en la quinta experiencia; los tratamientos fueron: 1) FN (fotoperíodo natural) y 2) FA (fotoperíodo acortado). Entre emergencia y transplante la

cantidad de días fue de 25 a 26. La longitud del fotoperíodo natural calculada según la fórmula propuesta por Goudriaan (1977) fue entre 13,8 y 12,6 horas en la cuarta experiencia; y entre 12,8 y 10,9 horas en la quinta experiencia. Mientras en el tratamiento la longitud del día fue de 8 horas.

Durante todo el período de crecimiento la temperatura fue la misma en los dos tratamientos (Cuadro 5.12). En estas experiencias las temperaturas fueron radicalmente diferentes de aquellas registradas en las experiencias primera a tercera. La temperatura mínima aumentó de 7,3 °C y 9,6 °C a una mínima media de 17,1 °C. Mientras que la máxima media aumentó de 21,5 °C y 26,8 °C en las anteriores a 31,3 °C en la cuarta y quinta experiencia (Cuadro 5.1, Cuadro 5.7 y Cuadro 5.12).

Cuadro 5.12: Temperatura media, mínima y máxima media durante el período de vivero y desde transplante hasta cosecha en los cvs Majestic y KS 40. Cuarta y quinta experiencia: verano-otoño de 2003-2004.

Etapas	Cultivar	Período	Media	Mínima media	Máxima media
Vivero	KS 40	19/12 al 19/01	25,0 °C	18,3 °C	31,7 °C
Transplante a cosecha		20/01 al 22/03	25,1 °C	17,5 °C	32,7 °C
Vivero	Majestic	30/01 al 01/03	25,0 °C	17,5 °C	32,4 °C
Transplante a cosecha		02/03 al 13/05	22,2 °C	15,5 °C	28,9 °C

Efecto de la modificación de la longitud del fotoperíodo sobre la duración de las etapas preinductiva e inductiva

Se observó un efecto estadísticamente significativo ($p \leq 0,10$) del tratamiento de acortamiento de fotoperíodo sobre la pendiente de la recta de la evolución de la inversa del diámetro del ápice con los días desde la emergencia en el cv KS 40 (Cuadro 5.13). Esta pendiente fue menor en el tratamiento en el cual el fotoperíodo fue acortado a 8 horas, es decir que el diámetro del ápice tuvo un avance más lento en esta condición. Los días hasta finalizar la etapa juvenil no resultaron diferentes, pero el período inductivo fue 6 días más corto bajo un fotoperíodo de 13,2 horas en promedio que con 8 hs (Cuadro 5.13, Figura 5.10).

Cuadro 5.13: Efecto del tratamiento de acortamiento del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde $y = 1/\text{diámetro (mm)}$. **Coefficiente de determinación del análisis de regresión (R²%) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP)**. Días hasta el final de juvenilidad (0,2 mm), días al final de inducción (0,6 mm) y duración de la etapa inductiva (DEI). En los cvs Majestic y KS 40. Cuarta y Quinta experiencia: verano-otoño de 2003-2004.

Cultivar	Tratamiento	Función Pendiente (β)	R ² %	ECMP	DDE hasta el diámetro		DEI
					0,2 mm	0,6 mm	
KS40	FA	-0,104	82,4	0,68	44,7	76,7	32,0
	FN	-0,129	85,5	0,80	42,5	68,4	25,9
		* z					
Majestic	FA	-0,083	80,3	0,77	46,4	86,6	40,2
	FN	-0,103	81,6	1,06	40,0	72,4	32,4
		NS					

^z NS, **, *, diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 1% y 10%, respectivamente.

Esta respuesta sería contraria a las observaciones de Favaro⁶ (Com. Pers.) y coincidente con la hipótesis de Thapa (1994) y de Tan *et al.* (2000). Favaro ha observado, en plantaciones comerciales de verano, una reducción en el ciclo transplante-cosecha a medida que se retrasa la fecha de transplante, sugiriendo un respuesta positiva al acortamiento del día. Mientras Thapa (1994) y Tan *et al.* (2000) plantean para coliflor y brócoli la hipótesis opuesta, acerca de un efecto de acortamiento del período entre siembra y cosecha en condiciones de día largo. Sin embargo, estos autores no observaron un efecto significativo y consistente en los cultivares utilizados en sus experiencias (Thapa, 1994; Tan *et al.*, 2000). La respuesta observada en esta experiencia sería también coincidente con la clasificación de Roberts & Summerfield (1987) acerca de la respuesta de la floración en este cultivo.

⁶ Favaro, J.C. 2003 Manejo de cultivos hortícolas (entrevista). Profesor Asociado Cátedra de Cultivos Intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias – UNL.

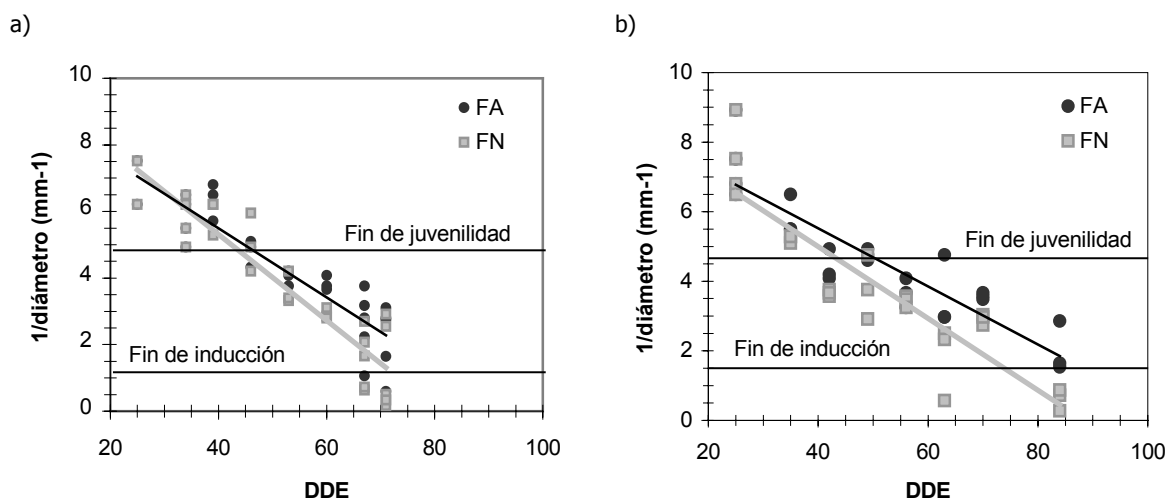


Figura 5.10: Evolución de la inversa del diámetro del ápice (1/mm) en función de los días desde la emergencia (DDE) en los cvs: a) Majestic y b) KS 40. Cuarta y quinta experiencia: verano-otoño de 2004.

También en el cv KS 40 la pendiente de la recta de la evolución de la inversa del diámetro del ápice con los días fue menor a la observada en la primera (0,143) y tercera (0,222) experiencia, indicando una reducción en la tasa de expansión del ápice (Cuadro 5.13). A su vez, el período juvenil fue más corto en esta experiencia, entre 6 y 20 días menos, producto de la mayor temperatura (Booij & Struik, 1990; Grevsen & Olesen, 1994 a y b; Fellows *et al.*, 1999). Esto indicaría que la temperatura óptima durante esta etapa es superior a la media de 16,4 °C registrada en la primera experiencia y también mayor a los 12,8 °C, reportados en cultivares de clima templado (Grevsen & Olesen, 1994 b). Mientras el tiempo necesario para alcanzar la inducción fue superior, hasta 11 días mas, probablemente producto del aumento de temperatura (Booij, 1987; Wurr & Fellows, 1998). Esto indicaría que en esta experiencia, donde la temperatura media durante el período inductivo fue de 25,1 °C, se ha superado la óptima, produciéndose un retraso en la iniciación de la pella (Grevsen & Olesen, 1994 b; Wurr *et al.*, 1993; Wurr & Fellows, 1998). Sin embargo, a diferencia de los trabajos de Fellows *et al.* (1999), todas las plantas iniciaron pella a pesar de la alta temperatura.

En el cv Majestic se observó una diferencia estadísticamente no significativa en la pendiente de la recta de evolución de la inversa del diámetro del ápice entre los tratamientos (Cuadro 5.13,

Figura 5.10). Esta diferencia determinó un tiempo hasta final de la fase juvenil 6 días más largo en el tratamiento con fotoperíodo acortado (8 horas), requiriéndose además un tiempo extra de 8 días para la iniciación de la pella en esta condición (Cuadro 5.13). Esto sugiere una reducción en la longitud del ciclo transplante-cosecha a medida que los días se alargan, tal como fue observado en el cv KS 40.

También en este cultivar la pendiente de la recta de la evolución de la inversa del diámetro del ápice con los días fue menor a la observada en la primera experiencia al aire libre (0,116), indicando una reducción en la tasa de expansión del ápice (Cuadro 5.13). Esto se tradujo en una fase juvenil de menor duración, entre 15 y 20 días menos, posiblemente asociado a la mayor temperatura registrada (Booij & Struik, 1990; Grevsen & Olesen, 1994 a y b; Fellows *et al.*, 1999). A su vez, el tiempo entre el final de la etapa juvenil y la iniciación de la pella se extendió entre 2 y 10 días, probablemente como consecuencia del aumento de temperatura (Booij, 1987; Wurr & Fellows, 1998). La temperatura media registrada en esta experiencia durante el período de crecimiento fue 22,2 °C, mientras en la primera experiencia fue entre 13 y 14,3 °C; este aumento de temperatura produjo un retraso en la iniciación de la pella (Grevsen & Olesen, 1994 b; Wurr *et al.*, 1993; Wurr & Fellows, 1998).

Efecto de la modificación de la longitud del fotoperíodo sobre la cantidad de hojas iniciadas durante las etapas preinductiva e inductiva

En los dos cultivares la tasa de iniciación de hojas por día fue mayor a la reportada por Jaya *et al.* (2002) para aquellos de tipo tropical, en condiciones de temperatura similar a las registradas en la presente experiencia (Cuadro 5.14, Figura 5.11). Esta observación concuerda con los resultados de Wurr & Fellows (2000) en relación a la menor tasa de iniciación de hojas en cultivares tempranos comparados con aquellos mas tardíos.

Cuadro 5.14: Efecto de los tratamientos de acortamiento del fotoperíodo sobre la pendiente de la función de la evolución del número de hojas con los días desde emergencia (DDE). Para $y = (\alpha + \beta * DDE)$, donde y = número de hojas iniciadas. Coeficiente de determinación del análisis de regresión ($R^2\%$) y error cuadrático medio de la predicción (ECMP). En los cvs KS 40 y Majestic. Cuarta y quinta experiencia: verano-otoño de 2003-2004.

Cultivar	Tratamiento	Función Pendiente (β)	R^2 %	ECMP
KS 40	FA	0,516	83,7	15,32
	FN	0,536	89,5	9,89
		NS z		
Majestic	FA	0,515	86,6	15,55
	FN	0,639	93,7	12,65
		*		

z NS, **, * diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 1% y 5%, respectivamente.

En el cv KS 40 no se observó efecto del tratamiento de acortamiento del fotoperíodo sobre la tasa de iniciación de hojas por día, mientras en el cv Majestic si hubo un efecto estadísticamente significativo de este tratamiento. En este cultivar la velocidad de iniciación de hojas fue menor en las plantas que recibieron un fotoperíodo de 8 horas (Cuadro 5.14).

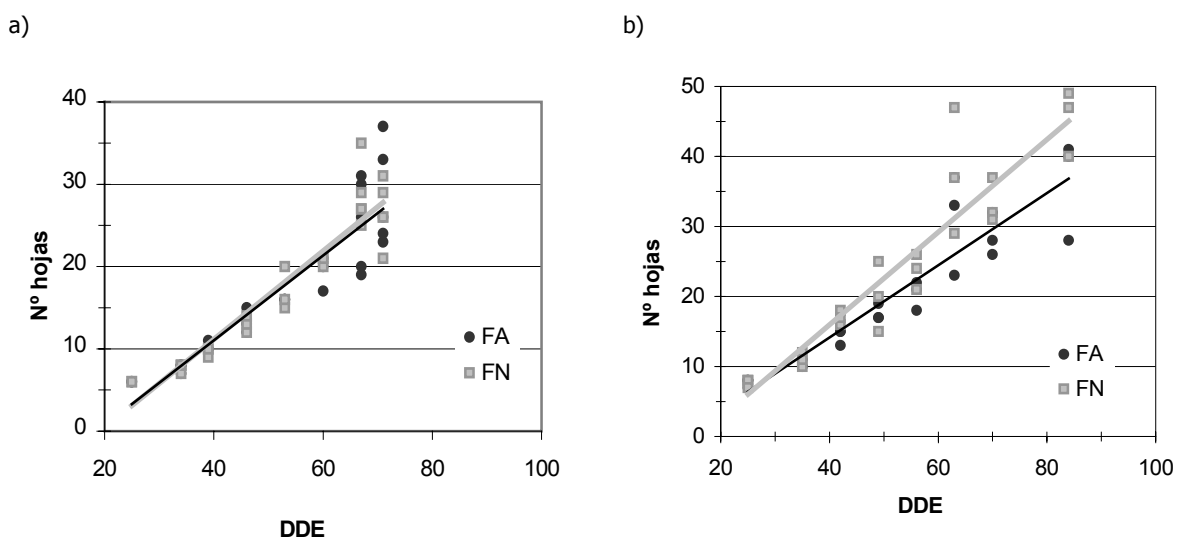


Figura 5.11: Evolución del número de hojas iniciadas en función de los días desde emergencia (DDE) en los cvs: a) KS 40 y b) Majestic. Cuarta y quinta experiencia: verano-otoño de 2004.

El tratamiento de acortamiento del fotoperíodo también tuvo efecto sobre la tasa incremento del diámetro del ápice en función del número de hojas iniciadas, registrándose diferencias altamente significativas en ambos cultivares. Esto se tradujo en un aumento mas lento del diámetro del ápice por hoja iniciada en las plantas que crecieron bajo fotoperíodos de 8 horas de duración, en comparación con aquellas que crecieron en un fotoperíodo de entre 10,9 y 13,8 horas (Cuadro 5.15).

Cuadro 5.15: Efecto de los tratamientos de prolongación del fotoperíodo sobre la pendiente de la función linealizada de la evolución del diámetro del ápice con el número de hojas iniciadas (Hojas). Para $y = (\alpha + \beta * \text{Hojas})$, donde $y = \ln$ diámetro (mm). Coeficiente de determinación del análisis de regresión ($R^2\%$) y el error cuadrático medio de la predicción (ECMP). Nº de hojas al final de juvenilidad (0,2 mm), al final de inducción (0,6 mm) y cantidad iniciada durante la etapa inductiva (HEDI). En los cvs KS 40 y Majestic. Cuarta y quinta experiencia: verano-otoño de 2003-2004.

Cultivar	Tratamiento	Función Pendiente (β)	R^2 %	ECMP	Nº hojas hasta el diámetro		HDEI
					0,2 mm	0,6 mm	
KS40	FA	0,058	80,3	0,09	12,5	31,4	18,9
	FN	0,095	70,1	0,35	11,3	22,9	11,6
		** z					
Majestic	FA	0,037	83,3	0,04	15,2	44,9	29,7
	FN	0,057	83,2	0,16	14,8	34,0	19,2
		**					

^z NS, **, * diferencias no significativas y significativas según ANOVA al 1% y 10%, respectivamente.

En el cv KS 40 el final de la juvenilidad se alcanzó tras la iniciación de 12 hojas, aproximadamente, valor cercano al observado en la primera (12-14 hojas) y tercera (14 hojas) experiencia. Mientras para la iniciación de la pella se necesitaron 12 hojas más en las plantas que crecieron en fotoperíodo entre 10,9 y 13,8 horas y 19 hojas más en las que crecieron en días de 8 horas (Cuadro 5.15). Este aumento en la cantidad de hojas acompañó el retraso en la iniciación, producto no solo de la mayor temperatura registrada en esta experiencia (Wurr & Fellows, 1998), sino también del efecto de la longitud del fotoperíodo. En el cv Majestic se formaron 15 hojas hasta el final de la etapa juvenil, sin diferencias con las 13 a 15 formadas en

la primera experiencia. Durante la etapa inductiva se iniciaron 19 hojas más en el tratamiento bajo fotoperíodo natural, mientras que se necesitaron casi 30 hojas más en el tratamiento que recibió solamente 8 horas de luz (Cuadro 5.15). Esta diferencia en el crecimiento del ápice por hoja iniciada ha sido el origen de la diferencia en la cantidad de días hasta la iniciación de la pella.

Efecto de la modificación de la longitud del fotoperíodo sobre la cantidad final de hojas, el peso fresco de las pellas y el área y peso seco foliar

No se realizó recolección de plantas al momento de cosecha por el agotamiento de las parcelas.

5.2. Comportamiento productivo de diferentes cultivares

5.2.1. Transplante en invernadero - invierno de 2003

En el transplante realizado el 6 de julio del 2003 la cosecha se inició el día 12 de agosto, aunque solamente en los cultivares que presentaron mayor precocidad: KS 40 y KS 60. En el resto de los cultivares la cosecha se inició 27 días después, finalizando el día 14 de octubre, lo que significó un período de cosecha de 35 días. La excepción la constituyó el cv Belot cuya cosecha se inició el día 23 de octubre, finalizando 30 días más tarde.

5.2.1.1. Condiciones ambientales durante el experimento

Las temperaturas mínimas y máximas medias mensuales desde el transplante hasta la finalización del experimento resultaron cercanas a las registradas en el período 94-05, pero con ligeras diferencias en algunos meses en particular (Cuadro 5.16).

Cuadro 5.16: Temperaturas mínimas y máximas medias mensuales durante el período de transplante a cosecha, en el ensayo de evaluación de cultivares. Transplante invernadero - invierno de 2003.

Mes	Período 94-05 ⁷		Aire libre 2003		Invernadero 2003	
	Mín. media	Máx. media	Mín. media	Máx. media	Mín. media	Máx. media
Julio	6,3 °C	18,3 °C	6,7 °C	22,2 °C	6,9 °C	24,5 °C
Agosto	8,5 °C	21,2 °C	6,1 °C	18,7 °C	6,2 °C	21,1 °C
Septiembre	10,5 °C	23,1 °C	7,7 °C	18,2 °C	7,9 °C	20,4 °C
Octubre	13,9 °C	26,0 °C	12,8 °C	20,3 °C	13,1 °C	22,3 °C

En el mes de julio se registró una temperatura máxima media al aire libre cercana a 4 °C por encima de la correspondiente al período 94-05 y durante agosto la máxima y la mínima media estuvieron más de 2 °C por debajo. Por el contrario los meses de agosto, septiembre y octubre fueron más fríos, con una disminución de entre 4 °C y 6 °C en la temperatura máxima media y con reducción también en la mínima media. En consecuencia, esto significó una primavera más fría que en el período 94-05. La diferencia de temperatura entre el ambiente dentro del invernadero y al aire libre fue menor a la esperada, solamente entre 0,1 °C y 0,3 °C a favor del ambiente dentro del invernadero. Mayor amplitud fue observada entre las temperaturas máximas, con una diferencia de 2 °C a 2,4 °C mayor en el invernadero (Cuadro 5.16). Las temperaturas mínimas absolutas registradas fueron iguales dentro y fuera del invernadero, y en ningún caso inferiores a las del período 94-05. En las temperaturas máximas absolutas hubo diferencias dentro y fuera del invernadero, siendo la registrada para el mes de julio levemente superior a la del período 94-05 (Cuadro 5.17).

⁷ Corresponde al período de años 1994 a 2005. Datos de la Estación Meteorológica ubicada en el Aeropuerto de Sauce Viejo, Santa Fe. Información disponible en www.tutiempo.net/clima/Sauce_Viejo_Aerodrome/873710.htm. Visto el 06 de julio de 2006.

Cuadro 5.17: Temperaturas mínimas y máximas absolutas para el período 1994-2005 y las registradas en el invernadero correspondientes al período desde transplante a cosecha, en el ensayo de evaluación de cultivares. Transplante invernadero-invierno de 2003.

Mes	Período 94-05		Aire libre 2003		Invernadero 2003	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Julio	-7,0°C	33,7°C	-1,5°C	34,0°C	-1,5°C	35,4°C
Agosto	-5,0°C	35°C	0,0°C	31,0°C	0,0°C	32,2°C
Septiembre	-2,0°C	38,6°C	0,0°C	33,0°C	0,0°C	34,3°C
Octubre	1,0°C	36,0°C	2,0°C	34,0°C	2,0°C	35,4°C

5.2.1.2. Comportamiento de los cultivares en estudio

El Cuadro 5.18 presenta el comportamiento de los cultivares en estudio para parámetros relacionados con la calidad y productividad bajo condiciones de cultivo en invernadero.

Durante el período de propagación, los materiales Verona y Bonny (Hurst) tuvieron una germinación lenta y al momento de realizarse el recuento de plántulas, 12 días luego de la siembra, mostraron un bajo porcentaje de germinación y un retraso en el crecimiento en comparación con el resto de los cultivares. Como de este inconveniente, resultado al momento del transplante la cantidad de plantas fue insuficiente para la realización de las parcelas y por lo tanto esos cultivares fueron excluidos del experimento.

En el cv Clyde no se registró emergencia en el recuento realizado 12 días después de la siembra y al momento del transplante las plantas fueron también insuficientes para la realización de las parcelas. Esto puede deberse a una alta sensibilidad de estos cultivares a las bajas temperaturas en combinación con una pobre energía germinativa, dado que emergieron y desarrollaron sin problemas cuando fueron sembradas en el verano. En los cultivares Balboa, Cortijo y Ámsterdam se perdieron las parcelas a causa del anegamiento provocado por la rotura de una manguera del sistema de riego presurizado.

Cuadro 5.18: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares sobre el promedio de calidad visual, diámetro (cm) y peso fresco (g) de las pellas. Transplante invernadero – invierno de 2003

Cultivar	Calidad comercial de las pellas						
	cal.visual ** z	CV y	diámetro **	CV	peso fresco **	CV	
1 KS 40	4,00 x d w	0,0	4,5 a	44,7	21 a	122,1	
2 Madrid 70	1,93 b	43,0	14,9 b	8,2	557 b	20,8	
3 Majestic	2,46 c	21,1	14,6 b	6,7	487 b	22,4	
4 Candid Charm	1,58 a	42,4	19,3 e	12,1	1384 d	32,3	
5 Cashmere	1,33 a	36,8	16,9 c	14,4	1006 c	22,4	
6 White Magic	1,82 b	47,8	17,6 d	9,2	1199 c	27,3	
7 Memphis F1	1,92 b	41,1	18,1 d	8,1	1357 d	29,3	
8 1843 F1	1,50 a	34,7	13,8 b	14,3	677 b	25,5	
9 1844 F1	1,91 b	36,6	19,4 e	7,6	1340 d	46,7	
10 Clyde			No germinó				
11 G 390	2,10 c	35,2	17,9 d	7,9	1158 c	21,7	
12 Balboa F1			Parcela perdida				
13 Bonny (LD)	2,45 c	21,2	20,7 f	9,2	1667 e	17,7	
14 Don Mario	1,33 a	36,8	15,3 b	6,5	660 b	13,5	
15 Incline	2,00 b	42,5	20,6 f	5,8	1679 e	21,2	
16 Julia	2,22 c	19,8	17,6 d	11,4	1401 d	21,5	
17 KS 60	4,00 d	0,0	3,9 a	26,4	11 a	74,7	
18 Bonny (Hurst)			No germinó				
19 Smilla	1,80 b	43,9	18,9 e	10,8	1573 e	12,3	
20 Belot F1	4,00 d	0,0	20,4 f	8,5	1991 f	29,5	
21 Alpina F1	1,67 a	29,9	17,5 d	9,3	1456 d	25,9	
22 Cassius F1	1,64 a	30,5	18,6 d	9,3	1320 d	19,0	
23 Somerset F1	2,00 b	33,5	16,9 c	6,9	862 b	26,6	
24 Encanto F1	2,38 c	43,7	16,8 c	5,9	956 c	36,4	
25 Skywalker F1	1,58 a	32,3	15,2 b	15,5	828 b	31,8	
26 Amazing	2,58 c	30,6	17,7 d	11,0	880 b	31,8	
27 Phantom F1	1,80 b	35,0	15,8 c	7,5	1090 c	41,8	
28 Cortijo			Parcela perdida				
29 Verona			No germinó				
30 Barcelona	1,30 a	36,9	16,7 c	12,4	1084 c	24,6	
31 Ámsterdam F1			Parcela perdida				
Total	2,17	26,4	16,2	10,8	982,2	31,2	

^z Resultado de ANOVA: ^{NS}, **, *, diferencias no significativas y significativas al 1% y 5% respectivamente.

^y CV es el coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje.

^x Índice de calidad visual: 1 (muy buena calidad), 2 (buena calidad), 3 (regular calidad) y 4 (no comercial).

^w Medias con la misma letra en cada columna no tienen diferencias significativas para el Test de Scott-Knott al 5%.

Calidad comercial de las pellas producidas

Se observaron diferencias altamente significativas en la calidad visual de las pellas entre los diferentes cultivares y sin diferencias dentro de cada una de las muestras (Cuadro 5.18). Esto indica homogeneidad dentro de los cultivares y un efecto significativo del genotipo sobre esta variable. Las especies del género *Brassica* son alógamas, siendo el mecanismo de control de la polinización la autoincompatibilidad esporofítica (Fontanetti Verdial *et al.*, 2001). Por lo que se puede observar una gran variabilidad en las poblaciones de polinización libre. Sin embargo, al utilizar cultivares híbridos es de esperar una importante homogeneidad dentro de cada genotipo. El coeficiente de variación (CV) del ensayo fue inferior a 30%, pero los valores de este coeficiente para los cultivos en forma individual fueron, excepto en pocos casos, superiores a este valor (Cuadro 5.18). Esto se debió a la influencia ejercida por los cultivares KS 40, KS 60 y Belot que solo produjeron pellas de grado 4, como consecuencia su CV fue nulo.

Un comportamiento similar fue observado para las variables diámetro y peso fresco de las pellas, donde también se observaron diferencias altamente significativas entre los distintos cultivares. El CV fue mucho mayor para el peso fresco que para el diámetro de las pellas (Cuadro 5.18) Esto puede haberse debido a diferencias en la altura de las pellas, lo que implica diferencias en la conformación de las mismas. Por lo que, para un mismo diámetro de pellas, las diferencias en el peso fresco podrían deberse a variaciones en el volumen (Cuadro 5.18).

El análisis realizado mediante la utilización del test de comparación de medias de Scott-Knott ($P \leq 0,05$) permitió identificar a los cultivares que presentaron un comportamiento diferente para cada una de las variables analizadas. Este análisis permitió formar grupos de cultivares dentro de los cuales no se observaron diferencias de significación estadística (Cuadro 5.18). Los cultivares se agruparon de acuerdo a la calidad visual promedio de las pellas cosechadas en:

- a) Muy buena calidad
- b) Buena calidad
- c) Calidad aceptable

- d) Calidad inferior
- e) No comerciales

Toda la información referida al punto que se desarrollará a continuación se encuentra detallada en el Cuadro 5.18.

a) Cultivares productores de pellas de muy buena calidad

Este grupo estuvo formado por los cultivares Barcelona (1,30)⁸, Cashmere (1,33) y Don Mario (1,33), los que produjeron las pellas de mejor calidad visual, no resultando diferentes entre sí. Aunque para estos cultivares la calidad promedio fue muy buena, las pellas de grado 1 representaron el 67% en Cashmere y Don Mario, y el 70% en Barcelona. El resto de las pellas fueron clasificadas como grado 2. El color de las pellas, establecido según tabla de Munsell (1992) fue blanco tiza (5Y 8/1), en Cashmere y Barcelona y levemente más cremoso (2.5Y 8/2) en el cv Don Mario.

Los cultivares Barcelona y Cashmere, sin diferencias entre sí, produjeron pellas con un peso promedio alto de aproximadamente 1000 g por pella y un CV cercano al 20% en ambos cultivares. Esto da como resultado entre 40% y 50% de pellas de tamaño grande, siendo el resto de tamaño medio. En cambio en el cv Don Mario el promedio fue cercano a 700 g, es decir pellas de peso medio, con un CV bajo lo que resultó en 100% de las pellas de tamaño medio.

Los defectos observados en algunas de las pellas cosechadas en estos cultivares fueron escasos y muy leves. El amarillamiento fue un defecto que se observó esporádicamente en estos tres cultivares, causando una disminución en la calidad visual desde grado 1 a 2 en el 10% de las pellas, aproximadamente. Este defecto es debido a la excesiva exposición a la radiación solar (Jaya *et al.*, 2002) lo que provoca la síntesis de pequeñas cantidades de pigmentos de clorofila (Figura 5.12 e). En cultivares sensibles la incidencia se reduce cuando las plantas conservan

⁸ Las cifras entre paréntesis que suceden a cada cultivar representan el índice de calidad visual promedio.

hasta el momento de cosecha las hojas plegadas sobre la pella ofreciendo una mayor protección. Este defecto se encuentra asociado también con sobremadurez al momento de cosecha (Hemphill, 2005). Además, en los cvs Barcelona y Don Mario se observó un suave arrozado, motivo por el cual el 15% de las pellas correspondió a una calidad visual de grado 2. Este defecto, que se observa en la superficie como una granulosidad, es originado por el desarrollo irregular de pequeños órganos florales. Estas estructuras son normalmente blancas pero en estados avanzados pueden colorearse (Figura 5.12 b). La aparición de este defecto podría ser inducida por bajas temperaturas durante o cerca del momento de inducción de la pella, y sería resultado de una vernalización excesiva (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). Grevsen *et al.* (2003) observaron un rango de máxima susceptibilidad cuando el diámetro del ápice se encuentra entre 0,2 y 0,5 mm. Este período coincide con el final de la fase juvenil, donde la planta se encuentra altamente sensible a la vernalización (Wurr *et al.*, 1993). Además Fujime y Okuda (1996) mencionan que la intensidad del defecto se incrementó cuanto más baja fue la temperatura pero disminuyó cuando la exposición ocurrió en estados más avanzados del desarrollo. Estos autores observaron la presencia de arrozado en los cvs Snow Queen y Nosaki-Wase cuando la temperatura en este período fue inferior a 20°C y 10°C, respectivamente. Mientras Grevsen *et al.* (2003) establecieron para el cv Plana en 8°C la temperatura base para el desarrollo de este defecto. Por el contrario, en trabajos anteriores Grevsen y Olesen (1994 b) observaron en distintos cultivares sembrados en verano una relación positiva entre el porcentaje de pellas arrozadas y la temperatura entre los 15 y 25 días luego de la iniciación de la pella, dependiendo del cultivar. Dado que no fueron realizadas mediciones para establecer el momento de la inducción, no es posible identificar las condiciones térmicas que indujeron este defecto. Sin embargo, en función de la cantidad de hojas visibles contabilizadas es posible estimar que el período inductivo se extendió a lo largo del mes de julio (datos no presentados). Durante este mes la temperatura mínima media fue inferior a 7°C, lo que podría explicar la aparición de este defecto en base a los antecedentes antes citados.

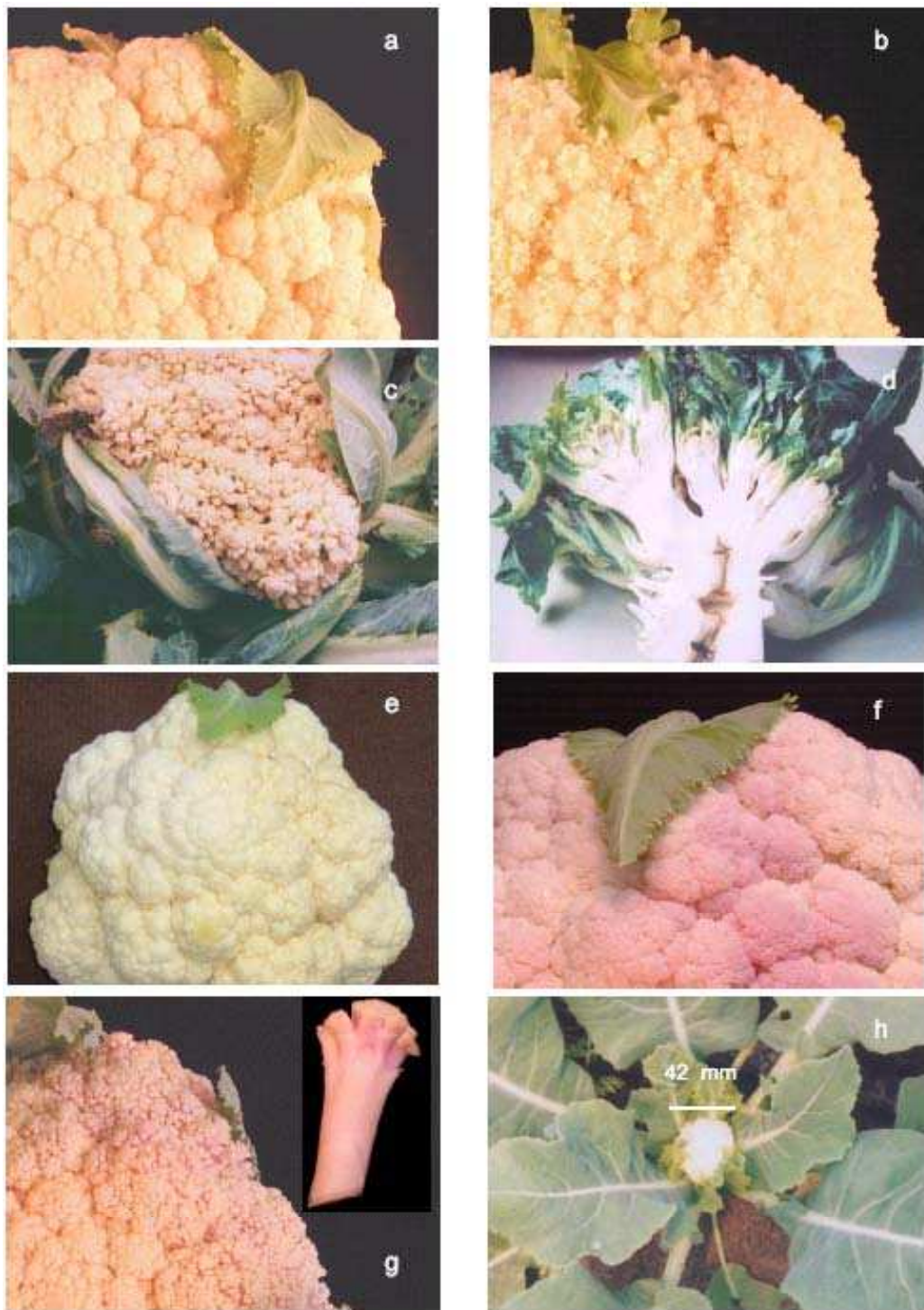


Figura 5.12: Calidad de las pellas cosechadas: a) pella de buena calidad del cv 1843, cosechada en invernadero el 26/08/03; b) pella con arrozado del cv KS40, cosechada en invernadero el 26/08/03; c) pella del cv Belot con gran desarrollo de vellosidad, cosechada en invernadero el 20/11/03; d) pella del cv Belot con desarrollo de hojas dentro de la pella cosechada en invernadero el 21/08/03; e) pella del cv Defender con leve amarillamiento, cosechada al aire libre el 28/04/05; f) pella del cv Encanto con coloración púrpura, cosechada en invernadero el 02/10/03; g) pella rosada del cv Madrid cosechada al aire libre el 02/10/03; h) planta del cv KS 40 que presenta abotonamiento, cosechada en invernadero el 23/11/03.

En Cashmere el defecto observado fue el desarrollo de vellosidades muy finas en el 15% de las pellas. En esta anomalía es posible observar las pellas con formaciones pilosas, como si se tratara de una superficie afelpada. El origen de estas vellosidades es el desarrollo de pequeñas brácteas y bractéolas situadas alrededor de cada primordio floral. Usualmente son blancas pero pueden desarrollar tonalidades púrpuras o verdosas y solo pueden ser vistas disecando las pellas (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). Este defecto puede aparecer como una simple pelusa o puede ser más pronunciado cuando los floretes aparecen envueltos por pequeñas hojas y separados unos de otros (Figura 5.12 c). Este defecto es resultado de la exposición de las plantas a temperaturas más altas que el óptimo para el crecimiento luego de la iniciación de la pella, es decir cuando el diámetro del ápice es mayor a 0,6 mm. Podría tratarse de un tipo de desvernalización, que causaría una reversión parcial de la fase reproductiva hacia la fase vegetativa (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). Fujime y Okuda (1996) mencionan para los cvs Snow Queen y Nozaki-Wase, que la aparición de vellosidades ocurrió con temperaturas superiores a 25 °C y 20 °C, respectivamente; y que la intensidad del defecto disminuyó cuanto más tardía fue la exposición a altas temperaturas. Hay una relación positiva entre el porcentaje de pellas con vellosidad y la temperatura durante los 10 primeros días luego de la iniciación, con diferencias en el comportamiento entre variedades (Grevsen & Olesen, 1994 b). Grevsen *et al.* (2003) observaron que en el cv Plana se incrementa el riesgo de presentar vellosidades cuando la temperatura supera los 18 °C inmediatamente después de la iniciación floral. Estos mismos autores estimaron también, que el diámetro apical favorable a la inducción de este defecto es el rango entre 1 y 23 mm, con un óptimo de 11,5 mm. La temperatura base para su desarrollo en el cv Plana fue estimada en 15 °C y la óptima en 20 °C (Grevsen *et al.*, 2003). Similares resultados fueron reportados por Wiebe (1973) y Wiebe y Krug (1974; citados por Grevsen *et al.*, 2003). Teniendo en cuenta que el período de sensibilidad para este defecto se extiende entre 1 y 23 mm, y que la temperatura máxima media durante julio y agosto estuvo entre 21 °C y 24 °C, el cv Cashmere fue relativamente más sensible al desarrollo de vellosidades que los cultivares reportados por Fujime y Okuda (1996). Según Booij (1990 d), este defecto también puede ser inducido con tratamiento con el regulador de crecimiento ethephon (2-chloroethylphosphonic acid), dependiendo la intensidad del efecto de la temperatura durante el

período de crecimiento de la pella y de la sensibilidad del cultivar. Este autor también observó que bajo ciertas condiciones la aplicación de ethephon podía retrasar la iniciación de las pellas, asumiendo que hay una similitud en el efecto causado por el regulador y el observado por efecto de altas temperaturas.

b) Cultivares productores de pellas de buena calidad

Este grupo quedó conformado por los cultivares 1843, Skywalker, Candid Charm, Cassius y Alpina. Si bien estos cultivares no tuvieron diferencias significativas en la calidad visual con el grupo anterior, no serán considerados como del mismo grado de calidad, dado que el 50% o más de las pellas producidas fueron de grado 2 o inferior. Se incluyen también los cvs Smilla, Phantom, White Magic, 1844, Memphis, Madrid; sin diferencias entre ellos.

Los cvs 1843 (1,50), Skywalker (1,58), Candid Charm (1,58) y Cassius (1,64) no resultaron diferentes entre sí. Las pellas de calidad visual de grado 1 fueron el 50% del total en los cvs Candid Charm y 1843, pero en el primero de estos el 8% fue de grado 3. En los cvs Skywalker y Cassius las pellas de grado 1 fueron el 42% y 36% del total, respectivamente, y el resto fue de grado 2. El color característico fue blanco (N 8/) en Skywalker y Cassius y blanco tiza (5Y 8/1) en 1843 y Candid Charm.

Los cvs Candid Charm y Cassius dieron pellas con un peso promedio superior a 1300 g. En ambos cultivares el 75% fue de tamaño grande, siendo el resto medianas. Las pellas de los cvs Skywalker y 1843 fueron de peso medio (830g y 680 g, respectivamente); y si bien ambos cultivares presentaron aproximadamente un 30% de pellas de tamaño chico, el cultivar Skywalker también produjo un 15% de pellas grandes.

Los defectos más frecuentes en este grupo fueron el amarillamiento, siendo especialmente sensibles los cvs Skywalker y Candid Charm; en los que también se observaron algunas pellas con coloración púrpura. Este defecto se debe al desarrollo de tonalidades púrpura sobre la superficie de la pella (Figura 5.12 f). Esto podría implicar la síntesis de antocianinas, sustancias que pertenecen al grupo de los flavonoides e imparten colores rosas o púrpuras en el tejido en

que se sintetizan (Harborne, 1988; citado por Gould *et al.*, 2000). Entre las causas de este defecto se encuentran temperaturas fuera del rango óptimo para el crecimiento, tanto altas como bajas, y la alta irradiancia (Olesen & Grevsen, 1997; Hemphill, 2005). La exposición a la radiación solar y la sobremadurez incrementan la incidencia y severidad de este problema (Hemphill, 2005). La acumulación de antocianinas se ha comprobado en hojas por efecto de altas intensidades de luz. Bajo un alto flujo de fotones se produce un incremento en la producción de radicales libres, y hay evidencias que indican que las antocianinas pueden actuar como captoras de estos radicales libres (Sousa Paiva *et al.*, 2003; Irani & Grotewold, 2005). De esta forma, la presencia de antocianinas, puede evitar la oxidación de los lípidos de las membranas, manteniendo la estabilidad de las mismas (Gabrielska *et al.*, 1999; citado por Sousa Paiva *et al.*, 2003). Esta capacidad para actuar como antioxidantes le otorgan al órgano protección contra estrés hídrico o bajas temperaturas (Irani & Grotewold, 2005). También Wong (1976) observó que en estados tempranos del desarrollo de algunos tejidos se producen las más altas concentraciones de estos flavonoides. En la regulación de la síntesis de estos compuestos uno de los fotorreceptores involucrados sería el fitocromo, el que ha sido demostrado en mostaza, mostrando sensibilidad a la luz roja-roja lejana y a la azul (Wong, 1976). Yamaguchi *et al.* (2000) indujeron la acumulación de antocianinas en plantines de *Poligonum cuspidatum* con luz roja y luz azul, en condiciones de baja temperatura. Dado que el espectro de luz que penetra en el invernadero es rico en luz roja-roja lejana, se podría suponer que tenga cierta influencia en la síntesis de antocianinas en las pellas, dado que la distribución del color sobre la superficie coincidió con la zona sin cobertura de hojas por lo tanto expuesta a la radiación. Sin embargo, la sensibilidad de la respuesta varía entre distintas especies y aún entre variedades de una misma especie (Alokam *et al.*, 2002). En este sentido los cultivares más sensibles fueron Cassius y 1843, donde el 80% y 40% de las pellas, respectivamente, manifestó este defecto en forma sumamente débil.

Los cvs Alpina (1,67), Smilla (1,80), Phantom (1,80), White Magic (1,82), 1844 (1,91), Memphis (1,92) y Madrid (1,93) produjeron menos del 50% de pellas de grado 1. En White Magic, Madrid y Smilla la distribución aproximada fue de 40%, 35% y 25% de los grados 1, 2 y 3,

respectivamente. En los cvs Alpina, Phantom, 1844 y Memphis aproximadamente el 30% de pellas fue de calidad grado 1. Pero en el cv Alpina no hubo pellas de grado 3, mientras que en Phantom el 10% correspondió a esta categoría y en Memphis y 1844 entre el 20% y el 25% fue de grado 3. En este grupo de cultivares el color característico fue el blanco tiza (5Y 8/1), habiéndose observado que la aparición de defectos se acentúa en la medida en que las pellas superaron el momento óptimo de cosecha.

Los cultivares de este grupo, a excepción de Madrid, produjeron pellas grandes, aunque con diferencias entre ellas. Las de mayor peso fueron las del cv Smilla (>1500 g), siendo el 90% categorizadas como tamaño grande. Siguen en orden decreciente los cvs Alpina, Memphis y 1844, sin diferencias entre ellas, en los que entre el 70% y el 90% de las pellas fueron de tamaño grande y el resto de tamaño medio. Por último los cvs White Magic y Phantom produjeron 55% y 10%, respectivamente de pellas grandes y el resto medianas. El único cultivar de este grupo que produjo pellas de tamaño medio fue Madrid, donde el 86% correspondió a esta categoría y las restantes fueron clasificadas como chicas.

En los cvs 1844 y Memphis el único defecto que se manifestó fue el desarrollo de coloración púrpura sobre la pella, moderadamente intensa en algunos casos. Las pellas del cv White Magic fueron de forma irregular y sensibles al amarillamiento, ambos factores responsables de la depreciación de la calidad en este cultivar. Coloración púrpura en combinación con arrozado fue observada en los cvs Alpina, Smilla, Phantom y Madrid. Esto podría indicar que el desarrollo de coloración púrpura es un defecto que se induce más tardíamente que el arrozado, dado que este último es consecuencia de temperaturas bajas cercanas al momento de inducción o en estadios tempranos de crecimiento de la pella (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003; Hemphill, 2005). Mientras que una de las posibles causas de la coloración púrpura sería la alta temperatura (Hemphill, 2005), ocurridas en este caso presumiblemente cercanas al momento de maduración de las pellas.

c) Cultivares productores de pellas de aceptable calidad

Los cultivares Somerset e Incline (2,00) no tuvieron diferencias en la calidad visual entre ellos, de la misma forma tampoco fueron observadas diferencias entre los cvs G 390 (2,10) y Julia (2,22). Incline fue el cultivar que produjo mayor porcentaje de pellas de grado 1, con igual proporción entre las tres categorías. En los cvs G 390 y Somerset solo el 20% fue de grado 1 y el 50% y el 60% de grado 2, respectivamente. En el cv Julia el 80% de las pellas fue de grado 2 y el resto de grado 3. El color general en estos cuatro cultivares fue el blanco tiza (5Y 8/1).

Los cvs Incline, Julia y G 390 produjeron pellas grandes, en tanto en el cv Somerset se obtuvieron pellas medianas. La distribución de peso según cultivar fue de 40%, 40%, 55% y 100% de pellas tamaño grande para Julia, Somerset, G 390 e Incline, respectivamente, siendo el resto medianas.

En el cv Somerset se observó coloración púrpura sobre la pella, que en algunos casos fue acompañada por amarillamiento suave. Tanto en el cv Incline como en el cv G 390 el defecto más observado fue el desarrollo de vellosidades, más pronunciadas en Incline, y acompañadas en algunos casos por coloración púrpura en G 390. Como ya fue mencionado, estos dos defectos son consecuencia de la exposición de las pellas a temperaturas fuera del rango óptimo una vez finalizado el período inductivo (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). En el cv Julia el 100% de las pellas presentaron arrozado con distinta intensidad.

d) Cultivares productores de pellas de inferior calidad

Entre los cvs Encanto (2,38), Bonny (LD) (2,45), Majestic (2,46) y Amazing (2,58) no se observaron diferencias significativas en la calidad visual. Los cultivares Majestic y Bonny (LD) solo dieron pellas de grado 2 y 3, en ambos el 46% fue de grado 3. En el cv Encanto se registró 23% de pellas de grado 1 y 15% no comerciales. Mientras que en Amazing se registró un 16% de grado 1 y un 75% de grado 3. El color característico de las pellas de estos cultivares fue el blanco tiza (5Y 8/1).

Se observaron importantes diferencias en el peso entre estos cultivares. Las pellas de menor tamaño fueron las de Majestic, con un peso promedio de 490 g siendo el 15% de ellas de tamaño chico. Las pellas de los cvs Encanto y Amazing fueron de tamaño medio, alcanzando un peso de 960 g y 880 g, respectivamente. En estos no se observaron pellas chicas, en el cv Amazing el 42% fueron de tamaño grande y en el cv Encanto el 15%. Por último, el cv Bonny (LD) produjo pellas de gran tamaño, con un peso promedio cercano a 1700 g, correspondiendo solo el 10% a pellas medianas.

Entre los defectos más comunes se destacan en los cvs Majestic y Amazing la presencia de arrozado fino, blanco y abundante en más del 85% de las pellas. En Bonny (LD) los defectos observados fueron el desarrollo de coloración púrpura y el arrozado en más del 50% de las pellas, aunque también se observó amarillamiento en algunos casos. El cv Encanto presentó coloración púrpura en el 80% de las pellas, aproximadamente, siendo en algunos casos muy intensas.

e) Cultivares productores de pellas no comerciales

Los cultivares KS 40, KS 60 y Belot produjeron en esta situación pellas de inferior calidad, siendo el 100% de ellas clasificadas como no comerciales. En el cv Belot fueron de las más grandes, con un promedio cercano a los 2000 g, aunque tuvieron gran desarrollo de vellosidades o estuvieron completamente cubiertas de hojas de gran tamaño (Figura 5.12 d). El desarrollo de hojas en la pella se origina cuando la temperatura es lo suficientemente alta y las bractéolas que dan origen a las vellosidades desarrollan en hojas verdaderas que crecen a través de la pella (Figura 5.12 d). La temperatura que provoca la aparición de este defecto es más alta que aquella que desencadena en desarrollo de bractéolas (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). En este cultivar también se observó la presencia de tallo hueco en el 90% de las pellas cosechadas (Figura 5.12 d). Este defecto se debe al desarrollo de cavidades en el interior del tallo causando una depreciación en la calidad o, en el peor de los casos, la colonización por microorganismos, con una completa pérdida de la planta (Everaarts & Putter, 2003). La presencia de estas cavidades ha sido asociada a deficiencias de boro en el suelo; y fue establecido por Van Dijk

(1999; citado por Everaarts & Putter, 2003) en $0,35 \text{ mg B Kg}^{-1}$ de suelo como nivel de suficiencia para coliflor. Sin embargo, estos autores, obtuvieron elevados porcentajes de plantas con tallo hueco en suelos con concentraciones de B entre 3 y $4,4 \text{ mg B Kg}^{-1}$. En este caso condiciones de rápido crecimiento para las plantas, condujeron a un incremento tanto en el porcentaje de plantas con tallo hueco como en el tamaño de la cavidad resultante.

Estas observaciones concuerdan con las de Shattuck y Shelp (1987; citado por Pizetta *et al.*, 2005) respecto a que los factores ambientales tienen mayor importancia en la aparición de tallo hueco, que los nutricionales. El desarrollo de tallo hueco ha sido reportado también en brócoli, por efecto de baja densidad de plantas y del nivel de fertilización nitrogenada siempre que el desarrollo sea rápido cuando el cultivo se aproxima a la madurez, indicando que la intensidad del defecto puede variar entre cultivares (Cutcliffe, 1972).

Condiciones propicias para el rápido crecimiento son habituales en condiciones de invernadero con riego y buena fertilidad del suelo, que en este caso pueden haber condicionado la aparición de este defecto. Este cultivar parece ser mucho más sensible que el resto al desarrollo de defectos provocados por altas temperaturas. Esto, sumado al hecho que la inducción y cosecha fueron más tardías, sugiere que podría tratarse de un cultivar tipo invernadero de ciclo largo, no adaptable a las condiciones ambientales observadas en este experimento. Este cultivar es recomendado en España para la provincia de La Rioja y Navarra, zonas de inviernos suaves y alta humedad relativa. Se caracteriza como cultivar intermedio, con transplante a fin de verano y cosecha al final del otoño y principios de invierno (Consejería de Agricultura y Desarrollo Económico, *sf*; Macua González *et al.*, 2005). En la región de Kinsealy (Irlanda) este cultivar es recomendado para obtener pellas de muy buena calidad transplantando a mitad de verano con un ciclo de 120 a 130 días hasta el inicio de la cosecha en noviembre-diciembre (fin de otoño) (Murphy & Cullen, 1998). En esta zona las temperaturas máxima y mínima media en los meses del transplante son $19 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y 12°C , respectivamente; mientras en noviembre-diciembre

son de 9 °C y 3,5 °C (⁹). En cambio, en el ambiente analizado; la temperatura máxima y la amplitud térmica fueron mayores; siendo la temperatura mínima media entre 6°C y 8°C y la máxima media entre 20°C y 24°C.

Los cvs KS 40 y KS 60 presentaron plantas con un 100% de abotonamiento (Figura 5.12 h). Ninguna de sus pellas superó los 20 g, y en todos los casos el diámetro fue inferior a 5 cm. El abotonamiento es la formación de pellas muy pequeñas, de tamaño inferior a 9 cm o 150 g de peso (Figura 5.12 h). Este defecto puede ser causado por la realización del transplante con plantines envejecidos. Una estadía prolongada del plantín en el contenedor produce una disminución de la tasa de crecimiento relativa de las hojas en comparación con el tallo y la raíz. A su vez estos plantines resultan más grandes y con mayor número de hojas, existiendo al respecto evidencias de una correlación negativa entre el número de hojas y el peso seco del plantín utilizado con el peso final de la pella (Wurr & Fellows, 1984; Booij, 1990 e). Cuando la iniciación de la pella ocurre previamente al transplante o muy pronto luego de éste, existe una alta probabilidad que desarrolle abotonamiento (Wurr & Fellows, 1984; Booij, 1990 e). Las bajas temperaturas previas al final de la fase juvenil reducen el crecimiento de las hojas y luego de esta etapa aceleran la inducción.

En cultivares tardíos una larga fase juvenil y altos requerimientos de frío para la inducción resultan en plantas de buen peso en este momento y con bajo riesgo de abotonamiento (Booij, 1990 a, e). Sin embargo, en cultivares tempranos con requerimientos de frío mucho menores el riesgo es mayor, y a su vez se incrementa cuando se usan plantas grandes para la iniciación del cultivo (Wurr & Fellows, 1984). Deficiencias de nitrógeno o altas densidades de transplante, al limitar el desarrollo foliar, también pueden incrementar el riesgo de abotonamiento (Wiebe, 1981; Wurr & Fellows, 1984; Hemphill, 2005). En este caso las bajas temperaturas registradas durante el experimento pueden haber provocado, una vez superada la fase juvenil, una pronta inducción de los cvs KS 40 y KS 60, produciendo plantas de escaso tamaño o incluso que pueden haber

⁹ Fuente 'The Weather Channel'. URL: <http://uk.weather.com>

estado inducidas al momento del trasplante. Esto indica una mala adaptación del cultivar a las condiciones climáticas ocurridas durante el período de crecimiento, al tratarse de cultivares de muy bajos requerimientos de frío para la inducción, que al ser utilizados en épocas de baja temperatura podrían iniciar el crecimiento de las pellas con plantas de escaso tamaño.

Longitud del ciclo: días a cosecha

Los cultivares estudiados presentaron diferencias significativas en los días desde trasplante a inicio de cosecha (Cuadro 5.19). En términos generales de acuerdo a la dispersión observada en cada cultivar, los períodos de cosecha han sido muy concentrados. El promedio de las desviaciones estándar fue 2,62 (Cuadro 5.19), lo cual indica que en un período de 5 días, aproximadamente, desde el comienzo de la cosecha fueron recolectadas el 68% de las pellas de cada cultivar. Desvíos mayores se observan en los cvs KS 60 y Belot, indicando una cosecha menos concentrada que el resto. En estos cultivares el desvío promedio fue 8,47; lo que significó que se necesitaron al menos 16 días para cosechar el 68% de las pellas.

Los cultivares de coliflor de ciclo corto o temprano, requieren un tiempo medio de trasplante a cosecha de 90 días como máximo. En tanto que coliflores de ciclo medio, semitemprano o semitardío son aquellos que requieren entre 90 y 120 días. Por último las coliflores de ciclo largo, también denominados cultivares tardíos, son aquellos que superan los 120 días desde trasplante a cosecha (Favaro¹⁰, Com. Pers.). En las condiciones ambientales registradas, el 92% de los cultivares tuvieron ciclos cortos, ya que requirieron 90 días o menos para llegar a cosecha. Dentro de este grupo dos de ellos (KS 40 y KS 60) se concentraron en un grupo de ciclo extremadamente corto (45 días). Además un único cultivar (Skywalker) fue de ciclo intermedio, mientras que el cv Belot demoró más de 120 días para llegar a cosecha.

¹⁰ Favaro, J.C. 2003. Manejo de cultivos hortícolas (entrevista). Profesor Asociado Cátedra de Cultivos Intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias – UNL.

Cuadro 5.19: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación de cultivares, sobre el promedio de los días de transplante a cosecha (d), el porcentaje de materia seca de las pellas (% MS Pella) y proporción de partición de materia seca a la pella (Índice cosecha). Transplante invernadero–invierno de 2003.

Cultivar	Período ** z			% MS Pella		CV x	Índice cosecha		CV
	transp-cosecha	S y		**	**		**	**	
1 KS 40	43,4	a w	0,85	9,6	b	11,4	0,075	a	76,6
2 Madrid 70	67,8	b	1,9	6,7	a	9,7	0,37	b	12,5
3 Majestic	68,6	b	1,3	6,5	a	10,7	0,35	b	6,2
4 Candid Charm	83,0	d	1,8	6,9	a	3,2	0,47	c	4,2
5 Cashmere	76,3	c	2,1	6,7	a	3,8	0,43	c	4,3
6 White Magic	88,0	f	2,1	5,9	a	15,0	0,37	b	8,0
7 Memphis F1	89,5	f	1,8	6,7	a	1,4	0,39	b	9,9
8 1843 F1	68,3	b	1,4	7,3	a	12,4	0,51	c	1,7
9 1844 F1	76,8	c	2,6	6,6	a	10,2	0,50	c	9,8
10 Clyde				No germinó					
11 G 390	85,3	e	2,8	7,2	bcd	15,0	0,37	b	22,0
12 Balboa F1				Parcela perdida					
13 Bonny (LD)	84,6	e	1,7	7,5	a	8,7	0,50	c	8,4
14 Don Mario	67,7	b	2,3	7,3	a	1,9	0,44	c	4,0
15 Incline	86,7	e	3,2	6,7	a	4,6	0,48	c	7,0
16 Julia	83,0	d	1,6	7,0	a	9,8	0,44	c	4,9
17 KS 60	43,9	a	6,3	11,5	c	22,6	0,10	a	50,6
18 Bonny (Hurst)				No germinó					
19 Smilla	89,0	f	2,1	5,7	a	9,7	0,42	c	16,6
20 Belot F1	120,0	h	10,6	8,4	a	3,8	0,32	b	11,1
21 Alpina F1	90,2	f	1,3	6,1	a	10,7	0,43	c	7,9
22 Cassius F1	86,9	e	2,9	5,8	a	6,9	0,43	c	11,3
23 Somerset F1	81,7	d	2,0	7,2	a	3,0	0,43	c	0,9
24 Encanto F1	85,2	e	1,9	6,3	a	3,1	0,39	b	1,7
25 Skywalker F1	96,2	g	2,9	10,1	b	11,3	0,34	b	12,5
26 Amazing	87,4	e	2,3	8,5	a	30,3	0,42	c	9,9
27 Phantom F1	90,2	f	1,7	6,1	a	21,8	0,35	b	24,5
28 Cortijo				Parcela perdida					
29 Verona				No germinó					
30 Barcelona	86,2	e	3,8	5,9	a	12,8	0,46	c	11,8
31 Ámsterdam				Parcela perdida					
Total	80,5		2,62	7,75		16,9	0,39		9,8

z Resultado de ANOVA: NS, **, *, diferencias no significativas y significativas al 1% y 5% respectivamente.

y Desviación estándar

x CV es el coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje.

w Medias seguidas con la misma letra no muestran diferencias significativas para el Test de Scott-Knott al 5%.

De esta manera la distribución de los cultivares respecto a su longitud de ciclo permite apreciar que en el extremo superior se encuentra el cv Belot (20), con más de 120 días desde transplante a cosecha pudiendo considerarse como de ciclo largo (Figura 5.13). En el extremo inferior se encuentran los cvs KS 40 (1) y KS 60 (17), que requirieron menos de 45 días para llegar a cosecha, período muy breve que no permitió la formación de una pella de tamaño comercial.

Entre el grupo de cultivares de ciclo corto o tempranos puede observarse un grupo muy homogéneo formado por los cvs Madrid (2), Majestic (3), 1843 (8) y Don Mario (14) que tuvo un promedio de $68 \pm 0,4$ días desde transplante a cosecha. Este grupo puede considerarse como extra temprano bajo las condiciones de este experimento (Figura 5.13).

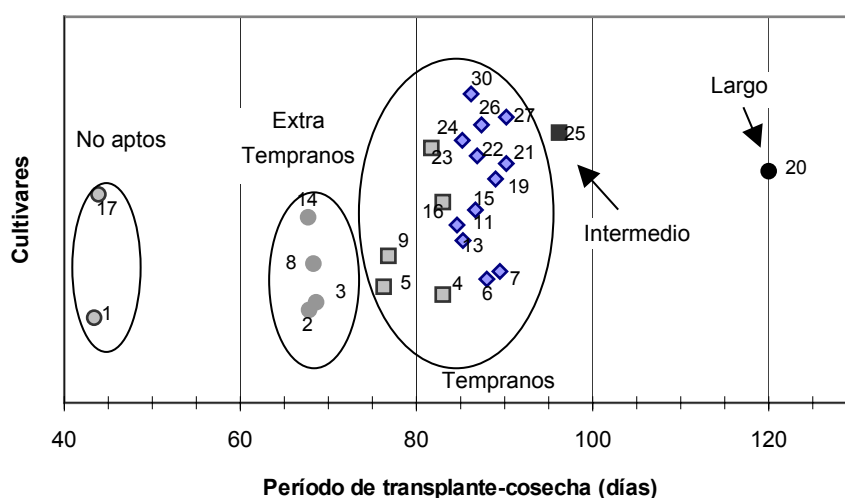


Figura 5.13: Días promedio desde el transplante a cosecha para cada uno de los cultivares utilizados. Transplante invernadero – invierno de 2003.

Finalmente dentro de los cultivares tempranos se pueden distinguir dos grupos, el primero conformado por: Somerset (23), Julia (16), 1844 (9), Cashmere (5) y Candid Charm (4), (Figura 5.13) con 80 ± 5 días desde transplante a cosecha. El segundo grupo incluyó los cultivares: White Magic (6), Memphis (7), G 390 (11), Bonny (LD) (13), Incline (15), Smilla (19), Alpina (21),

Cassius (22), Encanto (24), Amazing (26), Phantom (27) y Barcelona (30), (Figura 5.13) que corresponden a cultivares también de ciclo corto pero con 90 ± 5 días desde transplante a cosecha.

Porcentaje de materia seca de la pella

En el análisis del porcentaje de materia seca de las pellas fueron detectadas diferencias altamente significativas entre los cultivares y de poca magnitud dentro de cada uno de ellos (Cuadro 5.19). La amplitud entre valores máximos y mínimos fue menor a 2 unidades de porcentaje en la mayor parte de los cultivares. La excepción fueron los cvs KS 40, KS 60 y Amazing, ya que en estos la diferencia entre el valor máximo y mínimo de porcentaje de materia seca fue de 4 a 10%.

Los cultivares que tuvieron el más alto porcentaje de materia seca de la pella fueron KS 60, Skywalker, KS 40, Amazing y Belot, siendo estos valores entre 11,5% y 8,4%, con ligeras diferencias entre ellos (Cuadro 5.19). De estos cultivares solamente Skywalker produjo pellas de buena calidad y Amazing de calidad inferior, mientras los tres restantes produjeron pellas no comerciales. Con menores porcentajes de materia seca de la pella se han formado dos grupos de cultivares entre los cuales no hay diferencias significativas; el primero reúne el 52% de los cultivares con un promedio de 7,0% y el segundo agrupa el 20% de los cultivares y el porcentaje de materia seca de la pella promedio fue 6,0% (Cuadro 5.19). Los cultivares de menor porcentaje de materia seca de la pella fueron Smilla y Cassius (5,7%) y ambos dieron pellas de buena calidad (Cuadro 5.19).

Podría suponerse que un menor porcentaje de materia seca se encuentra asociado a la presencia de pellas más tiernas y con ello a una mayor calidad. Por otro lado el menor porcentaje de materia seca puede ser asociado a una pérdida más acelerada de calidad en postcosecha, ocasionada por una mayor deshidratación. Sin embargo, la evaluación de la duración y la pérdida de calidad luego de la cosecha no fueron objetivos de este trabajo.

Un análisis de correlación permitió apreciar que existe una relación entre las variables calidad y porcentaje de materia seca de la pella, con un coeficiente de correlación de Pearson (r^2) de 0,658 (Cuadro 5.20). Sin embargo, esta relación depende de la presencia de cultivares de comportamiento anómalo como fueron Belot, KS 40 y KS 60, dado que al ser eliminados la correlación desaparece (Cuadro 5.20). En función de esto se considera que no hay una asociación entre el porcentaje de materia seca y la calidad de las pellas, y que ambas variables dependen de la respuesta genotípica de cada cultivar en un ambiente particular.

Cuadro 5.20: Estimación del coeficiente de correlación de Pearson para la relación entre la calidad promedio de las pellas por cultivar y el porcentaje de materia seca de la pella, en el ensayo de evaluación de cultivares. Transplante invernadero - invierno de 2003.

			% MS PELLA
Totalidad cultivares	CALIDAD	Correlación Pearson	0,658 **
		Sig (2 – tailed)	0,000
		N	25
Sin Belot, KS 40 y KS 60	CALIDAD	Correlación Pearson	0,139
		Sig (2 – tailed)	0,537
		N	22

** Correlación significativa al nivel de 0,01 (2-colas).

Partición de la materia seca

Los cultivares mostraron diferencias significativas en la proporción de materia seca destinada a la producción de las pellas. El promedio total de la partición de la materia seca fue 0,39, mientras que los cultivares 1844 (9), 1843 (8) y Bonny (LD) (13) destinaron a la formación de la pella al menos la mitad de la materia seca producida (Cuadro 5.19).

Los cultivares KS 40 (1) y KS 60 (17) fueron los que destinaron la menor proporción de materia seca a formar la pella, menos de 0,10; le siguen los cvs Belot (20) y Skywalker (25) en los cuales este valor fue superior a 0,30 (Cuadro 5.19). El 56% de los cultivares formó un grupo

cuya partición de materia seca hacia la pella fue $0,45 \pm 0,031$, y entre los cuales no hubo diferencias significativas (Figura 5.14).

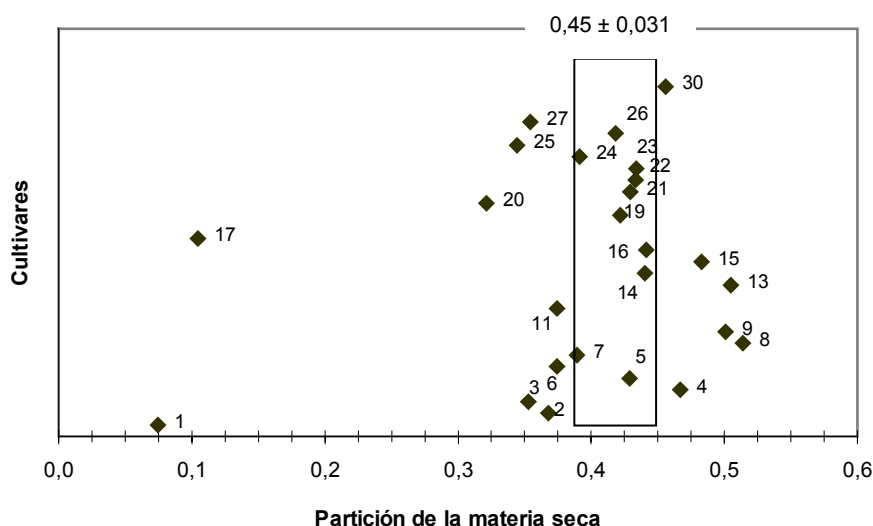


Figura 5.14: Promedio de la partición de la materia seca hacia la pella en cada uno de los cultivares evaluados. Transplante invernadero – invierno de 2003.

Análisis de componentes que afectan la producción en cultivares de coliflor de ciclo verano-otoño

Se observaron diferencias altamente significativas entre los cultivares con respecto al número de hojas finales y también en el peso seco de pellas, hojas y tallo. El CV para la cantidad de hojas formadas resultó inferior al observado para el peso seco de las partes, 4,8% para la cantidad de hojas contra valores mayores al 20% para las demás variables (Cuadro 5.21). Es decir, que el número de hojas es un carácter mucho más estable de una planta a otra y entre cultivares que el peso seco de las partes.

El número final y el peso seco de las hojas se incrementaron con el tiempo entre transplante y cosecha, así cultivares de ciclos más largos tuvieron mayor cantidad de hojas y mayor peso foliar que ciclos más cortos (Figura 5.15 a y 5.15 b). Similares resultados fueron reportados por Booij (1990 a y b) y Wurr y Fellows (2000) en diferentes cultivares en fechas de siembra escalonadas a lo largo de la temporada primavera-estival.

Cuadro 5.21: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación de cultivares, sobre el número de hojas finales (Nº Hojas), el peso seco de la pella (PS Pella), de las hojas (PS Hojas), del tallo (PS Tallo) y del total de la planta (PS Total). Transplante invernadero – invierno de 2003.

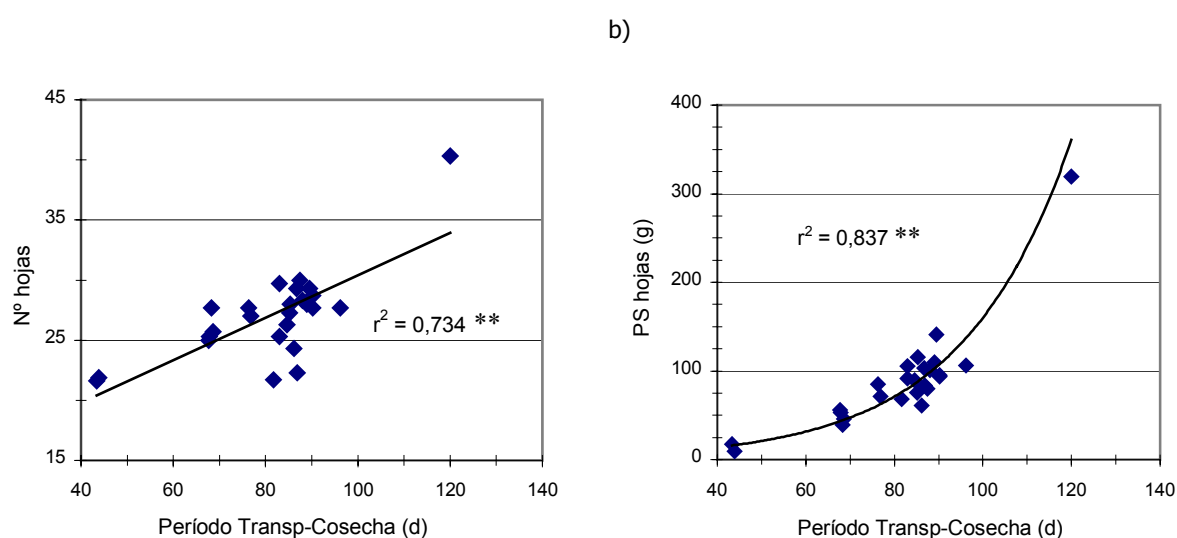
Nº	Cultivar	Nº Hojas**z	PS Pella ** - g -	PS Hojas ** - g -	PS Tallo ** - g -	PS Total ** - g -
1	KS 40	21,6 a ^y	1,8 a	17,2 a	1,8 a	12,3 a
2	Madrid	25,3 b	35,6 b	53,3 b	8,9 c	20,8 b
3	Majestic	25,7 b	28,3 b	45,7 b	6,5 b	80,5 b
4	Candid Charm	25,3 b	96,6 d	89,7 c	19,0 e	92,8 d
5	Cashmere	27,7 c	72,6 c	83,6 c	11,5 c	97,7 c
6	White Magic	28,3 c	74,7 c	101,2 d	22,8 e	116,3 d
7	Memphis F1	29,3 d	103,0 d	140,8 e	21,0 e	135,0 d
8	1843 F1	27,7 c	47,7 b	39,4 b	5,8 b	142,6 b
9	1844 F1	27,0 c	88,3 d	68,1 c	13,1 d	143,5 c
10	Clyde			No germinó		
11	G 390	28,0 c	88,7 d	115,7 d	24,4 e	169,4 d
12	Balboa F1			Parcela perdida		
13	Bonny (LD)	26,3 c	110,2 d	91,3 c	17,6 d	170,0 d
14	Don Mario	25,0 b	51,0 b	56,1 b	9,2 c	173,0 b
15	Incline	29,3 d	113,1 d	103,5 d	17,4 d	175,4 d
16	Julia	29,7 d	98,4 d	105,5 d	19,1 e	184,3 d
17	KS 60	21,9 a	1,2 a	9,8 a	1,3 a	198,1 a
18	Bonny (Hurst)			No germinó		
19	Smilla	28,0 c	95,1 d	106,2 d	19,6 e	198,6 d
20	Belot F1	40,3 e	181,1 e	319,3 f	60,5 f	200,1 e
21	Alpina F1	27,7 c	85,6 d	93,8 c	18,7 e	206,9 d
22	Cassius F1	22,3 a	77,0 c	85,2 c	14,8 d	217,5 c
23	Somerset F1	21,7 a	62,4 c	71,6 c	13,0 d	223,0 c
24	Encanto F1	27,3 c	55,9 c	76,0 c	10,7 c	224,8 c
25	Skywalker F1	27,7 c	70,1 c	110,1 d	23,8 e	228,8 d
26	Amazing	30,0 d	71,8 c	80,2 c	18,0 d	234,0 c
27	Phantom F1	28,7 d	67,8 c	95,6 c	20,9 e	264,8 c
28	Cortijo			Parcela perdida		
29	Verona			No germinó		
30	Barcelona	24,3 b	62,4 c	60,9 b	11,7 c	560,9 c
31	Ámsterdam			Parcela perdida		
Total		25,9	56,9	71,6	13,0	141,5
CV^x		4,8	18,6	20,8	22,6	25,4

^z Resultado de ANOVA: ^{NS}, **, *, diferencias no significativas y significativas al 1% y 5% respectivamente.

^y Medias seguidas con la misma letra no muestran diferencias significativas para el Test de Scott-Knott al 5%.

^x CV es el coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje.

Cultivares tardíos tienen mayores requerimientos de frío para la inducción que cultivares tempranos, lo que determina un período desde transplante a inducción más prolongado (Wurr & Fellows, 2000). De esta manera se forma mayor cantidad de hojas antes de la iniciación de la pella, momento en que queda determinado el número final de éstas (Booij, 1990 a). Fue establecido que tanto el número de hojas como el peso de la planta en este momento afectan grandemente el peso final de la pella (Wurr & Fellows, 1984; Booij, 1990 a y b).



a)

Figura 5.15: a) Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b) Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **, *, significativa al 1% y 5% respectivamente. Transplante invernadero – invierno de 2003.

También se observó un incremento en el peso promedio de las pellas al aumentar tanto el peso como el número de hojas por cultivar (Figura 5.16 a y 5.16 b). Estos resultados concuerdan con los observados por Booij (1990 a y b) sobre cultivares invernaderos y por Jaya *et al.*, (2002) sobre cultivares tropicales. Esta relación permite asociar el peso de la pella a la cantidad de días desde el transplante hasta la cosecha, dado que el crecimiento depende, entre otros factores, de la radiación interceptada durante el ciclo del cultivo (Castillo *et al.*, 1994; Olesen & Grevsen, 1997). En el cultivo de coliflor la formación de hojas ocurre durante el período vegetativo, que

finaliza con la formación de la pella, pero la expansión foliar continúa hasta la cosecha (Castillo *et al.*, 1994). El número de hojas y el índice de área foliar (IAF) tienen una fuerte influencia en el peso final de las pellas, dado que cuanto menor es la cantidad de hojas y más bajo el IAF se produce una exposición temprana de las pellas a la radiación, desencadenando su madurez (Booij, 1987; Wurr *et al.*, 1988).

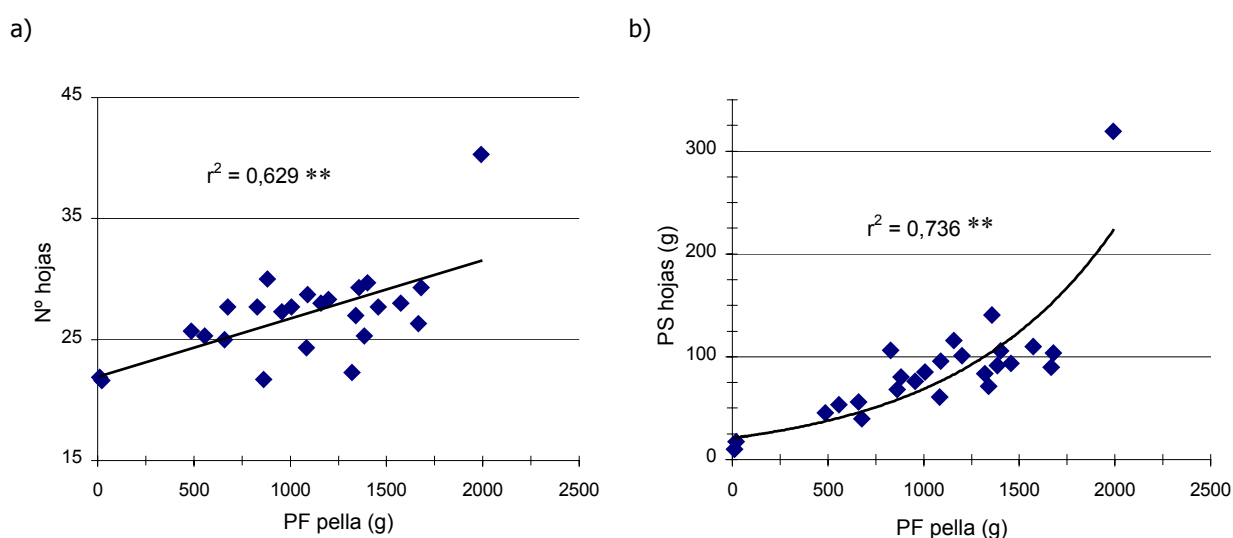


Figura 5.16: a) Relación entre el promedio de peso fresco de la pella (PF pella) y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b) Relación entre el promedio de peso fresco de la pella (PF pella) y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **, *, significativa al 1% y 5% respectivamente. Transplante invernadero – invierno de 2003.

De esta forma, cultivares con ciclos mas largos formarán mas hojas antes de la iniciación, y en condiciones no limitantes para el crecimiento serán capaces de formar pellas más grandes. En cambio en cultivares con bajos requerimientos de frío, la formación de la pella será inducida en plantas de menor tamaño y con menor cantidad de hojas, en consecuencia el tamaño potencial de la pella será inferior (Figura 5.17). El grupo 1, formado por los cvs KS 40 y KS 60, tuvieron pellas de tamaño y calidad no comerciales. El Grupo 2, formado por los cvs Madrid, Majestic, 1843 F1 y Don Mario, fueron extra tempranos, productores de pellas con tamaño

medio. El Grupo 3, que incluye los cvs Somerset, Julia, 1844, Cashmere y Candid Charm, fueron tempranos con 80 días promedio de transplante a cosecha. El grupo 4, que incluye a los cvs White Magic, Memphis, G 390, Bonny, Incline, Smilla, Alpina, Cassius, Encanto, Amazing, Phantom y Barcelona, fueron también tempranos, con 90 días promedio a cosecha. En estos dos últimos grupos el peso promedio fue en general de un kilogramo por pella. Se observó un cultivar de ciclo intermedio, Skywalker, que a pesar de ser de ciclo más largo que los anteriores sus pellas fueron medianas.

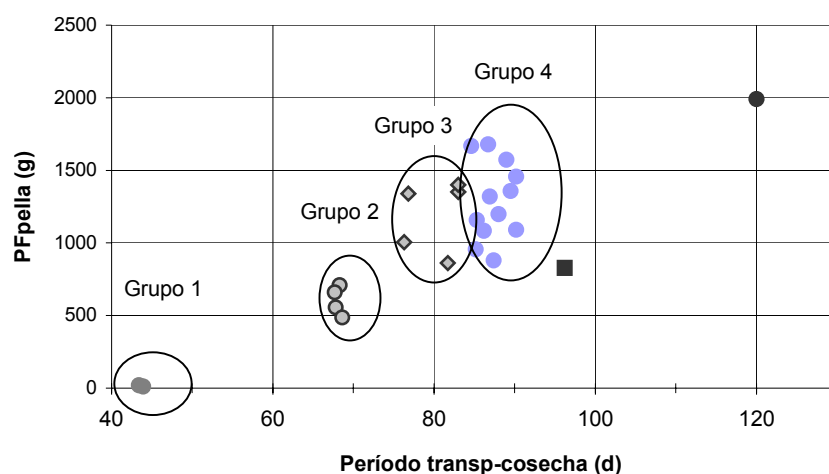


Figura 5.17: Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio de peso de las pellas (PF pellas) por cultivar. Transplante invernadero-invierno de 2003.

El análisis de conglomerados originó el dendrograma de las distancias observadas entre los cultivares de coliflor en función de las variables analizadas (Figura 5.18). A una distancia del 50% del máximo se observa la formación de tres grupos bien definidos:

- El grupo A, donde ha quedado solo el cv Belot (20). Este cultivar tuvo el ciclo mas largo, con mayor cantidad de hojas formadas y las pellas más grandes, pero la calidad visual del producto fue muy baja.

- El grupo B, donde se concentra el 88% de los cultivares. En este grupo es posible apreciar que los cvs Madrid (2) y Majestic (3), 1843 (8), Don Mario (14) y Somerset (23) mostraron un comportamiento similar. Estos cultivares tuvieron ciclos cortos y pellas medianas a chicas. También fueron muy similares los cvs White Magic (6) y Phantom (27) y los cvs Smilla (19) y Alpina (21). Se caracterizaron por ciclos de 90 días, pellas grandes y similar calidad, número de hojas y partición de materia seca.

Cultivares

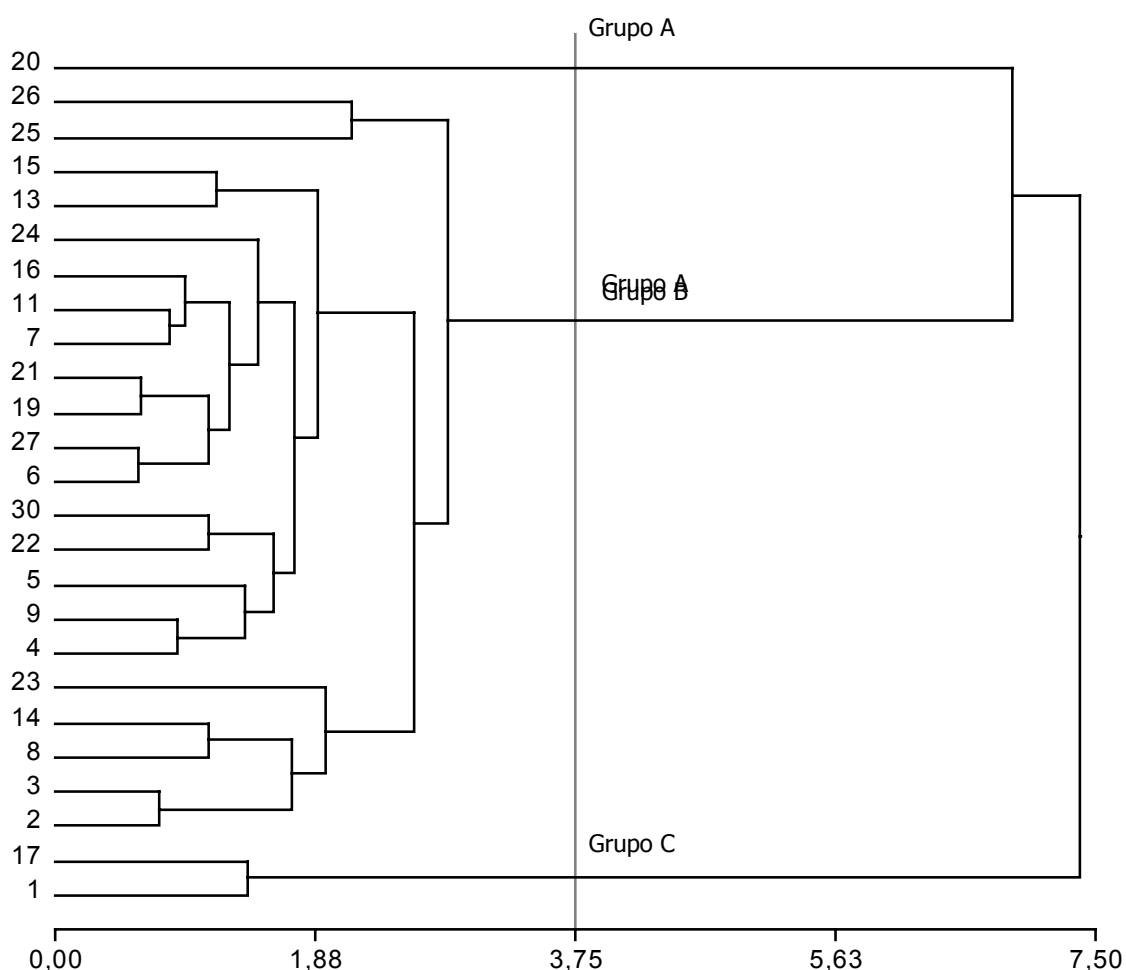


Figura 5.18: Dendrograma del agrupamiento de 25 cultivares de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación de cultivares, según método de cálculo UPGMA y matriz de distancias euclídeas. Transplante invernadero - invierno de 2003. Correlación cofenética: 0,965.

- El grupo C, donde se encuentran los cvs KS 40 (1) y KS 60 (17) muy similares entre sí, los que tuvieron ciclos muy cortos y pellas muy chicas y calidad no comercial.

5.2.1.3. Consideraciones del análisis de cultivares en el transplante en invernadero – invierno de 2003

El cultivo en invernadero no es una práctica habitualmente utilizada en la producción comercial de coliflor ya que, dado el costo, es una tecnología reservada para cultivos de mayor rentabilidad por unidad de superficie cubierta. La realización de este ensayo en invernadero permitió obtener condiciones de temperatura diferentes a las del aire libre, y de esta forma poder obtener mas información en una sola estación de cultivo. De este ensayo se desprenden las siguientes consideraciones:

- Las variaciones en la calidad de las pellas obtenidas fueron muy amplias, observándose cultivares muy buenos, buenos, regulares y malos. El 56% de los cultivares fueron catalogados como productores de pellas de muy buena y buena calidad en este ambiente. Entre los cultivares clasificados como malos se han destacado Belot, KS 40 y KS 60 los que no fueron capaces de producir ninguna pella comercializable. Los cvs KS 40 y KS 60 fueron inducidos muy tempranamente lo que permite presumir que se trata de cultivares tropicales, desarrollados para producir en ambientes donde la temperatura mínima es cercana a los 20°C (Jaya *et al.*, 2002).
- También se observó que cultivares muy precoces, con ciclos de menos de 70 días, produjeron pellas medianas por lo que sería necesario contar con cultivares con ciclos de al menos 75 días desde transplante a cosecha si se desea producir pellas de un kilogramo o más.
- Los problemas de calidad observados y la aparición de cada uno de ellos dependieron tanto de la sensibilidad de los cultivares a las condiciones climáticas como a la importante alteración de las mismas debido al sistema de cultivo. Fue observado el desarrollo de

arrozado y de manchas púrpuras sobre las pellas en más de la mitad de los cultivares evaluados, presentes en distinto grado de incidencia y severidad. También fue verificado el desarrollo de vellosidades, problema que afectó al 12% de los cultivares. Otro defecto observado fue el amarillamiento de las pellas, situación que puede ser minimizada con la cosecha anticipada, principalmente en los cultivares más sensibles. Sin embargo, al cosechar anticipadamente se debe asumir reducción en el tamaño de las pellas.

5.2.2. *Transplante al aire libre - invierno de 2003.*

En el transplante realizado el 6 de julio del 2003 la cosecha se inició el 12 de agosto en los cultivares KS 40 y KS 60, los que presentaron la mayor precocidad. En el resto de los cultivares la cosecha comenzó el 18 de septiembre, finalizando el 3 de noviembre. La excepción fue el cv Belot cuya cosecha comenzó el día 16 de octubre y finalizó 30 días más tarde.

5.2.2.1. Condiciones ambientales durante el experimento

Las temperaturas mínimas y máximas medias mensuales desde el transplante hasta la finalización del experimento realizado fueron similares a las registradas en el período 94-05, pero con ligeras diferencias en algunos meses en particular (Cuadro 5.22).

En el mes de julio se registró una temperatura máxima media aproximadamente 4 °C superior a la correspondiente al período 94-05 y durante agosto la máxima y la mínima media fueron más de 2 °C inferiores a las de dicho período. Por el contrario los meses de septiembre y octubre fueron más fríos, con una disminución de entre 4 °C y 6 °C en la temperatura máxima media y una reducción también en la mínima media (Cuadro 5.22). La amplitud térmica observada fue menor, dado que solamente en el mes de julio se registraron temperaturas mínimas absolutas por debajo de 0°C y la temperatura máxima absoluta registrada fue muy similar a la del período 94-05 (Cuadro 5.23).

Cuadro 5.22: Temperaturas mínimas y máximas medias mensuales durante el período de transplante a cosecha. Transplante al aire libre – invierno de 2003.

<i>Mes</i>	Período 94-05		Aire libre 2003	
	Mín media	Máx media	Mín media	Máx media
Julio	6,3 °C	18,3 °C	6,7 °C	22,2 °C
Agosto	8,5 °C	21,2 °C	6,1 °C	18,7 °C
Septiembre	10,5 °C	23,1 °C	7,7 °C	18,2 °C
Octubre	13,9 °C	26,0 °C	12,8 °C	20,3 °C

Cuadro 5.23: Temperaturas mínimas y máximas absolutas del período 1994-2005 y registradas al aire libre correspondientes al período desde transplante a cosecha. Transplante al aire libre–invierno de 2003.

Mes	Período 94-05		Aire libre 2003	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Julio	-7,0°C	33,7°C	-1,5°C	34,0°C
Agosto	-5,0°C	35,0°C	0,0°C	31,0°C
Septiembre	-2,0°C	38,6°C	0,0°C	33,0°C
Octubre	1,0°C	36,0°C	2,0°C	34,0°C

5.2.2.2. Comportamiento de los cultivares en estudio

El cuadro 5.24 presenta el comportamiento de los cultivares en estudio para algunos parámetros relacionados con la calidad comercial en el experimento al aire libre durante la temporada invierno-primaveral. Se observa en la primera columna la calidad visual y en las restantes el diámetro y el peso promedio de las pellas.

Cuadro 5.24: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación de cultivares, sobre el promedio de calidad visual, diámetro (cm) y peso fresco (g) de las pellas. Transplante al aire libre–invierno de 2003.

Cultivar	Calidad comercial de las pellas					
	cal visual ** z	CV y	diámetro **	CV	peso **	CV
1 KS 40	4,00 x d w	0,0	5,0 b	58,0	19 a	95,7
2 Madrid 70	1,20 a	35,2	10,6 c	23,0	259 b	68,5
3 Majestic	1,92 b	41,4	12,0 c	22,6	370 b	36,6
4 Candid Charm	1,70 a	28,4	15,8 e	11,0	830 c	32,4
5 Cashmere	2,10 b	35,1	12,7 d	21,4	476 b	27,7
6 White Magic	1,80 b	68,3	18,3 f	15,1	1237 d	26,0
7 Memphis F1	2,00 b	31,6	12,3 c	11,9	380 b	35,7
8 1843 F1	1,60 a	43,7	14,3 d	17,2	588 c	22,7
9 1844 F1	2,25 c	31,4	9,7 c	29,3	385 b	63,2
10 Clyde	No germinó					
11 G 390	2,70 c	25,0	15,2 e	15,7	819 c	31,8
12 Balboa	1,44 a	36,5	16,8 e	14,2	877 c	43,2
13 Bonny (LD)	1,09 a	27,7	14,2 d	18,6	590 c	39,7
14 Don Mario	Parcela perdida					
15 Incline	2,50 c	34,0	15,2 e	25,6	768 c	34,4
16 Julia	1,40 a	36,9	17,0 e	15,7	868 c	36,8
17 KS 60	4,00 d	0,0	1,2 a	26,1	0,7 a	66,5
18 Bonny (Hurst)	No germinó					
19 Smilla	1,30 a	37,2	18,7 f	12,2	1059 d	38,8
20 Belot F1	4,00 d	0,0	17,7 f	21,2	1251 d	39,2
21 Alpina F1	1,85 b	30,1	16,2 e	15,8	727 c	54,2
22 Cassius F1	1,50 a	35,7	16,1 e	23,3	770 c	54,8
23 Somerset F1	1,17 a	35,0	16,3 e	9,7	1160 d	42,7
24 Encanto F1	1,42 a	36,3	14,2 d	16,1	601 c	29,2
25 Skywalker F1	2,08 b	36,6	16,8 e	17,9	1026 d	38,2
26 Amazing	1,83 b	31,5	12,7 d	19,7	275 b	56,0
27 Phantom F1	1,75 b	25,8	15,6 e	10,0	664 c	37,8
28 Cortijo	1,42 a	36,3	15,7 e	9,4	927 d	39,2
29 Verona	No germinó					
30 Barcelona	1,50 a	35,1	18,1 f	16,1	1045 d	33,5
31 Ámsterdam	1,42 a	36,3	16,4 e	12,3	795 c	35,2
Total	1,90	28,2	14,4	17,4	677	22,2

^z Resultado de ANOVA: NS, **, *, diferencias no significativas y significativas al 1% y 5% respectivamente.

^y CV es el coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje.

^x Índice de calidad visual: 1 (muy buena calidad), 2 (buena calidad), 3 (regular calidad) y 4 (no comercial).

^w Medias con la misma letra en cada columna no muestran diferencias significativas para Test de Tukey al 5%.

Durante el período de propagación de los cultivares, los materiales Verona y Bonny (Hurst) tuvieron una germinación pobre y tardía, seguida por un retraso en el crecimiento de las plántulas registrado a los 12 días después de la siembra, en comparación con el resto de los cultivares. Por tal motivo al momento del transplante no se contó con la cantidad suficiente de plantas para la realización de las parcelas. En el cv Clyde no se registró emergencia 12 días después de la siembra y al momento del transplante las plantas obtenidas fueron insuficientes para la realización de las parcelas. Esto puede deberse a una alta sensibilidad de estos cultivares a las bajas temperaturas en combinación con una energía germinativa baja, dado que emergieron y desarrollaron sin problemas cuando fueron sembradas en el verano. Las plantas del cv Don Mario se perdieron durante el transcurso del período de crecimiento.

Calidad comercial de las pellas producidas

Se observaron diferencias altamente significativas en la calidad visual de las pellas cosechadas de los diferentes cultivares (Cuadro 5.24). El CV total fue aproximadamente 30%, habiéndose observado variaciones muy marcadas entre los genotipos, algunos cultivares tuvieron CV superiores a 30% y otros, como KS 40, KS 60 y Belot que solo produjeron pellas no comerciales, tuvieron CV iguales a cero (Cuadro 5.24).

Un comportamiento similar fue observado para las variables diámetro y peso fresco de las pellas, con diferencias altamente significativas entre los distintos cultivares. El CV del peso fresco fue superior al observado para el diámetro, más aún al considerar los coeficientes para cada uno de los cultivares. Esto parece indicar grandes diferencias tanto en la conformación como en el grado de compacidad de las pellas (Cuadro 5.24).

El análisis realizado mediante la utilización del test de separación de medias de Scott-Knott ($P \leq 0,05$) permitió agrupar a los cultivares de acuerdo a la calidad visual, el diámetro y el peso fresco de las pellas cosechadas. Toda la información referida al punto que se desarrollará a continuación se encuentra detallada en el Cuadro 5.24.

a) Cultivares productores de pellas de muy buena calidad

Los cultivares Bonny (LD) (1,09), Somerset (1,17) y Madrid (1,20) produjeron las pellas de mejor calidad en este ambiente, no resultando diferentes entre sí. Las pellas de primera calidad representaron el 90% en el cultivar Bonny y el 80% en Madrid y Somerset, y el resto fue de grado 2. El color característico fue blanco (N 8/) en el cv Madrid y blanco cremoso (2.5Y 8/2) en Bonny y Somerset.

Sin embargo, entre estos cultivares se observaron diferencias en el tamaño de las pellas. El cv Somerset produjo pellas de peso promedio superior a los 1000 g, siendo el 50% grandes y el 50% medianas. En el cv Bonny el peso promedio fue 590 g y el 45% de las pellas fueron medianas y el 55% chicas; el cv Madrid produjo pellas cuyo peso promedio fue 260 g, siendo el 10% catalogadas como medianas y el 30% no comerciales.

El único defecto en este grupo fue un leve amarillamiento observado, aproximadamente, en el 10% de las pellas. Esto puede haberse originado por su exposición a la radiación solar, posiblemente provocada por una pobre cobertura de hojas y/o por la sobremadurez al momento de cosecha (Jaya *et al.*, 2002; Hemphill, 2005).

Los cultivares Smilla (1,30), Julia (1,40), Encanto (1,42), Cortijo (1,42), Ámsterdam (1,42) y Balboa (1,44), no tuvieron diferencias estadísticas entre sí, ni con el grupo anterior. De estos cultivares los tres últimos no fueron cosechados en el invernadero. El cv Smilla produjo 70% de pellas grado 1; los cvs Julia, Encanto, Cortijo y Ámsterdam produjeron 60% de grado 1 y el cv Balboa 55%. Las restantes pellas fueron de grado 2 en todos los cultivares. El color de las pellas fue blanco tiza (5Y 8/1) en los cultivares Smilla y Julia, y blanco crema (2.5Y 8/2) en los restantes cultivares.

El cultivar que produjo las pellas más grandes fue Smilla, con un peso promedio de 1000 g y una proporción de 70% de pellas grandes y 30% de medianas. Los cvs Cortijo, Balboa y Julia produjeron pellas de un peso promedio cercano a 900 g y una distribución de pellas de tamaño grande del 17%, 30% y 50%, respectivamente y entre 8% y 10% de tamaño chico en Cortijo y

Julia; mientras que Balboa no produjo pellas chicas. Por su parte, el cv *Ámsterdam* presentó pellas de 800 g, siendo 50% de grandes y 8% de chicas. El cv *Encanto*, con un promedio de 600 g, produjo 67% de pellas medianas y el resto chicas.

Los defectos observados fueron amarillamiento en menos del 40% de las pellas de los cvs *Encanto*, *Ámsterdam* y *Balboa*. En los cvs *Smilla*, *Julia* y *Cortijo* se registró hasta un 20% de pellas suavemente rosadas (Figura 5.12 g). El defecto de pellas rosas o rosadas se debe al desarrollo de coloraciones púrpuras en el interior de las ramificaciones, probablemente a raíz de la síntesis de antocianinas en la pella (Harborne, 1988; citado por Gould *et al.*, 2000). Como causal de este defecto se menciona, entre otros principalmente, a las bajas temperaturas (Hemphill, 2005; Irani & Grotewold, 2005).

b) Cultivares productores de pellas de buena calidad

Los cultivares *Cassius* (1,50), *Barcelona* (1,50), *1843* (1,60) y *Candid Charm* (1,70) no resultaron estadísticamente diferentes entre sí. En los cvs *Cassius* y *Barcelona* hubo 50% de pellas de grado 1 y 50% de grado 2; mientras en el cv *1843*, el 50% de las pellas fue de grado 1, y el 10% de grado 3. En el cv *Candid Charm* el 25% de las pellas fueron de grado 1 y las restantes de grado 2. El color característico fue intermedio entre blanco crema (2.5Y 8/2) y blanco tiza (5Y 8/1) en el cv *Candid Charm*, y blanco crema (2.5Y 8/2) en los restantes cultivares.

Fueron observadas diferencias significativas en el tamaño de las pellas entre los cultivares. Los cvs *Candid Charm*, *Cassius* y *1843* produjeron pellas medianas con promedios de 830 g, 770 g y 590 g, respectivamente. En el cv *1843* la distribución fue de 70% de pellas medianas y ninguna grande; mientras el cv *Cassius* produjo 37% de pellas grandes y la misma cantidad de chicas. En el cv *Candid Charm* la distribución fue 10%, 70% y 20%, de pellas grandes, medianas y chicas. En el cv *Barcelona* el peso promedio fue de 1000 g y el 70% correspondió a la categoría grande, mientras que el 10% fueron pellas chicas.

Los defectos observados fueron, amarillamiento, probablemente provocado por el sol (Jaya *et al.*, 2002) en el cv *Barcelona* y *Candid Charm* y en menor grado en *Cassius*. Este último

cultivar también presentó, aunque en pocas pellas, desarrollo de finas vellosidades producto de la exposición en estadios tempranos del crecimiento a temperaturas por encima del óptimo (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). Este defecto también fue observado en el cv 1843 junto al desarrollo de pellas rosadas, probablemente producto de las bajas temperaturas (Hemphill, 2005; Irani & Grotewold, 2005). Aparecen en este cultivar dos defectos provocados por temperaturas contrastantes, lo que podría ser indicio de diferentes períodos de sensibilidad a cada uno de estos defectos en función del estado de desarrollo de la planta.

Los cultivares Phantom (1,75), White Magic (1,80), Amazing (1,83), Alpina (1,85) y Majestic (1,92) no tuvieron diferencias estadísticas entre ellos. En el cv Phantom el 30% de las pellas fue de grado 1 y el resto de grado 2. El cv Alpina también produjo el 30% de pellas grado 1, aunque el 8% fue de grado 3. El cv White Magic produjo 60% de pellas de grado 1 y 20% de pellas de grado 2, mientras que el 20% restante fue considerado no comercial. Los cvs Majestic y Amazing produjeron aproximadamente 30% de pellas de grado 1, aunque Amazing produjo 8% de grado 3 y Majestic el 28% de esta categoría. El color característico de las pellas fue blanco tiza (5Y 8/1) en el cv White Magic, blanco crema (2.5Y 8/2) en Phantom, Amazing y Alpina, e intermedio entre estos dos en el cv Majestic.

Los cvs Amazing y Majestic produjeron las pellas mas chicas (<500 g), siendo el 42% de esta categoría, y el 16% y 25% de pellas fueron no comerciales (<150 g) en Amazing y Majestic, respectivamente. El cv Phantom tuvo un peso promedio de pella de 660 g y produjo 84% de medianas y 8% de grandes y chicas. En Alpina el peso promedio de las pellas fue 730 g, siendo la distribución de 25%, 45% y 30%, de grandes, medianas y chicas. El cv White Magic produjo las pellas mas grandes (>1200 g), con una distribución de 60% de grandes y solo 10% de chicas.

Los defectos observados fueron sensibilidad al amarillamiento provocado por el sol (Jaya *et al.*, 2002) en el cv Amazing, y con menor frecuencia en el cv Phantom, aunque en este último estuvo asociado con el desarrollo de vellosidades. Estas vellosidades también se observaron, pero en forma más intensa en el cv White Magic. En Majestic y Alpina se presentó en algunas de

las pellas una combinación de fino arrozado con pellas rosadas, y en el cv Alpina asociado también con leve amarillamiento.

c) Cultivares productores de pellas de aceptable calidad

Los cultivares Memphis (2,00), Skywalker (2,08) y Cashmere (2,10) tuvieron una calidad visual promedio sin diferencias estadísticas entre ellos. El cv Skywalker produjo mayor porcentaje de pellas de buena calidad, con una distribución de 25%, 45% y 30% de pellas de grado 1, 2 y 3, respectivamente. En el cv Memphis el 17% de las pellas fue de grado 1 y 3, y el 66% restante de grado 2. El cv Cashmere produjo solamente 10% de pellas de grado 1, 80% de grado 2 y las restantes no comerciales. El color de las pellas cosechadas en óptimo estado fue blanco tiza (5Y 8/1) en los cvs Skywalker y Cashmere y blanco crema (2.5Y 8/2) en Memphis.

Los cvs Cashmere y Memphis produjeron pellas en promedio chicas, con ligeras diferencias entre ellos. El cv Memphis presentó pellas con un promedio cercano a 400 g, siendo 88% de pellas chicas y solo 12% de medianas. Por su parte el cv Cashmere produjo pellas de 480 g de promedio de las cuales el 50% fueron chicas y el resto medianas. El cv Skywalker produjo pellas grandes (>1000 g) con una distribución de 15% de chicas, 40% de medianas y 45% de grandes.

El cv Cashmere presentó como principal defecto el desarrollo de pellas rosadas, siendo intensas en algunos casos. Por su parte, en el cv Memphis se observó el desarrollo de vellosidades de distinta intensidad y el cv Skywalker fue sensible al amarillamiento provocado por la exposición al sol y en algunas pellas se observó también el desarrollo de arrozado.

d) Cultivares productores de pellas de calidad inferior

Los cvs 1844 (2,25), Incline (2,50) y G 390 (2,70) no tuvieron diferencias estadísticas en la calidad entre sí (Cuadro 5.24). Los cvs Incline y 1844 produjeron 10% de pellas de grado 1, las restantes se dividieron en partes iguales entre pellas de grado 2 y 3 en el cv 1844, y en el cv Incline el 10% fue no comercial. El cv G 390 no produjo pellas de grado 1, el 50% fue de grado 3

y el 10% no comercial. El color característico de las pellas de los cvs 1844 e Incline fue blanco crema (2.5Y 8/2) y blanco tiza en G 390 (5Y 8/1).

Los cvs Incline y G 390 produjeron pellas medianas (>770 g) sin diferencias entre ellas. La distribución en Incline fue equitativa entre pellas grandes, medianas y chicas; mientras en el cv G390 el 60% de las pellas fueron medianas y hubo igual proporción de grandes y chicas. El cv 1844 tuvo pellas chicas (385 g), siendo el 25% de tamaño medio y aproximadamente 60% no comerciales.

Los cvs G 390 e Incline, aumentaron la incidencia y severidad del desarrollo de vellosidades respecto al ambiente dentro del invernadero. Mientras que en el cv 1844 las vellosidades se desarrollaron en forma leve y acompañadas por la aparición de intensa coloración púrpura sobre las pellas.

e) Cultivares productores de pellas no comerciales

En este ambiente, los cultivares KS 40 (4,00), KS 60 (4,00) y Belot (4,00) no fueron capaces de producir ninguna pella de calidad comercial. En el caso de Belot, el 100% de ellas estuvieron cubiertas de hojas, sin registrarse la presencia de tallos huecos. Mientras que en los cvs KS 40 y KS 60 el 100% de las plantas sufrieron abotonamiento y ninguna de sus pellas superó los 50 g de peso. Reforzando, de esta forma, lo observado en el ensayo realizado en el invernadero de que se trata de cultivares con una mala adaptación a las condiciones climáticas ocurridas durante el ciclo del cultivo.

Longitud del ciclo: días a cosecha

Los genotipos estudiados presentaron en este ambiente diferencias significativas en los días desde el transplante a inicio de cosecha. El promedio de las desviaciones estándar fue 4,9 (Cuadro 5.25), lo que significa que fue necesario un período aproximado de 10 días para cosechar el 68% de las pellas. Desvíos mayores se observan en los cvs KS 40 y Belot, en los cuales fueron necesarios al menos 20 días para alcanzar este mismo nivel de cosecha.

Cuadro 5.25: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados sobre el promedio de los días de transplante a inicio de cosecha (d), porcentaje de materia seca de las pellas (% MS Pella) y proporción de la partición de la materia seca a la pella (Índice cosecha). Transplante al aire libre – invierno de 2003.

Cultivar	Período ** z transp-cosecha		S y	% MS Pella **		CV x	Índice cosecha **		CV x
1 KS 40	57,3	b ^w	11,5	13,7	b	10,8	0,19	b	49,6
2 Madrid 70	83,0	c	4,7	8,8	a	16,7	0,39	c	13,4
3 Majestic	83,6	c	5,0	7,1	a	7,4	0,42	c	6,4
4 Candid Charm	99,2	e	4,5	9,1	a	3,6	0,52	d	3,8
5 Cashmere	91,0	d	2,9	10,0	a	5,3	0,50	d	5,9
6 White Magic	98,0	e	2,5	7,2	a	4,6	0,34	c	6,1
7 Memphis F1	105,0	f	5,1	8,9	a	20,8	0,21	b	9,4
8 1843 F1	95,8	d	4,8	7,4	a	10,5	0,38	c	33,5
9 1844 F1	91,0	d	1,5	8,7	a	14,5	0,47	d	5,8
10 Clyde	No germinó								
11 G 390	100,3	e	4,5	7,6	a	8,4	0,35	c	15,9
12 Balboa	98,8	e	4,1	7,4	a	8,3	0,46	d	8,7
13 Bonny (LD)	100,6	e	8,0	8,0	a	3,5	0,43	c	22,6
14 Don Mario	Parcela perdida								
15 Incline	102,2	e	5,8	7,2	a	3,7	0,34	c	13,2
16 Julia	97,8	e	3,5	9,3	a	2,1	0,48	d	9,6
17 KS 60	39,1	a	3,4	15,2	c	17,8	0,10	a	32,7
18 Bonny (Hurst)	No germinó								
19 Smilla	96,3	e	4,0	7,2	a	17,2	0,36	c	37,2
20 Belot F1	122,6	g	16,5	9,6	a	6,4	0,21	b	48,8
21 Alpina F1	103,6	f	3,4	8,5	a	5,5	0,36	c	32,1
22 Cassius F1	106,8	f	7,8	9,2	a	16,8	0,48	d	3,5
23 Somerset F1	96,7	e	3,1	7,7	a	7,8	0,51	d	2,5
24 Encanto F1	96,2	e	2,6	8,2	a	7,4	0,49	d	4,9
25 Skywalker F1	106,7	f	5,2	7,8	a	11,9	0,36	c	6,0
26 Amazing	103,0	f	5,3	9,9	a	4,1	0,37	c	35,2
27 Phantom F1	105,7	f	3,8	8,4	a	11,2	0,36	c	31,9
28 Cortijo	92,3	d	1,6	8,4	a	6,1	0,55	d	1,1
29 Verona	No germinó								
30 Barcelona	97,4	e	0,97	9,0	a	4,0	0,53	d	9,8
31 Ámsterdam	101,2	e	2,5	8,9	a	19,2	0,46	d	4,0
Total	95,2		4,9	9,5		12	0,36		15,1

^z Resultado de ANOVA: ^{NS}, **, *, diferencias no significativas y significativas al 1% y 5% respectivamente.

^y Desviación estándar

^x CV es el coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje.

^w Medias seguidas con la misma letra no muestran diferencias significativas para el Test de Tukey al 5%.

Dadas las condiciones ambientales ocurridas solamente el 22% de los cultivares tuvo ciclos cortos, es decir de 90 días o menos desde el transplante hasta la cosecha. El resto de los cultivares se comportó como de ciclo intermedio, entre 90 y 120 días, con excepción del cv Belot que fue de ciclo largo al igual que en el ambiente en invernadero (Cuadro 5.25).

Los cultivares KS 40 (1) y KS 60 (17) fueron los de ciclo más corto, con menos de 60 días desde transplante a cosecha, período muy breve que no permitió el crecimiento y formación de una pella de tamaño comercial. El grupo de cultivares que se comportaron como tempranos estuvo integrado por Madrid (2) y Majestic (3), con 85 días desde transplante a cosecha, los cuales fueron los cultivares de ciclo más corto en esta condición ambiental capaces de producir pellas comerciales. Se incluyen también en este grupo los cvs Cashmere (5), 1843 (8), 1844 (9) y Cortijo (28), los que tuvieron ciclos de 90 días desde transplante a cosecha (Figura 5.19).

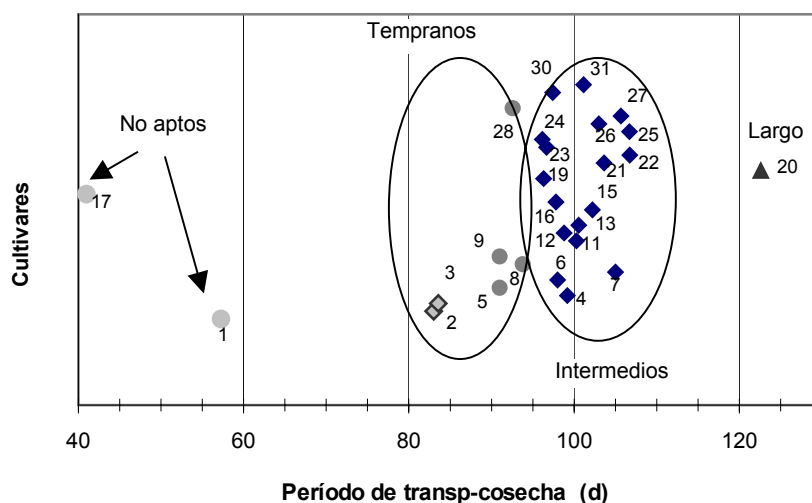


Figura 5.19: Días promedio desde el transplante hasta la cosecha para cada uno de los cultivares utilizados. Transplante al aire libre – invierno de 2003.

El grupo más numeroso quedó integrado por los cvs Candid Charm (4), White Magic (6), Memphis (7), G 390 (11), Balboa (12), Bonny (LD) (13), Incline (15), Julia (16), Smilla (19), Alpina (21), Cassius (22), Somerset (23), Encanto (24), Skywalker (25), Amazing (26), Phantom (27),

Barcelona (30) y Ámsterdam (31); los que tuvieron ciclos intermedios entre 96 y 107 días. En el extremo superior se encuentra el cv Belot (20) con más de 120 días desde transplante a cosecha (Figura 5.19).

Porcentaje de materia seca de la pella

El análisis de la varianza indica que hubieron diferencias significativas en el porcentaje de materia seca de la pella entre los cultivares (Cuadro 5.25). La mayor parte de los cultivares tuvo poca variabilidad dentro de las muestras, y las diferencias entre máximo y mínimo fueron menores a dos unidades. El 18% de los cultivares tuvo una amplitud mayor, entre dos y cuatro unidades entre máximo y mínimo, mientras en el cv KS 60 esta diferencia se amplió a más de siete unidades.

Los cvs KS 40 y KS 60 tuvieron diferencias estadísticas en el porcentaje de materia seca de la pella con respecto a los restantes cultivares, observándose porcentajes mayores a 13%, siendo la media del resto de los cultivares 8,4% (Cuadro 5.25). Tuvieron porcentajes de materia seca cercanos a 10% los cvs Cashmere, Amazing y Belot. De este grupo, Amazing dio pellas de buena calidad y Cashmere aceptable, el resto de los cultivares tuvieron pellas no comerciales.

Por otro lado los cvs Balboa, White Magic, Smilla, Incline y Majestic fueron los que tuvieron los menores porcentajes de materia seca de las pellas, con valores entre 7,1% y 7,4%. De estos, solamente el cv Incline produjo pellas de calidad inferior, siendo el resto buenas y muy buenas. Así como fue observado para la situación dentro del invernadero se encontró una correlación negativa entre la calidad y el porcentaje de materia seca, sin embargo esta relación desaparece si no se consideran los cultivares KS 40, KS 60 y Belot (Cuadro 5.26).

Cuadro 5.26: Estimación del coeficiente de correlación de Pearson para la relación entre la calidad promedio de las pellas por cultivar y el porcentaje de materia seca de la pella. Transplante al aire libre-invierno de 2003

			%MS PELLA
Totalidad cultivares	CALIDAD	Correlación Pearson	0,676 **
		Sig (2 – tailed)	0,000
		N	27
Sin Belot, KS 40 y KS 60	CALIDAD	Correlación Pearson	-0,072
		Sig (2 – tailed)	0,739
		N	24

** Correlación significativa al nivel de 0,01 (2-colas).

Partición de la materia seca

Fueron observadas diferencias significativas en la proporción de partición de materia seca hacia la pella entre los cultivares en este ambiente (Cuadro 5.25). El promedio total fue 0,36 y los menores valores de partición de materia seca fueron para los cvs KS 60 (0,10) KS 40 (0,19), Belot (0,21) y Memphis (0,21), con diferencias entre ellos (Figura 5.20).

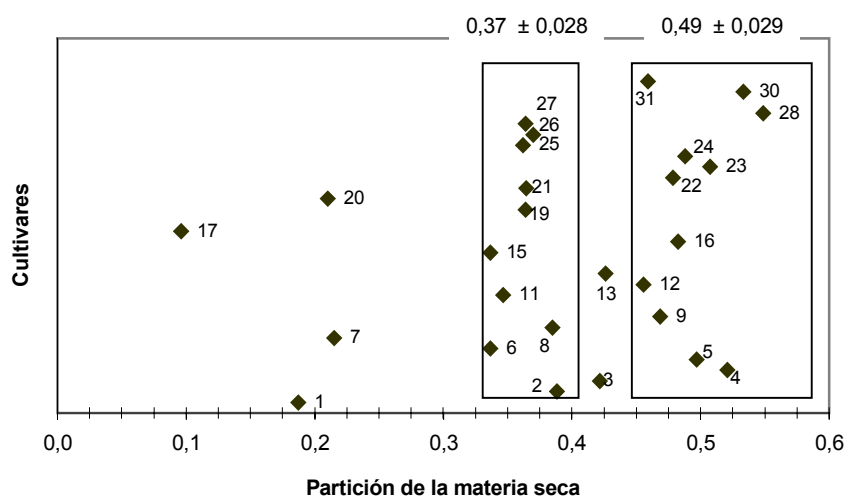


Figura 5.20: Promedio de la partición de la materia seca hacia la pella en cada uno de los cultivares utilizados. Transplante al aire libre – invierno de 2003.

Los cvs Cortijo, Barcelona y Somerset destinaron al menos la mitad de la materia seca producida a la formación de la pella (Cuadro 5.25). Se observaron dos grupos de cultivares sin diferencias estadísticas entre ellos, el primero reunió el 44% de los cultivares, cuya partición fue $0,37 \pm 0,03$. El segundo grupo incluyó el 41% de los cultivares, los que tuvieron una partición de $0,49 \pm 0,03$ (Figura 5.20).

Análisis de componentes que afectan la producción en cultivares de coliflor de ciclo verano-otoño

Se observaron diferencias significativas entre los cultivares con respecto al número de hojas finales, como así también en el peso seco de pella, hojas y tallo. El CV del número de hojas formadas fue menor al observado para el peso seco de pella, hojas y tallo (Cuadro 5.27), reafirmando que el número de hojas es un carácter más estable de una planta a otra que el peso seco de las partes.

El número y el peso seco de las hojas se incrementaron con el tiempo transcurrido entre transplante y cosecha, así fue que cultivares de ciclos largos tuvieron mayor peso seco foliar y formaron mayor cantidad de hojas que aquellos de ciclos cortos (Figura 5.21 a y 5.21 b). Asimismo se observó un incremento en el peso fresco de las pellas al aumentar tanto el número como el peso seco de las hojas (Figura 5.22 a y 5.22 b). Esto coincide con lo observado en la experiencia realizada dentro del invernadero, corroborando que cultivares de ciclos más largos forman mayor cantidad de hojas y, dado que el peso foliar en el momento de inducción es mayor, es posible la formación de pellas de mayor tamaño (Wurr & Fellows, 1984; Wurr *et al.*, 1988; Booi, 1990 a y b; Olesen & Grevsen, 1997).

Cuadro 5.27: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación de cultivares, sobre el número de hojas finales (Nº Hojas), el peso seco de la pella (PS Pella), de las hojas (PS Hojas), del tallo (PS Tallo) y del total de la planta (PS Total). Transplante al aire libre – invierno de 2003.

Nº	Cultivar	Nº Hojas ** z	PS Pella **	PS Hojas **	PS Tallo **	PS Total **
			- g -	- g -	- g -	- g -
1	KS-40	20,7 b ^y	2,6 a	7,7 a	1,0 a	11,2 a
2	Madrid	28,3 d	20,8 b	26,2 b	4,2 b	51,2 b
3	Majestic	29,0 d	33,1 b	39,4 b	5,9 b	78,4 b
4	Candid Charm	29,0 d	87,4 d	67,9 c	12,1 c	167,4 c
5	Cashmere	28,7 d	49,4 c	42,0 b	7,3 b	98,7 b
6	White Magic	31,3 e	81,0 c	131,6 d	26,5 e	239,2 d
7	Memphis F1	32,0 e	28,6 b	89,5 c	16,4 c	134,5 c
8	1843 F1	29,0 d	51,4 c	79,7 c	12,6 c	143,7 c
9	1844 F1	29,7 d	35,9 b	33,6 b	5,8 b	75,3 b
10	Clyde			No germinó		
11	G 390	33,3 e	55,9 c	86,7 c	19,7 d	162,3 c
12	Balboa	28,3 d	79,5 c	81,0 c	11,9 c	172,4 c
13	Bonny (LD)	30,7 e	58,3 c	63,0 c	11,6 c	132,9 c
14	Don Mario			Parcela perdida		
15	Incline	31,3 e	68,1 c	113,1 d	22,4 d	203,5 d
16	Julia	30,7 e	91,7 d	83,7 c	15,1 c	190,5 d
17	KS-60	15,3 a	0,1 a	0,9 a	0,2 a	1,2 a
18	Bonny (Hurst)			No germinó		
19	Smilla	30,7 e	77,9 c	111,5 d	19,5 d	209,0 d
20	Belot F1	39,0 f	122,3 d	366,3 e	80,8 f	569,4 e
21	Alpina F1	30,0 d	68,5 c	97,8 d	15,4 c	181,8 d
22	Cassius F1	24,3 c	76,8 c	70,4 c	12,7 c	159,8 c
23	Somerset F1	23,7 c	120,5 d	101,2 d	15,9 c	237,6 d
24	Encanto F1	27,0 d	53,6 c	48,5 b	7,7 b	109,7 b
25	Skywalker F1	27,0 d	70,2 c	101,9 d	21,5 d	193,6 d
26	Amazing	29,3 d	34,8 b	47,9 b	7,2 b	89,9 b
27	Phantom F1	33,0 e	44,7 b	64,8 c	13,6 c	123,1 c
28	Cortijo	23,7 c	88,9 d	61,2 c	11,9 c	162,0 c
29	Verona			No germinó		
30	Barcelona	26,3 d	95,3 d	67,3 c	13,2 c	175,8 c
31	Ámsterdam	28,3 d	63,1 c	60,7 c	14,1 c	137,9 c
Total		27,0	53,5	67,1	12,6	133,2
CV^x		6,9	19,08	16,3	27,8	19,4

^z NS, **, *, diferencias no significativas y significativas al 1% y 5% respectivamente.

^y Medias seguidas con la misma letra no muestran diferencias significativas para el Test de Tukey al 5%.

^x CV% es el coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje.

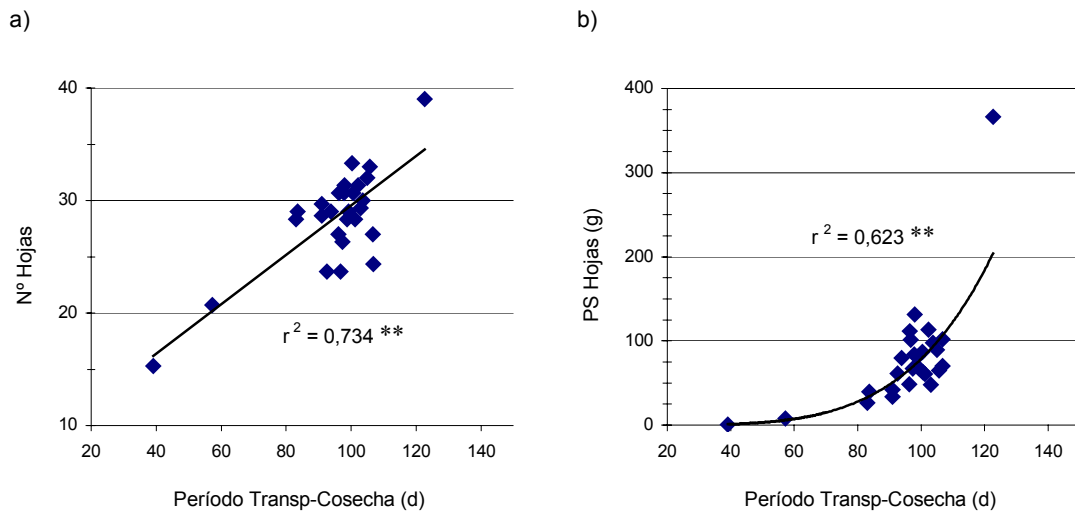


Figura 5.21: a) Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b) Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **,*, significativa al 1% y 5% respectivamente. Transplante al aire libre– invierno de 2003.

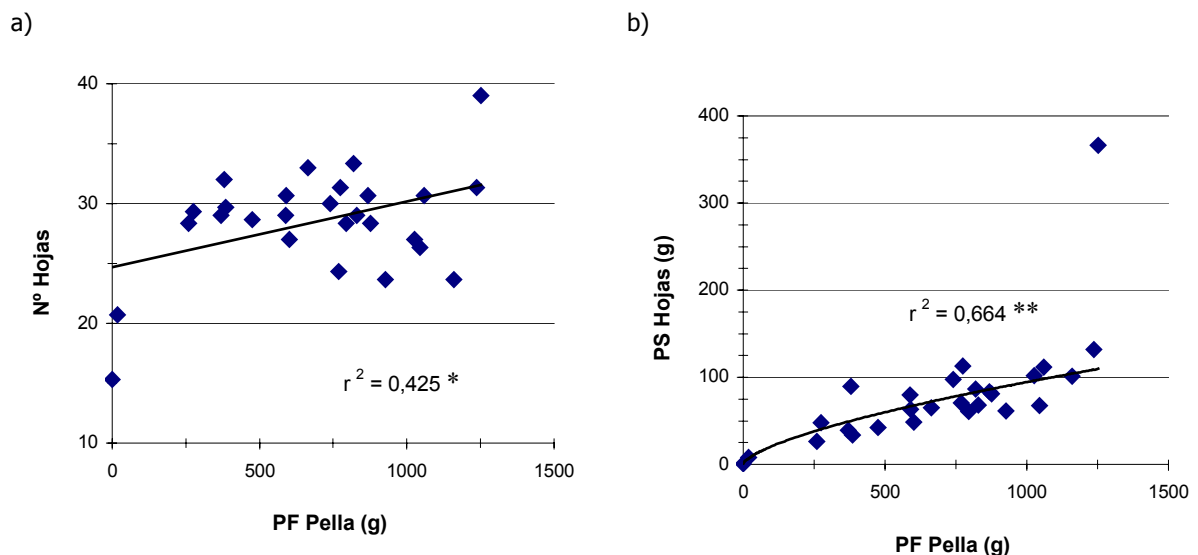


Figura 5.22: a) Relación entre el peso fresco promedio de la pella (PF Pella) y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b) Relación entre el peso fresco de la pella (PF Pella) y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **,*, significativa al 1% y 5% respectivamente. Transplante al aire libre – invierno de 2003

El número y el peso seco de las hojas se incrementaron con el tiempo transcurrido entre transplante y cosecha, así fue que cultivares de ciclos largos tuvieron mayor peso seco foliar y formaron mayor cantidad de hojas que aquellos de ciclos cortos (Figura 5.21 a y 5.21 b). Asimismo se observó un incremento en el peso fresco de las pellas al aumentar tanto el número como el peso seco de las hojas (Figura 5.22 a y 5.22 b). Esto coincide con lo observado en la experiencia realizada dentro del invernadero, corroborando que cultivares de ciclos más largos forman mayor cantidad de hojas y, dado que el peso foliar en el momento de inducción es mayor, es posible la formación de pellas de mayor tamaño (Wurr & Fellows, 1984; Wurr *et al.*, 1988; Booi, 1990 a y b; Olesen & Grevsen, 1997).

Los cvs KS 40 y KS 60 tuvieron ciclos muy cortos y pellas de tamaño no comercializable, ambos forman parte del grupo 1 de mayor precocidad (Figura 5.23). El grupo 2, estuvo formado por los cvs Madrid, Amazing, Majestic, Memphis, 1844 y Cashmere, aquí se incluyen cultivares con 20 días de diferencia en la longitud del período hasta cosecha, pero que han tenido pellas con peso fresco promedio inferior a los 500 g (pellas chicas). El grupo 3 incluye los cvs Candid Charm, 1843, G 390, Balboa, Bonny (LD), Incline, Alpina, Cassius, Encanto, Phantom, Cortijo y Ámsterdam. En este grupo el período de transplante a cosecha fue entre 90 y 110 días y las pellas producidas pertenecieron a la categoría medianas ($1000 < g < 500$). En el grupo 4 formado por los cvs White Magic, Smilla, Somerset, Skywalker y Barcelona, los cultivares tuvieron un período de transplante a cosecha entre 90 y 110 días, pero las pellas cosechadas fueron grandes (>1000 g). En el cv Belot las pellas cosechadas fueron grandes y el ciclo fue superior a 120 días (Figura 5.23).

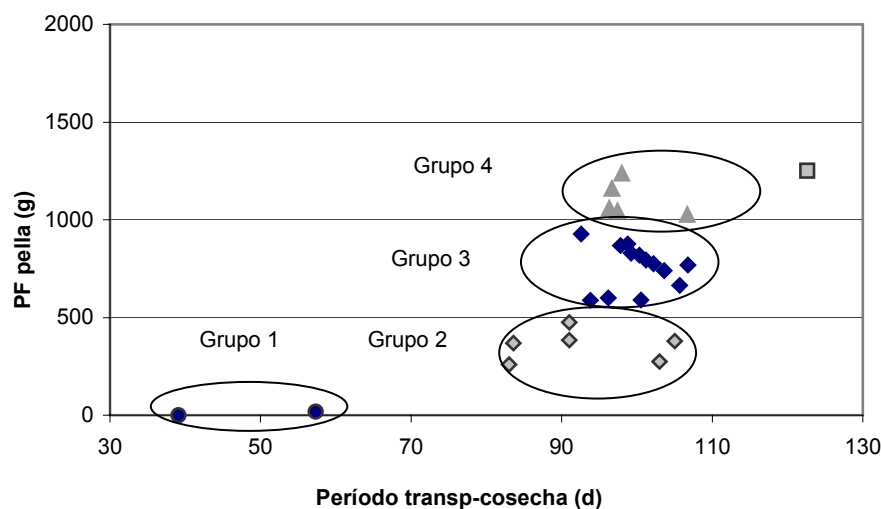


Figura 5.23: Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio de peso fresco de las pellas (PF pellas) por cultivar. Transplante al aire libre–invierno de 2003.

El análisis de conglomerados originó el dendrograma de las distancias observadas para los cultivares de coliflor en función de las variables analizadas en este ambiente (Figura 5.24). A una distancia del 50% del máximo se observa la formación de tres grupos bien definidos:

- El grupo A, donde se encuentra solo el cultivar Belot (20). En esta situación también fue el cultivar de ciclo más largo, mayor cantidad de hojas y pellas grandes pero la calidad comercial del producto no fue satisfactoria.
- El grupo B, concentra el 89% de los cultivares. En este grupo es posible apreciar que los cvs Madrid (2) y Majestic (3), 1844 (9) y Amazing (26) mostraron un comportamiento muy semejante. Tuvieron similar cantidad de hojas, pellas pequeñas y el período desde transplante a cosecha fue menor a 100 días en los cuatro cultivares. También fueron muy similares los cvs Candid Charm (4) y Julia (16) y los cvs G 390 (11) e Incline (15). Los primeros se caracterizaron por tener similar calidad, tamaño y peso de las pellas, con poca diferencia en la cantidad de días desde transplante a cosecha. Los cultivares Incline y G 390 fueron similares en peso y calidad de las pellas, así como en la cantidad de hojas finales, la partición de la materia seca y los días desde transplante a cosecha. Ambos han producido pellas medianas y de inferior calidad.

- El grupo C, donde se concentraron los cvs KS 40 (1) y KS 60 (17) muy similares entre sí, los que tuvieron ciclos muy cortos y pellas muy chicas y sin calidad comercial.

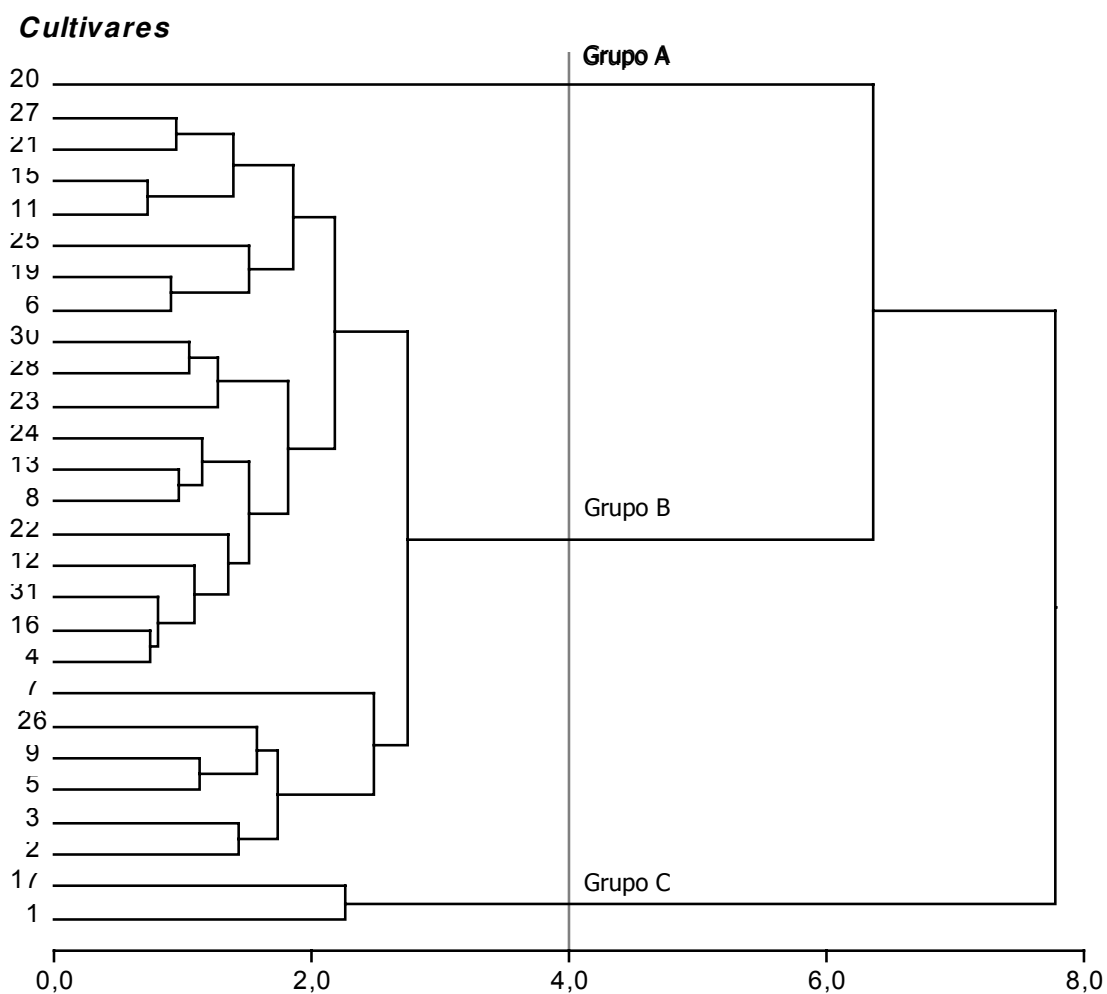


Figura 5.24: Dendrograma del agrupamiento de 27 cultivares de coliflor utilizados en el ensayo de evaluación, según método de cálculo UPGMA y matriz de distancias euclídeas. Transplante aire libre - invierno de 2003. Correlación cofenética: 0,950.

5.2.2.3. Consideraciones del análisis de cultivares en transplante al aire libre – invierno de 2003

- Las variaciones obtenidas en la calidad comercial de las pellas fueron muy amplias, observándose cultivares de muy buena calidad, pero también cultivares de mala adaptación y deficiente calidad. El 67% de los cultivares fueron clasificados como productores de pellas de muy buena y buena calidad en este ambiente.
- Entre los cultivares de mala adaptación en estas condiciones de cultivo se destacan KS 40, KS 60 y Belot, que no produjeron ninguna pella de calidad comercial aceptable.
- El defecto mas observado fue el amarillamiento, y la incidencia de problemas como el arrozado, el desarrollo de vellosidades y coloración púrpura fueron mínimas. Se observó la aparición de pellas rosadas, defecto posiblemente ocasionado por las bajas temperaturas (Hemphill, 2005; Irani & Grotewold, 2005).
- El 70% de los cultivares tuvieron ciclos intermedios, produciendo pellas entre 500 g y 1500 g de promedio.

5.2.3. Transplante al aire libre – verano de 2004.

En el transplante realizado el 19 de enero de 2004 la cosecha se inició el día 21 de marzo con los cultivares KS 40 y KS 60, que presentaron la mayor precocidad. El 24 de marzo comenzó la cosecha de Majestic y continuó con los restantes cultivares hasta finalizar el 28 de junio, luego de un período total de cosecha de 95 días. La excepción fue el cv Belot cuya cosecha se inició el día 17 de julio y se prolongó durante 10 días.

5.2.3.1. Condiciones ambientales durante el experimento

Las temperaturas máximas medias mensuales desde el trasplante hasta la finalización del experimento fueron entre 1,5 °C y 4 °C superiores a las registradas durante el período 94-05, excepto en el mes de mayo en que fue inferior. Las temperaturas mínimas medias tuvieron diferencias menos marcadas, siendo en algunos meses superiores y en otros inferiores (Cuadro 5.28). Esto indica que en el año en que se realizó la experiencia las estaciones de verano y otoño fueron más cálidas que el promedio del período 94-05.

Cuadro 5.28: Temperaturas mínimas y máximas medias mensuales durante el período de trasplante a cosecha. Transplante al aire libre – verano de 2004.

<i>Mes</i>	Período 94-05		Aire libre 2004	
	Mín media	Máx media	Mín media	Máx media
Enero	19,7 °C	32,0 °C	19,9 °C	35,1 °C
Febrero	18,5 °C	30,3 °C	17,1 °C	31,9 °C
Marzo	17,7 °C	28,9 °C	16,4 °C	32,9 °C
Abril	13,5 °C	24,4 °C	16,3 °C	27,6 °C
Mayo	10,8 °C	21,7 °C	8,9 °C	20,3 °C
Junio	8,2 °C	18,6 °C	8,4 °C	22,4 °C
Julio	6,3 °C	18,3 °C	6,8 °C	21,3 °C

También se observó que durante los meses de enero, marzo, abril y junio fueron superadas las temperaturas máximas absolutas registradas durante el período 94-05, siendo las temperaturas mínimas absolutas muy superiores a las del citado período (Cuadro 5.29). Durante los meses de enero hasta abril, inclusive, las temperaturas mínimas medias registradas fueron superiores a las consideradas como óptimas para la iniciación de la coliflor. En general se acepta como temperaturas óptimas para la inducción de la pella las comprendidas entre 9 °C y 14 °C, con un límite máximo de 21 °C a 24 °C, tanto para cultivares tempranos como tardíos (Wurr & Fellows, 2000).

Cuadro 5.29: Temperaturas mínimas y máximas absolutas del período 1994-2005 y registradas al aire libre correspondientes al período desde transplante a cosecha. Transplante aire libre-verano de 2004.

Mes	Período 94-05		Aire libre 2004	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Enero	10,4 °C	40,0 °C	13,6 °C	40,5 °C
Febrero	9,6 °C	40,1 °C	11,6 °C	36,2 °C
Marzo	5,0 °C	37,7 °C	13,1 °C	38,9 °C
Abril	0,2 °C	34,5 °C	7,8 °C	36,5 °C
Mayo	-1,0 °C	36,0 °C	3,2 °C	26,0 °C
Junio	-3,4 °C	30,0 °C	-1,9 °C	32,1 °C
Julio	-7,0 °C	33,7 °C	-3,0 °C	29,9 °C

5.2.3.2. Comportamiento de los cultivares en estudio

El cuadro 5.30 presenta el comportamiento de los cultivares en estudio para los parámetros relacionados con la calidad y productividad cuando fueron transplantados al aire libre durante las estaciones de verano y otoño.

Calidad comercial de las pellas producidas

Se observaron diferencias altamente significativas en la calidad visual de las pellas cosechadas de los cultivares en estudio (Cuadro 5.30). El CV total fue 28%, pero la mayor parte de ellos tuvieron CV superiores a este valor, esto se debió a la influencia ejercida por los cvs KS 60 y Phantom que produjeron pellas de calidad homogénea. Los cvs KS 40, 1844 y Barcelona ejercieron el mismo tipo de efecto dado que sus CV fueron inferiores al 15%, por otro lado los cultivares Bonny (LD) y Smilla fueron los más heterogéneos en su calidad visual, con CV superiores al 50% (Cuadro 5.30).

Un comportamiento similar fue observado para las variables diámetro y peso fresco de las pellas, donde se encontraron diferencias altamente significativas entre los distintos cultivares (Cuadro 5.30). El CV total para el diámetro de la pella fue inferior al 15% y solo se destacó por su

elevado CV el cv Barcelona, cuyo valor fue superior al 40%. Por otro lado el CV del peso fresco de las pellas fue superior al observado para el diámetro, mas aún al considerar los coeficientes para cada uno de los cultivares. Si bien el CV total fue 36%, hubieron cultivares en que esta medida de dispersión fue cercana o superior al 100%, esto se observa en los cvs Verona, Barcelona y Ámsterdam. En el otro extremo los cvs Candid Charm, White Magic y 1844 tuvieron CV cercanos o menores al 20% (Cuadro 5.30).

El análisis realizado mediante la utilización del test de separación de medias de Scott-Knott ($P \leq 0,05$) permitió identificar entre los cultivares que presentaron un comportamiento similar para cada una de las variables analizadas. Este análisis permitió formar grupos de acuerdo a la calidad visual dentro de los cuales no se observaron diferencias de significación estadística (Cuadro 5.30).

a) Cultivares productores de pellas de muy buena calidad

En el cv Phantom el total de las pellas producidas fue de grado 1, siendo el CV nulo, el color característico de estas pellas fue el blanco crema (2.5Y 8/2). Los cvs Memphis (1,17), Incline (1,17), Julia (1,17) y Amazing (1,20) produjeron pellas de muy buena calidad en este ambiente, no resultando diferentes entre sí. Las pellas de grado 1 representaron entre el 80% y 83% en estos cultivares, siendo las restantes de grado 2. En Memphis el color característico fue el blanco tiza (5Y 8/1) y en los cvs Incline, Julia y Amazing fue el blanco crema (2.5Y 8/2).

Los cvs Memphis y Julia produjeron las pellas de mayor peso promedio (>1500 g), siendo catalogadas grandes el 75% en el primer cultivar y el 100% en el segundo. El cv Incline tuvo un peso promedio inferior, 1300 g, donde el 83% de las pellas fueron grandes y las restantes medianas. Amazing produjo pellas tamaño medio y Phantom pellas chicas; siendo la distribución 60/40 y 33/67, entre medianas y chicas, en Amazing y Phantom, respectivamente.

Cuadro 5.30: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares, sobre el promedio de calidad visual, diámetro (cm) y peso fresco (g) de las pellas. Transplante al aire libre – verano de 2004.

Cultivar	Calidad comercial de las pellas							
	cal visual ** z	CV y	diámetro **	CV	peso **	CV		
1 KS 40	3,42 x d w	14,9	9,4 a	15,3	143 a	37,8		
2 Madrid 70	2,60 c	20,0	14,7 c	11,2	683 b	30,7		
3 Majestic	2,40 c	21,7	14,6 c	11,6	803 b	33,9		
4 Candid Charm	1,50 a	35,3	18,1 d	6,7	1197 c	20,9		
5 Cashmere	2,89 c	20,1	16,7 d	12,4	809 b	31,6		
6 White Magic	2,42 c	41,3	18,6 e	8,3	1076 b	19,0		
7 Memphis F1	1,17 a	33,3	19,9 e	12,6	1557 d	36,0		
8 1843 F1	3,30 d	24,8	14,5 c	13,3	567 a	38,3		
9 1844 F1	3,70 d	13,0	16,5 d	7,1	737 b	18,2		
10 Clyde	2,00 b	44,5	16,8 d	8,8	927 b	39,2		
11 G 390	1,50 a	36,7	18,1 d	8,9	1181 c	32,3		
12 Balboa	1,29 a	38,0	22,2 e	8,9	2393 e	29,4		
13 Bonny (LD)	1,40 a	50,0	17,2 d	8,5	842 b	28,2		
14 Don Mario	1,91 b	28,3	16,2 d	15,0	766 b	40,4		
15 Incline	1,17 a	33,3	19,0 e	5,4	1331 c	22,2		
16 Julia	1,17 a	35,0	20,1 e	6,6	1661 d	29,8		
17 KS 60	3,00 c	0,0	11,9 b	9,2	346 a	30,8		
18 Bonny (Hurst)	1,86 b	48,4	16,7 d	8,0	711 b	33,5		
19 Smilla	1,67 a	52,1	17,6 d	13,7	969 b	38,3		
20 Belot F1	1,55 a	44,5	20,1 e	8,9	2093 e	42,7		
21 Alpina F1	1,63 a	31,9	18,4 e	13,2	1190 c	31,1		
22 Cassius F1	2,50 c	32,0	13,6 c	14,2	388 a	39,3		
23 Somerset F1	2,70 c	17,8	13,1 c	8,6	358 a	29,1		
24 Encanto F1	2,40 c	22,9	19,1 e	10,1	1388 c	35,8		
25 Skywalker F1	2,17 b	18,9	20,2 e	8,8	1698 d	35,5		
26 Amazing	1,20 a	37,5	14,4 c	15,8	604 b	48,2		
27 Phantom F1	1,00 a	0	12,3 b	5,3	429 a	27,2		
28 Cortijo	2,20 b	19,1	15,8 c	8,6	715 b	29,9		
29 Verona	1,56 a	34	14,2 c	29,8	545 a	83,7		
30 Barcelona	3,75 d	13,3	13,1 c	40,4	634 b	119,1		
31 Ámsterdam	3,00 c	31	15,5 c	23,9	802 b	70,4		
Total	2,19	28	16,4	12,3	933	36,1		

^z Resultado de ANOVA: NS, **, *, diferencias no significativas y significativas al 1% y 5% respectivamente.

^y CV es el coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje.

^x Índice de calidad visual: 1 (muy buena calidad), 2 (buena calidad), 3 (regular calidad) y 4 (no comercial).

^w Medias con la misma letra en cada columna no muestran diferencias significativas para Test de Scott-Knott al 5%.

En las pellas de los cvs Phantom y Julia no fueron observados defectos de calidad, en el segundo de estos cultivares la depreciación fue ocasionada por la forma irregular de algunas de sus pellas. En el cv Incline fue observado un leve amarillamiento en el 8% de las pellas, posiblemente a raíz de la exposición a la radiación solar (Jaya *et al.*, 2002; Hemphill, 2005). En los cultivares Memphis y Amazing fue observado el desarrollo de finas vellosidades, defecto ocasionado por temperaturas más altas que el óptimo luego de la iniciación de la pella (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). Sin embargo, la incidencia y severidad fue baja, ya que se registró en menos del 20% de las pellas y fue de incipiente desarrollo.

Los cvs Balboa (1,29) y Bonny (LD) (1,40) sin diferencias estadísticas entre ellos ni con los presentados anteriormente, tuvieron pellas de calidad visual promedio muy buena (Cuadro 5.30). Ambos cultivares produjeron 70% de pellas de grado 1, pero en el cv Balboa no se observaron pellas de grado 3, mientras que en el cv Bonny (LD) el 10% correspondió a esta categoría. El color característico fue el blanco crema (2.5Y 8/2) en ambos.

El cv Balboa produjo las pellas de mayor tamaño en este ambiente, más de 22 cm de diámetro promedio siendo el peso mínimo y máximo de las pellas cosechadas de 1700 g y 3350 g (datos no presentados). En el cv Bonny (LD) el tamaño de las pellas fue medio (840 g) y la distribución fue del 80% correspondiente a esta categoría y el 20% de tamaño grande.

Los defectos observados fueron el amarillamiento muy leve en menos del 15% de las pellas del cv Balboa, como consecuencia de sobremadurez al momento de cosecha. En el cv Bonny (LD) se observó el desarrollo de vellosidades incipientes en el 40% de las pellas, producto de las altas temperaturas registradas, en particular aquellas ocurridas luego de la iniciación. La ocurrencia de alta temperatura puede haber sido tardía con respecto al momento de inducción ya que la intensidad del defecto fue baja (Fujime & Okuda, 1996).

b) Cultivares productores de pellas de buena calidad

La calidad visual de los cultivares Candid Charm (1,50), G 390 (1,50), Belot (1,55) y Verona (1,56) no resultó con diferencias entre si. El porcentaje de pellas de grado 1 representó el 55%

del total en el cv Belot, el 50% en los cvs Candid Charm y G 390 y el 44% en el cv Verona; sin embargo solo en el cv Belot se registraron pellas de grado 3 las que representaron el 9% del total. El color característico fue el blanco tiza (5Y 8/1) en los cvs G 390 y Verona y blanco crema (2.5Y 8/2) en los cvs Candid Charm y Belot.

Las pellas más grandes fueron las de Belot, con un promedio superior a los 2000 g y 20 cm de diámetro, el 100% fueron clasificadas como grandes. Los cvs Candid Charm y G 390 no tuvieron diferencias entre ellos, siendo el promedio cercano a 1200 g. En el cv G 390 el 83% de las pellas fueron grandes y en Candid Charm solo el 60%, siendo las restantes en ambos cultivares medianas. En el cv Verona el peso fue medio (545 g), con 56% de pellas chicas, 33% de medianas y 11% de grandes.

Los defectos observados fueron el desarrollo de vellosidades en aproximadamente el 50% de las pellas de los cvs Candid Charm y G 390, aunque de baja severidad. En cambio en el cv Belot la presencia de este defecto se observó en el 36% de las pellas, pero fue de mayor severidad que en los anteriores cultivares. El desarrollo de vellosidades y hojas en la pella en este cultivar plantea discrepancia con lo observado no solo en la bibliografía, sino también con lo registrado en otros cultivares. Este defecto se describe ocurriendo a raíz de temperaturas elevadas luego de la iniciación de la pella (Fijume & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003); sin embargo, en este cultivar este defecto se observó con mayor frecuencia e intensidad en los trasplantes donde la temperatura fue más baja durante todo el período de crecimiento del cultivo. En Verona se registró la aparición de suave arrozado sin desarrollo de color en el 55% de las pellas, debido probablemente a la ocurrencia de temperaturas inferiores al óptimo en momentos cercanos a la inducción en combinación con un cultivar de alta sensibilidad (Wurr *et al.*, 1993; Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003).

Los cultivares Alpina (1,63) y Smilla (1,67) tuvieron pellas de buena calidad promedio, sin diferencias estadísticas entre ellos (Cuadro 5.30). El CV del cv Alpina fue 31% y las pellas producidas fueron el 37% de grado 1 y el 63% de grado 2. Mientras que en el cv Smilla el CV fue

mayor (52%) y la distribución fue 56% de pellas de grado 1 y 22% de grado 2 y 3. El color característico fue el blanco crema (2.5Y 8/2) en ambos cultivares.

Las diferencias observadas en tamaño fueron de 200 g, aproximadamente a favor del cv Alpina (1200 g), el cual produjo el 75% de pellas grandes y 25% de tamaño medio. En el cv Smilla el promedio de peso fue cercano a 1000 g y el 88% de las pellas se repartió en iguales cantidades entre grandes y medianas, siendo las restantes chicas.

Los defectos observados fueron amarillamiento provocado por el sol (Jaya *et al.*, 2002) en el cv Alpina, esta coloración se desarrolló en el domo de las pellas donde las hojas no ofrecieron cobertura. También se observó un muy suave arrojado sin desarrollo de color en el 35% de las pellas. En el cv Smilla se observó vellosidades en el 45% de las pellas; siendo en algunos casos moderadas, por lo que estas debieron clasificarse como de grado 3.

Por último en los cvs Bonny (Hurst) (1,86), Don Mario (1,91) y Clyde (2) no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 5.30). En estos tres cultivares fue registrada la presencia de pellas de grado 3, representando 9%, 29% y 36% del total en los cvs Don Mario, Bonny (Hurst) y Clyde, respectivamente. El cv Bonny (Hurst) fue el que produjo mayor porcentaje de pellas de grado 1 (43%), seguido por Clyde (36%) y Don Mario (18%). Las restantes pellas fueron de grado 2. El color característico fue blanco tiza (5Y 8/1) en los cvs Clyde y Bonny (Hurst) y blanco crema (2.5Y 8/2) en Don Mario.

Las pellas mas grandes fueron las de Clyde, cuyo promedio fue levemente inferior a 1000 g, produciendo igual cantidad de pellas medianas y grandes (45%) y 10% de pellas chicas. Los cvs Bonny (Hurst) y Don Mario produjeron pellas promedio medianas (< 770 g) y sin diferencias entre ellos, el 72% y el 46% fueron de tamaño medio, respectivamente. En ambos cultivares las pellas restantes se dividieron en iguales proporciones de grandes y chicas, siendo estos porcentajes de 14% y 27% en Bonny (Hurst) y Don Mario, respectivamente.

Los defectos observados fueron el desarrollo de vellosidades en los tres cultivares en más del 50% de las pellas cosechadas, siendo en general de baja severidad. En el cv Clyde se

observaron pellas con desarrollo de vellosidades moderadas y en el cv Bonny (Hurst) se registró desarrollo de vellosidades color púrpura en algunas pellas.

c) Cultivares productores de pellas de aceptable calidad

Los cultivares Cortijo (2,20) y Skywalker (2,17) no presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí para la calidad visual, ni tampoco con los anteriores cultivares, pero éstos no produjeron pellas de grado 1 (Cuadro 5.30). La distribución fue muy similar en ambos, siendo aproximadamente el 80% de las pellas de grado 2 y el 20% restante de grado 3. No se registraron pellas de calidad visual no comercial. El color característico de Skywalker fue blanco tiza (5Y 8/1) y blanco crema (2.5Y 8/2) en Cortijo.

El peso promedio de las pellas fue alto en el cv Skywalker (1700 g) y el 100% fue de tamaño grande. Mientras en el cv Cortijo el peso fue medio (715 g) y la distribución fue 80% de pellas medianas e iguales cantidades de pellas chicas y grandes.

Los defectos observados en el cv Skywalker fueron un ligero arrozado en combinación con el desarrollo de incipiente coloración púrpura en el 100% de las pellas. Estos dos defectos han sido ocasionados, probablemente, por bajas temperaturas. En el caso del arrozado, las bajas temperaturas habrían ocurrido durante el período de inducción de la pellas (Wurr *et al.*, 1993; Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003); y en el caso de la coloración púrpura en momentos cercanos a la cosecha (Hemphill, 2005). En el cv Cortijo el 100% de las pellas presentaron vellosidades de distinta intensidad y en algunos casos con desarrollo de tonalidades púrpuras.

Los cvs Majestic (2,40), Encanto (2,40) y White Magic (2,42) no presentaron diferencias estadísticas en la calidad visual, sin embargo la distribución fue diferente para cada uno de los cultivares (Cuadro 5.30). White Magic produjo 25% de pellas de grado 1, pero también 8% de no comerciales (grado 4); las restantes se distribuyeron en 16% de grado 2 y 50% de grado 3. Los cvs Majestic y Encanto produjeron solo pellas de grado 2 y 3, siendo estas el 60% y el 40%, respectivamente en ambos cultivares. El color característico fue blanco crema (2.5Y 8/2) en los cvs Majestic y White Magic y blanco tiza (5Y 8/1) en el cv Encanto.

El peso promedio de las pellas del cv Majestic fue medio (800 g) y alto en White Magic (1076 g) y Encanto (1388 g). No se cosecharon pellas de tamaño chico, y las pellas grandes fueron 80%, 58% y 10% del total en los cvs Encanto, White Magic y Majestic, respectivamente.

Los defectos observados en el cv Majestic fueron amarillamiento y arrozado. Este cultivar se manifestó sensible al amarillamiento dado que este defecto fue observado con intensidad en la zona del domo donde las hojas no presentaron cobertura. En el 60% de las pellas este defecto se combinó con el desarrollo de arrozado fino y blanco. En el cv Encanto se observó en el 20% de las pellas el desarrollo de finas vellosidades y en el 80% del total una muy suave coloración púrpura. En el cv White Magic el desarrollo de vellosidades se registró en el 75% de las pellas, pero en algunos casos fueron moderadas y con desarrollo de tonalidades púrpuras o verdes.

d) Cultivares productores de pellas de calidad inferior

Los cvs Cassius (2,5), Madrid (2,6), Somerset (2,7) y Cashmere (2,9) tuvieron entre ellos ligeras diferencias estadísticas en la calidad visual (Cuadro 5.30). Cassius fue el único cultivar que produjo pellas de grado 1 (17%) e igual cantidad de pellas grado 2, siendo las restantes de grado 3. Madrid y Somerset solo produjeron pellas de grado 2 y 3, siendo la proporción 40/60 en el primero y 70/30 en el segundo. En el cv Cashmere hubo 10% de pellas no comerciales (grado 4), más de 20% de grado 2 y casi 70% de grado 3. El color característico fue blanco tiza (5Y 8/1) a blanco crema (2.5Y 8/2) en los cuatro cultivares.

Los cultivares Somerset y Cassius produjeron pellas en promedio chicas (<450 g) sin diferencias entre ellos, siendo en ambos cultivares la distribución aproximada de 70% de pellas chicas y 30% de tamaño medio. Las pellas de los cvs Madrid y Cashmere fueron de peso medio (680 g y 800 g, respectivamente) sin diferencias estadísticas entre ellos, siendo en el cv Madrid el 80% de tamaño medio e iguales porcentajes de pellas de tamaño chico y grande. Mientras en el cv Cashmere el 72% fueron de tamaño medio, el 22% grande y las restantes pequeñas.

En el cv Madrid el 100% de las pellas cosechadas presentó arrozado de distinta intensidad, sin desarrollo de color. Esto puede indicar una elevada sensibilidad de este cultivar a

temperaturas relativamente bajas ocurridas durante o cerca del momento de inducción de la pella (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). Mientras que en los cvs Cassius, Cashmere y Somerset se observó el desarrollo de vellosidades desde incipientes hasta moderadas, en más del 85% de las pellas. La probable causa de este defecto es la ocurrencia de temperaturas superiores a la óptima para el crecimiento de la pella en estadíos tempranos, con una sensibilidad máxima cuando ésta tiene entre 1 y 23 mm de diámetro (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003).

Los cultivares KS 60 (3,00) y Ámsterdam (3,00) no presentaron diferencias estadísticamente significativas en la calidad visual y junto al cv 1843 (3,30) forman parte del grupo de cultivares de calidad inferior en estas condiciones y ninguno de ellos produjo pellas de grado 1 (Cuadro 5.30). En el cv KS 60 el 100% de las pellas fueron de grado 3, en Ámsterdam y 1843 estos porcentajes fueron 25% y 30%, respectivamente. Ámsterdam produjo iguales proporciones de pellas de grado 2 y 4 (37,5%) y 1843 produjo 20% de pellas de grado 2 y las restantes (50%) de grado 4.

Los cultivares Ámsterdam y 1843 produjeron pellas medianas en promedio (800 g y 570 g, respectivamente), de las cuales entre el 50% y el 70% fueron de tamaño medio y en el cv Ámsterdam el 25% fueron grandes. El cv KS 60, con un promedio aproximado de 350 g, produjo 80% de pellas chicas y 20% de medianas.

El defecto observado en los cvs Ámsterdam y 1843 fue el desarrollo de prominentes vellosidades, en el caso de 1843 algunas pellas tuvieron sobre estas vellosidades un suave color púrpura, posiblemente por la maduración de las pellas durante el otoño, lo que indujo la síntesis de antocianinas (Olesen & Grevsen, 1997; Gould *et al.*, 2000; Hemphill, 2005). En el cv KS 60 se observó un intenso amarillamiento producto de la escasa cantidad y superficie de hojas formadas, las que resultaron insuficientes para cubrir a la pella, deteriorando ostensiblemente su calidad y comprometiendo su tamaño final.

e) Cultivares productores de pellas no comerciales

En este ambiente, los cultivares KS 40 (3,00), 1844 (3,70) y Barcelona (3,75) fueron categorizados como productores de pellas no comerciales, debido a que más del 50% de ellas fueron clasificadas como de grado 4 según su calidad visual. En el cv KS 40 el 42% fue de grado 4 y las restantes de grado 3, mientras que en los cvs 1844 y Barcelona el porcentaje de estas pellas fue de 70% a 75%. Además, en el cv KS 40 el promedio de peso fue bajo, siendo el 50% de las pellas de tamaño chico y el 50% no comerciales (<150 g). Mientras en los cvs 1844 y Barcelona fueron de tamaño medio, con ligeras diferencias entre ellas.

En los cvs 1844 y Barcelona se observó un prominente desarrollo de vellosidades color verde, que en algunas pellas crecieron hasta convertirse en verdaderas hojas dentro de ella. Éstas, probablemente fueron producidas por las altas temperaturas registradas luego de la formación de la pella en conjunción con una posible sensibilidad propia del cultivar a este defecto (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). El desempeño del cv Barcelona fue muy diferente del reportado en la provincia española de Navarra, donde en transplantes de pleno verano fueron obtenidas pellas de calidad comercial de más de 1400 g con un ciclo de 75 días desde transplante a cosecha (Macua González *et al.*, 2004). En el cv KS 40, además del escaso tamaño se registró una gran sensibilidad al amarillamiento producto de la precocidad del cultivo que influyó de manera negativa sobre la cantidad de hojas (Wurr & Fellows, 1984; Wurr *et al.*, 1988; Jaya *et al.*, 2002).

Longitud del ciclo: días a cosecha

Los genotipos estudiados presentaron en este ambiente diferencias significativas en los días desde el transplante a inicio de cosecha. El promedio de las desviaciones estándar fue 10, lo que indica que en un período aproximado de 20 días fueron cosechadas el 68% de las pellas para cada uno de los cultivares (Cuadro 5.31).

Cuadro 5.31: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares, sobre el promedio de los días de transplante a inicio de cosecha (d), porcentaje de materia seca de las pellas (% MS Pella) y proporción de la partición de la materia seca a la pella (Índice cosecha). Transplante al aire libre – verano de 2004.

Cultivar	Período ** ^z		S ^y	% MS Pella		CV ^x	Índice cosecha		CV ^x
	transp-cosecha			**			**		
1 KS 40	64,7	a ^w	1,2	11,0	c	4,5	0,24	a	11,1
2 Madrid 70	77,8	b	1,6	6,1	a	9,2	0,28	a	5,7
3 Majestic	70,9	a	2,5	7,8	b	22,7	0,45	b	13,6
4 Candid Charm	122,1	d	8,1	7,2	b	3,6	0,36	b	16,0
5 Cashmere	103,3	c	6,9	7,8	b	4,4	0,34	b	12,7
6 White Magic	111,4	c	11,2	6,7	a	8,9	0,33	b	6,4
7 Memphis F1	135,2	e	14,2	7,6	b	0,5	0,22	a	19,7
8 1843 F1	94,0	c	18,6	6,8	a	18,5	0,22	a	20,7
9 1844 F1	105,7	c	11,4	6,9	a	6,0	0,27	a	11,6
10 Clyde	119,8	d	19,9	6,8	a	2,8	0,32	b	10,2
11 G 390	129,5	d	18,2	8,1	b	12,5	0,33	b	17,1
12 Balboa	153,1	f	10,2	5,7	a	7,7	0,34	b	6,2
13 Bonny (LD)	124,8	d	17,3	7,7	b	25,2	0,29	a	30,0
14 Don Mario	79,9	b	6,4	7,5	b	8,2	0,42	b	15,0
15 Incline	139,1	e	9,6	7,6	b	3,6	0,33	b	10,0
16 Julia	146,0	e	15,9	8,0	b	8,1	0,35	b	6,3
17 KS 60	70,0	a	3,4	5,9	a	12,1	0,32	b	28,2
18 Bonny (Hurst)	105,9	c	12,4	7,9	b	7,6	0,35	b	21,0
19 Smilla	117,1	d	13,5	7,2	b	6,7	0,41	b	13,9
20 Belot F1	186,6	g	2,9	7,5	b	7,6	0,28	a	26,3
21 Alpina F1	142,4	e	9,4	8,1	b	15,7	0,36	b	8,1
22 Cassius F1	108,4	c	10,6	8,7	b	13,3	0,25	a	17,4
23 Somerset F1	99,8	c	10,6	8,3	b	3,5	0,31	b	6,8
24 Encanto F1	152,2	f	2,2	7,3	b	2,4	0,36	b	6,2
25 Skywalker F1	154,5	f	3,3	6,9	a	6,6	0,33	a	1,7
26 Amazing	109,4	c	3,3	7,8	b	13,3	0,35	b	17,1
27 Phantom F1	143,0	e	1,7	10,7	c	8,2	0,32	b	8,9
28 Cortijo	102,4	c	8,2	7,8	b	1,8	0,43	b	22,0
29 Verona	130,1	d	11,5	10,4	c	3,9	0,21	a	10,2
30 Barcelona	126,8	d	22,0	7,9	b	19,8	0,34	b	11,6
31 Ámsterdam	123,1	d	21,5	7,9	b	12,4	0,39	b	13,1
Total	114,3		10,0	7,8		10,8	0,33		13,6

^z Resultado de ANOVA: NS, **, *, diferencias no significativas y significativas al 1% y 5% respectivamente.

^y Desviación estándar.

^x CV es el coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje.

^w Medias seguidas con la misma letra no muestran diferencias significativas para el Test de Tukey al 5%.

Desvíos que duplican a este valor fueron observados en los cvs 1843, Clyde, G 390, Bonny (LD), Barcelona y Ámsterdam, lo que indica que la cosecha ha sido muy dispersa, siendo necesarias varias inspecciones en días sucesivos para recolectar la totalidad de las pellas. Desvíos estándares menores a 5 días se observaron en los cvs KS 40, KS 60, Madrid, Majestic, Belot, Encanto, Skywalker, Amazing y Phantom; determinando que se trata de cultivares de cosecha concentrada los que requieren menor cantidad de inspecciones para completar la recolección (Cuadro 5.31).

Bajo las condiciones ambientales en que se desarrolló la experiencia, solamente el 16% de los cultivares fueron de ciclo corto, es decir 90 días o menos desde el transplante hasta la cosecha. El 35% de ellos se comportó como de ciclo intermedio, entre 90 y 120 días y los restantes cultivares fueron de ciclo largo, siendo Belot extremadamente largo con más de 180 días desde el transplante hasta la fecha media de cosecha (Figura 5.25).

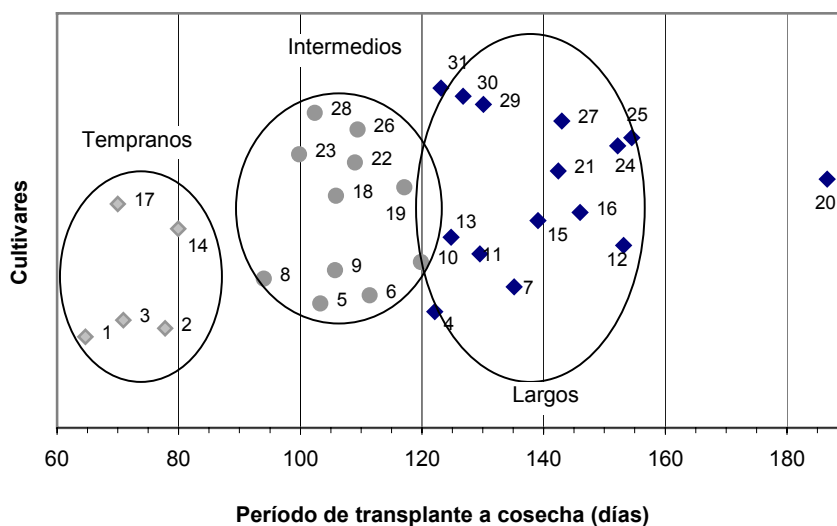


Figura 5.25: Días promedio desde el transplante hasta la cosecha para cada uno de los cultivares utilizados. Transplante al aire libre – verano de 2004.

Los cultivares KS 40 (1) y KS 60 (17) fueron los que tuvieron ciclos más cortos, con un máximo de 70 días desde transplante a cosecha, período breve que no permitió el crecimiento y formación de una pella de buen tamaño comercial. Sin embargo, Majestic (3) no presentó diferencias en la cantidad de días a cosecha con los anteriores cultivares y produjo pellas de tamaño medio. Los cultivares de ciclo intermedio (entre 90 y 120 días) fueron Cashmere (5), White Magic (6), 1843 (8), 1844 (9), Clyde (10), Bonny (Hurst) (18), Smilla (19), Cassius (22), Somerset (23), Amazing (26) y Cortijo (28), los que produjeron pellas desde chicas a grandes. La mayor parte de los cultivares (45%) se comportó como de ciclo largo, produciendo pellas de tamaño chico, mediano y grande (Figura 5.25).

Porcentaje de materia seca de la pella

El análisis de la varianza permitió observar diferencias significativas en el porcentaje de materia seca de la pella entre los cultivares. La mayor parte de ellos presentó poca variabilidad dentro de las muestras, y las diferencias entre el máximo y el mínimo valor de porcentaje fueron en promedio menores a dos unidades; siendo el CV resultante de 10,8%. Solamente en los cvs Majestic, Bonny (LD) y Barcelona la diferencia observada entre el porcentaje de materia seca máximo y mínimo fue cercana o superior a tres unidades y el CV fue cercano o superior a 20%. Por otro lado, en el 22% de los cultivares esta diferencia fue inferior a media unidad, siendo el CV cercano o inferior a 5% (Cuadro 5.31).

Los cultivares de mayor porcentaje de materia seca de la pella fueron Somerset, Cassius, Verona, Phantom y KS 40, con ligeras diferencias entre ellos, variando entre 8,3% y 11%. En los cultivares G 390 y Alpina el porcentaje de materia seca fue 8,1% y sin diferencias entre ambos. El 29% de los cultivares tuvieron un porcentaje de materia seca de la pella promedio de 7,9%, sin diferencias. De la misma manera fue registrado un porcentaje promedio de 7,1% de materia seca de la pella en el 42% de los cultivares. Los cvs Balboa y KS 60 fueron los de menor porcentaje de materia seca de la pella (5,9%), sin diferencias entre ellos (Cuadro 5.31). En esta

situación de cultivo el coeficiente de correlación de Pearson entre la calidad y el porcentaje de materia seca de la pella fue muy bajo y no significativo ($-0,090^{NS}$).

Partición de la materia seca

Fueron observadas diferencias significativas en la proporción de partición de materia seca hacia la pella entre los cultivares en este ambiente (Cuadro 5.31). El promedio total fue 0,33 y ninguno de los cultivares destinó mas del 50% de la materia seca para el crecimiento de la pella. La máxima proporción se registró en el cv Majestic (3) (0,45) y le siguieron Cortijo (28), Don Mario (14), Smilla (19) y Ámsterdam (31), sin diferencias estadísticas entre ellos. Los cultivares de menor partición hacia la pella fueron Verona (29), 1843 (8), Memphis (7) y Skywalker (25), con valores entre 0,21 y 0,22, sin diferencias entre ellos (Cuadro 5.31). El 68% de los cultivares constituyó un grupo en el cual no se observaron diferencias en la proporción de la materia seca destinada a la pella, con un promedio de $0,36 \pm 0,04$ (Figura 5.26).

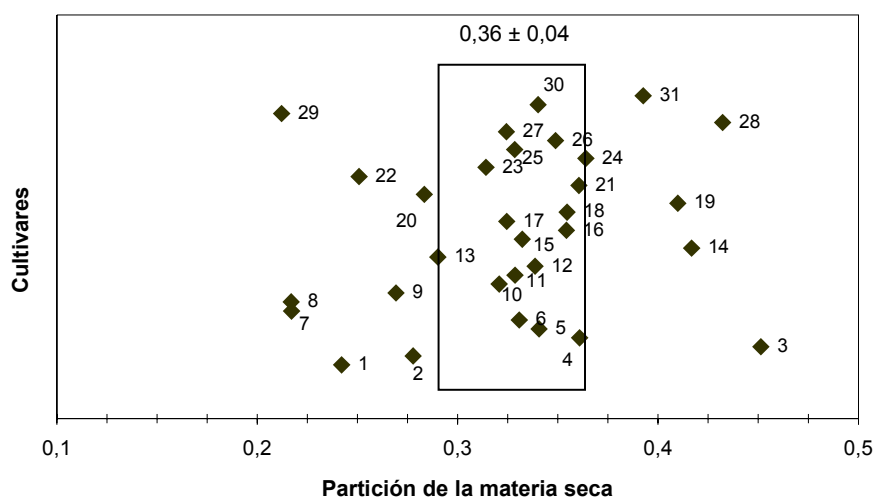


Figura 5.26: Promedio de la partición de la materia seca hacia la pella en cada uno de los cultivares utilizados. Transplante al aire libre – verano de 2004.

Análisis de componentes que afectan la producción en cultivares de coliflor de ciclo verano-otoño

Se observaron diferencias significativas entre los cultivares con respecto al número de hojas finales, como así también en el peso seco de pella, hojas y tallo. El CV del número de hojas formadas fue menor que el CV del peso seco de pella, hojas y tallo (Cuadro 5.32), reafirmando lo observado en los ambientes ya analizados respecto a que el número de hojas es un carácter más estable entre plantas que el peso seco de las partes.

El número y el peso seco de las hojas se incrementaron con el tiempo transcurrido entre transplante y cosecha, así fue que cultivares de ciclos más largos tuvieron mayor peso seco y mayor cantidad de hojas que cultivares de ciclos cortos (Figura 5.27 a y 5.27 b). Asimismo se observó un incremento en el peso fresco de las pellas al aumentar tanto el número como el peso seco de las hojas (Figura 5.28 a y 5.28 b). Esto coincide con lo observado en las experiencias ya analizadas, corroborando que cultivares de ciclos largos forman mayor cantidad de hojas y mayor peso foliar en el momento de inducción, capaces de producir pellas más grandes (Wurr & Fellows, 1984; Wurr *et al.*, 1988; Booij, 1990 a y b; Olesen & Grevsen, 1997).

La curva de respuesta a las bajas temperaturas necesarias para que ocurra la inducción de la pella es variable para cada grupo de madurez. Se han citado temperaturas óptimas entre 9 °C y 13 °C, y temperaturas máximas de vernalización entre 19 °C y 25,6 °C, dependiendo del cultivar (Wurr *et al.*, 1993; Grevsen & Olesen, 1994 a y b). Los mayores requerimientos de vernalización para la formación de la pella en cultivares de ciclo largo permite que estos formen mayor cantidad de hojas y, en consecuencia, sean capaces de producir pellas de mayor tamaño (Booij, 1987; Wurr & Fellows, 2000). Por otro lado, cultivares de bajos requerimientos de frío utilizados en períodos de temperaturas bajas inducirán la formación de la pella sobre plantas de escaso tamaño y con menor cantidad de hojas, reduciéndose el tamaño potencial de las pellas (Wurr & Fellows, 1984; Wurr *et al.*, 1988).

Cuadro 5.32: Efecto de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares, sobre el número de hojas finales (Nº Hojas), el peso seco de la pella (PS Pella), de las hojas (PS Hojas), del tallo (PS Tallo) y del total de la planta (PS Total). Transplante al aire libre – verano de 2004.

Nº Cultivar	Nº Hojas ** z	PS Pella ** - g -	PS Hojas ** - g -	PS Tallo ** - g -	PS Total ** - g -
1 KS-40	29,3 a	15,8 a	39,0 a	10,3 a	65,1 a
2 Madrid	34,0 a	31,0 a	60,2 a	20,6 a	111,8 a
3 Majestic	35,7 a	53,5 a	49,2 a	15,2 a	117,9 a
4 Candid Charm	49,0 b	95,2 b	116,5 b	55,5 c	267,2 b
5 Cashmere	50,3 b	58,8 a	83,0 b	34,9 b	176,6 b
6 White Magic	52,3 b	74,7 a	97,5 b	52,6 c	224,8 b
7 Memphis F1	62,0 c	110,2 b	302,4 d	87,0 d	499,5 d
8 1843 F1	40,3 a	29,8 a	79,4 b	22,1 a	131,4 a
9 1844 F1	48,3 b	52,1 a	110,4 b	32,9 b	195,4 b
10 Clyde	58,7 c	81,8 b	116,7 b	59,7 c	258,2 b
11 G 390	63,3 c	110,5 b	147,5 c	74,2 c	332,3 c
12 Balboa	61,0 c	127,4 b	175,4 c	76,0 c	378,8 c
13 Bonny (LD)	50,3 b	65,2 a	115,5 b	50,5 c	231,2 b
14 Don Mario	38,0 a	62,7 a	69,3 a	21,0 a	153,0 a
15 Incline	55,7 b	106,2 b	151,2 c	62,7 c	320,2 c
16 Julia	55,7 b	129,9 b	163,3 c	70,1 c	363,4 c
17 KS-60	35,7 a	24,5 a	36,8 a	12,1 a	73,3 a
18 Bonny (Hurst)	39,3 a	60,8 a	81,8 b	27,2 b	169,9 b
19 Smilla	47,7 b	95,6 b	98,0 b	43,2 b	236,8 b
20 Belot F1	68,0 c	138,5 b	243,8 d	110,7 d	493,0 d
21 Alpina F1	63,7 c	118,9 b	148,3 c	64,6 c	331,7 c
22 Cassius F1	35,7 a	26,5 a	58,6 a	21,9 a	107,0 a
23 Somerset F1	31,7 a	28,5 a	46,4 a	15,8 a	90,7 a
24 Encanto F1	66,3 c	90,9 b	106,4 b	49,9 c	247,2 b
25 Skywalker F1	53,0 b	122,6 b	136,7 c	78,6 c	373,6 c
26 Amazing	53,0 b	44,3 a	60,7 a	19,6 a	124,5 a
27 Phantom F1	52,0 b	45,5 a	61,0 a	32,6 b	139,1 a
28 Cortijo	34,0 a	48,3 a	48,8 a	14,4 a	111,4 a
29 Verona	51,3 b	42,3 a	115,5 b	40,8 b	198,6 b
30 Barcelona	50,0 b	54,9 a	63,9 a	34,8 b	153,6 a
31 Amsterdam	44,3 a	83,1 b	88,8 b	37,5 b	209,4 b
Total	48,9	71,9	106,9	44,1	223,0
CV^x	9,8	14,6	34,6	16,5	23,1

^z NS, **, *, diferencias no significativas y significativas al 1% y 5% respectivamente.

^y Medias seguidas con la misma letra no muestran diferencias significativas para el Test de Tukey al 5%.

^x CV% es el coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje.

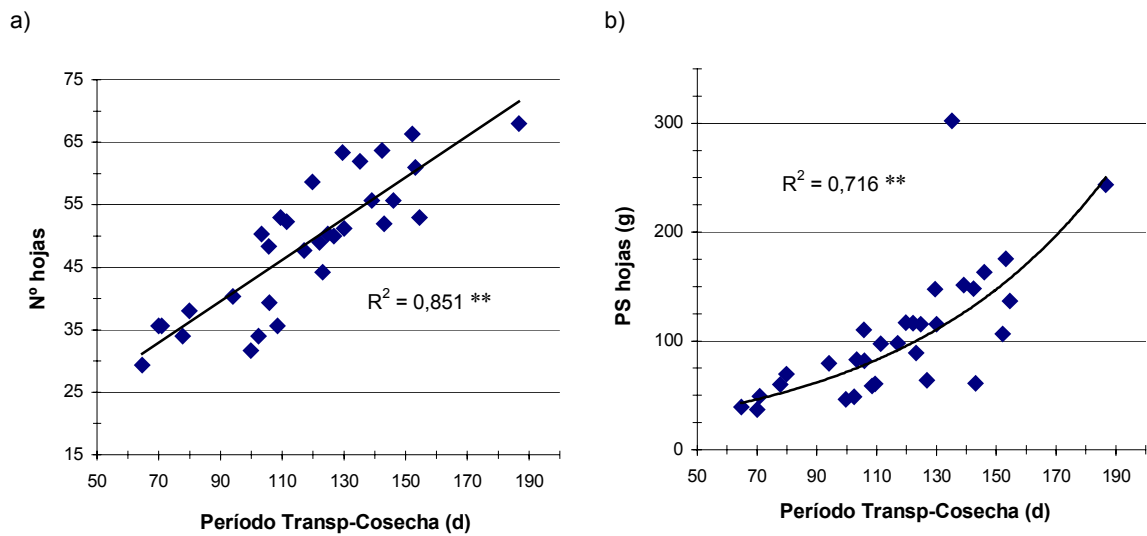


Figura 5.27: a) Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b) Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **,*, significativo al 1% y 5% respectivamente. Transplante al aire libre-verano de 2004.

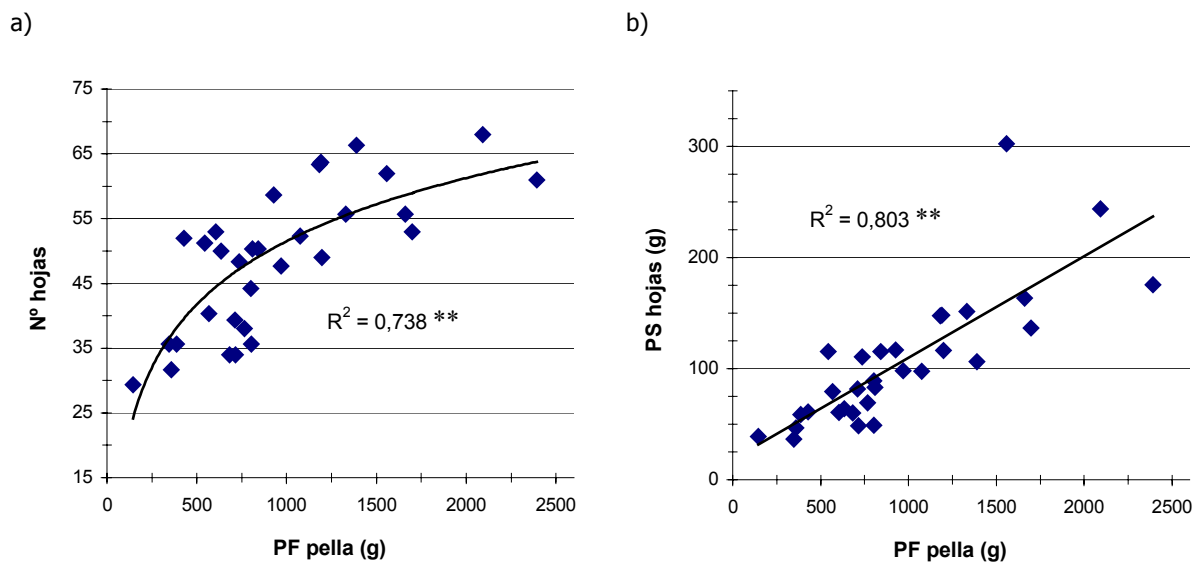


Figura 5.28: a) Relación entre el peso fresco promedio de la pella (PF Pella) y el promedio del número final de hojas formadas (Nº hojas) para cada uno de los cultivares; b) Relación entre el peso fresco de la pella (PF Pella) y el promedio del peso seco de las hojas formadas (PS hojas) para cada uno de los cultivares. Coeficiente de correlación de Pearson; **,*, significativo al 1% y 5% respectivamente. Transplante al aire libre – verano de 2004.

En la figura 5.29 se observa la relación que existe entre la longitud del período transcurrido desde transplante a cosecha y el tamaño de las pellas producidas. Los cultivares que produjeron pellas promedio chicas fueron KS 40, KS 60, Cassius, Somerset y Phantom (Grupo 1), aún considerando que algunos de ellos tuvieron ciclos cercanos o superiores a 110 días. Todos los cultivares que produjeron pellas promedio grandes tuvieron ciclos de 110 días o más (Grupo 3), un grupo intermedio de cultivares tuvieron ciclos desde cortos hasta intermedios, y produjeron pellas promedio entre 500 g y 1000 g (Grupo 2).

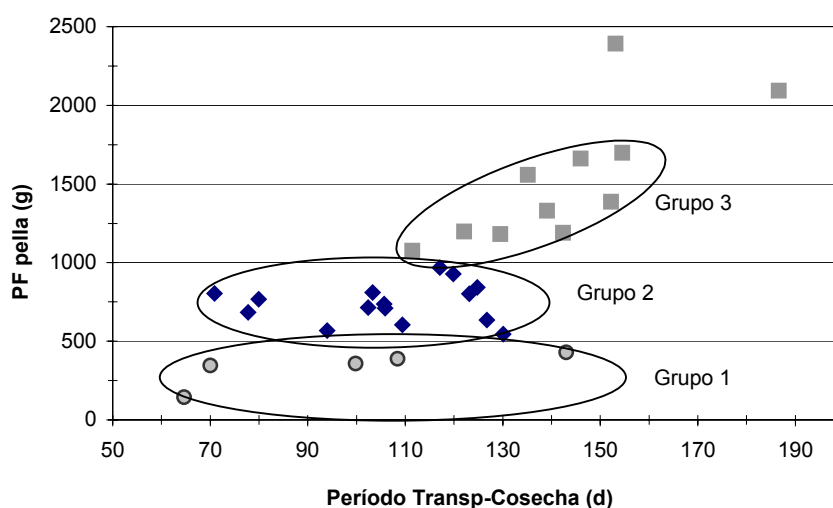


Figura 5.29: Relación entre el período promedio de transplante a cosecha y el promedio de peso fresco de las pellas (PF pellas) por cultivar. Transplante al aire libre–invierno de 2003.

El análisis de conglomerados originó el dendrograma con las distancias observadas para los cultivares de coliflor en función de las variables analizadas (Figura 5.30). A una distancia del 50% del máximo se observa la formación de cuatro grupos bien definidos:

- Grupo A: conformado por los cvs Verona (29) y Phantom (27), ambos con pellas de buena y muy buena calidad de tamaño medio a chico. Los ciclos fueron largos, más de 130 días, y sin diferencias en la cantidad de hojas, en la partición de la materia seca y el porcentaje de materia seca de la pella.

- Grupo B: concentra el 45% de los cultivares, los cvs G 390 (11) y Alpina (21) tuvieron un comportamiento muy similar para las variables calidad visual, tamaño de la pella (peso y diámetro), número de hojas, partición de la materia seca y porcentaje de materia seca de la pella. Ambos produjeron pellas grandes y de buena calidad. La misma similitud fue observada entre los cvs Incline (15), Julia (16) y Candid Charm (4) y Smilla (19).

Cultivares

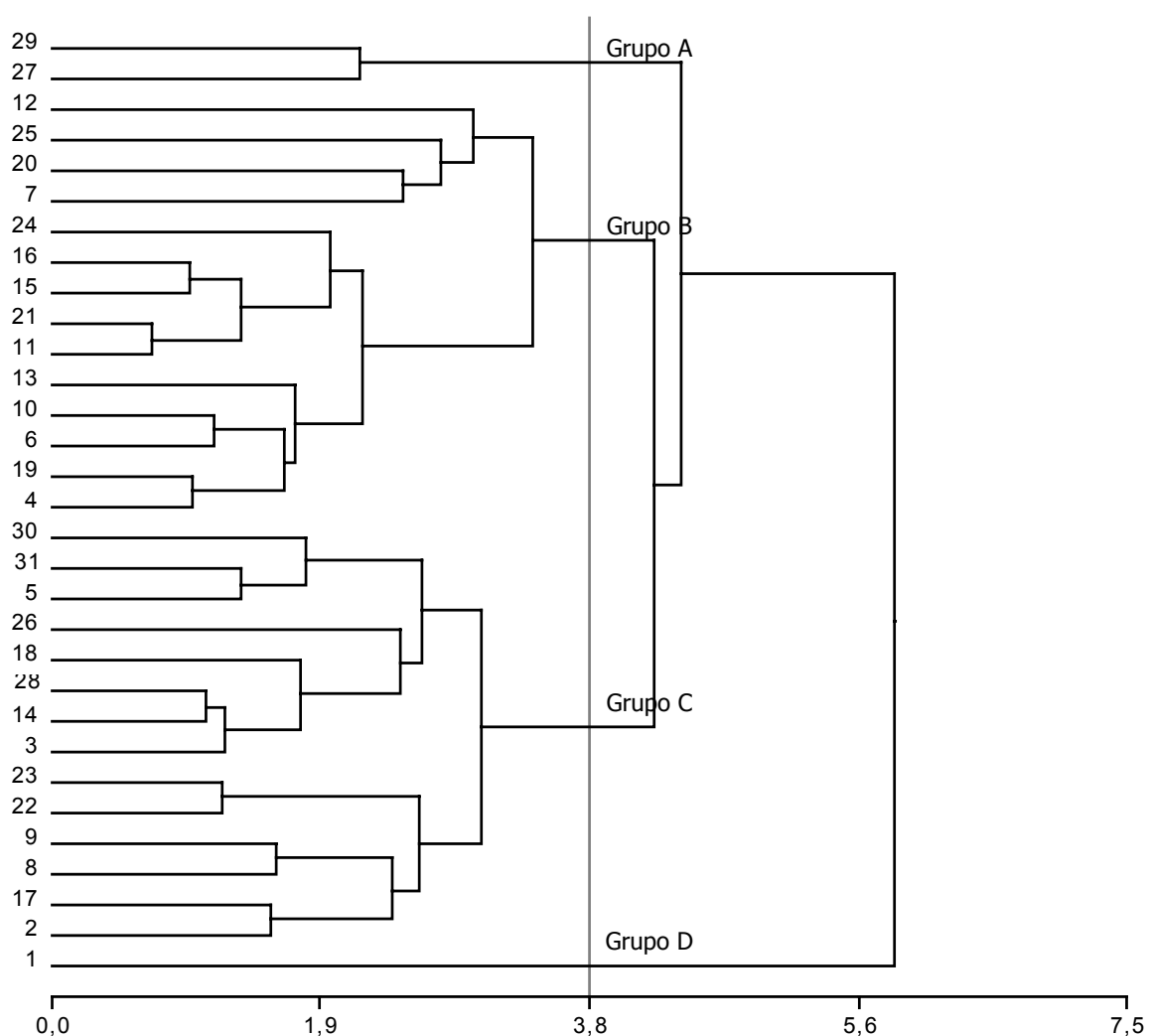


Figura 5.30: Dendrograma del agrupamiento de 31 genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares, según método de cálculo UPGMA y matriz de distancias euclídeas. Transplante aire libre – verano de 2004.

Correlación cofenética: 0,703.

- Grupo C: agrupa el 45% de los cultivares. Por su similitud se señalan a los cvs Cortijo (28) y Don Mario (14) que han producido pellas medianas y de aceptable calidad. También fueron muy similares los cvs Cassius (22) y Somerset (23), los que tuvieron pellas chicas y de inferior calidad.
- Grupo D: formado solamente por el cultivar KS 40 (1), el cual tuvo las pellas más chicas de calidad no comercial y el ciclo más corto y con menor cantidad de hojas formadas.

5.2.3.3. Consideraciones de la evaluación de cultivares en transplante al aire libre–verano de 2004

- Las variaciones obtenidas en la calidad comercial de las pellas fueron muy amplias, observándose cultivares de muy buena calidad, pero también cultivares de mala adaptación y calidad. Solamente el 51% de los cultivares fueron clasificados como productores de pellas de muy buena y buena calidad en este ambiente.
- El defecto más observado fue el desarrollo de vellosidades, ya que el 61% de los cultivares mostró algún grado de sensibilidad a este problema, manifestándose en forma muy incipiente en algunos y de forma más importante en otros. El defecto de arrozado solo se observó en el 16% de los cultivares, siendo dos de ellos de ciclos muy cortos (70 días) y los restantes de ciclos largos (>130 días). El desarrollo de coloración púrpura solo se observó en dos cultivares, Encanto y Skywalker, los que tuvieron ciclos largos (>150 días) lo que refuerza las evidencias que se trataría de un defecto ocasionado por bajas temperaturas ocurridas cerca de la madurez comercial de las pellas, ya que estas cosechas tardías ocurrieron al final del otoño (Hemphill, 2005; Irani & Grotewold, 2005).
- El 16% de los cultivares tuvo ciclos cortos, menos de 90 días, y produjeron pellas entre 140 g y 800 g de promedio. El 36% fueron de los cultivares tuvo ciclos intermedios, entre 90 y 120 días, y produjeron pellas entre 360 g y 1100 g de promedio. Los restantes cultivares, que

fueron el 48% del total, tuvo ciclos mayores a 120 días (largos) y las pellas producidas pesaron entre 430 g y 2400 g.

5.2.4. Interacciones Cultivares x Ambientes

Para los cultivares Clyde, Bonny (Hurst) y Verona no se contó con datos suficientes para realizar el análisis de la interacción con el ambiente, dado que estos cultivares solo pudieron ser transplantados en la experiencia realizada al aire libre en el verano del 2004 (ambiente 3).

5.2.4.1. Condiciones ambientales

En la experiencia realizada en invierno no se observaron diferencias importantes en la temperatura entre el ambiente dentro del invernadero (ambiente 1) y al aire libre (ambiente 2). Las temperaturas mínimas medias fueron muy similares y la máxima media fue, aproximadamente, 2 °C superior en el ambiente 1 (Cuadro 5.33). Sin embargo, en ambas la temperatura estuvo dentro del rango considerado óptimo para la inducción de la formación de la pella en el cultivo de coliflor (Wurr & Fellows, 2000). Entre el 57% y el 65% de los días tuvieron una temperatura mínima media debajo de 10 °C y solamente en el 9% de los días la temperatura media diaria fue superior a 21 °C.

Por otro lado, al aire libre en el verano (ambiente 3) solamente el 29% de los días tuvo una temperatura mínima media por debajo de 10 °C y el 50% tuvo una temperatura media diaria superior a 21 °C, concentrándose los días calurosos durante la primer etapa del cultivo y los días con baja temperatura cerca del momento de cosecha.

Cuadro 5.33: Temperaturas mínimas y máximas medias registradas en el período transplante a cosecha en los ensayos de evaluación de cultivares en los tres ambientes utilizados.

Mes	Invernadero-invierno		Aire libre-invierno		Aire libre-verano	
	Mín. media	Máx. media	Mín. media	Máx. media	Mín. media	Máx. media
Julio-03	7,0°C	24,5°C	6,7°C	22,2°C	-	-
Agosto-03	6,2°C	21,1°C	6,1°C	18,8°C	-	-
Septiembre-03	7,9°C	20,4°C	7,7°C	18,2°C	-	-
Octubre-03	13,1°C	22,3°C	12,8°C	20,3°C	-	-
Enero-04	-	-	-	-	19,9°C	35,1°C
Febrero-04	-	-	-	-	17,1°C	31,9°C
Marzo-04	-	-	-	-	16,4°C	32,9°C
Abril-04	-	-	-	-	16,3°C	27,6°C
Mayo-04	-	-	-	-	8,9°C	20,3°C
Junio-04	-	-	-	-	8,4°C	22,4°C
Julio-04	-	-	-	-	6,8°C	21,3°C

5.2.4.2. Comportamiento de los cultivares en estudio

Calidad comercial de las pellas

Los resultados mostraron la existencia de diferencias en la calidad visual de las pellas altamente significativas para los efectos principales de ambiente (A) y cultivares (C). El análisis combinado detectó también efecto significativo de la interacción cultivar x ambiente (CxA) (Cuadro 5.34), lo que significa que las diferencias observadas no se deben únicamente al efecto individual de los factores principales (cultivares y ambientes) y si a la combinación específica entre ellos. Por otro lado, la mayor parte de la variabilidad fue explicada por las diferencias entre los cultivares y por la interacción, siendo el efecto de los ambientes de menor importancia. Esta interacción es el origen de la inconsistencia del comportamiento de los cultivares entre un ambiente y otro, siendo a su vez el factor que interfiere en la identificación de cultivares con las características deseadas (Cabrera *et al.*, 1997; Solano *et al.*, 1998).

Cuadro 5.34: Términos para cultivar (C), ambiente (A) e interacción cultivar x ambiente (CxA) del modelo del análisis de la Varianza para las variables calidad visual y peso fresco de las pellas. Para los 31 cultivares de coliflor en los tres ambientes estudiados.

Variable	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrados	% de la variación explicada
calidad visual	C	30	276,15 ** ^z	54,0
	A	2	14,66 **	2,9
	CxA	52	220,52 **	43,1
peso fresco	C	30	115.646.824,32 **	72,2
	A	2	10.014.690,42 **	6,2
	CxA	51	34.586.933,11 **	21,6

^z NS, *, **, diferencias no significativas y significativas al 5% y al 1% para el ANOVA

La situación de cultivo en que se obtuvo el mejor promedio de calidad visual fue al aire libre en invierno del 2003 (ambiente 2). Se observaron diferencias no significativas entre el ambiente en invernadero en invierno del 2003 (ambiente 1) y al aire libre en verano de 2004 (ambiente 3), siendo muy similares los CV en cada uno de ellos (Cuadro 5.35). Por su parte en el ambiente 2 la calidad visual fue mayor, resultando con diferencias significativas con respecto a los ambientes 1 y 3.

Cuadro 5.35: Efecto de los ambientes estudiados sobre la calidad visual y el peso fresco (g) de las pellas para la totalidad de los cultivares utilizados.

Ambiente	calidad visual	CV ^z	peso fresco	CV
Ambiente 1. Invierno – Invernadero	2,17 b ^y	26,4	983 a	31,2
Ambiente 2. Invierno – Aire libre	1,90 a	28,2	677 b	22,2
Ambiente 3. Verano – Aire libre	2,23 b	28,0	953 a	36,1
TOTAL	2,09	28,6	876	37,8

^z CV es el coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje

^y Medias con la misma letra en cada columna no muestran diferencias significativas para el Test de Tukey al 5%.

La utilización del modelo de análisis estadístico de interacción multiplicativa y efectos principales aditivos (AMMI: Additive Main Effect and Multiplicative Interaction Model) resulta útil para analizar la interacción CxA, permitiendo la identificación de los cultivares de alta y baja plasticidad para la variable observada (Solano *et al.*, 1998). Definiéndose cultivares plásticos como aquellos que no alteran de manera importante su comportamiento ante los cambios ambientales. Esto puede ocurrir porque tienen una alta adaptabilidad fenotípica que les permite prosperar en condiciones muy diferentes o porque son extremadamente sensibles a las condiciones macro ambientales. Mientras que cultivares sensibles o poco plásticos son aquellos que cambian en gran medida su comportamiento frente a cambios en las condiciones ambientales, siendo estos cultivares los responsables de la interacción CxA de tipo compleja que complica la recomendación de cultivares (Gunasekera *et al.*, 2006).

El resultado del modelo AMMI indicó que solamente la primera componente fue capaz de explicar el 81,7 % de la variabilidad observada para la interacción (Figura 5.31). Analizando el valor de esta componente y la posición de cada uno de los cultivares (Figura 5.31), se destacaron los cvs Smilla (19) y Majestic (3), también Alpina (21), Candid Charm (4), Skywalker (25) y KS 40 (1) por tener valores cercanos a cero y estar ubicados cerca del origen (Cuadro 5.36). Esta situación indica que agronómicamente han tenido un comportamiento estable para el parámetro calidad visual de las pellas.

Esta calidad tuvo, en el cv Smilla, variación entre muy buena y buena, siendo los defectos observados menores y asociados al desarrollo de arrozado y coloración púrpura en el invierno y vellosidades en el verano. En el cv Majestic la calidad fue entre inferior y buena, siendo deteriorada por arrozado, severo en algunos casos.

En los cvs Alpina y Candid Charm la calidad fue buena, solo afectada en Candid Charm por leve coloración púrpura en las situaciones de cultivo donde se registró más baja temperatura (ambiente 1 y 2) y por desarrollo de finas vellosidades en la situación más cálida (ambiente 3). La calidad de las pellas del cv Alpina fue afectada por presencia de arrozado y coloración púrpura en los ambientes 1 y 2, y por un muy fino arrozado y amarillamiento en el ambiente 3.

Cuadro 5.36: Efecto de los distintos ambientes estudiados sobre la calidad promedio obtenida para cada uno de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares.

Nº	Cultivar	Calidad ^z	calidad visual promedio por ambiente			Valor de CP 1 ^x
			Ambiente 1 ^y	Ambiente 2	Ambiente 3	
1	KS 40	3,79	4,00	4,00	3,42	0,54
2	Madrid 70	1,91	1,93	1,20	2,60	-0,77
3	Majestic	2,26	2,46	1,92	2,40	-0,10
4	Candid Charm	1,59	1,58	1,70	1,50	0,17
5	Cashmere	2,23	1,33	2,10	2,89	-0,90
6	White Magic	2,03	1,82	1,80	2,42	-0,43
7	Memphis F1	1,63	1,92	2,00	1,17	0,70
8	1843 F1	2,09	1,50	1,60	3,30	-1,38
9	1844 F1	2,62	1,91	2,25	3,70	-1,27
10	Clyde	2,00	-	-	2,00	-
11	G 390	2,19	2,10	2,70	1,50	0,79
12	Balboa	1,38	-	1,44	1,29	-
13	Bonny (LD)	1,66	2,45	1,09	1,40	0,39
14	Don Mario	1,61	1,33	-	1,91	-
15	Incline	1,85	2,00	2,50	1,17	0,93
16	Julia	1,64	2,22	1,40	1,17	0,60
17	KS 60	3,69	4,00	4,00	3,00	0,88
18	Bonny (Hurst)	1,86	-	-	1,86	-
19	Smilla	1,59	1,80	1,30	1,67	-0,03
20	Belot F1	3,07	4,00	4,00	1,55	2,05
21	Alpina F1	1,73	1,67	1,85	1,63	0,17
22	Cassius F1	1,94	1,64	1,50	2,50	-0,70
23	Somerset F1	2,08	2,00	1,17	2,70	-0,82
24	Encanto F1	2,00	2,38	1,42	2,40	-0,33
25	Skywalker F1	1,90	1,58	2,08	2,17	-0,23
26	Amazing	2,03	2,58	1,83	1,20	0,91
27	Phantom F1	1,68	1,80	1,75	1,00	0,72
28	Cortijo	1,77	-	1,42	2,20	-
29	Verona	1,56	-	-	1,56	-
30	Barcelona	1,79	1,30	1,50	3,75	-1,90
31	Ámsterdam	2,05	-	1,42	3,00	-

^z Calidad promedio de las pellas cosechadas en los tres ambientes.

^y Ambiente 1: invernadero-invierno 2003; Ambiente 2: aire libre-invierno 2003; Ambiente 3: aire libre-verano 2004.

^x Valor de la componente principal 1 del análisis de componentes principales (PCA).

El cv Skywalker sufrió una disminución en la calidad desde buena a aceptable entre los ambientes 1 y 3, principalmente a causa del arrozado. Por último, el cv KS 40 produjo en las tres situaciones de cultivo pellas de mala calidad o no comerciales, debido al abotonamiento y el amarillamiento (Cuadro 5.36). También se destacó el cv Balboa, el cual solo fue cosechado en los ambientes 2 y 3, produciendo pellas de muy buena calidad en ambas situaciones.

En el ambiente 1 se destacaron los cvs Cashmere (5) y 1844 (9), este último si bien no produjo pellas de muy buena calidad, fue en este ambiente donde se observó su mejor comportamiento. Ambos desarrollaron coloración púrpura en el ambiente 2 y abundante vellosidad en el ambiente 3, de mayor tamaño y de color verde en el cv 1844 (Figura 5.31).

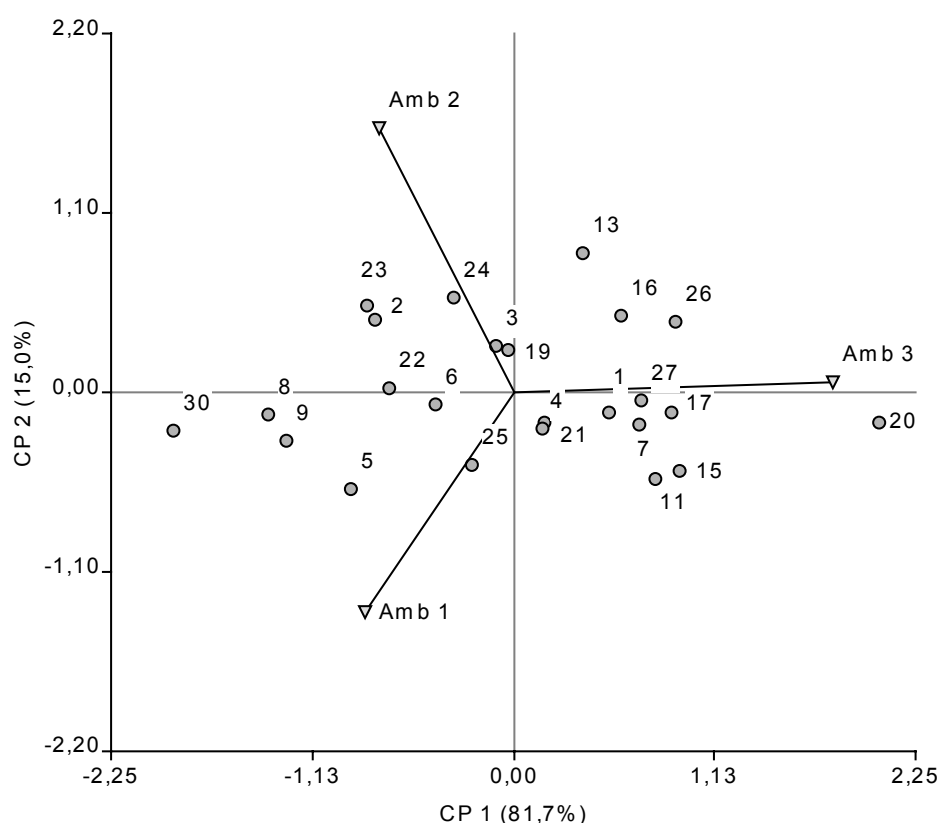


Figura 5.31: Biplot del modelo AMMI para la variable calidad visual de las pellas en 31 cultivares de coliflor en los tres ambientes estudiados. Sobre matriz de datos sin estandarizar.

Los cvs Somerset (23), Madrid (2) y Encanto (24) produjeron muy buena calidad de pellas en el ambiente 2, no siendo así en los restantes. El cv Madrid desarrolló arrozado en los ambientes 1 y 3, y los cvs Somerset y Encanto fueron sensibles al desarrollo de vellosidades y coloración púrpura en estos mismos ambientes (Figura 5.31).

En el ambiente 3 se destacaron los cvs Belot (20), Amazing (26), Incline (15), KS 60 (17), Phantom (27) y Memphis (7) y G 390 (11). Todos ellos produjeron pellas de muy buena calidad, a excepción del cv KS 60 en el que fueron siempre de calidad inferior. Este grupo presentó, en general, alta sensibilidad al desarrollo de vellosidades en los ambientes 1 y 2, en casos extremos con desarrollo de hojas (Figura 5.31).

Los cvs Barcelona (30), 1843 (8) y Cassius (22) produjeron pellas de buena y muy buena calidad en los ambientes 1 y 2, y de calidad inferior en el ambiente 3 (Cuadro 5.36, Figura 5.31). Esta pérdida de calidad fue debida a un prominente desarrollo de vellosidades, en algunos casos con tintes verdosos; lo que puede haber sido ocasionado por las altas temperaturas registradas durante el período de crecimiento de las pellas en el ambiente 3 (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003).

Los cvs Bonny (13) y Julia (16) produjeron pellas de muy buena calidad en el ambiente 2 y 3, e inferior en el ambiente 1; lo que fue debido al desarrollo de arrozado y coloración púrpura intensa (Cuadro 5.36, Figura 5.31). La elevada temperatura diurna y la baja temperatura nocturna registradas en el ambiente 1 parecen haber acelerado el crecimiento e inducción de estos cultivares, dejándolos expuestos a noches frías durante el período de crecimiento de la pella, pudiendo ser el origen de estos defectos (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003; Irani & Grotewold, 2005).

En estas experiencias fue posible identificar, sobre la base de la calidad visual de las pellas, a los cvs KS 40 (1) y KS 60 (17) como estables en la calidad producida pero no adaptables a las condiciones de la zona. Los cvs Belot (20) y 1844 (9) resultaron poco plásticos y de regular calidad promedio (Figura 5.32). Cultivares poco plásticos pero de muy buena calidad fueron

Madrid (2), Incline (15), Somerset (23) y Barcelona (30), es decir que deben ser utilizados dentro de su época óptima de transplante. De muy buena calidad y de mayor flexibilidad fueron los cvs Memphis (7) y Phantom (27), que han producido pellas de buena y muy buena calidad en los tres ambientes. Por último los cvs Candid Charm (4) y Smilla (19) resultaron los de mayor plasticidad y calidad promedio (Figura 5.32).

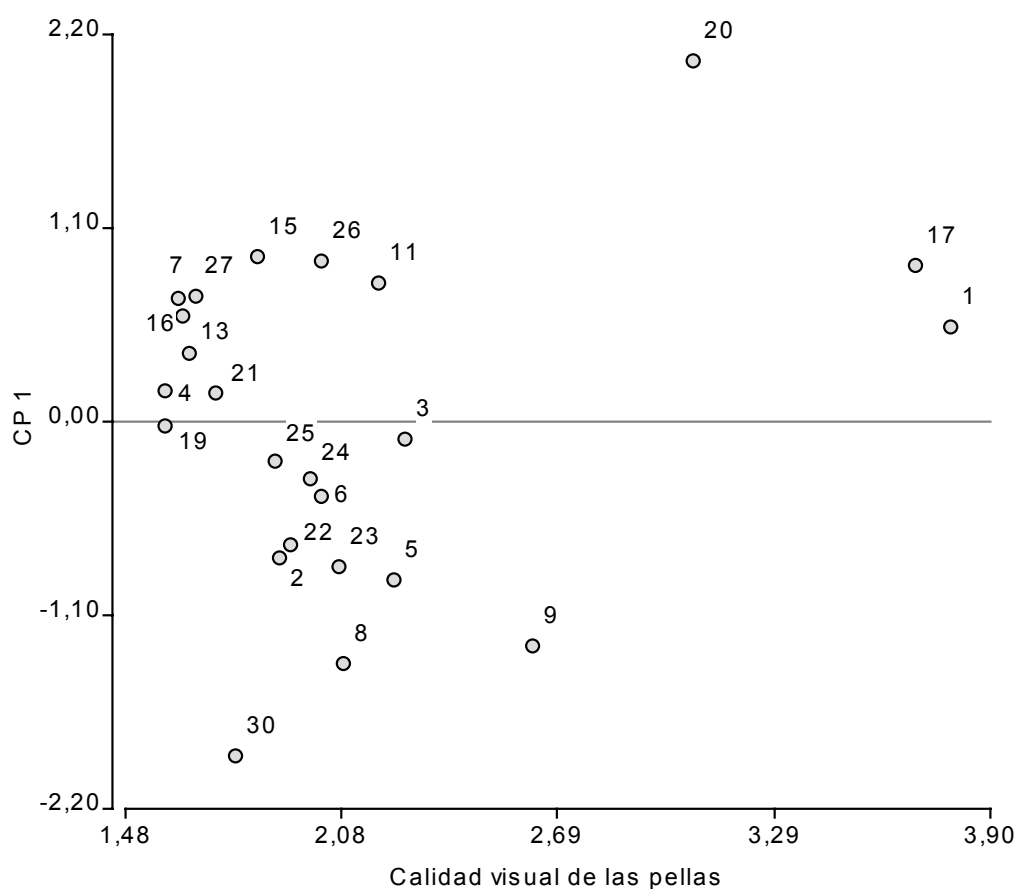


Figura 5.32: Media de la calidad visual de las pellas y valor del eje 1 del análisis de componentes principales para 31 cultivares de coliflor.

Los resultados del ANOVA mostraron la existencia de diferencias altamente significativas en el peso fresco de las pellas para los efectos principales de ambiente (A) y cultivares (C). El análisis combinado detectó también un efecto significativo de la interacción cultivar x ambiente

(CxA). En este caso la diferencia observada entre los cultivares explicó el 72% de la variabilidad total y solamente el 6,2% fue debido a las diferencias entre los ambientes (Cuadro 5.34).

La situación de cultivo en que se registró el menor peso promedio fue el ambiente 2, siendo a su vez el de menor coeficiente de variación. En los ambientes 1 y 3 se registró un peso promedio aproximado de 300 g por encima del obtenido en el ambiente 2, y sin diferencias estadísticas entre ellos (Cuadro 5.35). Esto está asociado a la mayor temperatura ambiente y junto a ello al aumento en la cantidad, el peso seco y el área de hojas (Wurr *et al.*, 1990 a y c; Castillo *et al.*, 1994; Olesen & Grevsen, 1997).

En el modelo AMMI el 58,4% de la variabilidad fue explicada por el primer eje del análisis de componentes principales (Figura 5.33). Observando el valor que toma esta primera componente y la posición de cada uno de los cultivares en esta figura, se destacaron los cvs Candid Charm (4), Cashmere (5), White Magic (6), 1843 (8) y G 390 (11) como los de mayor plasticidad para la variable peso fresco de la pella. Las pellas del cv White Magic fueron grandes y las del cv 1843 de tamaño medio en los tres ambientes. En cambio, en los cvs Candid Charm y G 390 las pellas fueron grandes en los ambientes 1 y 3 y medianas en el ambiente 2 (Cuadro 5.37).

También se incluyen los cvs Ámsterdam (31), Cortijo (28) y Don Mario (14), los que produjeron pellas medianas aunque no fueron cosechados en las tres situaciones (Cuadro 5.37). Los cvs Bonny (LD) (13), 1844 (9), Cassius (22), Smilla (19) y Phantom (27) produjeron en el ambiente 1 sus pellas de mayor tamaño. En el ambiente 2 los cvs Somerset (23) y Barcelona (30) produjeron sus pellas de mayor tamaño; y en el ambiente 3 fueron los cvs Skywalker (25), Memphis (7), Encanto (24), Julia (16) y Belot (20) los que produjeron sus pellas más grandes.

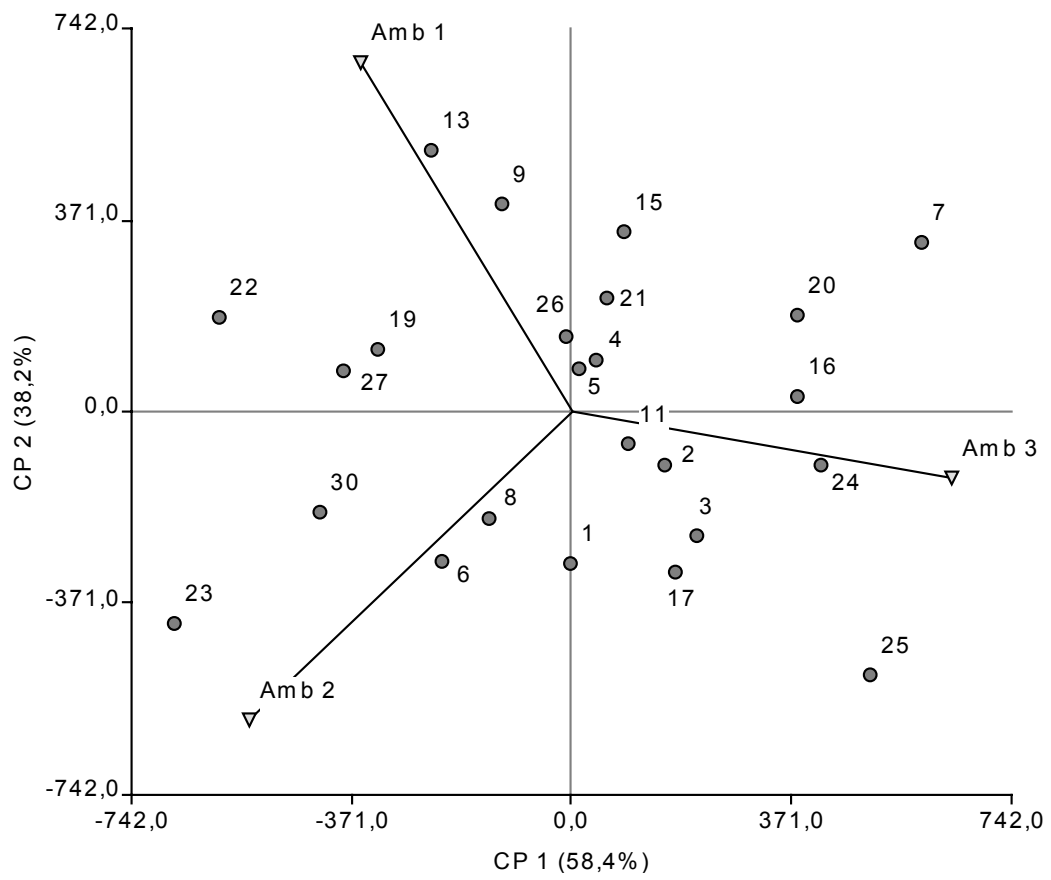


Figura 5.33: Biplot del modelo AMMI para la variable peso fresco de las pellas en 31 cultivares de coliflor en los tres ambientes estudiados. Sobre matriz de datos sin estandarizar.

Cuadro 5.37: Efecto de los distintos ambientes estudiados sobre el peso fresco promedio (g) obtenido para cada uno de los genotipos de coliflor utilizados en la evaluación de cultivares.

Nº	Cultivar	peso ^z	Peso fresco promedio por ambiente			Valor de CP 1 ^x
			Ambiente 1 ^y	Ambiente 2	Ambiente 3	
1	KS 40	65	21	19	143	-3,6
2	Madrid 70	538	557	259	683	156,7
3	Majestic	565	487	370	803	212,2
4	Candid Charm	1179	1384	830	1197	40,32
5	Cashmere	785	1006	476	809	13,33
6	White Magic	1147	1199	1237	1076	-220,0
7	Memphis F1	1253	1357	380	1557	591,2
8	1843 F1	595	677	588	567	-139,0
9	1844 F1	760	1340	385	737	-116,0
10	Clyde	927	-	-	927	-
11	G 390	1034	1158	819	1181	96,7
12	Balboa	1693	-	877	2393	-
13	Bonny (LD)	919	1667	590	842	-237,0
14	Don Mario	716	660	-	766	-
15	Incline	1288	1679	768	1331	88,8
16	Julia	1265	1401	868	1661	381,2
17	KS 60	113	11	0,7	346	176,4
18	Bonny (Hurst)	711	-	-	711	-
19	Smilla	1167	1573	1059	969	-328,0
20	Belot F1	1925	1991	1251	2093	382,4
21	Alpina F1	1112	1456	727	1190	58,4
22	Cassius F1	716	1320	770	388	-595,0
23	Somerset F1	691	862	1160	358	-669,0
24	Encanto F1	938	956	601	1388	422,4
25	Skywalker F1	1161	828	1026	1698	504,8
26	Amazing	585	880	275	604	-7,6
27	Phantom F1	753	1090	664	429	-385,0
28	Cortijo	802	-	927	715	-
29	Verona	545	-	-	545	-
30	Barcelona	951	1084	1045	634	-424,0
31	Ámsterdam	799	-	795	802	-

^z Peso promedio de las pellas (g) cosechadas en los tres ambientes.

^y Ambiente 1: invernadero-invierno 2003; Ambiente 2: aire libre-invierno 2003; Ambiente 3: aire libre-verano 2004.

^x Valor de la componente principal 1 del análisis de componentes principales (PCA).

Fueron caracterizados los cvs KS 40 (1) y KS 60 (17) como no adaptables a las condiciones de la zona, dado que las pellas fueron las de menor peso. El cv Belot (20) fue el que produjo las

pellas de mayor tamaño promedio, pero sin estabilidad entre ambientes. Los cvs Smilla (21), Candid Charm (4) e Incline (15) formaron pellas grandes y estables. Mientras que los cvs Madrid (2), Majestic (3), Amazing (26) y 1843 (8) tuvieron buena plasticidad pero las pellas fueron de tamaño medio a chico (Figura 5.34).

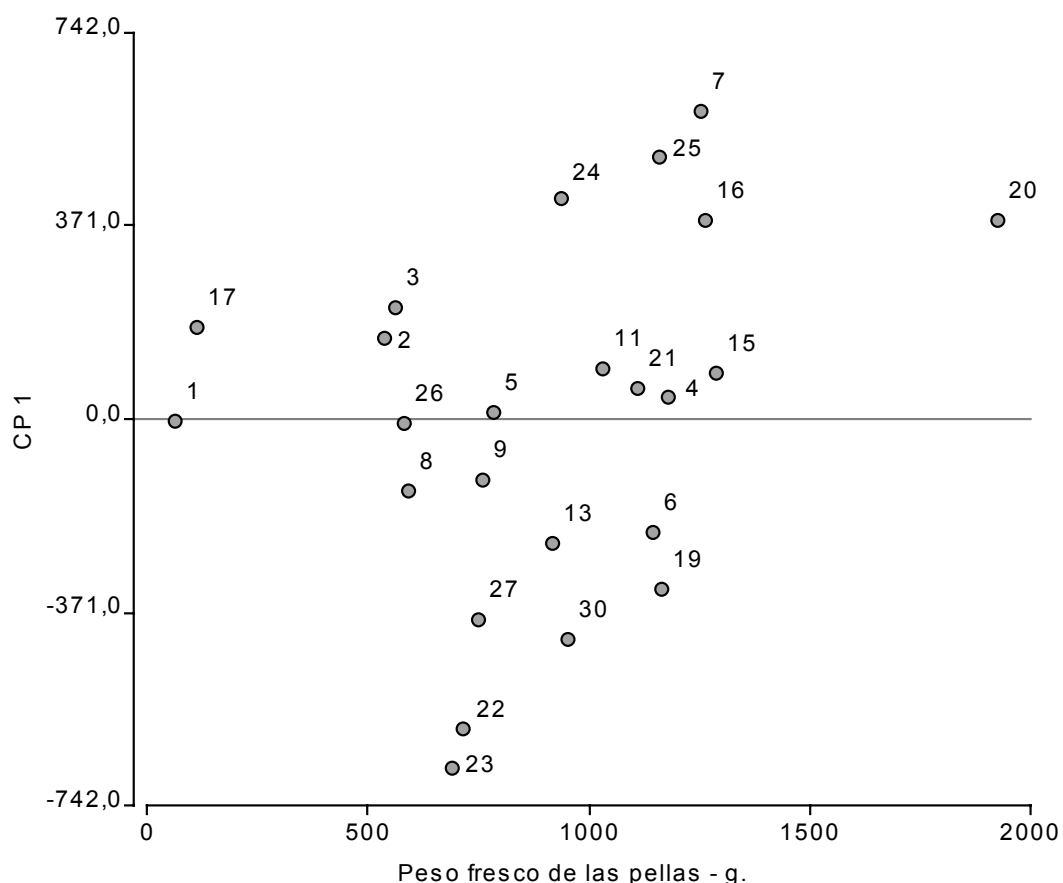


Figura 5.34: Media del peso fresco de las pellas y valor del eje 1 del análisis de componentes principales para 31 cultivares de coliflor en tres ambientes distintos.

La evaluación del comportamiento relativo de cada uno de los cultivares se realizó mediante el índice de ponderación de la calidad y del peso fresco, de esta forma se identificaron los cultivares de mejor y peor desempeño en cada una de las situaciones de cultivo planteadas (Figura 3.35).

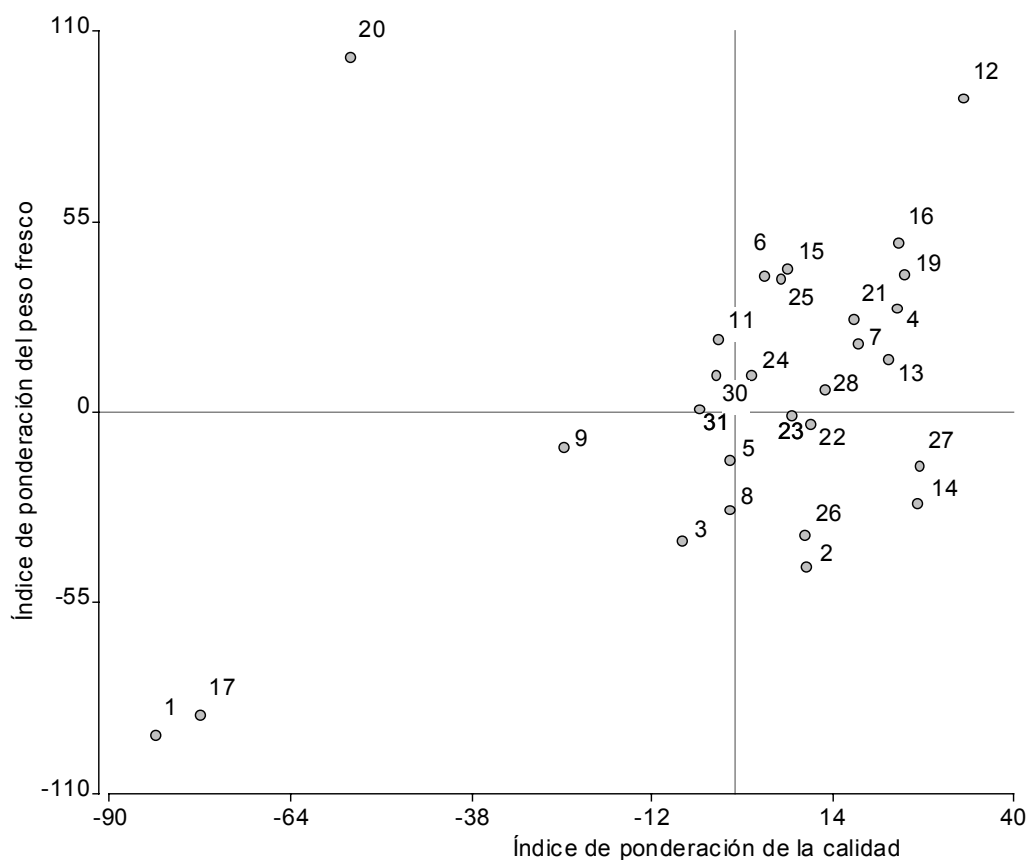


Figura 5.35: Dispersión del índice ponderación de la calidad visual y del peso fresco de las pellas de los cultivares utilizados en los tres ambientes estudiados.

a) Cultivares factibles de utilizar todo el año

El cv **Balboa** (12) solo fue cosechado en el ambiente 2 (invierno) y en el ambiente 3 (verano), y tuvo muy buena calidad promedio (1,38) estable de una situación a otra (Cuadro 5.36). La depreciación en la calidad de las pellas fue ocasionada por el amarillamiento provocado por el sol, por lo que en este caso no debiera postergarse la cosecha una vez que las pellas han alcanzado la madurez (Jaya *et al.*, 2002; Hemphill, 2005). Este cultivar produjo pellas de elevado peso fresco, sin embargo no fue estable, ya que las pellas producidas fueron medianas en el ambiente 2 (880 g) y muy grandes en el ambiente 3 (2400 g). Este cultivar sería recomendable tanto para cosechas de primavera como de otoño, con la consideración que en la cosecha primaveral las pellas serán de menor tamaño.

El cv **Julia** (16) produjo pellas de calidad visual promedio buena (1,64) pero sensible a los cambios en las condiciones ambientales (Cuadro 5.36). En el ambiente 1 desarrolló arrozado en el 100% de las pellas, lo que puede haber ocurrido por una pronta iniciación dejándola expuesta a las bajas temperaturas en estados de alta sensibilidad (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003; Hemphill, 2005). En el ambiente 2, donde la iniciación puede haber ocurrido más tarde la calidad visual fue muy buena, y solamente se observaron algunas pocas pellas levemente rosadas, mientras que en el ambiente 3 no hubo defectos de calidad. Las pellas producidas fueron grandes en los ambientes 1 y 3 (1400 g y 1600 g, respectivamente) y medianas en el ambiente 2 (870 g). Este cultivar se podría recomendar para cosechas de otoño y también en primavera (al aire libre), sin olvidar la reducción de tamaño esperada en la cosecha de primavera. Tanto la calidad como el tamaño observados coinciden con los datos citados por la empresa productora, sin embargo, ésta no menciona la posibilidad de su utilización para cosechas de verano-otoño en regiones de clima templado (Cuadro 4.1).

En el cv **Smilla** (19) la calidad promedio fue buena (1,59) y relativamente estable en los distintos ambientes (Cuadro 5.36). Produjo pellas de muy buena calidad en el ambiente 2, solo afectadas en muy pocos casos por el defecto de pellas rosadas. En los ambientes 1 y 3 fueron de buena calidad, pero se registraron algunas pellas con arrozado y coloración púrpura en el ambiente 1. En el ambiente 3 la depreciación de la calidad fue ocasionada por el desarrollo de vellosidades. El tamaño de las pellas fue grande en todos los ambientes, con promedios entre 1000 g y 1500 g. Este cultivar sería adaptable para muy buenas cosechas primaverales, pudiendo hacerse también para cosecha de otoño, pero considerando que es posible obtener pellas de calidad algo inferior. Las características de las pellas producidas coinciden con los datos mencionados por la empresa productora para este cultivar (Cuadro 4.1), dado que, tratándose de una región de clima templado cálido, se obtuvieron pellas de buena calidad en las dos estaciones de cultivo utilizadas. Sin embargo, en la cosecha de primavera el ciclo del cultivo fue 10 días más largo que el informado por la empresa para la misma estación de crecimiento (Cuadro 5.25).

El cv **Candid Charm** (4) tuvo pellas de buena calidad visual (1,59) y estable en las tres situaciones de cultivo (Cuadro 5.36). Solamente fue observada coloración púrpura en el ambiente 1 y vellosidades en el ambiente 3, pero en ambos casos de baja incidencia y severidad. Las pellas fueron grandes en los ambientes 1 y 3 (>1200 g), y medianas en el ambiente 2 (830 g). La empresa Sakata recomienda este cultivar para siembras de otoño-invierno, tanto en clima cálido como frío, obteniendo pellas medianas a grandes. Esto coincide con lo observado en esta situación, aunque el ciclo del cultivo fue aproximadamente 35 días más largo que el informado por la empresa (Cuadro 4.1 y Cuadro 5.25). En esta experiencia también fueron obtenidas pellas de buena calidad en el transplante de verano. Este cultivar ha sido recomendado para su utilización en trasplantes de julio-agosto y cosecha a partir de diciembre, en los estados de California y Texas (Estados Unidos) (Koike *et al.*, 1997; Daniello, 2003). En California la temperatura mínima media del mes más frío (enero) se ubica entre 0 °C y 6 °C y la máxima media entre 13 °C y 20 °C (¹¹); siendo estos registros térmicos algo inferiores a los del Cinturón Hortícola Santafesino (Cuadro 5.33). Mientras que en el mes más cálido (julio) la temperatura máxima media se encuentra entre 24 °C y 31 °C, en la costa sur, llegando hasta 40 °C en el centro y desierto del sur del estado. Valores de temperatura similares a los de la costa sur se observaron en la zona en estudio (Cuadro 5.33), y de acuerdo con Koike *et al.* (1997) sería posible utilizar este cultivar en ambas regiones durante todo el año.

La calidad visual promedio de las pellas del cv **Bonny** (LD) (13) fue buena (1,66) pero con gran diferencia entre ambientes (Cuadro 5.36), siendo inferior en el ambiente 1 y muy buena en los ambientes 2 y 3. Las pellas de este cultivar se vieron muy afectadas por coloración púrpura en el ambiente 1, posiblemente como consecuencia de la rápida iniciación y pronta maduración en condiciones de bajas temperaturas. El tamaño promedio de las pellas fue medio (920 g) y muy variable entre ambientes (Cuadro 5.37), con pellas grandes en el ambiente 1 y medianas en los ambientes 2 y 3. Este cultivar sería recomendable para trasplantes invernales y estivales

¹¹ Fuente `The NOAA Southern Regional Climate Center´(SRCC). Serie 1971-2000. URL: www.srcc.lsu.edu/southernClimate/atlas/atlas/normalMap?

(aire libre), aunque es posible que las pellas obtenidas sean medianas-chicas (aproximadamente 600 g) en el invierno y medianas (aproximadamente 800 g) en el verano. La empresa comercial LDaehnfeldt recomienda este cultivar solamente para cosechas de invierno y primavera en áreas templado cálidas, dado que para que se produzca la iniciación de la pella la temperatura debe ser inferior a 16 °C (Cuadro 4.1). Sin embargo en esta experiencia también fueron obtenidas pellas de muy buena calidad en la cosecha de verano-otoño. El ciclo del cultivo resultante fue 15 días más largo que el citado por la empresa en la misma época de transplante. Este cultivar también es recomendado en la región de Nueva Escocia (Canadá) para su utilización durante los meses más cálidos (Best, 2001), en los que se registra una temperatura máxima media de entre 17 °C y 24 °C y una mínima media entre 4 °C y 12 °C (¹²). Estos registros térmicos son similares a los del Cinturón Hortícola Santafesino en los meses de otoño-invierno (Cuadro 5.33). Pero, a diferencia de Nueva Escocia, donde las pellas alcanzaron un peso de 900 g en un período de 64 días (Best, 2001), en las condiciones de cultivo experimentadas el ciclo fue de 100 días y las pellas obtenidas tuvieron un peso de 600 g.

En el cv **Phantom** (27) la calidad promedio de las pellas fue buena (1,68) y poco variable entre ambientes (Cuadro 5.36), siendo de buena calidad en los ambientes 1 y 2 y muy buena en el ambiente 3. Esta fue depreciada en el ambiente 1 por leve arrozado y coloración púrpura de baja incidencia, y en el ambiente 2 por el desarrollo de vellosidades en algunas pellas. El peso obtenido fue medio y con grandes variaciones entre ambientes (Cuadro 5.37), obteniéndose pellas grandes (1000 g) en el ambiente 1, medianas (660 g) en el 2 y chicas en el ambiente 3 (430 g). Este cultivar es recomendado junto con Bonny para la utilización en Nueva Escocia, en esta región Best (2001) informó la obtención de pellas cercanas 900 g de peso y un ciclo de cultivo de 70 días. En esta experiencia, en similares condiciones térmicas fueron obtenidas pellas de 660 g en un período de 105 días, en tanto que las pellas obtenidas en la cosecha de verano-otoño fueron de la mejor calidad pero de tamaño chico.

¹² Fuente: `The Wather Channel Interactive, Inc´. URL: <http://espanol.weather.com.weather/climatology/CAXX0219>.

En el cv **Alpina** (21) la calidad visual promedio fue buena (1,73) y muy poco afectada por los cambios en las condiciones ambientales (Cuadro 5.36). Este cultivar se mostró sensible a las bajas temperaturas, ya que desarrolló arrozado de distinta intensidad en los tres ambientes, en combinación con coloración púrpura de baja incidencia y severidad en los ambientes 1 y 2. Para obtener una mejora en la calidad de las pellas de este cultivar sería recomendable retrasar la fecha de transplante en el invierno y adelantarla en el verano, a fin de evitar las bajas temperaturas invernales y otoñales, respectivamente. El tamaño de las pellas fue grande en los ambientes 1 y 3 (>1000 g) y medianas en el ambiente 2 (730 g).

Las pellas cv **Amazing** (26) tuvieron una calidad visual promedio entre buena y aceptable (2,03), con grandes variaciones entre ambientes (Cuadro 5.36). Fueron de inferior calidad en el ambiente 1 debido al desarrollo de vellosidades de distinta intensidad, mejorando a buena y muy buena calidad en los ambientes 2 y 3. El peso obtenido fue medio a bajo, produciendo pellas chicas en el ambiente 2 (275 g) y medianas en los ambientes 1 y 3 (880 g y 600 g, respectivamente). Por lo que este cultivar sería recomendable tanto para cosechas de verano-otoño como de primavera, pero en esta última situación es de esperar que las pellas sean de tamaño chico. Este cultivar ha sido probado y recomendado para transplantes de verano en los estados de Maryland y Virginia, en la costa oeste de Estados Unidos, donde la temperatura mínima media de julio varía entre 13 °C y 21 °C y la máxima media del mismo mes entre 23 °C y 31 °C (¹³). En estas condiciones se obtienen pellas de buena calidad pero de tamaño medio a chico (Simms *et al.*, 2000; Bratsch, 2003).

b) Cultivares factibles para cosechas de verano-otoño

El cv **Memphis** (7) produjo pellas de calidad visual promedio buena (1,63) y con variaciones entre ambientes (Cuadro 5.36). La calidad fue buena y aceptable en los ambientes 1 y 2,

¹³ Fuente `The NOAA Southern Regional Climate Center´(SRCC). Serie 1971-2000. URL: www.srcc.lsu.edu/southernClimate/atlas/atlas/normalMap?

respectivamente; y la depreciación fue debida al desarrollo de vellosidades y coloración púrpura. En el ambiente 3 la calidad de las pellas fue muy buena y solo se observó en muy pocas pellas el desarrollo de vellosidades muy finas y blancas. El tamaño promedio de las pellas fue grande pero muy variable entre ambientes, siendo grandes en los ambientes 1 y 3 (>1300 g), y chicas (380 g) en el ambiente 2. La gran diferencia observada en el peso de las pellas entre los ambientes de invierno puede deberse a la temperatura (Castillo *et al.*, 1994). Ya que, si bien las temperaturas máxima y la mínima no fueron muy diferentes, la evolución de las mismas a lo largo del día si lo fue. De esa forma, dentro del invernadero luego de la salida del sol se produce una acumulación de calor dentro de la estructura generando un aumento rápido de la temperatura dentro del mismo. Cuando ésta superaba los 24 °C las ventanas laterales y cenitales se abrían automáticamente permitiendo el descenso de la temperatura, lo que ocurría de manera muy eficiente dada la gran superficie de ventanas y la altura de la estructura. De esta forma, a pesar de que la temperatura máxima dentro del invernadero se mantuvo muy cerca de la registrada en el exterior, las plantas estuvieron sometidas a una mayor cantidad de horas de calor debido a que temperatura subía más rápidamente en la mañana y se mantenía por más tiempo durante la tarde. Este cultivar tuvo muy buen comportamiento en calidad y tamaño en transplantes de verano, para cosechar al principio del otoño. Lo que coincide con lo expresado por la empresa comercial Vilmorin, que lo recomienda para cosechas de otoño en clima templado, obteniéndose pellas de muy buena calidad y tamaño, aunque en esta situación el ciclo fue casi 40 días más largo que el mencionado por la empresa (Cuadro 4.1 y Cuadro 5.31).

La calidad visual promedio de las pellas del cv **Incline** (15) fue buena (1,85), pero variable entre ambientes (Cuadro 5.36). Produjo pellas de aceptable e inferior calidad en los ambientes 1 y 2, producto del desarrollo de vellosidades de distinta severidad y con desarrollo de color verde o púrpura; mientras que fueron de muy buena calidad y sin defectos en el ambiente 3. El peso promedio fue alto (1290 g) pero variable entre ambientes, las pellas fueron grandes en los ambientes 1 y 3 y medianas en el ambiente 2 (770 g). Por tanto, este cultivar sería apto para transplantes de verano y cosechas otoñales, obteniendo muy buena calidad y peso (1300 g). De la misma forma se recomienda para transplantes de verano en los estados de California y Texas,

Estados Unidos (Koike *et al.*, 1997; Daniello, 2003). Sin embargo, la empresa comercial Sakata, recomienda este cultivar como de clima templado frío y para transplante otoñal y cosecha de primavera (Cuadro 4.1).

c) Cultivares factibles para cosechas de primavera.

El cv **Cortijo** (28), fue cosechado solamente al aire libre (ambientes 2 y 3) y tuvo una calidad visual promedio buena (1,77) pero variable de un ambiente a otro (Cuadro 5.36). Esta fue muy buena y sin defectos en el ambiente 2, y de aceptable calidad y depreciada por el desarrollo de vellosidades, producto de las altas temperaturas estivales del ambiente 3. Las pellas obtenidas fueron de tamaño medio a grande, entre 715 g a 930 g. Por lo tanto, este cultivar sería recomendable solo para su transplante durante el invierno y cosecha en primavera, siendo las pellas obtenidas de muy buena calidad y de tamaño medio a grande.

Las pellas del cv **Cassius** (22) tuvieron buena calidad visual promedio (1,94), aunque variable entre ambientes (Cuadro 5.36). Fueron de buena calidad en los ambientes 1 y 2, observándose el desarrollo de coloración púrpura de baja incidencia y severidad en el ambiente 1 y el desarrollo de finas vellosidades en el ambiente 2. La calidad promedio observada en el ambiente 3 fue inferior, debido a una mayor incidencia del desarrollo de vellosidades a raíz del aumento de la temperatura. Este cultivar sería recomendable para transplantes invernales, siendo posible obtener una cosecha de primavera de buena calidad y peso medio, aproximadamente 800 g, al aire libre; y cosecha de buena calidad y grandes, aproximadamente 1300 g, en invernadero. Este cultivar ha sido probado en Virginia (Estados Unidos), en transplantes a principios del verano, donde la temperatura mínima y máxima media están entre 13 °C y 21 °C y 23 °C y 31 °C, respectivamente (¹⁴). En estas condiciones el cultivar fue muy precoz, pero produjo pellas de baja calidad, con un peso aproximado de 700 g (Bratsch, 2003).

¹⁴ Fuente `The NOAA Southern Regional Climate Center´(SRCC). Serie 1971-2000. URL: www.srcc.lsu.edu/southernClimate/atlas/atlas/normalMap?

En el cv **Encanto** (24) el promedio de calidad fue bueno (2,00), pero observándose diferencias entre ambientes (Cuadro 5.36). Fue muy buena y sin defectos en el ambiente 2 y mala en el ambiente 1, debido al desarrollo de coloración púrpura intensa ocasionado por la iniciación y madurez temprana de las pellas dejándolas expuestas a bajas temperaturas a principio de primavera. En el ambiente 3 se combinó la alta temperatura durante el período de inducción, que provocó el desarrollo de vellosidades, con las bajas temperaturas otoñales, que indujeron la aparición de coloración púrpura. Es factible la utilización de este cultivar para cosechas en primavera, obteniendo pellas de tamaño medio a chico (600 g, aproximadamente) pero de muy buena calidad. Esto corrobora lo mencionado por la empresa Bejo, aunque el ciclo de cultivo fue aproximadamente 10 días mas largo que el informado por esta empresa, 96 días en lugar de 87 días (Cuadro 4.1 y Cuadro 5.25). A su vez este cultivar es recomendado en Navarra (España) para su transplante a principios del verano (agosto) y cosecha durante noviembre y principios de diciembre (otoño-invierno). Produciendo un 92 % de pellas comercializables de 1300 g, aproximadamente, con un ciclo de transplante a cosecha de 93 días (Macua González *et al.*, 2005).

El cv **White Magic** (6) produjo pellas de calidad visual entre buena y aceptable (2,03), pero con diferente comportamiento según los ambientes (Cuadro 5.36). En los ambientes 1 y 2 la calidad fue buena, aunque se registró coloración púrpura y vellosidades en un pequeño porcentaje de las pellas. Mientras en el ambiente 3 la calidad solo fue aceptable, siendo depreciada por el desarrollo de vellosidades, en algunos casos moderadas. Utilizando este cultivar en transplantes invernales sería posible obtener pellas de buena calidad y de gran tamaño (1200 g, aproximadamente). Este cultivar es recomendado para transplante en julio-agosto en el estado de California (Koike *et al.*, 1997), y entre marzo y julio en Oregon (Hemphill, 2005), regiones donde la temperatura mínima media de julio es 15 °C y la máxima de 30 °C, aproximadamente (¹⁵). Siendo también recomendado en Texas para transplante en la misma

¹⁵ Fuente `The NOAA Southern Regional Climate Center´(SRCC). Serie 1971-2000. URL: www.srcc.lsu.edu/southernClimate/atlas/atlas/normalMap?. Leído el 24 de julio de 2006.

época (Daniello, 2003), donde las temperaturas mínimas y máximas medias son alrededor de 18 °C y 34 °C, respectivamente.

La calidad visual promedio del cv **Somerset** (23) se ubicó por debajo de 2, siendo muy variable entre ambientes (Cuadro 5.36). Este cultivar produjo pellas de mala calidad en los ambientes 1 y 3, pero muy buena y sin defectos en el ambiente 2. La depreciación fue ocasionada por el desarrollo de coloración púrpura en el ambiente 1 y la aparición de vellosidades en el ambiente 3. Transplantando este cultivar durante la época invernal sería posible tener una cosecha de muy buena calidad durante la primavera con pellas de gran tamaño (1100 g, aproximadamente).

El cv **Madrid** (2) produjo pellas de calidad promedio buena (1,91) y con diferencias entre ambientes (Cuadro 5.36), siendo buena y muy buena en los ambientes 1 y 2 pero de inferior calidad en el ambiente 3. En el ambiente 2 no se registraron defectos, mientras que en el ambiente 1 se observó arrozado y coloración púrpura de baja intensidad solamente en algunas pellas. En el ambiente 3 el primero de estos defectos se intensificó en gran medida. Las pellas cosechadas de este cultivar fueron de tamaño medio en el ambiente 1 (560 g) y chicas en el ambiente 2 (260 g).

El cultivar **Majestic** (3) produjo pellas de calidad visual promedio aceptable (2,26), aunque debido a las diferencias entre ambientes fueron de buena calidad en el ambiente 2 e inferior en los restantes (Cuadro 5.36). Este cultivar presentó arrozado en las tres situaciones de cultivo, aunque las diferencias en intensidad, severidad y frecuencia de este defecto fueron determinantes en la calidad promedio registrada. Las pellas producidas fueron de tamaño chico en los ambientes 1 y 2 (490 g y 370 g) y medianas en el ambiente 3 (800 g). La empresa Sakata caracteriza este cultivar como extra temprano y de uso restringido (Cuadro 4.1). En concordancia con esto fue observado que este cultivar tuvo uno de los ciclos más cortos en el ambiente 3, aunque fue 20 días más largo que el mencionado por la empresa. Sería esperable una mejora en la calidad de las pellas de este cultivar adelantando el transplante de verano a fin de evitar las bajas temperaturas de principio del otoño. El cv Majestic ha sido recomendado para su cultivo en

Belice, región de clima subtropical donde la media del mes más cálido es de 27 °C y la del mes más frío es 24 °C (¹⁶). Estas condiciones climáticas permiten obtener pellas de buena calidad y un peso aproximado de 500 g (Ministry of Agriculture and Fisheries of Belize, 2005). Este cultivar junto a Madrid son conocidos y de amplia difusión en la zona del Cinturón Hortícola Santafesino, pudiendo utilizarse en transplantes invernales para obtener pellas de buena calidad pero de bajo peso. En ambos cultivares las plantas obtenidas fueron pequeñas, lo que da la posibilidad de incrementar la densidad de transplante utilizándolos para el cultivo de minihortalizas.

Longitud de ciclo: días a cosecha

El promedio de días desde transplante a cosecha presentó diferencias significativas entre ambientes y entre cultivares, siendo también significativa la interacción cultivar x ambiente (Cuadro 5.38). El 57% y el 32% de la variabilidad observada fue explicada por las diferencias entre cultivares y entre ambientes, respectivamente; siendo la interacción responsable solamente del 11% de la variabilidad total (Cuadro 5.38).

Los ciclos fueron mas cortos en el invierno (ambientes 1 y 2) que en el verano (ambiente 3), siendo menores aún dentro del invernadero que al aire libre. Esta misma relación fue observada para el CV, dado que este valor se duplicó en el ambiente 3 respecto de lo registrado en los ambientes 1 y 2 (Cuadro 5.39). Esto puede deberse a las temperaturas registradas en cada situación, temperaturas altas como las del ambiente 3 pueden haber retrasado la inducción de la pella, resultando en un período de crecimiento más prolongado y en mayor cantidad de hojas finales (Wurr & Fellows, 1990 b; 1998; Castillo *et al.*, 1994; Jaya *et al.*, 2002).

¹⁶ Fuente ` Belize Weather Sources Online ´ . URL: <http://www.belizenet.com/weatherix.shtml>.

Cuadro 5.38: Términos para cultivar (C), ambiente (A) e interacción cultivar x ambiente (CxA) del modelo del análisis de la varianza para la variable días desde el transplante a la cosecha, para 31 cultivares de coliflor.

Fuente Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	% de la variación explicada
C	30	297349,54 **	57,1
A	2	164688,31 **	31,6
CxA	52	58789,70 **	11,3

Cuadro 5.39: Efecto de los ambientes estudiados sobre los días desde transplante a cosecha para la totalidad de los cultivares utilizados.

Ambiente	Días a cosecha	CV ^z
Ambiente 1. Invierno – Invernadero	80,5 c ^y	3,8
Ambiente 2. Invierno – Aire libre	95,2 b	4,9
Ambiente 3. Verano – Aire libre	113,8 a	10,0
TOTAL	95,9	6,5

^z CV es el coeficiente de variabilidad expresado en porcentaje.

^y Medias con la misma letra en cada columna no muestran diferencias significativas para el Test de Tukey al 5%.

En el invierno las bajas temperaturas registradas provocan una rápida inducción de la pella, acortando el período de crecimiento. Esto es aplicable tanto al ambiente 1 como al 2, dado que no hubo diferencias en la temperatura mínima media registrada en cada uno de ellos. Tal como fuera expresado para el cv Memphis en la sección de cultivares para cosecha de verano-otoño, la diferencia entre las temperaturas máximas medias observadas en los dos ambientes de invierno fue mínima con una evolución diferente a lo largo del día debido al funcionamiento del sistema de ventilación que ofreció una mayor cantidad de horas de calor dentro del invernadero. De esta forma la cantidad de unidades térmicas acumuladas durante el día fue mayor en el ambiente 1 que en el 2, acelerando aquellas etapas que dependen positivamente de la temperatura (período juvenil y de crecimiento de pella) (Booij & Struik, 1990; Wurr et al., 1990 a).

Dentro del invernadero al poco tiempo luego de la salida del sol, la acumulación de calor dentro de la estructura generó un aumento rápido de la temperatura. Cuando ésta superaba los 24 °C las ventanas laterales y cenitales se abrían automáticamente permitiendo el descenso de la temperatura, lo que ocurría de manera muy eficiente dada la gran superficie de ventanas y la altura de la estructura. Así es que, si bien la temperatura máxima dentro del invernadero se mantuvo muy cerca de la registrada en el exterior, en la mañana la temperatura se elevaba más rápidamente y se mantenía por más tiempo durante la tarde. De esta forma la cantidad de unidades térmicas acumuladas durante el día fue mayor en el ambiente 1 que en el 2, acelerando aquellas etapas que dependen positivamente de la temperatura (período juvenil y de crecimiento de la pella) (Booij & Struik, 1990; Wurr *et al.*, 1990 a).

El alargamiento del ciclo de cultivo en el verano respecto del registrado durante el invierno se debe a un incremento en la cantidad de días necesarios para superar la fase inductiva producto del incremento en la temperatura ambiente. Esto es debido a que la superación de esta etapa es acelerada por bajas temperaturas (Atherton *et al.*, 1987; Booij & Struik, 1990, Wurr & Fellows, 1998). La duración de la fase inductiva depende del tipo de cultivar requiriendo menor cantidad de días a temperatura óptima los cultivares tempranos que los tardíos (Wurr & Fellows, 2000). La temperatura óptima varía según autores y cultivares utilizados entre 4 °C y 14 °C, con un máximo entre 17 °C y 24 °C (Grevsen & Olesen, 1994 a y b; Wurr & Fellows, 1998; Fellows *et al.*, 1999; Reeves *et al.*, 2001). Pero dado que las temperaturas registradas durante el verano fueron muy superiores a las mencionadas y ya que no hubo problemas para la inducción, puede suponerse que en los cultivares utilizados la necesidad de bajas temperaturas acelera el proceso, sin perjuicio sobre su ocurrencia (Figura 5.36).

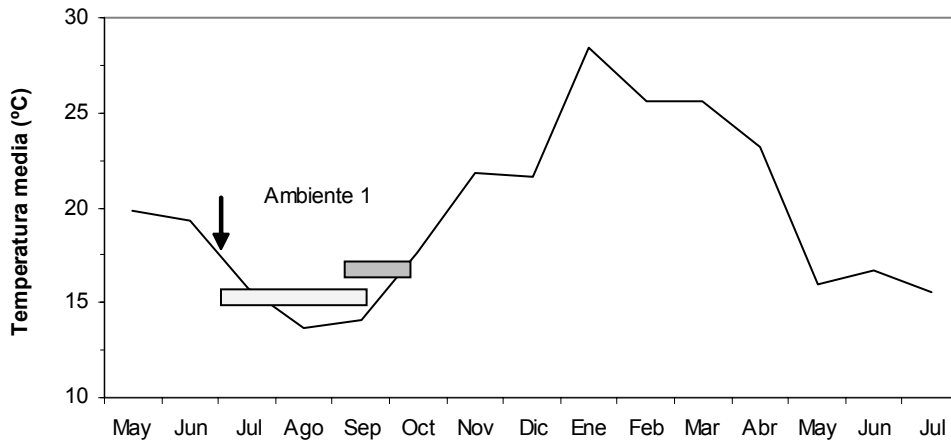
La pequeña diferencia en las temperaturas máximas medias registradas entre el ambiente 1 y 2 puede haber sido el origen de la diferencia de quince días observada en el período de transplante a cosecha entre ellos. Wurr y Fellows (2000) trabajaron en transplantes de primavera con cultivares invernales bajo cubierta de polietileno y obtuvieron un aumento en la temperatura media de 1,6 °C; lo que determinó un incremento en más de 40 días en el ciclo del cultivo a raíz

del alargamiento del período inductivo. Las bajas temperaturas aceleran la inducción de la pella solamente una vez que las plantas han superado la etapa juvenil, siendo el final de esta etapa determinada por la cantidad de hojas iniciadas. El número de hojas que marca el final de la juvenilidad depende del tipo de madurez y del cultivar, variando entre 19 y 28 hojas. Días muy fríos durante esta etapa pueden retrasarla, dado que reducen la tasa de iniciación de hojas (Booij & Struik, 1990; Wurr & Fellows, 2000) (Figura 5.36).

Invernadero

Temperatura media máxima: 28,5 °C

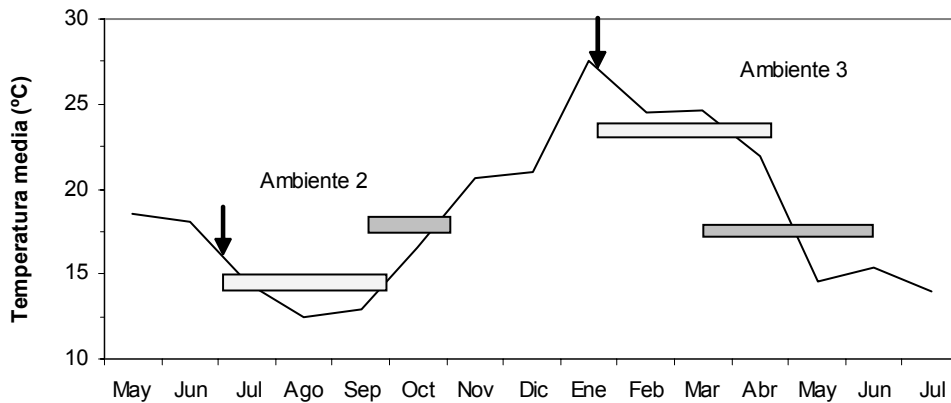
Temperatura media mínima: 13,6 °C



Aire libre

Temperatura media máxima: 27,5 °C

Temperatura media mínima: 12,4 °C



- ↓ Fecha trasplante
- Período estimado de crecimiento y desarrollo del cultivo
- Período de cosecha

Figura 5.36: Evolución de la temperatura media en los tres ambientes utilizados, fecha de trasplante y duración de las etapas de crecimiento del cultivo (estimado desde el trasplante hasta la cosecha) y del período de cosecha.

Se evaluó la estabilidad del ciclo de los cultivares contrastando la duración del período transplante-cosecha promedio en los tres ambientes con el coeficiente de variación porcentual promedio (CV%).

Cuadro 5.40: Efecto de los distintos ambientes estudiados sobre los días desde el transplante hasta la cosecha promedio obtenido para cada uno de los genotipos de coliflor utilizados.

Nº	Cultivar	días a cosecha ^z	Días a cosecha promedio por			CV % ^x
			Ambiente	Ambiente	Ambiente	
1	KS 40	54,1	43,4	57,3	64,7	19,56
2	Madrid 70	75,2	67,8	83,0	77,8	10,15
3	Majestic	74,4	68,6	83,6	70,9	10,84
4	Candid Charm	100,3	83,0	99,2	122,1	19,37
5	Cashmere	92,1	76,3	91,0	103,3	14,96
6	White Magic	99,6	88	98,0	111,4	11,85
7	Memphis F1	110,9	89,5	105,0	135,2	21,13
8	1843 F1	84,3	68,3	95,8	94,0	17,29
9	1844 F1	90,7	76,8	91,0	105,7	15,84
10	Clyde	119,8	-	-	119,8	-
11	G 390	101,3	85,3	100,3	129,5	21,4
12	Balboa	122,6	-	98,8	153,1	-
13	Bonny (LD)	102,7	84,6	100,6	124,8	19,57
14	Don Mario	73,6	67,7	-	79,9	-
15	Incline	109,7	86,7	102,2	139,1	24,63
16	Julia	104,0	83,0	97,8	146,0	30,24
17	KS 60	50,6	43,9	39,1	70,0	32,59
18	Bonny (Hurst)	105,9	-	-	105,9	-
19	Smilla	100,2	89,0	96,3	117,1	14,47
20	Belot F1	145,7	120,0	122,6	186,6	26,38
21	Alpina F1	109,9	90,2	103,6	142,4	24,17
22	Cassius F1	100,4	86,9	106,8	108,4	11,88
23	Somerset F1	92,1	81,7	96,7	99,8	10,43
24	Encanto F1	100,8	85,2	96,2	152,2	32,31
25	Skywalker F1	111,9	96,2	106,7	154,5	26,1
26	Amazing	97,7	87,4	103,0	109,4	11,31
27	Phantom F1	104,0	90,2	105,7	143,0	24,03
28	Cortijo	97,1	-	92,3	102,4	-
29	Verona	130,1	-	-	130,1	-
30	Barcelona	97,9	86,2	97,4	126,7	19,97
31	Ámsterdam	110,0	-	101,2	123,1	-

^z Días desde transplante a cosecha de las pellas, promedio en los tres ambientes, para cada uno de los cultivares.

^y Ambiente 1: invernadero-invierno 2003; Ambiente 2: aire libre-invierno 2003; Ambiente 3: aire libre-verano 2004.

^x Coeficiente de variación porcentual en los días desde transplante a cosecha en cada uno de los ambientes.

Los cultivares Madrid (2), Majestic (3), Somerset (23), Skywalker (26), White Magic (6) y Cassius (22) fueron los que mostraron mayor plasticidad en su comportamiento respecto a la longitud del ciclo hasta cosecha, siendo los cambios observados menores a 20 días (Cuadro 5.40, Figura 5.37). Los cultivares de menor plasticidad fueron Encanto (24), Julia (16), Skywalker (25) y Belot (20), en los que se observó un alargamiento del ciclo cercano o superior a 50 días al cambiar de ambiente (Cuadro 5.40). Igualmente poco plástico resultó el cv KS 60, que siendo el de ciclo más corto, mostró una prolongación de 30 días en su ciclo en el transplante de verano (Cuadro 5.40, Figura 5.37).

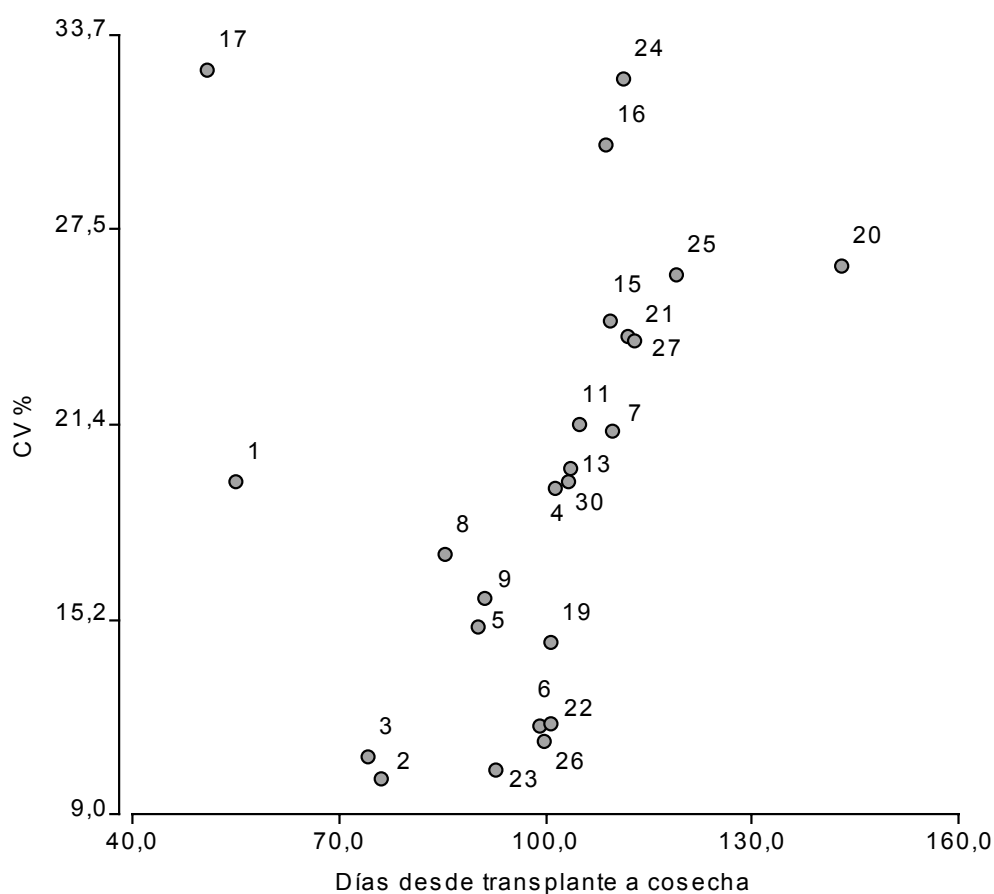


Figura 5.37: Relación entre el promedio de días desde transplante a cosecha y el coeficiente de variación porcentual (CV%) para cada uno de los cultivares.

Dada la presencia de interacción entre cultivares y ambientes se utilizaron gráficos de líneas para identificar grupos de cultivares de similar respuesta (Figura 5.38).

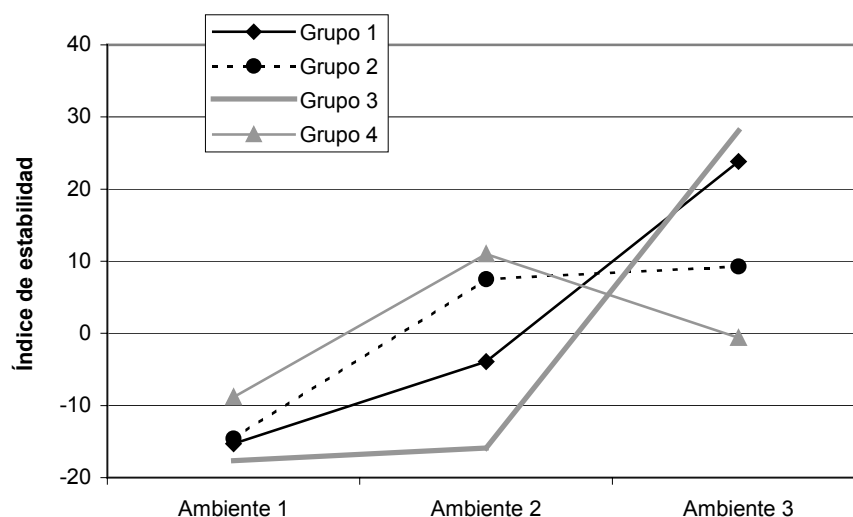


Figura 5.38: Aumento en la cantidad de días desde el transplante hasta la cosecha en los distintos ambientes estudiados para los cultivares utilizados, según grupos con diferente interacción ambiente x cultivar.

El 79% de los cultivares formó un grupo homogéneo que tuvo un aumento en el período transplante a cosecha de 14 días al pasar del ambiente 1 al 2, probablemente por la prolongación del período juvenil. Registrándose un incremento mayor (25 días) al pasar del ambiente 2 al 3, producto quizás del aumento en la cantidad de días para superar la etapa inductiva (Atherton *et al.*, 1987; Booij & Struik, 1990, Wurr & Fellows, 1998) (Grupo 1, Figura 5.38). Un comportamiento diferente tuvieron los cvs 1843, Cassius y Somerset (Grupo 2) en los que se registró un aumento de 20 días promedio en el período transplante cosecha entre el ambiente 1 y 2, quizás debido a la prolongación del período juvenil. Pero con un incremento muy pequeño en el ambiente 3, 1 o 2 días de aumento (Figura 5.38). Esto puede deberse a que se trata de un grupo de cultivares en los que es mayor la respuesta positiva a la temperatura durante la etapa juvenil y de crecimiento de la pella, que la necesidad de bajas temperaturas durante la etapa inductiva. El grupo 3, que estuvo formado por el cv Belot, no mostró cambio

entre los ambiente 1 y 2, pero si un aumento muy importante en el ambiente 3, incrementando en 65 días el período transplante cosecha en esta situación. Esto se correlaciona con los resultados observados en la calidad de las pellas, confirmando que se trata de un cultivar tipo invernal dado que las altas temperaturas estivales pueden haber prolongado grandemente la duración de la etapa inductiva. La excepción a la prolongación de los ciclos fueron los cultivares Majestic y Madrid (Grupo 4), en estos un incremento de 15 días entre el ambiente 1 y el 2 fue seguido por una reducción cercana a 10 días en promedio en el ambiente 3. El desarrollo de estos cultivares puede haber sido retrasado en el invierno debido a que se trata de materiales para producción de verano, en los cuales los requerimientos de bajas temperaturas son mínimos. La variabilidad existente entre cultivares estaría dada por diferencias en la tasa de iniciación de hojas, en los requerimientos térmicos para la inducción y en la tasa de crecimiento luego de la inducción, procesos controlados en gran medida por la temperatura (Atherton *et al.*, 1987; Wurr & Fellows, 2000).

6. CONCLUSIONES

6.1. Sobre la fisiología de la coliflor

- Se observaron grandes diferencias en la respuesta de los distintos cultivares a los factores ambientales analizados. Los cvs KS 40, Madrid y Majestic mostraron cierta respuesta tanto a la longitud del fotoperíodo como a la temperatura; en tanto que el cv Candid Charm solamente se mostró sensible a cambios en la temperatura.
- Se obtuvieron evidencias de una respuesta a la longitud del día, aunque condicionada a la temperatura. Esta respuesta se ajustaría a un modelo fototermal, donde habría una promoción del proceso inductivo cuando los días se alargan, siempre que la temperatura sea alta, caso contrario es posible que la inducción de la pella ocurra solamente en función de la vernalización. En situaciones de bajas temperaturas este estímulo parecería saturar el mecanismo de respuesta. Observándose incluso, un acortamiento del período inductivo cuando la temperatura mínima media asciende desde 6 a 8 °C hasta 15 °C, aproximadamente, con un nuevo alargamiento del ciclo cuando la temperatura es superior a este valor. Cuando la temperatura media fue inferior a 20 °C no se observó una respuesta clara y contundente a la longitud del fotoperíodo. En cambio en las experiencias con los cvs KS 40 y Majestic, donde la temperatura media fue a 25 °C, se observó una promoción del crecimiento del ápice cuando los días fueron más largos.
- En los cultivares KS 40, Madrid, Majestic y Candid Charm la respuesta a la vernalización y al fotoperíodo sería facultativa para la iniciación de la pella, ya que, independientemente de la temperatura y longitud del día éstas fueron iniciadas en todas las plantas y en todos los cultivares utilizados.
- La temperatura ejerció un efecto positivo sobre la tasa de iniciación de hojas, acortando de este modo la duración de la fase juvenil. También incrementó en buena medida la tasa de expansión foliar, y como resultado, con similar peso seco de hojas acumulado el área foliar fue mayor a mayor temperatura. A su vez, el área foliar se correlacionó fuertemente con el peso fresco de las pellas. En consecuencia, con el incremento de la temperatura se observó

mayor área foliar, un período de crecimiento de la pella más prolongado y como resultante éstas fueron de mayor tamaño.

6.2. Sobre el comportamiento productivo de la coliflor

- El requerimiento de bajas temperaturas para la inducción de la pella resultó inferior al mencionado por la literatura para cultivares intermedios, ya que todos iniciaron la misma con temperaturas mínimas medias por encima de 15 °C.
- En las condiciones de más baja temperatura los ciclos fueron más cortos en cada uno de los cultivares, con un efecto negativo sobre la cantidad de hojas y en consecuencia, sobre el tamaño potencial de las pellas.
- Se observaron diferencias entre los cultivares en la sensibilidad al desarrollo de defectos en la calidad visual de las pellas obtenidas, frente a condiciones cambiantes del ambiente. En el amarillamiento provocado por la exposición al sol, además de la sensibilidad propia de cada cultivar, se debe tener presente que la intensidad de la radiación es variable según época de cosecha y latitud. Por ello es necesario prestar particular atención en cosechas de primavera y verano, momento en el cual la radiación solar es de mayor intensidad en el Cinturón Hortícola Santafesino. Tanto el desarrollo de coloración púrpura como las pellas rosadas mostraron una asociación entre su incidencia y las bajas temperaturas, dependiendo de la sensibilidad de cada cultivar. En consecuencia en cultivares que tuvieron alta incidencia de este defecto sería necesario ajustar correctamente la fecha de transplante en función de evitar bajas temperatura cerca del momento de cosecha. En cambio en cultivares que fueron sensibles al desarrollo de vellosidades, defecto asociado a temperaturas elevadas, sería necesario planificar el transplante en función de evitar éstas en estados tempranos del desarrollo de la pella.
- La variabilidad observada en la calidad visual y peso fresco de las pellas fue explicada principalmente por las diferencias entre los cultivares y debido a la interacción, siendo el efecto del ambiente de poca importancia. En cambio, en la longitud de los ciclos transplante-

cosecha, el ambiente fue responsable de más del 30% de la variabilidad, siendo la interacción menos importante. La mejor calidad visual promedio se obtuvo en el invierno al aire libre, así como las pellas de menor peso y los ciclos más cortos. En cambio en el transplante de verano el promedio de calidad visual fue menor, aunque las pellas fueron de mayor peso y los ciclos de cultivo más largos.

- Los cvs Candid Charm y Smilla se comportaron con mayor plasticidad en comparación con el resto de los cultivares, tanto en calidad como en peso fresco, pudiendo utilizarse tanto para transplantes de otoño como de verano, obteniendo pellas de buena calidad y tamaño mediano a grande. Los cvs KS 40 y KS 60 también fueron plásticos, aunque la calidad fue muy mala y el peso inferior en todos los casos. Los cvs Belot y Barcelona fueron los de menor plasticidad en la calidad visual, mientras los cvs Somerset y Memphis fueron los de menor plasticidad en el peso fresco.

Consideraciones finales: Aspectos de investigación futura

El hecho que la respuesta a la vernalización y al fotoperíodo para la iniciación de la pella observada en los cultivares utilizados fuera facultativa, no implica que dichos requerimientos lo sean también para la floración, dado que se trata de eventos fisiológicos diferentes. Esta especie ha sido clasificada como teniendo requerimientos de vernalización y días largos para florecer. En las experiencias llevadas a cabo se observaron evidencias de lo anterior. En los trasplantes realizados durante el otoño-invierno, en pellas de plantas que permanecieron en el campo luego del momento óptimo de cosecha, fue observada una floración normal y abundante. Por otro lado, en los trasplantes realizados durante el verano, las pellas que permanecieron en el campo luego del momento óptimo de cosecha, sufrieron un proceso de descomposición con escasa producción de flores. Nuevas experiencias con el objeto de evaluar la producción de flores y semillas en estas condiciones serían necesarias para confirmar el requerimiento de bajas temperaturas en cultivares tempranos.

Por otro lado, en relación a las observaciones realizadas en la región, acerca del acortamiento del ciclo en siembras de verano como posible respuesta a días cortos en interacción con la temperatura, es posible que este efecto ocurra durante el período de crecimiento de la pella y durante la fase inductiva. En este caso habría que analizar la cantidad y el área de las hojas formadas, ya que estos factores influyen decisivamente sobre el período de crecimiento de la pella. Por otro lado, también hay reportes que indican a la intensidad de la radiación solar y a la temperatura como factores con influencia sobre el período de crecimiento de la pella, en ambos casos, a medida que estos aumentan se reduce el período de crecimiento.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, S.; S.R. Saha; M. Nazim Uddim; S.S. Choudhury; M.A. Awal & M.A. Salam.** 2003. Performance Evaluation of Some Cauliflower Genotypes in the Eastern Region of Bangladesh. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 6: 1792-1794.
- Alokam, S; C.C. Chinnappa & D.M. Reid.** 2002. Red/Far-Red light mediated stem elongation and anthocyanin accumulation in *Stellaria longitipes*: differential response of alpine and prairie ecotypes. *Canadian Journal of Botany* 80: 72-81.
- Al-Shehbaz, I.A.** 2002. Brassicaceae (Mustard Family) (en línea). *Encyclopedia of Life Sciences*. Macmillan Publishers Ltd, Nature Publishing Group. Consultado el 20 de dic. 2006. Disponible en:
<http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9780470015902/els/article/a0003690/current/abstract?hd=All,brassicaceae>.
- Anthony, R.G., P.E. James & B.R. Jordan.** 1996. Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) curd development: the expression of meristem identity genes. *Journal of Experimental Botany* 47: 181-188.
- Atherton, J.G.; D.J. Hand & C.A. Williams.** 1987. Curd initiation in the cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). In: *Manipulation of flowering*. Atherton, J.G.(ed.). Harnoll Ltd., London. p. 133-145.
- Bejo.** 2002. Surtido en semillas de hortalizas (en línea). Semillas Bejo, México. Consultado el 20 de sep. 2005. Disponible en: <http://www.bejo.com.mx/main.html>.
- Best, K.** 2001. Early Cole Crop Cultivar Trial, 2000. Broccoli, Cauliflower and Cabbage (en línea). Horticulture Nova Scotia and the Nova Scotia Department of Agriculture and Fisheries, Canada. Consultado el 29 de sep. 2005. Disponible en:
<http://www.hortns.com/colecropcult.html>.
- Booij, R.** 1987. Environmental factors in curd initiation and curd growth of cauliflower in the field. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 35: 435-445.
- Booij, R.** 1990 a. Cauliflower curd initiation and maturity: variability within a crop. *Journal of Horticultural Science* 65: 167-175.
- Booij, R.** 1990 b. Effects of gibberellic acids on time of maturity and on yield and quality of cauliflower. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 38: 641-651.

- Booij, R.** 1990 c. Effects of juvenility and temperature on time of curd initiation and maturity of cauliflower. Proc. VI Symposium on the Timing of Field Production of Vegetables. Acta Horticulturae 267: 305-312.
- Booij, R.** 1990 d. Genotypic differences for induction of bracting in cauliflower with 2-chloroethylphosphonic acid (ethephon). Euphytica 50: 27-33.
- Booij, R.** 1990 e. Influence of transplant size and raising temperature on cauliflower curd weight. Gartenbauwissenschaft 55: 103-109.
- Booij, R. & P.C. Struik.** 1990. Effects of temperature on leaf and curd initiation in relation to juvenility of cauliflower. Scientia Horticulturae 44: 201-214.
- Bouzo, C.A.; E.D. Astegiano & J.C. Favaro.** 2003. Procedimiento para determinar la necesidad de abonos en cultivos hortícolas. FAVE. Sección Ciencias Agrarias 2: 7-18.
- Bouzo, C.A.; J.C. Favaro; R.A. Pilatti & E.M. Scaglia.** 2005. Cinturón Hortícola de Santa Fe: Descripción de la zona y situación actual. FAVE. Sección Ciencias Agrarias 4: 63-69.
- Bouzo, C.A.; J.C. Favaro & R.A. Pilatti.** 2006. Efecto de la temperatura sobre la fase juvenil de coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*). Agrícola Vergel 297: 447-452.
- Bouzo, C.A. & J.C. Favaro.** 2006. Llega una novedosa coliflor. Revista SuperCampo. Año XII 137: 64-65.
- Bratsch, T.** 2003. Fall Broccoli/Cauliflower Trials 2002, and Current Direction in 2003. Virginia Vegetable, Small Fruit and Specialty Crops 2 (4): 1-5 (en línea). Virginia Cooperative Extension – Virginia State University, USA. Consultado el 28 de jul. 2006. Disponible en: <http://www.ext.vt.edu/news/periodicals/commhort/2003-07/july03.pdf>.
- Cabrera, S.; C. Marín; P. Romero; L. Hernández; F. Morillo & C. Sánchez.** 1997. Análisis de estabilidad del rendimiento en híbridos de maíz (*zea mays* L.), en zonas productoras de los estados de Portuguesa y Barinas (en línea). Revista Investigación Agrícola 2. Consultado el 20 de dic. 2006. Disponible en: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/viewarticle.php?id=11>.
- Castillo, H.; C. Melillo, C. Quintanilla & I. Lennon.** 1994. Crecimiento y desarrollo de cuatro cultivares de coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), sometidos a diferentes condiciones de temperatura y radiación solar. Investigación Agrícola (Chile) 14: 25-33.

- Colamarino, I; N. Curcio; F. Ocampo & C. Torrandell.** sf. En la mesa de todos (en línea). Producción Hortícola. Dirección Nacional de Alimentos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Ministerio de Economía y Producción, Argentina. Consultado el 20 de dic. 2006. Disponible en:
http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r_33/articulos/mesa_todos.htm.
- Consejería de Agricultura y Desarrollo Económico.** sf. Indicación Geográfica Protegida. Coliflor de Calahorra (en línea). La Rioja, España. Consultado el 18 de ago. 2005. Disponible en: http://www.larioja.org/agricultura/marcas_coliflor.pdf.
- Corporación del MCBA (Mercado Central de Buenos Aires).** sf. Información de Mercado: Información de precios y Volúmenes del Mercado Central de Buenos Aires (en línea). Consultado el 4 de may. 2005. Disponible en:
<http://www.mercadocentral.com.ar/site2001/pyv.htm>.
- Coupland, G.** 1997. regulation of flowering by photoperiod in Arabidopsis. *Plant, Cell and Environment* 20: 785-789.
- Cutcliffe, J.A.** 1972. Effects of plant spacing and nitrogen on incidence of hollow stem in broccoli. *Canadian Journal of Plant Science* 52: 833-834.
- Daniello, F.J.** sf. Cauliflower (en línea). Extension Horticulturist. Department of Horticultural Sciences. Texas A&M University, USA. Consultado el 26 de may. 2005. Disponible en:
<http://aggie-horticulture.tamu.edu/extension/vegetable/cropguides/cauliflower.html>.
- Davis, S.J.** 2002. Photoperiodism: The coincidental perception of the season. *Current Biology* 12: R841-R843.
- Ebdon, J.S. & H.G. Gauch, Jr.** 2002. Additive Main Effect and Multiplicative Interaction analysis of national turfgrass performance trials: Interpretation of Genotype X Environmental Interaction. *Crop Science* 42: 489-496.
- Evans, E. & F.A. Blazich.** sf. Starting plant from seeds (en línea). North Carolina Cooperative Extension Service - NC State University. Consultado el 21 de feb. 2007. Disponible en:
<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/hil-8703.html>
- Everaarts, A.P. & C.P. De Moel.** 1995. The effect of nitrogen and the method of application on the yield of cauliflower. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 43: 409-418.

- Everaarts, A.P. & H. de Putter.** 2003. Hollow stem in cauliflower. Proc. 9th IS on Timing of Field Production in Vegetable Crops. Acta Horticulturae 607: 187-190.
- Fellows, J.R.; R.J. Reader & D.C.E. Wurr.** 1997. A model for leaf production and apex development in calabrese. Journal of Horticultural Science 72: 327-337.
- Fellows, J.R.; D.C.E. Wurr; K Phelps & R.J. Reader.** 1999. Initiation of early cauliflowers in response to temperature. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 74: 328-336.
- Fernández, J.A.; S. Bañón; J.A. Franco; A. González & P.F. Martínez.** 1997. Effects of vernalization and exogenous giberellins on curd induction and carbohydrate levels in the apex of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). Scientia Horticulturae 70: 223-230.
- Fontanetti Verdial, M.; A.I.I. Cardoso; M.S. de Lima & F.C.M. Chaves.** 2001. Coincidence of flowering time and the productivity and quality of cauliflower hybrid seeds. Scientia Agrícola 58: 533-539.
- Fowke, J.H.; C. Longcope & J.R. Hebert .** 2000. Brassica vegetables consumption shifts estrogen metabolism in healthy postmenopausal women. Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention. 9: 773-779.
- Fujime, Y. & N. Okuda.** 1996. The physiology of flowering in *Brassic*as, especially about cauliflower and broccoli. ISHS Brassica Symposium – IX Crucifer Genetics Workshop. Acta Horticulturae 407: 242-254.
- García, M.S.; P.E. Leva; M.E. Zbrun; M.A. Veles; J.A. Gandolfo & S.E. Valtorta.** 2002. Tendencias de índices meteorológicos y biometeorológicos. FAVE, Sección Ciencias Agrarias 1: 27-36.
- González, M.I.; A. Del Pozo; D. Cotroneo & R. Pertierra.** 2004. Días a floración en espinaca (*Spinacea oleracea* L.) en diversas épocas de siembra: respuesta a la temperatura y al fotoperíodo. Agricultura Técnica 64: 331-337.
- Goudriaan, J.** 1977. Crop micrometeorology: A simulation study. Simulation Monographs. Ed. Pudoc, Wageningen. 249 p.
- Gould, K.S.; K.R. Markham; R.H. Smith & J.J. Goris.** 2000. Functional role of anthocyanins in the leaves of *Quintinia serrata* A. Cunn. Journal of Experimental Botany 51: 1107-1115.

- Grevsen, K. & J.E. Olesen.** 1994 a. Modelling cauliflower development from transplanting to curd initiation. *Journal of Horticultural Science* 69: 755-766.
- Grevsen, K. & J.E. Olesen.** 1994 b. Modelling development and quality of cauliflower. Proc. 7th IS of Timing Field Production of Vegetables. Proc VII IS on Timing Field Production of Vegetables. *Acta Horticulturae* 371: 151-160.
- Grevsen, K.; J.E. Olesen & B. Veierskov.** 2003. The effects of temperature and plant developmental stage on the occurrence of the curd quality defects "bracting" and "riciness" in cauliflower. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 78: 638-646.
- Gunasekera, C.P.; L.D. Martin; K.H.M. Siddique & G.H. Walton.** 2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments. 1. Crop growth and seed yield. *European Journal of Agronomy* 25: 1-12.
- Guo, D.P.; G.A. Shah; G.W. Zeng & S.J. Zheng.** 2004. The interaction of plant growth regulators and vernalization on the growth and flowering of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). *Plant Growth Regulation* 43: 163-171.
- Hand, D.J. & J.G. Atherton.** 1987. Curd initiation in the cauliflower. I. Juvenility. *Journal of Experimental Botany* 38: 2050-2058.
- Hemphill, D.** 2005. Cauliflower - *Brassica oleracea* (Botrytis Group) (en línea). Commercial Vegetable, Production Guides. Oregon State University, USA. Consultado el 1 ag. 2006. Disponible en:
<http://hort-devel-nwrec.hort.oregonstate.edu/vegindex.html>.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos).** 2002?. Censo Nacional Agropecuario (CNA) 2002. Resultados por provincia, según departamentos/partidos. Santa Fe (en línea). Consultado el 22 de feb. de 2007. Disponible en:
http://www.indec.mecon.gov.ar/agropecuario/ampliada_index.asp?mode=82.
- InfoStat** (2004). InfoStat versión 2004. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).** 1991. Carta de Suelos de la República Argentina, Hojas 3160- 26 y 25. Esperanza-Pilar. Imprenta E.E.A. I.N.T.A. Rafaela. Santa Fe. 135 p.

- Irani, N.G. & E. Grotewold.** 2005. Light-induced morphological alteration in anthocyanin-accumulating vacuoles of maize cells (en línea). BMC Plant Biology 5. Consultado el 6 de mar. 2006. Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/1471-2229/5/7>.
- Jaya I.K.D.; C.J. Bell & P.W. Sale.** 2002. Leaf production, apex expansion and yield of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) in the lowland tropics. Tropical Agricultural 79: 231-236.
- Johnson, I.T.** 2002. Glucosinolates in the human diet. Bioavailability and implications for health. Phytochemistry Reviews 1: 183-188.
- Kage, H. & H. Stützel.** 1999. A simple empirical model for predicting development and dry matter partitioning in cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*). Scientia Horticulturae 80: 19-38.
- Karaguzel, O.; I. Baktir; S. Cakmakci; V. Ortacesme; B. Aydinoglu & M. Atik.** 2005. Responses of native *Lupinus varius* (L.) to culture conditions: effects of photoperiod and sowing time on growth and flowering characteristics. Scientia Horticulturae 103: 339-349.
- Kieffer, M.; M.P. Fuller & A.J. Jellings.** 1998. Explaining curd and spear geometry in broccoli, cauliflower and 'romanesco': quantitative variation in activity of primary meristems. Planta 206: 34-43.
- Koike, S.T.; K.F. Schulbach & W.E. Chaney.** 1997. Cauliflower Production in California (en línea). University of California. Cooperative Extension Farm Advisors, USA. Consultado el 24 de jul. 2006. Disponible en: <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7219.pdf>.
- Köppen, W.** 1931. Grundriss der Klimakunde, Walter De Gruyter & Co. Berlin und Leipzig. Aufl. XII. 388 p.
- Krarup, C. y I. Moreira.** 1998. Hortalizas de estación fría. Biología y diversidad cultural (en línea). Pontificia Universidad Católica de Chile, VRA, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. Consultado el 18 de may. 2005. Disponible en: http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498.
- Kristal, A.R. y J.W. Lampe.** 2002. Brassica vegetables and prostate cancer risk: a review of the epidemiological evidence. Nutrition and Cancer. 42: 1-9.

- Krug, H.** 1997. Environmental influences on development, growth and yield. In: The Physiology of Vegetable Crops. Wien, H.C. (ed.), CAB International, Cambridge. p. 101-180.
- Laskowski, L. & D. Bautista.** 2003. Estudio fenológico del crecimiento y desarrollo de la plántula de semeruco (*Malpighia emarginata* DC) (en línea). Bioagro 15: 173-182. Consultado el 5 de feb. 2007. Disponible en:
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612003000300005&lng=es&nrm=iso.
- Levy, Y.Y. & C. Dean.** 1998. The Transition to Flowering. The Plant Cell 10: 1973-1989.
- L Daehnfeldt.** 2007. Productos. Cauliflower (en línea). L. Dæhmfeldt A/S, Denmark. Consultado el 24 de abr. De 2007. Disponible en : <http://www.daehnfeldt.com/index.asp>.
- Limongelli, C.M.** 1979. El repollo y otras crucíferas de importancia en la huerta comercial. Hemisferio Sur (ed.), Buenos Aires. 121 p.
- Lízal P. & J. Relichová.** 2001. The effect of day length, vernalization and DNA demethylation on the flowering time in *Arabidopsis thaliana*. Physiologia Plantarum 113: 121-127.
- Ma, H.** 1998. Flowering time: From photoperiodism to florigen. Current Biology 8: R690-R692.
- Macua González J.I.; I. Lahoz García ; A. Santos; J. Zabaleta Ibero & S. Calvillo.** 2004. Variedades de Coliflor. Campaña 2003 (en línea). Navarra Agraria 144: 18-27. Consultado el 8 de mar. 2006. Disponible en:
<http://www.navarraagraria.com/n144/arcoli04.pdf>.
- Macua González J.I.; I. Lahoz García ; S. Calvillo & A. Santos.** 2005. Coliflor. Campaña 2004. Variedades de ciclo temprano y medio (en línea). Navarra Agraria 150: 15-18. Consultado el 19 de jul. de 2005. Disponible en:
<http://www.navarraagraria.com/n150/arcoli05.pdf>.
- MAGIC (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Industria y Comercio).** sf. Alimentos de Santa Fe: Frutas y Hortalizas (en línea) Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Naturales. Subsecretaría de Producción Alimentaria, Argentina. Consultado el 20 de dic. 2006. disponible en:
http://www.santafe.gov.ar/magic/agr-gan/alimentacion/alimentos_fruta_produccion.htm.

- Matsui, T.; H. Eguchi & K. Mori.** 1978. Mathematical model of flower stalk development in Chinese cabbage in response to low temperature. *Journal Faculty of Agricultural Kyushu University* 22: 233-241.
- Mayer, A.M. & A. Poljakoff-Mayber.** 1975. The structure of seeds and seedlings. In: *The germination of seeds*. 2nd Edition. Pergamon Press (ed.), Oxford, UK. p. 1-9.
- Metzer, J.** 1996. A physiological comparison of vernalization and dormancy chilling requirement. In: *Plant dormancy: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Lang G.A. (ed.). CAB International, Cambridge, UK. p. 147-155.
- Milthorpe F.L. & J. Moorby.** 1982. *Introducción a la Fisiología de los cultivos*. Traducido por H. Gonzalez Idiarte. 1era edición en Español. Hemisferio Sur (ed.), Argentina. 259 p.
- Ministry of Agriculture & Fisheries of Belize.** 2005?. Heat tolerant varieties of broccoli and cauliflower (en línea). Belize. Consultado el 27 de sep. de 2005. Disponible en: <http://www.agriculture.gov.bz/caul&broc.html>.
- Montgomery, D.C.** 1991. *Diseño y Análisis de experimentos*. 1º edición. Grupo Editorial Iberoamérica, México. 489 p.
- Mourão, I. de M. C.G.** 1999. Harvest date prediction in broccoli through crop growth and developmental models. *Proc. of an International Workshop on Simulation of Agricultural and Environmental Systems*. *Revista de Ciências Agrárias* XXII: 145-157.
- Munsell Soil Color Charts.** 1992. Division of Kollmorgen Instruments Corp. Macbeth (ed.). New York. USA.
- Murphy, R.F. & W. Cullen.** 1998. Extension of the season of production and quality improvement of a range of vegetable crops. Reporte del proyecto 4083 (en línea). Kinsealy Research Centre. Dublin, Ireland. Consultado el 14 de sep. 2005. Disponible en: <http://www.teagasc.ie/research/reports/horticulture/4083/eopr-4083.pdf>.
- Nathoo, M.; R Nowbuth & C.L. Cangy.** 1998. Brassica production, introduction and evaluation of varieties (en línea). Agricultural Research and Extension Unit. Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius. Consultado el 13 de dic. 2006. Disponible en: <http://www.gov.mu/portal/sites/ncb/moa/farc/amas98/572.pdf>.

- Nutrar. El Portal de la alimentación.** 2006?. Tabla de composición química de los alimentos (en línea). Consultado el 18 de ago. 2006. Disponible en: <http://www.nutrar.com/alimentos.asp>.
- Olesen, J.E. & K. Grevsen.** 1997. Effects of temperature and irradiance on vegetative growth of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*) and broccoli (*Brassica oleracea* L. *italica*). *Journal of Experimental Botany* 48: 1591-1598.
- Pilatti, R.A.; J.C. Favaro & E.D. Astegiano.** 1990. Control of bolting in field-grown Celery. *Crop Research*. 29: 26-33.
- Pizetta, L.C.; M.E. Ferreira; M.C.P. da Cruz & J.C. Barbosa.** 2005. Resposta de brócolis, couve-flor e repolho à adubação com boro em solo arenoso. *Horticultura Brasileira* 23: 51-56.
- Podsędek, A.** 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT – Food Science and Technology* 40: 1-11.
- Quiros, C.** 2004. Brassicaceae. Mustard family (en línea). Department of Vegetables Crops and Weed Science Program. University of California, Davis, USA. Consultado el 17 de may. 2005. Disponible en: <http://veghome.ucdavis.edu/Classes/fall2004/AMR110C/Brassicac2.htm>
- Reeves, J; J.R. Fellows; K. Phelps & D.C.E Wurr.** 2001. Development and validation of a model describing the curd induction of winter cauliflower. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 76: 714-720.
- Roberts, E.H. & R.J. Summerfield.** 1987. Measurement and prediction of flowering in annual crops. In: *Manipulation of flowering*. Atherton. J.G. (ed.), Harnoll Ltd., London. p.17-50.
- Roberts, E.H.; R.J. Summerfield; J.P. Cooper & R.H. Ellis.** 1988. Environmental control of flowering in barley (*Hordeum vulgare* L.). I. Photoperiod limits to long-day responses, photoperiod-insensitive phases and effects of low-temperature and short-day vernalization. *Annals of Botany* 62: 127-144.
- Runkle, E.S.; R.D. Heins; A.C. Cameron & W.H. Carlson.** 1999. Cold treatment modifies the photoperiod flowering response of *Lobelia x speciosa*. *Scientia Horticulturae* 80: 247-258.
- Sadik, S.** 1962. Morphology of the curd of cauliflower. *American Journal of Botany* 49: 290-297.

- Sadik, S.** 1967. Factors involved in curd and flower formation in cauliflower. Proc. of the American Society of Horticultural Science 90: 252-259.
- Sadik, S. & Ozbun J.L.** 1967. Histochemical changes in the shoot tip of cauliflower during floral induction. Canadian Journal of Botany 45: 955-959.
- Sadik, S. & Ozbun J.L.** 1968. The association of carbohydrate changes in the shoot tip of cauliflower with flowering. Plant Physiology 43: 1696-1698.
- Sakata.** 2005. Vegetable Catalog (en línea) Sakata Seed America, Inc. USA Consultado el 20 de sep. 2005. Disponible en: http://www.sakata.com/List_Vegetables.aspx.
- Salisbury, F.B. & C.W. Ross.** 1994 a. Crecimiento y desarrollo. En: Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica (ed.), México. p. 363-394.
- SAS/SAT procedure guide for personal computers.** 1991. SAS Institute. Version 5. Cary, USA. 494 p.
- Schmidt, R.; A. Acarkan & K. Boivin.** 2001. Comparative structural genomics in the Brassicaceae family. Plant Physiology & Biochemistry 39: 253-262.
- Searle, I. & G. Coupland.** 2004. Induction of flowering by seasonal changes in photoperiod. The EMBO (European Molecular Biology Organization) Journal 23: 1217-1222.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Animal).** 1983. Resolución SAG N° 297/83: Reglamenta las normas de tipificación, empaque y fiscalización de las HORTALIZAS FRESCAS con destino a los mercados nacionales (en línea). Ex SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería), Argentina Consultado el 15 de jun. 2003. Disponible en: http://www.senasa.gov.ar/marcolegal/content/rx_297_83.htm.
- Simms, J.; W.L. Kline & C. Mc Clurg.** 2000. Enterprise Guide for Southern Maryland: Growing Cauliflower (en línea). College of Agriculture & Natural Resources – University of Maryland, USA. Consultado el 28 de jul. 2006. Disponible en: <http://www.agnr.umd.edu/MCE/Publications/Publication.cfm?ID=234>.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional).** 2000. Climatología. Datos estadísticos. Santa Fe. (en línea). Consultado el 12 de dic. de 2006. Disponible en: <http://www.meteofa.mil.ar>.
- Solano S., J.; P. Barriga B.; A. Krarup H. & H. Figueroa S.** 1998. Estabilidad temporal del rendimiento de genotipos mutantes de trigo, mediante el modelo de interacción

multiplicativa y efectos principales aditivos (AMMI: Additive Main effect and Multiplicative Interaction model). *Agro Sur* 26: 19-32.

- Sousa Paiva, E.A.; R.M. Dos Santos Isaías; F.E. Aguiar Vale & C.G. de Senna Queiroz.** 2003. The influence of light intensity on anatomical structure and pigments contents of *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. cv. *purpurea* Boom (Commelinaceae) leaves. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46: 617-624.
- Steel, R.G.D. & J.H. Torrie.** 1960. Principles and procedures of statistics. New York, Mc Graw-Hill (ed.), London. 481 p.
- Streck, N.A.** 2003. A vernalization model in onion (*Allium cepa* L.). *Revista Brasileira de Agrociência* 9: 99-105.
- Streck, N.A.; T. Tibola; I. Lago; G.A. Buriol; A.B. Heldwein; F.M. Schneider & V. Zago.** 2005. Estimating the plastochron in muskmelon (*Cucumis melo* L.) grown inside plastic greenhouse at different planting dates (en línea). *Ciência Rural*. 35: 1275-1280. Consultado el 27 de feb de 2007. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000600008&lng=en&nrm=iso.
- Tan, D.K.Y.; C.J. Birch; A.H. Wearing & K.G. Rickert.** 2000. Predicting broccoli development. I. Development is predominantly determined by temperature rather than photoperiod. *Scientia Horticulturae* 84: 227-243.
- Thapa, M.P.** 1994. The effect of photoperiod on curd initiation of cauliflower (*Brassica oleraces* Linn. var. *Botrytis*). Thesis M. Sc. University of Reading, UK. 64 p.
- Theunissen, J. & A. Sins.** 1984. Growth stages of *Brassica* crops for crop protection purposes. *Scientia Horticulturae* 24: 1-11.
- Thomas, T.H.** 1980. Flowering of Brussels sprouts in response to low temperature treatment at different stages of growth. *Scientia Horticulturae* 12: 221-229.
- Van Poppel, G.; D.T. Verhoeven; H. Verhagen & R.A. Goldbohm.** 1999. Brassica vegetables and cancer prevention. Epidemiology and mechanisms. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 472: 159-168.

- Verhoeven, D.T.; R.A. Golbohm; G. Van Poppel; H. Verhagen & P.A. Van Der Brandt.** 1996. Epidemiological studies on Brassica vegetables and cancer risk. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention* 5: 733-748.
- Vilmorin.** 2005. Vilmorin. Nuestras variedades: Coliflor. Consultado el 20 de Septiembre de 2005. Disponible en: <http://www.vilmorin.com/navigation/cadre.asp?zone=+11>.
- Wiebe, H.J.** 1981. Influence of transplant characteristics and growing conditions on curd size (buttoning) of cauliflower. *Proc. Symposium on Timing of Field Production of Vegetables. Acta Horticulturae* 122: 99-105.
- Wien, H.C. & D.C.E. Wurr.** 1997. Cauliflower, broccoli, cabbage and brussels sprouts. In: *The Physiology of Vegetable Crops*. Wien, H.C. (ed.), CAB International. Cambridge, UK. p. 511-552.
- Wong, E.G.** 1976. Biosynthesis of flavanoids. In: *Chemistry and Biochemistry of plant pigments*. Goodwin, T.W. 2nd edition. Academic Press (ed.), London. p 464-526.
- Wurr, D.C.E. & J.R. Fellows.** 1984. Cauliflower buttoning. The role of transplant size. *Journal of Horticultural Science* 59: 419-428.
- Wurr, D.C.E.; E.F. Cox & J.R. Fellows J.R.** 1986. The influence of transplant age and nutrient feeding regime on cauliflower growth and maturity. *Journal of Horticultural Science* 61: 503-508.
- Wurr, D.C.E.; E.D. Elphinstone & J.R. Fellows.** 1988. The effect of plant raising and cultural factors on the curd initiation and maturity characteristics of summer/autumn cauliflowers crops. *Journal of Agricultural Science* 111: 427-434.
- Wurr, D.C.E; J.R. Fellows; R.A. Sutherland & E.D. Elphinstone.** 1990 a. A model of cauliflower curd growth to predict when curds reach a specified size. *Journal of Horticultural Science*. 65: 555-564.
- Wurr, D.C.E.; J.R. Fellows & R.W.P. Hiron.** 1990 b. Relationships between the time of transplanting, curd initiation and maturity in cauliflower. *Journal of Agricultural Science* 114: 193-199.
- Wurr, D.C.E.; J.R. Fellows & R.W.P. Hiron.** 1990 c. The effect of field environmental conditions on the growth and development of four cauliflower cultivars. *Journal Horticultural* 65: 565-572.

- Wurr, D.C.E.; J.R. Fellows; K. Phelps & R.J. Reader.** 1993. Vernalization in Summer/Autumn Cauliflower (*Brassica oleracea* var *botrytis* L.). *Journal of Experimental Botany* 44: 1507-1514.
- Wurr D.C.E.; J.R. Fellows; K. Phelps & R.J. Reader.** 1994. Testing a vernalization model on field-grown crops of four cauliflower cultivars. *Journal of Horticultural Science* 69: 251-255.
- Wurr, D.C.E., J. R. Fellows & A.J. Hambidge A.J.** 1995. The potential impact of global warming on summer/autumn cauliflower growth in the UK. *Agriculture and Forest Meteorology* 72: 181-193.
- Wurr, D.C.E & J.R. Fellows.** 1998. Leaf production and curd initiation of winter cauliflower in response to temperature. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 73: 691-697.
- Wurr, D.C.E. & J.R. Fellows.** 2000. Temperature influences on the plant development of different maturity types of cauliflower. *Proc. III IS on Brassicas and XII Crucifer Genetics Workshop. Acta Horticulturae* 539: 69-74.
- Wurr, D.C.E., J.R. Fellows & K. Phelps.** 2002. Crop Scheduling and Prediction – Principles and Opportunities with Field Vegetables. *Advances in Agronomy* 76: 201-234.
- Yamaguchi, F.; M. Nozue; H. Yasuda & H. Kubo.** 2000. Effects of Temperature on the Pattern of Anthocyanin Accumulation in Seedlings of *Polygonum cuspidatum*. *Journal of Plant Research* 113: 71–77.
- Zareba, G. & N. Serradel.** 2004. Chemoprotective effects of broccoli and other Brassica vegetables. *Drugs of the future.* 29: 1097-1104.