



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR Y FACULTAD DE
CIENCIAS EXPERIMENTALES

TITULACIÓN DE INGENIERO AGRÓNOMO

COMPARACIÓN DE LA PARTENOCARPIA, LA CALIDAD
POSCOSECHA Y LA PRODUCCIÓN DE ETILENO EN EL
FRUTO DE DIFERENTES VARIEDADES DE
CALABACÍN (*CUCURBITA PEPO* L.) MORFOTIPO
ZUCCHINI

ALUMNO:
ANA LUCÍA RUIZ PLATT

DIRECTOR:
MANUEL JAMILENA QUESADA (Dpto. Biología Aplicada UAL)
ZORAIDA MEJÍAS SIERRA

ALMERÍA, ABRIL DE 2013

1. INTERÉS Y OBJETIVOS.....	1
1.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL CALABACÍN.....	2
1.1.1. SITUACIÓN MUNDIAL.....	2
1.1.2. SITUACIÓN EN ESPAÑA Y ANDALUCÍA.....	5
1.2. INTERÉS.....	8
1.3. OBJETIVOS.....	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. EL CALABACÍN.....	12
2.1.1. INTRODUCCIÓN.....	12
2.1.2. ORIGEN, DESCRIPCIÓN Y USOS.....	13
2.1.3. PRINCIPALES MORFOTIPOS.....	14
2.1.4. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA.....	17
2.1.5. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO.....	21
2.1.5.1. CONDICIONES PARA LA POLINIZACIÓN Y LA FECUNDACIÓN.....	22
2.2. DIFERENCIACIÓN FLORAL Y CONTROL DEL SEXO EN CALABACÍN.....	23
2.2.1. FLORACIÓN.....	23
2.2.2. EXPRESIÓN SEXUAL.....	24
2.2.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA EXPRESIÓN SEXUAL.....	26
2.3. EL PROCESO DE POLINIZACIÓN EN CALABACÍN.....	30
2.4. ABSCISIÓN FLORAL.....	32
2.4.1. SÍNDROME DE LA FLOR PEGADA.....	34
2.5. FRUCTIFICACIÓN.....	36
2.5.1. FACTORES HORMONALES EN EL DESARROLLO Y MADURACIÓN DEL FRUTO.....	38
2.6. PARTENOCARPIA.....	39
2.6.1. INTRODUCCIÓN.....	39
2.6.2. FACTORES HORMONALES IMPLICADOS EN LA PARTENOCARPIA.....	41
2.6.3. PARTENOCARPIA EN CALABACÍN.....	42
2.7. POSCOSECHA Y COMERCIALIZACIÓN DEL CALABACÍN.....	46

2.7.1.	NORMATIVA.....	46
2.7.2.	TECNOLOGÍA Y BIOLOGÍA DE LA POSCOSECHA.....	49
2.7.3.	DAÑOS POR FRÍO: IMPORTANCIA EN CALABACÍN.....	55
2.7.4.	EL PROCESADO DEL CALABACÍN COMO PRODUCTO DE IV GAMA.....	65
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	67
3.1.	LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO.....	68
3.2.	MATERIAL Y MÉTODOS COMUNES A LOS DISTINTOS ENSAYOS.....	68
3.2.1.	MATERIAL VEGETAL.....	68
3.2.2.	INSTALACIONES.....	69
3.2.3.	MANEJO Y LABORES DE CULTIVO.....	69
3.3.	MATERIAL Y MÉTODOS SEGUIDOS EN LOS ENSAYOS CON FRUTOS NO POLINIZADOS.....	70
3.3.1.	PARÁMETROS MEDIDOS EN LOS ENSAYOS Y METODOLOGÍA SEGUIDA.....	70
3.4.	MATERIAL Y MÉTODOS SEGUIDOS EN LOS ENSAYOS CON FRUTOS POLINIZADOS.....	73
3.4.1.	EQUIPOS.....	73
3.4.2.	PARÁMETROS MEDIDOS EN LOS ENSAYOS Y METODOLOGÍA SEGUIDA.....	73
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	77
4.1.	RESULTADOS CON FRUTOS NO POLINIZADOS DE DIFERENTES VARIEDADES DE CALABACÍN (<i>CUCURBITA PEPO</i>).....	78
4.1.1.	NIVEL DE PARTENOCARPIA.....	78
4.1.2.	COMPARACIÓN DE LA CALIDAD EXTERNA DE LOS FRUTOS.....	90
4.1.3.	COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE HERMAFRODITISMO EN LAS FLORES.....	93
4.2.	COMPARACIÓN DE DIFERENTES PARÁMETROS POSCOSECHA ENTRE FRUTOS POLINIZADOS DE DIFERENTES VARIEDADES DE CALABACÍN (<i>CUCURBITA PEPO</i>).....	99
4.2.1.	PÉRDIDA DE PESO.....	99
4.2.2.	DAÑOS POR FRÍO.....	102
4.2.3.	PRODUCCIÓN DE ETILENO.....	107
5.	CONCLUSIONES.....	112
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

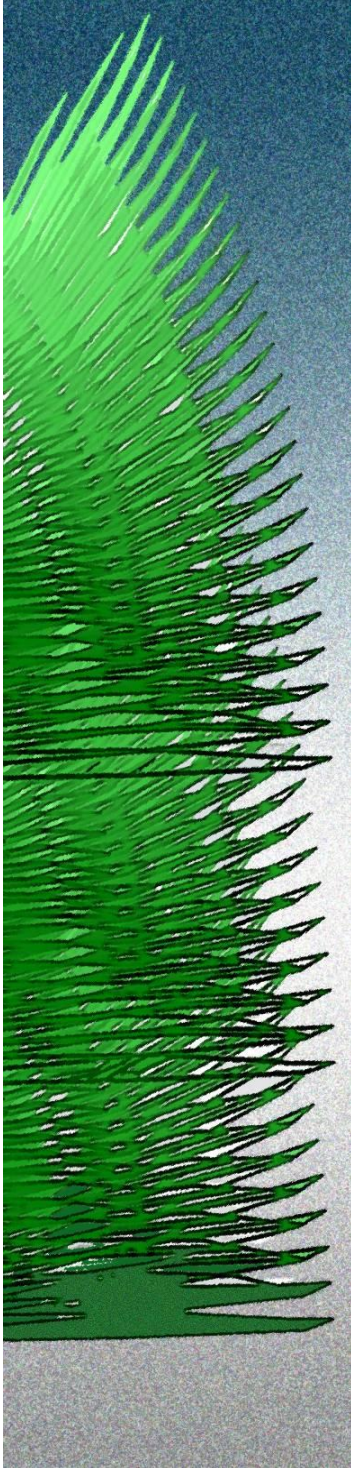
No.	DESCRIPCIÓN	PAG.
1	Principales 15 países productores de calabaza y calabacín en el Mundo.	2
2	Principales 10 países productores de calabaza y calabacín en la Unión Europea	3
3	Principales países exportadores de calabaza y calabacín a nivel mundial.	3
4	Principales países importadores de calabaza y calabacín a nivel mundial.	4
5	Evolución de la producción de los 5 principales productores de calabaza y calabacín.	5
6	Evolución de las importaciones globales de calabazas y calabacines (1992 - 2009).	5
7	Distribución de las mayores superficies de cultivo de calabacín por Comunidad Autónoma en España.	6
8	Distribución de la superficie de los principales cultivos hortícolas protegidos en Almería.	7
9	Comparativa de la producción total de calabacín en España, Andalucía y Almería	8
10	Características morfológicas de las 5 especies cultivadas del género <i>Cucurbita</i> : 1. <i>C. argyrosperma</i> ; 2. <i>C. pepo</i> ; 3. <i>C. moschata</i> ; 4. <i>C. ficifolia</i> y 5. <i>C. maxima</i> .	13
11	Morfotipos de <i>C. pepo</i> ssp. <i>pepo</i> : a. Pumpkin; b. Vegetable Marrow; c. Zucchini; d. Cocozelle; y <i>C. pepo</i> spp. <i>ovifera</i> : e. Acorn; f. Scallop; g. Crookneck y h. Straightneck.	15
12	Clasificación de las principales especies de <i>Cucurbita pepo</i> .	15
13	Aspecto general de la planta de calabacín.	18
14	Flores de <i>Cucurbita pepo</i> L. a. y b. flor femenina y masculina. c. detalle de la flor femenina. d. detalle de la flor masculina.	20
15	Diagrama de una planta monoica de calabacín mostrando la disposición de flores masculinas y femeninas en el tallo principal.	25
16	Frutos de calabacín con flores pegadas. A: planta de calabacín mostrando frutos en diferentes estadios de desarrollo. Nótese que el desarrollo y maduración de la flor (1) está paralizado y, a pesar de tener más días que las flores 2, 3 y 4, sigue verde y cerrada. B: desarrollo de frutos	36

	de calabacín con flor pegada. El desarrollo y maduración de las flores está paralizado de tal forma que incluso frutos con tamaño comercial se mantienen con flores que siguen verdes y cerradas. C y D: fenotipo sexual de flores que permanecen pegadas al fruto. Todas las flores pegadas al fruto eran bisexuales, aunque el grado de desarrollo de estambres difería entre flores. En algunas el desarrollo de las anteras se paraliza en una etapa temprana(C); mientras que en otras, las anteras se desarrollan normalmente	
17	Fruto de calabacín mostrando los típicos síntomas de hundimientos en la piel o "pitting" causados por el frío.	59
18	Metodología seguida para la determinación del nivel de partenocarpia en las diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) (Elab. propia).	71
19	Metodología seguida para la determinación del índice de hermafroditismo en las diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) (Elab. propia).	72
20	Metodología seguida para la determinación de la calidad externa de los frutos: abortado, con flor pegada y chupado; en las diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) (Elab. propia).	72
21	Metodología seguida para la polinización de los frutos en las diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).	75
22	Metodología seguida para la determinación de la producción de etileno de los frutos de las diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) (Elab. propia).	75
23	Comparación del crecimiento en longitud de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) en antesis y a los 5 y 7 DPA.	80
24	Comparación del crecimiento en grosor de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) en antesis y a los 5 y 7 DPA.	83
25	Comparación de la tasa de crecimiento longitudinal de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 3, 5 y 7 DPA.	87
26	Comparación de la tasa de crecimiento en grosor de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 3, 5 y 7 DPA.	89
27	Comparación del porcentaje de frutos no polinizados que presentaron aborto en las diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).	90
28	Comparación del porcentaje de frutos no polinizados que presentaron deformación del fruto en las diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).	91

29	Comparación del porcentaje de frutos no polinizados que presentaron flor pegada en las diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).	91
30	Comparación del índice de hermafroditismo presentado en las flores de frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).	96
31	Correlación obtenida entre el índice de hermafroditismo y la flor pegada en los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).	97
32	Correlación obtenida entre el índice de hermafroditismo y el nivel de partenocarpia en los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).	98
33	Correlación obtenida entre el nivel de partenocarpia y la flor pegada en los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).	99
34	Comparación de las pérdidas de peso en los frutos de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.	101
35	Comparación de los índices de daños por frío en frutos de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.	103
36	Comparación del índice de daños por frío en frutos de diferentes variedades de calabacín a lo largo del periodo de conservación poscosecha a 4°C.	104
37	Correlación obtenida entre la pérdida de peso en frutos y el índice de daños por frío en los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).	106
38	Comparación de los resultados de la emisión de etileno en frutos de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 0 días y a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.	109
39	Correlación obtenida entre los daños por frío y la producción de etileno en los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).	111

ÍNDICE DE CUADROS

No.	DESCRIPCIÓN	PAG.
1	Distribución de la producción de calabacín en Andalucía.	7
2	Encuadre taxonómico del calabacín "Zucchini".	17
3	Comparación del crecimiento longitudinal de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 5 y 7 DPA.	78
4	Comparación del crecimiento en grosor de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 5 y 7 DPA.	81
5	Comparación de las tasas de crecimiento longitudinal de los frutos partenocárpicos de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 5 y 7 DPA.	86
6	Comparación de las tasas de crecimiento en grosor de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 5 y 7 DPA.	88
7	Resultados del índice hermafroditismo presentado en las flores de frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).	95
8	Comparación de la pérdida de peso entre los frutos polinizados de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.	100
9	Resultados de los daños frío en frutos de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.	102
10	Resultados de la emisión de etileno en frutos de diferentes variedades de calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>) a los 0 días y a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.	107



INTERÉS Y OBJETIVOS

1. INTERÉS Y OBJETIVOS

1.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL CALABACÍN

1.1.1. Situación mundial

Según la base de datos estadística de F.A.O, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; en el año 2010 los países mayores productores de calabazas, calabacines y calabazas dulces fueron China (6,149.978 Tm) e India (4,424.200 Tm), a bastante diferencia la Federación Rusa (988.180 Tm) y Estados Unidos (778.630 Tm).

El resto de países mayores productores a nivel mundial se muestran en la **Figura 1**, donde puede observarse la doceava posición de España, con unas 364.100 Tm en el año 2010 (F.A.O, 2012).

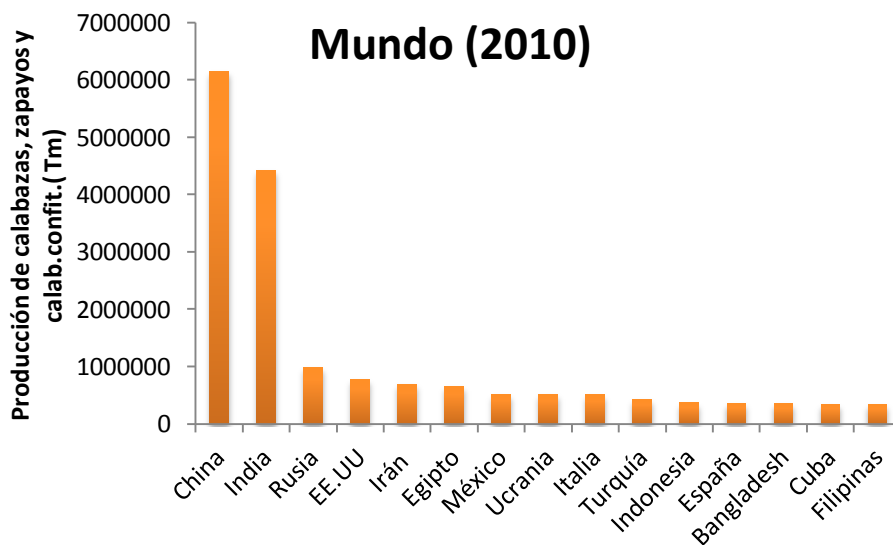


FIGURA 1: Principales 15 países productores de calabaza y calabacín en el Mundo (Elab. propia a partir de F.A.O, 2012).

Dentro de la Unión Europea, España ocupa la tercera posición en producción tras Ucrania (516.900 Tm) e Italia (508.075 Tm) (F.A.O, 2012) (**Figura 2**).

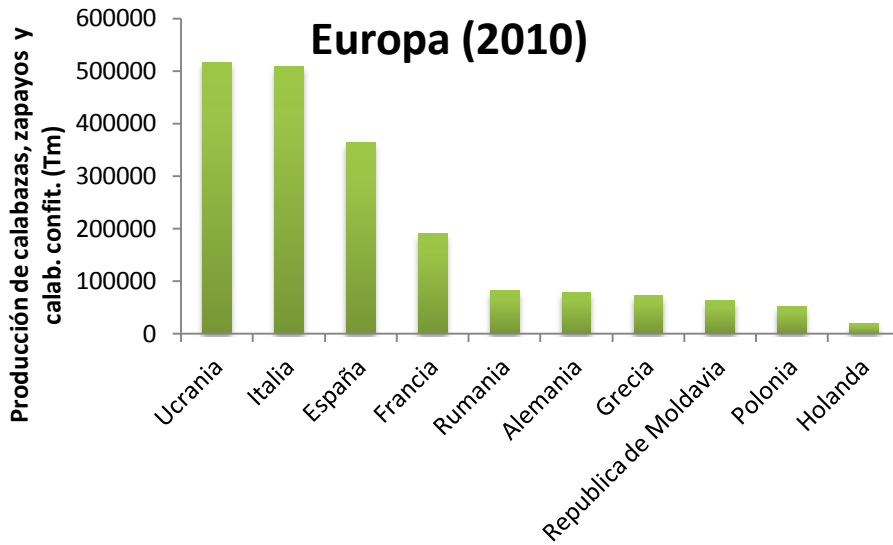


FIGURA 2: Principales 10 países productores de calabaza y calabacín en la Unión Europea (Elab. propia a partir de F.A.O, 2012).

Según datos de F.A.O (2012), en 2009 España se encontraba a la cabeza de las exportaciones mundiales con unas 236.626 Tm, seguida de Nueva Zelanda (87.707 Tm), México (48.486 Tm) y Marruecos (43.084 Tm) (Figura 3). Siendo los principales importadores Estados Unidos (342.632 Tm), Francia (149.129 Tm), Japón (106.355 Tm) y Alemania (57.273 Tm) (Figura 4).



FIGURA 3: Principales países exportadores de calabaza y calabacín a nivel mundial (F.A.O, 2012).



FIGURA 4: Principales países importadores de calabaza y calabacín a nivel mundial (F.A.O, 2012).

Viendo la evolución en el tiempo a lo largo de 20 años (1990-2010), de las producciones de los principales países en el Mundo, se observa cómo la tendencia es ascendente, sobre todo en el caso de China e India, manteniéndose estable en el caso de Estados Unidos y bajando para el caso de Ucrania. También las importaciones están aumentando a nivel mundial (F.A.O, 2012) (Figuras 5 y 6).

Todo ello muestra la creciente importancia del cultivo de calabacín de manera global.

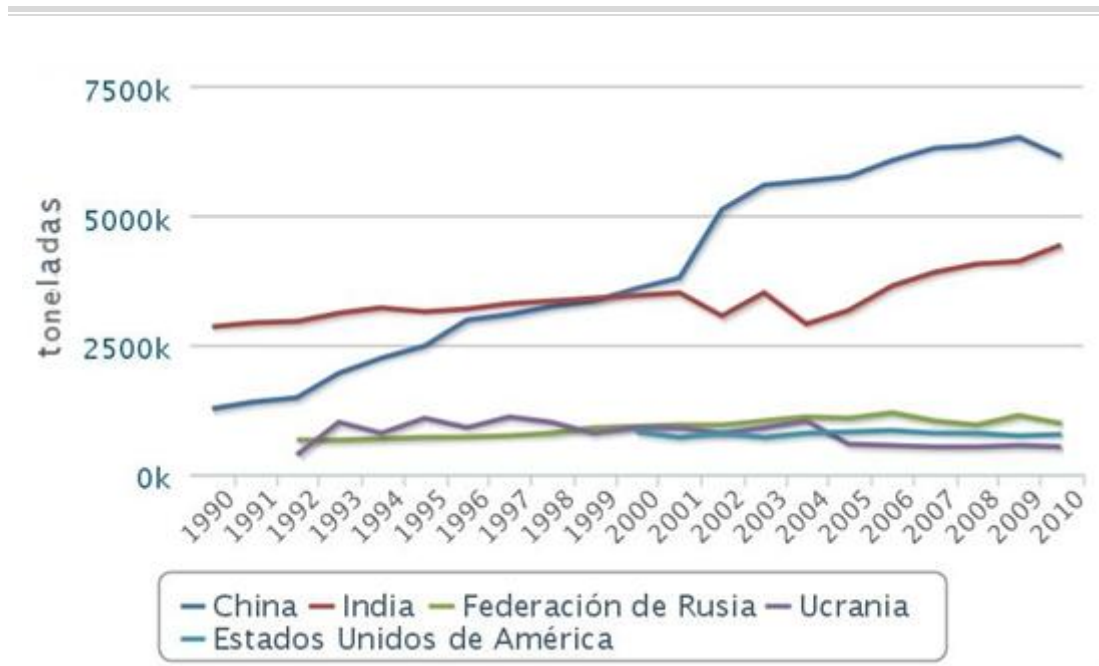


FIGURA 5: Evolución de la producción de los 5 principales productores de calabaza y calabacín (1992 - 2010) (F.A.O, 2012).

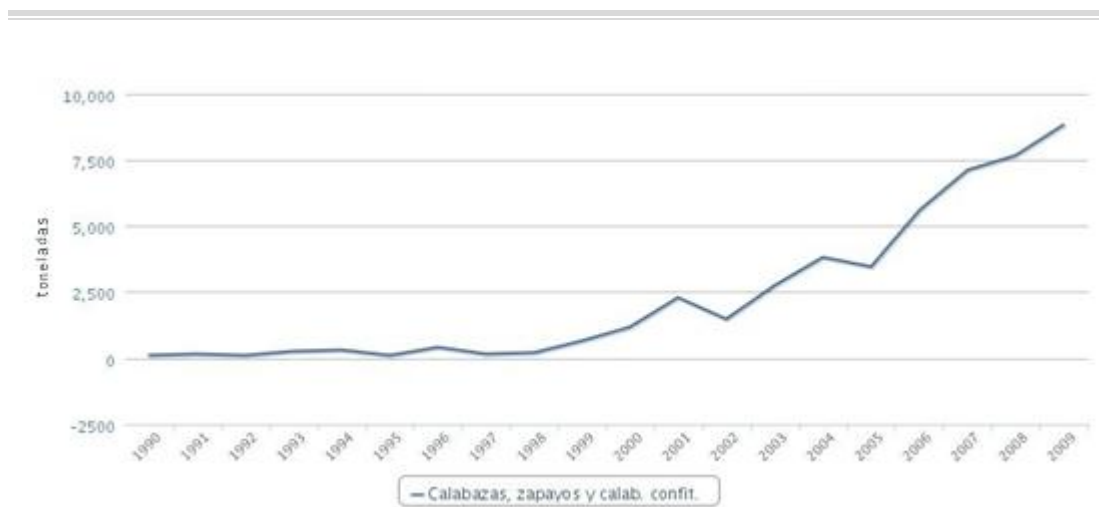


FIGURA 6: Evolución de las importaciones globales de calabazas y calabacines (1992 - 2009) (F.A.O, 2012).

1.1.2. Situación en España y Andalucía

En España se cultivan unas 7.847 has de calabacín (*Cucurbita pepo* L.), dando lugar a una producción total de unas 391.700 Tm según datos de los años 2010 y 2011 del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. La mayoría del calabacín

nacional se obtiene bajo cultivo protegido en invernadero, ya que el 67% de la superficie y el 92% de la producción, se encuentran en este tipo de cultivo (M.A.G.R.A.M.A, 2012a, b).

Además, es con diferencia, la Comunidad Autónoma de Andalucía, donde se concentra la mayoría de superficie, con un total de 6.188 has (5.362 has bajo abrigo), que dan lugar a 333.700 Tm de producción (285.110 Tm obtenidas bajo abrigo) (M.A.G.R.A.M.A, 2012a) (**Figura 7**). Estas cifras representan el 78% de la superficie y el 85% de la producción nacional de calabacín en España.

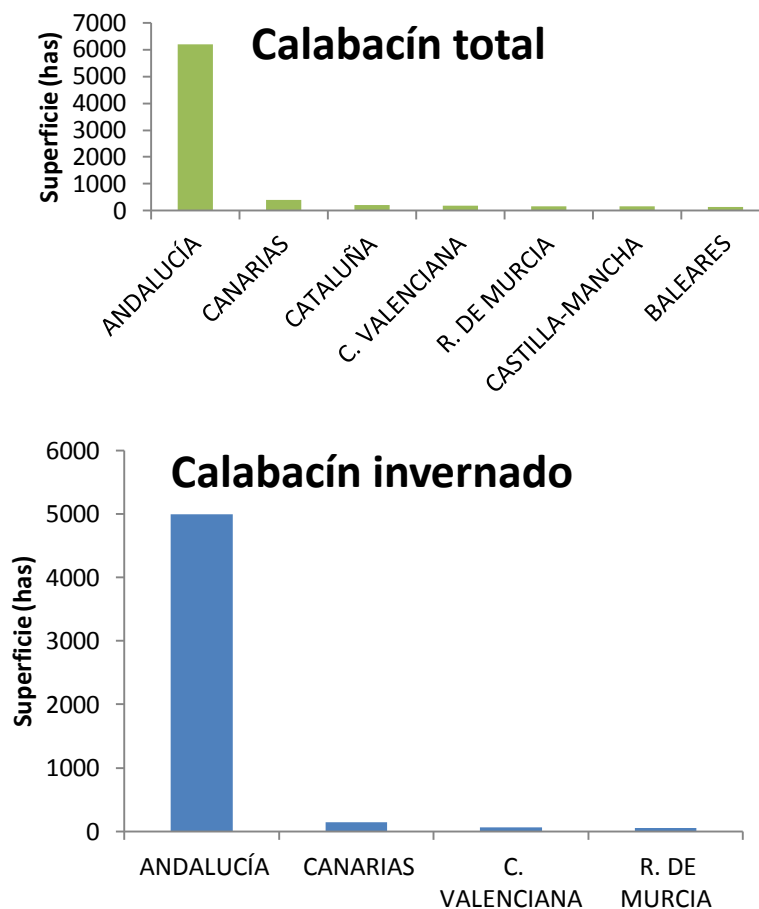


FIGURA 7: Distribución de las mayores superficies de cultivo de calabacín por Comunidad Autónoma en España (Elab. propia a partir de **M.A.G.R.A.M.A**, 2012a).

Dentro de la Comunidad Andaluza, Almería es sin lugar a dudas la provincia líder en este cultivo, con un total de 5.210 has cultivadas que dan lugar a unas 274.158 Tm; configurándose el cultivo de calabacín, como uno de los cultivos hortícolas más

importantes de la provincia, ocupando el quinto lugar tras el tomate, pimiento, sandía y melón (JUNTA DE ANDALUCÍA, 2010). (Figura 8 y Cuadro 1).

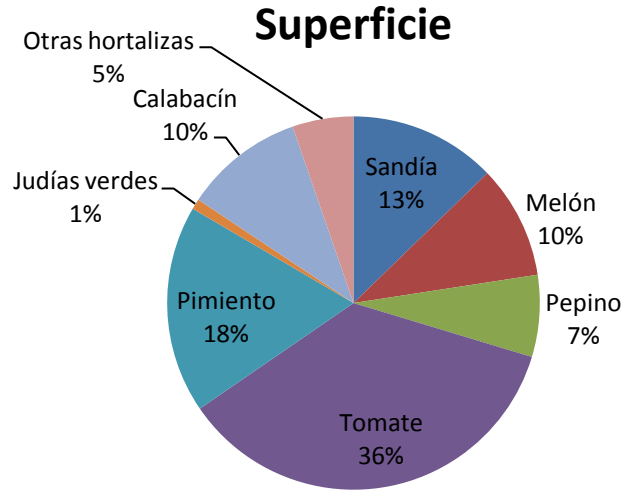


FIGURA 8: Distribución de la superficie de los principales cultivos hortícolas protegidos en Almería (Elab. propia a partir de **M.A.G.R.A.M.A**, 2012b).

CUADRO 1: Distribución de la producción de calabacín en Andalucía (Elab. propia a partir de **JUNTA DE ANDALUCÍA**, 2010).

Provincia	Producción (Tm)		
	Aire libre	Protegido	Total
Almería	6,925	267,233	274,158
Granada	7,435	5,252	12,687
Cádiz	10,250	1,225	11,475
Málaga	1,350	10,000	11,350
Córdoba	4,500	0	4,500
Sevilla	450	1,400	1,850
Huelva	115	0	115
Jaén	0	0	0

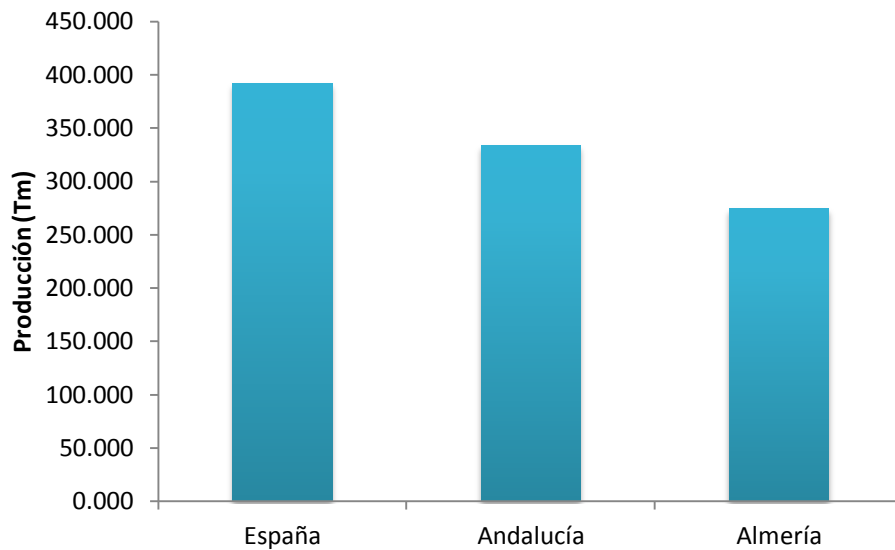


FIGURA 9: Comparativa de la producción total de calabacín en España, Andalucía y Almería (Elab. propia a partir de **M.A.G.R.A.M.A**, 2012a, b; **JUNTA DE ANDALUCÍA**, 2010).

En definitiva, en Almería se produce aproximadamente el 70% de toda la producción nacional, lo que da idea de la importancia de la provincia como exportadora, principalmente a países del Norte de Europa (**Figura 9**).

1.2. INTERÉS

Debido a las particularidades del cultivo bajo abrigo y épocas de producción que se dan en el sureste de España, y más en concreto en Almería, donde pueden llegar a realizarse hasta tres ciclos consecutivos de cultivo al año, actualmente se hace necesario el uso de las hormonas de síntesis ANA y ANA-amida para conseguir el cuajado y crecimiento adecuado del fruto de calabacín (**GÁZQUEZ *et al.*, 2007**). Aunque todavía predominan las aplicaciones de estos fitorreguladores u otros bioestimulantes, las actuales restricciones en cuanto al uso de hormonas de síntesis, ya aplicadas para otros cultivos, hacen necesaria la búsqueda de soluciones para la obtención de frutos con calibres comerciales sin la aplicación de dichas sustancias.

En este sentido, el desarrollo de variedades partenocárpicas constituye una de las mejores alternativas a la utilización de hormonas sintéticas para el cuajado del fruto de calabacín (MANZANO *et al.*, 2006; MANZANO *et al.*, 2010a).

Por otro lado, además de su comercialización principalmente como producto sin transformar; se está incrementando la oferta de productos del fruto de calabacín, denominados “de cuarta gama” (IV gama) transformados, lo cual implica una mayor susceptibilidad al deterioro del fruto a lo largo de la cadena desde el origen al consumidor. Se configura por tanto éste como un carácter de suma importancia a la hora de su comercialización.

Aunque existen numerosos estudios sobre la maduración y vida comercial de frutos climatéricos como tomate o melón, donde se sabe que la maduración es altamente dependiente de la fitohormona etileno (LELIEVRE *et al.*, 1997; ALEXANDER y GRIERSON, 2002); es muy pobre el conocimiento que se tiene de los factores fisiológicos y genéticos en la vida comercial de los frutos en especies no climatéricas como el calabacín.

Y es que el fruto de esta hortaliza se cosecha todavía inmaduro, sufriendo la mayoría de variedades comerciales actuales problemas importantes de ablandamiento, pérdida de peso y daños por frío durante su conservación, transporte y comercialización. A pesar de que el almacenamiento en frío puede atenuar estos síntomas en frutos, cuando estos pasan de nuevo a temperatura ambiente, rápidamente manifiestan daños que hacen perder su valor comercial.

En estudios hechos en dos cucurbitáceas no climatéricas al igual que el calabacín, como son sandía y pepino, estos daños poscosecha del fruto se han relacionado con un aumento de la concentración de etileno durante su conservación (KARAKURT y HUBER, 2004; LIMA *et al.*, 2005).

1.3. OBJETIVOS

En función de lo señalado en los puntos anteriores, los principales objetivos del presente Proyecto Fin de Carrera son los siguientes:

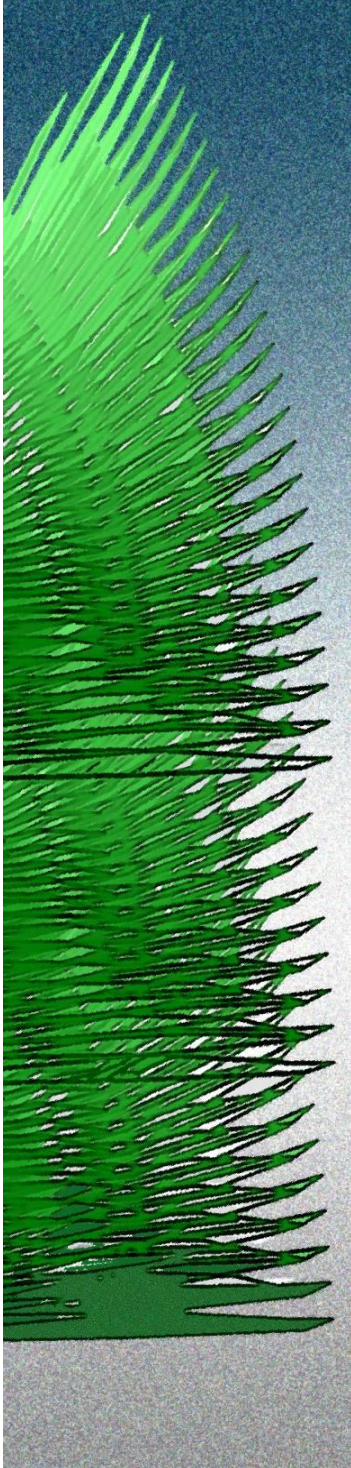
1. Determinar el nivel de partenocarpia natural en distintas variedades comerciales y tradicionales de calabacín morfotipo "Zucchini", bajo las condiciones de cultivo de primavera-verano en invernadero de la provincia de Almería.

2. Estudiar el grado de correlación entre la partenocarpia presentada por las distintas variedades de calabacín y la estabilidad de la monoecia o índice de andromonoecia en esta especie hortícola.

3. Comparar la calidad externa de los frutos de las distintas variedades de calabacín.

4. Analizar la evolución en la pérdida de peso y en los daños por frío de frutos comerciales de las diferentes variedades de calabacín, conservados a 4°C durante un total de 14 días.

5. Estudiar la evolución del etileno en frutos comerciales de las diferentes variedades de calabacín, conservados a 4°C durante un total de 14 días.



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2. REVISIÓN BILIOGRÁFICA

2.1. EL CALABACÍN

2.1.1. Introducción

El calabacín, *Cucurbita pepo* L., es una planta herbácea, anual, perteneciente al género *Cucurbita*, dentro de la familia de las Cucurbitáceas, una de las familias de plantas más variadas genéticamente e importantes desde el punto de vista del consumo humano (ROBINSON y DECKER-WALTERS, 1999).

Esta es una familia de vegetales sensibles al frío, predominantemente con presencia de zarcillos, que se encuentran en regiones tropicales y subtropicales de todo el planeta (ROBINSON y DECKER-WALTERS, 1999).

Sus plantas se caracterizan por poseer flores grandes y llamativas de color amarillo-anaranjado brillante, grandes y productoras de néctar en abundancia, que se presentan aisladas en las axilas de las hojas. Además, la mayoría de las especies dentro de este género son monoicas, es decir, las flores masculinas y femeninas, unisexuales, se encuentran de forma separada en la misma planta. Los estambres, en número de tres, se estructuran en una columna en las flores masculinas. Las flores femeninas son claramente epiginas (ovario por debajo de los verticilos florales). Con estilo grueso y corto que termina en tres estigmas bilobados o divididos. Las flores se abren por la mañana temprano y son polinizadas por las abejas. Los frutos de las cucurbitáceas cultivadas son muy variados en tamaño, forma y color, siendo grandes, duros, esféricos e indehiscentes (BIALEY, 1949; NEE, 1990; PARIS, 2001).

Las especies del género *Cucurbita*, se dividen en dos grandes grupos: las especies xerofíticas (ambientes secos), que son perennes y tienen raíces tuberosas; y las especies mesofíticas (ambientes húmedos), que son anuales o perennes, con raíces fibrosas y corta vida (NEE, 1990).

Dicho género engloba a veintidós especies salvajes y cinco especies cultivadas (DECKER, 1988) (Figuras 10,11 y 12). Las especies cultivadas son *Cucurbita pepo* L.,

Cucurbita moschata Duch, *Cucurbita maxima* Duch, *Cucurbita ficifolia* Bouché y *Cucurbita angyrosperma* Huber. Dentro de éstas, las tres primeras son las más importantes en cuanto a su cultivo y distribución a nivel mundial, conociéndose como calabaza común a *C. maxima*; calabaza de “cabello de ángel” a *C. moschata*; y calabacín a *C. pepo* (NEE, 1990; PARIS, 2001). La diferencia entre el calabacín y “las calabazas”, es que el fruto de éste, se recolecta cuando aún no está maduro, mientras que en las otras el fruto debe estar completamente maduro para ser consumido (RECHE, 1997).

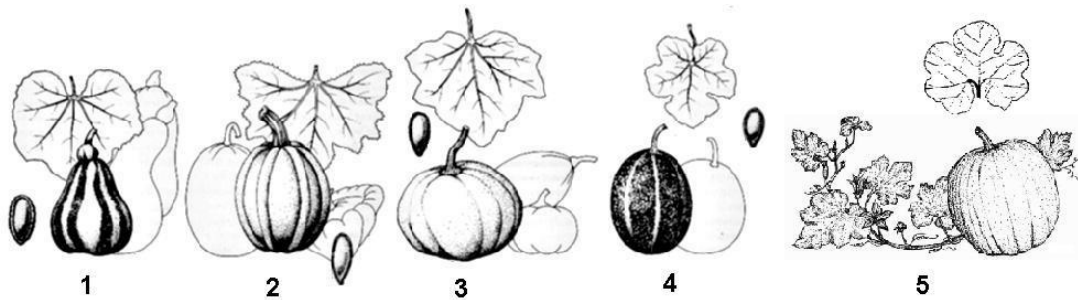


FIGURA 10: Características morfológicas de las 5 especies cultivadas del género *Cucurbita*: **1.** *C. argyrosperma*; **2.** *C. pepo*; **3.** *C. moschata*; **4.** *C. ficifolia* y **5.** *C. maxima* (Elab. propia a partir de HERÁNDO BERMEJO y LEÓN, 1994).

2.1.2. Origen, descripción y usos

C. pepo es una especie que se ha difundido por todo el Mundo y se ha adaptado a un amplio rango de condiciones ecológicas. Puede cultivarse desde el nivel del mar hasta gran altitud y en muy distintos tipos de suelos. Los frutos inmaduros de *C. pepo* son más populares en los mercados que aquellos de otras especies de *Cucurbita*. Las semillas tostadas, o molidas en guisos, son muy utilizadas, así como sus frutos ya sean cocidos o fritos. Además, los frutos de muchos cultivares de *C. pepo* que tienen la corteza lignificada, pueden utilizarse como recipientes. También, las plantas y frutos de esta especie se emplean en medicina tradicional y como ornamentales (LIRA-SAADE, 1995).

Hallazgos arqueológicos ponen de manifiesto que la domesticación de *C. pepo* se produjo desde hace más de 4.000 años en tres sitios distintos: Sureste y Noroeste de México y al Este de Estados Unidos (PARIS, 2001).

Desde un punto de vista taxonómico, *C. pepo* puede clasificarse en tres subespecies de acuerdo a la variación aloenzimática y la forma de sus semillas y frutos (DECKER-WALTERS *et al.*, 2002):

1. *C. pepo* L. spp. *pepo*
2. *C. pepo* L. spp. *ovifera* D.S.Decker, (var. *ovifera* (L.)D.S.Decker var. *ozarkana* D.S.Decker-Walters var. *texana* (Scheele) D.S.Decker)
3. *C. pepo* L. spp. *fraterna* (L.H.Bailey) Andres.

La subespecie “pepo” incluye cultivares comestibles y variedades ornamentales de frutos redondos, naranjas y verrucosos. Se cree que su domesticación empezó hace unos 10.000 años en Méjico. La subespecie “ovifera” incluye asimismo cultivares comestibles y ornamentales de frutos ovals y con forma de pera. Esta última se cree que proviene de una domesticación de hace unos 5.000 años en el Este de Estados Unidos y engloba dos variedades salvajes, la variedad “*texana*”, con poblaciones distribuidas por Texas, Arkansas, Missouri, Alabama e Illinois; y la variedad “*ozarkana*”, con poblaciones en el Valle del Mississippi y en la zona de Ozark Plateau (al sur de Missouri) (DECKER, 1988; DECKER-WALTERS *et al.*, 2002). La subespecie “fraterna” agrupa las formas salvajes provenientes del Noroeste de Méjico (ANDRÉS, 1987).

2.1.3. Principales morfotipos

Según la clasificación de PARIS (1989, 2001), existen 8 morfotipos o variedades botánicas cultivadas de *C. pepo*. 4 incluidos dentro de la spp. *pepo*: “Pumkin”, “Vegetable Marrow”, “Zucchini” y “Cocozelle”; y 4 incluidos en la spp. *ovifera*: “Acom”, “Scallop”, “Crookneck” y “Straightneck” (Figuras 11 y 12).

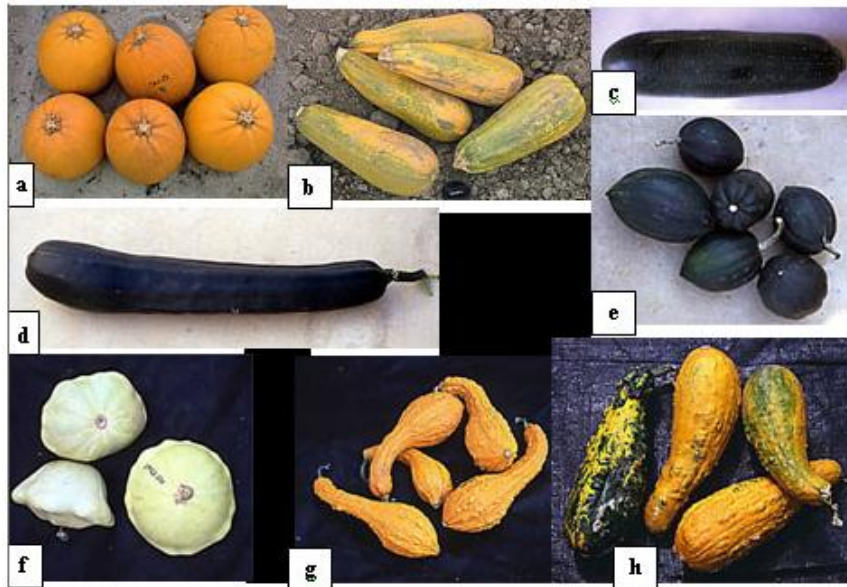


FIGURA 11: Morfotipos de *C. pepo* ssp. *pepo*: **a.** Pumpkin; **b.** Vegetable Marrow; **c.** Zucchini; **d.** Cocozelle; y *C. pepo* spp. *ovifera*: **e.** Acorn; **f.** Scallop; **g.** Crookneck y **h.** Straightneck. (EUROPEAN CENTRAL CUCURBITS DATABASE, 2012).

Los frutos del morfotipo “Pumpkin” y “Acorn” se consumen cuando están maduros aproximadamente a los 40 días después de la antesis de la flor; mientras que el resto de morfotipos se consumen en estado inmaduro, aproximadamente a los 7 días después de la antesis.

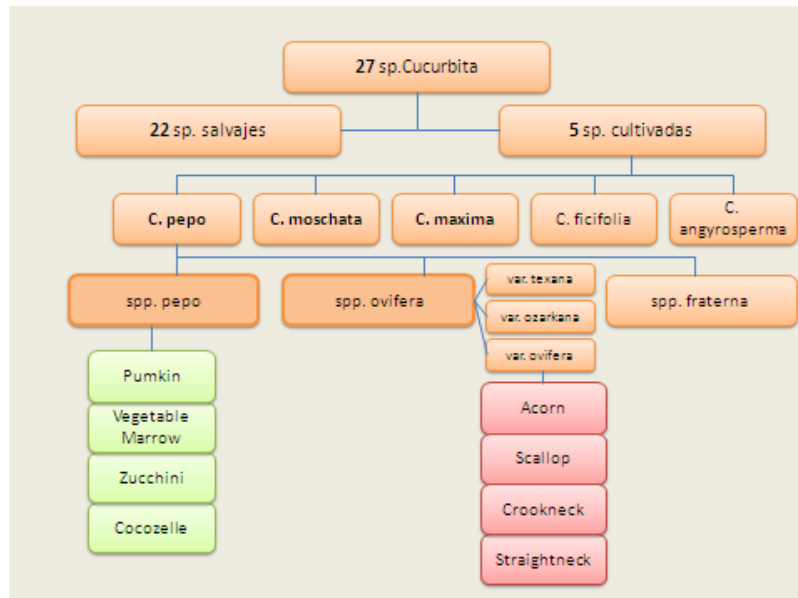


FIGURA12: Clasificación de las principales especies de *Cucurbita pepo* (Elab. propia).

El morfotipo “Pumpkin”, posee frutos que van desde formas esféricas a ovals, con terminaciones redondas o estrechas, a veces presentan acanaladuras, estrías o verrugas y pueden llegar a pesar hasta 25 kg. Debido a su gran variabilidad, se han establecido diferentes grupos dentro de este morfotipo. La típica calabaza de Halloween que se cultiva en los Estados Unidos y Canadá, son naranjas y acanaladas, con corteza lisa y carne fibrosa.

El morfotipo “Vegetable Marrow” es muy común en el Oriente Medio y en el Norte de África. Sus frutos poseen corteza lignificada, son alargados pero ensanchados en la parte distal, con un ratio longitud/anchura entre 2 y 3.

Los frutos del morfotipo “Cocozelle” son largos y bulbosos en la parte terminal, con un ratio longitud/anchura superior a 3,5.

El morfotipo “Zucchini” o calabacín es actualmente el más importante económicamente y está extendido por todo el mundo. Sus frutos son llamados comúnmente “zucchini”, que significa “calabacita de verano”, pues se trata del diminutivo de la palabra que viene del Italiano “Zuccha”, que significa “calabaza de verano”. Son cilíndricos y alargados, teniendo un ratio longitud/anchura superior a 3.5. Actualmente se prefieren los tipos verdes a los amarillentos que antiguamente se preferían.

Los frutos del morfotipo “Scallop” son aplanados, lignificados y generalmente discoidales y con bordes ondulados. Actualmente se prefieren los frutos de color amarillo a los blancos o verde pálido.

El morfotipo “Acorn” está compuesto por frutos que van desde formas ovals a cónicas y con diez ranuras profundas. Casi todos los cultivares modernos son de fruto verde.

Los frutos del morfotipo “Crookneck” son elongados, largos, delgados y con el “cuello” curvado y son normalmente amarillos y verrugosos. Generalmente las plantas tienen porte arbustivo.

Por último, el morfotipo “Straightneck”, tiene frutos cilíndricos, amarillentos, verrugosos y anchos en su parte distal, además tienen un pedúnculo corto y estrecho en el extremo peduncular.

2.1.4. Taxonomía y morfología

Tanto la clasificación y encuadre taxonómico como la descripción morfológica del “calabacín” al que nos vamos a referir, el más popular y cultivado en esta zona del Mundo, y sobre el que trata el presente trabajo, es el morfotipo “Zucchini” (**Cuadro 2**).

CUADRO 2: Encuadre taxonómico del calabacín “Zucchini”.

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Curcubitales</i>
Familia	<i>Curcubitaceae</i>
Género	<i>Curcubita</i>
Especie	<i>Curcubita pepo</i>
Subespecie	<i>Cucurbita pepo ssp. pepo</i>

La información sobre la descripción morfológica de la planta que se muestra a continuación ha sido extraída fundamentalmente de **RECHE** (1997) y **CAMACHO** (2003), especificándose en su caso cuando la información proviene de otro autor.

Planta:

Es una planta anual, herbácea, de crecimiento indeterminado y porte rastrero o compacto (**Figura 13**).

Sistema radicular:

Presenta un sistema radicular muy potente, donde la raíz principal axonomorfa alcanza un gran desarrollo en relación con las raíces secundarias, las cuales se extienden superficialmente. Llega a profundidades comprendidas entre los 25-30 cm y los 50-80 cm según el terreno. Aparecen a veces raíces adventicias en los entrenudos de los tallos cuando están en contacto con tierra húmeda.

Tallo:

El calabacín posee un tallo principal herbáceo, áspero al tacto, cilíndrico, de superficie pelosa, grueso, consistente, anguloso, con entrenudos más o menos cortos en función de la variedad, de donde parten hojas, flores, frutos y numerosos zarcillos de 10-20 cm de longitud, delgados y que nacen junto al pedúnculo del fruto. Puede alcanzar diversas alturas, variando según la variedad, condiciones climáticas y de cultivo.

Hojas:

Las hojas son palmeadas, de limbo grande y sostenidas por alargados peciolo. Los peciolo parten del tallo alternándose de forma helicoidal. Son largos, huecos, consistentes, con vellosidades y espinas cortas y finas distribuidas a lo largo del mismo. El limbo está formado por cinco lóbulos, pudiendo llegar a 50 cm de ancho e igualmente de largo. En función de la variedad están más o menos pronunciados. Los nervios principales parten de la inserción del peciolo con la hoja dirigiéndose al centro de cada lóbulo y éstos a su vez se subdividen a los extremos de las hojas. El haz de las hojas es suave al tacto y el envés áspero, recubierto de espinas cortas a lo largo de las nerviaciones.



FIGURA 13: Aspecto general de la planta de calabacín (Elab. propia).

Flor:

Las flores del calabacín son grandes, solitarias, vistosas, axilares, de color amarillo y acampanadas. La planta de calabacín es monoica, por lo que se dan simultáneamente flores masculinas y femeninas. En la flor femenina falta el pedúnculo largo característico de la flor masculina, ya que ésta se une directamente al tallo por un reducido, corto y grueso pedúnculo de sección pentagonal o hexagonal,

pero irregular. La polinización es entomófila, lo que favorece la alogamia o polinización cruzada.

Las flores de calabacín constan de las siguientes partes (**Figura 14**):

- Pedúnculo: en la flor masculina es sencillo, largo, de hasta 40 cm de longitud y hasta 1 cm de diámetro, cilíndrico, hueco y con un tálamo que se bifurca en un cáliz diasépalo (sépalos libres no unidos entre ellos). En la flor femenina, el pedúnculo es corto, de 3 a 5 cm de longitud, duro, grueso y fuerte, no ensanchándose su inserción con el fruto.

- Cáliz: es el verticilo más externo. Sus sépalos son verdes, delgados y diasépalos. Está formado por cinco piezas delgadas, puntiagudas, separadas y con una estructura semejante a las hojas ordinarias. Es zigomorfo (un solo plano de simetría bilateral) y caedizo cuando se marchita la flor y persiste hasta el momento de la abscisión en las flores femeninas.

- Corola: es el segundo verticilo del perianto, con pétalos, gamopétala (pétalos soldados), simetría actinomorfa (simetría radial) campanulada y formada por cinco pétalos unidos por su base. Es grande, de color amarillo intenso. Los pétalos son muy delicados, erectos y abiertos en su parte superior, éstos son apenas recubiertos en su base por el cáliz.

- Androceo: las flores masculinas tienen el tercer verticilo floral constituido por tres estambres unidos, visibles (flor fanerostémona). Carecen estas flores del cuarto verticilo floral (gineceo). Los estambres tienen el filamento y las anteras igualmente unidos, llamándose por ello monoadelphos (forman un solo grupo), Homodínamos (igual longitud), sinántero (anteras soldadas formando un solo grupo) y sinfiandro (base de los filamentos soldados).

- Gineceo: las flores femeninas carecen del tercer verticilo floral y cuentan con un cuarto verticilo formado por tres carpelos fusionados en un solo ovario (ovario sincárpico) y prolongados en tres pistilos. El ovario de las flores femeninas es

ífero, trilocular y alargado. Los estilos, en número de tres, están soldados en su base y son libres a la altura de su inserción con el estigma, este último dividido en dos partes (bilobulado).

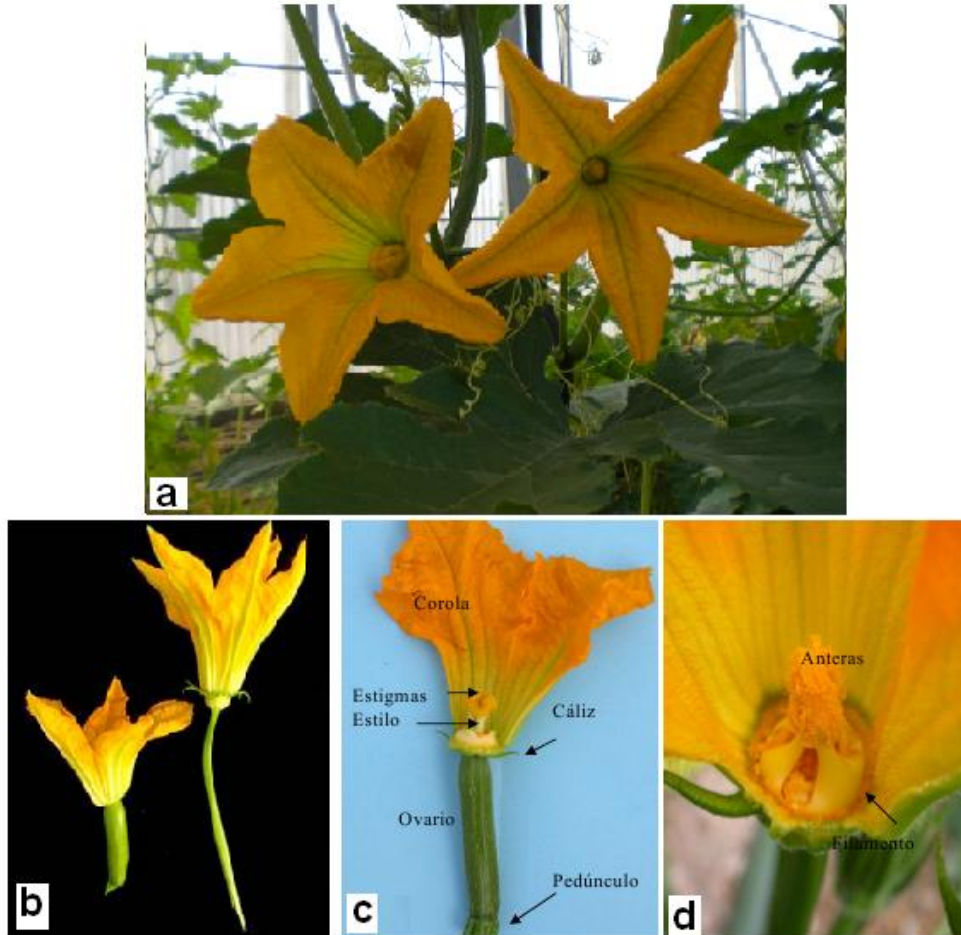


FIGURA 14: Flores de *Cucurbita pepo* L. **a.** y **b.** flor femenina y masculina. **c.** detalle de la flor femenina. **d.** detalle de la flor masculina (Elab. propia; RUBIO-CABALLERO, 2010).

Fruto:

El fruto es una baya carnosa, alargada, cilíndrica, sin cavidad central, unilocular, llamado “pepónide”, de color verde o amarillo. Procede de un ovario ífero y sincárpico como ya se ha mencionado. La piel es lisa y muy sensible a rozaduras.

Semillas:

Las semillas son de color crema uniforme, lo que las diferencia del resto de las especies (DECKER-WALTERS *et al.*, 2002). Son ovoides, alargadas, puntiagudas, lisas, con un surco longitudinal paralelo al borde exterior, de 1,5 centímetros de longitud, 0,6-0,7 centímetros de anchura y 0,1-0,2 centímetros de grosor (RECHE, 1997).

2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

El calabacín es una planta no muy exigente en altas temperaturas, menos que por ejemplo el melón, pepino o la sandía; y de mayor rusticidad que estos cultivos. Sin embargo, es sensible al frío y a las heladas, por lo que su cultivo al aire libre solo es posible pasadas las épocas de heladas a principios de la primavera.

Temperatura:

La temperatura óptima del suelo para la germinación ha de situarse entre los 20-25 °C. Con esta temperatura, las semillas pueden germinar en el transcurso de 2-5 días. Temperaturas del suelo superiores a 40 °C, o por debajo de los 15 °C puede afectar a la germinación (DELGADO, 1999). La temperatura óptima para el desarrollo vegetativo está entre los 25 y 35 °C.

Por encima de 35 °C, se produce una gran transpiración, ocasionando daño a las plantas por deshidratación, mientras que temperaturas por debajo de 10 °C afectan al crecimiento de la planta y pueden provocar deformaciones en el fruto (RECHE, 1997).

Para la floración se requieren idealmente unos 20 °C por la noche y alrededor de 25 °C durante el día. Por debajo de 10 °C se produce la abscisión de las flores y deformación de frutos (RECHE, 1997).

Humedad:

El calabacín es exigente en humedad relativa del aire. Los valores óptimos para el cultivo del calabacín en invernadero están entre el 65% y el 80%. Igualmente es exigente en humedad del suelo, necesaria para el desarrollo de la gran masa foliar de la planta y para la formación del fruto, cuyo contenido de agua se sitúa próximo al

95%. Excesos de humedad en el suelo impiden la germinación, no obstante requiere valores de humedad del suelo entorno al 95%.

Con exceso de humedad ambiental, hay posibilidad de que se dé un aumento de enfermedades y una deficiente fecundación, mientras que si la humedad es deficiente, puede producirse deshidratación de los tejidos, menor desarrollo vegetativo, caída de flores y disminución en la producción y retraso en el crecimiento (RECHE, 1997).

Luminosidad:

Para el calabacín no tiene excesiva repercusión la duración del día, no existiendo, en general, problemas de floración, por lo que el cultivo en invernadero puede realizarse en cualquier época (RECHE, 1997).

Suelo:

El calabacín es medianamente tolerante a la salinidad del suelo y del agua de riego. Se adapta igualmente a terrenos con valores de Ph entre 5 y 7, pero prefiere suelos algo ácidos, con valores medios entre 5,6-6,8 (RECHE, 1997). Los suelos alcalinos pueden provocar algunos síntomas de carencias.

2.1.5.1. Condiciones para la polinización y la fecundación:

En el proceso de polinización y en la fecundación, han de darse una serie de circunstancias, que no siempre es fácil que se den simultáneamente.

Diversos factores han de converger de manera adecuada para que se realice de forma exitosa; empezando por las condiciones que afectan a la actividad de los insectos polinizadores, hasta las que afectan a la producción de polen o a la fecundación, etc. Pero principalmente serán humedad y temperatura los factores determinantes. Además deberá existir una sincronización temporal en la apertura de flores masculinas y femeninas (RYLSKI y ALONI, 1990).

Como la floración dura varios días, y durante ese tiempo ha de producirse la dehiscencia de las anteras, si la humedad ambiental es superior al 80% los granos de polen tienen dificultad para desprenderse de las mismas. La temperatura mínima para

la antesis y dehiscencia de las anteras es 10°C, produciéndose además caída de flores por debajo de éste valor.

En cuanto a la actividad de los principales insectos polinizadores en esta zona, la abeja *Apis mellifera*, el clima es determinante en la actividad polinizadora de ésta, ya que a temperaturas inferiores a 10° C, una nubosidad superior al 70%, o una intensidad de viento superior a 7, las abejas no salen de la colmena.

Cuando alguno o varios de estos factores que han de darse simultáneamente, para una correcta polinización y cuajado del fruto de calabacín falla, en nuestra zona, se recurre al uso de hormonas de síntesis.

2.2. DIFERENCIACIÓN FLORAL Y CONTROL DEL SEXO EN CALABACÍN

2.2.1. Floración

Las especies cultivadas de las familia *Cucurbitaceae*, como el pepino, melón, sandía y calabacín, desarrollan separadamente flores masculinas, hermafroditas y femeninas, que se distribuyen de forma diferente en la axila de las hojas tanto en el tallo principal como en los secundarios (RUDICH, 1990).

Los tres tipos de yemas florales tienen, en un estado de desarrollo temprano, tanto primordios estaminales como carpelares, que aparecen igualmente desarrollados a vista de microscopio. Dichas yemas son de hecho bisexuales morfológicamente (ATSMON y GALUM, 1960 citados en PERL-TREVES, 1999). Lo que ocurre es que, a partir de las yemas en un principio hermafroditas, finalmente se desarrollan unas u otras flores: las flores masculinas, como resultado de la inhibición de los primordios carpelares, y desarrollo de los estambres; y las flores femeninas se forman cuando los primordios estaminales quedan arrestados y los carpelos sí llegan a diferenciarse. De hecho, el pistilodium (carpelo rudimentario) y el nectario derivado de él, siguen presentes en las flores masculinas maduras; e igualmente, estambres vestigiales siguen presentes en las flores maduras femeninas. No hay evidencias de que se trate de una muerte celular programada, lo que parece ocurrir es que el primordio que

finalmente no se desarrolla, simplemente para de crecer hacia una diferenciación sexual concreta de la yema (PERL-TREVES, 1999).

Existen algunas variedades de pepino (*Cucumis sativus*) cuyas plantas muestran todos los fenotipos posibles: hermafroditas (dan lugar sólo a flores hermafroditas); monoicas (flores masculinas y femeninas); andromonoicas (flores masculinas y hermafroditas); ginomonoicas (flores femeninas y hermafroditas); ginoicas (sólo flores femeninas); y androicas (sólo flores masculinas) (MANZANO *et al.*, 2010b).

Pero las variedades de *C. pepo* son todas monoicas, produciendo flores masculinas y femeninas separadas, en la misma planta como ya se ha comentado en puntos anteriores. Lo cual significa que para que se produzca la polinización y en consecuencia el cuajado del fruto, es necesaria la presencia de polinizadores (SANZ, 1995).

2.2.2 Expresión sexual

La expresión sexual en *C. pepo*, como en otras especies de la familia *Cucurbitaceae*, varía a lo largo del desarrollo de la planta, distinguiéndose tres fases. Durante la primera fase, las plantas producen sólo flores masculinas (normalmente comprende los 4-8 primeros nudos); después de la inducción de la producción de flores femeninas, se produce una segunda fase que comienza con la aparición de la primera flor femenina y se caracteriza por la alternancia de flores masculinas y femeninas; y en la tercera fase, las plantas producen mayoritariamente flores femeninas (Figura 15). Aunque esta última fase de producción únicamente de flores femeninas, sólo se da en ciertas variedades y condiciones de crecimiento (PEÑARANDA *et al.*, 2007, MANZANO, 2009).

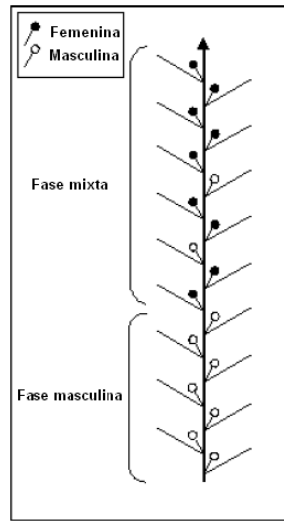


FIGURA 15: Diagrama de una planta monoica de calabacín mostrando la disposición de flores masculinas y femeninas en el tallo principal (PEÑARANDA *et al.*, 2007).

Este patrón de desarrollo puede verse alterado como consecuencia de cambios ambientales y hormonales y en función del genotipo de la variedad (MANZANO, 2009), como se hablará más adelante. Aunque generalmente la apertura de las flores masculinas sucede antes que las femeninas, se ha observado una apertura de las flores femeninas más precoz y hasta una floración simultánea (GWANAMA *et al.*, 2001). La relación de flores femeninas/flores masculinas cambia gradualmente durante la ontogenia según la especie. Por ejemplo, en una típica planta de pepino, la relación flores masculinas/flores femeninas puede variar desde 15:1 hasta 30:1 (NAYAR y MORE, 1998).

Cuanto antes manifieste la planta la primera flor femenina, es decir, cuanto más bajo esté el primer nudo en el que aparece en el tallo principal una flor femenina, más fuerte es su tendencia femenina (PERL-TREVES, 1999).

En relación con esto, se han caracterizado dos líneas puras de *C. pepo*, subespecie *pepo*, morfotipo Vegetable Marrow, contrastantes para su expresión sexual: Bolognese (*Bog*), muy ginóica y Vegetable spaghetti (*Veg*), muy androica. Mientras que *Bog* desarrolla la primera flor femenina entre los nudos 2 y 4, y produce una media de 69-70% de flores femeninas; en el fenotipo sexual *Veg*, fuertemente

masculino, aparece la primera flor femenina entre los nudos 10 y 20, y produce menos del 25% de flores femeninas, existiendo plantas que producen menos del 5% de éstas (MANZANO *et al.*, 2010).

Es interesante mencionar que DAX-FUCHS *et al.* (1978) citados en PERL-TREVES (1999), describieron en algunos genotipos, una “fase vegetativa” temprana en la que se producen nudos basales que no llegan a formar flores, y otra fase en la que se producen algunas yemas florales que finalmente abortan.

2.2.3. Factores que afectan a la expresión sexual

Se sabe que la expresión sexual en cucurbitáceas está controlada por factores genéticos, hormonales, ambientales; siendo la disponibilidad de nutrientes también un factor importante (NAYAR y MORE, 1998).

Se han descrito muchos genes que afectan a la expresión sexual en cucurbitáceas. Tales genes pueden cambiar el destino de yemas específicas, o afectar a la sucesión de las fases sexuales a lo largo del brote (PERL-TREVES, 1999).

Por ejemplo, se sabe que en pepino (*Cucumis sativus*) y melón (*Cucumis melo*), la expresión sexual está controlada por tres genes mayores independientes, explicando, la combinación concreta de los mismos, los principales fenotipos sexuales encontrados en estas dos especies (GALUN, 1961; KUBICKI, 1969; KENIGSBUCH y COHEN, 1990; PIERCE y WEHNER, 1990; RUDICH, 1990; PERL-TREVES, 1999). Se ha demostrado que las diferencias en la expresión sexual entre las dos líneas contrastantes de las que se ha hablado anteriormente *Bog* y *Veg*, se debe a la disminución en la sensibilidad a etileno en la línea *Veg*, que viene controlada por un único gen recesivo (MANZANO *et al.*, 2010b).

Recientemente se ha demostrado que el fenotipo monoico del melón y pepino, está controlado por un gen que codifica para la enzima 1-aminocloropropano-1-carboxilo sintasa (ACS) que se expresa específicamente en los carpelos y que está implicado en el arresto del desarrollo de los estambres en las flores femeninas. De hecho, las variedades que son andromonoicas tienen mutado este gen, lo que resulta en una inhibición de la parada del desarrollo del estambre en las flores productoras de

ovarios, dando lugar a la formación de flores hermafroditas en vez de flores femeninas (BOUALEM *et al.*, 2009; FENG *et al.*, 2009).

Pero además de las diferencias en la expresión sexual determinadas por uno u otro genotipo, esta expresión puede estar fuertemente influenciada por el ambiente y sobre todo por la aplicación externa de reguladores del crecimiento (PERL-TREVES, 1999).

Las condiciones ambientales que pueden afectar a la expresión sexual en esta familia son sobre todo la intensidad de la luz, el fotoperiodo y la temperatura. En condiciones de invierno, es decir, con días cortos, baja intensidad lumínica y bajas temperaturas, se promueve la aparición de flores femeninas; mientras que en condiciones de verano, es decir, días largos, alta intensidad lumínica y altas temperaturas, se favorece la aparición de flores masculinas (WIEN, 1997; PEÑARANDA *et al.*, 2007). Más aún, los días cortos se han relacionado con un aumento en los niveles externos de etileno, auxinas y ácido abscísico (ABA), bajando los niveles de giberelinas (GAs); mientras que los días largos aumentan los niveles de GAs en la planta (RUDICH, 1990); hormonas que juegan un papel importante en la regulación de la expresión sexual y de las cuales se hablará más adelante.

Así, en el calabacín, las bajas temperaturas inhiben el desarrollo de flores masculinas e incrementan el número de flores femeninas por planta (WIEN *et al.*, 2004); mientras que las altas temperaturas, inducen tanto una transformación parcial de las flores femeninas en hermafroditas, como una transformación total de flores femeninas a masculinas (PEÑARANDA *et al.*, 2007).

Pero, son las fitohormonas, las principales responsables de la modulación de la expresión sexual en las especies de cucurbitáceas. Auxinas, giberelinas, brasinoesteroides, y en especial el etileno, juegan un importante papel en la expresión sexual de estas especies (NAYAR y MORE, 1998).

En concreto, las auxinas, inducen el desarrollo de carpelos e incrementan la producción de flores femeninas por planta, aunque sus efectos deben estar mediados por el etileno (TAKAHASHI y JAFFE, 1984; TREBITSH *et al.*, 1987; RUDICH, 1990). Como ejemplo, en pepino y melón se ha visto que la auxina ácido indolacético (IAA), favorece la feminización (RUDICH *et al.*, 1972; ATSMON y TABBAK, 1979).

Por el contrario, las giberelinas, igualmente mediadas por el etileno, promueven la producción de flores masculinas; mientras que los inhibidores de las mismas, promueven las flores femeninas (RUDICH *et al.*, 1972; WIEN, 1997). En concreto se ha visto que las GAs promueven la masculinización de líneas ginoicas de pepino, al igual que el nitrato de plata. Melón y calabacín también se masculinizan al tratarlos con GAs (RUDICH *et al.*, 1972; ATSMON y TABBAK, 1979).

El papel de los brasinoesteroides en el control de la determinación sexual aún no está claro. PAPADOPOULOU y GRUMET (2005) realizaron una serie de aplicaciones externas con brasinolide en pepino, melón y calabacín; llegando a la conclusión de que el pepino se mostraba más sensible que el calabacín, ya que en aquel se veía reducido el número de flores masculinas en la fase inicial de desarrollo, y además se promovía el inicio de la aparición de la primera flor femenina en el tallo principal. Además, con este tratamiento con brasinolide, las plantas de pepino producían más etileno que las plantas control; por lo que los autores llegaron a la conclusión de que el efecto de los brasinoesteroides en la expresión sexual del pepino, también estaba mediado por el etileno, como ocurría con auxinas y giberelinas. Resultados recientes de MANZANO *et al.* (2011) muestran que el papel de los brasinoesteroides en la expresión sexual de *C. pepo* no es tan evidente como el del etileno; ya que al aplicar brassinazole, un inhibidor de la síntesis de brasinoesteroides, sobre tres genotipos distintos, no hubo apenas cambios en la producción de etileno, teniendo estos cambios escaso efecto en el fenotipo sexual, y no alterando el desarrollo de las flores unisexuales.

Como puede intuirse y como se menciona una vez más, la hormona más importante en el control de la expresión del sexo en Cucurbitáceas es el etileno. Esta hormona vegetal de la cual se hablará extensamente en puntos sucesivos, regula el crecimiento y desarrollo en las plantas. Se sintetiza en todos los órganos de la planta y participa prácticamente en todas las etapas del desarrollo de las mismas: germinación de las semillas, maduración de los frutos, abscisión foliar, respuesta al estrés, senescencia, etc.

En relación con la expresión sexual, el nivel de etileno en los capullos florales parece ser esencial en el desarrollo y diferenciación de ambos tipos de sexos en las flores, y además en el desarrollo y diferenciación de las flores femeninas. En pepino se encontró que las yemas florales femeninas contenían cantidades de etileno mucho mayores que las yemas florales masculinas. Es más, pepinos que crecen bajo

condiciones de día corto, donde se promueve la feminidad, liberan más etileno que aquellos que crecen bajo condiciones de día largo (RUDICH *et al.*, 1972). Por otro lado, según HALL y BLEECKER (2003) citado en MANZANO *et al.* (2010b), el etileno está involucrado en el desarrollo y la maduración de las flores en *Arabidopsis*; y también en melón, según PAPADOPOULOU *et al.* (2005), citado también en MANZANO *et al.* (2010b),

Otro hecho que demuestra el importante papel que desempeña el etileno en la determinación sexual es que, se ha comprobado que las líneas ginoicas de pepino y melón, producen más etileno que las líneas monoicas o andromonoicas (OWENS *et al.*, 1980; YAMASAKI *et al.*, 2001; MANZANO *et al.*, 2008). De hecho, las variedades ginoicas de pepino tienen un gen adicional de ACS (KNOPF y TREBITSH, 2006), que como ya se ha dicho anteriormente, se sintetiza en los carpelos, y detiene el desarrollo de los estambres en las flores que finalmente derivan a femeninas.

Así, los tratamientos exógenos con etileno o componentes que estimulan su síntesis en la planta, promueven la producción de flores femeninas y reducen la primera fase de desarrollo de flores masculinas; mientras que los tratamientos con inhibidores de la biosíntesis y percepción del etileno como la aminoetoxivinilglicina (AVG) o el Tiosulfato de Plata (STS), aumentan el número de flores masculinas, reducen el número de flores femeninas por planta, y amplían la primera fase masculina en pepino, melón y calabacín (RUDICH *et al.*, 1969; BYERS *et al.*, 1972; DEN NIJS y VISSER 1980; OWENS *et al.*, 1980; RUDICH, 1990; MANZANO, 2011). En sandía el etileno produce el efecto contrario, una masculinización de las flores (RUDICH, 1990). SÁNCHEZ (2006) encontró que la aplicación del inhibidor del etileno AVG, alteraba la expresión sexual de las plantas produciendo una conversión parcial o total de las flores femeninas en masculinas en variedades de calabacín como *Cora*, *Cavili*, *Cónsul* y *Xsara*.

No sólo los niveles de etileno en calabacín son los que influyen en la determinación sexual, sino que la sensibilidad a dicha hormona es esencial para inducir la floración femenina en esta cucurbitácea (MANZANO *et al.*, 2010b). Estudios hechos para intentar explicar la diferente sensibilidad al etileno y los brasinoesteroides de diferentes fenotipos de calabacín, frente al control de la expresión sexual y desarrollo floral, han demostrado que los efectos de estas dos hormonas dependen efectivamente de la producción y sensibilidad de cada genotipo al etileno (MANZANO *et al.*, 2011). Como ya se ha dicho, MANZANO *et al.* (2010b) han demostrado que el

fenotipo de la línea pura extremadamente masculina *Veg* de la que se hablaba anteriormente; viene determinado por un único gen, que confiere reducida sensibilidad a etileno. Por tanto, parece ser que lo que hace a esta línea *Veg* producir tantas flores masculinas, es el hecho de poseer una mutación que reduce la sensibilidad a etileno en las plantas, y que por tanto retrasa y reduce la producción de flores femeninas en las mismas.

2.3. EL PROCESO DE POLINIZACIÓN EN CALABACÍN

Las flores del calabacín, y las de otras cucurbitáceas como el pepino, melón y la sandía, abren muy temprano en la mañana, momento en el que están listas para ser polinizadas, completándose el proceso normalmente por la tarde (ROBINSON y DECKER-WALTERS, 1999).

La mayoría de las especies de cucurbitáceas son polinizadas por abejas u otros insectos que se ven atraídos por el polen y el néctar. En calabacín preferentemente lo hacen diferentes especies de *Peponapis* y *Xenoglossa* (comúnmente llamadas abejas de las calabazas). Existen ciertos escarabajos, como los llamados “escarabajos del pepino”, que pueden polinizar el “porongo” o “calabaza de peregrino” (*Lagenaria siceraria*), y otras cucurbitáceas. Se sabe que ciertos colibrís, mariposas, polillas y hasta murciélagos, polinizan algunas cucurbitáceas (ROBINSON y DECKER-WALTERS, 1999).

Pero en nuestra zona, y para el calabacín, la especie existente y principal polinizadora es *Apis mellifera*. También se han observado otros insectos como abejorros, avispas y diversos coleópteros, pero su influencia es mínima. Estos insectos atraídos por el polen y el néctar de los nectarios de la base de las flores, entran y se impregnan en su camino, de polen que luego transportaran hasta las flores femeninas. Dado que las cucurbitáceas son autocompatibles (ROBINSON y DECKER-WALTERS, 1999), no importa de qué flor masculina provenga el estímulo que supone el grano de polen en el estigma de la flor femenina.

Aunque el uso de colmenas no está generalizado en el cultivo de calabacín (RECHE, 1997), algunos agricultores emplean colmenas de *A. mellifera* para mejorar la polinización y por tanto el cuajado de los frutos y obtener una mayor calidad del fruto (ROBINSON y DECKER-WALTERS, 1999),

La antesis es un término utilizado para designar el momento de expansión completa de la flor, desde el desarrollo del estigma receptivo, a la fecundación. Este fenómeno ocurre en *C. pepo* aproximadamente de 5 a 6 de la mañana en verano y un poco más tarde en invierno, manteniéndose este estadio fenológico de 5 a 6 horas. En días fríos las flores femeninas abren antes que las masculinas, mientras que, al parecer, las condiciones de altas temperaturas y baja luminosidad, tienen el efecto opuesto (WIEN, 1997). Es entonces en antesis, cuando puede producirse la polinización de las flores, teniendo en cuenta que han de darse las condiciones adecuadas para ello. Lo cual implica que tanto las flores masculinas como las femeninas, deben permanecer abiertas simultáneamente (RYLSKI y ALONI, 1990).

Cuando el grano de polen entra en contacto con el estigma de la flor femenina, la germinación, en condiciones normales, ocurre en menos de 30 minutos (SUZUKI, 1969; SEDGLEY y BUTTROSE, 1978). Se sabe que el crecimiento del tubo polínico tarda entre 9 y 11 horas hasta lograr penetrar el óvulo (RECHE, 1997). Desde el punto de vista del proceso biológico, y tal como ocurre en calabacín, la polinización implica los siguientes procesos: se produce la apertura de las anteras de los estambres, a continuación la salida de los granos de polen (gametofito masculino) del saco polínico y su traslado por los agentes polinizadores hasta los órganos femeninos; en primer lugar hasta el estigma del pistilo. Una vez el grano de polen en el estigma, comienza la germinación, y la exina (capa externa del grano de polen) se abre, emitiendo la intina (capa interna), un prolongamiento llamado tubo polínico. El tubo polínico crece a lo largo del estilo, a través de sus tejidos, de los que se nutre, hasta alcanzar el micrópilo (apertura a modo de canalículo) de los primordios seminales (u óvulos) (POOLE y PORTER, 1933). La distribución del polen sobre el estigma no parece influir la distribución de las semillas fertilizadas en la fruta, indicando que los tubos de polen pueden viajar lateralmente en el estilo u ovario hasta todos los puntos (HAYASE, 1953; CADY y WIEN, 1994). A continuación, se abre y libera sus dos células espermáticas; una penetra hasta la ovocélula, fusionándose sus protoplastos (plasmogamia) y sus núcleos (cariogamia); y la otra se fusiona con el núcleo secundario del saco

embrionario. Se origina así el cigoto diploide en la ovocélula y un núcleo endospermico triploide en el saco embrionario. Constituyendo este proceso la fecundación. Tras ésta, la flor inicia lentamente su marchitez.

2.4. ABSCISIÓN FLORAL

Cuando la flor ha terminado su maduración, entonces comienza el proceso de abscisión. En las flores femeninas, y si ha habido fecundación, esto suele ocurrir en las primeras fases de maduración del fruto, siempre antes de la cosecha de la fruta (ROSALES *et al.*, 2009).

El término abscisión deriva del latín “abscindere” que significa desgarrar, y se refiere a la caída de cualquier órgano de la planta incluidas hojas, flores, frutos, u otros órganos concretos, ya sea por rotura mecánica, desgaste medioambiental o por degradación de las paredes celulares (SEXTON y ROBERTS, 1982). Aunque aquí, nos referimos al proceso que involucra disolución de la pared celular (PC) que se produce entre células vivas adyacentes en el lugar de separación. Por tanto, la abscisión es un proceso activo que involucra la degradación de las paredes celulares; muy coordinado, y en el que intervienen muchos cambios en la estructura celular, en el metabolismo y en la expresión génica. Se produce en una zona llamada zona de abscisión (ZA), de unas 5-50 capas de células, la cual incluye otra zona diferencial donde se produce la separación, la zona de separación, formada por 1-5 capas de células (ABELES, 1968).

El análisis anatómico de la abscisión en calabacín muestra que en las flores masculinas existe una ZA bien definida, distinguible pocas horas después de la antesis; mientras que en las flores femeninas, esta zona no se diferencia hasta que el proceso de abscisión ha comenzado, y como consecuencia del alargamiento y disolución de las paredes celulares (ROSALES *et al.*, 2009). La separación implica la pérdida de las paredes celulares y su degradación por numerosas proteínas modificadoras de la pared celular (MORRÉ, 1968).

En esta ZA existen células llamadas diana, de tipo II que se alargan en respuesta al etileno pero no a las auxinas (WRIGHT y OSBORNE, 1974); y otras de tipo I,

que por el contrario se alargan en respuesta a las auxinas pero no al etileno (OSBORNE, 1989).

Pero de forma general puede decirse que la abscisión es un proceso activado por el etileno e inhibido por las auxinas (AIA). Aunque también intervienen otras hormonas como el ABA y las citoquininas, que actúan de manera indirecta influyendo en los niveles de etileno. Las citoquininas inhiben la senescencia disminuyendo el nivel de etileno; y el ABA induce la senescencia del órgano aumentando el nivel de etileno (ROSALES, 2007). El proceso de abscisión está controlado en parte por la percepción y señalización del etileno y el papel de esta hormona como aceleradora de la abscisión está bien documentado (BROWN, 1997). En general, una reducción en el transporte polar de la auxina hacia la ZA, aumenta la sensibilidad a etileno en las células tipo II, acelerando así el proceso de abscisión (ROSALES *et al.*, 2009).

Por otra parte, el etileno también modifica la expresión de los genes que codifican poligalacturonasas (PGs) y endo-1,4- β -D-glucanasas (EGasas) específicas de la ZA. Estas proteínas, junto con las expansinas (ROBERTS *et al.*, 2000, 2002), son las principales enzimas hidrolíticas involucradas en la disolución de la PC durante la abscisión, e imprescindibles para que se produzca la separación celular. Es necesaria la presencia de etileno para que haya una expresión continua de los genes de estas enzimas hidrolíticas, de manera que si se elimina el etileno antes de que la abscisión haya avanzado lo suficiente, el proceso de degradación de las PCs se detiene y comienza a revertirse, posiblemente porque disminuye la secreción de enzimas hidrolíticas a la PC, aumentando el balance síntesis/degradación de los componentes de la PC. Esto sugiere una regulación a nivel post-transcripcional por parte del etileno (ROSALES, 2007).

ROSALES *et al.* (2009) muestran resultados que refuerzan lo afirmado anteriormente, ya que, indican que la actividad de las enzimas hidrolíticas que degradan la pared celular, poligalacturonasa y celulasa, se veía incrementada bruscamente justo antes de la caída de los órganos florales en calabacín (72 horas después de la antesis). Además, la actividad de estas dos enzimas se veía inducida por el etileno, lo que explica en parte el efecto promotor de éste.

La abscisión está regulada por señales intra- e intercelulares además de por algunas señales ambientales como radiación ultravioleta, fotoperiodo, concentración

de ozono o las variaciones estacionales así como por distintos factores estresantes; aunque estos últimos normalmente actúan de manera indirecta pues lo que hacen es aumentar la producción de etileno en planta y alterar los niveles de otras hormonas como auxinas y ácido abscísico (ABA) (ROSALES, 2007).

A pesar de todo lo anteriormente dicho, existen dudas sobre si el etileno es el único inductor de los cambios en el programa de expresión génica que finalmente provoca la caída del órgano en cuestión, ya que se han identificado genes que intervienen en el proceso, cuya expresión no está regulada por esta hormona y que intervendrían en una vía paralela de abscisión independiente. La mayoría de los estudios que apoyan esta teoría provienen de ensayos de abscisión floral de *Arabidopsis*, donde en mutantes insensibles al etileno, se mostraba un retraso en la abscisión pero ésta se producía finalmente, lo cual sugiere que el etileno no es imprescindible en el proceso. Pero la evidencia más clara viene después de la identificación en *Arabidopsis* de varios genes como IDA, HAESA, AGL15 o JOINTLESS (SZYMKOWIAK y IRISH, 1999), que intervienen en la abscisión de alguna u otra forma, pero que resultan independientes de la acción del etileno (ROSALES, 2007).

2.4.1. Síndrome de la flor pegada

Las condiciones de altas temperaturas (35-45°C) durante el periodo de cultivo de primavera-verano en el sur de España, y más concretamente en la zona de mayor producción de calabacín, los invernaderos de Almería, provocan un defecto en los frutos conocido como síndrome de “flor pegada”, que es uno de los problemas más importantes en la calidad del calabacín en los cultivos bajo plástico. Además está comprobado que este desorden tiene una base genética, existiendo variedades como *Cora* o *Storr's Green*, que apenas muestran este carácter presentando casi un 0% de flor pegada, y otras con alta incidencia como *Cavili* o *Xsara*, con más del 60% de frutos presentando este defecto (PEÑARANDA *et al.*, 2007).

PEÑARANDA *et al.* (2007) describieron este síndrome como un retraso muy marcado en el desarrollo de las flores que permanecen cerradas y unidas al fruto, incluso después de que éste alcance el calibre y el peso comercial, de manera que la flor no abscinde y tiene que ser retirada manualmente del fruto, lo que ocasiona podredumbre en el mismo, disminuyendo la vida poscosecha y la calidad comercial del

mismo (ROSALES *et al.*, 2009) (Figura 16). Además de la inhibición de la abscisión floral se produce una expresión sexual anómala, de manera que las flores que permanecen unidas a los frutos, presentan estambres en diferente grado de desarrollo dependiendo de la flor, pero que en fenotipos extremos, puede llegar a producir polen maduro (ROSALES, 2007) (Figura 16).

De hecho, se ha descrito que este retraso en la abscisión provocado por las altas temperaturas, está relacionado con la parada del desarrollo de la yema de la flor femenina, y su conversión hacia una yema bisexual. Y el hecho de que las flores masculinas tardan más tiempo en madurar que las femeninas, refuerza esta hipótesis (PEÑARANDA *et al.*, 2007).

Se sabe que las condiciones de altas temperaturas además de los tratamientos con giberelinas o inhibidores del etileno, favorecen la producción de flores masculinas en varias especies de cucurbitáceas (RUDICH *et al.*, 1972; WIEN, 1997). Además, parece que las altas temperaturas cambian la determinación sexual de las yemas florales femeninas hacia yemas florales bisexuales, con lo que alteran sus tiempos de maduración y abscisión (PEÑARANDA *et al.*, 2007). Lo hacen aumentando el nivel de giberelinas y/o reduciendo la producción de etileno. Según KRISHNAMOORTHY (1972), citado en MANZANO *et al.* (2010b) está comprobado que las giberelinas inhiben la apertura de las flores femeninas en la cucurbitacea *Luffa acutangula*. Por otro lado, según HALL y BLEECKER (2003) citado en MANZANO *et al.* (2010b), el etileno está involucrado en el desarrollo y la maduración de las flores en *Arabidopsis*; y también en melón, según PAPADOPOULOU *et al.* (2005), citado también en MANZANO *et al.* (2010b),

Experimentos hechos con plantas de calabacín demuestran que cuando estas son tratadas con el inhibidor de la síntesis de etileno AVG, las flores femeninas desarrollan tejido estaminal e incluso estambres completos con polen. Se confirmó entonces que lo que ocurría era que estas flores hermafroditas anormales que se forman en condiciones de altas temperaturas, se desarrollan más lentamente, originando un retraso en la abscisión de la flor, que da lugar finalmente a frutos con flor pegada (PAYÁN *et al.* 2005; PEÑARANDA, 2010).

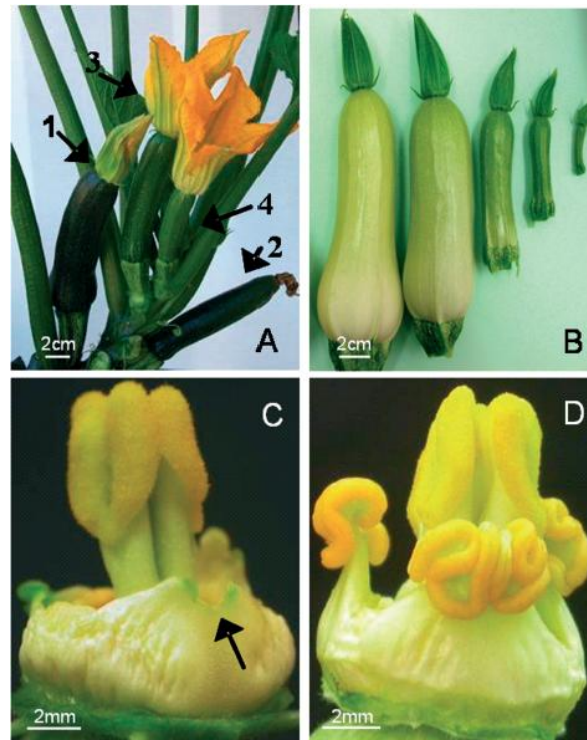


FIGURA 16: Frutos de calabacín con flores pegadas. **A:** planta de calabacín mostrando frutos en diferentes estadios de desarrollo. Nótese que el desarrollo y maduración de la flor (1) está paralizado y, a pesar de tener más días que las flores 2, 3 y 4, sigue verde y cerrada. **B:** desarrollo de frutos de calabacín con flor pegada. El desarrollo y maduración de las flores está paralizado de tal forma que incluso frutos con tamaño comercial se mantienen con flores que siguen verdes y cerradas. **C y D:** fenotipo sexual de flores que permanecen pegadas al fruto. Todas las flores pegadas al fruto eran bisexuales, aunque el grado de desarrollo de estambres difería entre flores. En algunas el desarrollo de las anteras se paraliza en una etapa temprana(C); mientras que en otras, las anteras se desarrollan normalmente (PEÑARANDA *et al.*, 2007).

2.5. FRUCTIFICACIÓN

Desde un punto de vista botánico, el fruto es el órgano procedente de la flor, o de partes de ella, que contiene a las semillas hasta que estas maduran y luego contribuye a diseminarlas (STRASSBURGER, 1994). Ontogénicamente, el fruto es el

ovario desarrollado y maduro de las plantas con flor. La pared del ovario se engrosa al transformarse en la pared del fruto y se denomina pericarpio, cuya función es proteger a las semillas. Con frecuencia participan también en la formación del fruto, otras partes de la flor además del ovario, como por ejemplo el cáliz o el receptáculo (ESAU, 1988).

En el fruto en pepónide del calabacín, las placentas están muy desarrolladas, llegando hasta la pared carpelar y rellenoando todo el hueco del ovario, por lo que no existe cavidad en el mismo. La pared externa del pericarpo (exocarpo) suele endurecerse en mayor o menor grado pudiendo hacerse leñosa como en el caso de la calabaza vinatera *Lagenaria siceraria* (GARCÍA-BREIJO, 2009).

En el desarrollo del fruto pueden distinguirse tres fases (GILLAPSY *et al.*, 1993):

- Fase I o de división celular: durante la que el crecimiento del fruto es casi exponencial debido a una intensa división celular.
- Fase II o de expansión celular: en la que se produce un crecimiento lineal del fruto debido a la expansión de las células formadas por división en la fase I.
- Fase III o de maduración: en la que cesa el crecimiento y tiene lugar la maduración del fruto.

La primera fase (Fase I) en la que las células se están dividiendo, a su vez puede distinguirse entre la fase que ocurre hasta antesis (proceso que marca la transición del ovario de la flor, al fruto en desarrollo) y la que ocurre en post-antesis. Así, en la etapa hasta la antesis, que comprende el desarrollo del ovario, la fertilización y el cuajado del fruto; el ovario se está dividiendo y creciendo a la vez, cesando la división celular durante la antesis, y produciéndose el cese de dentro a fuera del ovario (SINNOTT, 1939). Posteriormente, en post-antesis, la división celular se reactiva para más tarde cesar. En esta etapa el crecimiento del fruto depende de estas divisiones celulares que se producen en el mismo. Durante la segunda fase (Fase II), el crecimiento del fruto depende de la expansión celular de las células formadas en las fases anteriores, no existiendo división celular. Así, el crecimiento y tamaño final del fruto van a depender mayoritariamente del número de células que se generan en el pericarpio (exo-, meso- y endocarpo) en la etapa de división celular (JUBES *et al.*, 1999).

Con todo ello, el patrón de crecimiento del fruto de *C. pepo* está caracterizado por una fase inicial lineal de tipo logarítmico, seguida de una disminución en el índice

de crecimiento de forma gradual. En una comparación de cultivares que variaban en el tamaño de fruto entre 40 y 700 cm³, se vio que los índices de crecimiento del fruto variaron poco, pero que los frutos más grandes se correspondían con duraciones de crecimiento más largas (WIEN, 1997).

El tamaño de los frutos también depende directamente del número de frutos producidos por planta, ya que ésta debe repartir sus minerales y fotoasimilados entre el resto de frutos.

2.5.1. Factores hormonales en el desarrollo y maduración del fruto

La siguiente información está extraída fundamentalmente de SANT (2012), indicando en su caso cuando proviene de otros autores.

El crecimiento del fruto está regulado por las hormonas de la semilla o de la pared del ovario en el caso de frutos partenocárpicos. Las giberelinas estimulan el cuaje de los frutos y la partenocarpia, y las auxinas parecen estar relacionadas con el retraso en la abscisión del fruto y con el incremento de la expansión celular. El ácido abscísico (ABA) como estimulador de la síntesis de etileno, estaría relacionado con la maduración y abscisión del fruto.

Durante la maduración del fruto, etapa final del desarrollo del mismo, ocurren una serie de cambios externos fácilmente identificables como sabor, color, textura, etc. En conjunto, el fruto adquiere todas sus propiedades organolépticas. Las transformaciones más importantes que ocurren en el fruto durante la maduración son: 1) degradación de la clorofila y aumento en la síntesis de pigmentos como los carotenos y los antocianos; 2) degradación de pectinas de las paredes celulares; 3) transformación del almidón en azúcares y disminución de la acidez, así como pérdida de la astringencia. Y finalmente sus células comienzan a senescer y el fruto se ablanda y cae liberando sus semillas (si las posee). Todos estos cambios están regulados por un considerable cambio a nivel de expresión génica y de síntesis proteica, donde una vez más el etileno adquiere un papel importante.

Así, según la maduración sea o no regulada prioritariamente por el etileno, los frutos se clasifican en climatéricos o no climatéricos (ABELES *et al.*, 1992). Si bien todos los frutos al igual que cualquier órgano vegetal, producen etileno; sólo los frutos

climatéricos incrementan grandemente la producción de etileno durante la maduración; mientras que los no climatéricos, prácticamente mantienen la tasa de producción de etileno casi invariable. De tal modo que en los primeros, el etileno es responsable de la coordinación del proceso de maduración y en los segundos no.

Además, en frutos climatéricos se presenta el siguiente comportamiento: 1) la aplicación de etileno adelanta el tiempo del climaterio o pico respiratorio; 2) la producción autocatalítica de etileno continúa después de retirar el tratamiento con etileno; 3) la magnitud de la tasa respiratoria es independiente de la concentración de etileno aplicado; 4) hay una clara respuesta a la aplicación de etileno en la mayor parte de los índices de madurez propios de cada fruto (firmeza, color, degradación del almidón, etc.) (KNEE, 2002). Sin embargo, los frutos no climatéricos, ante la aplicación de etileno, se comportan de la siguiente manera: 1) no adelantan el climaterio respiratorio; 2) en ausencia de daños fisiológicos o patológicos no hay producción autocatalítica de etileno, ni si quiera después de un tratamiento con etileno; 3) la magnitud de la tasa respiratoria se incrementa ante dosis crecientes de etileno aplicado; 4) desde el punto de vista de la maduración organoléptica no hay respuesta ante el tratamiento con etileno, excepto en términos de desverdalización (degradación de clorofilas) (KNEE, 2002).

Por tanto, el etileno acelera la maduración en los frutos climatéricos tales como manzana, pera, plátano, chirimoya, mango o tomate; mientras que en frutos no climatéricos como es el caso del calabacín, éste no interviene en la misma (KNEE, 2002).

2.6. PARTENOCARPIA

2.6.1. Introducción

Aunque los frutos se forman a través de una íntima colaboración entre los óvulos (los precursores del desarrollo de las semillas) y los carpelos (los precursores del fruto), por cientos de años, los humanos nos hemos empeñado en interrumpir esta asociación para obtener frutos sin semillas y así hacerlos más fáciles al consumo (LORA *et al.*, 2011).

El desarrollo de un ovario sin fecundación, y que por tanto no produce semillas, recibe el nombre de partenocarpia.

Dos mecanismos principalmente son los responsables de la formación de frutos sin semillas (VAROQUAUX *et al.*, 2000 citados en LORA *et al.*, 2011) : 1) Partenocarpia, donde el fruto se desarrolla en ausencia de fertilización, como en las piñas cultivadas, algunos cítricos y bananas; y 2) Estenospermia, donde la polinización y la fertilización son necesarias, pero los embriones no se forman, o bien abortan antes de la completa formación de la semilla, como ocurre en las sandías sin semilla y en muchas uvas sin semilla (BOUQUET y DANGLLOT, 1996 citados en LORA *et al.*, 2011). En ambos casos, la planta debe tener una capacidad inherente o adquirida para sostener el desarrollo del fruto sin la formación de semilla (LORA *et al.*, 2011).

El desarrollo normal del fruto se inicia con giberelinas o auxinas, que son generadas por el óvulo en desarrollo. Estos componentes, además de estimular el desarrollo temprano del fruto, promueven el cuajado del mismo (CRANE, 1964 citado en EHLENFELDT y VORSA, 2007). Sin embargo en aquellas variedades capaces de desarrollar frutos sin semillas, el estímulo de su crecimiento no puede ser atribuido a éstas. Este fenómeno no invalida el papel atribuido a las semillas sobre el desarrollo de los frutos, pero es evidente que en aquellos en los que no ha habido fecundación, esa función debe haber sido asumida por otros tejidos (PUERTAS-MARTÍN, 2008).

Se ha trabajado bastante en la obtención de fruta partenocárpica usando reguladores del crecimiento, en una amplia variedad de cultivos hortícolas, para estudiar tanto el desarrollo del fruto como para evaluar el potencial en producción. Entre estos frutos se encuentran el kiwi, sandía, pepino, peras, uvas y fresas (EHLENFELDT y VORSA, 2007).

Recientemente se ha mejorado en el estudio de la naturaleza del desarrollo de los frutos partenocárpicos en diferentes especies; sobre todo en mutantes de tomate partenocárpico. Mientras que en esta especie parece ser que éste carácter está controlado por multitud de genes recesivos (FOS *et al.*, 2001; GORGUET *et al.*, 2005; MAZZUCATO *et al.*, 1998 citados en EHLENFELDT y VORSA, 2007); sin embargo, en pepino dulce *Solanum muricatum*, se ha visto que es sólo un gen dominante el implicado en el control genético de la partenocarpia (PROHENS *et al.*, 1998 citados en EHLENFELDT y VORSA, 2007). Estudios moleculares y fisiológicos han dilucidado la

implicación de genes tan diversos como aquellos que controlan la síntesis de auxinas y giberelinas (tomate) (FOS *et al.*, 2001; GORGUET *et al.*, 2005 citados en EHLENFELDT y VORSA, 2007). Además otros estudios sugieren que los genes de la partenocarpia pueden también jugar un papel importante en la morfología reproductiva (desarrollo de las anteras en tomate) (MAZZUCATO *et al.*, 1998 citado en EHLENFELDT y VORSA, 2007), y puede que tengan un papel crítico en el desarrollo temprano del óvulo en sandía (SEDGLEY, 1979 citado en EHLENFELDT y VORSA, 2007).

2.6.2. Factores hormonales implicados en la partenocarpia

Las principales hormonas implicadas son las auxinas, citoquininas y giberelinas:

Auxinas: en estudios llevados a cabo en pepino se vio que el contenido en auxinas en el ovario antes de la antesis es superior en líneas partenocárpicas (KIM *et al.*, 1992a, b; TAKENO y ISE, 1992). Además, en líneas no partenocárpicas, la polinización incrementa la concentración de auxinas en el ovario de tal forma que, si los frutos no son polinizados, el nivel de esta hormona disminuye considerablemente (KIM *et al.*, 1992b). Así, el cuajado de frutos partenocárpicos está íntimamente relacionado con la acumulación de AIA en el ovario de pepino. La aplicación de N-1-acidonaphthylphylamico (naptalam) y ácido 2,3,5-triidobenzoico (TIBA), y de diversos inhibidores del transporte de auxinas, en el óvulo o pedúnculo, incrementó significativamente el contenido de AIA en el ovario. La aplicación exógena de auxinas, GAs y citoquininas, también tenían este efecto. Lo cual parece indicar que el AIA de origen endógeno es el factor hormonal más importante para el cuajado de frutos partenocárpicos y la aplicación exógena de hormonas promueve la acumulación del mismo en el ovario. (KIM *et al.*, 1992b; TAKENO y ISE, 1992). Distintos investigadores han inducido partenocarpia en pepino mediante el uso de hormonas (KIM *et al.*, 1992b). Resultados similares se han obtenido en melón (ELASSAR *et al.*, 1974a), calabacín y otras cucurbitáceas (WONG, 1941).

Citoquininas: la evidencia de que las citoquininas endógenas puedan estar implicadas en el cuajado y desarrollo de los frutos de pepino ha sido en gran parte indirecta. La aplicación exógena de bencil-adenina y otras citoquininas mostró un incremento en la producción y el tamaño de los frutos (ELASSAR *et al.*, 1974a; OGAWA *et*

al., 1990; SHISHIDO *et al.*, 1990; TAKENO *et al.*, 1992). Los resultados indicaron un aumento en la concentración de auxinas endógenas (SHISHIDO *et al.*, 1990). Estudios hechos por NÚÑEZ *et al.* (2008) donde se ensaya el uso de la citoquinina 1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea (CPPU) en el cuaje de sandía *Citrillus lanatus*, muestran que con esta fitohormona se obtienen producciones y número de frutos cuajados similar a lo que se obtiene de forma natural con la polinización de las abejas (ROSALES, 2007). Al realizar un estudio en el ovario sobre el número de células se observó que este era mayor en las flores que habían sido tratadas, lo que indicaría que el efecto de un mayor crecimiento de los frutos vendría causado por la estimulación de las citoquininas sobre la división celular.

Giberelinas: la participación de las giberelinas (GAs) en la producción también ha sido deducida del resultado de experimentos por aplicación exógena. Los primeros ensayos de ELASSAR *et al.* (1974) y OGAWA *et al.* (1989) mostraron que dentro de este grupo de hormonas algunas eran más efectivas que otras. De hecho, los tratamientos con GA₃ originaron un número mayor de frutos que los tratamientos con GA₄₊₇.

La actividad enzimática involucrada en la biosíntesis de GAs está regulada por auxinas, que se necesitan para mantener el nivel de GAs activo (GARCÍA-MARTÍNEZ *et al.*, 1991; ROSS *et al.*, 2000 citados en LOZANO *et al.*, 2009). FUENTES *et al.* (2009) encontraron que la partenocarpia mediada por auxinas en *Arabidopsis thaliana* ocurría totalmente a través de la estimulación de la señalización de GAs.

En tomate, las GAs constituyen un factor clave para el cuajado y el desarrollo del fruto (LOZANO *et al.*, 2009). La producción de GAs por parte de la semilla en desarrollo promueve el desarrollo normal del fruto (GARCÍA-MARTÍNEZ *et al.*, 1991 citado en LOZANO *et al.*, 2009). En consecuencia la aplicación externa de GAs puede reemplazar los efectos de promoción del crecimiento de las GAs producidas por las semillas, lo que da lugar a un cuaje exitoso del fruto y a frutos partenocárpicos. (LOZANO *et al.*, 2009).

2.6.3. Partenocarpia en calabacín.

La partenocarpia en *Cucurbita* puede inducirse con reguladores del crecimiento (GUSTAFSON, 1941; MORI, 1947; TAKASHIMA y HATTA, 1955) o extracto de polen

(GUSTAFSON, 1937). Pero la manera más práctica e ideal de aumentar el cuajado del fruto en calabacín cuando la polinización es inadecuada sería el uso de variedades con una habilidad innata de producir frutos partenocárpicos (ROBINSON y REINERS, 1999).

Y es que la partenocarpia es importante tanto en cultivo protegido como en cultivo al aire libre en condiciones en las que faltan los polinizadores o el desarrollo de flores masculinas (bajas temperaturas) (WIEN, 1997). La tendencia a producir frutos partenocárpicos aumenta con temperaturas bajas y fotoperiodos cortos (NITSCH *et al.*, 1952; GLOBERSON, 1971; RYLSKI, 1974) y podría permitir el uso de cultivares femeninos para la producción de ciclo temprano, sin la preocupación de los polinizadores (ROBINSON y REINERS, 1999). Es muy importante en invernadero, especialmente cuando los insectos polinizadores están ausentes o las condiciones ambientales del cultivo no favorecen el desarrollo de flores masculinas (ROBINSON, 1993; ROBINSON y REINERS, 1999).

El pepino fue la primera especie dentro del género *Cucurbita*, cuyas variedades partenocárpicas fueron usadas en invernadero en el siglo pasado, por su alta prestación y capacidad de producir fruta, sin la necesidad de polinizadores. (ROBINSON, 1993; ROBINSON y REINERS, 1999). Este carácter ha sido observado en invernadero en otras especies como melón, calabacín, tomate y pimiento (RYLSKI y ALONI, 1990).

Pero aunque la partenocarpia inducida por reguladores del crecimiento ha sido objeto de numerosos estudios en calabacín (GUSTAFSON, 1941; MORI, 1947; TAKASHIMA y HATTA, 1955; SULEIMAN y SUWWAN, 1990; ATASAYAR y VURAL, 1993; SANZ, 1995), poco se sabe sobre la partenocarpia natural o genética en esta especie. Los primeros estudios sobre partenocarpia en esta especie fueron realizados por DURTHAM (1925), que cerró 301 flores femeninas para evitar la polinización, no observando fructificación. La primera variedad descrita como partenocárpica fue *Royal Acorn*, aunque al poco tiempo de producir frutos sin polinización, las flores femeninas perdían esta capacidad (NITSCH, 1952). Y de hecho, *Royal Acorn* no mostraba frutos partenocárpicos en las evaluaciones posteriores de ROBINSON y REINERS (1999).

En el estudio de NIJS y BALDER (1983) realizado en un invernadero tipo holandés en los Países Bajos, y en el que se evaluaron diversos parámetros relativos a partenocarpia en las variedades *Dg-4*, *Poseidon* y *Élite*, se observaron diferencias

significativas en cuanto a partenocarpia entre estas variedades. Así, *Dg-4* se mostró como la mejor variedad para todos los parámetros evaluados. Los híbridos entre *Poseidon* y *Dg-4* mostraron menos partenocarpia que *Dg-4*, lo que puso de manifiesto que la partenocarpia se trataba de un carácter recesivo en *Dg-4*. La tercera variedad que se analizó, *Étlite*, muy cultivada en Holanda, fue la que mostró los peores resultados en los parámetros medidos. En cuanto al desarrollo del ovario, los frutos polinizados crecieron una media de 2,4 cm/día y los no polinizados unos 1,6 cm/día; y ambos tipos de frutos no pararon su crecimiento hasta incluso los 12 días.

OM y HONG (1989) evaluaron 64 variedades comerciales y descubrieron que los de tipo Zucchini y Caresta eran los que mostraban mayores niveles de partenocarpia. Por otro lado, ATASAYAR y VURAL (1993) aislaron flores femeninas de las que obtuvieron frutos partenocárpicos en las variedades híbridas *Eskenderany F1*, *Jedida F1* y *Saray F1*; obteniendo una media de frutos por planta respectivamente de 7.8, 8.0 y 8.7. ROBINSON (1993) encontró importantes diferencias en los cultivares de calabacín en verano para la producción de frutos partenocárpicos. Así, los cultivares verdes oscuros dieron un porcentaje mayor de partenocarpia. En los híbridos *Chefini* se estimó un grado de partenocarpia del 82%, en *Gold Strike* un 71%, *Black Magic* mostró un nivel del 67% y *Ny-82-138* se mostró como la variedad menos partenocárpica con sólo un 50% de partenocarpia.

En ensayos más recientes de ROBINSON y REINERS (1999) se estudiaron 35 variedades y líneas durante 4 años, llegando una vez más a la conclusión de que las variedades tipo Zucchini con piel más oscura producían más frutos partenocárpicos que el resto de los tipos varietales ensayados de *C. pepo*. Eso mismo fue observado por NIJS y ZANTEN (1982). Además el aspecto de los frutos procedentes de flores no polinizadas era similar a aquellos procedentes de flores polinizadas. Los ovarios de menos del 1% de las flores cerradas crecieron algo después de la antesis, pero abortaron antes de alcanzar un tamaño comercial. Las variedades cambiaban en su capacidad de producir frutos partenocárpicos de un año a otro, pero la distinta habilidad de las variedades para producir fruta partenocárpica era generalmente similar cada año. Los calabacines amarillos tipo Straighneck mostraron relativamente poca capacidad de frutos partenocárpicos así como los tipo Scallop. Los verdes con rayas Caresta y Cocozelle mostraron partenocarpia en los 2 años de estudio y Caresta

según OM y HONG (1989) también mostraron partenocarpia a ellos en sus experimentos

En un ensayo realizado sobre 10 variedades comerciales de calabacín durante las campañas de invierno de 2003 y primavera/verano de 2004 en Almería, GÓMEZ *et al.*, (2004) observaron que durante la campaña de invierno, las plantas de algunas de las variedades mostraron un nivel considerable de partenocarpia, con una producción de frutos comerciales similar al de las plantas tratadas con hormonas o polinizadas manualmente. Además, aunque la calidad y tamaño de los frutos de las plantas no tratadas fue ligeramente menor, en muchas de las variedades, las diferencias con las plantas tratadas o polinizadas, no fueron significativas. En la campaña de primavera/verano, sin embargo, los tratamientos hormonales y la polinización aumentaron significativamente el número de frutos comerciales, con niveles de partenocarpia inferiores que en invierno. Esto está en relación a lo que encontraron ROBINSON y REINERS (1999) en sus estudios; observando mayor incidencia de partenocarpia en el año más frío, atribuyéndose este hecho a las condiciones más bajas de temperatura predominantes en ese año, ya que las bajas temperaturas promueven partenocarpia en calabacín (GLOBERSON, 1971; NIJS y BALDER, 1983; RYLSKI, 1974a, 1974b; RYLSKI y ALONI, 1990) como ya se ha indicado anteriormente.

En la actualidad, sin embargo, ninguna de las variedades híbridas comerciales que se utilizan en Almería tienen el nivel de partenocarpia suficiente para eliminar los tratamientos con auxinas sintéticas. Entre las pocas variedades comerciales que se describen como partenocárpicas, destacan la variedad *Whitaker*, una variedad de polinización abierta, desarrollada por R.W. Robinson en la Universidad de Cornell (Ithaca, Nueva York) y cuya partenocarpia parece estar controlada por un único gen dominante (MENEZES *et al.*, 2005). *Partenon*, *Cavili* y *Argo* son también variedades híbridas de calabacín tipo Zucchini que se comercializan como partenocárpicas, pero que apenas se utilizan en Almería. Los programas de mejora genética de calabacín actuales requieren, por tanto, de nuevas fuentes de partenocarpia.

2.7. POSCOSECHA Y COMERCIALIZACIÓN DEL CALABACÍN

2.7.1. Normativa

Existe un reglamento comunitario por el que se establecen las normas de comercialización de los frutos de calabacín, el Reglamento (CE) Nº 1757/2003 de la Comisión de 3 de octubre de 2003 (D.O.U.E., 2003). En este reglamento se incluyen las siguientes especificaciones y exigencias:

I. Definición del producto:

Las presentes normas se aplicaran a los calabacines de las variedades (cultivares) obtenidas de *Cucurbita pepo* L. que, cosechándose jóvenes y tiernos, antes de que sus semillas adquieran firmeza, se destinen a su entrega en estado fresco al consumidor y no a la transformación industrial. Estas normas cubrirán, así mismo, los calabacines que se presenten con la flor.

II. Disposiciones relativas a la calidad:

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos de la calidad que deberán cumplir los calabacines tras su acondicionamiento y envasado.

- Requisitos mínimos:

En el caso de todas las categorías y sin perjuicio de las disposiciones especiales de cada una de ellas y de los límites de tolerancia establecidos, los calabacines deberán entregarse:

- Enteros y provistos de pedúnculo, que podrá estar ligeramente dañado.
- Sanos, quedando excluidos los productos que presenten podredumbre u otras alteraciones que los hagan impropios para el consumo humano
- Limpios, es decir, prácticamente exentos de materias extrañas visibles.
- Prácticamente exentos de parásitos.
- Prácticamente exentos de daños causados por parásitos.

- Exentos de un grado anormal de humedad
- Exentos de olores y sabores extraños.

Además los frutos deben ser:

- Firmes.
- Exentos de cavidades.
- Exentos de grietas.
- En un estado de desarrollo suficiente, antes de que sus semillas hayan adquirido firmeza.

Todos los calabacines se hallaran en un estado y una fase de desarrollo que les permitan:

- Conservarse bien durante su transporte y manipulación.
- Llegar en condiciones satisfactorias a su destino.

Siempre que se conserven sus características esenciales de calidad, conservación y presentación estos calabacines podrán tener los siguientes defectos:

- Malformaciones.
- Defectos de coloración.
- Ligeras quemaduras de sol.
- Ligeros defectos de la epidermis.
- Ligeros defectos debidos a enfermedades siempre y cuando no sean evolutivos ni afecten a la carne.

Los calabacines se clasifican en una de las tres categorías siguientes:

➤ Categoría Extra.

Los calabacines de esta categoría deberán ser de calidad superior y presentaran las características propias de la variedad y/o tipo comercial al que pertenezcan.

Además, deberán estar:

- Bien desarrollados.
- Bien formados.
- Provistos de su pedúnculo, que presentará un corte limpio y una longitud máxima de 3 centímetros.
- Estos calabacines no deberán tener defectos, salvo ligerísimas alteraciones superficiales que no afecten al aspecto general del

producto ni a su calidad de conservación y presentación en el envase.

➤ Categoría I.

Los calabacines de esta categoría deberán ser de buena calidad y presentarán las características propias de la variedad y/o tipo comercial al que pertenezcan. No obstante, siempre que no se vean afectados su aspecto general ni su calidad, conservación y presentación en el envase, estos calabacines podrán tener los defectos leves siguientes:

- Ligeras malformaciones.
- Ligeros defectos de coloración.
- Muy ligeros defectos de la epidermis.
- Muy ligeros defectos debidos a enfermedades siempre y cuando no sean evolutivos ni afecten a la carne.

➤ Categoría II.

Esta categoría comprenderá los calabacines que no puedan clasificarse en las categorías superiores pero que cumplan los requisitos mínimos arriba establecidos.

III. Disposiciones relativas al calibrado

El calibre de los calabacines vendrá determinado por:

- Su longitud.
- Su peso.

a) En caso de que el calibre se base en la longitud, ésta se medirá entre la línea de unión con el pedúnculo y el extremo de la corola del fruto. El calibre mínimo será de 7 cm y el máximo de 35 cm. En el caso de las categorías Extra y I, los calabacines deberán calibrarse con arreglo a la escala siguiente:

- De 7 cm a 14 cm, inclusive.
- De 14 cm, exclusive, a 21 cm, inclusive.
- De 21 cm, exclusive, a 35 cm.

b) En el caso de que el calibre se base en el peso, el calibre mínimo será de 50 g y el máximo de 450 g. En el caso de las categorías Extra y I, los calabacines deberán calibrarse con arreglo a la escala siguiente:

- De 50 g a 100 g, inclusive.
- De 100 g, exclusive, a 225 g, inclusive.
- De 225 g, exclusive, a 450 g.

Las disposiciones relativas al calibrado no se aplicarán a los “minicalabacines” o “calabacinitos” ni a los calabacines que se presenten con la flor.

2.7.2. Tecnología y biología de la poscosecha

En agricultura, el manejo poscosecha es la etapa de producción del cultivo que sigue inmediatamente después de la recolección, incluyendo el enfriamiento, lavado, clasificación y empaquetado (CHATTOPADHYAY, 2007).

En el momento en el que un cultivo es retirado de la tierra, o separado de su planta madre, éste comienza a deteriorarse. El tratamiento que se le dé en poscosecha será determinante en la calidad final del mismo, ya sea para consumo en fresco o usado como ingrediente en un alimento procesado. Los objetivos más importantes del manejo poscosecha para retardar el deterioro, son mantener el producto refrigerado, para así evitar la pérdida de agua y retardar cambios químicos indeseables; y evitar el daño físico como magulladuras (CHATTOPADHYAY, 2007).

De hecho, las condiciones iniciales en el almacenamiento son críticas para mantener la calidad. Otro factor clave a tener en cuenta es que cada cultivo tiene su rango óptimo de temperatura y humedad de conservación. Además, algunos cultivos no podrán ser almacenados juntos, para evitar interacciones químicas indeseadas (CHATTOPADHYAY, 2007).

Pero los principios básicos, y que además sirven para la mayoría de cultivos, son (CHATTOPADHYAY, 2007):

- Manejar cuidadosamente para evitar el daño físico.
- Enfriar inmediatamente y mantener la cadena de frío.

- Desechar zonas dañadas.

Y es que los frutos, y en general los productos hortícolas de consumo, son tejidos vivos que experimentan continuos cambios después de la cosecha, pudiendo ser fisiológicos, bioquímicos o estructurales. Siendo la senescencia el estado final del desarrollo, durante el cual tienen lugar una serie de procesos irreversibles que finalmente conducen a la muerte de las células (CAPELLINI *et al.*, 1998). Así, el alto contenido en agua que generalmente tienen estos productos, los hace muy susceptibles a la deshidratación (marchitamiento, ablandamiento), a los daños mecánicos, y a los ataques de bacterias y hongos.

Las causas de alteración de los alimentos pueden ser de naturaleza física, química o biológica. Los factores ambientales y biológicos más importantes implicados en el deterioro se exponen a continuación:

Temperatura:

La temperatura es el factor ambiental que tiene una mayor influencia sobre la tasa de deterioro en los productos cosechados, ya que afecta directamente a muchos de los factores implicados en el mismo. Por regla general, por cada aumento en 10°C por encima del óptimo, la tasa de deterioro aumenta de 2 a 3 veces (KADER, 1992).

El empleo de bajas temperaturas, por encima del punto de congelación, es un tratamiento satisfactorio en la conservación de los alimentos que mantengan su actividad fisiológica, y pretende extender su vida útil disminuyendo su degradación y limitando el crecimiento microbiano. El efecto del frío persiste mientras el alimento se mantiene a la temperatura de refrigeración o de congelación, por lo que será necesario mantenerlo desde que sale de la línea de producción hasta el momento anterior al consumo (RUBIO-CABALLERO, 2010) como ya se ha indicado, manteniendo la cadena de frío.

Humedad relativa:

La tasa de pérdida de agua de los frutos y hortalizas depende de la diferencia en el déficit de presión de vapor entre el producto y el medio ambiente, lo cual a su vez está influenciado por la temperatura y la humedad relativa (HR). Un rango adecuado de HR para el almacenaje de frutos es 85-95% (KADER, 1992).

Pero además, la HR puede influir, en el desarrollo de pudrición, incidencia de desórdenes fisiológicos y la uniformidad en la maduración de la fruta. La condensación de agua en el fruto durante largos periodos de tiempo es probablemente más importante acelerando la pudrición (KADER, 1992).

Composición atmosférica:

La reducción del oxígeno y un aumento en los niveles de CO₂, puede atrasar o acelerar el deterioro de los productos frescos. La magnitud de estos efectos depende del tipo de producto, variedad, edad fisiológica, temperatura y periodo de almacenamiento (KADER, 1992).

Respiración:

La tasa de deterioro de los productos cosechados es generalmente proporcional a la tasa respiratoria. Basados en su respiración y producción de etileno durante la maduración fisiológica y comercial, los frutos pueden ser climatéricos o no climatéricos de los que hablábamos en puntos anteriores haciendo referencia al etileno. Los frutos climatéricos muestran un fuerte aumento de la producción de CO₂ y etileno, los cuales coinciden con el proceso de maduración comercial, mientras que los no climatéricos no muestran estos cambios y, generalmente producen bajo CO₂ y etileno durante la maduración comercial (SALISBURY y ROS, 1992).

Producción de etileno:

Hay una relación entre la producción de etileno y la vida comercial del fruto, se sabe que la exposición de muchos de ellos a etileno acelera su senescencia y ablandamiento e inhibe la formación de componentes antifúngicos en los tejidos. El etileno es fisiológicamente activo en cantidades menores de 1 ppm (partes por millón). Es más, en algunos casos, el etileno puede estimular el crecimiento de hongos; es el caso de *Botrytis cinerea* en fresas y *Penicillium italicum* en naranjas. Generalmente, la producción de etileno aumenta con el periodo de almacenamiento, heridas físicas, incidencias de enfermedades, temperaturas superiores a 30°C, y estrés hídrico. Por el contrario, la producción de esta hormona se reduce con el almacenamiento a bajas temperaturas, reducción del oxígeno por debajo del 8% y elevación del CO₂ a más del 2%, aunque estos niveles son variables según el tipo de fruto (KADER, 1992).

El tratamiento de cultivos ornamentales con 1-metilciclopropano (1-MPC), inhibidor de la acción del etileno, proporciona protección contra el daño por etileno. De hecho este producto se utiliza comercialmente a concentraciones de hasta 1ppm para la conservación de manzanas, albaricoques, aguacates, kiwis, mangos, nectarinas, papayas, melocotones, peras, persimons, ciruelas, y tomates. Y sin duda su uso se extenderá hacia otras frutas y hortalizas (SIMSON y STRAUS, 2010).

Cambios en la composición:

Muchos cambios en los pigmentos se llevan a cabo durante el desarrollo y la maduración de la fruta en la planta. Algunos de éstos continúan después de la cosecha y pueden ser deseables o indeseables. Los más importantes son (KADER, 1992):

- La pérdida de clorofila.
- Desarrollo de carotenoides (color amarillo y naranja).
- Desarrollo y cambio de antocianinas (color rojo y azul) y otros compuestos fenólicos que pueden dar como resultado el pardeamiento indeseable de tejidos.
- Cambios en los hidratos de carbono.
- Desintegración de pectinas y otros polisacáridos que da lugar al ablandamiento de los frutos.
- Cambios en los ácidos orgánicos, proteínas, aminoácidos, y lípidos, que pueden influir en la calidad del sabor del producto.
- Pérdida en el contenido de vitaminas, especialmente el ácido ascórbico (vitamina C), que es determinante en la calidad nutricional.
- Producción de sustancias volátiles aromáticas asociadas a la maduración de los frutos, siendo un factor importante en su calidad organoléptica.

Transpiración:

La pérdida de agua hace que los tejidos se vuelvan menos turgentes y pierdan firmeza, al mismo tiempo que el peso se reduce. La rapidez con la que el fruto pierde agua depende de varios factores, siendo los que más influyen, el estado de desarrollo del producto, la temperatura y humedad, y la variedad (NAMESNY, 1997). Así, los frutos que se recolectan más tiernos, se deshidratan más fácilmente ya que su piel está menos formada (SOIS, 1980). La pérdida de agua es normalmente mayor, cuanto

mayor es la temperatura de conservación. Sin embargo, en la práctica puede suceder al revés, si la cámara frigorífica carece de un buen sistema de control de humedad relativa (NAMESNY, 1997).

Deterioro fisiológico:

La exposición del producto a temperaturas indeseables puede dar como resultado desórdenes fisiológicos como (KADER, 1992):

- *Daño por congelación:* ocurre cuando los productos son almacenados a temperaturas inferiores a su punto de congelación, La destrucción causada por el congelamiento, generalmente da como resultado un colapso inmediato de los tejidos y la pérdida total del producto.

- *Daño por frío:* las bajas temperaturas propias de la refrigeración, por encima del punto de congelación, pueden producir daños a los tejidos vegetales. Los cultivos más sensibles a los daños por frío son de origen tropical o subtropical. Ejemplos de frutos que se muestran susceptibles son tomates, pimientos, berenjenas, calabazas, calabacín, boniato, banana, etc. Siendo los valores de temperatura crítica normalmente del orden de 7-15°C para los tropicales y del orden de 0-5°C para los subtropicales. Los principales síntomas del daño por frío que aparecen en productos hortícolas almacenados a baja temperatura incluyen un incremento de la susceptibilidad a las infecciones fúngicas, decoloración y aparición de lesiones en la piel, pérdida de agua y electrolitos, pérdida de rigidez, pérdidas en la maduración y necrosis en la semilla (SALVEIT y MORRIS, 1990).

Por su importancia, en el siguiente punto de este trabajo, existe un apartado donde se habla en detalle de los daños por frío en general, y en particular sobre calabacín.

- *Daño por calor:* las condiciones de altas temperaturas o exposición a altas intensidades lumínicas sobre frutos cortados pueden producir un incremento de temperatura en los tejidos de los mismos por encima de su punto de muerte térmica de sus células, dando lugar a

lesiones localizadas blancas o negras (quemaduras solares) o a un colapso general.

Daños físicos:

Varios tipos de daños físicos (daños en la superficie por compresión, vibración, etc.) contribuyen claramente al deterioro del producto. El pardeamiento de los tejidos es el resultado de la desintegración de las membranas, la cual expone los compuestos fenólicos a la enzima polifenol-oxidasa, produciéndose entonces la decoloración. Los daños mecánicos no son solamente desagradables a la vista, sino que también aceleran la pérdida de agua, dando lugar a la infección de hongos y estimulando la producción de CO₂ y etileno en el fruto (KADER, 1992).

Cuando las hortalizas y frutas están cortadas a rodajas o troceadas, el daño físico que se hace en la operación de cortado, produce pérdida de firmeza en los tejidos (PONTING, 1972 citado en SÁEZ-URÉNDEZ, 2007). Además, el troceado y cortado hace que la hortaliza tenga una microbiología modificada; ya que el corte permite que el jugo salga de los tejidos al exterior y dichos jugos contienen nutrientes que pueden utilizar los microorganismos. Esto se une a que el corte hace aumentar el área superficial del producto, acelerando el crecimiento microbiano (SÁEZ-URÉNDEZ, 2007).

Deterioro patológico:

Uno de los síntomas más comunes y obvios del deterioro, es el que resulta de la actividad de las bacterias y de los hongos. El inicio de la maduración en las frutas y la senescencia en todos los productos los hacen susceptibles a las infecciones de los patógenos. El ataque de los organismos ocurre después del daño mecánico, físico o desorden fisiológico del fruto. Además, los estreses tales como daños mecánicos, daños por frío, y quemaduras de sol, disminuyen la resistencia a los patógenos. En algunos casos los patógenos pueden infectar tejidos aparentemente sanos y ser la principal causa del deterioro (KADER, 1992).

2.7.3. Daños por frío: importancia en calabacín

Etiología de los daños por frío:

Los daños por frío (DF) ocurren tras una cierta permanencia de los productos a temperatura ambiente normalmente entre -0.5°C y 15°C . Pero también un estrés severo por un choque de frío, que produce daños de manera muy rápida, puede ejercer una acción irremediable y a veces letal, sin necesidad de que llegue a producir la congelación de los tejidos. Con el retorno a una temperatura superior al umbral crítico de DF, se manifiesta claramente el estado reversible o irreversible de los desórdenes (MARCELLIN y ULRICH, 1983; JACKMAN *et al.*, 1988; MARCELLIN, 1992; ARTÉS, 1995b citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

En el desarrollo de los DF intervienen una serie de factores genéticos, fisiológicos y bioquímicos e incluso de las condiciones térmicas que tuvo el cultivo (BRAMLAGE, 1982; WATADA, 1982; MARCELLIN y ULRICH, 1983; LUCHSINGER y ARTÉS, 2000 citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003). Los frutos inmaduros o precoces son más sensibles al frío que los maduros o tardíos y también existe una clara susceptibilidad varietal (ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

La intensidad a la que tienen lugar los procesos metabólicos de los órganos vegetales depende estrechamente de la temperatura del órgano y del medio exterior (ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003). Son numerosas las disfunciones celulares y alteraciones fisiológicas y bioquímicas que induce el frío no congelante: generalmente estimula la tasa respiratoria y la emisión de etileno, reduce la fotosíntesis, interfiere en la producción de energía, aumenta la energía de activación, retrasa la fluidez del protoplasma, altera la estructura celular y tiene efectos sobre las membranas (WANG, 1982, 2000 citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003). Este efecto, se manifiesta de inmediato sobre la estructura y composición de las membranas vegetales, aumentando la viscosidad de la matriz lipídica y la rigidez de las membranas, que adquieren una estructura gel-cristalina; y se redistribuyen las proteínas integradas, que son expulsadas de las zonas lipídicas rígidas. Los cambios en la temperatura del medio afectan también al funcionamiento de las enzimas y de los transportadores incluidos en la matriz lipídica de las membranas, y con esto a los intercambios a través de ella, lo que altera la permeabilidad y perturba las funciones celulares, que en los

casos más graves, produce un trasvase de electrolitos y metabolitos entre los diversos compartimentos celulares y entre las células y el medio, llegando incluso a la ruptura de las membranas, necrosis y muerte del órgano o de la planta (MAZLIAK, 1992 citado en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003). Todo ello conduce a desviaciones metabólicas y fisiológicas de las células, de los tejidos, del órgano o de la planta. También se ha comprobado un aumento en la biosíntesis de ácido 1-aminociclopropano, 1-carboxílico (ACC), ácido abscísico y putrescina en pimiento (SERRANO *et al.*, 1997 citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

Síntomas de daños por frío:

Los síntomas con los que se manifiestan los desórdenes fisiológicos provocados por el frío en frutas y hortalizas recolectadas son muy diversos, distinguiéndose dos categorías, que pueden coexistir y desarrollarse simultáneamente, lo que sucede con frecuencia en frutos tropicales y subtropicales. La primera muestra una naturaleza cualitativa y consiste en anomalías del desarrollo o del metabolismo; como la maduración incompleta del tomate, papaya, mango, melocotón y nectarina, el endulzado de la patata; o el insuficiente sabor y aroma en banana, plátano, piña, papaya, sandía o melón (HARDENBURG *et al.*, 1990; MARCELLIN, 1992; ARTÉS, 1995a, b, 2000a citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

La segunda categoría de DF la integran verdaderas enfermedades que presentan muy variadas manifestaciones: depresiones de la piel o picado, que afecta al 60% de las especies de frutas y hortalizas de regiones tropicales y subtropicales; o la peteca del limón, descomposición de tejidos en fruta y hueso de pepita; pardeamientos internos o superficiales (escaldadura), típicos de la fruta de pepita, cítricos, granada, aguacate, piña y patata; infiltración de agua en los espacios intercelulares (frecuentemente en tomate, pepino, papaya o jicama); desarrollo de textura algodonosa, harinosidad o lanosidad en melocotón y nectarina; pardeamiento de las membranas carpelares o membranosis (frecuentes en limón y granada); debilitamiento de la resistencia a daños mecánicos y al ataque microbiano, y otras específicas de algunas frutas y hortalizas, como la consistencia gelatinosa de la pulpa en ciruela, el enrojecimiento en judía verde; o el ablandamiento de la punta del espárrago (HARDENBURG *et al.*, 1990; MARCELLIN, 1992; ARTÉS, 1995a,b, 2000a

citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003). Una interpretación razonable sobre la aparición de pardeamientos en los tejidos vegetales que sufren DF, es que son una consecuencia de desarreglos celulares producidos por la refrigeración, sin que ocurran daños mecánicos, que incrementan la permeabilidad del tonoplasto. Ello posibilitaría la reacción entre compuestos fenólicos disueltos en la vacuola con enzimas polifenoxidasas del citoplasma produciendo el pardeamiento (CÔME y CORBINEAU, 1994 citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

Varios metabolitos gaseosos como el CO₂, C₂H₄, etanol y acetaldehído, pueden ser bio-indicadores para evaluar y detectar las alteraciones organolépticas, fisiológicas y patológicas antes de que se manifiesten los síntomas (COUEY, 1982 citado en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003). Como caso particular, en melocotón y nectarina la aparición de DF está asociada a una disminución en la producción de C₂H₄ (LUCHSINGER, 1996; FERNÁNDEZ-TRUJILLO y ARTÉS, 1997; ARTÉS y FERNÁNDEZ-TRUJILLO, 1999 citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003). lo que difiere del comportamiento del resto de productos, en los que el DF suele ir acompañado de aumento en la emisión de CO₂ y C₂H₄ ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

Control de los daños por frío:

Aunque obviamente el mejor paliativo es mantener los productos a una temperatura superior al umbral crítico, se han propuesto diversos métodos para reducir la gravedad de los DF y alguno de ellos ofrece un interés práctico relevante.

Los DF pueden reducirse, bien aumentando la tolerancia de los productos, bien retrasando el desarrollo de los mismos (WANG, 2000 citado en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003). En general no existen medios de lucha totalmente eficaces para evitarlos, excepto quizás los que limitan el estrés hídrico, estimulado secundariamente por la baja temperatura (MARCELLIN, 1992 citado en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003); y también los tratamientos que dificulten los flujos de gases de interés fisiológico (O₂, CO₂, y C₂H₄) a través de las membranas celulares, generando una atmósfera modificada (AM) en el interior del fruto (tratamientos gaseosos) (ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

Se ha demostrado que una tensión de vapor de agua próxima a la saturación durante la conservación en atmósfera controlada (AC) o en AM, inhibe el estrés hídrico de la post-recolección y favorece la tolerancia al frío de numerosas especies sensibles como cítricos, tomate, pimiento, pepino o berenjena, reduciendo o suprimiendo los DF (GIERSON *et al.*, 1982; BEN-YEHOSHUA *et al.*, 1983 citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

Los tratamientos térmicos moderados como el retraso del enfriamiento, acondicionamiento térmico o curado, y los calentamientos intermitentes para restaurar la alteración de los tejidos, constituyen tratamientos físicos que resultan eficaces en la paliación de los daños por frío (ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

Daños por frío en calabacín:

Puesto que el calabacín es de origen tropical, pertenece al tipo de frutos que más sufren daños por frío cuando son almacenados a bajas temperaturas. Además, los calabacines se recolectan cuando aún están en crecimiento, poseyendo una alta tasa metabólica y una escasa protección en la superficie, lo que hace que tengan una vida poscosecha escasa.

Los daños por frío descritos hasta ahora específicamente en calabacín son: pérdida de agua, ablandamiento, y la aparición de hundimientos en la piel de los frutos (pitting) (Figura 17) (MARTÍNEZ-TELLEZ *et al.*, 2002; MENCARELLI *et al.*, 1983; SERRANO *et al.*, 1998 citados en CARVAJAL *et al.*, 2001). A pesar de que el almacenamiento en frío (en calabacín se ha determinado una temperatura óptima de refrigeración entre 10-12.8°C según Commercial Cooling of Fruits and Vegetables, Universidad de California), puede atenuar el ablandamiento de los frutos de calabacín; cuando éstos pasan de nuevo a temperatura ambiente, se manifiestan los daños, haciendo que los frutos pierdan su valor comercial (MARTÍNEZ-TÉLLEZ *et al.*, 2002).



FIGURA 17: Fruto de calabacín mostrando los típicos síntomas de hundimientos en la piel o “pitting” causados por el frío (RUBIO-CABALLERO, 2010).

La respuesta a estos daños por frío depende de la variedad y está influenciada por la temperatura y el tiempo de exposición al frío. En un trabajo realizado por CARVAJAL *et al.* (2011) en el que se analizaba la resistencia al almacenamiento en frío en distintas variedades de calabacín en los invernaderos de Almería, se vio que en todas las variedades, y en todas las temperaturas ensayadas (4°C, 12°C y 20°C), los frutos mostraron pérdida de peso, dándose la mayor pérdida a la temperatura de 20°C y la menor a la temperatura de 12°C. Y esto puede ser debido a que a 20°C todas las rutas bioquímicas se activan. En las 3 temperaturas ensayadas, la variedad *Natura* mostró la menor pérdida de peso en todos los casos. En frutos almacenados a 4°C, el daño por frío en las variedades apareció a los 7 días, y para las variedades *Milenio* y *Sinatra* alcanzó el máximo después de este periodo; mientras que en *Natura* el índice de daño fue la mitad que en las variedades anteriores, y no aumentó después de 14 días de almacenamiento. Todo esto indica que hay variedades en las que un periodo de almacenamiento de 7 días a 4°C, es suficiente para la pérdida de valor comercial, mientras que otras como *Natura*, mantienen un mejor valor comercial incluso hasta 14 días después del almacenamiento en frío.

Las membranas celulares, como antes se ha expuesto, parecen ser los sitios principales donde afectan las bajas temperaturas. Sin embargo no se sabe muy bien si los efectos se centran en los lípidos, en las proteínas o en la interacción lípidos-proteínas en las membranas (BRAMLAGE y MEIR, 1990, citado en BALANDRAN-QUINTANA *et al.*, 2003). Así, las marcas punteadas que se manifiestan en la piel de los frutos

(pitting), seguramente sean el resultado de una pérdida de integridad por parte de las células causada por daños en las membranas celulares o en las paredes celulares (BALANDRÁN-QUINTANA *et al.*, 2002).

El ablandamiento de un fruto durante su maduración se ha visto asociado principalmente a una hidrólisis enzimática de los polisacáridos de la pared celular, especialmente de la pectina (HUBER, 1983; WAKABAYASHI, 2000). Asociado a este problema se produce un incremento de las actividades hidrolíticas de las enzimas poligalacturonasas (PG) y pectinmetilesterasas (PME) (KARAKURT y HUBER, 2004); ambas enzimas relacionadas con la degradación de la pectina durante la maduración de frutos. Junto a estas dos enzimas, existen trabajos que relacionan un aumento de la expresión de expansinas (proteínas que ablandan la pared celular de los vegetales) con el incremento del ablandamiento del fruto (KALAMAKI *et al.*, 2003a), mientras que la supresión de la actividad expansina es capaz de disminuir la despolimerización de la pectina (KALAMAKY *et al.*, 2003b).

En diferentes frutos que muestran harinosidad como un síntoma de daño por frío, se ha observado un desequilibrio en la actividad de la PG y la PME (BRUMMELL *et al.*, 2004; RUGKONG *et al.*, 2010 citados en CARVAJAL *et al.*, 2011). En pepinos sometidos al frío, se ha visto que ocurren cambios en la composición de los polisacáridos (GROSS y WANG, 1984 citados en CARVAJAL *et al.*, 2011) de las paredes celulares, y en calabacín se produjo un aumento en la actividad de la PG en frutos almacenados a 5°C después de 9 días, en comparación con frutos almacenados a 12°C (BALANDRÁN-QUINTANA *et al.*, 2007 citados en CARVAJAL *et al.*, 2011).

Además del papel de estas enzimas en la aparición de los síntomas por frío, se sabe que en las células vegetales, el estrés causado por las bajas temperaturas aumentan el nivel de las especies reactivas de oxígeno o ROS (Reactive Oxygen Species). Muchos ROS pueden inducir el daño oxidativo mediante la rotura de los dobles enlaces de los ácidos grasos de los lípidos de las membranas. Así, estas moléculas son responsables de algunas de las alteraciones causadas por las bajas temperaturas en plantas (SEVILLANO *et al.*, 2009 citado en CARVAJAL *et al.*, 2011). Este daño oxidativo se considera una respuesta temprana de los tejidos sensibles al frío (HARIYADI y PARKIN, 1991).

En calabacín, se ha relacionado el daño frío con un aumento en la producción de etileno en el fruto (BALANDRÁN-QUINTANA *et al.*, 2003). En sandía y pepino, dos cucurbitáceas no climatéricas como el calabacín, el ablandamiento del fruto también se ha relacionado con un aumento en la concentración de etileno durante su conservación (KARAKURT y HUBER, 2004). Más aun, el tratamiento de frutos de sandía y pepino con 1-MCP, un potente inhibidor de la percepción de etileno, es capaz de atenuar los daños causados durante el almacenaje de los mismos (KARAKURT y HUBER, 2004; MAO *et al.*, 2004).

Existen varios tratamientos que disminuyen el daño causado por frío (WANG, 1993 citado en WANG, 1996). Algunos se citan para el caso concreto del calabacín como se muestra en adelante.

Un estrés por calor, puede acondicionar a las plantas a las bajas temperaturas. Cuando un tratamiento por calor durante 2-3 días a 38°C mediante aire se aplicaba a frutos de tomate, su sensibilidad a las bajas temperaturas disminuía y podían permanecer almacenados durante más de 1 mes a 2°C sin desarrollar daños por frío (LURIE y KLEIN, 1991; SABEHAT *et al.*, 1996; LURIE y SABEHAT, 1997 citados en LURIE, 1998). Esta respuesta se ha encontrado también en muchos otros cultivos como el aguacate, cítricos, pepino, mango, pimientos y en calabacín (WANG, 1994 citado en LURIE, 1998).

El preacondicionamiento térmico del calabacín con 15°C durante 2 días reduce los daños por frío, y lo hace claramente por la supresión de la actividad de la peroxidasa (enzima que cataliza la oxidación de un amplio número de sustratos orgánicos) y reduciendo el descenso de la actividad de la catalasa (cataliza la conversión del oxidante peróxido de hidrógeno, en agua y oxígeno) (WANG, 1994). El acondicionamiento térmico también alteró la composición lipídica (WANG *et al.*, 1992 citado en WANG, 1996) y aumentó los niveles de poliamina (participan entre otras cosas en la maduración y senescencia, y en la resistencia a virus y hongos) (KRAMER y WANG, 1989 citados en WANG, 1996). Se encontró una mayor actividad de la glutatión reductasa (cataliza la reducción del glutatión oxidado a glutatión reducido, el cual actúa en la defensa antioxidante), y mayores radios de formas oxidadas de glutatión en comparación con los calabacines que no se preacondicionaron (WANG, 1994, 1995 citados WANG, 1996). Esto sugiere que el mecanismo antioxidante debe desarrollarse

en los calabacines preacondicionados, ya que alcanzan una función adaptativa adquiriendo una mayor capacidad de eliminar radicales libres.

Este preacondicionamiento también influyó en las enzimas del ácido ascórbico, que juegan un papel importante en la detoxificación del oxígeno activo, ya que reaccionan directamente reduciendo el superóxido de hidrógeno y radicales de hidrógeno (FOYER *et al.*, 1991 citados en WANG, 1996). Y es que la actividad de estas enzimas permaneció más alta en los calabacines tratados con el preacondicionamiento que en los calabacines no tratados, indicando que el aumento en la resistencia a los daños por frío por este preacondicionamiento térmico debe involucrar cambios en la actividad de las enzimas en el sistema antioxidante del ascorbato. (WANG, 1996).

Por tanto, en calabacín el aumento en la resistencia a los daños por frío mediante el preacondicionamiento, está asociado con la protección en el deterioro de los lípidos de la membrana por un incremento en la actividad de la catalasa, peroxidasa, superóxido dismutasa, y el sistema antioxidante peroxidasa ascorbato (WANG, 1995; ZHENG *et al.*, 2008 citados en CARVAJAL *et al.*, 2011). Existe una relación positiva entre los niveles de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y los daños por frío, así como una relación negativa entre la actividad de la catalasa y los daños por frío, lo que hace de estos parámetros unos buenos indicadores del daño por frío CARVAJAL *et al.* (2011).

Otra táctica de acondicionamiento térmico, es el tratamiento con calor intermitente, el cual se ha considerado como el más eficaz para minimizar los DF en los órganos vegetales (MARCELLIN, 1992 citado en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003); probablemente por su capacidad para restaurar la alteración de las membranas celulares, modificada por el frío, eliminar posibles metabolitos tóxicos acumulados en células y tejidos a baja temperatura, o incluso favorecer la síntesis de algún metabolito indispensable para la célula (MARCELLIN y ULRICH, 1983; ARTÉS, 1995b citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003). Se ha demostrado que el calor intermitente restablece en frutos con DF la respiración normal (cítricos, melocotones, tomate) y la emisión de etileno, y el equilibrio de la actividad pectinesterasa y poligalacturonasa en melocotón (MARCELLIN y ULRICH, 1983; ARTÉS *et al.*, 1996 citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

Otra posibles explicaciones que ayudarían a la eficacia de los tratamientos térmicos moderados residirían en los efectos favorables para reducir las pérdidas de peso; en aumentar la resistencia a la difusión de gases no condensables a través de la epidermis de los frutos; y que, como se ha comprobado que los frutos maduros o tardíos son menos sensibles a los DF que los inmaduros, el curado podría lograr un cierto avance de la maduración de estos frutos, evitando el DF, y con frecuencia, diversas podredumbres, al facilitar la lignificación de los tejidos y evitar la proliferación de los microorganismos de herida (ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

También se atribuyó esta reducción de la sensibilidad a los daños por frío, no sólo a la presencia de proteínas de choque térmico o HSP (Heat Shock Proteins) (se producen como consecuencia de un estrés), sino que ya que estos daños están asociados al daño a la membrana (LYONS, 1973 citado en LURIE, 1998), el tratamiento con calor seguramente cause daño a la membrana. Las altas temperaturas de entre 35-45°C aumentan el flujo por la membrana (INABA y CHACHIN, 1988; LURIE y KLEIN, 1990, 1991 citados en LURIE, 1998), pero después de ser retirados del estrés provocado por el calor, los tejidos se recuperan y el flujo a través de la misma recupera los valores que tenía antes de ser aplicado el calor a unos 20°C (LURIE y KLEIN, 1990 citados en LURIE, 1998). Usando este tránsito por la membrana como una medida de los daños por frío, SALTVEIT (1991) citado en LURIE (1998) encontró que el acondicionamiento de discos de tomate a 37°C durante 4 h reducía la pérdida por la membrana cuando los discos se almacenaban a bajas temperaturas. El análisis de los lípidos de membrana de la membrana plasmática de manzana mostró que después de 4 días de aplicación de calor con aire a 38°C y 0°C de frío durante 4 meses, había más fosfolípidos y una mayor insaturación de ácidos grasos en frutos sometidos a calor con respecto a los no sometidos (LURIE *et al.*, 1995 citados en LURIE, 1998). Esto indicaría membranas más fluidas en frutos acondicionados mediante calor y se correspondería con menores pérdidas indiscriminadas a través de las mismas. En definitiva, se produce un cambio en los lípidos de membrana que significa una adaptación de los tejidos que hace que los mismos soporten mejor las bajas temperaturas (LURIE *et al.*, 1997 citados en LURIE, 1998).

Otros tratamientos para prevenir los daños por frío en calabacín incluyen su almacenamiento a altas concentraciones de CO₂ (SERRANO *et al.*, 1998 citados en CARVAJAL *et al.*, 2011), y recientemente el almacenamiento en superatmósferas de

oxígeno, que han mostrado que reducen los daños por frío asociado con cambios en los niveles de transcritos antioxidantes y la actividad de enzimas del metabolismo de ROS (ZHENG *et al.*, 2008 citados en CARVAJAL *et al.*, 2011).

En melón *Charentais* almacenado 12 días a 7°C en atmósfera modificada, concentraciones de CO₂ superiores al 11%, inhibieron los efectos nocivos de 120 ppm de etileno acumulado en el interior de los envases (ablandamiento, color, aroma y sabor anómalos y susceptibilidad a podredumbres), mejorando la apariencia y prolongando la supervivencia comercial. Similares resultados se obtuvieron en calabacín conservado 16 días a 10°C, con niveles de CO₂ próximos al 10% (RODOV *et al.*, 19988 citados en ARTÉS y ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

Se ha visto que existen ciertos productos naturales y sus derivados como el metil jasmonato (MJ) y el metil salicilato (MS), componentes volátiles, que tienen efectos retardando los daños por frío en distintas especies incluido el calabacín. Estas sustancias mejoran la resistencia de los tejidos a los daños por frío al aumentar la expresión genética de proteínas de choque térmico, proteínas relacionadas con el proceso de patogénesis, y oxidasa alternativa. Además el MJ aumenta la capacidad antioxidante, la actividad de las enzimas antioxidantes, y reduce la capacidad de degradación de los tejidos por los radicales libres. Es decir, el MJ previene el daño por frío mediante un mecanismo que implica la protección de los tejidos del daño de los radicales libres (WANG, 2006).

Etileno inducido por frío en calabacín:

Con frecuencia, la exposición a temperaturas subcríticas en calabacín, da lugar inmediatamente a la producción de etileno al pasar de nuevo a temperaturas más calientes, siempre y cuando la exposición a las bajas temperaturas no excedan un cierto periodo de tiempo que causaría un daño irreparable a la biosíntesis de etileno y al funcionamiento normal de las células (FIELD, 1990 citado en BALANDRÁN-QUINTANA *et al.*, 2003). En frutos de pepino, la transferencia de tejidos a un ambiente más caliente después de haberlos mantenido en frío, dio lugar a una rápida elevación de ACC y de la actividad de la ACC-sintasa; resultados que sugieren que el paso por frío induce factores o condiciones requeridas para la transcripción de ACC-sintasa, y que la translación de proteínas no se completa durante el frío, pero sí ocurre al pasar de

nuevo al calor (WANG, 1989; WANG y ADAMS, 1982 citados en BALANDRÁN-QUINTANA *et al.*, 2003).

En frutos no climatéricos como el calabacín, la producción de etileno es muy baja (SUSLOW y CANTWELL, 2000 citados en BALANDRÁN-QUINTANA *et al.*, 2003), así que dicha producción, de por sí baja, probablemente sea aún más baja por el efecto de las bajas temperaturas (BALANDRÁN-QUINTANA *et al.*, 2003).

En frutos de calabacín que se mantuvieron a 2.5°C o a 10°C, durante 16 días, seguidos de una transferencia a una temperatura de 20°C durante 24 horas para evaluar la relación entre la producción de CO₂, etileno y la producción de calor metabólico; y la aparición de síntomas de DF. Los primeros síntomas visibles de DF se mostraron después de 8 días a 2.5°C, pero no se encontraron síntomas en aquellos frutos mantenidos a 10°C. En los frutos mantenidos a 10°C, el calor metabólico, la producción de etileno, y la evolución del CO₂, disminuyeron a lo largo de los 16 días; mientras que en los frutos mantenidos a 2.5°C, la evolución del CO₂ mostró una crecida temprana a los 8 días; así como la producción de etileno y el calor metabólico pero estos empezaron a los días 4 y 8 respectivamente, llegando a su máximo a los 12 días (BALANDRÁN-QUINTANA *et al.*, 2003).

Estos resultados sugieren que la irreversibilidad de los daños por frío en calabacín empieza antes de que los síntomas del daño sean evidentes, y que la respiración puede ser un indicador del daño, mientras que la producción de etileno y la tasa de calor metabólico no eran indicadores adecuados de la actividad metabólica que acompaña a esos daños irreversibles (BALANDRÁN-QUINTANA *et al.*, 2003).

2.7.4. El procesado del calabacín como producto de IV gama

El calabacín es un fruto que se comercializa tradicionalmente en fresco, si bien en la actualidad se consideran otras alternativas que aumenten su valor añadido, como es el procesado a IV Gama. Estos productos se caracterizan por poseer una vida útil media de unos 7-10 días, mediante el empleo de temperaturas de refrigeración y tecnologías de atmósferas modificadas (AM) (BLANCO-DÍAZ *et al.*, 2012).

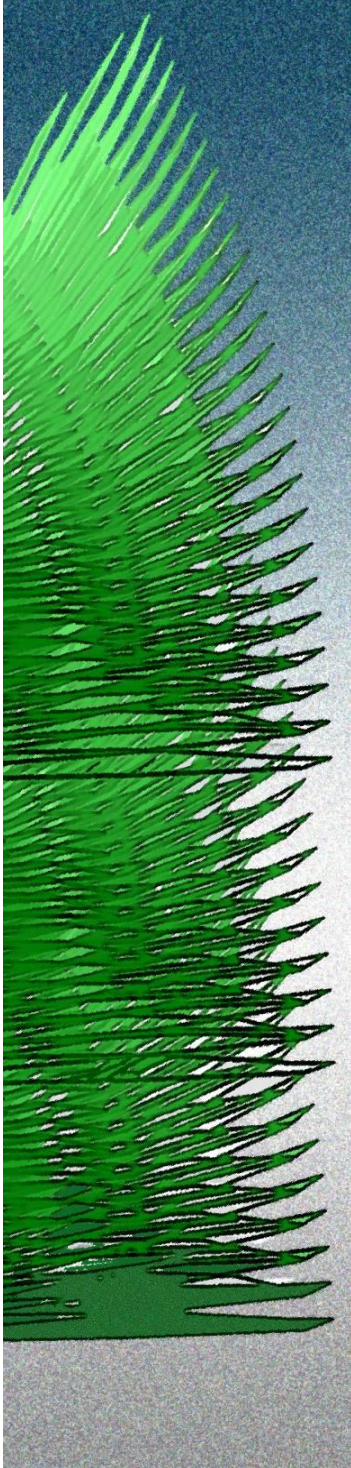
El procesado de este tipo de hortalizas incluye operaciones como selección, lavado, pelado, cortado, desinfección, enjuagado, secado, envasado y conservación

para obtener un producto listo para ser consumido, haciéndolos más perecederos que los frutos enteros de los que proceden (ARTÉS, 2000 citado en BLANCO-DÍAZ *et al.*, 2012). El corte del tejido vegetal provoca una aceleración en la respiración, daños mecánicos y un ablandamiento, llegando el producto cortado a duplicar y hasta cuadruplicar la intensidad respiratoria con respecto al producto fresco como respuesta al 'stress' del corte (SÁNCHEZ, 2003). La evolución de la tasa respiratoria (TR) a lo largo de la conservación es uno de los parámetros más importantes a controlar, siendo el objetivo mantenerla en valores bajos para obtener un producto final de calidad (WAREHAM y PERSAUD, 1999).

En un estudio reciente realizado por BLANCO-DÍAZ *et al.* (2012) donde se comparaban las tasas respiratorias entre frutos de calabacín (mediante la medida del consumo de O₂ y la generación de CO₂ en los mismos) procesados de dos formas distintas, en rodajas y en palillos; y además entre estos y los frutos enteros sin procesar, para dos temperaturas de conservación distintas (10°C y 6°C), se encontró que, si bien no existían diferencias entre la tasa respiratoria entre frutos cortados en palillos o en rodajas, sí existían entre estos y los frutos enteros. Además se observó un acusado efecto de la temperatura, alcanzándose antes el descenso en las concentraciones de O₂ a 10°C (a los 2 días) que a 6°C (a los 4 días).

Se comprobó que la temperatura era el factor más importante a la hora de una buena conservación del producto de IV gama, por lo que el mantenimiento de la cadena de frío en todas las etapas de vida útil del producto serán determinantes en la calidad final del producto a consumir.

Por tanto, podemos concluir que la temperatura de conservación junto con el desarrollo de nuevos envases y tecnologías de envasado para las frutas y hortalizas de IV Gama, son temas de gran interés para la industria de envases y de alimentos envasados, para dar respuestas a las continuas y crecientes demandas de los consumidores de productos frescos con tratamientos mínimos que conserven las máximas garantías de seguridad y calidad.



MATERIAL Y MÉTODOS

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

Los ensayos de campo se realizaron en un invernadero de plástico tipo multitúnel localizado en el Centro de Innovación y Tecnología de la Fundación UAL-ANECOOP. Dicho centro fue creado en el año 2004 para coordinar las actividades de investigación y experimentación de la Sociedad Cooperativa Anecoop y la Universidad de Almería. Se localiza en el paraje de “Los Goterones”, del término municipal de Almería.

Además, los experimentos de laboratorio se realizaron, tanto en las cámaras de frigoconservación y en el laboratorio del Banco de Semillas de la UAL (BSUAL), localizado en el Centro de Innovación y Tecnología, como en el laboratorio de Genética y Mejora Vegetal de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Almería.

Los experimentos se llevaron a cabo entre los meses de febrero y agosto de 2011.

3.2. MATERIAL Y MÉTODOS COMUNES A LOS DISTINTOS ENSAYOS

3.2.1. Material vegetal

El estudio se llevó a cabo con 27 variedades de *Cucurbita pepo*. subesp. *pepo*, morfotipo Zucchini. 4 de ellas comerciales y 23 de ellas tradicionales.

Las variedades comerciales utilizadas fueron: *Cavili* (Nunhems); *Partenon* (Nunhems); *Tosca* (Clause) y *Sinatra* (Clause),

Las variedades tradicionales sometidas a ensayo, provenientes todas del banco de germoplasma de la Universidad Politécnica de Valencia (COMAV), fueron las siguientes: *UAL 1, UAL 3, UAL 7, UAL 8, UAL 10, UAL 14, UAL 21, UAL 22, UAL 31, UAL 38, UAL 47, SAL 3, SAL 7, SAL 12, SAL 13, SAL 16, SAL 44, SAL 45, SAL 46, SAL 48, VAR 1, VAR 2 y VAR 3.*

3.2.2. Instalaciones

a) Invernadero

El invernadero en el que se llevó a cabo parte del ensayo, era de tipo multitúnel con tres capillas y con dimensiones de 27 x 40 m, con cubierta de polietileno térmico y con ventilación cenital. Estaba orientado en la dirección Este-Oeste con respecto a sus ejes longitudinales.

b) Suelo

El lecho donde se plantaron las variedades sometidas a ensayo, consistió en un enarenado típico aplicado en el cultivo bajo abrigo de la zona. Está configurado por la superposición de varios horizontes: el primero el propio suelo natural, un regosol calcárico con intrusión de xerosol calcárico; a continuación un horizonte arcilloso de unos 30 cm de espesor, compuesto en su mayor parte por margas; y encima de éste horizonte, nuevamente unos 30 cm de una mezcla entre estiércol y arena gruesa con una textura entre 2-2.5 mm.

c) Sistema de riego

Para el riego del material vegetal se utilizó el sistema típico de riego a goteo en el que una serie de tuberías superficiales de polietileno, y que portan goteros, se disponen en la misma dirección que las líneas donde se sitúan las plantas, suministrando los goteros el agua directamente a la base de la planta. El agua llegaba hasta el invernadero por conexión con el cabezal de riego mediante tuberías enterradas de PVC que suministran a las tuberías superficiales de polietileno.

3.2.3. Manejo y labores de cultivo

a) Siembra

El semillero se realizó el 22 de febrero de 2011 sobre bandejas alveoladas utilizando como sustrato turba y vermiculita.

b) Plantación

Las plántulas se transplantaron al suelo del invernadero el 11 de marzo, cuando tenían los dos cotiledones y la primera hoja verdadera totalmente desarrollados. La densidad de plantación fue de 1 planta/m², siendo la separación entre plantas de una misma fila de 1m y entre plantas de distinta fila, de 2m. En total se plantaron unas 300 plantas, 12 de cada variedad sometida a estudio.

c) Poda

La poda se realizó mediante cuchillo y consistió tanto en una poda de formación, mediante la eliminación de tallos secundarios y frutos que no iban a ser examinados; como una poda sanitaria de eliminación de material vegetal enfermo.

e) Entutorado

Las plantas fueron entutoradas desde el momento en que comenzaron a curvarse. Así, se fueron enlazando progresivamente sus tallos sobre una cuerda de rafia sujeta a la base de la planta y atada a alambres colocados en la techumbre del invernadero, manteniendo así a las plantas erguidas.

d) Tratamientos fitosanitarios

A lo largo del cultivo se aplicó un calendario de tratamientos preventivos contra las enfermedades y plagas con mayor incidencia en Almería, manteniendo el cultivo en condiciones satisfactorias de sanidad.

Los tratamientos fitosanitarios básicamente consistieron en la aplicación preventiva de azufre mediante quemadores de azufre o mediante espolvoreo y/o azufre mojable.

e) Fertilización

En lo que respecta a la fertilización, se aportó al cultivo de manera regular una solución nutritiva adaptada al cultivo mediante fertirriego.

3.3. MATERIAL Y MÉTODOS SEGUIDOS EN LOS ENSAYOS CON FRUTOS NO POLINIZADOS

3.3.1. Parámetros medidos en los ensayos y metodología seguida

b) Partenocarpia

Para el estudio del nivel de partenocarpia de las variedades, se marcaron, mediante etiquetas de papel 8-10 flores en antesis por variedad, en ausencia de polinización, indicando en las mismas la variedad, fecha, y número de flor. Se procedió a medir longitud y grosor de los ovarios u ovarios engrosados, mediante calibre electrónico marca Yamaha®, con precisión de $\pm 0,01$ mm. y/o cinta métrica, a los 0, 3, 5 y 7 días tras la antesis (**Figura 18**).

c) Calidad externa de los frutos

Para la determinación de la calidad externa de los frutos no polinizados, se anotaron aquellos ovarios engrosados que presentaron la condición de chupado, síndrome de flor pegada o aborto. Se efectuó una evaluación visual y se anotó en el momento en el que se observó dicha anomalía al recoger los datos de longitud y grosor de los mismos 8-10 ovarios engrosados utilizados para la evaluación de la partenocarpia. Luego se calculó el porcentaje de cada una de las anomalías en cada variedad (**Figura 20**).

d) Índice de hermafroditismo

La estabilidad a la monoecia o índice de hermafroditismo de las distintas variedades de calabacín, se estudió mediante la observación de las mismas 8-10 flores femeninas en anthesis marcadas para el estudio de la partenocarpia, determinando la aparición o no de órganos masculinos. Se utilizó una escala entre 0 y 3 según los órganos masculinos estuvieran: totalmente ausentes (0), se observara un leve indicio de aparición de estambres (1), el indicio de éstos fuese mayor (2) o finalmente estos estuvieran totalmente formados en el tercer verticilo floral (3) (**Figura 19**).



FIGURA 18: Metodología seguida para la determinación del nivel de partenocarpia en las diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) (Elab. propia).



FIGURA 19: Metodología seguida para la determinación del índice de hermafroditismo en las diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) (Elab. propia).



FIGURA 20: Metodología seguida para la determinación de la calidad externa de los frutos: flor pegada, chupado y abortado; en las diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) (Elab. propia).

3.4. MATERIAL Y MÉTODOS SEGUIDOS EN LOS ENSAYOS CON FRUTOS POLINIZADOS

3.4.1. Equipos

- Cámara climatizada con regulación de temperatura, humedad relativa y fotoperiodo.
- Balanza de precisión ($\pm 0,1$ g): marca Mettler® BD 1201, modelo EPS2-A.
- Botes estancos de plástico con capacidades de 15.000, 10.000 y 3.500 cm³.
- Cromatógrafo de gases: marca Varian (Chromatography Systems) ®, modelo 3900.

3.4.2. Parámetros medidos en los ensayos y metodología seguida

a) Polinizaciones

Para polinizar las flores de cuyos frutos se hizo el estudio de los parámetros de poscosecha y producción de etileno, se polinizó manualmente con polen de flores macho de las variedades (**Figura 21**).

Las polinizaciones se realizaban a primera hora de la mañana y no más allá del medio día. Se seleccionaban flores masculinas en antesis y con un buen estado de su polen, y se cortaban con cuchillo por la base del pedicelo; además, se seleccionaban las flores femeninas también en antesis y con un buen estado de estigmas. Se procedía a rozar los estambres de las flores masculinas con los estigmas de las flores femeninas en cuestión, de tal manera que quedaran bien impregnados con polen. Para ello se utilizaba 1 flor macho por cada 2 flores hembra. A continuación se procedía a marcar la flor femenina mediante colocación de una etiqueta en la que constaban tanto nombre de la variedad polinizada como la fecha en la que se realizó la polinización.

b) Pérdida de peso

El análisis de la evolución de la pérdida de peso se realizó en unos 12 frutos por variedad, conservados a 4°C en cámara climatizada bajo condiciones controladas a 4 ± 2 °C de temperatura, humedad relativa del 60-80% y fotoperiodo 18:6 horas (luz:oscuridad) , y procedentes de flores polinizadas. Estos frutos se recolectaban habiendo alcanzado un calibre comercial (al menos 18 cm), tomando medidas en balanza de los pesos de los mismos a los 0, 7 y 14 días.

Para determinar la pérdida de peso (%), la fórmula empleada fue la siguiente:

$$((P_0 - P_x) / P_0) \times 100$$

Donde:

P_0 : peso inicial

P_x : peso a los distintos tiempos medidos (t7 y t14)

c) Daños por frío

Para la evaluación de los daños por punteado o “pitting” producidos por el frío en frutos conservados a 4°C; los mismos 12 frutos por variedad, polinizados y con tamaño comercial; se sometieron a un análisis visual utilizando un índice de daños frío (DF). Los valores de DF para indicar la gravedad del daño iban de 0 a 5 dependiendo de la superficie afectada por el pitting. 0 = 0%; 1 = menos del 5%, 2 = 5-15 %, 3 = 15-25 %, 4 = 25-50 % y 5 = 50-100 % (modificado de la metodología utilizada por MEGÍAS *et al.*, 2012).

Las determinaciones se realizaron a los 2, 4, 7, 9, 12 y 14 días de conservación de los frutos en cámara frigorífica a 4°C.

e) Producción de etileno

Para la medición de la producción de etileno de los 8 frutos por variedad polinizados y de tamaño comercial, se realizaron medidas a los 0, 7 y 14 días de conservación a 4°C en cámara frigorífica, utilizando el cromatógrafo de gases. Las medidas se realizaban a partir del aire que rodea a los frutos que previamente se introducían en botes estancos (2 o 3 frutos por bote o repetición) durante 6 horas a temperatura ambiente para que acumularan etileno. Transcurrido este tiempo de acumulación, se inyectaban 2-5 ml del aire extraído de la atmósfera del bote (accediendo al contenido del mismo a través de aguja que penetra a una goma adherida al bote), en el cromatógrafo, para determinar la concentración de etileno (Figura 22).

La medida se repetía 3-4 veces por cada uno de los botes.



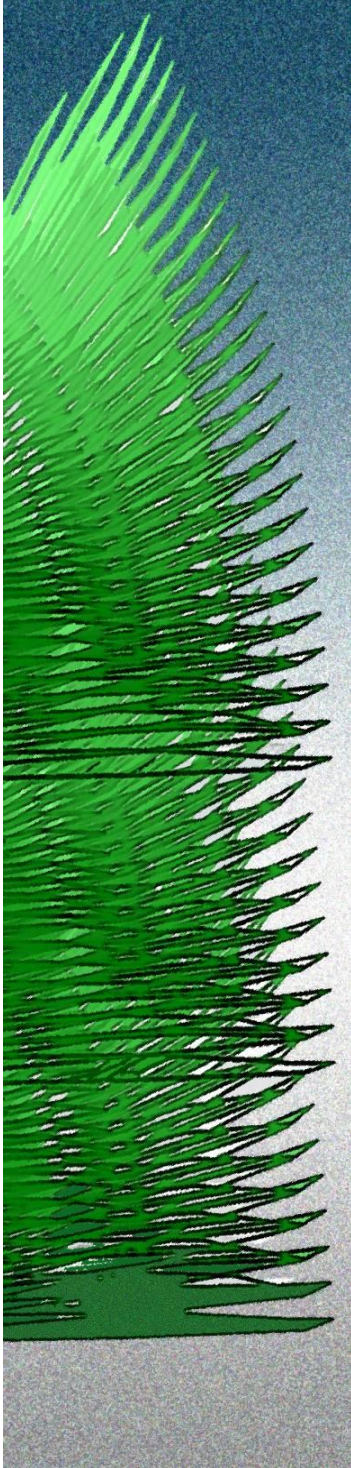
FIGURA 21: Metodología seguida para la polinización de los frutos en las diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*).



FIGURA 22: Metodología seguida para la determinación de la producción de etileno de los frutos de las diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) (Elab. propia).

f) Tratamiento estadístico

Todos los datos se sometieron a análisis de la varianza de un único factor. Cuando el ANOVA detectaba diferencias significativas, se procedió a realizar un test estadístico de comparación de medias LSD (mínimas diferencias significativas de Fisher) con un nivel de significación de $p < 0,05$. Todo el análisis estadístico se realizó con la ayuda del paquete STATGRAPHICS Plus 4.1 para Windows.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS CON FRUTOS NO POLINIZADOS DE DIFERENTES VARIETADES DE CALABACÍN (*CUCURBITA PEPO*)

4.1.1. Nivel de partenocarpia

En el **Cuadro 3** se muestran los resultados en cuanto al crecimiento absoluto en longitud de los distintos frutos de las diferentes variedades ensayadas a día 5 y día 7 post anthesis (DPA). Puede verse cómo *Cavili*, *Partenon* y *VAR 3* ya mostraron a día 5, longitudes que se corresponderían con frutos de tamaño comercial (alrededor de los 20 cm). Tendencia que se mantuvo igualmente hasta el día 7, donde estas tres variedades destacaron, aunque también lo hicieron *UAL 8* y *Tosca* superando los 20 cm a los 7 días.

CUADRO 3: Comparación del crecimiento longitudinal de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 5 y 7 DPA.

Variedad	DÍA 5				Variedad	DÍA 7			
	Nº Rep.	Longitud (mm) (*)	Desviac. Estándar			Nº Rep.	Longitud (mm) (*)	Desviac. Estándar	
SAL 12	7	49.2614	a	5.57021	SAL 12	7	49.2614	a	5.57021
SAL 3	8	66.1363	ab	6.72137	SAL 3	8	66.1363	ab	6.72137
UAL 1	8	67.3787	ab	17.0282	UAL 1	8	67.3787	ab	17.0282
UAL 7	8	71.6637	abc	9.33533	UAL 7	8	71.6637	abc	9.33533
SAL 48	7	74.4443	abc	17.1272	SAL 48	7	74.4443	abc	17.1272
SAL 16	8	80.6238	abc	11.4347	SAL 16	8	80.6238	abcd	11.4347
UAL 21	8	83.5537	abcd	28.6238	UAL 21	8	90.1825	abcd	37.6274
UAL 38	8	91.8375	bcd	23.4811	UAL 38	8	93.4963	abcd	25.0257
UAL 14	8	92.9938	bcd	27.7181	UAL 47	6	93.7867	abcd	29.9264
UAL 47	6	93.2867	bcd	29.3564	UAL 14	8	94.2613	abcd	30.481
SAL 13	8	100.135	bcd	10.5353	SAL 13	8	100.135	abcd	10.5353
SAL 7	8	100.341	bcd	32.799	UAL 31	6	111.158	bcde	52.6214
UAL 3	8	106.731	cde	64.026	UAL 3	8	112.981	bcde	77.814
UAL 31	6	111.158	cde	52.6214	VAR 1	6	124.318	cdef	20.0002
VAR 1	6	122.29	def	17.6291	SAL 7	8	127.804	def	91.8802
UAL 10	8	142.113	efg	41.9707	UAL 10	8	156.887	efg	52.8715
VAR 2	7	155.52	fgh	37.8924	SINATRA	5	169.334	efgh	67.9988
UAL 22	8	159.607	fgh	46.0699	UAL 22	8	171.791	fgh	51.5045
SINATRA	5	162.528	fghi	15.6866	VAR 2	7	176.641	fgh	54.3105
SAL 46	5	167.148	ghi	22.8909	SAL 46	5	188.1	gh	31.3332
UAL 8	8	179.549	hi	57.7474	UAL 8	8	201.699	ghi	80.8429
TOSCA	7	186.026	hi	48.8203	TOSCA	7	218.381	hi	19.0096
CAVILI	8	204.273	i	29.0848	CAVILI	8	249.295	ij	33.6978
PARTENON	8	245.781	j	82.098	PARTENON	8	294.511	j	116.024
VAR 3	6	267.342	j	46.2241	VAR 3	6	370.983	k	46.9422

(*) Valores, seguidos por la misma letra, no presentan diferencias significativas a $P \leq 0,05$.

Por tanto, a día 5 *Partenon*(24.57 cm) y *VAR 3* (26.73 cm) se mostraron como las variedades más partenocarpías, siendo los valores de la longitud de sus frutos significativamente diferentes del resto de variedades. A día 7 la única variedad que se diferenció significativamente del resto por su alto valor fue *VAR 3* (37 cm). *Partenon*(29.45 cm) también se diferenció del resto excepto con *Cavilli* (24.93 cm) y ésta última excepto con *Tosca* (21.83 cm) y *UAL 8*(20.17 cm) (**Cuadro 3**).

Las variedades que muestran los mismos valores de longitud tanto a día 5 como a 7, son variedades cuyos frutos abortaron sin haber alcanzado el tamaño comercial. Estas fueron: *SAL 12* (4.92 cm), *SAL 3* (6.61 cm), *UAL 1* (6.74 cm), *UAL 7* (7.16 cm), *SAL 48* (7.44 cm), *SAL 16* (8 cm), *SAL 13* (10 cm) y *UAL 31* (11.11 cm) (**Cuadro 3**).

Globalmente y como se ve muy claramente en la **Figura 23**, pueden hacerse tres grupos de variedades en cuanto a su comportamiento partenocárpico, sin incluir las que abortaron. Así, las variedades más partenocárpicas (valores entre los 20 y los 37 cm de longitud) fueron: *VAR 3*, *Partenón*, *Cavilli* , *Tosca* y *UAL 8* ; las que presentaron una partenocarpia mediana (entre 12 y 18 cm) fueron: *SAL 46*, *VAR 2*, *UAL 22*, *Sinatra*, *UAL 10*, *SAL 7* y *VAR 1*; y las que apenas mostraron comportamiento partenocárpico, pero que sin embargo no abortaron (entre 9 y 11 cm) fueron: *UAL 47*, *UAL 3*, *UAL 38*, *UAL 21* y *UAL 14*.

Estos resultados coinciden en cierto modo para *Cavilli* y *Sinatra*, con los encontrados por PUERTAS-MARTÍN (2008), quien a los 12 DPA, clasificó a *Cavilli* como variedad que mostraba un nivel de partenocarpia apreciable llegando a alcanzar una longitud media entre 18-20 cm; y *Sinatra* se clasificó como no partenocárpica al no alcanzar la longitud de la mayoría de sus frutos el valor comercial de 20 cm.

Los resultados que muestran a *Partenon* y a *Cavilli* como dentro de las variedades más partenocárpicas eran de esperar, pues estas variedades se comercializan como partenocarpicas y se han utilizado como controles positivos del ensayo.

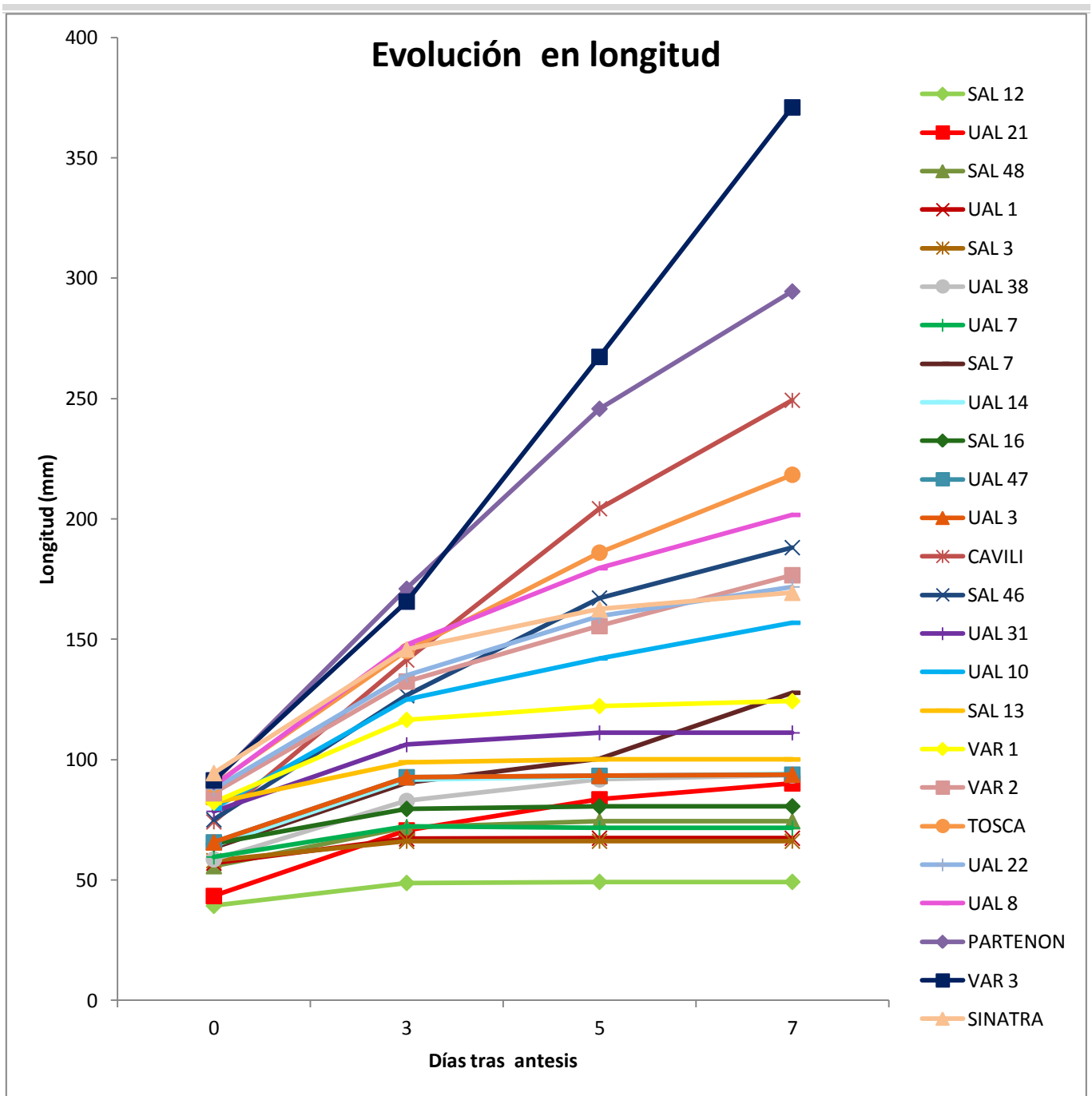


FIGURA 23: Comparación del crecimiento en longitud de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) en antesis y a los 5 y 7 DPA.

Observando los Cuadros 3 y 4 y las Figuras 23 y 24, se ve, como cabría esperar, que existe un paralelismo casi perfecto entre el crecimiento en longitud y el crecimiento en grosor de los frutos, ya que por regla general, las variedades que más

crecen en longitud, se corresponden con las variedades que más lo hacen en grosor, y viceversa.

Así, observando los resultados del grosor, también puede hacerse una clasificación en tres grupos claramente diferenciados. Por una parte existe un grupo que englobaría a los frutos más gruesos y más partenocárpicos, presentando valores del orden de los 5-7 cm de grosor de fruto: *VAR 3*, *Partenón*, *Cavili* y *Tosca*; acompañados por las variedades *UAL 21* y *SAL 46* que también alcanzan valores en torno a los 5 cm. Otro grupo con valores medianos de grosor de frutos comprendidos entre en torno a los 3 y 4,5 cm: *UAL 3*, *VAR 2*, *SAL 7*, *Sinatra*, *UAL 10*, *UAL 8* y *UAL 22*. Y finalmente, entre las variedades que presentan valores más bien bajos en el grosor de fruto se encuentran: *UAL 14*, *VAR 1*, *UAL 38* y *UAL 47*, con valores que se encuentran entre los 2,4 cm y los 2,84 cm.

CUADRO 4: Comparación del crecimiento en grosor de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 5 y 7 DPA.

Variedad	DÍA 5				Variedad	DÍA 7			
	Nº Rep.	Grosor (mm) (*)	Desviac. Estándar			Nº Rep.	Grosor (mm) (*)	Desviac. Estándar	
SAL 3	8	17.3325	a	1.5703	SAL 3	8	17.3325	a	1.5703
UAL 7	8	19.8388	ab	2.68836	UAL 7	8	19.8388	ab	2.68836
UAL 1	8	21.6962	abc	3.29987	UAL 1	8	21.6962	ab	3.29987
SAL 13	8	22.0925	abc	3.07379	SAL 13	8	22.0925	ab	3.07379
SAL 16	8	23.8325	abc	3.80086	SAL 16	8	23.865	abc	3.83608
SAL 48	7	23.9457	abcd	7.35102	SAL 48	7	23.9457	abcd	7.35102
UAL 14	8	23.9925	abc	6.7552	UAL 14	8	23.9925	abcd	6.7552
UAL 31	6	24.9017	abcd	6.232	UAL 31	6	24.9017	abcd	6.232
VAR 1	6	25.825	abcde	3.31065	VAR 1	6	26.0733	abcd	3.42252
UAL 38	8	27.765	bcdef	7.10436	UAL 38	8	28.0075	abcd	7.40891
UAL 3	8	28.0012	bcdefg	12.7463	UAL 47	6	28.4517	abcde	7.43648
UAL 47	6	28.4517	bcdefgh	7.43648	SAL 12	7	29.34	abcde	3.30442
SAL 12	7	29.34	cdefgh	3.30442	UAL 3	8	32.2013	bcdef	22.3618
VAR 2	7	30.5886	cdefgh	8.15118	VAR 2	7	37.48	cdefg	17.2843
SAL 7	8	33.2088	defghi	12.4824	SAL 7	8	37.4925	defg	21.0165
UAL 22	8	36.1013	fghij	5.09038	SINATRA	5	38.224	cdefg	3.61229
SINATRA	5	36.524	efghijk	3.61488	UAL 10	8	42.575	efgh	13.7868
UAL 10	8	36.935	ghij	8.85409	UAL 8	8	44.4663	fgh	20.8197
UAL 8	8	37.7175	hijk	13.5639	UAL 22	8	45.8188	gh	13.2746
SAL 46	5	41.396	ijkl	4.96968	SAL 46	5	50.46	gh	9.56023
TOSCA	7	44.4071	klm	12.7767	UAL 21	8	54.585	hi	25.4805
UAL 21	8	46.56	klmn	16.1781	TOSCA	8	55.2757	hi	18.6533
CAVILI	8	50.9963	lmn	7.88236	CAVILI	8	66.5537	ij	8.85357
VAR 3	6	52.9383	mn	6.41197	PARTENON	8	70.2325	j	29.2074
PARTENON	8	54.9412	n	20.2035	VAR 3	8	77.1767	j	7.7302

(*) Valores, seguidos por la misma letra, no presentan diferencias significativas a $P \leq 0,05$.

Las variedades que no muestran aumento en el grosor y que por tanto abortan, coinciden con las que ya se han mencionado con respecto a los resultados en la longitud, excepto para las variedades *UAL 47* y *UAL 14*, que no abortan, pero sin embargo no engrosaron el fruto entre el día 5 y 7 cuando se tomaron las medidas.

Observando ambas gráficas de longitud y calibre (**Figuras 23 y 24**), el punto crítico más temprano para determinar el diferente grado de partenocarpia entre variedades cuyos frutos no han sido polinizados, sería a partir del día 5 tras la antesis; ya que ambos crecimientos comienzan a desviarse considerablemente en este punto entre variedades con mayor o menor grado de partenocarpia.

Resultados semejantes fueron encontrados por **PUERTAS-MARTÍN (2008)**, quien determinó que un estudio de calibre y longitud de los frutos polinizados y no polinizados de distintas variedades entre los 6-9 DPA, resultaría suficiente para distinguir el mayor o menor grado de partenocarpia de las mismas. Igualmente, **MARCOS-ESPÍN (2010)**, hizo un estudio en que cuantificó el nivel de partenocarpia de varios genotipos de calabacín; y observó que a los 6 DPA, las diferencias entre frutos considerados partenocárpico y no partenocárpico se hacían más evidentes.

Otro hecho interesante que puede concluirse a raíz de la observación de los resultados, y que coincide igualmente con el estudio hecho por **PUERTAS-MARTÍN (2008)**, es que, en las variedades con potencial partenocárpico bajo, los frutos apenas se desarrollan ni en longitud ni en calibre tras los 3 DPA, lo cual también puede considerarse como un punto clave a la hora de realizar un estudio de partenocarpia en frutos de calabacín. Esto viene a coincidir igualmente con lo visto por **MARCOS-ESPÍN (2010)**, quien comenta en su estudio que las variedades más partenocárpicas de entre los genotipos analizados, siguen creciendo a los 3, 6 y 9 DPA mientras que hubo variedades que mostraron inhibición en el crecimiento longitudinal a los 3 y 6 DPA, las cuales no se consideraron partenocárpicas.

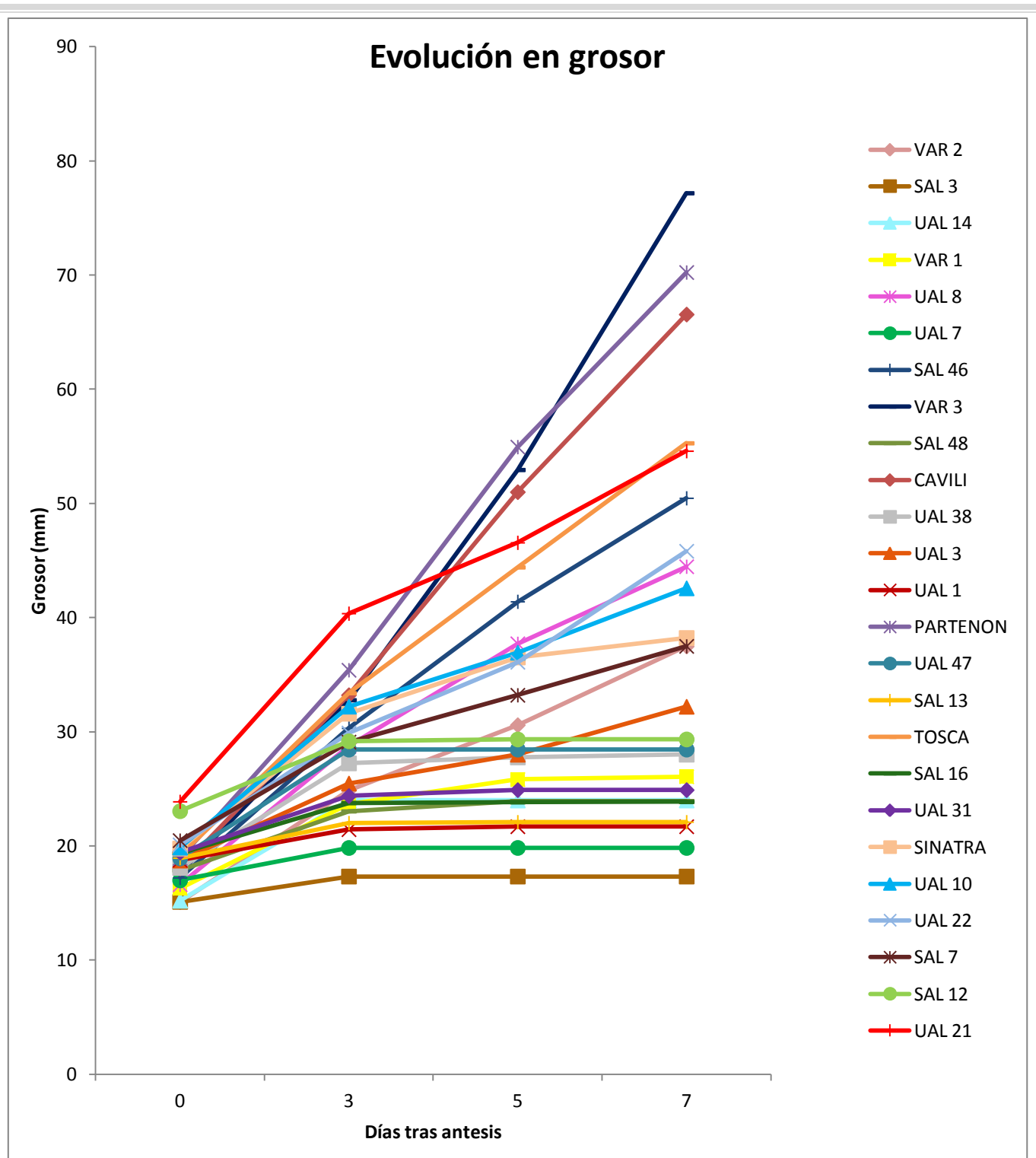


FIGURA 24: Comparación del crecimiento en grosor de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) en antesis y a los 5 y 7 DPA.

El hecho de que las variedades que en antesis mostraron los valores más altos en cuanto a la longitud de sus ovarios y grosor de los mismos (valores comprendidos

entre aproximadamente los 5 cm y los 15 cm de longitud y entre los 1 y 1.7 cm de grosor), se corresponda prácticamente en todos los casos, con las variedades que finalmente presentan mayor longitud de fruto, y por tanto más partenocárpicas, podría constituir un punto clave en la detección temprana de las variedades más partenocárpicas a la hora de realizar un estudio comparativo (**Figuras 23 y 24**). Aunque ocurrieron excepciones como por ejemplo en el caso de *SAL 7*, que al principio se comportó como no partenocárpica, con valores bajos de longitud de ovario en antesis; pero que sin embargo luego resultó ser partenocárpica. Y también al contrario, ya que por ejemplo *UAL 31* empezó teniendo valores de los más altos y sin embargo luego abortó (**Cuadro 3 y Figura 23**). Con lo cual, se observa cómo existen distintos patrones de crecimiento del fruto no polinizado de calabacín. **MARCOS-ESPÍN (2010)** también encontró, que la variedad que presentó el mayor tamaño del ovario en antesis, resultó ser la más partenocárpica. Sin embargo observó que hasta que el fruto no alcanzara el tamaño comercial, no podría llegarse a conclusiones, pues la partenocarpia de calabacín, puede manifestarse con diferentes patrones de crecimiento del fruto no polinizado. Así, esta autora determinó que el crecimiento en longitud de los frutos partenocárpicos de calabacín a los 9 DPA, era el parámetro que mejor definió el nivel de partenocarpia en las variedades que analizó.

Con el objeto de detectar métodos fiables a la hora de una detección temprana de la partenocarpia en una variedad de calabacín; hemos estudiado las tasas de crecimiento longitudinal y transversal de los frutos. Para ello hemos calculado las diferencias de tamaño de los frutos entre los días 0 (antesis) y 3, los días 3 y 5 y los días 5 y 7 y hemos dividido la diferencia entre el número de días transcurridos. Así, en los **Cuadros 5 y 6** y las **Figuras 25 y 26**, se muestran los valores de las tasas de crecimiento en longitud y grosor de los frutos de las distintas variedades.

Podemos hacer una clasificación que coincide prácticamente con lo ya comentado anteriormente. Según el **Cuadro 5** y la **Figura 25**, hay 3 variedades que se distinguen claramente del resto en cuanto a lo que crecen sus frutos por día durante los primeros 3 días: *Partenon* (2,67 cm/día), *VAR 3* (2,47 cm/día) y *Cavilli* (2,24 cm/día). Luego le siguen *UAL 8* (1,95 cm/día), *Tosca* (1,85 cm/día), *SAL 46* (1,72 cm/día) y *Sinatra* (1,71 cm/día). *Partenon* fue por tanto la variedad cuyos frutos más crecieron en este periodo, aunque no se diferenciaron significativamente de *VAR 3* ni de *Cavilli*. A su

vez *VAR 3* no se diferenció de *Cavili* ni de *UAL 8*, pero sí de *Tosca*, *SAL 46* y *Sinatra*, variedades que no lo hicieron sin embargo de estas dos, *Cavili* y *UAL 8*.

Podría hacerse otro grupo de 3 variedades con valores no tan altos de tasa de crecimiento, que rondan 1,5 cm/día: *UAL 22* (1,57 cm/día), *VAR 2* (1,55 cm/día) y *UAL 10* (1,51 cm/día). Otro grupo que comprende 8 variedades con valores entre 0,8 y 1,1 cm/día: *VAR 1*, *UAL 31*, *UAL 14*, *UAL 21*, *V112*, *SAL 7*, *UAL 3*, *UAL 38*. Y otras 7 variedades que apenas crecen (entre 2,7 y 5,64 mm/día): *SAL 13*, *SAL 48*, *SAL 16*, *UAL 7*, *UAL 1*, *SAL 12* y *SAL 3*.

En cuanto a lo que se observa en las tasas de crecimiento en los últimos días, entre 5-7 DPA destaca una vez más *VAR 3*, distinguiéndose de todas las demás variedades; con una tasa de crecimiento de 5,18 cm/día, bastante mayor que la que tenía al principio. Con lo cual puede concluirse que los frutos de esta variedad crecen más al final que al principio. Hecho que ocurre al contrario en el resto de variedades excepto para *SAL 7*, que pasa de crecer al principio 8,99 mm/día, a 13,73 mm/día. Variedades que prácticamente mantienen la misma tasa de crecimiento de sus frutos tanto al inicio como al final fueron *Cavili* y *Partenon*.

Variedades que mantienen una tasa de entre 1,1 y 2,4 cm/día en estos últimos días fueron: *UAL 8*, *SAL 7*, *Tosca*, *Cavili* y *Partenon*.

Variedades que crecen entre 3,1 mm/día hasta apenas 1 cm/día fueron: *UAL 3*, *UAL 21*, *Sinatra*, *UAL 22*, *UAL 10*, *SAL 46* y *VAR 2*.

Variedades que no crecen ya prácticamente nada (entre 0,25 y 1 mm/día) entre los 5-7 DPA fueron *UAL 47*, *UAL 14*, *UAL 38* y *VAR 1*.

Es de destacar, que prácticamente coincidieron todas las variedades que tenían tasas de crecimiento bajas durante los primeros 3 días (entre 2,7 y 5,64 mm/día); con las que paran de crecer (0 mm/día) entre los 5-7 DPA. Estas fueron *SAL 3*, *SAL 12*, *UAL 1*, *UAL 7*, *SAL 16*, *SAL 48* y *SAL 13*. Acompañadas además de la variedad *UAL 31* que también deja de crecer al final, aunque al principio muestre una tasa media de 9,22 mm/día.

CUADRO 5: Comparación de las tasas de crecimiento longitudinal de los frutos partenocárpicos de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 5 y 7 DPA.

0-3 DPA				5-7 DPA			
Variedad	Nº Rep.	Longitud (mm/día) (*)	Desviac. estándar	Variedad	Nº Rep.	Longitud (mm/día) (*)	Desviac. estándar
SAL 3	8	2.67791 a	1.552	SAL 3	8	0 a	0
SAL 12	7	3.17046 ab	1.95384	UAL 7	8	0 a	0
UAL 1	8	3.35001 ab	2.11094	SAL 48	7	0 a	0
UAL 7	8	4.22126 abc	2.55384	SAL 13	8	0 a	0
SAL 16	8	4.80624 abc	2.44711	UAL 1	8	0 a	0
SAL 48	7	5.34573 abc	3.51098	SAL 12	7	0 a	0
SAL 13	8	5.6396 abc	2.95433	SAL 16	8	0 a	0
UAL 38	8	8.07709 bcd	5.20618	UAL 31	6	0 a	0
UAL 3	8	8.16959 bcd	8.25505	UAL 47	6	0.25 ab	0.612372
SAL 7	8	8.99418 cd	4.29346	UAL 14	8	0.63375 a	1.79252
UAL 47	6	9.02002 cd	4.97048	UAL 38	8	0.829375 a	1.11363
UAL 21	8	9.07916 cd	4.0805	VAR 1	6	1.01417 ab	1.57172
UAL 14	8	9.1425 cd	4.73473	UAL 3	8	3.125 abc	7.05468
UAL 31	6	9.22332 cd	9.36834	UAL 21	8	3.31437 abc	4.69982
VAR 1	6	11.4278 de	3.93754	SINATRA	5	3.403 abcd	4.48315
UAL 10	8	15.0967 ef	5.39657	UAL 22	8	6.09187 abcd	5.88383
VAR 2	7	15.4748 ef	6.18558	UAL 10	8	7.3875 abcde	6.42082
UAL 22	8	15.7325 ef	6.04202	SAL 46	5	10.476 abcde	6.05068
SINATRA	5	17.1413 efg	1.6362	VAR 2	7	10.5607 bcde	9.40194
SAL 46	5	17.1927 efg	2.78586	UAL 8	8	11.075 cde	12.6775
TOSCA	7	18.5224 fg	4.20017	SAL 7	8	13.7313 def	31.7416
UAL 8	8	19.5196 fgh	8.1878	TOSCA	7	16.1779 efg	11.6327
CAVILI	8	22.4192 ghi	2.9091	CAVILI	8	22.5113 fg	11.3326
VAR 3	6	24.76 hi	6.3141	PARTENON	8	24.365 g	17.4665
PARTENON	8	26.7421 i	8.96973	VAR 3	6	51.8208 h	3.02136

(*) Valores, seguidos por la misma letra, no presentan diferencias significativas a $P \leq 0,05$.

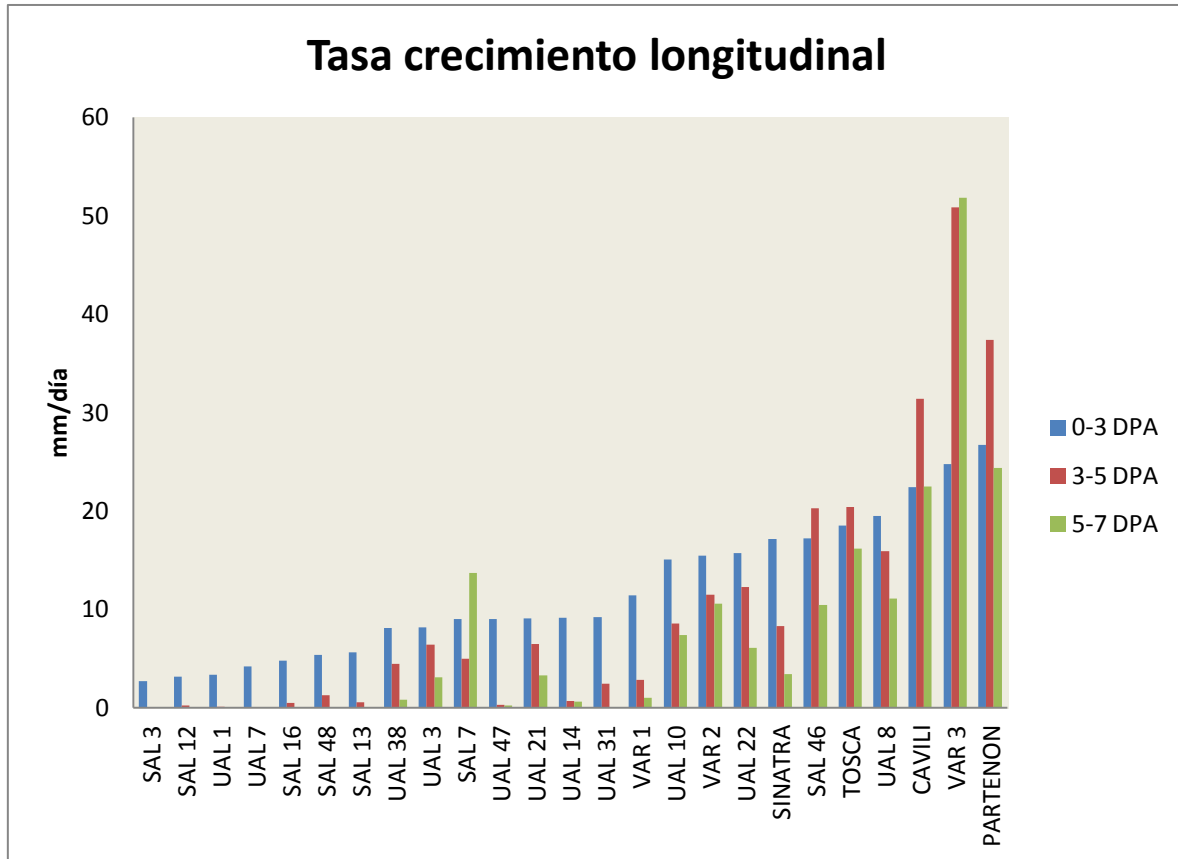


FIGURA 25: Comparación de la tasa de crecimiento longitudinal de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 3, 5 y 7 DPA.

Dado que coincide que las variedades que anteriormente se clasificaron como más partenocárpicas y con partenocarpia media, con aquellas que presentaron los valores más altos de tasa de crecimiento durante la primera etapa de crecimiento (los 3 DPA), en concreto con las variedades que a 3 DPA presentaron tasas de al menos 1cm/día; puede concluirse que la medida de la tasa de crecimiento constituye un método fiable para detectar de manera temprana las variedades más partenocárpicas. Aunque existe una excepción, y es que la variedad *SAL 7*, que no crece al principio a una tasa de al menos 1cm/día, sin embargo se clasificó anteriormente como medianamente partenocárpica.

CUADRO 6: Comparación de las tasas de crecimiento en grosor de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 5 y 7 DPA.

0-3 DPA				5-7 DPA				
Variedad	Nº Rep.	Grosor (mm/día) (*)	Desviac. estándar	Variedad	Nº Rep.	Grosor (mm/día) (*)	Desviac. estándar	
SAL 3	8	0.739188	a	0.27929	SAL 12	7	0 ab	0
UAL 1	8	0.890413	a	0.794899	UAL 7	8	0 a	0
UAL 7	8	0.945838	ab	0.859356	UAL 14	8	0 a	0
SAL 13	8	1.025	ab	0.778013	SAL 3	8	0 a	0
SAL 16	8	1.46875	abc	0.878895	UAL 31	6	0 ab	0
UAL 31	6	1.64888	abcd	1.12371	UAL 47	6	0 ab	0
SAL 48	7	1.72857	abcd	1.38685	UAL 1	8	0 a	0
SAL 12	7	2.04143	abcde	1.06271	SAL 48	7	0 ab	0
UAL 3	8	2.24959	bcde	1.95921	SAL 13	8	0 a	0
VAR 1	6	2.45725	cdef	0.705376	SAL 16	8	0.01625 a	0.0459619
SAL 7	8	2.87541	defg	1.34794	UAL 38	8	0.12125 ab	0.248664
UAL 14	8	2.92834	defg	1.64441	VAR 1	6	0.124167 ab	0.192417
UAL 38	8	3.05249	defg	1.98074	SINATRA	5	0.85 abc	1.13754
UAL 47	6	3.175	defg	1.54326	UAL 3	8	2.1 abcd	4.93992
VAR 2	7	3.25904	efg	1.14399	SAL 7	8	2.14188 abcde	4.30637
UAL 22	8	3.265	efg	1.05597	UAL 10	8	2.82 bcdef	2.67729
SINATRA	5	3.93736	fgh	0.416031	UAL 8	8	3.37438 cdef	3.71687
UAL 8	8	4.03792	gh	1.46384	VAR 2	7	3.44571 cdef	4.86425
UAL 10	8	4.1171	gh	1.32901	UAL 21	8	4.0125 def	5.29519
SAL 46	5	4.36468	ghi	0.612808	SAL 46	5	4.532 defg	2.39229
TOSCA	7	4.73524	hi	1.16518	UAL 22	8	4.85875 ef	4.76913
VAR 3	6	5.03612	hi	0.565988	TOSCA	7	5.43429 fgh	3.06986
CAVILI	8	5.05833	hi	0.752433	PARTENON	8	7.64563 gh	4.77485
PARTENON	8	5.4925	i	2.50483	CAVILI	8	7.77875 h	1.56258
UAL 21	8	5.49374	i	2.20937	VAR 3	6	12.1192 i	0.842736

(*) Valores, seguidos por la misma letra, no presentan diferencias significativas a $P \leq 0,05$.

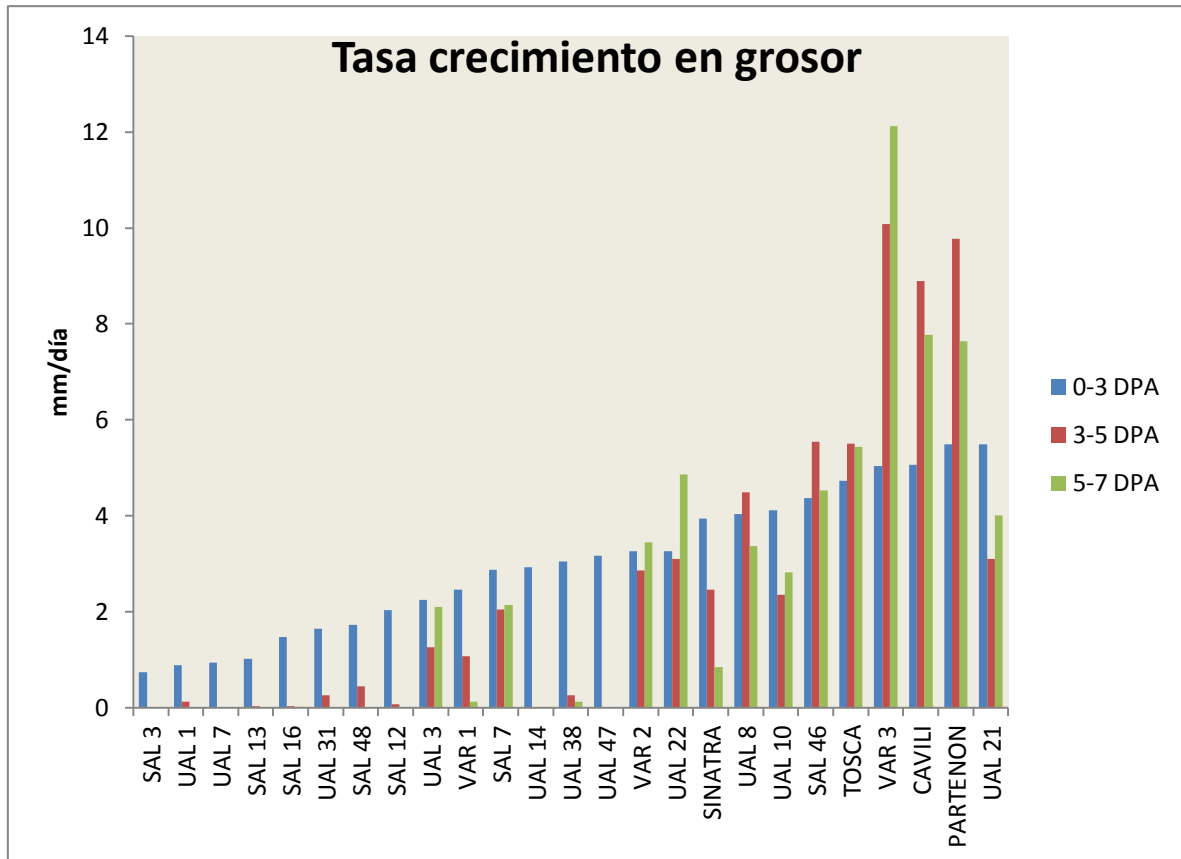


FIGURA 26: Comparación de la tasa de crecimiento en grosor de los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 3, 5 y 7 DPA.

En cuanto a las tasas de crecimiento en grosor (**Cuadro 6** y **Figura 26**), prácticamente ocurre lo mismo que para las tasas de crecimiento longitudinal de los frutos; que las variedades que presentaron los mayores valores de tasa de engrosamiento de sus frutos durante los primeros días (alrededor de los 2,5 mm/día) coinciden también con las que luego se clasifican como más partenocárpicas. Como excepción se encontró a la variedad *UAL 21*, que si bien presentó el mayor valor de engrosamiento diario entre los 0-3 DPA, esto no se correspondió con que fuera una variedad partenocárpica, si no que apenas lo fue.

4.1.2. Comparación de la calidad externa de los frutos

En las Figuras 27, 28 y 29 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de las anomalías encontradas en los frutos partenocárpicos de las distintas variedades de calabacín.

De las 25 variedades estudiadas, únicamente 2, la variedad VAR 3 y Tosca, mostraron todos sus frutos sin ningún tipo de anomalía. Presentando las 23 restantes, en mayor o menor grado, algún tipo de anomalía que hace disminuir la calidad externa de los mismos.

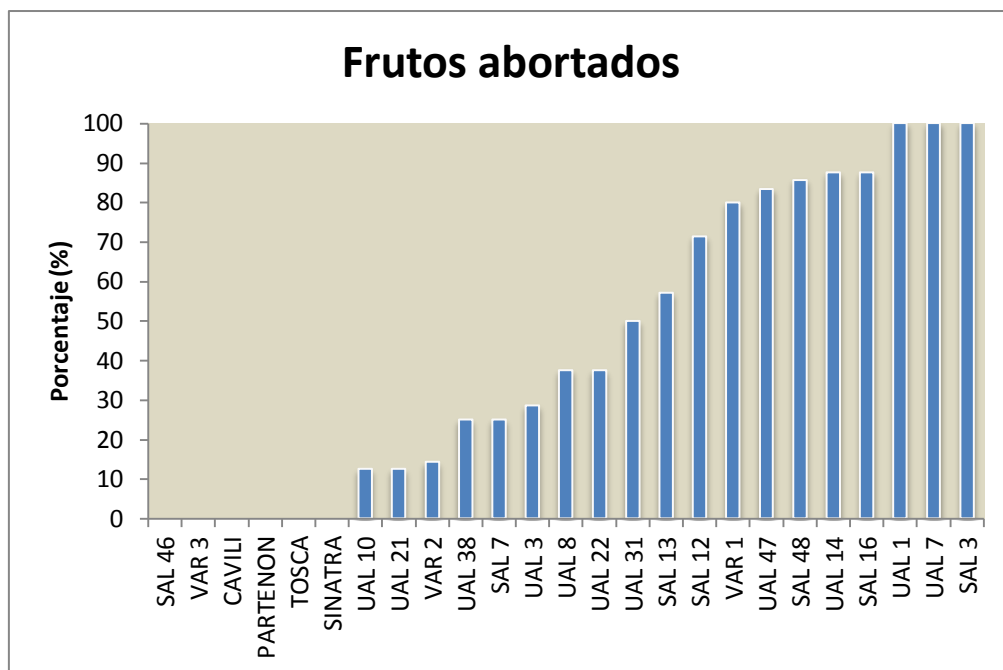


FIGURA 27: Comparación del porcentaje de frutos no polinizados que presentaron aborto en las diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*).

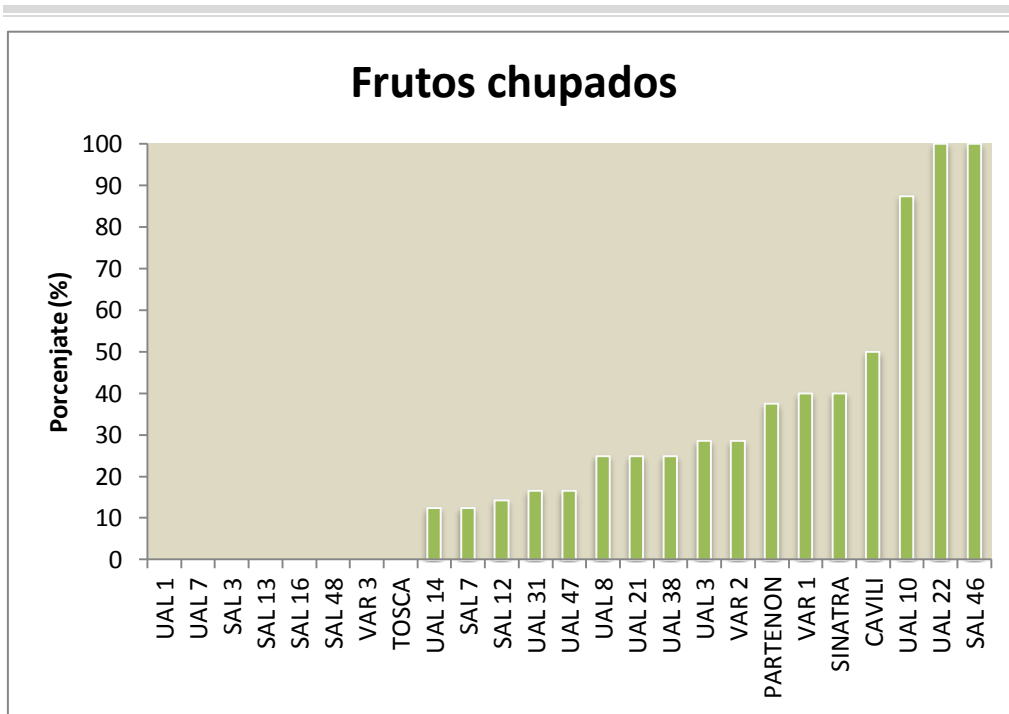


FIGURA 28: Comparación del porcentaje de frutos no polinizados que presentaron deformación del fruto en las diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*).

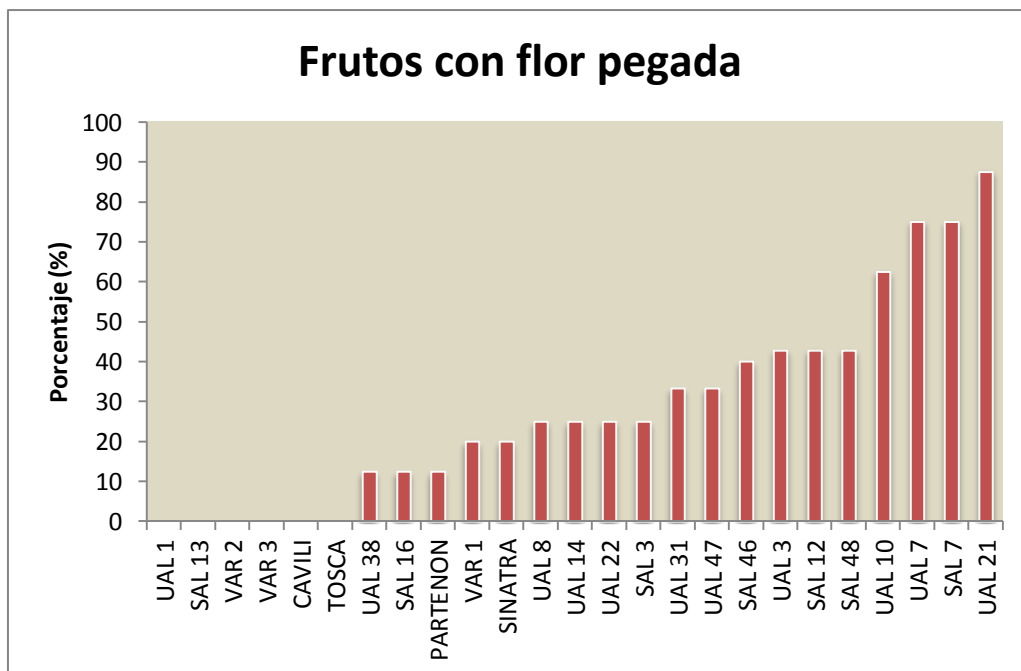


FIGURA 29: Comparación del porcentaje de frutos no polinizados que presentaron flor pegada en las diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*).

Variedades que mostraron todos sus frutos abortados fueron *UAL 1*, *UAL 7* y *SAL 3*.

Variedades que no mostraron frutos abortados fueron *SAL 46*, *VAR 3*, *Cavilli*, *Partenon*, *Tosca* y *Sinatra*.

Las variedades que mostraron todos sus frutos chupados (diámetro basal del fruto bastante menor que el distal) fueron *UAL 22* y *SAL 46*; mientras que *UAL 7*, *SAL 3*, *SAL 13*, *SAL 16*, *SAL 48*, *VAR 3* y *Tosca*, no presentaron ningún fruto con esta deformación.

Casi todas las variedades, menos *UAL 1*, *SAL 13*, *VAR 2*, *VAR 3*, *Cavilli* y *Tosca*, presentaron algún porcentaje de flor pegada, pero destacaron en este aspecto, con porcentajes mayores del 60% las variedades *UAL 7*, *UAL 10*, *UAL 21* y *SAL 7*.

Así, *VAR 3* y *Tosca* se consolidan entonces como las dos variedades dentro de nuestro estudio que producen frutos partenocárpicos de mejor calidad. *Partenón*, a pesar de ser muy partenocárpica, presentó un porcentaje cercado al 40% de frutos chupados y también algo de flor pegada (más del 10%). *Cavilli* también es muy partenocárpica, pero mostró el 50% de sus frutos chupados, lo cual mermaría su calidad; resultados que difieren de los encontrados por PUERTAS-MARTÍN (2008), ya que esta autora clasificó a *Cavilli* como una de las variedades que producen más calidad de frutos partenocárpicos.

UAL 8 se configura como una variedad tradicional con un buen nivel de partenocarpia y que presenta poco porcentaje de frutos abortados, chupados y con flor pegada.

Sin embargo *SAL 46*, a pesar de presentar un buen nivel de partenocarpia, el 100% de sus frutos resultaron chupados, aunque no mostró abortos pero sí flor pegada. Igual ocurre con *UAL 22*, que si bien presenta un nivel mediano de partenocarpia, la calidad de sus frutos también deja que desear porque todos estaban chupados, abortados o con flor pegada.

UAL 21, presenta un buen nivel de partenocarpia y además pocos frutos chupados y abortados, sin embargo presenta los valores más altos de flor pegada.

A la vista de los resultados de nuestro estudio, puede verse que si bien se encontraron variedades que presentaron un nivel razonable de partenocarpia, no puede olvidarse el factor calidad de los frutos, ya que existen anomalías que devalúan su valor comercial. Existen autores que ya hicieron observaciones en este sentido. Así, **PUERTAS-MARTÍN (2008)** concluyó que en la mayor parte de las variedades comerciales y locales estudiadas, la falta de polinización de la flor femenina produce una disminución de la calidad externa del fruto. Conclusión a la que también se puede llegar con nuestros resultados. En contra de esto, **ROBINSON y REINERS (1999)** concluyeron que la apariencia de los frutos partenocárpico no difería entre aquellos polinizados y no polinizados.

El hecho de que la variedad *Calivi* no presentara flor pegada difiere de lo encontrado por **PEÑARANDA et al. (2007)**, quienes observaron que esta variedad mostraba más del 60% de sus frutos con este defecto. Puede deberse, en primer lugar, a que las medidas en los frutos de *Calivi* se tomaran todas juntas al principio del ensayo en campo, cuando todavía las temperaturas no eran muy altas, de hecho, como afirman **PEÑARANDA et al. (2007)**, el porcentaje de frutos comerciales con flores pegadas difiere significativamente entre épocas de cultivo; afirmando que durante el invierno, los órganos florales ascenden de forma normal del fruto, y el porcentaje de frutos con valor comercial con flores pegadas es bajo; y que sin embargo, durante las condiciones más cálidas, las abscisión floral se retrasa notablemente, incrementando el número de frutos con flores pegadas. En segundo lugar, estas diferencias también pueden deberse, a que el número de frutos analizados resultara insuficiente para este tipo de determinación.

4.1.3. Comparación del índice de hermafroditismo en las flores

La estabilidad a la monoecia o índice de hermafroditismo de las distintas variedades de calabacín, es la manifestación de estambres en mayor o menor medida, por parte de las flores en un principio femeninas. En este proyecto se midió este índice porque está relacionado con la mayor o menor tendencia de los frutos a manifestar flor pegada (**PEÑARANDA et al., 2007; ROSALES, 2007**), con los problemas que ello acarrea. Se estudió mediante la observación de las flores, determinando la aparición o no de órganos masculinos en las mismas. Además hay autores como **PAYAN et al. (2006)** y **MARTOS-FUENTES (2012)**, que han encontrado relación entre el hecho de poseer flor

pegada hermafrodita, con la mayor partenocarpia de los frutos, y con una disminución en la producción de etileno en los botones florales femeninos. En concreto afirman que la disminución del etileno en estos botones florales es la responsable de la aparición de estambres en los mismos, ralentizándose de este modo el desarrollo de la flor y por tanto permaneciendo pegada al ovario, el cual crece más por el aumentando del tiempo de crecimiento.

Observando el **Cuadro 7** y la **Figura 30**, puede verse cómo casi todas las variedades, excepto *SAL 46*, presentaron algún índice de hermafroditismo entre sus flores.

Pueden distinguirse tres grupos entre las variedades; uno, en el que las flores presentaron índices muy bajos en cuanto a la manifestación de estambres (índice entre 0 y 0.87), como son: *SAL 46*, *UAL 38*, *UAL 31*, *UAL 3*, *UAL 47*, *UAL 14* y *UAL 1*; otro en el que se observa una manifestación un tanto más evidente (índice de 1): *VAR 2*, *UAL 10* y *UAL 22*, y otras en las que la presencia de estambres es bastante más aparente, presentando valores de índice de hermafroditismo que oscilan entre 1.12 y 1.8: *Cavili*, *SAL 3*, *SAL 16*, *SAL 48*, *SAL 12*, *Tosca*, *Sinatra*, *SAL 7*, *UAL 8*, *UAL 7*, *Partenon*, *UAL 21*, *VAR 3*, *SAL 13* y *VAR 1*. Quizás se diferencian del resto, aunque no presenten diferencias estadísticamente significativas, las variedades *UAL 21*, *VAR 3*, *SAL 13* y *VAR 1*, con índices de hermafroditismo de 1.5, 1.66, 1.71 y 1.8 respectivamente (**Cuadro 7** y **Figura 30**).

CUADRO 7: Resultados del índice hermafroditismo presentado en las flores de frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*).

Variedad	Nº Rep.	Índice hermafroditismo (%) (*)	Desviac. estándar
SAL 46	5	0 a	0
UAL 38	8	0.25 ab	0.46291
UAL 31	6	0.33 abc	0.516398
UAL 3	7	0.42 abc	0.534522
UAL 47	6	0.66 bcd	0.516398
UAL 14	8	0.75 bcde	0.46291
UAL 1	8	0.87 cdef	0.834523
VAR 2	7	1 defg	0
UAL 10	8	1 defg	0.534522
UAL 22	8	1 defg	0.534522
CAVILI	8	1.12 defgh	0.353553
SAL 3	8	1.12 defgh	0.64087
SAL 16	8	1.12 defgh	0.353553
SAL 48	7	1.14 defgh	0.690066
SAL 12	7	1.14 defgh	0.690066
TOSCA	7	1.14 defgh	0.377964
SINATRA	5	1.2 defghi	0.447214
SAL 7	8	1.25 efghi	0.46291
UAL 8	8	1.25 efghi	0.707107
UAL 7	8	1.25 efghi	0.46291
PARTENON	8	1.37 fghi	0.517549
UAL 21	8	1.5 ghi	0.534522
VAR 3	6	1.66 hi	0.516398
SAL 13	7	1.71 i	0.755929
VAR 1	5	1.8 i	0.447214

(*) Valores, seguidos por la misma letra, no presentan diferencias significativas a $P \leq 0,05$.

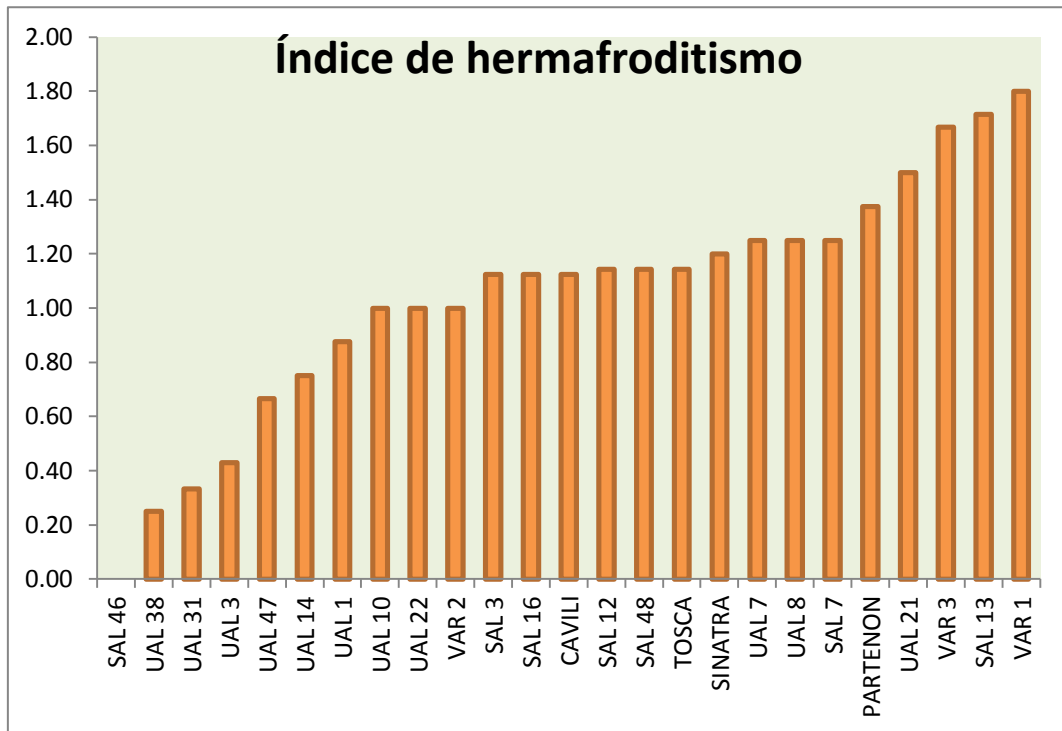


FIGURA 30: Comparación del índice de hermafroditismo presentado en las flores de frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*).

Correlación hermafroditismo-flor pegada

Como se ha comentado más arriba, quisimos ver cuál era la relación entre el índice de hermafroditismo que mostraban las flores de los frutos y el hecho de que estos presentaran flor pegada. No se encontró correlación entre estos parámetros ya que el P-valor fue ≥ 0.10 , no existiendo relación estadísticamente significativa entre hermafroditismo y flor pegada a un nivel de confianza del 90% o superior (**Figura 31**).

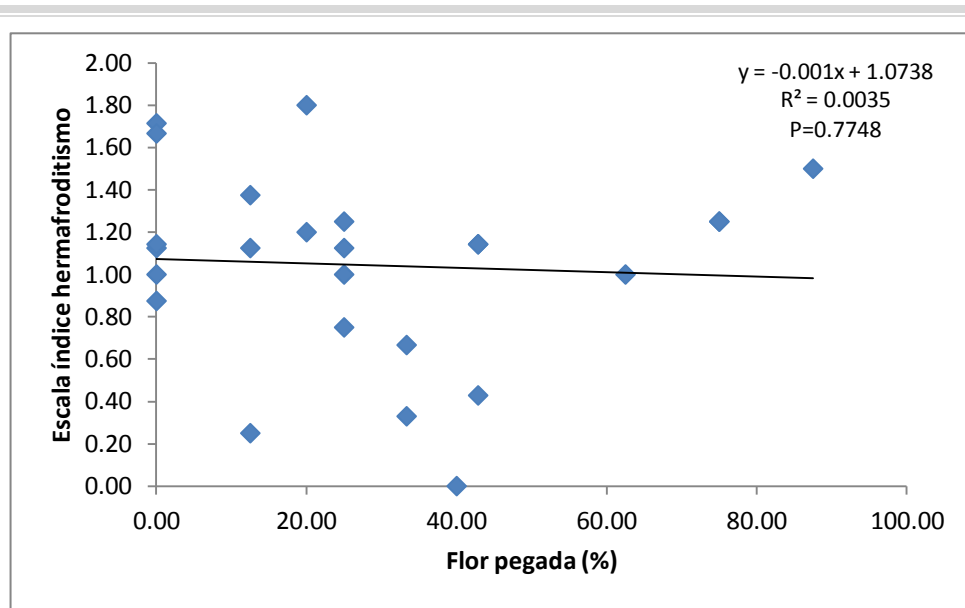


FIGURA 31: Correlación obtenida entre el índice de hermafroditismo y la flor pegada en los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*).

Es cierto que todas las variedades que presentaron flor pegada, también presentaron conversión de flores femeninas a hermafroditas en mayor o menor grado; pero no al revés, es decir, hubo variedades que presentaron flores hermafroditas, y que sin embargo en este estudio, no mostraron flor pegada. Es el caso de *VAR 3*, *Tosca*, *Cavilli*, *UAL 1*, *VAR 2* y *SAL 13* (Figuras 29 y 30).

Nuestros resultados por tanto, no coinciden con lo encontrado por PEÑARANDA *et al.* (2007) en calabacín; quien establece una correlación exacta entre la conversión de flores femeninas en parcialmente hermafroditas, y la flor pegada. En su estudio todas las flores pegadas al fruto eran bisexuales, aunque el grado de desarrollo de estambres difería entre flores. Afirmando que en algunas el desarrollo de las anteras se paraliza en una etapa temprana; mientras que en otras, las anteras se desarrollan normalmente.

Esto puede deberse a que, en realidad existirían dos tipos de flores pegadas al fruto, aquellas que no llegan a abrirse y permanecen verdes, y aquellas que sí llegan a abrir. Así lo considera también GARCÍA-GÁMEZ (2012). En este estudio se consideraron ambos tipos de flores, sin distinguir entre ambas; es posible que esto alterara los resultados y no puedan entonces hacerse comparables a los encontrados por PEÑARANDA *et al.* (2007) en su estudio, ya que ellos consideraron mayormente flores que no llegaban a antesis, verdes, cerradas e inmaduras.

Correlación partenocarpia-hermafroditismo

También analizamos la relación existente entre el nivel de partenocarpia y el índice de hermafroditismo. Tampoco se encontró correlación entre estos dos parámetros ya que el P-valor fue ≥ 0.10 , no existiendo relación estadísticamente significativa entre partenocarpia y hermafroditismo a un nivel de confianza del 90% o superior (**Figura 32**).

Estos resultados junto con la excepción de la variedad *SAL 46*, que no presentó hermafroditismo en ninguna de las flores analizadas, pero que sin embargo se clasificó como una variedad medianamente partenocárpica; están en contraposición a lo encontrado por *PAYAN et al.* (2006) y *MARTOS-FUENTES* (2012), que como ya se ha comentado, en sus estudios encontraron que la partenocarpia está asociada a frutos con flor pegada, y estos con hermafroditismo como ya se ha dicho.

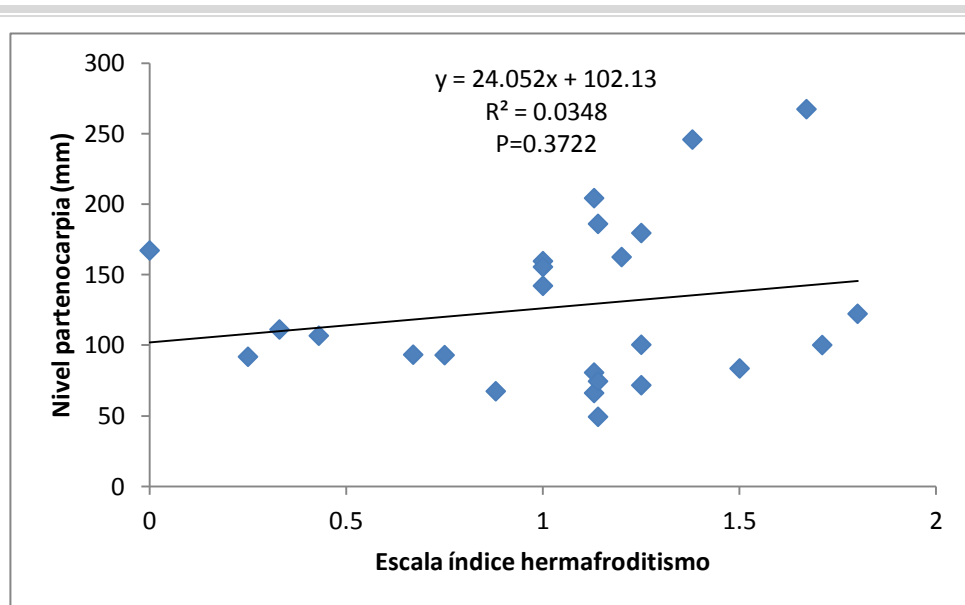


FIGURA 32: Correlación obtenida entre el índice de hermafroditismo y el nivel de partenocarpia en los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*).

Correlación partenocarpia-flor pegada

Se encontró correlación entre el nivel de partenocarpia y flor pegada (**Figura 33**), el P-valor fue < 0.05 y por tanto existió una relación estadísticamente significativa entre partenocarpia y flor pegada a un nivel de confianza del 95%.

Estos resultados van en consonancia con lo encontrado por **PAYAN *et al.*** (2006) y **MARTOS-FUENTES** (2012), quienes como ya se ha comentado anteriormente, encontraron relación entre el hecho de poseer flor pegada hermafrodita, con la mayor partenocarpia de los frutos. **MARTOS-FUENTES** (2012) afirma que el desarrollo de estambres en las flores bisexuales y por tanto pegadas de calabacín, produce un aumento en la tasa de crecimiento longitudinal y transversal del ovario.

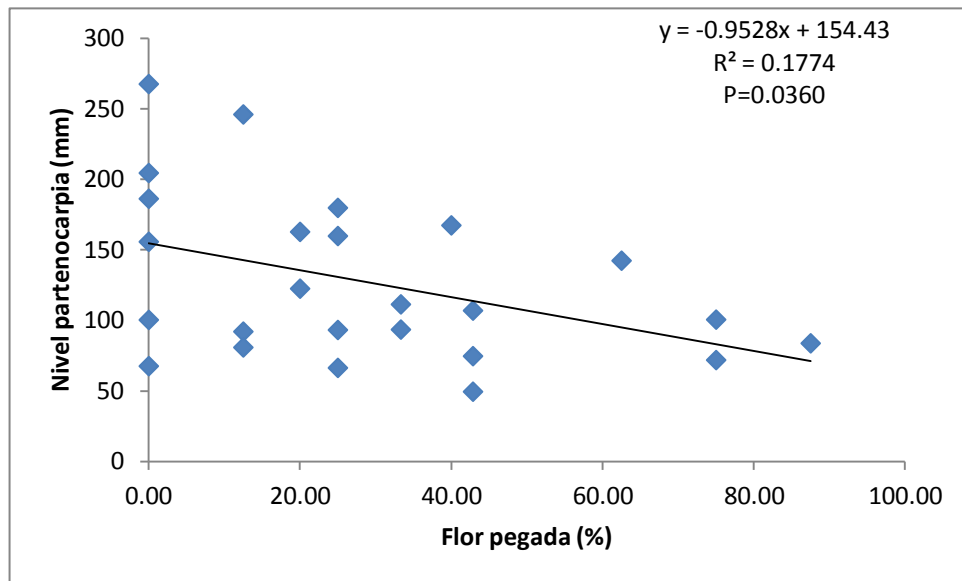


FIGURA 33: Correlación obtenida entre el nivel de partenocarpia y la flor pegada en los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*).

4.2. COMPARACIÓN DE DIFERENTES PARÁMETROS POSCOSECHA ENTRE FRUTOS POLINIZADOS DE DIFERENTES VARIEDADES DE CALABACÍN (*CUCURBITA PEPO*).

4.2.1. Pérdida de peso

En el **Cuadro 8** y en la **Figura 34** se recogen los valores de las pérdidas de peso (agua) encontrados para los distintos frutos de las variedades de *Cucurbita pepo* conservados en cámara frigorífica a 4°C al cabo de 7 y 14 días. En todas las variedades ensayadas se produjo una pérdida de peso, que además aumentaba con el tiempo de conservación.

Los frutos que experimentaron la mayor pérdida fueron los de *Sinatra*, con un 13.90% de pérdida de peso, seguidos de los de *Cavili* (11.31%), y muy de cerca de los frutos de *UAL 22* (11.14%). Pero no existieron diferencias significativas entre *Sinatra* y las anteriores, ni tampoco entre *Cavili* y *UAL 22* con respecto a *Tosca*, que mostró un 10.76% de pérdida. Además este comportamiento se mantuvo prácticamente igual para los datos tomados a día 14 (**Cuadro 8** y **Figura 34**).

CUADRO 8: Comparación de la pérdida de peso entre los frutos polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.

DÍA 7				DÍA 14			
Variedad	Nº Rep.	Pérdida de peso (%) (*)	Desviac. Estándar	Variedad	Nº Rep.	Pérdida de peso (%) (*)	Desviac. Estándar
SAL 3	12	3.44 a	1.17195	SAL 3	7	7.17 a	2.58486
UAL 1	5	4.15 ab	2.30591	UAL 1	5	8.55 ab	4.78131
UAL 14	13	4.43 a	2.62488	SAL 45	5	11.32 a	5.60147
SAL 45	5	6.12 abc	3.36827	UAL 3	6	12.08 abc	5.54872
UAL 3	9	6.71 abc	2.90165	UAL 14	6	12.67 abc	3.52279
SAL 48	6	7.16 abcde	3.27256	SAL 48	6	14.65 abcde	7.54325
SAL 46	12	7.51 bce	3.1675	VAR 3	7	17.61 bce	6.45427
VAR 3	7	8.67 cdef	3.14995	UAL 47	7	18.61 cdef	3.35462
UAL 47	7	9.05 cdef	1.57612	SAL 46	6	19.16 cdef	3.61838
UAL 8	13	9.93 cdef	5.27456	UAL 8	7	19.87 cdef	10.6848
SAL 44	13	10.76 df	2.47428	SAL 44	7	20.32 df	3.15374
TOSCA	8	10.91 defg	4.60497	TOSCA	6	24.75 defg	9.21757
UAL 22	10	11.14 fg	7.11221	UAL 22	6	25.19 fg	8.94311
CAVILI	13	11.31 fg	4.54475	CAVILI	6	27.21 fg	9.3029
SINATRA	12	13.90 g	4.4261	SINATRA	6	28.74 h	9.73854

(*) Valores, seguidos por la misma letra, no presentan diferencias significativas a $P \leq 0,05$.

Los frutos que mejor se comportaron para este parámetro fueron los de la variedad *SAL 3*, mostrando los mínimos valores de pérdida de peso tanto a día 7 (3.44%) como a día 14 (7.17%). Le siguió muy de cerca *UAL 1* con un 4.15% (día7) y 8.55% (día 14) de pérdidas. No existieron diferencias significativas entre *SAL 3*, *UAL 1*, *UAL 14*, *SAL 45*, *UAL 3* y *SAL 48* para ninguno de los tiempos ensayados (**Cuadro 8**).

En la **Figura 34** se muestra de manera gráfica los resultados globales, pudiéndose observar la tendencia ascendente en los valores de pérdida de peso para todas las variedades a lo largo del tiempo.

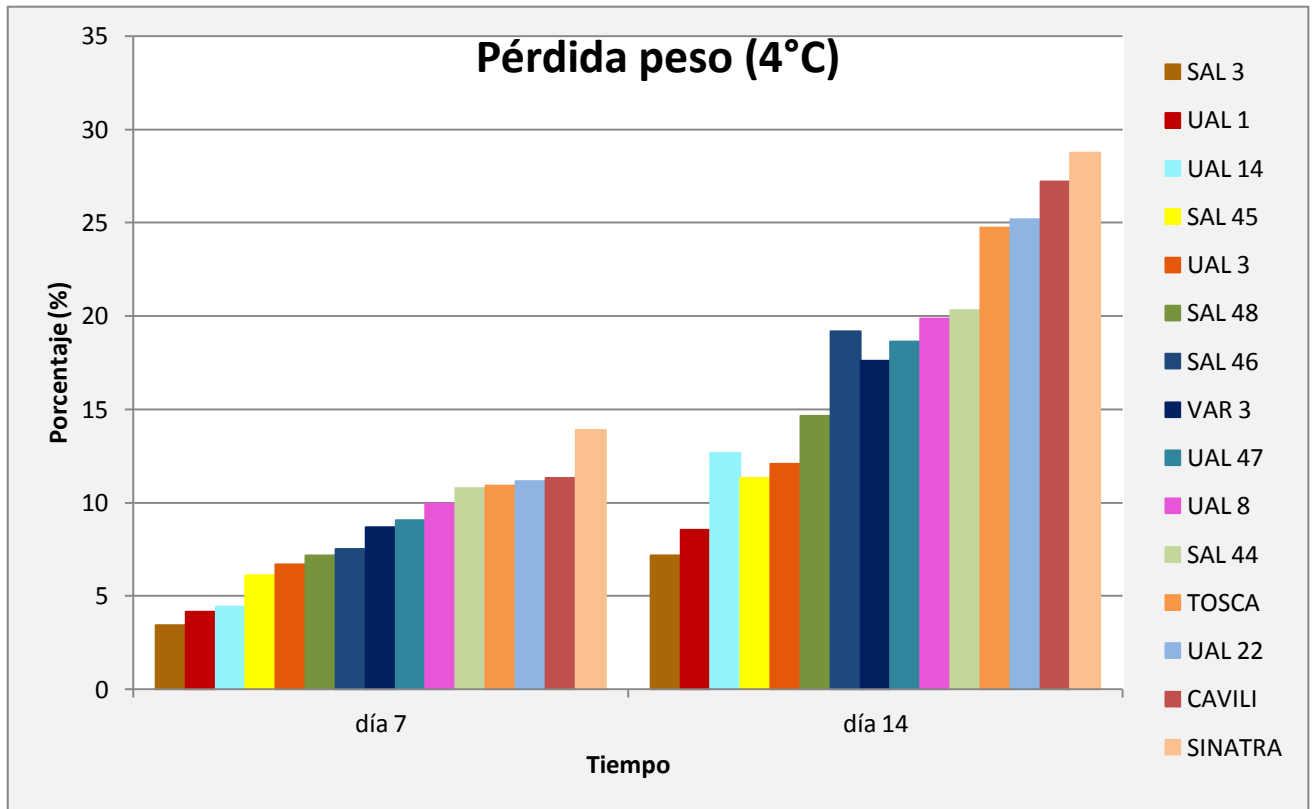


FIGURA 34: Comparación de las pérdidas de peso en los frutos de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.

En un trabajo realizado por **CARVAJAL et al.** (2011) en el que se analizaba la resistencia al almacenamiento en frío en distintas variedades de calabacín: *Natura*, *Sinatra* y *Milenio*, en los invernaderos de Almería; se vio que en todas las variedades, y en todas las temperaturas ensayadas (4°C, 12°C y 20°C), los frutos mostraron pérdida de peso, dándose la mayor pérdida a la temperatura de 20°C y la menor a la temperatura de 12°C. En un estudio parecido, **MEGÍAS et al.** (2012) también encontraron pérdida de peso en los frutos de las variedades de calabacín, observando que los frutos almacenados en frío (4°C), perdían menos peso que los almacenados a 14°C y estos menos que a 20°C. Sin embargo en los frutos mantenidos en frío, aunque perdieron menos peso, mostraron DF (pitting) que devaluaron la calidad de los mismos muy tempranamente.

4.2.2. Daños por frío

En el Cuadro 9 y en las Figuras 35 y 36 se observa cómo todas las variedades ensayadas mostraron síntomas de daños por frío tras el mantenimiento de los mismos en cámara frigorífica a 4°C.

SAL 44 mostró un alto índice de daño (con 4.92) desde el día 7, no incrementándose apenas hasta el día 14 (con 5) (Cuadro 9).

En el Cuadro 9 se muestra cómo las variedades que mejor se comportaron respecto a este parámetro hasta día 7, mostrando un índice de daño no superior a 2, fueron *SAL 3*, *UAL 1*, *UAL 3*, *UAL 14* y *SAL 45*; no existiendo diferencias significativas entre ellas excepto entre *SAL 3* y *SAL 45*. Mientras que las variedades *VAR 3*, *UAL 8*, *Tosca*, *Cavili*, *SAL 46*, *SAL 48*, *UAL 47*, *UAL 22*, *Sinatra* y *SAL 44*, mostraron a día 7 niveles de daños frío por encima de 2.

CUADRO 9: Resultados de los daños frío en frutos de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.

DÍA 7				DÍA 14			
Variedad	Nº Rep.	Escala de daños frío(*)	Desviac. Estándar	Variedad	Nº Rep.	Escala de daños frío(*)	Desviac. Estándar
SAL 3	12	0.58 a	0.668558	SAL 3	7	1.71 a	0.95119
UAL 1	5	0.8 ab	0.447214	UAL 3	4	3.25 b	2.06155
UAL 3	5	1.2 abcd	1.09545	UAL 8	7	3.57 bc	1.13389
UAL 14	13	1.30 abd	1.6525	SAL 48	6	4.16 bcd	1.16905
SAL 45	9	1.77 bcd	1.64148	UAL 1	5	4.2 bcd	1.09545
VAR 3	9	2.11 bcde	1.36423	UAL 14	6	4.33 bcd	0.816497
UAL 8	13	2.38 ce	1.50214	UAL 22	6	4.5 cd	1.22474
TOSCA	4	2.5 cdef	1.73205	SAL 45	9	4.55 d	0.726483
CAVILI	16	2.93 ef	1.38894	CAVILI	9	4.55 d	1.01379
SAL 46	14	3.14 ef	1.46009	VAR 3	5	4.8 d	0.447214
SAL 48	6	3.83 fg	1.16905	SAL 46	6	4.83 d	0.408248
UAL 47	7	3.85 fg	1.34519	UAL 47	7	4.85 d	0.377964
UAL 22	10	3.9 fg	1.1005	SAL 44	7	5 d	0
SINATRA	12	4.25 g	0.621582	SINATRA	6	5 d	0
SAL 44	13	4.92 g	0.27735	TOSCA	6	5 d	0

(*) Valores, seguidos por la misma letra, no presentan diferencias significativas a $P \leq 0,05$.

A día 14 casi todas las variedades, excepto *SAL 3*, mostraron un índice considerable de daños frío (entre el 3.25 y 5) que se corresponde con un porcentaje importante de daño que afectaría entre el 20 y 100% (3 =15-25 %, 4 = 25-50 % y 5 = 50-100%) de la superficie del fruto. Además no se observaron diferencias significativas

entre estas variedades para este tiempo, excepto para *UAL 3* y *UAL 8* que fueron significativamente diferentes entre algunas pero no entre ellas (**Cuadro 9**).

La variedad que mejor se comportó y con diferencia, fue *SAL 3*, mostrando un bajo índice de daño tanto a día 7 (con 0.58) como a día 14 (con 1.71). Además a día 14, se mostró significativamente diferente para este parámetro con respecto al resto de variedades (**Cuadro 9**).

La variedad *UAL 1* sufrió un aumento brusco en la aparición de síntomas de daños fríos desde el día 7, donde su índice era bajo (con 0.8), hasta el día 14 (con 4,2). También mostró un cambio brusco la variedad *UAL 14*, que a día 7 presentaba un índice de 1.3 y a día 14 llegó a un 4.33 (**Cuadro 9** y **Figuras 35** y **36**).

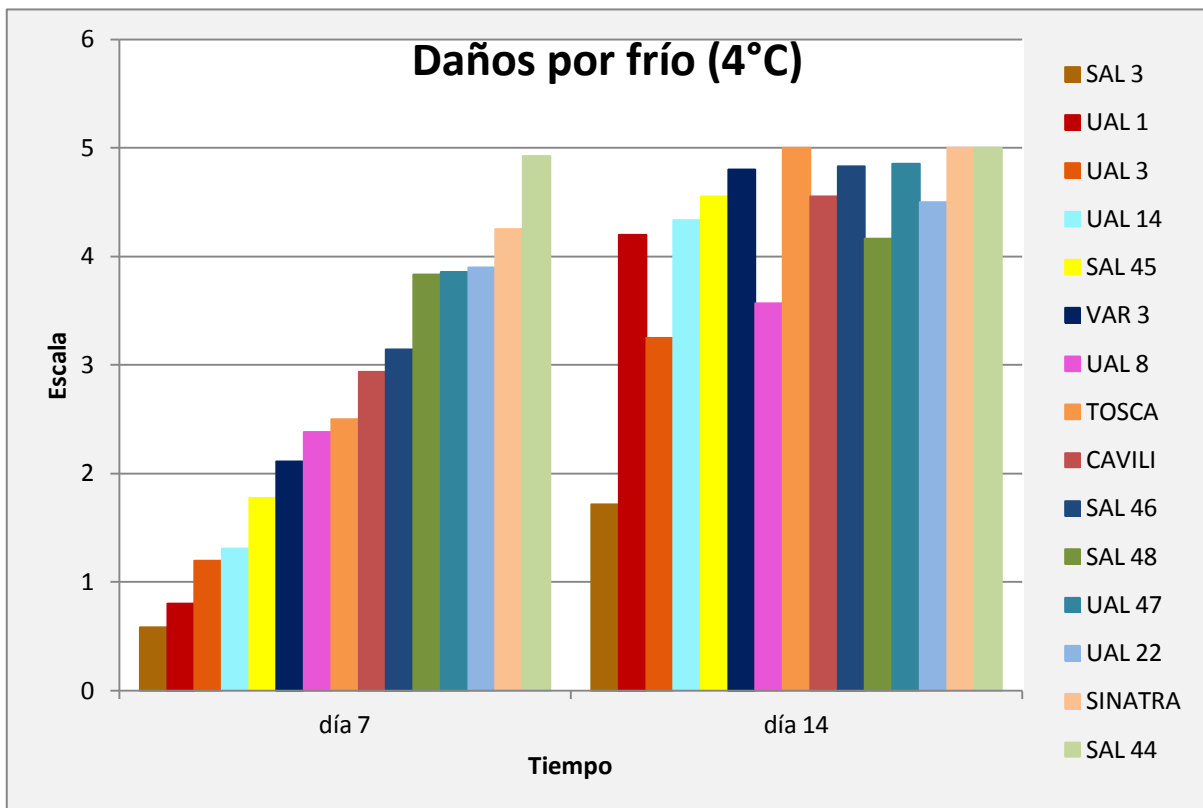


FIGURA 35: Comparación de los índices de daños por frío en frutos de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.

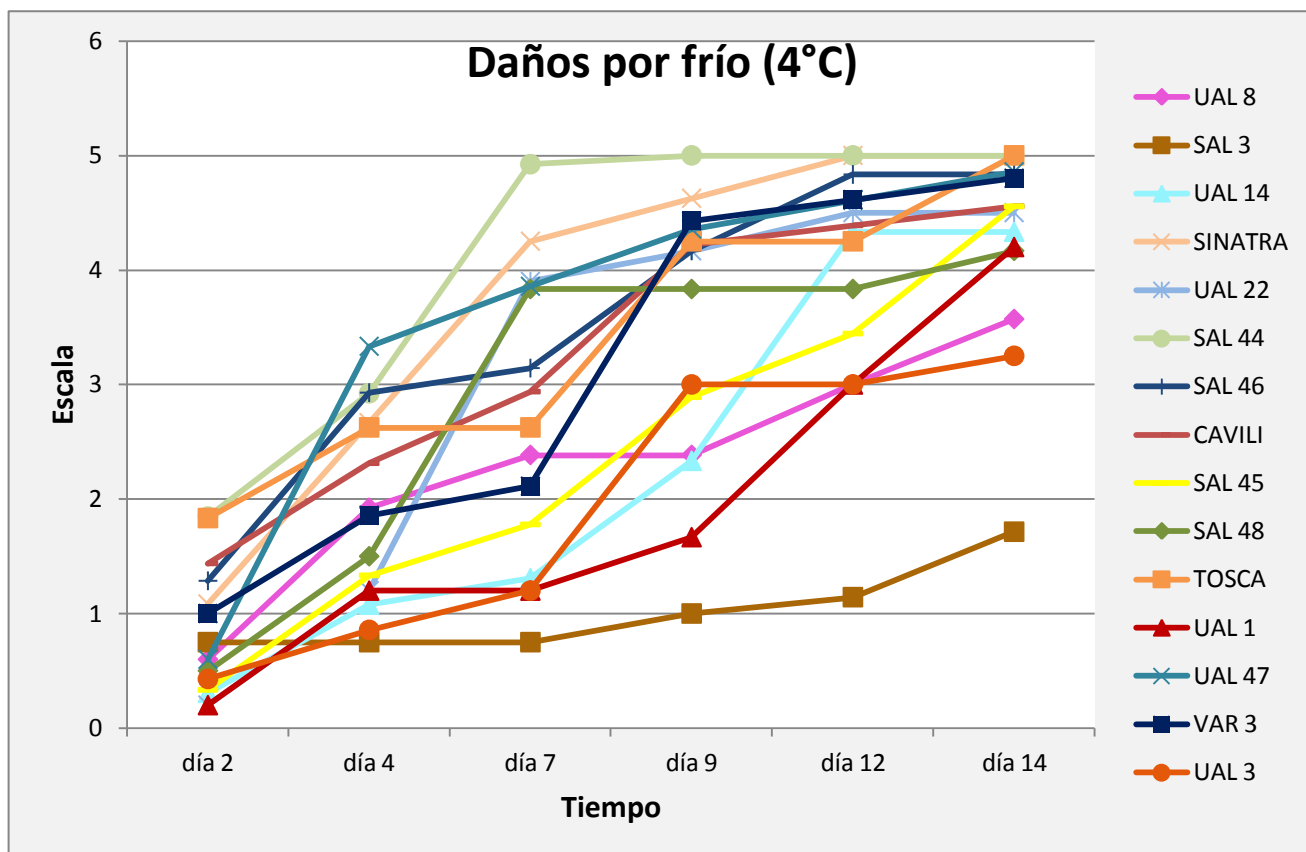


FIGURA 36: Comparación del índice de daños por frío en frutos de diferentes variedades de calabacín a lo largo del periodo de conservación poscosecha a 4°C.

En la **Figura 36** pueden verse las variedades que a tiempo 2 ya presentaron un porcentaje considerable de daño próximo al 15% (2), como es el caso de *SAL 44* y *Tosca*; y otras como *UAL 1*, *UAL 14*, *SAL 45* y *UAL 3*, que muestran valores bajos (menores del 5%, 1) a dicho tiempo. Además se observa claramente cómo *SAL 3* mantiene valores bajos (siempre menores del 15%) en todo momento. De acuerdo con el comportamiento de estas variedades, podemos distinguir tres grupos claramente diferenciados: variedades muy sensibles a frío (*VAR 3*, *UAL 8*, *Tosca*, *Cavili*, *SAL 46*, *SAL 48*, *UAL 47*, *UAL 22*, *Sinatra* y *SAL 44*), variedades parcialmente sensibles a frío, con pocos daños en los primeros 7 días de frigoconservación, pero en los que los daños se disparan después de este periodo (*UAL 1*, *UAL 3*, *UAL 14* y *SAL 45*), y variedades tolerantes a frío, con pocos daños por frío a lo largo de todo el periodo de conservación a 4°C (*SAL 3*).

MEGÍAS et al. (2012) también encontraron en *Tosca* una manifestación temprana de los DF a los 3 días de almacenamiento en frío a 4 °C, perdiendo su valor

comercial a los 7 días. Estos mismos autores, al igual que en este trabajo, clasifican a *Sinatra* como una variedad bastante sensible a los daños frío (entre ellos la pérdida de peso).

En un trabajo realizado en Almería por CARVAJAL *et al.* (2011) en el que se analizaba la resistencia al almacenamiento en frío en distintas variedades comerciales de calabacín, se vio que en frutos almacenados a 4°C, el daño por frío en las variedades apareció a los 7 días, y para las variedades *Milenio* y *Sinatra* alcanzó el máximo después de este periodo; mientras que en *Natura* el índice de daño fue la mitad que en las variedades anteriores, y no aumentó después de 14 días de almacenamiento. Todo esto indica que hay variedades en las que un periodo de almacenamiento de 7 días a 4°C, es suficiente para la pérdida de valor comercial, mientras que otras (como *Natura*), mantienen un mejor valor comercial incluso hasta 14 días después del almacenamiento en frío. Lo mismo que ocurre en el presente estudio con *SAL 3*.

Conforme a los resultados del presente trabajo, puede comprobarse cómo muchas de las variedades locales son muy sensibles al frío, al igual que las variedades comerciales *Sinatra*, *Tosca* y *Cavili*, pero también algunas variedades locales mostraron más tolerancia al frío que las comerciales, por lo que éstas se podrían utilizar como fuente de tolerancia a frío en los actuales programas de mejora genética de esta especie.

Correlación daños por frío-pérdida de peso

Hay que resaltar la relación encontrada entre los resultados de daños frío y los resultados de la pérdida de peso de los frutos mostrados en el punto 4.2.1.; ya que existe bastante coincidencia entre las variedades que presentaron mayor pérdida de peso (agua), y las que presentaron mayores síntomas por daños frío y viceversa. Así, la variedad que mejor se comportó en cuanto a la pérdida de agua, *SAL 3*, también fue la que menos síntomas por daño frío presentó. Además, las variedades que peor se comportaron porque perdieron mucho peso, *Sinatra*, *Cavili*, *UAL 22* y *Tosca*, coinciden con las variedades que mayores índices por daños presentaron.

Hicimos la regresión lineal y efectivamente se encontró correlación entre ambos caracteres. El P-valor en la tabla ANOVA fue <0.05 y por tanto existió una relación estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95% (**Figura 37**).

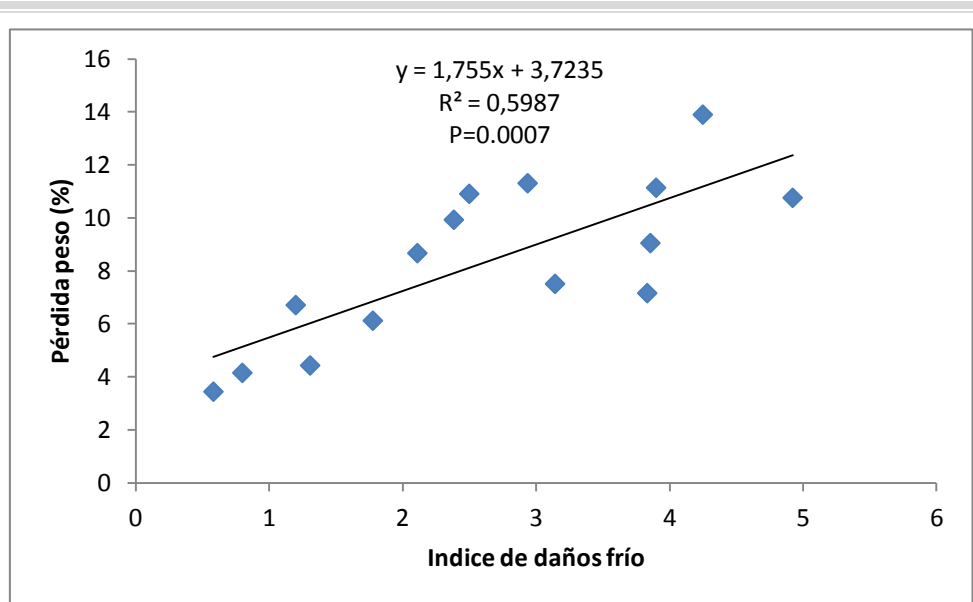


FIGURA 37: Correlación obtenida entre la pérdida de peso en frutos y el índice de daños por frío en los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*).

El hecho de que estos dos parámetros estén tan relacionados coincide con lo ya comentados en los puntos anteriores 4.2.1. y 4.2.2 y también con lo encontrado por **MEGÍAS et al.**, (2012); por lo que en este sentido, puede afirmarse que la relación es bastante estrecha.

Y es que la pérdida de peso nos permite evaluar la calidad de los frutos de calabacín puesto que está relacionada con la pérdida de agua y firmeza de los mismos (**ALONSO-PARDO**, 2011). Además de que, como ya se ha dicho, forma parte de los síntomas globales de DF.

Cabe resaltar la excepción de *UAL 1*, que si bien presentó bajos valores globales de pérdida de peso, y aunque a día 7 su valor de daño frío también fue bajo; transcurridos los 14 días la situación cambió y esta variedad pasó a mostrar valores altos de daños por frío.

4.2.3. Producción de etileno

En el Cuadro 10 y la Figura 38, puede observarse cómo todas las variedades mostraron un patrón de comportamiento similar en cuanto a la emisión de etileno de sus frutos conservados a 4°C de temperatura a lo largo de 14 días.

Todos comienzan con valores relativamente bajos de emisión de etileno en cosecha: de entre 4.03 nl/gr en SAL 3, y 52.21 nl/gr en SAL 46; experimentan una pico o subida brusca a los 7 días de conservación en frío: Tosca alcanza el máximo valor de entre todas las variedades con una emisión de 353.35 nl/gr, siendo el mínimo valor para UAL 1 con 43.01 nl/gr; y al cabo de 14 días, vuelven a bajar los valores: llegando a no producir etileno en el caso de Sinatra, y encontrándose el valor máximo en VAR 3 con 34.36 nl/gr (Cuadro 10).

CUADRO 10: Resultados de la emisión de etileno en frutos de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 0 días y a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.

Día 0				Día 7				Día 14			
Variedad	Emisión de etileno (nl/gr)(*)		Desviac. Estándar	Variedad	Emisión de etileno (nl/gr)(*)		Desviac. Estándar	Variedad	Emisión de etileno (nl/gr)(*)		Desviac. Estándar
SAL 3	4.03	a	2.87353	UAL 1	43.01	a	13.3294	SINATRA	0	ab	0
UAL 14	5.12	ab	2.21608	UAL 3	52.14	a	20.3143	UAL 8	2.04	ab	0.790025
UAL 8	8.78	ab	2.05773	UAL 8	59.93	a	20.621	UAL 22	2.38	ab	3.58889
CAVILI	10.16	ab	4.99901	SAL 45	72.40	a	29.3648	CAVILI	2.67	ab	4.03222
UAL 3	10.66	ab	2.37594	SAL 48	77.12	a	43.8622	UAL 1	3.58	ab	0.720634
SAL 45	12.24	abcd	3.20076	UAL 22	84.11	a	108.76	UAL 14	4.29	ab	2.16681
UAL 22	13.34	abcd	10.8488	UAL 14	92.71	ab	65.518	UAL 3	5.63	ab	2.03108
UAL 47	14.57	abcde	7.12508	SAL 3	92.79	a	68.1298	TOSCA	6.70	ab	7.32255
UAL 1	16.83	abcde	15.1481	VAR 3	127.87	ab	67.9893	UAL 47	8.27	ab	5.25563
VAR 3	25.97	bcdef	25.3321	SAL 46	182.18	ab	109.589	SAL 48	9.08	ab	5.43829
SAL 44	34.12	cdefg	22.2429	UAL 47	190.34	abc	53.3238	SAL 45	15.84	abc	4.75036
SAL 48	36.19	defg	77.1214	CAVILI	195.15	ab	56.5339	SAL 44	16.41	bc	17.7525
TOSCA	36.68	efg	24.2116	SINATRA	215.82	abc	60.9631	SAL 3	24.61	cd	23.354
SINATRA	47.97	fg	7.20846	SAL 44	252.18	bc	158.772	SAL 46	27.88	cd	16.9096
SAL 46	52.21	g	6.96266	TOSCA	353.35	c	493.905	VAR 3	34.36	d	35.1026

(*) Valores, seguidos por la misma letra, no presentan diferencias significativas a P ≤ 0,05.

Diversos estudios previos han dilucidado que el almacenamiento en frío provoca la producción de etileno en calabacín (BALANDRÁN-QUINTANA *et al.*, 2003). Aunque este etileno inducido por frío no se produce durante el periodo de

almacenamiento sino que aumenta rápidamente después de transferir la fruta a temperatura ambiente (WANG y ADAMS, 1982).

MEGÍAS *et al.* (2012) encontraron el mismo comportamiento que el que se muestra en estos resultados para frutos de calabacín, ya que vieron que en los frutos inmediatamente después de la recolección, la producción de etileno era muy baja, para luego aumentar más de 200 veces tras 7 días de almacenamiento a 4°C.

Las variedades que mayor emisión de etileno mostraron en el pico que se produce a los 7 días, superando los 150 nl/gr de producción de este gas, fueron *Tosca* (353.35 nl/gr), seguida de *SAL 44* (252.18 nl/gr), *Sinatra* (215.82 nl/gr), con valores muy similares *Cavili* (195.15 nl/gr) y *UAL 47* (190.34 nl/gr), *SAL 46* (182.18 nl/gr) y *VAR 3* (127.87 nl/gr). Sin embargo no existieron diferencias significativas en cuanto a la emisión de etileno en los frutos de todas las variedades ensayadas, excepto para *SAL 44* y *Tosca* que se diferencian del resto (pero no entre ellas), ni entre *SAL 44* y *UAL 14*, *VAR 3*, *SAL 46*, *UAL 47*, *Cavili* y *Sinatra*; ni entre *Tosca* y *UAL 47* y *Sinatra* (**Cuadro 10**).

Para ese mismo tiempo en el que se produce el pico, a día 7, las variedades que menores valores de emisión de etileno mostraron, con valores por debajo de los 100 nl/gr, en orden creciente fueron *UAL 1* (43.01 nl/gr), *UAL 3* (54.14 nl/gr), *UAL 8* (59.93 nl/gr), *SAL 45* (72.40 nl/gr), *SAL 48* (77.12 nl/gr), *UAL 22* (84.11 nl/gr) y con valores prácticamente iguales *UAL 14* (92.71 nl/gr) y *SAL 3* (92.79 nl/gr). No existieron diferencias significativas entre estas variedades que mostraron los valores más bajos en la producción de etileno (**Cuadro 10**).

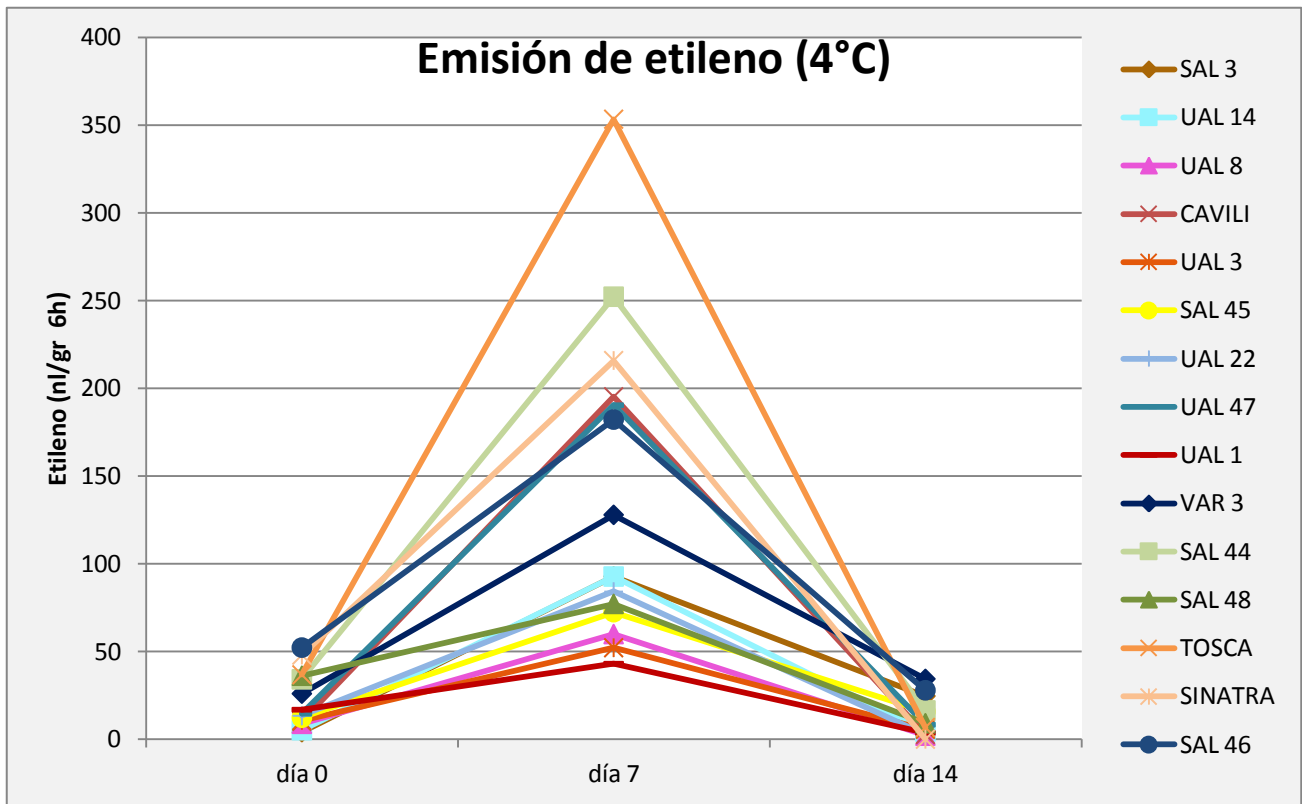


FIGURA 38: Comparación de los resultados de la emisión de etileno en frutos de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) a los 0 días y a los 7 y 14 días de conservación a 4°C.

En la **Figura 38** puede verse de manera gráfica, cómo a día 14 destacan las brucas bajadas en la emisión de etileno por parte de las variedades: *Tosca* (con 346.65 nl/gr de diferencia), *SAL 44* (con 235.77 nl/gr de diferencia), *Sinatra* (con 215.82 nl/gr de diferencia), *Cavili* (con 192.48 nl/gr de diferencia), y *UAL 47* (con 182.07 nl/gr de diferencia).

Destacan como variedades que se mantuvieron estables en cuanto a la emisión de etileno a lo largo de las mediciones a los 0, 7 y 14 días: *UAL 1* (16.83, 43.01 y 3.58 nl/gr), *UAL 3* (10.66, 52.14 y 5.63 nl/gr) y *UAL 8* (8.78, 59.93 y 2.04 nl/gr). (**Cuadro 10** y **Figura 38**).

Existió bastante paralelismo entre las variedades que más DF mostraron y aquellas que tuvieron una mayor producción de etileno a los 7 días. Así, las variedades que más DF mostraron en este estudio fueron: *Sinatra*, *Tosca*, *SAL 44*, *UAL 47*, *SAL*

46 y VAR 3; siendo las variedades que más etileno produjeron en el pico de emisión: *Tosca*, SAL 44, *Sinatra*, *Cavili*, UAL 47, SAL 46 y VAR 3.

Cumpléndose prácticamente también al revés, ya que, las variedades que menos etileno produjeron: UAL 1, UAL 3, UAL 8, SAL 45, SAL 48, UAL 22, UAL 14 y SAL 3; también fueron aquellas que menos DF manifestaron: SAL 3, UAL 3, UAL 8, SAL 48, UAL 1, UAL 14, UAL 22, SAL 45. Aunque si bien es verdad, que todas estas, excepto SAL 3 llegaron a manifestar a día 14 daños por encima del índice 3 (15-25% del fruto afectado), con lo cual, que sean las que menos DF manifestaron, no quiere decir que los daños que mostraron no fueron importantes y que por tanto no disminuyen la calidad del fruto.

Resultados similares fueron encontrados por MEGÍAS *et al.* (2012), quienes determinaron que el pico de producción de etileno que se producía a los 7 días de almacenamiento a 4°C era diferente según la variedad, siendo más alta en los frutos de las variedades con menor calidad poscosecha y menor tolerancia a los DF. Aunque el etileno inducido por frío no parece estar relacionado con el desencadenamiento de DF ya que los síntomas visibles eran evidentes algunos días antes de la crecida en la producción de etileno. Después de 7 días de almacenamiento en frío, el etileno se indujo en los frutos de todas las variedades estudiadas. Sin embargo, los frutos de las variedades que eran más susceptibles a los DF como *Sinatra*, también fueron aquellos que produjeron más etileno después de este almacenamiento en frío.

Correlación emisión de etileno-daños por frío

Estos datos muestran que existe una relación entre el etileno inducido por el frío y la sensibilidad de los frutos a los DF y estas diferencias podrían utilizarse como un criterio de selección para la tolerancia al frío en calabacín. Como el P-valor fue <0.10, existió relación estadísticamente significativa entre daños frío y producción de etileno a un nivel de confianza del 90% (Figura 39).

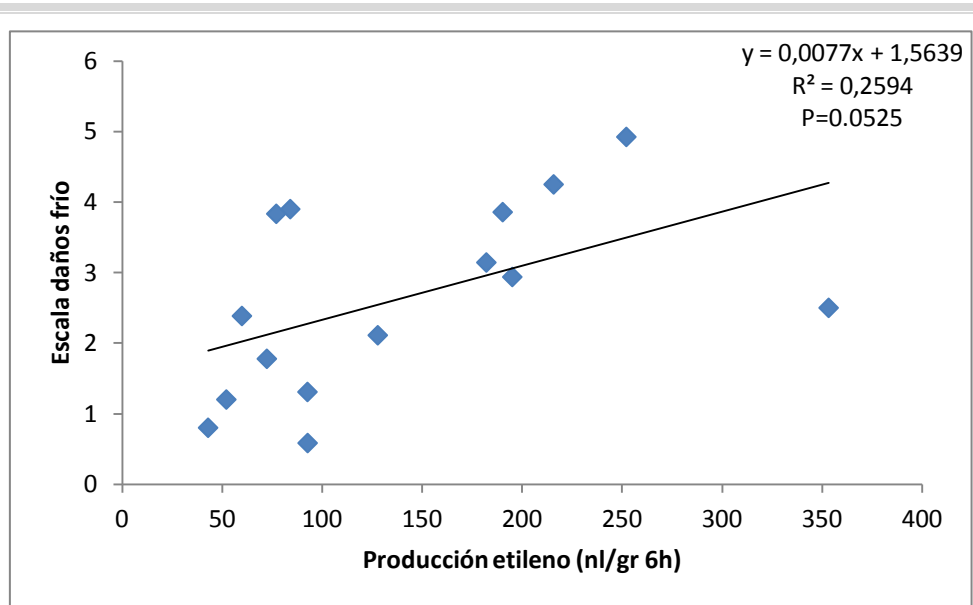
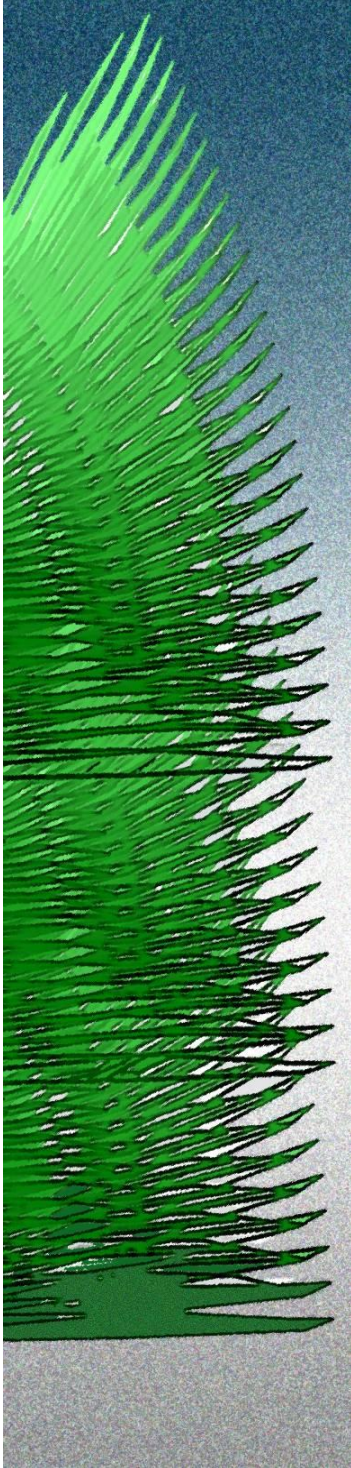


FIGURA 39: Correlación obtenida entre los daños por frío y la producción de etileno en los frutos no polinizados de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*).



CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

PRIMERA.- En base al porcentaje de frutos partenocárpicos de tamaño y calidad comercial hemos podido identificar varios genotipos que muestran un nivel de partenocarpia elevado bajo nuestras condiciones de cultivo en invernadero: *VAR 3*, *Partenon*, *Cavili*, *Tosca* y *UAL 8*.

SEGUNDA.- El punto crítico más temprano para determinar el diferente grado de partenocarpia entre variedades en base a la longitud y calibre de sus frutos no polinizados es el quinto día después de la antesis. A partir de este punto, el crecimiento longitudinal y transversal de los frutos comienza a desviarse considerablemente entre variedades con mayor o menor grado de partenocarpia.

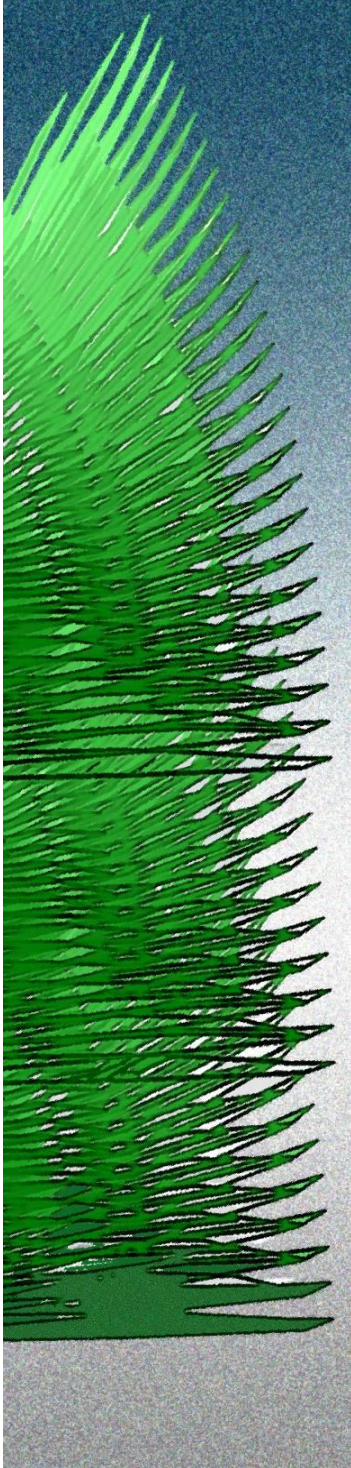
TERCERA.- Bajo las condiciones de nuestro estudio, en la mayor parte de las variedades comerciales y locales ensayadas, la falta de polinización produjo una disminución de la calidad externa del fruto, disminuyendo el porcentaje de frutos de calidad óptima y aumentando el porcentaje de frutos chupados, y abortados. Las variedades cuyos frutos partenocárpicos fueron de mayor calidad fueron *VAR 3* y *Tosca*, que mostraron todos sus frutos sin ningún tipo de anomalía. Consolidándose éstas como las dos variedades dentro de nuestro estudio que producen frutos partenocárpicos de mayor calidad.

CUARTA.- Los frutos que experimentaron la mayor pérdida de peso fueron los de *Sinatra*, seguidos de los de *Cavili* y los de *UAL 22*. Los frutos que mejor se comportaron para este parámetro fueron los de la variedad *SAL 3*, mostrando los mínimos valores de pérdida de peso tanto a los 7 (3.44%) como los 14 días de frigoservación (7.17%).

QUINTA.- Las variedades que mostraron mayor tolerancia a la frigoconservación, y por tanto el menor nivel de daños por frío, fueron *UAL 1*, *UAL 3*, *UAL 14*, *SAL 45* y *SAL 3*. Esta última fue la variedad más tolerante a frío del ensayo, con pocos daños por frío a lo largo de todo el periodo de conservación, lo que la convierte en una fuente ideal de tolerancia a frío en los actuales programas de mejora genética de calabacín.

SEXTA.- Hemos detectado una correlación entre la pérdida de peso y los daños por frío en los frutos de calabacín. La variedad que mejor se comportó en cuanto a la pérdida de peso de sus frutos, *SAL 3*, también fue la que menos síntomas por daño frío presentó. Por otro lado, las variedades cuyos frutos perdieron más peso en la poscosecha, *Sinatra*, *Cavili*, *UAL 22* y *Tosca*, fueron las variedades que mayores índices por daños presentaron.

SÉPTIMA.- Se ha identificado una correlación entre el etileno inducido por frío a los 7 días de la frigocosecha y la sensibilidad de los frutos de calabacín a sufrir daños por frío. Las variedades que más daños por frío y emisión de etileno mostraron fueron *Sinatra*, *Tosca*, *SAL 44*, *UAL 47*, *SAL 46* y *VAR 3*, mientras que las variedades que menos etileno y daños por frío tuvieron fueron *UAL 1*, *UAL 3*, *UAL 8*, *SAL 45*, *SAL 48*, *UAL 22*, *UAL 14* y *SAL 3*. Aunque este etileno no parece ser el responsable de los daños por frío, estas diferencias podrían utilizarse como un criterio de selección para la tolerancia al frío en calabacín



BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA

- ABELES, F.B. (1968). Role of RNA and protein synthesis in abscission. *Plant Physiology*, 43: 1577-1586.
- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M. (1992). *Ethylene in Plant Biology*. Academic Press. (2nd. edición). San Diego, California
- ALEXANDER, L. y GRIERSON, D. (2002). Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *Journal of Experimental Botany*, 53: 2039-2055.
- ALONSO-PARDO, F.J. (2011). Comparación de la postcosecha de dos líneas puras de *Cucurbita pepo* que se diferencian en su producción y sensibilidad al etileno. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería.
- ANDRES, T.C. (1987). *Cucurbita fraterna*, the closest wild relative and progenitor of *C. pepo*. *Cucurbit Genet. Coop. Rep.*, 10: 69-71.
- ARTÉS, F.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. (2003). Daños por frío en la postselección de frutas y hortalizas. *Avances en Ciencias y Técnicas del Frío-1*. Edit: UPCT y SECYTEF. Cartagena, Murcia. pp: 299-310.
- ATASAYAR, A.; H. VURAL. (1993). An investigation on parthenocarpic fruit set level some commercial squash varieties. II. National Horticultural Congress, 3-6 Ekin 1995, Adana-Turkey. pp: 203-206.
- ATSMON, D.; TABBAK, C. (1979). Comparative effects of gibberellins, silver nitrate and aminoethoxyvinyl glycine on sexual tendency and ethylene evolution in cucumber plant (*Cucumis sativus* L.). *Plant Cell Physiology*, 20: 1547-1555.
- BALANDRÁN-QUINTANA, R.R.; MENDOZA-WILSON, A.M.; ALVAREZ-MANILLA, G.; BERGMANN, C.W.; VARGAS-ARISPURO, I.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M.A. (2002). Effect of Pectic Oligomers on Physiological Responses of Chilling Injury in Discs Excised from Zucchini (*Cucurbita pepo* L.). *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 290: 577-584.
- BALANDRÁN-QUINTANA, R.R.; MENDOZA-WILSON, A.M.; GARDEA-BÉJAR, A.A.; VARGAS_ARISPURA, I.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M.A. (2003). Irreversibility of chilling injury in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.) could be a programmed event long before the visible symptoms are evident. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 3007: 553-557.
- BIALEY, L.H. (1949). *Manual of cultivated plants*. Macmillan, N.Y. 851 pp. *Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective*. 1994. J.E. Hernando Bermejo and J.

- León (eds.). Plant Production and Protection Series No. 26. FAO, Rome, Italy. pp: 63-77.
- BLANCO-DÍAZ, M.T.; PÉREZ-VICENTE, A.; DOMÍNGUEZ, I.; FAYOS, A.; FONT, R. (2012).** Factores extrínsecos que determinan la conservación de calabacín IV Gama.IFAPA Centro La-Mojonera. [<http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/81196-Factores-extrinsecos-que-determinan-la-conservacion-de-calabacin-IV-Gama.html>]. Última consulta: 15/11/12.
- BOUALEM, A.; TROADEC, C.; KOVALSKI, I.; SARI, M.; PERL-TREVES, R.; BENDAHMANE, A. (2009).** A conserved ethylene biosynthesis enzyme leads to andromonoecy in two *Cucumis* species. PLoSONE 4:1-10.
- BOUQUET, A.; DANGLLOT, Y. (1996).** Inheritance of seedlessness in grapevine (*Vitis vinifera* L). *Vitis.*, 35:35-42.
- BROWN, K.M. (1997).** Ethylene and abscission. *Physiol. Plant.*100:567-576.
- BYERS, R.E.; BAKER, L.R.; SELL, H.M.; HERNER, R.C.; DILLEY, D.R. (1972).** Ethylene: a natural regulator of sex expression in *Cucumis melo* L. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 69:712-720.
- CADY, S.W.; WIEN, H.C. (1994).** Pollination and fruitset patterns of field grown pumpkins. *Hortscience.*, 29: 473.
- CAMACHO, F. (2003).** Técnicas de producción en cultivos protegidos. Tomo 2. Instituto Cajamar. Ediciones Aerotécnicas S.L. Almería.
- CAPELLINI, R.A.; CEPONIS, M.J.; LIGHTNER, G.W. (1998).** "Disorders in cucumber, squash and watermelon shipments to New York market, 1972-1985. *Plant Disease.*, 72:81-85.
- CARVAJAL, F.; MARTÍNEZ, C.; JAMILENA, M.; GARRIDO, D. (2011).** Differential response of zucchini varieties to low storage temperatura. *Scientia Horticulturae.*, 130:90-96.
- CHATTOPADHYAY, S.K. (2007).** Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. Global Media. Delhi, IND.
- DECKER, D.S. (1988).** Origin(s), evolution, and systematics of *Cucurbita pepo* (*Cucurbitaceae*). *Econ. Bot.*,42(1): 4-15.
- DECKER-WALTERS, D.S.; STAUB, J.E.; CHUNG, S.M.; NAKATA, E.; QUEMADA, H.D. (2002).** Diversity in free-living populations of *Cucurbita pepo* (*Cucurbitaceae*) as assessed by random amplified polymorphic DNA. *Syst. Bot.*, 27(1): 19-28.
- DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. (2000).** Crop Pollination by Bees. CABI Publishing. Cambridge, MA, USA .

- DELGADO, J. (1999). El cultivo de calabacín en el Levante de Almería. Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos. Instituto la Rural.
- DEN NIJS, A.P.M.; VISSER, D.L. (1980). Induction of male flowering in gynocious cucumbers (*Cucumis sativus* L.) by silver ions. *Euphytica* 29:273-280.
- D.O.U.E. (2003). REGLAMENTO (CE) Nº 1757/2003 DE LA COMISIÓN de 3 de octubre de 2003 por el que se establecen las normas de comercialización de los calabacines y se modifica el Reglamento (CEE) nº 1292/81. Diario Oficial de la Unión Europea. [http://www.agrodigital.com/upload/l_25220031004es00110016[1].pdf]. Última consulta: 20/11/12.
- DURHAM, G.B. (1925). Has parthenogenesis been confused with hermaphroditism in Cucurbita?. *Amer. Nat.*, 59: 283-294.
- EHLENFELDT, M. K.; VORSA, N. (2007). Inheritance Patterns of Parthenocarpic Fruit Development in Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *HortScience.*, 42(5):1127-1130.
- ELASSAR, G.; RUDICH, J.; KEDAR, N. (1974a). Parthenocarpic fruit development in muskmelon induced by growth regulators. *Hortscience.*, 9:17-30.
- ELASSAR, G.; RUDICH, J.; PALEVICH, D.; KEDAR, N. (1974b). Induction of parthenocarpic fruit development in cucumber by growth regulators. *Hortscience.*, 9:238-239.
- ESAU, K. (1988). Anatomía de las plantas con semilla. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- EUROPEAN CENTRAL CUCURBITS DATABASE (2012). European Central Cucurbits Database online taxonomy. [http://158.42.125.239/taxonomy_intro.html]. Última consulta: 10/05/12.
- F.A.O (2012). FAOSTAT. http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx. Última consulta: 18/04/12.
- FENG, H.; LI, X.; LIU, Z.; WEI, P.; JI, R. (2009). A co-dominant molecular marker linked to the monoecious gene CmACS-7 derived from gene sequence in *Cucumis melo* L. *African J. Biotech.*, 8:3168-3174.
- FUENTES, S.; LJUNG, K.; SOREFAN, K.; ALVEY, E. P. HARBERD, N.; ØSTERGAARD, L. (2012). Fruit Growth in *Arabidopsis* Occurs via DELLA-Dependent and DELLA-Independent Gibberellin Responses. *The Plant Cell.*, 24: 3982-3996.
- GALUN, E. (1961). Study of the inheritance of sex expression in the cucumber: the interaction of major genes with modifying genetic and non-genetic factors. *Genetica* 32:134-163.
- GARCÍA-BREJO, F.J. (2009). Baya. Botánica. Universidad Politécnica de Valencia.

- GARCÍA-GÁMEZ, I. (2012). Efecto de los tratamientos hormonales con etileno sobre la incidencia de flor pegada y otros parámetros de calidad en calabacín. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Superior de Ingeniería. Universidad de Almería.
- GÁZQUEZ, J.C.; MECA, D.; SOLER, A.; FERNÁNDEZ, F.J.; MARTINEZ, E.M. y SEGURA, M^a.D. (2007). Polinizadores naturales (*Bombus terrestris*) vs bioestimulantes para un cultivo de calabacín en invernadero. XI Congreso SECH. Albacete 2007. Estación Experimental de la Fundación Cajamar, Almería.
- GILLASPY G.; BEN DAVID, H.; GRUISSEM, W. (1993). Fruits: a developmental perspective. *Plant Cell.*, 5: 1439-1451.
- GLOBERSON, D. (1971). Effects of pollination on set and growth of summer squash (*Cucumis pepo*) in Israel. *Expt. Agr.*, 7:183-188.
- GÓMEZ, P.; PEÑARANDA, A.; GARRIDO, D.; JAMILENA, M. (2004). Evaluation of flower abscisión and sex expression in diferent cultivars of zucchini squash (*Cucurbita pepo*). *Progress in Cucurbit Genetics and Breedeng Research*.Eucarpia Cucurbitaceae. pp: 347-352.
- GUSTAFSON, F.C. (1937). Parthenocarpy induced by pollen extracts. *Amer. J. Bot.*, 24:102-107.
- GUSTAFSON, F.C. (1941). Probable causes for the difference in facility of producing parthenocarpic fruit in different plants. *Proc. Amer. Soc. Hort.Sci.* 35:479-481.
- GWANAMA, C.; BOTHA, A.M.; LABUSCHAGNE, M.T. (2001). Genetic effects and heterosis of flowering and fruit characteristics of tropical pumpkin. *Plant Breed.*,120: 271-272.
- HARIYADI, P.; PARKIN, K.L. (1991). Chilling-induced oxidative stress in cucumber fruits. *Postharvest Biol. & Technol.*, 1:33-45.
- HAYASE, H. (1953). *Cucurbita*-crosses. IV. The development of squash fruit as afected by placement of pollen on stigma. *Hokkaido Natl. Agr. Expt. Sta. Res. B.*, 64: 22-25.
- HERNÁNDO BERMEJO, J.E.; LEÓN, J. (1994). Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective. *Plant Production and Protection Series No. 26*. FAO, Roma, Italia. pp: 63-77.
- HUBER, D.J. (1983). Polyuronide degradation and hemicellulose modifications in ripening tomato fruit. *J.Am.Soc. Hort Sci.*, 108: 405-409.
- JOUBES, J.; PHAN, T.H; JUST, D.; ROTHAN, C.; BERGOUNIOUX, C.; RAYMOND, P.; CHEVALIER, C. (1999). Molecular and biochemical characterization of the involvement of cyclin-dependent kinase A during the early development of tomato fruit. *Plant Physiol.*, 121:857-869.

- JUNTA DE ANDALUCÍA (2010). Boletín Bimestral de Información Agraria. Julio y agosto 2010, nº 205. Consejería de Agricultura y Pesca.
- KADER, A.A. (1992). Biología y Tecnología de Postcosecha: Una Revisión General. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Univ. Calif. Publi. 3311.
- KALAMAKI, M.S.; HAPSTER, M.H.; PALYS, M.J.; LABAVITCH, J.M.; REID, D.S.; BRUMMELL, D.A. (2003a). Simultaneous transgenic suppression of LePG and LeExpI influences rheological properties of juice and concentrates from a processing tomato variety. J.Agr.Food Chem., 51: 7456-7464.
- KALAMAKI, M.S.; BENNETT, A.B.; PALYS, M.J.; LABAVITCH, J.M.; REID, D.S.; BRUMMELL, D.A. (2003b). Transgenic over-expression of expansin influences particle size distribution and improves viscosity of tomato juice and paste. J. Agr.Food Chem., 51: 7465-7471.
- KARAKURT, Y.; HUBER, D.J. (2004). Ethylene induced gene expression, enzyme activities, and water soaking in immature and ripe watermelon (*Citrillus lanatus*) fruit. J. Plant Physiol., 161: 381-388.
- KENDRICK, M.D.; CHANG, C. (2008) Ethylene signaling: new levels of complexity and regulation. Curr. Opin. Plant Biol., 11: 479-485.
- KENIGSBUCH, D.; COHEN, Y. (1990). The inheritance of gynoecy in muskmelon. Genome., 33:317-320.
- KIM, I.S.; OKUBO, H.; FUJEDA, K. (1992a). Genetic and hormonal control of parthenocarp in cucumber (*Cucumis sativus L.*). Journal of the Faculty of Agriculture of Kyushu University., 36: 173-181.
- KIM I.S.; OKUBO, H.; FUJEDA, K. (1992b). Endogenous levels of IAA in relation to parthenocarp in cucumber (*Cucumis sativus L.*) Scientia Hort., 52:1-8.
- KNEE, M. (2002). Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. Fruit Quality and its Biological Basis. Sheffield Academic Press. pp. 180-224.
- KNOPF, R.R.; TREBITSH, T. (2006). The female-specific Cs-ACS1G gene of cucumber. A case of gene duplication and recombination between the non-sex-specific 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene and a branched-chain amino acid transaminase gene. Plant Cell Physiol., 47:1217-1228.
- KUBICKI, B. (1969). Investigation of sex determination in cucumber (*Cucumis sativus L.*). Genet. Pol., 10:101-121.
- LELIEVRE, J.M.; LATCHE, A.; BRIAN, J.; BOUZAYEN, M. y PECH, J.C. (1997). Physiologia Plantarum., 101: 727-739.
- LIMA, L.C.O.; HURR, B.M y HUBER, D.J. (2005). Deterioration of beet alpha and slicing cucumbers (*Cucumis sativus L.*) during storage in ethylene or air: responses to

- suppression of ethylene perception and parallels to natural senescence. Postharvest Biol. Technol. 37: 265-276.
- LIRA-SAADE, R.** (1995). Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitaceae latinoamericanas de importancia económica. Systematic and ecogeographic studies on crop gene pools. 9. IPGRI, Roma, Italia.
- LORA, J.; HORMAZA, J.I.; HERRERO, M.; GASSER, C. S.** (2011). Seedless fruits and the disruption of a conserved genetic pathway in angiosperm ovule development. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA)., 108: 5461-5465.
- LOZANO, R.; GIMÉNEZ, E.; CARA, B.; CAPEL, J.; ANGOSTO, T.** (2009). Genetic analysis of reproductive development in tomato. Int. J. Dev. Biol., 53: 1635-1648.
- LURIE, S.** (1998). Postharvest heat treatments . Postharvest Biology and Technology., 14: 257-269.
- M.A.G.R.A.M.A (MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE)** (2012a). Avances en superficies y producciones de cultivos, diciembre 2011. [http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/cuaderno_Diciembre2011_tcm7-191050.pdf]. Última consulta: 20/04/12.
- M.A.G.R.A.M.A (MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE)** (2012b). Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos, resultados 2010. ESYRCE. [http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletinWeb2010_tcm7-191027.pdf]. Última consulta: 20/04/12.
- MANZANO, S.** (2009). Regulación genética de la determinación sexual en *Cucurbita pepo*: clonación, caracterización y análisis funcional de genes implicados en la biosíntesis, percepción y respuesta a etileno. Tesis doctoral. Universidad de Almería.
- MANZANO, S.; B. MARIOTTI, J.; FERRE, A.; PEÑARANDA, C.; PAYÁN, P.; GÓMEZ y JAMILENA, M.** (2006). Identificación de fuentes de partenocarpia útiles para la mejora genética de calabacín. Actas de horticultura., 45:125-126.
- MANZANO, S.; MARCOS, S.; MARTÍNEZ, C.; MEGÍAS, Z.; MAZET, J. y JAMILENA, M.** (2010a). Producción de etileno y partenocarpia en calabacín. Actas de horticultura., 55: 203-204.
- MANZANO, S.; MARTÍNEZ, C.; DOMÍNGUEZ, V.; AVALOS, E.; GARRIDO, D. y GÓMEZ, P.; JAMILENA, M.** (2010b). A Major Gene Conferring Reduced Ethylene Sensitivity and Maleness in *Cucurbita pepo*. J. Plant Growth Regul. (2010)., 29:73-80.

- MANZANO, S.; MARTÍNEZ, C.; MEGÍAS, Z.; GÓMEZ, P.; GARRIDO, D.; JAMILENA, M. (2011). The role of ethylene and brassinosteroids in the control of sex expression and flower development in *Cucurbita pepo*. *Plant Growth Regul.*, 65: 213-221.
- MAO, L.; KARAKURT, Y.; HUBER, D.J. (2004). Incidence of water-soaking and phospholipids catabolism in ripe watermelon (*Citrillus lanatus*) fruit: induction by ethylene prophylactic effects of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.*, 33:1-9.
- MARCOS-ESPÍN, S. (2010). Implicaciones del etileno en la partenocarpi del calabacín. Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Madrid.
- MARTÍNEZ-TELLEZ, M.A.; RAMOS-CLAMONT, M.G.; GARDEA, A.A.; VARGAS-ARISPURO, I. (2002). Effect of infiltrated polyamines on polygalacturonase activity and chilling injury responses in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.). *Biochemical and Biophysical Research Communications.*, 295:98-101.
- MARTOS-FUENTES, M.M. (2012). Segregación de la expresión sexual y la andromonoecia en poblaciones F2 y F3 de diferentes cruzamientos de calabacín. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Superior de Ingeniería. Universidad de Almería.
- MEGÍAS, Z.; MANZANO, S.; MARTÍNEZ, C.; VALENZUELA, J.L.; GARRIDO, D.; JAMILENA, M. (2012). Ethylene production by fruits of zucchini cultivars differing in postharvest fruit quality and tolerance to chilling injury. *Cucurbitaceae 2012, Proceedings of the Xth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae* (eds. Sari Solmaz and Aras) Antalya (Turkey), October 15-18th, 2012., pp: 638-642.
- MENEZES, C.B.; MALUF, W.R.; AZEBEDO, S.M.; FARIA, M.V.; NASCIMENTO, I.R.; NOGUEIRA, D.W.; GOMES, L.A.A.; BEARZOTI, A. (2005). Inheritance of parthenocarpy in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Genetics and Molecular Research.*, 4:39-46.
- MORRÉ, D.J. (1968). Cell wall dissolution and enzyme secretion during leaf abscission. *Plant Physiol.*, 43:1545-1559.
- MORI, H. (1947). On parthenocarpy in *Cucurbita moschata* Duch. induced by growth promoting substances and their effectiveness for preventing fruit abscission. *J. Hort. Assn. Japan.*, 16:154-160.
- NAMESNY, A. (1997). Melones. Ediciones de Horticultura. Barcelona.
- NAN, M.; HUI, T.; XIAOHUI, L.; JINGQI, X.; YUNHUI, L.; JUNPING, G. (2006). Transcriptional regulation of ethylene receptor and CTR genes involved in ethylene-induced

- flower opening in cut rose (*Rosa hybrida*) cv. Samantha. Journal of Experimental Botany., 57: 2763-2773.
- NAYAR, T.A.; MORE.** (1998). Cucurbits. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA.
- NEE, M.** (1990). The domestication of Cucurbita (Cucurbitaceae). Econ. Bot.,: 44: 56-68.
- NIJS, A.P.M. DEN.; J. BALDER.** (1983). Growth of parthenocarpic and seed-bearing fruits of zucchini squash. Cucurbit Genet. Coop. Rpt., 6:84-85
- NIJS, A.P.M. DEN. ; VELDHIJZEN, N.J.D. VAN ZANTEN** (1982). Parthenocarpic fruit set in glasshouse grown zucchini squash. Cucurbit Genet. Coop. Rpt., 5:44-45.
- NITSCH, J.P.; KURTZ, E.B.; LIVERMAN, J.L.; WENT, F.W.** (1952). The development of sex expression in *Cucurbita* flowers. Am. J. Bot., 39:32-43.
- NÚÑEZ, F.J.; HUITRÓN, M.V.; DÍAZ, M.; DIÁNEZ, F.; CAMACHO-FERRE, F.** (2008). Effect on production and quality of intensifying triploid watermelon crops using 'temporary trellises' and CPPU for fruit development. HortScience., 43: 149-152.
- OGAWA, Y.; NISHIKAWA, S.; INOUE, N.; AOKI, S.** (1990). Promotive effects of different cytokinins on the fruit growth in *Cucumis sativus*. Journal of the Japanese Society of Horticultural Science., 59:597-601.
- OM, Y.H.; HONG, K.H.** (1989). Evaluation of parthenocarpic fruit set in zucchini squash. Res. Rpt. Rural Dev. Adm. (Suweon), 31:30-33.
- OSBORNE, D.J.** (1989). Abscission. Critical Reviews in Plant Sciences., 8 (2):103-129.
- OWENS, K.W.; PETERSON, C.E.; TOLLA, G.E.** (1980). Production of hermaphrodite flowers on gynodioecious muskmelon by silver nitrate and aminoethoxyvinylglycine. HortScience., 15:654-655.
- PAPADOPOULOU, E.; GRUMET, R.** (2005). Brassinosteroid-induced femaleness in cucumber and relationship to ethylene production. HortScience 40:1763-1767.
- PARIS, H.S.** (1989). Historical records, origins, and development of edible cultivar groups of *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae). Economic Botany., 43(4): 423-443.
- PARIS, H.S.** (2001). History of the cultivar-groups of *Cucurbita pepo*. Horticultural Reviews., 25: 71-170.
- PAYÁN, C.; PEÑARANDA, A.; GÓMEZ, P.; SÁNCHEZ, C., FERNÁNDEZ, R.; JAMILÉNA, M.** (2005). La inhibición del etileno promueve la masculinización y el retraso en la abscisión floral en calabacín (*Cucurbita pepo*). Actas portuguesas de Horticultura Volumen 4: Melhoramento, recursos genéticos e biotecnología Poscolheita e qualidade. pp: 158-164.

- PAYÁN, M.C.; PEÑARANDA, A.; ROSALES, R.; GARRIDO, D.; GÓMEZ, P.; JAMILENA, M. (2006). Ethylene mediates the induction of fruits with attached flower in zucchini squash. En: Cucurbitacea 2006 (Eds.: Holmes G.J.), Universal Press, Raleigh North Carolina USA. pp: 171-179.
- PEÑARANDA, A. (2010). Estudio de la maduración floral y la calidad del fruto en calabacín (*Cucurbita pepo*): implicación de los receptores de etileno. Tesis doctoral. Universidad de Almería.
- PEÑARANDA, A.; PAYÁN, M.C.; GARRIDO, D.; GÓMEZ, P.; JAMILENA, M. (2007). Production of fruits with attached flowers in zucchini squash is correlated with the arrest of maturation of female flowers. J. Hort .Sci. Biotechnol., 82: 579-584.
- PERL-TREVES, R. (1999). Male to female conversion along the cucumber shoot: approaches to studying sex genes and floral development in *Cucumis sativus*. En: Ainsworth CC (ed), Sex determination in plants. BIOS Scientific Publisher, Oxford, UK. pp: 189-216.
- PIERCE, L.K.; WEHNER, T.C. (1990). Review of genes and linkage groups in cucumber. HortScience., 25:605-615.
- PLANT & SOIL SCIENCES ELIBRARY (2012). [<http://passel.unl.edu/pages/informationmodule.php?idinformationmodule=1055959268&topicorder=7&maxto=11&minto=1>]. Última consulta: 13/11/12.
- POOLE, C.F.; PORTE, D.R. (1933). Pollen germination and development in the watermelon. Proceedings of the American Society of Horticultural Science., 30: 526-530.
- PUERTAS-MARTÍN, B. (2008). Partenocarpia en calabacín: comparación del desarrollo temprano del fruto en diferentes variedades comerciales y locales. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería.
- RECHE, J. (1997). Cultivo de calabacín en invernadero. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería.
- ROBERTS, J.A.; WHITELAW, C.A.; GONZÁLEZ-CARRANZA, Z.H.; MCMANUS, M.T. (2000). Cell separation processes in plants: models, mechanisms and manipulation. Ann Bot (Lond) 86:223-235. doi:10.1006/anbo.2000.1203
- ROBERTS, J.A.; ELLIOT, K.A.; GONZÁLEZ-CARRANZA, Z.H. (2002). Abscission, dehiscence, and other cell separation processes. Annu. Rev. Plant Biol., 53:131-158. doi:10.1146/annurev.arplant.53.092701.180236.
- ROBINSON, R.W. (1993). Genetic parthenocarp in *Cucurbita pepo* L. Cucurbit Genet. Coop. Rpt., 16: 55-57.

- ROBINSON R.W.; DECKER-WALTERS, D.S. (1999). Cucurbits. CAB International, New York.
- ROBINSON R.W.; REINERS, S. (1999). Parthenocarp in summer squash. Hortscience., 34: 715-717.
- ROSALES, R. (2007). Caracterización del proceso de abscisión floral en *Cucurbita pepo*. Inducción mediada por etileno. Tesis Doctoral. Departamento de Fisiología Vegetal de la Universidad de Granada. Ed. Universidad de Granada.
- ROSALES, R.; JAMILENA, M.; GÓMEZ, P. y GARRIDO, D. (2009). Hormonal control of floral abscission in zucchini squash (*Cucurbita pepo*). Plant Growth Regul (2009)., 58: 1-14.
- RUBIO-CABALLERO, A. (2010). Efecto de las auxinas sintéticas sobre la producción de etileno y la postcosecha en diferentes variedades de calabacín. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. Almería.
- RUDICH, J. (1990). Biochemical aspects of hormonal regulation of sex expression in cucurbits. In: Bates DM, Robinson RW, Jeffrey C (eds) Biology and utilization of the Cucurbitaceae. Cornell University Press, Ithaca, NY, pp: 269-280.
- RUDICH, J.; HALEVY, A.H.; KEDAR, N. (1969). Increase in femaleness of three cucurbits by treatment with Ethrel, an ethylene releasing compound. Planta., 86:69-76.
- RUDICH, J.; HALEVY, A.H.; KEDAR, N. (1972). Ethylene evolution from cucumber plants as related to sex expression. Plant. Physiol., 49:998-999.
- RYLSKI, I. (1974a). Effects of season on parthenocarpic and fertilized summer squash (*Cucumis pepo* L.). Expt. Agr., 10:39-44.
- RYLSKI, I. (1974b). Fruit set and development of several vegetable crops grown under low temperatura conditions. Proc. Intl. Hort. Congr., 3:375-385.
- RYLSKI, I.; B. ALONI. (1990). Parthenocarpic fruit set and development in Cucurbitaceae and Solanaceae under protected cultivation in a mild winter climate. Acta Hort., 287:117-126.
- SÁEZ-URÉNDEZ, V. (2007). Estudio de un producto alimentario de V gama a partir de calabacín (*Cucurbita pepo*). Efecto del tratamiento térmico sobre la textura y concentración de ácido ascórbico. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.
- SALISBURY, F. B., ROSS, C. W. (1992). Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, Belmont, CA, pp: 393-395.
- SALVEIT (JR) M.E.; MORRIS, L.L. (1990). Overview on chilling injury of horticultural crops. In: "Chilling injury of horticultural crops" (C.Y. Wang, ed), CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 3-15.

- SÁNCHEZ, C.M. (2006). Implicación del etileno en la expresión sexual del calabacín (*Cucurbita pepo* L.). Trabajo monográfico. Universidad de Almería.
- SÁNCHEZ, M.T. (2003). Procesos de elaboración de alimentos y bebidas 13: 339-376. Mundi- Prensa, Madrid. [<http://biblioteca-pdf.blogspot.fr/2012/11/procesos-de-elaboracion-de-alimentos-y.html>]. Última consulta: 15/11/12.
- SANT, J.L. (2012). Apuntes de fisiología vegetal. [<http://es.scribd.com/doc/54589896/33/DESARROLLO-DEL-FRUTO>]. Última consulta: 12/11/12.
- SANZ, M. (1995). Fitorreguladores para el calabacín. Hortofruticultura., 33: 46-48.
- SEDGLEY, M.; BUTTROSE, M.S. (1978). Some effects of light intensity, daylength and temperature on the flowering pollen tube growth in the watermelon (*Citrullus lanatus*) Annals of Botany., 42: 609-616.
- SEXTON, R. y ROBERTS, J.A. (1982). Cell Biology of abscission. Annual Review of Plant Physiology., 33: 133-162.
- SHISHIDO, Y.; HORI, Y.; SHIKANO, S. (1990). Effects of benzyl adenine on translocation and distribution of photoassimilates during fruit setting and development in cucumber plants. Journal of Japanese Society of Horticultural Science., 59:129-136.
- SIMSON, S.P.; STRAUS, M. C. (2010). Post-Harvest Technology of Horticultural Crops. Global Media. Jaipur, IND.
- SINNOTT, E.W. (1939). A developmental analysis of the relation between cell size and fruit size in cucurbits. American Journal of Botany., 26: 179-189.
- SOIS, A. (1980). Prove di conservazione a breve termine di zuchine. Istituto Sperimentale per la Valorizzazione Tecnologica dei Prodotti Agricoli. Milan.
- STRASSBURGER, E. (1994). Tratado de Botánica. 8va. edición. Omega, Barcelona.
- SULEIMAN, F.A.S.; SUWWAN, M.A. (1990). Effect of agritone on fruit set and productivity of summer squash (*Cucurbita pepo* L.) under plastic house conditions. Acta Hort., 4: 83-89.
- SUZUKI, E. (1969). Studies on the fruit development of greenhouse melon (*Cucumis melo* L.). I. On the relation between shape of stigma and number of seeds and on the pollen tube development and the hour of fertilitation. Journal of the Japanese Society of Horticultural Science., 38: 36-41.
- SZYMKOWIAK, E.J.; IRISH, E.E. (1999); Interactions between jointless and wild-type tomato tissues during development of the pedicel abscission zone and the inflorescence meristem. The Plant Cell., 11 (2): 159-175.

- TAKAHASHI, H.; JAFFE, M.J. (1984). Further studies of auxin and ACC induced feminization in the cucumber plant using ethylene inhibitors. *Phyton.*, 44:81-86.
- TAKASHIMA, S.; HATTA, S. (1955). Effect of phytohormones on parthenocarp in cucurbits. *J. Hort. Assn. Jpn.*, 24:59-61.
- TAKENO, K.; ISE, H. (1992). Partenocarpic fruit set and endogenous indole-3-acetic acid content in the ovary of *Cucumis sativus L.* *Journal of the Japanese Society of the Horticultural Science.*, 60: 941-946.
- TREBITSH, T.; RUDICH, J.; RIOV, J. (1987). Auxin, biosynthesis of ethylene and sex expression in cucumber (*Cucumis sativus*). *J. Plant. Growth. Regul.*, 5:105-113.
- VAROQUAUX, F.; BLANVILLAIN, R.; DELSENY, M.; GALLOIS, P. (2000). Less is better: New approaches for seedless fruits production. *Trends Biotechnol.*, 18:233-242.
- WANG, C.H.; ADAMS, D.O. (1982). Chilling-induced ethylene production in cucumbers (*Cucumis sativus L.*). *Plant. Physiol.*, 69: 424-427.
- WAKABAYASHI, K. (2000). Changes in cell wall polysaccharides during fruit ripening. *J.Plant Res.*, 38: 36-41.
- WANG, C.Y. (1996). Temperature preconditioning affects ascorbate antioxidant system in chilled zucchini squash. *Postharvest Biology and Technology.*, 8: 29-36.
- WANG, C.Y. (2006). Reducing chilling injury and maintaining quality of horticultural crops with natural products and their derivatives. *Acta Horticulturae.*, 712:285-290.
- WAREHAM, P.D.; PERSAUD, K.C. (1999). On-line analysis of simple atmospheres using membrane inlet mass spectrometry as a method of monitoring vegetable respiration rate. *Analytica Chimica Acta.*, 394: 43-54.
- WIEN, H.C. (1997). The cucurbits: cucumber, melon, squash and pumpkin. En: Wien HC (ed), *The physiology of vegetable crops.* CAB International, New York, pp: 345-386.
- WIEN, H.C.; STAPLETON, S.C.; MAYNARD, D.N.; MC CLURG, C.; RIGGS, D. (2004). Flowering, sex expression, and fruiting of pumpkin (*Cucurbita sp.*) cultivars under various temperatures in greenhouse and distant field trials. *HortScience.*, 39:239-242.
- WONG, C.Y. (1941). Chemically induced parthenocarp in certain horticultural plants with special references to watermelon. *Botanical Gazette.*, 103: 64-84.
- WRIGHT, M. y OSBORNE, D.J. (1974). Abscission in *Phaseolus vulgaris*. The positional differentiation and ethylene-induced expansion growth of specialised cells. *Planta.*, 120:163-170.

YAMASAKI, S., FUJII, N., MATSUURA, S., MIZUSAWA, H. Y TAKAHASHI, H. (2001). The *M* locus and ethylene-controlled sex determination in andromonoecious cucumber plants. *Plant Cell Physiology.*, 42(6): 608-619.

YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. (1984). Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology.*, 35:155-189.