



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA

**“EFECTOS DEL ETILENO Y EL 1-MCP SOBRE LA
CALIDAD POSCOSECHA DE LOS FRUTOS DE
DIFERENTES VARIEDADES DE CALABACÍN
CONSERVADOS EN FRÍO”**

Alumno: Miguel Ángel Giménez Miralles

Directores:

Dr. Manuel Jamilena Quesada

Dña. Zoraida Megías Sierra

ÍNDICE

1. INTERÉS Y OBJETIVOS	13
1.1 Importancia actual del calabacín en España y Almería	13
1.2. Interés de la investigación.....	13
1.3. Objetivos de la investigación	14
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. Calabacín	15
2.1.1. Origen y utilización.....	15
2.1.2. Clasificación taxonómica	16
2.1.3. Descripción botánica	17
2.1.4. Descripción morfológica	18
2.1.5. Principales morfotipos de <i>Cucurbita pepo</i>	21
2.1.6. Requerimientos edafoclimáticos del calabacín.	24
2.1.6.1. Temperatura.....	24
2.1.6.2. Humedad.....	25
2.1.6.3. Luminosidad.	26
2.1.6.4. Suelo.	26
2.2. Floración de <i>Cucurbita pepo</i>	26
2.3. Fructificación de <i>Cucurbita pepo</i>	27
2.3.1. Polinización.....	27
2.3.2. Desarrollo del fruto	28
2.3.3. Partenocarpia en calabacín	29
2.3.4. Uso de fitoreguladores para inducir la partenocarpia	31
2.4. Papel del etileno y el 1-MCP en calabacín	33

2.4.1. Papel del etileno en el desarrollo del calabacín	33
2.4.1.2. Regulación de la síntesis del etileno.	34
2.4.1.3. Percepción de etileno	35
2.4.1.4. Ruta de transducción de la señal de etileno.....	35
2.4.2. Papel del 1-MCP en el desarrollo del calabacín	36
2.4.2.1. Efecto del 1-MCP en frutas y hortalizas	37
2.4.2.2 Factores que influyen en la efectividad de los tratamientos con 1-MCP....	41
2.5. Recolección y comercialización de calabacín	42
2.5.1. Normas de comercialización.....	43
2.5.1.1. Normas europeas.	43
2.5.1.2. Normas autonómicas.	44
2.6. Tecnología de la poscosecha	49
2.6.1. Factores biológicos que influyen en el deterioro de los frutos en poscosecha ..	50
2.6.1.1. Respiración.....	50
2.6.1.2. Producción de etileno.	50
2.6.1.3 Cambios en la composición.....	51
2.6.1.4 Transpiración.....	52
2.6.1.5 Desordenes fisiológicos.....	53
2.6.1.6 Daños físicos	53
2.6.1.7. Desordenes patológicos.....	54
2.6.2. Conservación poscosecha de hortalizas	54
2.6.3. Daños por frío	55
2.6.4. Marchitamiento y pérdidas de peso	56
3. MATERIAL Y MÉTODOS	57
3.1. Emplazamiento del ensayo	57

3.2. Técnicas de cultivo	58
3.2.1. Instalaciones	58
3.2.1.2. Sistema de riego	59
3.2.1.3. Sustrato	60
3.2.1.4. Condiciones ambientales	61
3.3. Material vegetal	62
3.4. Manejo y labores de cultivo	64
3.4.1. Siembra.....	64
3.4.2. Plantación	65
3.4.3. Poda y aclareo	66
3.4.4. Tratamientos fitosanitarios	66
3.4.5. Entutorado	66
3.4.6. Recolección, tratamiento y almacenamiento.....	66
3.4.7. Plagas y enfermedades	67
3.4.8. Fisiopatías.....	68
3.5. Parámetros medidos en el ensayo y modo de actuación	69
3.5.1. Pérdida de peso.....	69
3.5.2. Textura	70
3.5.3. Daños frío.....	71
3.5.4. Color.....	72
3.5.5. Producción de CO ₂	73
3.5.6. Producción de etileno	74
3.6. Tratamiento estadístico	75
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	77
4.1. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la pérdida de agua.....	77

4.1.1. Efecto de los tratamientos en cada una de las variedades.....	77
4.1.2. Diferencia entre variedades en función del tratamiento.....	79
4.2. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la firmeza.....	81
4.2.1. Efectos de los tratamientos en cada una de las variedades	81
4.2.2. Diferencia entre variedades en función del tratamiento.....	84
4.3. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre los daños por frío.....	86
4.3.1. Efectos de los tratamientos en cada una de las variedades	86
4.3.2. Diferencia entre variedades en función del tratamiento.....	87
4.4. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre el color del fruto	89
4.4.1. Comparación de la evolución del color del fruto en diferentes variedades	89
4.4.2. Efecto de los tratamientos sobre el color del fruto	92
4.5. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la producción de CO ₂	97
4.5.1. Comparación de la evolución de la producción de CO ₂ en diferentes variedades	97
4.5.2. Efectos de los tratamientos en cada una de las variedades	98
4.6. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la producción de etileno ..	101
4.6.1. Comparación de la evolución de la producción de CO ₂ en diferentes variedades	101
4.6.2. Efectos de los tratamientos en cada variedad	102
5. CONCLUSIONES	105
6. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	107
6.1. Bibliografía:.....	107
6.2. Webgrafía:	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Detalle de hojas, semillas y frutos de cuatro especies cultivadas del género <i>Cucurbita</i>	17
Figura 2. Planta de calabacín.....	18
Figura 3. Morfología de la flor femenina de <i>Cucurbita pepo</i>	19
Figura 4. Morfología de la flor masculina de <i>Cucurbita pepo</i>	19
Figura 5. Semillas de calabacín.....	21
Figura 6. Morfotipos de <i>C. pepo</i> ssp. <i>pepo</i>	23
Figura 7. Polinizador originario del calabacín: <i>Peponapis</i> ssp.	28
Figura 8. Esquema de la ruta de biosíntesis del etileno (Yang y Hoffman, 1984).	34
Figura 9. Esquema de la ruta de transducción de la señal de etileno. Tomado de Manzano, 2009.	36
Figura 10. Localización del T.M. de Almería (Almería).	57
Figura 11. Localización de la finca UAL-ANECOOP. Fuente: Instituto de cartografía andaluza.	57
Figura 12. Vista exterior del invernadero tipo multitúnel donde se realizó el ensayo	58
.....	58
Figura 13. Vista interior del invernadero tipo multitúnel donde se realizó el ensayo.....	58
Figura 14. Distribución de las líneas portagotos.	60
Figura 15. Clasificación climática. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente.	61
Figura 16. Plántulas de calabacín en el semillero.....	64
Figura 17. Trasplante de las plántulas en el invernadero	64
Figura 18. Distribución de las variedades cultivadas en el invernadero.	65

Figura 19. Frutos apuntados y malformados.....	69
Figura 20. Balanza de precisión.	69
Figura 21A (izquierda). Texturómetro del laboratorio 222 de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Almería. Figura 21B (derecha). Cabezal utilizado para realizar el ensayo de penetración en el fruto.	70
Figura 22. Gráfico de un ensayo de textura con un texturómetro Stable Microsystem TA-XTPlus.....	71
Figura 23A. Calabacines de la variedad “Cronos” con un CI bajo (1-1,5) B Calabacines de la variedad “Sinatra” con un CI alto (3-4).....	72
Figura 24. El espacio de color L*, C* y h* (Boscarol, 2007).....	73
Figura 25. Analizador fijo de O ₂ / CO ₂ “CheckMate II”	74
Figura 26. Botes utilizados para la acumulación de etileno.....	75
Figura 27. Cromatógrafo de gases utilizado para medir etileno.	75
Figura 28. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la pérdida de agua en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 7 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.....	78
Figura 29. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la pérdida de agua en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 14 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.....	78
Figura 30. Comparación del porcentaje de pérdida de agua a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.	79
Figura 31. Comparación del porcentaje de pérdida de agua a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con 1-MCP antes de su conservación en frío.....	80

Figura 32. Comparación del porcentaje de pérdida de agua a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con etileno antes de su conservación en frío.	81
Figura 33. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la firmeza medida en los frutos de 9 variedades de calabacín inmediatamente después del tratamiento.	83
Figura 34. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la firmeza en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 7 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.....	83
Figura 35. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la firmeza en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 14 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.....	83
Figura 36. Comparación de la firmeza a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío	85
Figura 37. Comparación de la firmeza a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con 1-MCP antes de su conservación en frío.....	85
Figura 38. Comparación de la firmeza a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con etileno antes de su conservación en frío.	85
Figura 39. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre los daños frío en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 7 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.....	87
Figura 40. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre los daños frío en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 14 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.....	87

Figura 41. Comparación de daños frío a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.....	88
Figura 42. Comparación de daños frío a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con 1-MCP antes de su conservación en frío.	88
Figura 43. Comparación de los daños frío a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con etileno antes de su conservación en frío.	89
Figura 44. Comparación de la luminosidad a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.	90
Figura 45. Comparación del croma (C) a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.....	91
Figura 46. Comparación del tono o matiz (h) a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.	92
Figura 47. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la luminosidad medida a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín.	93
Figura 48. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre el croma medido a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín.	94
Figura 49. Dibujo sobre los diferentes espectros de la colorimetría.	95
Figura 50. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre el tono medido a los 0 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín.	96

Figura 51. Comparación de producción de CO ₂ a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.....	98
Figura 52. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la producción de CO ₂ medida en los frutos de 9 variedades a los 0, 7 y 14 días.	100
Figura 53. Comparación de la producción de etileno a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.....	102
Figura 54. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la producción de etileno medida en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 7 y 14 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temperaturas críticas para el cultivo de calabacín en las distintas fases de su desarrollo.	25
Tabla 2: Rangos de humedad óptimos para el desarrollo del fruto de calabacín en invernadero.....	25
Tabla 3: Intervalos de ph óptimos para el desarrollo del cultivo de calabacín.	26
Tabla 4: Efecto del 1-MCP sobre el metabolismo del fruto y la calidad organoléptica.....	37
Tabla 5: Efecto del 1-MCP la calidad nutritiva y los compuestos bioactivos. ↑: Aumenta, ↓: disminuye y ↔: no afecta.....	39
Tabla 6. Efecto del 1-MCP sobre desórdenes fisiológicos durante el almacenamiento.....	40
Tabla 7. Periodo de recolección del calabacín según la fecha de siembra.	42

1. INTERÉS Y OBJETIVOS

1.1 Importancia actual del calabacín en España y Almería

El calabacín (*Cucurbita pepo* L.) es una de las hortícolas más importantes dentro de la agricultura intensiva almeriense. Andalucía es el principal productor español, acaparando el 82,14% de la producción y el 67,33% de la superficie. Dentro del territorio nacional, Almería representa el 70,19% de la producción y el 63,59% de la superficie (Anuario de estadística. Ministerio de Agricultura, pesca y medio ambiente, 2011). Estos datos son fiel reflejo de la importancia que tiene Almería en el cultivo de esta cucurbitácea, situándose líder indiscutible en la producción española. La productividad y rentabilidad de este cultivo depende de características relacionadas con la calidad y conservación de los frutos frescos. La vida comercial de un fruto es un carácter de suma importancia a la hora de su comercialización, especialmente en Almería, donde la mayor parte de los productos hortofrutícolas que se producen se exportan a Europa conservándose en frío durante este transporte.

1.2. Interés de la investigación

El conocimiento que se tiene de los factores fisiológicos y genéticos que influyen en vida comercial de los frutos en las especies no climatéricas como el calabacín es muy pobre. El fruto de calabacín se cosecha antes de alcanzar la madurez fisiológica, y su vida comercial es muy corta, sufriendo las variedades comerciales actuales de calabacín problemas de ablandamiento y daños por frío durante su transporte y comercialización. La pérdida de agua en calabacines es un problema serio y común en poscosecha. Una vez recolectados, la pérdida de firmeza y el marchitamiento progresan rápidamente a menos que se les enfríe de inmediato para el almacenamiento a corto plazo. A pesar de que el almacenamiento en frío puede atenuar el ablandamiento de los frutos de calabacín, cuando éstos pasan de nuevo a temperatura ambiente, se manifiestan un conjunto de daños que hacen que los frutos pierdan su valor comercial. Los daños por frío son, por tanto, desórdenes fisiológicos que ocurren en los frutos de origen tropical o subtropical sometidos a bajas temperaturas aunque por encima del punto de congelación (Martínez-Téllez *et al.*, 2002). Las células de

los frutos sensibles sufren una serie de daños a nivel de la membrana plasmática y pared celular que se manifiestan como síntomas visibles en el fruto. En calabacín, los síntomas que siguen al daño por frío son el deterioro de la calidad visual y sensorial, picado (pitting) de la superficie, y un progreso rápido del manchado o pardeamiento (Martínez-Téllez *et al.*, 2002). En sandía y pepino, dos cucurbitáceas no climatéricas como el calabacín, el ablandamiento del fruto se ha relacionado con un aumento en la concentración de etileno durante su conservación (Karakurt y Huber, 2004; Lima *et al.*, 2005). Además, 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, 2002; Lima *et al.*, 2005; Mao *et al.*, 2004).

1.3. Objetivos de la investigación

En este proyecto se pretende estudiar el comportamiento poscosecha de los frutos de nueve variedades de calabacín cuando se tratan con etileno o su inhibidor el 1-metilciclopropeno (1-MCP). Los resultados nos permitirán determinar el papel del etileno en la poscosecha de diferentes variedades de calabacín durante su conservación en frío. Se han analizado 8 variedades híbridas de calabacín “*Alexander*”, “*Blas*”, “*Celeste*”, “*Cronos*”, “*Janto*”, “*Natura*”, “*Sinatra*” y “*Victoria*” y una variedad local, “*Muc16*”.

Los objetivos específicos son:

1. Estudiar el efecto los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la producción de etileno en frutos de las diferentes variedades conservados a 4°C durante 14 días.
2. Determinar el efecto de los tratamientos poscosecha sobre la firmeza y la pérdida de peso en frutos de las diferentes variedades conservados a 4°C durante 14 días.
3. Evaluar el efecto de los tratamientos poscosecha sobre los daños por frío de los frutos de las diferentes variedades.
4. Estudiar la correlación entre la producción de etileno y las mermas en la calidad poscosecha de los frutos durante su frigoconservación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Calabacín

2.1.1. Origen y utilización

El calabacín (*Cucurbita pepo* ssp. *pepo*), pertenece al género *Cucurbita*, uno de los géneros cultivados más importantes económicamente. Está compuesto por unas veintidós especies salvajes y cinco especies cultivadas (Decker, 1988). Las especies cultivadas son *C. pepo*, *C. moschata*, *C. maxima*, *C. ficifolia* y *C. argirosperma*, siendo las tres primeras las más importantes económicamente y las más ampliamente distribuidas. *Cucurbita* es un género de origen americano, caracterizado por sus hojas grandes palmeadas, por sus flores amarillo-anaranjadas productoras de néctar y polinizadas por abejas, y por sus frutos grandes, duros, esféricos e indehiscentes. La mayoría de las especies de este género son mesófilas con sistemas radiculares fibrosos y monoicas (Paris, 2001; Nee, 1990). *C. pepo* es la especie cultivada con mayor importancia económica a nivel mundial del género *Cucurbita*, así como la más polimórfica. Este polimorfismo se manifiesta especialmente en sus frutos (tamaño, forma, color, patrón de coloración, textura, etc) pero también en características vegetativas tales como hábito de crecimiento, longitud y grosor de los entrenudos, tamaño de las hojas, etc. Actualmente se cree que han existido al menos dos domesticaciones independientes de *C. pepo*, una en Méjico y otra en el Este de Estados Unidos. Esta idea está apoyada por hallazgos arqueológicos que ponen de manifiesto la domesticación de *C. pepo* desde hace más de 4000 años en tres sitios bastante alejados de Norte América, concretamente en el sureste y noroeste de Méjico, en el este de Estados Unidos (Paris,2001). Los datos de estudios aloenzimáticos (Decker, 1988) y estudios filogenéticos con ADN mitocondrial (Sanjur *et al.*,2002) y marcadores RAPDs, AFLPs, ISSR y SSR han puesto de manifiesto que estas domesticaciones dieron lugar a dos linajes, que actualmente se clasifican como dos subespecies, *C. pepo* spp. *pepo* y *C. pepo* spp. *ovifera*. La primera subespecie fue domesticada desde un progenitor desconocido hace unos 10000 años en Méjico: mientras que la segunda se cree que proviene de una domesticación posterior (hace unos 5000 años) en el este de Estados Unidos desde la especie salvaje *C. pepo* spp. *ovifera* variedad *ozarcana*. El calabacín se corresponde con variedades el morfotipo *Zucchini*. La palabra *Zucchini* proviene del diminutivo en plural

de la voz italiana “zucca” que significa calabaza de verano. Es la variedad más reciente de *C. pepo*, ya que se diversificó en Italia más tarde que las otras variedades y de forma más restringida. De hecho, la primera descripción de la morfología del calabacín actual la realizó Tamaro en 1901 (Paris, 2001). Posteriormente se introdujo en Estados Unidos desde Italia durante los años veinte, y en tan solo diez años se constituyó como un grupo bien definido (Paris, 1989). Las variedades de Zucchini que se cultivan actualmente son híbridos mejorados en América en los últimos 50 años, obtenidos a partir de variedades italianas, en su mayoría de frutos verde oscuro o amarillo, habiéndose convertido en la calabaza de verano más importante económicamente.

El calabacín tipo *Zucchini* se caracteriza por sus frutos cilíndricos, nada o poco afilados, con una relación longitud-anchura de 3,5 a 4,5. En la mayoría de los casos el fruto es verde oscuro imponiéndose sobre los tipos amarillentos iniciales. Es una planta rastrera y monoica, con flores unisexuales axilares.

2.1.2. Clasificación taxonómica

Familia: Cucurbitaceae

Subclase: Metaclamídeas

Clase: Dicotiledóneas

Subtipo: Angiospermasie

Tipo: Fanerógamate

Especie: *Cucurbita pepo*

Subespecie: *pepo*

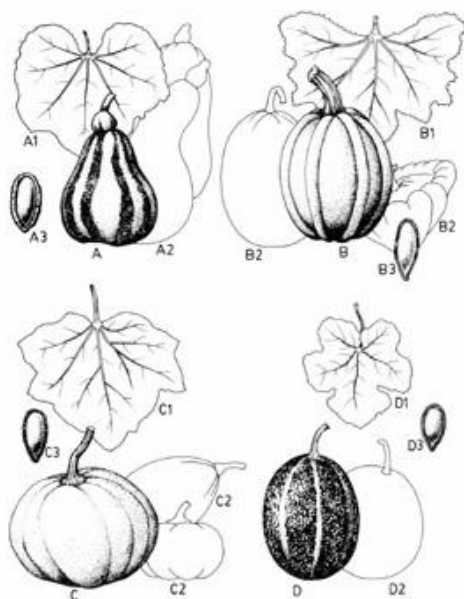
2.1.3. Descripción botánica

Pertenece a la Subclase Metaclamídeas, por tener flores pentámeras, de corola gamopétala y estambres insertos en ella. Clase Dicotiledóneas, ya que sus embriones poseen dos cotiledones con hojas no paralelinervias, Subtipo Angiospermas, por tener los óvulos insertos en el ovario, y por tanto las semillas dentro del fruto. Tipo Fanerógamas, se reproducen por semillas y tienen flores. Por ser una planta superior puede observarse una clara división de sus funciones fisiológicas distinguiéndose los órganos encargados de la nutrición y de la reproducción, a la Familia *Cucurbitaceae*, especie *Cucurbita pepo* L. ssp. *pepo*. Las especies del género *Cucurbita* han sido divididas tradicionalmente en dos grandes grupos:

Especies xerofíticas, perennes y con raíces tuberiformes, especies del hábitat mesolítico, anuales o perennes de vida corta, cuyas raíces son fibrosas.

Dentro de este último grupo se incluyen las cinco especies cultivadas del género:

- A) *C. pepo*,
- B) *C. maxima*,
- C) *C. moschata*,
- D) *C. argyrosperma* Huber y
- E) *C. ficifolia* Bouché (Nee, 1990).



A. *Cucurbita argyrosperma*, A1 hoja; A2. frutos; A3. semilla;

B. *Cucurbita pepo*; B1. hoja; B2. frutos; B3. semilla;

C. *Cucurbita moschata*; C1. hoja; C2. frutos;

D. *Cucurbita ficifolia*; D1. hoja; D2. frutos; D3. semilla.

Figura 1. Detalle de hojas, semillas y frutos de cuatro especies cultivadas del género *Cucurbita*.

2.1.4. Descripción morfológica

El calabacín es una planta anual, de crecimiento indeterminado y vegetación compacta (Figura 2).



Figura 2. Planta de calabacín.

La raíz del calabacín es axonomorfa, alcanzando ésta un gran desarrollo en relación con las raíces secundarias, las cuales se extienden superficialmente. Pueden aparecer raíces adventicias en los entrenudos de los tallos cuando se ponen en contacto con tierra húmeda (Reche, 1997). El tallo es principal con atrofia de brotaciones secundarias y tiene un crecimiento en forma sinuosa (Camacho, 2002), no erecto, alcanzando gran desarrollo. Es áspero al tacto, cilíndrico, de superficie pelosa, grueso, consistente, con entrenudos cortos de donde parten hojas, flores, frutos y numerosos zarcillos de 10-20 cm de longitud, delgados y que nacen junto al pedúnculo del fruto (Reche, 1997). El calabacín tiene grandes hojas, sostenidas por fuertes y alargados pecíolos. Estos parten directamente del tallo, alternándose en forma helicoidal. El limbo de la hoja es grande. Tiene el haz glabro y el envés muy áspero y recubierto de pelos cortos. El borde de las hojas es dentado con lóbulos pronunciados, presentando profundas entalladuras pero sin llegar al nervio medial, y palmeada por presentar cinco grandes segmentos. El pecíolo es largo, hueco, consistente, con pelos rígidos en la superficie y áspero al tacto, de cortas y finas vellosidades y pequeñas espinas distribuidas a lo largo del mismo. (Reche, 1997). 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 (Delgado, 1999). (**Figura 3**).

Con temperaturas bajas y días cortos se propicia la formación de flores femeninas, mientras que con temperaturas altas y gran luminosidad son las flores masculinas las que se ven favorecidas en su formación. La polinización es entomófila, lo que favorece la alogamia o polinización cruzada (Reche, 1997). 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, abriendo las flores masculinas una media hora antes que las femeninas, manteniéndose este estadio fenológico de 5 a 6 horas.



Figura 3. Morfología de la flor femenina de *Cucurbita pepo*.



Figura 4. Morfología de la flor masculina de *Cucurbita pepo*.

Las flores de calabacín constan de las siguientes partes:

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. 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 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, simetría actinomorfa 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, por lo que se denomina flor fanerostémona, careciendo del cuarto verticilo floral.

Gineceo: las flores femeninas carecen del tercer verticilo floral y cuentan con un cuarto verticilo formado por tres carpelos fusionados en un solo ovario y prolongados en tres pistilos. El ovario de las flores femeninas es ínfero, 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 2 partes (Reche, 1997).

Las semillas de *C. pepo* tienen un color crema uniforme que las diferencia del resto de las especies (Decker-Walters *et al.*, 2002). Son ovals, alargadas, puntiagudas, lisas, con un surco longitudinal paralelo al borde exterior, de 1,5 centímetros longitud, 0,6-0,7 centímetros de anchura y 0,1-0,2 centímetros de grosor (Reche, 1997).



Figura 5. Semillas de calabacín

2.1.5. Principales morfotipos de *Cucurbita pepo*

C. pepo es una especie cosmopolita, cuyo éxito de su distribución se debe a su gran capacidad de adaptación a un amplio rango de condiciones ecológicas, pudiendo cultivarse desde el nivel del mar hasta altitudes elevadas y en suelos de diversa naturaleza. Además, sus frutos, semillas y flores tienen multitud de utilidades en todo el mundo. Las semillas de esta especie se consumen tostadas, asadas o molidas en guisos siendo muy apreciadas, así como sus frutos, en estado maduro e inmaduro. En mercados de zonas urbanas, los frutos inmaduros de *C. pepo* son más apreciados que los del resto de especies de *Cucurbita*. A este tipo pertenecen los calabacines. Igualmente sus flores son preferidas a las de *C. moschata* en algunas regiones de Méjico, debido a su menor pubescencia y su mejor digestibilidad, consumiéndose como verdura cocida o frita. Además. Los frutos de muchos cultivares de *C. pepo* de corteza lignificada pueden emplearse como recipientes. Adicionalmente, las plantas y frutos de esta especie se emplean en la medicina tradicional y como ornamentales.

Paris (2001) clasificó los tipos cultivados comestibles de *C. pepo* en 8 morfotipos o variedades botánicas: *Pumpkin*, *Vegetable Marrow*, *Cocozelle* y *Zucchini* se incluyen en la ssp. *Pepo*; mientras que *Scallop*, *Acorn*, *Crookneck* y *Straightneck* pertenecen a la ssp. *Ovifera* (**Figura 5**).

Los frutos de los morfotipos *Pumpkin* y *Acorn* se consumen en estado maduro, aproximadamente 40 días después de la antesis, mientras que los restantes morfotipos se consumen en estado inmaduro, aproximadamente 7 días después de la antesis. El morfotipo “Pumpkin”, también denominado *C. pepo* L. var. *pepo* Bailey, incluye frutos esféricos u ovals, con extremos redondeados o planos, que pueden presentar surcos, costillas o verrugas y alcanzar 25 Kg. de peso. Debido a la gran variabilidad que presenta, se han establecido subgrupos dentro de este morfotipo.

El morfotipo *Vegetable Marrow* es muy utilizado en Oriente medio y en el norte de África. Sus frutos, de corteza lignificada, están ensanchados en la parte distal y son alargados, con un ratio longitud/anchura que varía de 2 a 3.

Los frutos del morfotipo *Cocozele*, *C. pepo* L. son largos y bulbosos en el extremo distal, con un ratio longitud/anchura superior a 3.5.

El morfotipo *Zucchini* es actualmente el más importante económicamente y se encuentra distribuido por todo el mundo. Sus frutos, llamados comúnmente calabacines, son cilíndricos y presentan un ratio longitud/anchura superior a 3.5. Los tipos amarillentos iniciales han sido desplazados en la actualidad por tipos verdes.

Los frutos del morfotipo *Scallop* son aplastados, lignificados, generalmente discoidales y con márgenes festoneados. Actualmente, los colores amarillos son preferidos a los blancos o verdes pálidos.

El morfotipo “Acorn” también conocido como *Table Queen*, se compone de frutos ovoides o cónicos, con 10 surcos profundos. Casi todos los cultivares modernos tienen frutos de color verde.

Los frutos del morfotipo *Crookneck*, son alargados y presentan un cuello curvado, largo y fino, siendo la mayoría amarillos y verrugosos. Las plantas muestran mayoritariamente un hábito de crecimiento arbustivo.

Por último, el morfotipo *Straightneck* incluye frutos cilíndricos, amarillentos, verrugosos y ensanchados en el extremo distal, con un cuello corto y estrecho en el extremo peduncular.



“Scallop”

“Crookneck”

“Cococelle”



“Vegetable marrow”

“Straightneck”

“Acorn”



“Zucchini”

“Pumpkin”

Figura 6. Morfotipos de *C. pepo* ssp. *pepo*.

2.1.6. Requerimientos edafoclimáticos del calabacín.

El calabacín es una planta muy extendida por zonas con climas templados o cálidos, al igual que otras cucurbitáceas. No es muy exigente en altas temperaturas, menos que el melón, pepino y sandía; y de mayor rusticidad que estos cultivos. Sin embargo, es sensible al frío y a las heladas, por lo que en cultivo al aire libre solo son posibles pasadas las épocas de heladas a principios de la primavera. En Almería, la mayor rentabilidad del calabacín se obtiene en otoño e invierno, épocas en donde las variables climáticas pueden afectar a su desarrollo. Es conveniente conocer y analizar dichos factores y su influencia sobre la planta para modificarlos en beneficio del cultivo o en último extremo, suprimir, adelantar o retrasar la siembra o semillero (Reche, 1997).

2.1.6.1. Temperatura

La temperatura óptima del suelo en esta etapa 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).

Fases del cultivo	T ^a óptima	T ^a mínima	T ^a máxima
Siembra (T ^a del suelo)	20-25	15	40
Desarrollo vegetativo	25-30	10	35
Floración	20-25	10	35

Tabla 1. Temperaturas críticas para el cultivo de calabacín en las distintas fases de su desarrollo.

2.1.6.2. 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 en torno al 95%.

El rendimiento del cultivo de calabacín depende en gran medida de la disponibilidad de agua existente en el suelo. Si nos salimos de los rangos óptimos podemos sufrir alteraciones, que pueden perjudicar nuestro cultivo.

Humedad	Rango óptimo
Humedad del aire	65-80%
Humedad del suelo	95%

Tabla 2: Rangos de humedad óptimos para el desarrollo del fruto de calabacín en invernadero

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).

2.1.6.3. Luminosidad.

Es una planta de día neutro (Camacho, 2002). 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).

2.1.6.4. 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.

pH	Rango óptimo
pH del suelo	5-6,6,8

Tabla 3: Intervalos de pH óptimos para el desarrollo del cultivo de calabacín.

2.2. Floración de *Cucurbita pepo*.

El calabacín es una especie monoica, en la que las flores masculinas o femeninas se desarrollan en las axilas de cada hoja a lo largo del desarrollo de la planta. Esto hace que el cuajado del fruto de esta especie sea dependiente de polinizadores o de tratamientos químicos con auxinas sintéticas que inducen partenocarpia.

En relación a la expresión sexual, en el eje principal de una planta de calabacín se pueden distinguir tres fases de desarrollo. En la primera fase, las flores que se producen son todas masculinas, por lo que su duración determina la precocidad del cultivo. La segunda fase comienza con el desarrollo de la primera flor femenina, y se caracteriza por una alternancia de flores femeninas y masculinas y una tercera fase de desarrollo femenino en la que la planta únicamente produce flores femeninas, no obstante el patrón de desarrollo puede ser alterado a consecuencia de condiciones ambientales u hormonales o por el genotipo de la variedad que consideremos (Manzano, 2009).

2.3. Fructificación de *Cucurbita pepo*

2.3.1. Polinización

La polinización en el cultivo de calabacín, consiste en la transferencia del polen desde la antera de la flor masculina al estigma de la flor femenina, una transferencia mecánica esencial para el cuajado del fruto. Al entrar en contacto, el polen se adhiere al estigma, germinando. El tubo polínico crecerá en dirección al ovario, el gameto masculino se unirá al gameto femenino a través del tubo polínico, formando el cigoto; de esta forma se permite el desarrollo del fruto que protegerá a las semillas. La forma de los frutos nos indica si la polinización ha sido la adecuada. Un fruto simétrico, de buen peso, bien desarrollado, buen color, es indicador de que la polinización ha sido buena. *Cucurbita pepo*, al ser una planta entomófila de polinización cruzada, su polinización se realiza a través de insectos, principalmente abejas, y aunque otros insectos puedan ser vectores, su influencia es mínima. De todas formas, no está generalizado el uso de colmenas en el cultivo de calabacín tal y como sucede en los cultivos de otras cucurbitáceas como sandía (Reche, 1997). Los insectos acuden a las flores en busca de polen como fuente de proteínas, pero al quedar parte del polen en su superficie, es transportado por el vector a una nueva flor, sirviendo de un vehículo polinizador muy efectivo. A esto también han contribuido las adaptaciones de los polinizadores, como por ejemplo, la cubierta de pelos que presentan las abejas y abejorros, que permiten una mayor adherencia del polen al cuerpo de estos insectos.

El clima, es determinante en la actividad polinizadora de la abeja, a temperaturas inferiores a 10° C, una nubosidad superior al 70%, o con una intensidad de viento superior a 7, las abejas vuelven a la colmena. Por tanto, en los cultivos de otoño e invierno en invernadero, la baja actividad de los polinizadores hace necesario el uso de fitoreguladores para inducir el cuajado y el crecimiento de los frutos. Los abejorros, *Bombus terrestris*, aunque su actividad se ve menos influenciada por las condiciones climáticas, manteniendo la misma incluso con temperaturas de 5° C y con baja intensidad de luz, son menos eficaces que las abejas para polinizar la flores de calabacín. El calabacín tiene su origen en México y es allí donde se encuentran sus polinizadores autóctonos: *Peponapis sp* y

Xenoglossa sp. (Por tanto el uso de otros polinizadores distintos disminuye la eficiencia de la polinización (Nepi, 1993).



Figura 7. Polinizador originario del calabacín: *Peponapis* sp.

A pesar que la utilización de vectores polinizadores supone una ventaja para el cultivo debido a que evita el uso de fitorreguladores, sin embargo en ocasiones limita el empleo de fitosanitarios para evitar daños en el cultivo promovido por plagas típicas de los invernaderos, que en ocasiones puede provocar la pérdida de la producción. Si se usan dichos fitosanitarios se deben retirar las colmenas el día anterior a la aplicación y éstas no volverán a ser colocadas en el invernadero hasta pasado el plazo de seguridad correspondiente. Durante esos días quedaría fruto sin polinizar y por lo tanto habría pérdidas de productividad.

2.3.2. Desarrollo del fruto

Cuando el polen de la misma u otra planta entra en contacto con el estigma de la flor femenina, éste germina en menos de 30 minutos en condiciones normales (Suzuki, 1969; Sedgley y Buttrose, 1978). Los tubos polínicos se extienden a lo largo del tejido de conducción del estilo hasta el ovario y los 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). Para una polinización acertada, tanto las flores masculinas como las femeninas deben de abrirse el mismo día (Rylski y Aloni, 1990). En días fríos las flores femeninas abren antes que las masculinas, retrasando el cuaje. Hay indicaciones de que las altas temperaturas y las condiciones de baja luminosidad tienen el efecto opuesto (Wien, 1997).

El desarrollo del ovario hasta convertirse en fruto se divide en tres fases:

- Fase I o de división celular: durante esta fase el crecimiento del fruto es casi exponencial debido a una intensa división celular.
- Fase II o de expansión celular: de crecimiento lineal del fruto debido a la expansión de las nuevas 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.

Hasta la antesis, el ovario se está dividiendo y creciendo a la vez, la división celular cesa durante la antesis, produciéndose de dentro a fuera del ovario (Sinnott, 1939). Ya en la madurez las células mayores son las de la capa interna, siendo las más pequeñas las externas que se espesan para formar una capa dura. El patrón de crecimiento del fruto en *C. pepo* está caracterizado por una fase inicial lineal de tipo logarítmico, seguida de una disminución en el índice de crecimiento de forma gradual. El tamaño de los frutos también depende directamente del número de frutos producidos por planta. El crecimiento del fruto está regulado por las hormonas de la semilla o de la pared del ovario (en frutos partenocárpicos). Las giberelinas estimulan el cuajado 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 ABA, como estimulador de la síntesis de etileno, estaría relacionado con la maduración y abscisión del fruto.

2.3.3. Partenocarpia en calabacín

La partenocarpia es el cuajado y crecimiento del fruto en ausencia de fecundación del óvulo y de la formación de semillas. Normalmente, la fecundación del óvulo y la formación de la semilla promueven el desarrollo del ovario y la formación del fruto. El óvulo fecundado y la semilla son fuente de una serie de hormonas tales como auxinas y giberelinas, responsables del crecimiento de los tejidos adyacentes para formar el fruto. Cuando la fecundación del ovulo y formación de la semilla no son necesarios para la formación del fruto, se desarrollan frutos partenocárpicos sin semillas. La partenocarpia puede ser inducida por hormonas sin necesidad de estímulo interno (partenocarpia

autónoma) o previa estimulación de su síntesis por polinización, germinación del pólen o desarrollo del tubo polínico sin que alcance la fecundación (partenocarpia estimulada). Muchas variedades de calabacín tienen cierto potencial partenocárpico (Rylski, 1974; Robinson, 1993), especialmente en condiciones ambientales de invierno, con días cortos y fríos. No obstante, todavía no se dispone de variedades comerciales partenocárpicas de calabacín, cuyos frutos cuajen y se desarrollen en ausencia de polinización o tratamientos hormonales. Por ello, el cuajado de los frutos de calabacín en invernadero se produce mediante tratamientos hormonales que inducen la partenocarpia, una práctica habitual en el campo de Almería. Después de analizar varios fitoreguladores en el cultivo de calabacín, Sanz (1995) propuso la combinación de las auxinas sintéticas ANA y ANA-amida como la más óptima para favorecer el cuajado del fruto. Las auxinas son, de hecho, las hormonas que de manera más importante regulan el cuajado de los frutos en cucurbitáceas (Wien, 1997), habiendo demostrado su influencia en la inducción de partenocarpia en cultivos como el pepino (Kim *et al.*, 1992), melón (Whitaker y Prior, 1946) y en calabacín (Takashima y Hatta, 1955). En calabacín, aunque ya se han descrito variedades con un nivel de partenocarpia aceptable (Rylsky, 1974; Nijs y Balder, 1983; Robinson, 1993; Robinson y Reiners, 1999), es un carácter al que la mejora genética no ha prestado mucha atención. Robinson y Reiners (1999) estudiaron 35 variedades y líneas durante 4 años, llegando a la conclusión que las variedades de tipo *Zucchini* con la piel más oscura producían más frutos partenocárpicos que el resto de los tipos varietales ensayados de *Cucúrbita pepo*. Gómez *et al.*, (2004) publicaron un trabajo en el que se compara la calidad de los frutos partenocárpicos naturales e inducidos con frutos polinizados con semillas. Los resultados indicaron que el nivel de partenocarpia natural de algunas variedades híbridas de calabacín que se utilizan en Almería es comparable al observado por Robinson y Reiners (1999) y Stapleton *et al.*, (2000) en otras variedades de *Cucúrbita pepo*, y que el nivel de partenocarpia es mayor durante la campaña de otoño invierno que en el ciclo de primavera-verano. No obstante, la calidad de los frutos partenocárpicos naturales de las variedades estudiadas todavía no permite aconsejar el abandono de polinizadores o tratamientos hormonales para el cuajado de los frutos de calabacín (Gómez *et al.*, 2004). Sería necesaria la identificación de fuentes de partenocarpia en las que el crecimiento de los frutos sin polinización y fecundación no merme la calidad externa del mismo.

2.3.4. Uso de fitorreguladores para inducir la partenocarpia

La aplicación de reguladores del crecimiento es una práctica muy usual en el cultivo de calabacín para el cuajado de los frutos y el control de la expresión sexual durante la producción de semilla. Éstos pueden extraerse de diferentes especies vegetales, o sintetizarse químicamente, pero su función es muy similar a la de las hormonas vegetales naturales, es decir son capaces de regular el crecimiento de determinados órganos vegetales, pero también multitud de procesos bioquímicos y de desarrollo en las plantas (Alpi y Tognoni, 1987). Hay fitorreguladores con muy diversas funciones, pero centrándonos en el cultivo de hortalizas en invernadero, éstos se usan para estimular el crecimiento de la raíz y el cuajado y desarrollo de los frutos en ausencia de polinización y fecundación, inducir la floración, o acelerar el crecimiento y maduración de los frutos. A nivel de la floración, los fitorreguladores pueden aumentar el número de flores, facilitar la fructificación y modificar la expresión sexual. En condiciones ambientales desfavorables para la formación de polen es cuando el uso de fitorreguladores se hace muy apropiado, ya que corrigen la deficiencia de las hormonas naturales. Estos tratamientos se hacen muy adecuados para promover la fructificación cuando ésta sea casi nula o para la obtención de frutos partenocárpicos al inducir fructificación sin que haya habido fecundación. La principal ventaja con la que cuenta el uso de fitorreguladores es que en condiciones climatológicas adversas inducen la formación de fruto, proceso que de forma natural no tendría lugar o no llegaría a desarrollarse correctamente. Hay veces en que las características del invernadero (uso de pantallas fotoselectivas) implican una disminución de la efectividad de las colmenas por lo que recurrir al empleo de fitorreguladores se hace necesario si queremos asegurar la producción. Como inconvenientes podemos citar la alta demanda de mano de obra necesaria, siendo una labor pesada y que conlleva un gran gasto económico. A menudo la utilización de hormonas acarrea la producción de frutos de menor calidad, no apropiados para la exportación (Camacho, 2003). Las sustancias utilizadas para este fin suelen pertenecer al grupo de las auxinas: el ácido β -naftosiacético, ácido hidroximetil-2-cloro-4 fenoxiacético, ácido formal-2- cloro-4 fenoxiacético, ácido cloro-4-fenoxiacético, los ácidos α - ortoclorofenossipropiónico y ortoclorofenossiacético, el ácido α -naftalenacético, el 2-4 diclorofenossiacético y el 2,4 5 triclorofenossipropiónico también usados para la fructificación pero menos difundidos en la práctica (Alpi y Tognoni, 1987).

Los productos utilizados actualmente para el cuaje del calabacín permitidos por el ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente (www.magrama.gob.es) a día de 3 de septiembre de 2012 son:

• **ANA 0,45% () + ANA AMIDA 1,2% () [SG] P/P:**

- TONIFRUIT (22586) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)
- TONIFRUIT SG (24712) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)

ANA 0,45% + ANA AMIDA 1,2% [SL] P/V:

- BALAT HORMON (22282) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)
- EXTRASET (22685) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)
- CRIPTON (25182) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)
- ANCOR (25183) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)
- FRUITAMAR (25199) (L. GOBBI S.L.R.)

• **ANA 0,45% + ANA AMIDA 1,2% [WP] P/P:**

- FRUITONE (16171) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)
- HORMOPRIN (18294) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)
- FRUIPLAN (21885) (SAPEC AGRO S.A.U.)
- AGRITONE (22541) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)
- AMCOTONE (22793) (AMVAC CHEMICAL. LTD)
- TOGANE (24685) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)

• **ANA 0,675% + ANA AMIDA 1,8% [SL] P/V:**

- AGRITONE L (22513) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)
- FRUITONE MAX (24711) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)

Los fitorreguladores pueden aplicarse a la planta vía suelo, o foliar, ya sea de manera directa o mezclado con el abonado foliar. Salvo que se manifieste una interacción con alguno de los nutrientes, la acción del fitorregulador debe ser específica (Alpi y Tognoni, 1987). Las plantas deben estar en pleno desarrollo, para que cuando estas hagan su efecto, a la planta no le falte vigor y pueda soportar el peso de los frutos inducidos. Si el cultivo es

poco vigoroso es recomendable fomentar su desarrollo mediante un buen abonado además de para que se cubra la demanda de nutrientes por parte de la planta. El suelo debe de estar húmedo, tanto como se precise según la época del año, ya que si se generan frutos y estos no disponen de agua suficiente pueden darse malformaciones en frutos y desequilibrios en la planta. En los días de lluvia no es conveniente hacer tratamientos hormonales, ya que el producto se diluye perdiendo efectividad, al igual que si hay rocío sobre el cultivo. La dosis a emplear depende de muchos factores: variedad, clima, manejo de cultivo, así que siempre es aconsejable hacer un ensayo con varias dosis para determinar cuál es la óptima para nuestro caso.

2.4. Papel del etileno y el 1-MCP en calabacín

2.4.1. Papel del etileno en el desarrollo del calabacín

Aunque el etileno ha sido clásicamente considerado la hormona de la senescencia, en la actualidad sabemos que esta hormona participa en la regulación del crecimiento, desarrollo o las funciones de ciertos órganos en la mayoría de las especies. También actúa como modulador importante en la respuesta a estreses bióticos y abióticos (Johnson y Ecker, 1998; Blecker y Kende, 2000; Fukao y Bailey-Serres, 2008; citado por Manzano 2009). Los procesos controlados por el etileno pueden estar regulados a nivel de la biosíntesis de etileno, a nivel de la percepción o durante la señalización de la respuesta a la hormona en los distintos tejidos de la planta. Un efecto muy característico del etileno sobre el crecimiento de las plantas es la denominada triple respuesta sobre plántulas crecidas en oscuridad, que consiste en un acortamiento y engrosamiento del hipocotilo y de la raíz, pronunciación de la curvatura en gancho de la zona apical, y proliferación de los pelos de la raíz (Decker, 1988). También es conocido su papel feminizante, sobre las especies monoicas de cucurbitáceas. La aplicación de etefón incrementa el número de flores femeninas en diferentes cucurbitáceas, incluido el calabacín (Manzano, 2009). Además, la aplicación de inhibidores de etileno, tanto a nivel de síntesis (AVG), como a nivel de receptores (nitrato de plata), aumenta el número de flores masculinas y permite la autofecundación de las variedades ginoicas de pepino. La acción del etileno afecta prácticamente a todas las etapas del desarrollo de las plantas. La regulación de estos procesos no sólo está modulada por los niveles endógenos de etileno, sino también por el

balance entre distintas hormonas. Muchas respuestas a la acción del etileno pueden estar afectadas, directa o indirectamente, por la estimulación (principalmente por las auxinas) o la inhibición, por parte de otros reguladores del desarrollo, de la producción de etileno.

2.4.1.2. Regulación de la síntesis del etileno.

El etileno se sintetiza a partir del aminoácido metionina en tres reacciones: conversión de metionina a S-adenosil-metionina catalizada por la enzima AdoMet sintasa, una segunda conversión de S-adenosil-metionina a 1-aminociclopropano 1-carboxílico (ACC), reacción catalizada por ACC sintasa (ACS), en último paso, el ACC es convertido a etileno en una reacción catalizada por ACC oxidasa (ACO) (Yang y Hoffman, 1984). (**Figura 8**)

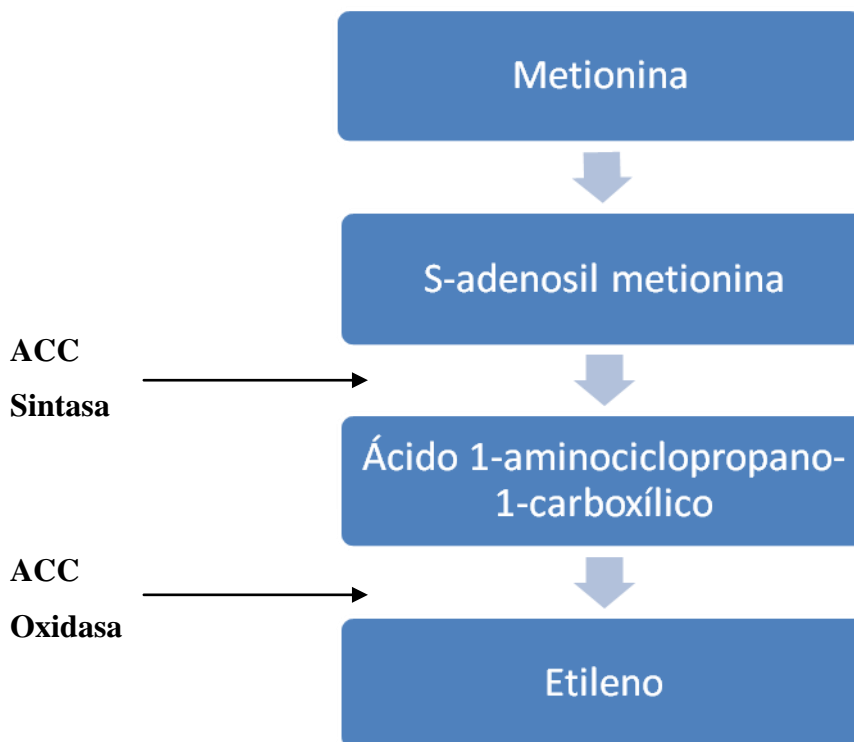


Figura 8. Esquema de la ruta de biosíntesis del etileno (Yang y Hoffman, 1984).

Esta biosíntesis puede estar regulada de manera positiva o negativa por múltiples factores exógenos y endógenos. Procesos como la maduración, los estreses bióticos o abióticos, y las auxinas pueden inducir la síntesis de ACC y de etileno a través de un aumento de la

actividad de las enzimas ACS y ACO (Nakagawa *et al.*, 1991; Liang *et al.*, 1992; Vogel *et al.*, 1998; McKeon *et al.*, 1995) (Citado por Manzano 2009).

2.4.1.3. Percepción de etileno

Las responsables de percibir el etileno y disparar la respuesta de esta hormona en las células vegetales son unas proteínas, que se localizan en las membranas de retículo endoplasmático y que son capaces de unir la molécula de etileno y disparar la cascada de señalización de respuesta a etileno (Manzano, 2009).

Las plantas mutantes para receptores de etileno no responden a esta hormona por lo que en plantas etioladas presentan una curvatura apical ligera así como hipocotilos y raíces largas, mientras que las plantas silvestres muestran un fenotipo normal de tripe respuesta, es decir, acortamiento y engrosamiento del hipocotilo y de la raíz, pronunciación de la curvatura en gancho de la zona apical, y proliferación de los pelos de la raíz (McGrath y Ecker, 1998).

2.4.1.4. Ruta de transducción de la señal de etileno.

Se conocen una serie de proteínas que configuran la secuencia de la ruta de transducción de la señal de etileno que terminan con la activación de los factores de transcripción denominados ERFs (factores de respuesta a etileno) (**Figura 9**), (Kendrick y Chang, 2008).

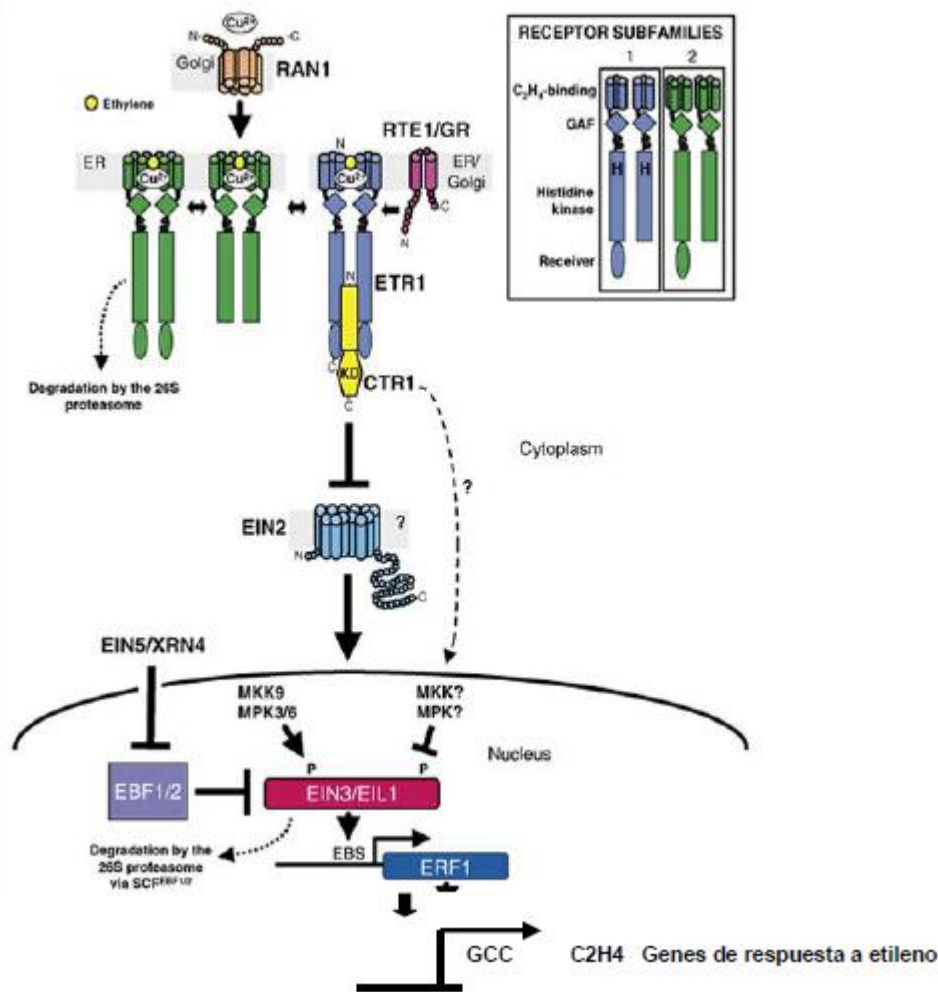


Figura 9. Esquema de la ruta de transducción de la señal de etileno. Tomado de Manzano, 2009.

2.4.2. Papel del 1-MCP en el desarrollo del calabacín

El 1-MCP está clasificado como un regulador de crecimiento, demostrando su efecto al retrasar la senescencia natural. El 1-metilciclopropeno (1-MCP) ha manifestado una potente actividad como inhibidor de la acción del etileno como su capacidad de mantener la calidad general en post-recolección de muchos productos vegetales. El 1-MCP está clasificado por la Agencia de Protección de Medio Ambiente de EEUU como un regulador de crecimiento, con un modo de acción inocuo para el ser humano. Los primeros trabajos y el desarrollo comercial del producto se realizaron en flores demostrando su efecto al retrasar la senescencia natural. El producto se ha comercializado bajo el nombre de “Ethylblock” para flores y “Smartfresh” para frutos y hortalizas. En ambos casos, el tratamiento se basa en una aplicación gaseosa del producto en una cámara cerrada. Más

recientemente se registró en el año 2007 con el nombre de “Harvista”, un producto constituido por 1-MCP pero probablemente permitirá su tratamiento pre-cosecha en el futuro (Guillén *et al.*, 2007), (Citado por Guillén, 2009).

2.4.2.1. Efecto del 1-MCP en frutas y hortalizas

El efecto general del 1-MCP en los productos hortofrutícolas es el de detener la maduración de éstos. Sin embargo la acción buscada de este compuesto sobre hortalizas como el brócoli, o la lechuga así como en algunas frutas no climatéricas, cuya maduración o senescencia no está influenciada por el etileno, sería la detención de la senescencia. Este proceso conllevaría la aparición de alteraciones en el producto como amarillamientos, que inciden en una pérdida del valor del producto. Para las frutas climatéricas cuya maduración es etileno dependiente, el éxito de este compuesto sería en retrasar la maduración más que detenerla. En la tabla 4 podemos observar diferentes efectos producidos por el 1-MCP en diferentes productos hortofrutícolas (Guillén, 2009).

Efecto del 1-MCP sobre la calidad organoléptica y metabolismo del fruto		
Fruto	El 1-MCP reduce o retrasa:	No afecta el 1-MCP
Manzana Albaricoque Ciruela Tomate	Producción de etileno, respiración, ablandamiento, pérdida de acidez, cambios de color, y producción de aromas. Asimismo retrasa las pérdidas de peso en Albaricoque, ciruela y tomate.	Contenido en sólidos solubles y acidez titulable en diferentes variedades.
Plátano Mango	Producción de etileno, respiración, ablandamiento, pérdida de acidez en plátano, cambios de color, y producción de aromas.	Sólidos solubles en ambos frutos y acidez titulable en mango.
Melocotón Nectarina	Producción de etileno, respiración, ablandamiento, pérdida de acidez.	Respiración en algunas variedades de Nectarina. Pérdida de acidez en variedades de melocotón poco ácidas.
Pera Kiwi Aguacate	Producción de etileno, respiración, ablandamiento, cambios de color.	Contenido en sólidos solubles y acidez titulable en Pera y Kiwi.
Caqui Fresa	Producción de etileno, ablandamiento, cambios de color. Sólidos solubles en fresas.	Podredumbres y respiración en ambos frutos. Sólidos solubles en caqui.
Hortalizas	El 1-MCP reduce o retrasa:	
Pimiento	Ablandamiento, cambios de color.	
Brócoli	Respiración, ataque fúngico pérdida de ácido ascórbico.	

Tabla 4: Efecto del 1-MCP sobre el metabolismo del fruto y la calidad organoléptica.

Con respecto a la calidad organoléptica del fruto, en la mayoría de los productos estudiados, el efecto del 1-MCP está muy determinado por la variedad sobre la que se aplica. El 1-MCP es capaz de disminuir o retrasar la producción de etileno y CO₂ en la mayoría de los frutos climatéricos estudiados, así como de mantener mayores niveles de firmeza a lo largo de la conservación post-recolección. Este hecho va a incidir

directamente sobre la resistencia a los daños mecánicos que el fruto sufre durante la manipulación y almacenamiento del fruto sobre la aceptación del consumidor. Por otro lado, de forma general ha mostrado ser efectivo en retrasar e incluso detener los cambios de color en la mayor parte de frutos climatéricos y no climatéricos (Watkins, 2008). Sin embargo el efecto sobre los sólidos solubles y la acidez varía mucho según el producto estudiado, si bien afecta directamente sobre el índice de madurez de los mismos, retrasando la maduración del producto. El aroma de los productos hortofrutícolas puede estar afectado significativamente por el tratamiento con 1-MCP, pudiendo impactar sobre la aceptabilidad general del consumidor. Se ha observado un retraso en la formación de distintos compuestos volátiles relacionados con el aroma particular del fruto similar al que ejerce el almacenamiento en atmósfera controlada. Este hecho podría ser crítico para aquellos productos y variedades donde el aroma es una característica esperada por el consumidor. Asimismo, el retraso en la formación de compuestos volátiles observado da lugar a que se alcancen los aromas correspondientes a fruta fresca cuando los frutos sin tratar ya han perdido estos aromas, los cuales han sido sustituidos por aromas correspondientes a frutos sobremaduros (Rizzolo, 2009). El aroma a producto sobremaduro, desarrollaría un impacto negativo en la aceptación por parte del consumidor, siendo la inhibición de estos aromas deseable o cuando menos constituiría un parámetro menos importante que los niveles de textura o el índice de madurez (Watkins, 2006). Por otro lado, se han observado diferentes efectos del 1-MCP sobre la calidad nutritiva de los productos hortofrutícolas si bien se sabe poco sobre el efecto del tratamiento con 1-MCP sobre este aspecto y los compuestos bioactivos, responden de forma diferente al tratamiento con 1-MCP según el producto implicado. Está bien documentado el hecho de que la mayor parte de los compuestos con propiedades antioxidantes se encuentran en la piel de los frutos. El 1-MCP fue capaz de mantener mayores propiedades antioxidantes en la piel de manzanas así como de distintos compuestos bioactivos (Maclean, 2003; 2006), manifestando la posible acción de este compuesto sobre la calidad nutritiva de los productos. Otro compuesto que se ve afectado por el tratamiento con 1-MCP es el ácido ascórbico o vitamina C. En la mayoría de frutos estudiados tales como melocotón piña o mango, el 1-MCP es capaz de mantener o mejorar los niveles de ácido ascórbico (Tabla 5), de igual modo que en tomate y lechuga, aunque encontramos el efecto contrario cuando se aplicó el tratamiento en pera (Larrigaudiere, 2004) Parece estar muy relacionado el estado

de madurez en el que se aplica el 1-MCP con el contenido en compuestos bioactivos que se alcanza conforme avanza la madurez del fruto, de modo que si un fruto se trata en estado inmaduro, al retrasar o impedir la madurez, tampoco se van a desarrollar los pigmentos t compuestos responsables de las propiedades antioxidantes. Este sería el caso del tomate en el cual el retraso en la síntesis de carotenoides producida por el

1-MCP, revierte directamente en los compuestos bioactivos y por tanto en las propiedades derivadas de ellos (Watkins, 2008), (Citados por Guillén, 2009

Producto	Efecto del 1-MCP sobre la calidad nutritiva
Manzana	↑ Actividad antioxidante total hidrosoluble y el contenido en compuestos fenólicos en la piel, flavonoides y ácido clorogénico. (cv. Empire). ↑ Actividad antioxidante total hidrosoluble. ↔ Contenido en flavonoides y antocianinas (cv. Red Delicious). ↑ Contenido de vitamina C (cv. Golden Smoothie).
Melocotón	↑ Contenido en vitamina C (cv. Jiubao).
Piña	↑ Contenido en vitamina C (cv. Queen).
Fresa	↓ Contenido en polifenoles totales y antocianinas (cv. Everest).
Albaricoque	↑ Actividad antioxidante total hidrosoluble y carotenoides totales (cv. Búlida).
Pera	↓ Contenido en vitamina C (cv. Blanquilla).
Cereza	↔ Nivel de antocianinas y ácidos hidroxicinámicos (cv. Bing, cv. Rainier y cv. Lambert Compact).
Mango	↑ Contenido en vitamina C (cv. Zihua).
Membrillo	↑ Contenido en vitamina C (cv. Ekmek).
Tomate	↓ Contenido en licopeno, actividad antioxidante total hidrosoluble. ↑ Actividad antioxidante total liposoluble (cv. Raf y cv. De la Pera). ↑ Contenido de vitamina C (variedad sin mencionar). ↓ Contenido en licopeno (cv. Rapsodie).
Tomate Cherry	↑ Contenido en licopeno, y contenido en carotenoides totales (cv. Cerasiforme).
Lechuga	↑ Contenido en vitamina C (cv. Baby Butterhead).

Tabla 5: Efecto del 1-MCP la calidad nutritiva y los compuestos bioactivos. ↑: Aumenta, ↓: disminuye y ↔: no afecta

Otro aspecto importante, ha sido establecer el efecto que tiene el 1-MCP sobre distintas alteraciones que sufren los productos durante el almacenamiento. La diversidad que tienen los distintos desórdenes fisiológicos en los productos hortofrutícolas es amplia, y abarca desde alteraciones asociadas a la senescencia hasta las que están relacionadas con respuestas específicas al estrés (Tabla 6). Este estrés puede ser producido por bajas temperaturas de conservación o la exposición del producto a diferentes atmósferas de almacenamiento. Además, muchas de estas alteraciones constituyen la vía de desarrollo de

la contaminación microbiana. Por tanto no es de extrañar que el 1-MCP produzca distintos efectos en la expresión de estos desórdenes dada su acción tanto sobre la maduración como sobre la senescencia del producto (Guillén *et al.*, 2007), (Citado por Guillén, 2009).

Efecto del 1-MCP sobre desórdenes fisiológicos		
Fruto	Disminuye	Aumenta
Manzana	Escaldado superficial, escaldado húmedo, corazón pardo, y pardeamiento interno.	Podredumbre amarga y contaminación fúngica en algunas variedades.
Albaricoque (cv. Canino)	Pardeamiento interno si el 1-MCP se aplica tras la conservación frigorífica.	Pardeamiento interno durante la conservación frigorífica.
Aguacate (cv. Haas)	Daños por frío.	Ataque fúngico y podredumbres.
Plátano (cv. Cavendish)	Expresión genes de defensa.	Daños por frío y podredumbres.
Mango (cv. Zihua)		Ataque fúngico.
Melón (cv. Solar King)	Daños por frío y salida de electrolitos.	
Nectarina		Pulpa harinosa, y con coloración rojiza.
Pera	Escaldadura superficial y daños por frío.	
Ciruela	Pardeamiento de la pulpa.	Coloración rojiza de la pulpa de algunas variedades.
Naranja	Ataque fúngico.	Daños por frío y podredumbres.
Piña	Daños por frío, amarilleamiento de la piel.	
Fresa	Incidencia microbiana.	Incidencia microbiana aplicando altas concentraciones de 1-MCP.
Lechuga	Coloración rosada.	

Tabla 6. Efecto del 1-MCP sobre desórdenes fisiológicos durante el almacenamiento.

El 1-MCP, sin lugar a dudas, muestra un efecto beneficioso sobre aquellas alteraciones en las cuales el etileno es el factor desencadenante del desorden fisiológico, o cuando la alteración es provocada por la maduración o senescencia del producto. Sin embargo, de igual forma, el 1-MCP puede incrementar la incidencia del daño, cuando la susceptibilidad a este se acentúa por la inhibición o retraso de la maduración. Una parte de los daños por frío que sufren los productos hortofrutícolas parecen estar asociados con la producción de etileno y por tanto estos daños se inhibirían por la acción del 1-MCP. Este sería el caso del escaldado superficial en manzanas y peras, o el pardeamiento interno que sufre el aguacate (Watkins, 2007). Sin embargo el pardeamiento interno, y el desarrollo de coloraciones rojizas en la pulpa de albaricoques, melocotones o algunas variedades de ciruela entre otros, aumentaron de forma significativa durante el almacenamiento en frío si fueron tratados con 1-MCP. De este modo, aunque la base fisiológica por la cual se incrementa la sensibilidad al daño por frío no es conocida, sí se ha demostrado que una cierta cantidad de etileno sería necesaria para aliviar la incidencia de estos daños asociados a la inmadurez del producto (Jiang *et al.*, 2001; Marcos *et al.*, 2005). Las atmósferas enriquecidas en CO₂ y utilizadas en la conservación de distintos frutos son capaces de producir escaldados superficiales. La incidencia a sufrir este desorden fisiológico se

incrementa cuando los frutos han sido tratados con 1-MCP, pues este tratamiento retrasaría la adaptación a las nuevas condiciones de almacenamiento y con ello aumentaría la susceptibilidad a sufrir el daño superficial durante el tiempo de conservación. Además, la incidencia microbiana puede encontrarse afectada por la aplicación del 1-MCP. Son muchos los casos, donde el tratamiento con 1-MCP disminuye la incidencia microbiana pues provoca unos mayores niveles de firmeza así como de la integridad de la piel, favoreciendo la resistencia a sufrir daños mecánicos. Sin embargo también puede provocar un aumento de la incidencia microbiana, ya que el 1-MCP disminuye la expresión de muchos genes de defensa del producto al estar estos regulados por él. Éste sería el caso de productos como la fresa y el aguacate, los cuales sufren una mayor incidencia de contaminación microbiana cuando estos frutos se trataron con 1-MCP (Jiang *et al.*, 2001; Adkins *et al.*, 2005). Sin embargo otras alteraciones causadas por la producción de etileno como son la coloración rosada en la costilla de las lechugas o el aumento del amargor en las zanahorias son minimizadas por el tratamiento con 1-MCP antes del posterior almacenamiento (Watkins, 2007), (Citados por Guillén, 2009).

2.4.2.2 Factores que influyen en la efectividad de los tratamientos con 1-MCP

Entre estas variables destacan la temperatura, la dosis y duración del tratamiento, el estado de maduración del fruto, la forma de recolección y el tiempo transcurrido entre la recolección y el tratamiento. Cada una de estas variables es independiente del producto, variedad, etc., no existe un estándar de aplicación. Estas variables se comentan a continuación. Así, la aplicación del 1-MCP en brócoli producía mejores resultados a 20°C que a 5°C, pero se daba efecto inhibitor de etileno exógeno en ambos casos. Sin embargo, en diferentes variedades de ciruelas el tratamiento a 1°C fue altamente eficaz en inhibir el etileno y retrasar los cambios relacionados con la maduración (Valero *et al.*, 2003; Martínez-Romero *et al.*, 2003). Por otro lado, las concentraciones efectivas varían, dependiendo del producto vegetal, según el tiempo de aplicación, la temperatura y del estado de maduración. En el caso del tomate se comprobó que la dosis de 0,5µl l⁻¹ durante 24 horas era la mejor para retrasar la maduración (Guillén *et al.*, 2007). El estado de desarrollo del fruto es necesario tenerlo en cuenta ya que tiene una gran influencia en el efecto del 1-MCP. La fruta tratada en un estado inmaduro no suele llegar a madurar de la

misma manera que si se hubiera tratado en un estado de madurez más avanzado. De hecho, se pueden conseguir productos de mayor calidad para el consumidor si estos han sido tratados cuando hayan alcanzado todo su sabor y aroma (Guillén *et al.*, 2006). La importancia del tiempo transcurrido desde la recolección hasta el tratamiento con 1-MCP varía según el cultivo. Generalmente, el tiempo transcurrido desde la recolección, debe de ser el mínimo para conseguir la máxima efectividad. Asimismo, unas buenas prácticas de manipulación de los frutos en la recolección podrían ser claves para el éxito del tratamiento con 1-MCP (Watkins, 2006). La aplicación múltiple de 1-MCP podría ser aconsejable. En el caso del tomate se ha indicado que la aplicación múltiple resulta más efectiva que la aplicación simple (Mir *et al.*, 2001). Sin embargo, aplicaciones múltiples de 1-MCP a brócoli no surtieron más efecto que una sola aplicación (Able *et al.*, 2002). A su vez, se aconseja que la duración del tratamiento sea entre 12 y 24 horas, lo cual sería suficiente para generar una respuesta de inhibición completa. Además, se ha observado una relación inversamente proporcional, entre la duración del tratamiento y la dosis necesaria para conseguir el efecto (Ku y Wills, 1999; Jiang *et al.*, 1999), (Citados por Guillén, 2009).

2.5. Recolección y comercialización de calabacín

La fecha de recolección del calabacín, al igual que otras hortalizas está subordinada al ciclo del cultivo y variedad sembrada (tabla 7).

Fecha de siembra	Recolección
1º de Noviembre	Febrero-Junio
Final de Noviembre	Febrero-Abril
Final de Agosto	Octubre-Diciembre
Septiembre-Octubre	Noviembre-Enero
1º de Enero	Marzo-Junio
1º de Octubre	Mediados de Noviembre –Primeros de Febrero

Tabla 7. Periodo de recolección del calabacín según la fecha de siembra.

En zonas litorales, las siembras se retrasan a marzo-abril, obteniéndose producciones en mayo, junio, julio y agosto que se intercalan, o son continuación de las

producidas en los cultivos al aire libre, cuya recolección se inicia a final de verano o principios de otoño (Reche, 1997).

Respecto al momento apropiado para la recolección, ha de tenerse en cuenta que los frutos de calabacín se desarrollan rápidamente, perdiendo valor comercial, si el agricultor retrasa la recogida. La frecuencia de recolección suele variar entre 2-3 días en plena fase productiva, hasta 3-7 días al final del ciclo. En grandes extensiones es recomendable que la recolección se haga diariamente. Los frutos han de recolectarse cuando las flores adheridas a la extremidad del fruto inician su desecación. Los frutos demasiado grandes son duros y con numerosas semillas, no siendo aptos para la comercialización ni para el consumo (Reche, 1997).

La manipulación de los calabacines, una vez recolectados, debe ser muy cuidadosa, puesto que la piel de los frutos es muy sensible a todo tipo de magulladuras. Una vez seleccionados y clasificados por tamaños en la explotación, son enviados a los Mercados en Origen o a las agrupaciones de agricultores, donde llevan a cabo la normalización del producto: limpieza, calibrado, clasificado, envasado y etiquetado, de acuerdo con el destino de dicha mercancía: hacia el mercado interior o para la exportación. La comercialización se realiza durante todo el año, siendo en la actualidad tan importante como la fase productiva. Se inicia en la propia explotación cuando el agricultor está llevando a cabo la recolección, seleccionando y clasificando de forma somera los productos, y suprimiendo los frutos que estén atacados de insectos y hongos, y los frutos maduros defectuosos.

2.5.1. Normas de comercialización

2.5.1.1. Normas europeas.

A nivel europeo, las normas de comercialización de productos hortofrutícolas aparecen en el Reglamento de Ejecución (UE) n ° 543/2011 de la Comisión, de 7 de junio de 2011, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n° 1234/2007 del Consejo en los sectores de las frutas y hortalizas y de las frutas y hortalizas transformadas. En el artículo 3 de dicho reglamento, se establece que las frutas y hortalizas no cubiertas

por una norma de comercialización específica se ajustarán a la norma general de comercialización (Anexo I del reglamento). Éste sería el caso del calabacín.

Asimismo, a nivel europeo existen normas de calidad de los productos agrícolas publicadas por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE/ONU). En referencia a estas normas, en el Reglamento de Ejecución (UE) 543/2011, en el artículo 3, se indica que si el tenedor puede demostrar que los productos cumplen cualquier norma aplicable adoptada por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, dichos productos se considerarán conformes a la norma general de comercialización.

2.5.1.2. Normas autonómicas.

En Andalucía, la Orden de 7 de octubre de 2008, fija los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir determinadas frutas y hortalizas en la recepción y antes de ser expuestos para la venta, puestos en venta, vendidos, entregados o comercializados de cualquier otra forma por el productor, y establece que una vez tipificados dichos productos por el productor, éstos deberán ser normalizados por el receptor de los mismos en una instalación debidamente inscrita en el R.I.A. (Registro de Industrias Agroalimentarias), conforme a las normas de comercialización comunitarias y/o estatales, antes de que salga de la zona de producción con destino al consumidor final.

A continuación se reflejan los requisitos de establecidos en la Orden de 7 de octubre de 2008:

I. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Los presentes requisitos se refieren a los calabacines de variedades (cultivares) obtenidas de *Cucurbita pepo* L. que cosechándose jóvenes y tiernos, antes que sus semillas adquieran firmeza, se destinen a ser entregados al consumidor en estado fresco, con exclusión de los calabacines destinados a la transformación industrial.

II. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

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

Requisitos mínimos:

En todas las clases, teniendo en cuenta las disposiciones especiales de cada una de ellas y de los de los límites de tolerancias establecidos, los calabacines deben ser:

- Enteros y provistos de pedúnculo, que puede estar ligeramente dañado.
- De aspecto fresco.
- Sanos; se excluyen los productos afectados de podredumbre o de alteraciones tales que los hagan no aptos para el consumo.
- Prácticamente exentos de daños causados por insectos u otros parásitos.
- Prácticamente exentos de parásitos.
- Limpios, prácticamente exentos de materias extrañas visibles.
- Exentos de humedad exterior anormal.
- Exentos de olor y/o sabor extraño.

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.

Los calabacines deben presentar un desarrollo y un estado tales que les permitan:

- Conservarse bien durante el transporte y la manipulación.
- Llegar en condiciones satisfactorias al lugar de destino.

Clases comerciales

Los calabacines se clasifican en dos clases, que se definen a continuación:

Clase I.

Los calabacines clasificados en esta clase deben ser de buena calidad y presentar las características del tipo varietal o tipo comercial al que pertenezcan y deben estar provistos de un pedúnculo de longitud no superior a 3 cm.

No obstante, siempre que no vean afectados su aspecto general ni su calidad, conservación, ni presentación del producto, estos calabacines podrán tener los defectos leves siguientes:

- Ligeros defectos de forma.
- Ligeros defectos de coloración.
- Ligeros defectos epidérmicos cicatrizados.
- Muy ligeros defectos debidos a enfermedades siempre y cuando no sean evolutivos ni afecten a la carne.

Clase II.

Esta clase comprende los calabacines que no puedan clasificarse en la clase I, pero que correspondan a los requisitos mínimos de las características de calidad precedentemente definidos. Siempre que conserven sus características esenciales de calidad y presentación, se pueden admitir:

- Defectos de forma.
- Defectos de coloración.
- Ligeras quemaduras de sol.
- Defectos epidérmicos cicatrizados, siempre que no resulten perjudiciales para la conservación.

- Ligeros defectos debidos a enfermedades siempre y cuando no sean evolutivos ni afecten a la carne.

Tolerancias de calidad.

Clase I.

Un 10% en número o en peso de calabacines que no correspondan a las características de la clase, pero que se ajusten a las de la clase II o excepcionalmente admitidos en las tolerancias de dicha clase.

Clase II.

Un 10% en número o en peso de calabacines que no correspondan a las características de la clase ni a los requisitos mínimos de las características de calidad, con excepción de los productos afectados de podredumbre, de magulladuras pronunciadas, de heridas sin cicatrizar o de cualquier otra alteración que los haga no aptos para el consumo.

III. CARACTERÍSTICAS DE CALIBRADO.

Estos requisitos de calibrado serán aplicables a todos los calabacines a excepción del mini calabacín, el tipo marrow, y el redondo.

El calibre se determinará por longitud o peso.

Por la longitud: En caso de calibrado por la longitud, el mínimo establecido es de 7 cm y el máximo de 35 cm, ésta se medirá entre el punto de unión con el pedúnculo y el extremo de la corola del fruto, con arreglo a la escala siguiente:

- 7 cm exclusive a 25 cm inclusive.
- 25 cm exclusive a 35 cm.

Por el peso: En caso de calibrado por el peso, el mínimo establecido es de 50 g y el máximo es de 450 g, se respetará la escala siguiente:

- Desde 50 g exclusive a 225 g inclusive.
- Desde 225 g exclusive a 450 g.

El respeto a esta escala es obligatorio para la Clase I.

El calibrado no será obligatorio para los productos de la Clase II, que sólo deberán respetar la longitud y el peso mínimos y máximos establecidos en los apartados a) y b) anteriores.

Tolerancias de calibre.

Clases I y II: Un 10% en número o en peso de calabacines que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al que se mencione en el envase. No obstante, esta tolerancia sólo será aplicable a productos cuyas dimensiones o peso difieran como máximo un 10% de los límites fijados.

IV. CARACTERÍSTICAS DE PRESENTACIÓN.

Homogeneidad.

El contenido de cada envase debe ser homogéneo y comprender calabacines del mismo origen, calidad y calibre (en la medida en que, en lo que se refiere a este último criterio, se exija un calibrado) y apreciablemente del mismo estado de desarrollo y de coloración.

Acondicionamiento.

El producto se colocará dentro del envase de forma que no sufra golpes, que no sobresalga de la altura de la caja (no se permitirán los colmados) y así mismo, el producto estará colocado en la caja de forma homogénea.

La parte visible del contenido del envase debe ser representativa del conjunto.

Identificación.

En los centros de recepción o lugares de venta al por mayor y antes de ser expuestos para la venta, puestos en venta, vendidos, entregados o comercializados de cualquier otra forma por el productor, se identificarán cada uno de los envases, de manera que pueda establecerse la trazabilidad del producto (código de identificación de la unidad homogénea de cultivo).

No será necesario identificar los envases, pero sí las partidas, cuando tengan como destino el centro de manipulado propio.

Las partidas se identificarán con la información siguiente del producto:

- Producto.
- Tipo comercial y, en su caso, variedad.
- Clase.
- Calibre en su caso/sin calibrar.
- Código trazabilidad (Unidad de tratamiento de cultivo homogéneo).
- Origen (País y, en su caso, zona de producción, denominación regional o local).

2.6. Tecnología de la poscosecha

Los productos hortícolas sufren pérdidas cualitativas y cuantitativas durante el periodo que va desde la recolección hasta el consumo. El porcentaje de pérdidas para los frutos frescos está estimado entre el 5 y el 25% en países desarrollados y el 20 al 50% en países en vías de desarrollo, dependiendo del producto (Kader, 1992). Es posible reducir estas pérdidas aplicando en conocimiento de los factores biológicos y ambientales que influyen en el deterioro y utilizando técnicas que retrasen la senescencia y mantengan la calidad. Lo frutos, y en general los productos hortícolas de consumo, son tejidos vivos que experimentan continuos cambios después de la cosecha, siendo la senescencia el estado final del desarrollo, durante el cual tienen lugar una serie de procesos irreversibles que

conducen a la muerte de las células (Capellini *et al.*, 1998). Todos los productos hortícolas frescos son ricos en agua, por lo que son víctimas de deshidratación (marchitamiento, arrugamiento) y heridas mecánicas. También son susceptibles al ataque de bacterias y hongos con las patologías que conlleva.

2.6.1. Factores biológicos que influyen en el deterioro de los frutos en poscosecha

2.6.1.1. Respiración

La respiración es un proceso por el cual los compuestos orgánicos (carbohidratos, proteínas, grasa) son transformados en productos finales con la liberación de energía. En este proceso se consume oxígeno y se desprende CO₂. La pérdida de las reservas energéticas de los frutos durante la respiración significa:

1) La llegada de la senescencia cuando las reservas que suministran energía se agotan, 2) reducción del valor energético para el consumidor, 3) pérdida de peso seco (importante en productos que le afecte especialmente la deshidratación). El calor liberado por los frutos, conocido como calor vital, afecta a la tecnología de poscosecha en lo referente a estimaciones de los requerimientos de refrigeración y ventilación. El deterioro de los productos cosechados es generalmente proporcional a la respiración. Basándose en la respiración y en la producción de etileno, los frutos pueden clasificarse en climatéricos y no climatéricos. Los frutos climatéricos muestran un gran incremento en la producción de etileno y CO₂ coincidiendo con la maduración, mientras que los frutos no climatéricos no varían generalmente de una producción lenta de CO₂ y etileno durante la maduración (Salisbury y Ross, 1992).

2.6.1.2. Producción de etileno.

El etileno quizá es el compuesto orgánico más simple que afecta a los procesos fisiológicos de las plantas. Como hormona vegetal, el etileno regula diversos aspectos del desarrollo, crecimiento y senescencia, siendo fisiológicamente activo en cantidades menores a 1 ppm. Aunque en los frutos no climatéricos como el calabacín hay una relación clara entre la producción de etileno y la duración de su vida comercial, se sabe que la exposición de muchos de ellos a etileno acelera su senescencia. 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 otro lado, 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%, niveles variables según el tipo de fruto (Kader, 1992).

2.6.1.3 Cambios en la composición

Durante el desarrollo y la maduración de los órganos de la planta tiene lugar cambios de sus pigmentos. Estos continúan después de su recolección y pueden ser o no convenientes (Randel y Rhodes, 1980):

- La pérdida de clorofila es deseable en frutos pero no en verduras.
- Desarrollo de carotenos (color amarillo y naranja) es deseable en frutos como albaricoques, melocotones y cítricos; el color rojo del tomate es producido por un caroteno específico, el licopeno. El calabacín posee beta-caroteno que el organismo transforma en vitamina A.
- Desarrollo de antocianinas (color rojo y azul) es deseable en frutos como cerezas, manzanas, fresas y frambuesas; estos pigmentos, solubles en agua, son mucho menos estables que los carotenos.

Los cambios en los carbohidratos incluyen:

- Conversión de almidón en azúcar (indeseable en patatas y deseable en manzanas, plátanos y otros frutos).
- Conversión de azúcar en almidón (deseable en patatas e indeseable en maíz y guisantes).
- Conversión de almidón y azúcar en CO₂ y pérdida de agua en la respiración. Cambios de las pectinas y otros polisacáridos conlleva un ablandamiento del fruto y, como

consecuencia, un aumento de la susceptibilidad a daños mecánicos. El incremento de lignina es el responsable de la dureza del espárrago y algunos tubérculos.

Por último, los cambios en los ácidos orgánicos, proteínas, y aminoácidos y lípidos tiene influencia en el sabor de los productos. Pérdidas en el contenido de vitaminas, especialmente el ácido ascórbico (vitamina C) disminuye la calidad nutritiva. La producción de aromas volátiles asociados a la maduración es muy importante en la calidad en lo referente al sabor producido por un caroteno específico, el licopeno. El calabacín posee beta-caroteno que el organismo transforma en vitamina A.

- Desarrollo de antocianinas (color rojo y azul) es deseable en frutos como cerezas, manzanas, fresas y frambuesas; estos pigmentos, solubles en agua, son mucho menos estables que los carotenos.

2.6.1.4 Transpiración

La pérdida de agua es el principal responsable del deterioro porque no sólo provoca pérdidas cuantitativas (pérdida de peso comercial), sino también pérdidas de apariencia (ablandamiento, arrugado, flacidez), y pérdida de calidad nutritiva. La piel (sistema de protección externo) regula la pérdida de agua de los frutos. Incluye la cutícula, células epidérmicas, estomas y tricomas. La cutícula está compuesta por una superficie de cera, cutina y polímeros carbohidratados. El espesor, estructura y composición de la cutícula varían según el tipo de fruto y el estado de desarrollo en que se encuentre. La transpiración está influenciada por factores internos del fruto (características morfológicas y anatómicas, relación superficie-volumen, heridas superficiales y estado de madurez) y externo o ambientales (temperatura, humedad relativa, movimiento del aire y presión atmosférica). La transpiración es un proceso físico que puede ser controlado por un tratamiento adecuado según el fruto (por ejemplo, mantenimiento de una alta humedad relativa y control de la circulación de aire) (Brady, 1987).

2.6.1.5 Desórdenes fisiológicos

La exposición de los frutos a temperaturas inadecuadas puede causar los siguientes desórdenes fisiológicos:

- Heridas por frío cuando al fruto se le somete a temperaturas por debajo de su punto de congelación.
- Los daños por frío en frutos tropicales se originan a temperaturas superiores a su punto de congelación e inferiores a 5-15°C, dependiendo del producto.
- Los síntomas más comunes son decoloraciones internas y superficiales (color marrón), maduración desigual o pérdida de maduración, el sabor no se desarrolla y se presentan ataques de hongos.
- Los daños por calor son producidos por la exposición a la luz solar o a temperaturas excesivamente altas. Los síntomas incluyen decoloración, superficies quemadas o escaldadas, maduración desigual, excesivo ablandamiento y desecación.

Porcentajes muy bajos de oxígeno (inferiores al 1%) y altos de CO₂ (mayores del 20%) atmosféricos causan desórdenes fisiológicos en muchos frutos (Randel y Rhodes, 1980).

La interacción entre las concentraciones de CO₂, oxígeno, etileno, temperatura y la duración del almacenamiento influyen en la incidencia y severidad de desórdenes fisiológicos relacionados con la composición atmosférica.

2.6.1.6 Daños físicos

Diversos daños físicos (heridas superficiales, magulladuras) son los que de manera más significativa contribuyen al deterioro de los frutos. El pardeamiento de los tejidos dañados resulta de una rotura en las membranas biológicas, lo cual expone compuestos fenólicos al enzima polifenol-oxidasa produciéndose entonces la decoloración. Los daños mecánicos

no son solo visibles, sino que además aceleran la pérdida de agua, proporcionan lugares para la invasión de hongos y estimulan la producción de CO₂ y etileno (Kader, 1992).

2.6.1.7. Desordenes patológicos

Uno de los síntomas más comunes del deterioro es la actividad fúngica y bacteriana. En algunos casos, los patógenos pueden infectar tejidos aparentemente sanos y ser la primera causa de deterioro. El adelanto de la maduración y la senescencia aumentan la susceptibilidad al ataque de patógenos en todos los frutos. El estrés y las quemaduras por el sol o el frío disminuyen la resistencia al ataque de estos patógenos (Shewfelt, 1986).

2.6.2. Conservación poscosecha de hortalizas

Puesto que una mala manipulación del producto durante la poscosecha puede acarrear pérdidas cuantiosas, la investigación en fisiología de la conservación poscosecha de las hortalizas está adquiriendo cada día más importancia. Hoy se piensa que es preferible esforzarse en mejorar la conservación tras la cosecha que perseguir un incremento en el volumen de la misma porque es así como conseguiremos obtener mayores beneficios de los recursos disponibles. El incremento de la eficacia de las técnicas de conservación exige mayor conocimiento de la naturaleza y las causas de las pérdidas entre la cosecha y el consumo, así como mayor formación de los operarios en los aspectos relacionados con la vida de las hortalizas en las etapas posteriores a su recolección. El papel fundamental del tecnológico en este campo es el de establecer procedimientos que restrinjan al máximo la alteración de las frutas y hortalizas durante el periodo que media entre la cosecha y su consumo. En lo que a los procesos fisiológicos y bioquímicos se refiere, su preocupación básica será la de frenar al máximo los procesos de respiración y de producción de etileno. El empleo de bajas temperaturas en la conservación de alimentos pretende extender su vida útil minimizando las reacciones de degradación y limitando el crecimiento microbiano. La reducción de la temperatura de los productos mejora su conservación y cuanto más larga sea el almacenamiento menor deberá ser la temperatura, aunque esto hay que matizarlo con posterioridad definiendo cuales son las temperaturas más adecuadas y los incrementos en la vida útil conseguidos para cada producto. Por otro lado, la mayoría de los alimentos poseen grandes cantidades de agua disponible tanto para las reacciones químicas como

para permitir el crecimiento de microorganismos. El paso al estado sólido de esta agua líquida, por reducción de su temperatura, representa otra posibilidad en la consecución de la estabilidad del alimento, aunque la congelación del agua pueda generar una serie de problemas y cambios en la condición o en la calidad del producto original. El empleo de temperaturas suficientemente bajas, pero por encima del punto de congelación, puede resultar un tratamiento satisfactorio para la conservación de alimentos que mantengan su actividad fisiológica, como las hortalizas. En este caso los procesos vitales como la respiración y la transpiración se mantendrán a su nivel mínimo de actividad. La diferencia más importante de estos sistemas de conservación con respecto a los de conservación por calor, estriba en que la reducción de la temperatura de los alimentos en ningún caso consigue su estabilización química ni microbiológica. Es decir, que el efecto del frío persiste mientras el alimento se mantiene a la temperatura de refrigeración o de congelación. Por lo tanto será estrictamente necesario que exista lo que se llama cadena de frío para conseguir que el producto se mantenga a la temperatura establecida desde que sale de la línea de producción hasta el momento anterior al consumo. La cadena de frío debe comenzar inmediatamente después de que el producto haya sido refrigerado o congelado y su primer eslabón estará constituido por el almacenamiento, a la temperatura adecuada, en la misma instalación de origen. A partir de este momento, la cadena de frío debe encargarse de que el producto se mantenga a la temperatura correspondiente en todo momento.

2.6.3. Daños por frío

Almacenar a bajas temperaturas es el principal método utilizado para mantener la calidad de los productos vegetales perecederos. Mediante este procedimiento se ralentizan la mayoría de los procesos metabólicos naturales que llevan a la degradación y deterioro del producto con la consiguiente pérdida de calidad y de valor comercial. Sin embargo, son numerosos los productos hortícolas, generalmente de origen tropical y subtropical, que no toleran temperaturas bajas superiores al punto de congelación de los tejidos, sufriendo un estrés por frío. Tanto el tiempo de aparición de los daños como la temperatura umbral a la que comienzan a aparecer varían sensiblemente de un producto a otro, e incluso dentro de un mismo producto hortícola, factores como el cultivar, el estado de madurez del producto, las condiciones previas de almacenamiento o al estación de recolección pueden acelerar o

retrasar la aparición de los daños. 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, fallos en la maduración y necrosis de las semillas (Salveit y Morris, 1990). Un tipo de anomalía que aparece con bastante frecuencia es la formación de pequeñas depresiones circulares o de formas irregulares en la piel, lo que se conoce como “pitting”. Por las que se incrementa la pérdida de electrolitos y que generalmente va seguida de infección por microorganismos patógenos. La aparición de estas lesiones parece deberse al colapso de las células del parénquima localizadas varias capas por debajo de la superficie. El estrés por frío se produce por alteraciones en las membranas. La cutícula vegetal, al ser la cubierta más externa y regular el intercambio de agua y solutos, debe participar en alguna medida en la aparición y desarrollo de los daños por frío (Norbdy y McDonalds, 1991). Existen muy pocos estudios a este nivel, aunque en uva se ha comprobado que la modificación de la composición de ceras epicuticulares afecta al desarrollo de síntomas de estrés por frío (Norbdy y McDonlads, 1991).

2.6.4. Marchitamiento y pérdidas de peso

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 que el fruto pierde agua depende de varios factores, siendo los que más influyen el estado de desarrollo del producto, la temperatura y el genotipo o variedad que estemos considerando (Namesny, 1997). Los frutos recolectados más tiernos se deshidratan más fácilmente, debido a 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).

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Emplazamiento del ensayo

El trabajo de investigación se realizó en la Finca Experimental de la Fundación UAL-ANECOOP. La finca está situada en el paraje de “Los Goterones” en el Término Municipal de Almería. Las vías de acceso son observables en la ortofoto adjunta (**Figuras 10 y 11**), como se observa, se encuentra situada entre la autovía del Mediterráneo y la carretera Nacional N-344. Las coordenadas UTM aproximadas del centro de la finca son: X =564562. Y = 4080369 (Fuente: Instituto de cartografía andaluza).



Figura 10. Localización del T.M. de Almería (Almería).



Figura 11. Localización de la finca UAL-ANECOOP. Fuente: Instituto de cartografía andaluza.

3.2. Técnicas de cultivo

3.2.1. Instalaciones

El ensayo se llevó a cabo en un invernadero tipo multitúnel de unos 1400 m²; perteneciente al grupo de investigación BIO293 en las instalaciones de la Finca Experimental de la Fundación UAL– ANECOOP (**Figuras 12 y 13**).



Figura 12. Vista exterior del invernadero tipo multitúnel donde se realizó el ensayo



Figura 13. Vista interior del invernadero tipo multitúnel donde se realizó el ensayo.

El invernadero tipo multitúnel es una estructura ligera modular cuya cubierta es abovedada y las paredes laterales y frontales son rectas. Su construcción es ventajosa, pues se aprovecha más el terreno, aporta un mayor volumen de aire y luminosidad a los cultivos, dispone de pocos obstáculos en su interior y permite recoger el agua de la lluvia mediante un canalón; todas estas ventajas llevan al agricultor a desarrollar una mejor y mayor producción. Son invernaderos con gran resistencia preparados para soportar viento, nieve y granizo. La orientación del invernadero es la que hace coincidir sus ejes principales con las direcciones E-O.

3.2.1.2. Sistema de riego

El riego del cultivo se realizó por el sistema de goteo con el fin de reducir las pérdidas de agua que se producen con otros sistemas y de disminuir las necesidades de mano de obra que requiere esta operación. La instalación de riego por goteo consta de una serie de tuberías dispuestas sobre la superficie del suelo y que portan a su vez los emisores o goteros. Estos permiten la salida del agua al exterior en forma de goteo, de ahí el nombre que recibe el sistema. El agua llega hasta los invernaderos desde el cabezal de riego mediante tuberías enterradas de PVC que conectan con las tuberías superficiales de polietileno y suministran el agua a ellas. Dado que se pretende establecer un marco de plantación en líneas pareadas con distancia entre dos y dos líneas de 1 metro, mientras que la distancia entre plantas en una misma línea es de 0,9 m, los ramales se dispusieron siguiendo esta disposición están colocados en la misma dirección que las líneas de cultivo, y el sentido de circulación del agua en ellos es descendente para evitar que, al finalizar el riego, el agua que llena las tuberías se desplace hacia los primeros goteros de los ramales y éstos reciban más agua que los últimos. Con ello se consigue que el cultivo sea más homogéneo en su desarrollo al ser también la distribución del agua más uniforme en la parcela. El tipo de gotero utilizado fue el llamado interlínea de laberinto y su caudal es de 2 litros a la hora para una presión de 10 m.c.a., que es el que comúnmente se emplea en los invernaderos de la zona y ofrece buenos resultados (**Figura 14**).



Figura 14. Distribución de las líneas portagotoseros.

3.2.1.3. Sustrato

El suelo debe tener una nivelación perfecta y una pendiente del terreno idónea para el buen funcionamiento del invernadero. Una pendiente escasa produciría encharcamiento del terreno; y una pendiente excesiva un arrastre de la arena por parte del agua de riego, la cual se enturbia y enloda la arena. La pendiente idónea es de 4 por mil en la dimensión menor (N-S) y 2- a 3 por mil en la mayor (E-O). Nosotros tenemos una pendiente de un 1%, en ambos sentidos. Como sustrato usamos un enarenado típico ejerciendo sobre él ciertas modificaciones en la mezcla de sus elementos, que hacen que cambie la textura y estructura típica, buscando con ello favorecer el cultivo en el invernadero y obtener unos resultados satisfactorios, que nos facilitan el cultivo ecológico. Se trata de una sucesión de horizontes, siendo el primero el típico de la zona, se trata de *regosol calcárico* con intrusión de *xerosol cálcico*. Este tipo de suelos están desarrollados sobre materiales no excesivamente consolidados y tienen un contenido de carbonato cálcico superior al 50%. Los regosoles calcáreos de Almería están desarrollados sobre conglomerados. A continuación del horizonte propio de la zona, se deposita un horizonte arcilloso, compuesto en su mayor parte de margas de unos 30 centímetros de espesor, seguido de una mezcla de estiércol y arena de unos 30 centímetros de espesor. El estiércol no debe estar demasiado hecho. El tamaño de las partículas arenosas oscila entre 2 - 2,5 mm (arena gruesa); tamaño ideal para el enarenado.

3.2.1.4. Condiciones ambientales

Según la clasificación climática de Papadakis, la zona está en clima *Mediterráneo semiárido* (Figura 15). Los principales parámetros que caracterizan la zona son los siguientes:

- Temperatura media anual: 20 °C
- Temperatura media mínima: 13 °C
- Temperatura media máxima: 26,7 °C
- Precipitación media anual: 209,4 mm
- Meses con mayor precipitación: octubre y diciembre
- Meses con menor precipitación: julio y agosto.
- Meses con temperatura menor o igual de 0 °C: diciembre, enero y febrero.
- ETP anual: 898 mm

El nivel medio de insolación es de más de 2500 horas al año, resultando ser uno de los más altos de España y muy favorable para el establecimiento de cultivos extratempranos en invernadero. El régimen de vientos, de componente Este y Oeste, ronda una velocidad media de 15 Km/h, resultando beneficioso para garantizar la correcta ventilación de los invernaderos.

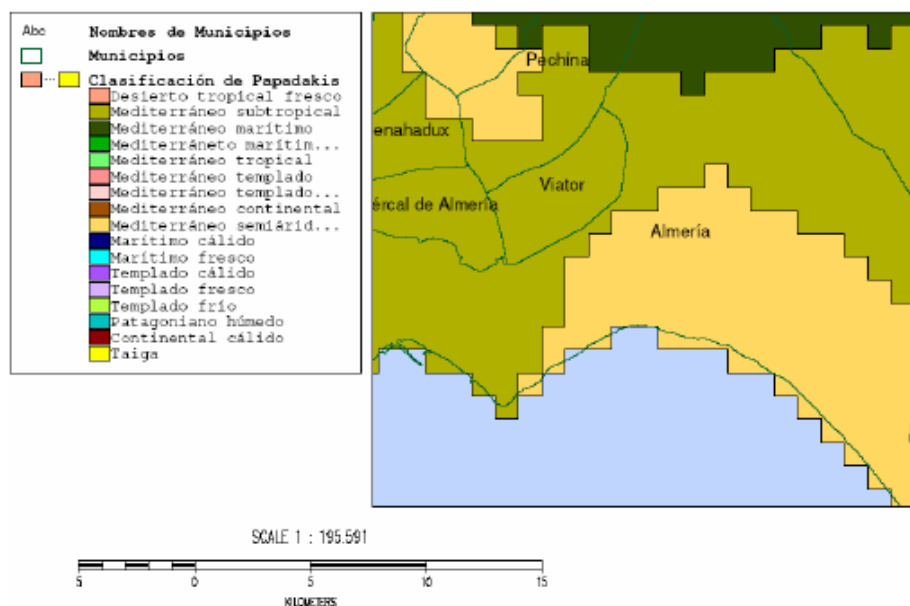


Figura 15. Clasificación climática. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente.

3.3. Material vegetal

Se dispuso de 8 variedades comerciales y de 1 variedad local de *Cucurbita pepo*, morfotipo *Zucchini*. Las variedades comerciales fueron las siguientes:

- **“Natura”**: Perteneciente a la casa comercial Enza Zaden. Es una variedad adecuada para su siembra a mediados de Agosto y Septiembre, se trata de una variedad de un vigor fuerte con frutos oscuros, brillantes y cilíndricos cuyo tamaño oscila entre 20-25 cm.
- **“Celeste”**: Perteneciente a la casa comercial Gautier. Es una variedad adecuada para su siembra en Septiembre y Enero, sus plantas tienen un vigor medio y sus frutos son oscuros, brillantes, cilíndricos y de un tamaño medio de 18 cm.
- **“Victoria”**: Perteneciente a la casa comercial Clause. Es una variedad adecuada para su siembra a principio de Julio hasta final de Agosto, son resistentes a ceniza y sus frutos son de color verde oscuro.
- **“Blas”**: Perteneciente a la casa comercial Ramiro Arnedo. Variedad precoz, con planta de porte abierto y entrenudos cortos, de crecimiento lento. Frutos rectos, de color verde oscuro, poco jaspeado y muy consistentes. En Almería se recomiendan siembras tempranas bajo plástico en Agosto y también para cultivos de primavera.
- **“Alexander”**: Perteneciente a la casa comercial de Diamond Seeds. Variedad de calabacín con una elevadísima producción, de planta abierta y compacta, produciendo frutos hacia el exterior, fáciles de recolectar. Excelente cuaje aún en días fríos y nublados, con un porcentaje bajísimo de frutos "chupados". Produce calabacines de color verde medio, piel muy lisa y brillante muy resistente a golpes al encajar y transporte. Adaptada al cultivo en invernadero y aire libre, con muy buena adaptación climática lo que permite cultivarla en distintas épocas.

- **“Cronos”**: Perteneciente a la casa comercial de Syngenta. Es una variedad adecuada para su siembra desde finales de agosto a mitad de septiembre y a partir de la segunda quincena de diciembre. La variedad de calabacín más precoz de su categoría. De alta productividad y color verde oscuro todo el ciclo. Para cultivos protegidos bajo plástico en Almería. Con frutos de alta calidad, forma cilíndrica y buen tamaño. Buena conservación en post-cosecha.
- **“Janto”**: Perteneciente a la casa comercial de Zeraim Ibérica. Variedad híbrida de calabacín de entrenudo corto, adaptada a cultivo protegido. Se hacen trasplantes medio-tempranos, para agosto; y trasplantes de primavera, durante el mes de enero y principios de febrero; con muy buen rendimiento. Debido a que esta variedad es de entrenudo corto y muy buen cuaje en todos los nudos, se permite y es aconsejable llevar una fertilización alta y un abundante riego; para aumentar la producción de la planta. Y a pesar de ello no presenta problemas de plantas estiradas o frutos demasiado largos. Frutos bonitos, cilíndricos, de color verde oscuro uniforme, excelente forma, bien redondeados en el extremo pistilar, donde tiene una cicatriz pequeña, no siendo sensible a ataques de *Botrytis cinerea* por este punto y consistencia firme, durante todo el ciclo. Sus frutos poseen un pedúnculo largo que facilita la recolección. Posee resistencia intermedia a oidio.
- **“Sinatra”**: Perteneciente a la casa comercial de Clause. Planta vigorosa, que se caracteriza por mantenerse fuerte y verde hasta el final del cultivo. Permite un largo periodo de recolección. Adaptada a las siembras a partir de mediados de octubre en invernadero. Frutos de color verde oscuro, brillantes, con máculas de pequeño tamaño, cilíndricos y muy lisos, que permiten obtener una alta producción en los meses fríos.

La variedad local utilizada fue **“Muc16”** una variedad de calabacín conservadas en el banco de germoplasma de la Universidad Politécnica de Valencia (COMAV), no hay similitud en la forma de los frutos y tiene tendencia a desarrollar una gran proporción de flores masculinas.

3.4. Manejo y labores de cultivo

A continuación se detallan las labores culturales realizadas durante el ensayo.

3.4.1. Siembra

La siembra se realizó el día 7 de Septiembre de 2011 en el semillero Vitalplant. Se dispusieron las semillas en bandejas de siembra con una mezcla de sustrato que consistió en turba y vermiculita.



Figura 16. Plántulas de calabacín en el semillero



Figura 17. Trasplante de las plántulas en el invernadero

3.4.2. Plantación

Cuando las plántulas adquirieron el tamaño adecuado en el semillero se trasplantaron directamente al suelo del invernadero del ensayo con una densidad aproximada de 1 planta/m². Este trasplante se realizó el días 19 de Septiembre de 2011 (**Figura 18**). Se dispuso de 1006 plantas divididas en 36 líneas a un lado del invernadero y 34 al otro.

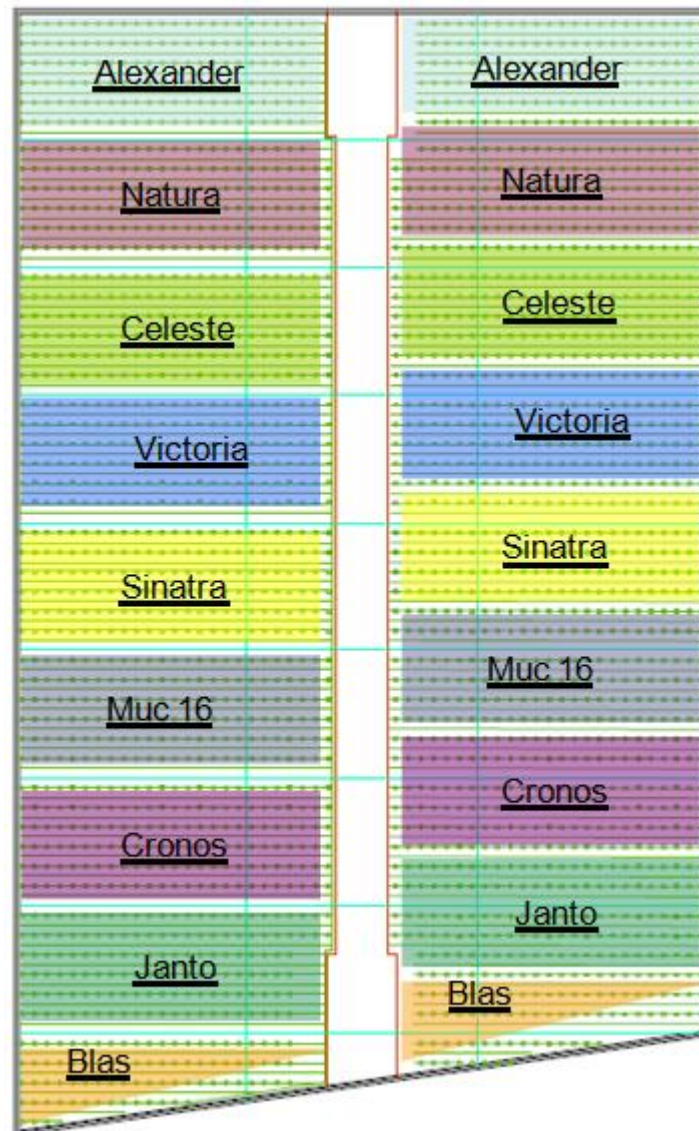


Figura 18. Distribución de las variedades cultivadas en el invernadero.

3.4.3. Poda y aclareo

La poda consistió en la eliminación de flores masculinas al inicio y después la eliminación de frutos apuntados y afectados por oidio. Durante la recolección se aclaraban frutos con un tamaño superior al comercial y también se eliminaron los tallos y hojas infectados o dañados.

3.4.4. Tratamientos fitosanitarios

El cultivo se realizó en condiciones de Agricultura ecológica, por lo que solamente se realizaron tratamientos fitosanitarios preventivos con azufre, pues éste es uno de los productos que se pueden usar en cultivo ecológico.

3.4.5. Entutorado

El objetivo de esta labor cultural es ofrecer una mayor aireación de la planta, lo cual es imprescindible para evitar, en lo posible, la aparición y desarrollo de enfermedades, muy frecuentes en el calabacín, debido a su gran superficie foliar. También permite una mayor incidencia luminosa, mejorando así la asimilación fotosintética, lo cual repercute positivamente en la producción. El entutorado realizado en el ensayo, es el propio de la zona, y consistió en sujetar a la base del tallo una rafia cuyo extremo superior se ata al entramado de hilos de alambre que aparece en la techumbre del invernadero. Conforme la planta va creciendo, se va guiando por la rafia. Con el objetivo de mantener la planta de calabacín erguida.

3.4.6. Recolección, tratamiento y almacenamiento

Cada día se recogían los frutos que tuviesen el calibre deseado, entre 18-22cms. Los calabacines se separaban en cajas por variedades y se eliminaban los frutos de destrío. Después de la recolección se transportaban las cajas hasta el almacén donde se separaban según el tratamiento. Luego se nombraban y pesaban en una balanza de precisión. Para aplicar los tratamientos pertinentes, se ponían 36 calabacines por bidón de 50 litros de capacidad cerrados herméticamente a los que se le aplicaban los diferentes tratamientos con etileno, 1-MCP y su respectivo control durante 2 días a una temperatura de 12°C en la

cámara de frigorífica. Después del tratamiento se sacaban de los bidones los calabacines y algunos eran almacenados en una cámara frigorífica a 4°C durante 7 y 14 días mientras que los otros frutos se cerraban de 3 en 3 en botes de 10 litros durante seis horas para medir la producción de etileno y CO₂, así como realizar el resto de los estudios poscosecha.

Tratamientos:

Control: Se cerraban sin efectuar tratamientos.

Etileno: Aplicación de 200 ppm de gas a partir de etileno puro.

1-MCP: Se aplicaba gas a dosis comercial 2400 ppb a partir de “Smartfresh” (pastilla + líquido activador).

3.4.7. Plagas y enfermedades

La principal enfermedad hallada durante el cultivo fue la “ceniza” u oidio de las cucurbitáceas. La enfermedad es producida por los hongos *Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*. Los síntomas que se observan son manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas (haz y envés) que van cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera, también afecta a tallos y pecíolos e incluso frutos en ataques muy fuertes. Las hojas y tallos atacados se vuelven de color amarillento y se secan. Las malas hierbas y otros cultivos de cucurbitáceas, así como restos de cultivos serían las fuentes de inóculo y el viento es el encargado de transportar las esporas y dispersar la enfermedad. Las temperaturas se sitúan en un margen de 10- 35 °C, con el óptimo alrededor de 26 °C. La humedad relativa óptima es del 70%. Esta enfermedad no ocasionó muchos problemas en el cultivo a lo largo del ciclo.

Las principales plagas encontradas durante el cultivo fueron trip (*Frankliniella occidentalis*) y *Liriomyza trifolii*

Frankliniella occidentalis: es una especie que produce muchos daños en hortícolas. Los adultos y larvas se alimentan a partir de picaduras con las que inyectan su saliva, la cual, posteriormente, succionan mezclada con los jugos celulares. Estas picaduras pueden afectar a cualquier órgano aéreo de la planta; aunque esta especie se siente atraída,

preferentemente, por las flores, hojas jóvenes y ápice de la planta. El pecíolo y envés de las hojas presentan manchas de color plateado, las flores manchas de color blanquecino y los frutos pequeñas picaduras por las cuales suelen exudar savia. Este insecto se ha concentrado casi exclusivamente en las flores del calabacín, aunque no ha ocasionado daño alguno al desarrollo normal de los frutos.

Liriomyza trifolii: las hembras adultas realizan las puestas dentro del tejido de las hojas jóvenes, donde comienza a desarrollarse una larva que se alimenta del parénquima, ocasionando las típicas galerías. La forma de las galerías es diferente, aunque no siempre distinguible, entre especies y cultivos. Una vez finalizado el desarrollo larvario, las larvas salen de las hojas para pupar, en el suelo o en las hojas, para dar lugar posteriormente a los adultos.

Las anteriores plagas y enfermedades fueron controladas mediante enemigos naturales y tratamientos de agricultura ecológica. Para controlar a *Frankliniella occidentalis* se utilizaron los enemigos naturales *Orius laevigatus* y *Amblyseius cucumeris*, y para *Liriomyza trifolii* se utilizó *Dacnusa sibirica*.

3.4.8. Fisiopatías

Son frutos que no se desarrollan uniformemente y se quedan apuntados en los extremos apicales o curvados (**Figura 19**). Estos problemas se asocian normalmente a problemas de cuajado del fruto, por falta de polinización o auxinas, o a cambios bruscos de temperatura y/o humedad, falta de agua en el suelo, o por algunos tratamientos fitosanitarios.



Figura 19. Frutos apuntados y malformados.

3.5. Parámetros medidos en el ensayo y modo de actuación

3.5.1. Pérdida de peso

Dentro de la producción de cada variedad y tratamiento se seleccionaron frutos para los posteriores estudios del ensayo. Estos frutos seleccionados fueron pesados uno por uno. Para esto se utilizó una balanza de precisión. Uno de esos estudios fue cuantificar la pérdida de peso. Esta cuantificación se realizó en todos los frutos anteriormente seleccionados y pesados, los cuales fueron conservados en cámaras frigoríficas a 4°C y almacenados durante 7 y 14 días. Al cabo de esos días se volvieron a pesar para determinar la pérdida de peso a lo largo del periodo de conservación.



Figura 20. Balanza de precisión.

Las fórmulas empleadas para conseguir el porcentaje de pérdida de peso a los 7 y 14 días fueron:

$$7 \text{ días} = 100 - (\text{Peso T7} \cdot 100 / \text{Peso T0}),$$

$$14 \text{ días} = 100 - (\text{Peso T14} \cdot 100 / \text{Peso T0})$$

3.5.2. Textura

La textura se realizó con un texturómetro Stable Microsystem TA-XTPlus (**Figuras 21A y 21B**). En cada uno de los frutos se realizó un ensayo de penetración de 1 cm de profundidad en la zona apical del fruto.



Figura 21A (izquierda). Texturómetro del laboratorio 222 de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Almería. **Figura 21B (derecha).** Cabezal utilizado para realizar el ensayo de penetración en el fruto.

Estos tres ensayos se efectuaron en 81 frutos de cada una de las 9 variedades debido a que se hicieron 3 repeticiones biológicas con 3 calabacines cada una y se ensayaron 3 tiempos (t0, t7 y t14), y con 3 tratamientos (el testigo, el tratado con etileno y el tratado con 1-MCP).

Los datos de interés obtenidos a partir del texturómetro fueron observados en la Figura 22:

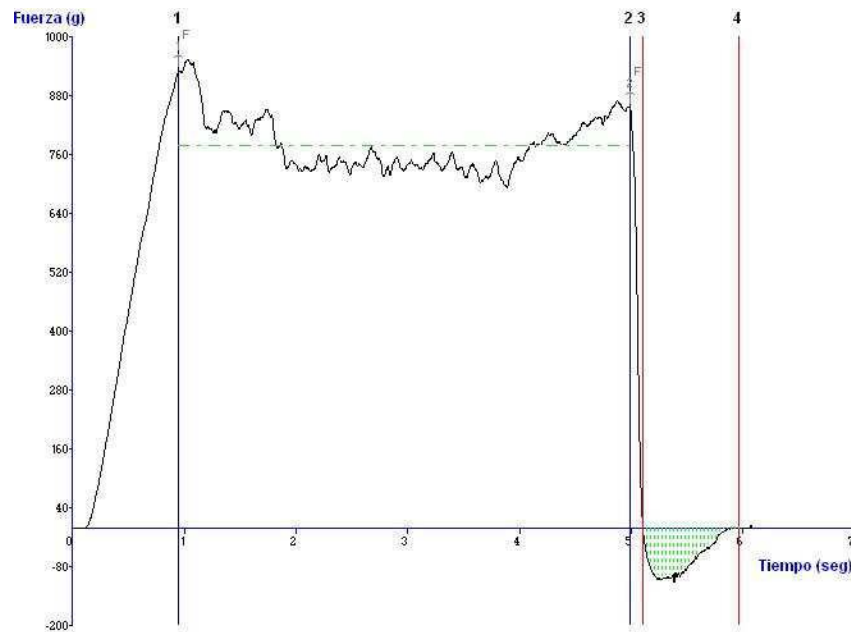


Figura 22. Gráfico de un ensayo de textura con un texturómetro Stable Microsystem TA-XTPlus.

En la gráfica el punto 1 representa la fracturabilidad, el recorrido entre el punto 1 y el punto 2 representa las variaciones de fuerza que se han de realizar para que la sonda penetre un centímetro en la pulpa del calabacín, manteniendo una velocidad constante y se elige como punto de referencia el valor justo anterior a que la fuerza torne a cero y representa la dureza. Por último la superficie sombreada representa la adhesividad de la pulpa a la sonda. Nosotros trabajamos con el punto número uno de la gráfica. Tanto fracturabilidad como dureza se expresaron en gramos, mientras que el valor de la adhesividad es siempre negativo y se expresa en $g \cdot s$ (Bourne *et al.*, 1966; Bourne, 2002).

El parámetro que hemos analizado con el texturómetro fue la fuerza máxima (definida posteriormente) con la cual se comprueba la dureza de los frutos entre las diferentes variedades y tratamientos.

3.5.3. Daños frío

Para medir los daños por frío de los frutos almacenados y conservados a 4°C utilizamos un índice de daños por frío (CI) basado en la superficie afectada por punteado de los frutos durante su conservación. Los valores de CI van 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 %

5 = 50-100 %.

La medición de los daños por frío se realizó en 27 frutos debido a las 3 repeticiones (se midieron 3 veces 3 calabacines a T0, 3 a T7 y 3 a T14) por variedad y tratamiento.



Figura 23A. Calabacines de la variedad “Cronos” con un CI bajo (1-1,5) **.B** Calabacines de la variedad “Sinatra” con un CI alto (3-4)

3.5.4. Color

Para medir el color utilizamos un colorímetro “Konica-Minolta CR-410” con el cual hacíamos 3 repeticiones para cada fruto. El colorímetro permite medir el color de un material o alimento mediante las coordenadas tricromáticas L^* , a^* y b^* , pudiendo comparar colores de forma objetiva. Para obtener los parámetros L^* , C^* y h^* se hizo mediante los valores de L^* , a^* y b^* , de la siguiente manera:

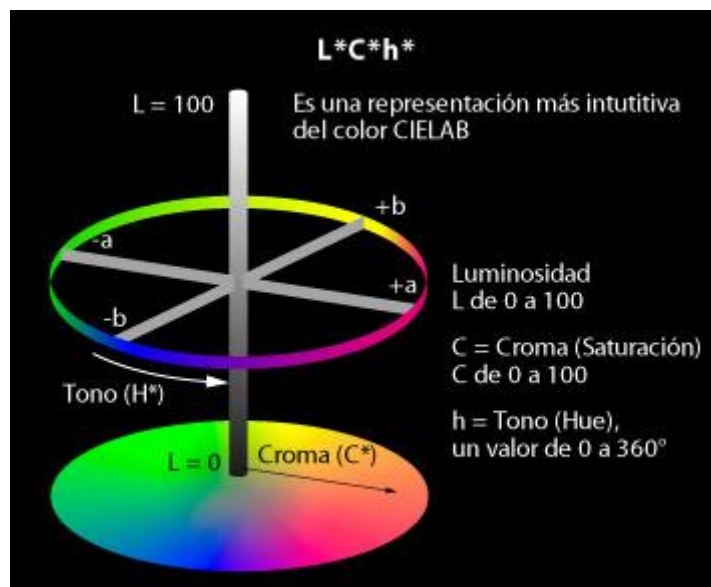


Figura 24. El espacio de color L^* , C^* y h^* (Boscarol, 2007).

Con L^* fijado, el color se puede representar con las coordenadas rectangulares a^* y b^* . Pero, además también se puede hacer con las coordenadas polares C^* y h , definidas así:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$h = \arctan (b^* / a^*)$$

Los valores de C^* y h se corresponden respectivamente con cromancia (*chroma*) y tono o matiz (*hue*). El valor de h es el ángulo del tono, y se expresa en grados que van de 0° (inclusive) a 360° (excluido). Si se calcula en radianes, hay que convertirlo a grados multiplicándolo por $180/\pi$. Si a^* y b^* son distintos de 0, la función $ATAN2(a,b)$ de Microsoft Excel proporciona el valor de h en radianes y en el intervalo que va de $-\pi$ a π . Para convertirlo en grados, hay que usar la fórmula $DEGREES$ o multiplicarlo por $180/\pi$. Para llevarlo al intervalo de 0° a 360° , hay que sumar 360 si el resultado es negativo (Boscarol, 2007).

3.5.5. Producción de CO_2

La medición de CO_2 fue realizada mediante un analizador fijo de O_2/CO_2 para envases con atmósferas modificadas “CheckMate” II. Diseñado para mediciones rigurosas, permite

medir niveles de oxígeno utilizando solo una aguja hipodérmica. Para realizar las mediciones de CO₂ se metía la aguja hipodérmica directamente en la válvula de los botes herméticos donde estaban los calabacines ya recolectados y el analizador nos devolvía el porcentaje de CO₂ que contenían los botes. Se efectuaron 3 medidas por bote. Para obtener el valor de la tasa respiratoria se usó la siguiente fórmula:

$$(MI \text{ CO}_2 * 100) / (\text{Peso}(\text{Kg}) * 6h)$$

Donde los ml de CO₂ se obtenían a través del dato en % del medidor de gases.



Figura 25. Analizador fijo de O₂/ CO₂ “CheckMate II”

3.5.6. Producción de etileno

Para medir la producción de etileno de los frutos cosechados, los frutos se encerraron en botes herméticos durante 6 horas a temperatura ambiente (**Figura 26**). El etileno liberado por los frutos al aire del bote durante ese tiempo de incubación se midió a partir de 5 ml del aire circundante recogido mediante una jeringa. La cuantificación se realizó por cromatografía gaseosa utilizando un cromatógrafo “Varian3900” (**Figura 27**) equipado

con un detector por ionización de llama. En cada bote, se cuantificó el etileno producido por cada bote y cada uno de los experimentos se repitió 3 o 4 veces.



Figura 26. Botes utilizados para la acumulación de etileno.



Figura 27. Cromatógrafo de gases utilizado para medir etileno.

3.6. Tratamiento estadístico

Todos los datos se sometieron a análisis de la varianza de un único factor. Cuando las variables influyeron significativamente al nivel del 90%, se procedió a realizar un test estadístico de comparación de medias LSD (mínimas diferencias significativas de Fisher) con un nivel de significación de $p < 0,01$. Todo el análisis estadístico se realizó con la ayuda del paquete STATGRAPHICS Plus 5.1 para Windows. En el apartado 4.3 se utilizó el programa estadístico STATISTIX 8.0 con el cual se utilizó el análisis de datos a través

de Kruskal-Wallis debido a que no se podía hacer el LSD porque los datos del CI de daños frío no seguían una función lineal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la pérdida de agua

En este apartado vamos a discutir los resultados obtenidos en el ensayo para intentar conocer el modo de actuación de los diferentes tratamientos sobre cada uno de los genotipos estudiados. En primer lugar estudiaremos si el parámetro pérdida de agua se ve influenciado por los tratamientos empleados y si a su vez el efecto es dependiente del material en el que se ensaye.

4.1.1. Efecto de los tratamientos en cada una de las variedades

Se analizó la pérdida de peso experimentada en los frutos de las diferentes variedades al cabo de los 7 días conservados a 4 °C, y a los 14 días, para ver cómo evolucionaba dicho parámetro y para conocer como le afecta al fruto este amplio periodo de frigoconservación.

A la vista de los resultados, podemos decir que, aunque la diferencia no es mucha, la pérdida de peso más severa se produce en la primera semana de frigoconservación (**Figuras 28 y 29**).

El efecto de los tratamientos no fue homogéneo en todas las variedades estudiadas. En algunas de las variedades el tratamiento con 1-MCP disminuyó las pérdidas de agua a los 7 y 14 días de conservación. Éste efecto es positivo, ya que la pérdida de agua es uno de los parámetros que mide la calidad post-cosecha de los frutos. Estas variedades fueron “Sinatra”, “Victoria” y “Muc16”. En el resto de variedades la aplicación de los tratamientos no tuvo ningún efecto, salvo en “Blas” en la cual, la aplicación de ambos tratamientos supuso un aumento la pérdida de peso de los tratamientos respecto al control.

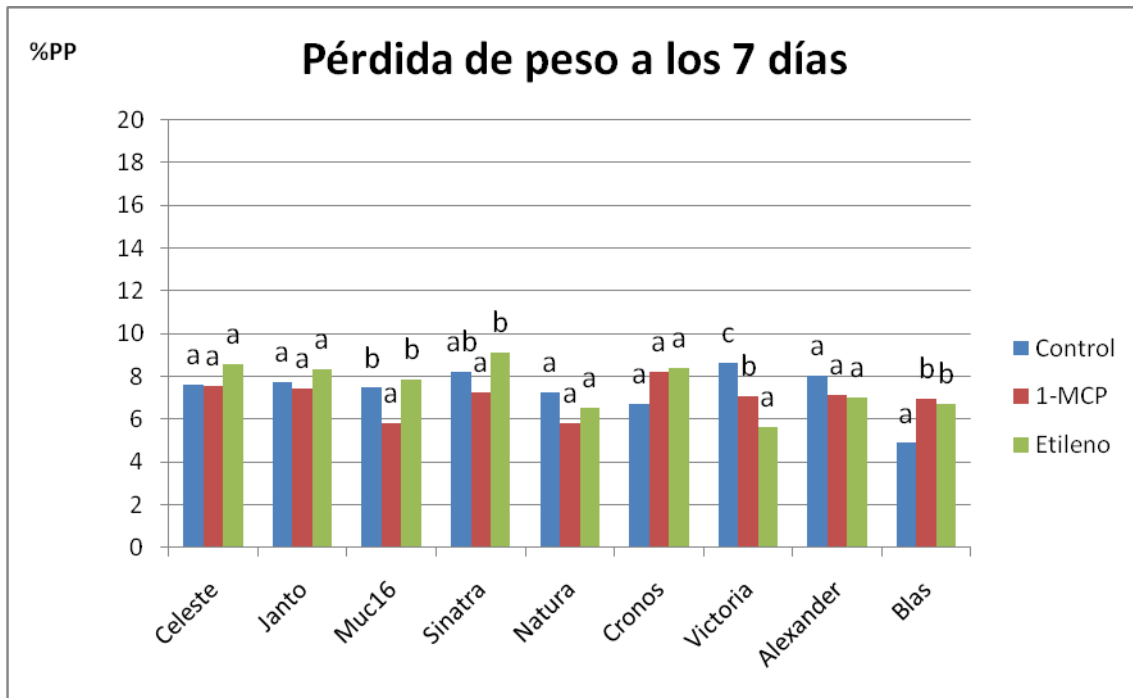


Figura 28. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la pérdida de agua en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 7 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.

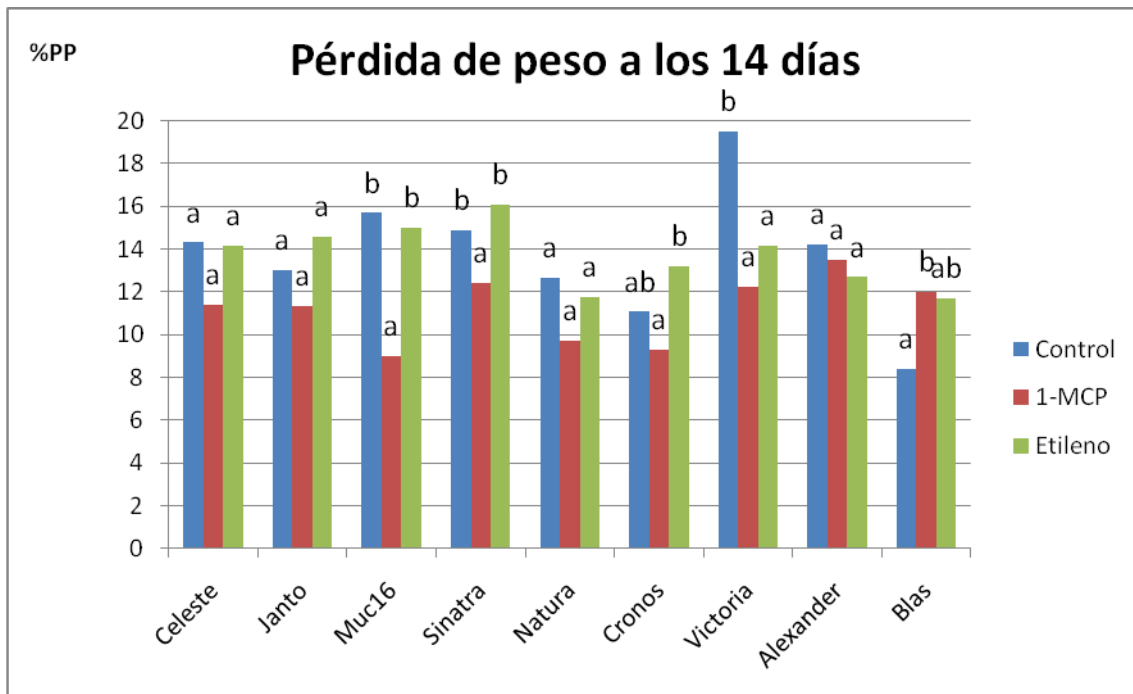


Figura 29. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la pérdida de agua en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 14 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.

En la mayoría de las variedades en las que los tratamientos resultaron efectivos, fue el tratamiento con 1-MCP el que produjo una menor pérdida de agua y con ello una mejora en la calidad poscosecha de los frutos. Estos resultados demuestran que la aplicación de etileno exógeno apenas afecta a la pérdida de peso de los frutos de calabacín, pero que los tratamientos con 1-MCP disminuyen la pérdida de peso en todas las variedades, con diferencias significativas respecto al control en las variedades Muc-16, Sinatra y Victoria. Por tanto, el tratamiento con 1-MCP disminuye la pérdida de peso en calabacín, lo que indicaría un papel activo del etileno en este proceso durante la postcosecha de esta hortícola.

4.1.2. Diferencia entre variedades en función del tratamiento

Si analizamos el comportamiento de las variedades frente a los diferentes tratamientos nos encontramos que en los frutos control se pueden establecer 4 grupos a los 14 días de frigoconservación (**Figura 30**). “Blas” es la variedad que perdió menos agua a lo largo de todo el periodo de frigoconservación. Después habría dos grupos de comportamiento intermedio muy similar, siendo de intermedio bajo “Janto”, “Natura” y “Cronos” y otro intermedio más alto constituido por “Muc16”, “Sinatra”, “Alexander” y “Celeste”. Finalmente “Victoria” sería la variedad que significativamente perdió más agua, tanto a los 7 como a los 14 días de frigoconservación (**Figura 30**).

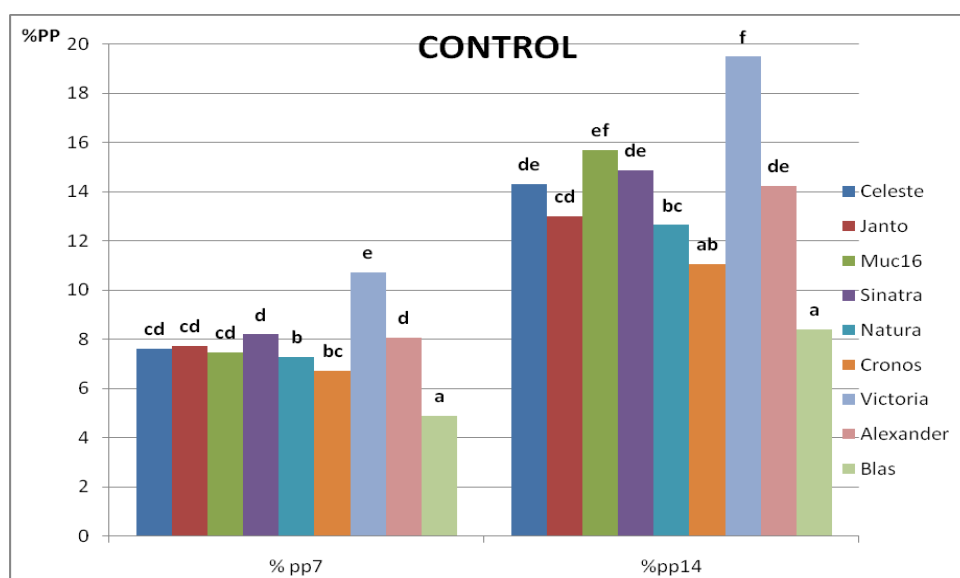


Figura 30. Comparación del porcentaje de pérdida de agua a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.

En cuanto al tratamiento con 1- MCP, establecer grupos es más complicado ya que salvo “Muc 16” que es la que mejor responde al tratamiento el resto se comportan de modo muy similar (**Figura 31**). Resulta interesante que “Muc 16” es una variedad que tiene una muy mala conservación y este tratamiento podría favorecer su desarrollo para comercializarla.

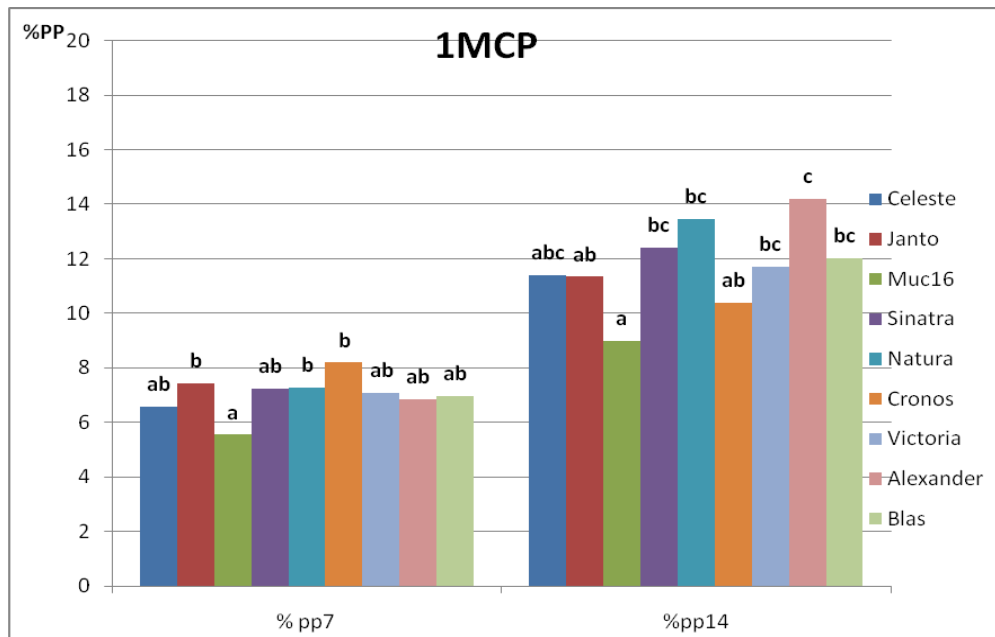


Figura 31. Comparación del porcentaje de pérdida de agua a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con 1-MCP antes de su conservación en frío.

El tratamiento con etileno apenas modificó las pérdidas de agua en las variedades de calabacín estudiadas. (Figura 32).

A la vista de los datos podemos decir que el tratamiento con 1-MCP es el más recomendable en base a este parámetro, aunque unas variedades responden mejor que otras a este tratamiento.

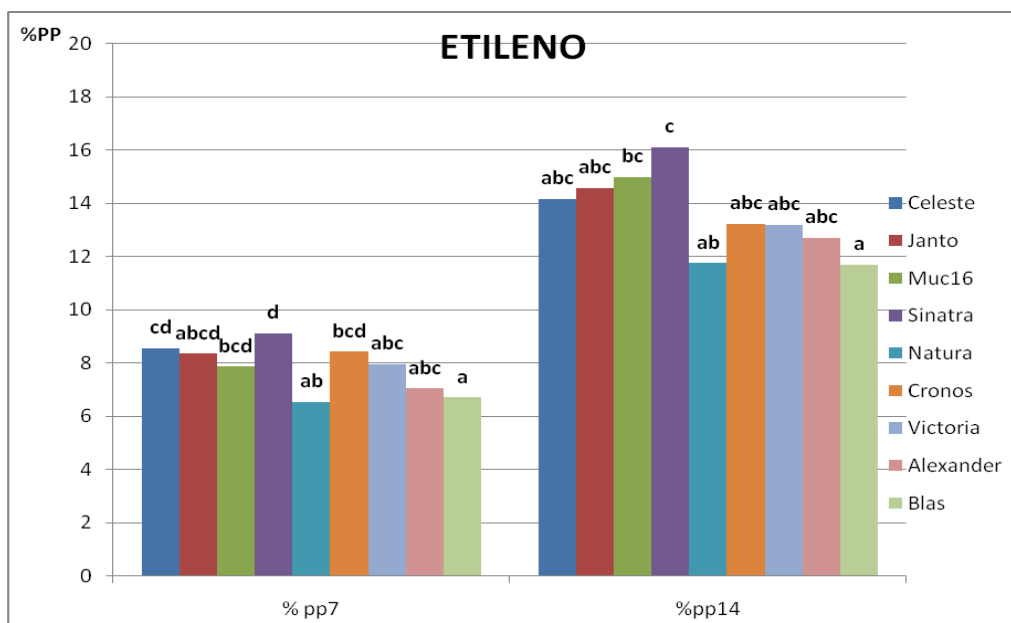


Figura 32. Comparación del porcentaje de pérdida de agua a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con etileno antes de su conservación en frío.

4.2. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la firmeza

En este apartado vamos a estudiar si la firmeza, definida como la fuerza máxima necesaria para que la sonda rompa la piel del fruto y penetre 1 cm en la pulpa, se ve influenciada por los tratamientos empleados, y si a su vez si el efecto es dependiente del genotipo en el que se ensaya.

4.2.1. Efectos de los tratamientos en cada una de las variedades

Se analizó la firmeza en las diferentes variedades en el día de recolección, y tras 7 y 14 días conservados a 4° C, para ver cómo evolucionaba dicho parámetro con el tiempo y si los tratamientos afectan a este carácter reológico.

Los resultados nos indican que los tratamientos con un 1-MCP y etileno, no suponen una mejoría en la firmeza de los frutos respecto al control. En muchos casos la firmeza de los frutos tratados no difiere significativamente de la del control, y en otros incluso disminuye respecto a los frutos control (**Figuras 33, 34 y 35**). En los frutos tratados con etileno, era de esperar una disminución en su firmeza, pues el etileno activa la expresión de los genes que codifican para enzimas que degradan la pared celular tales como poligalacturonasas y expansinas (Rose et al., 1997; Sitrit y Bennett, 1998; Hiwasa et al., 2004). En calabacín, de hecho, se ha descrito un aumento en la actividad poligalacturonasa en frutos conservados a 2.5°C (Baladrán-Quintana et al., 2007), lo que podría estar asociado con el aumento en la producción de etileno en frutos conservados en frío y posteriormente sacados a temperatura ambiente (Baladrán-Quintana et al., 2007; Megías et al., 2012). Sin embargo, el 1-MCP, como inhibidor de la acción de etileno, es capaz de inhibir o retrasar el ablandamiento de los frutos de manzana, pera y melón, entre otras especies (Hiwasa et al., 2003), lo que demuestra el papel activo del etileno en el ablandamiento de los frutos climatéricos. En el caso de calabacín, el 1-MCP no solo no ha tenido este efecto, sino que en algunas variedades como Alexander ha disminuido significativamente la firmeza de los frutos. Todos estos resultados indican que el etileno no juega un papel muy activo en la firmeza de los frutos no climatéricos de calabacín durante su conservación en frío.

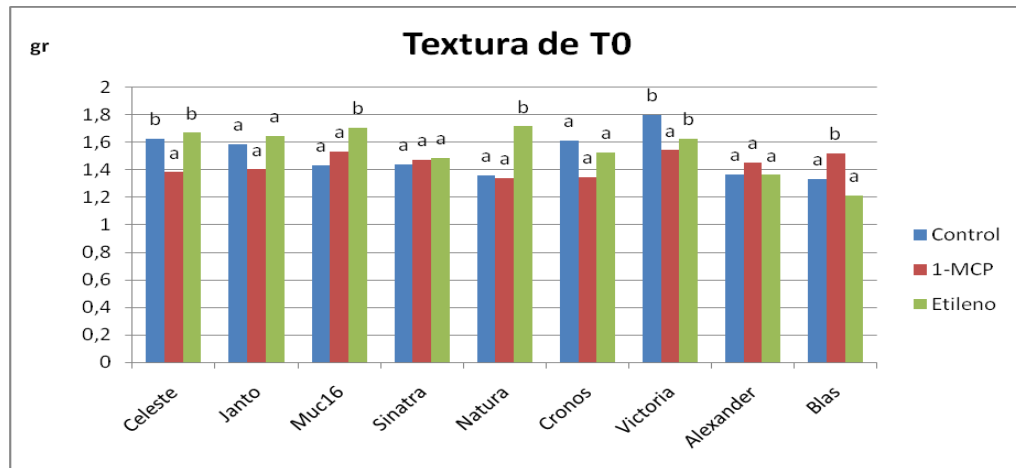


Figura 33. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la firmeza medida en los frutos de 9 variedades de calabacín inmediatamente después del tratamiento.

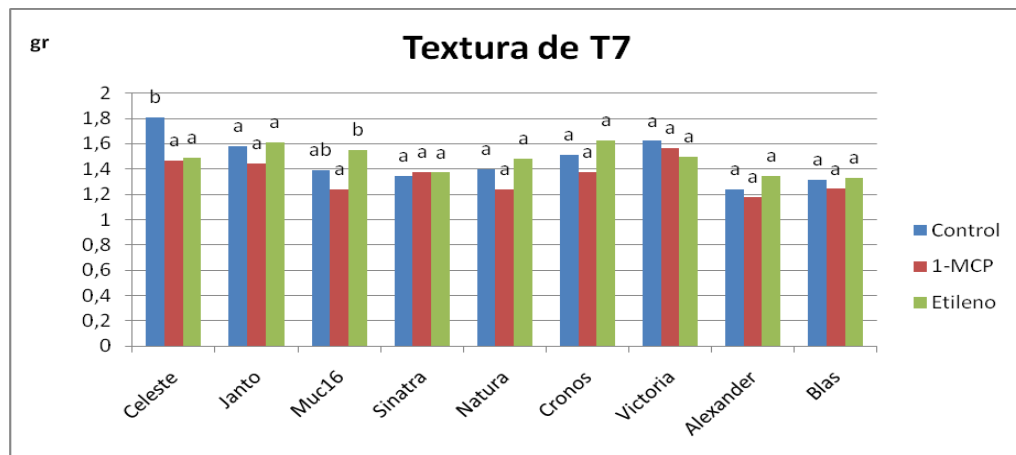


Figura 34. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la firmeza en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 7 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.

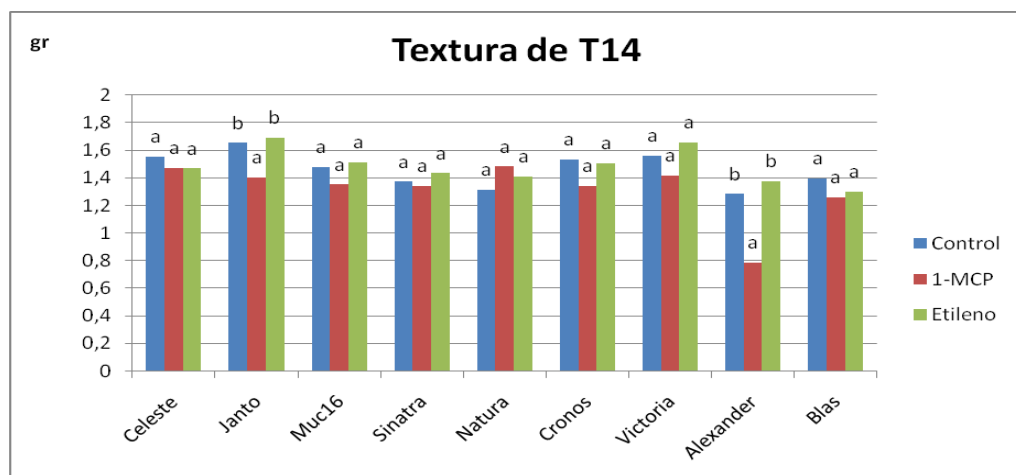


Figura 35. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la firmeza en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 14 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.

Por lo que respecta a la evolución de este parámetro, cabe esperar una disminución de la firmeza a lo largo del periodo de frigoconservación, ya que disminuye la cantidad de agua del fruto, y las enzimas que degradan la pared celular se activan. Sin embargo, en algunas variedades ensayadas, la firmeza del fruto ha aumentado ligeramente a lo largo de la postcosecha. Es probable que con el paso del tiempo los frutos hayan acumulado algo de lignina, tal y como se ha descrito en otras especies de frutos como en níspero el cual se vio afectada la firmeza de los frutos produciéndose un aumento de lignina después de haber sido tratados con etileno (Chong Cai et al., 2006). El aumento de la firmeza en los frutos T0 tratados con etileno de algunas variedades podría deberse también a la acumulación de lignina.

Esta evolución en la firmeza de los frutos, por tanto, podría explicarse atendiendo a las siguientes razones:

- a) La conservación en frío podría provocar un aumento en la lignificación de tejidos provocando una mayor fuerza para romper el fruto.
- b) Se ha comprobado que hay frutos que con el paso del tiempo se vuelven más elásticos, lo que la sonda requeriría una mayor fuerza para romper la piel y penetrar en el fruto.

4.2.2. Diferencia entre variedades en función del tratamiento

Comparando el control con el tratamiento de etileno, no permite establecer grandes diferencias en firmeza entre las variedades. Sin embargo, podemos observar que en la mayoría de los casos el 1-MCP tiene valores menores de firmeza que el control, con lo cual, se produce una pequeña disminución en los frutos al aplicarles el 1-MCP. En el caso del etileno en ocasiones sube y otras baja por lo cual no podemos deducir si aumenta o disminuye la firmeza en los frutos, tan solo, que es una consecuencia varietal.

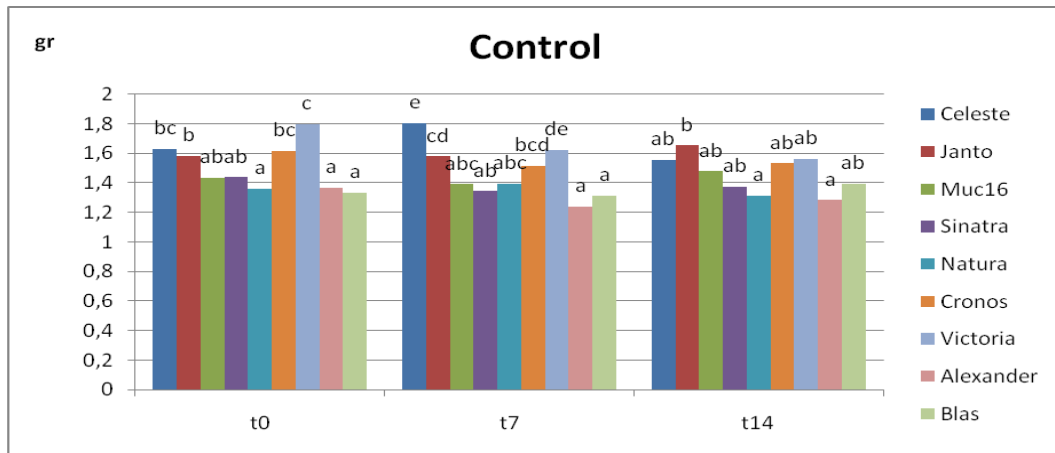


Figura 36. Comparación de la firmeza a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío

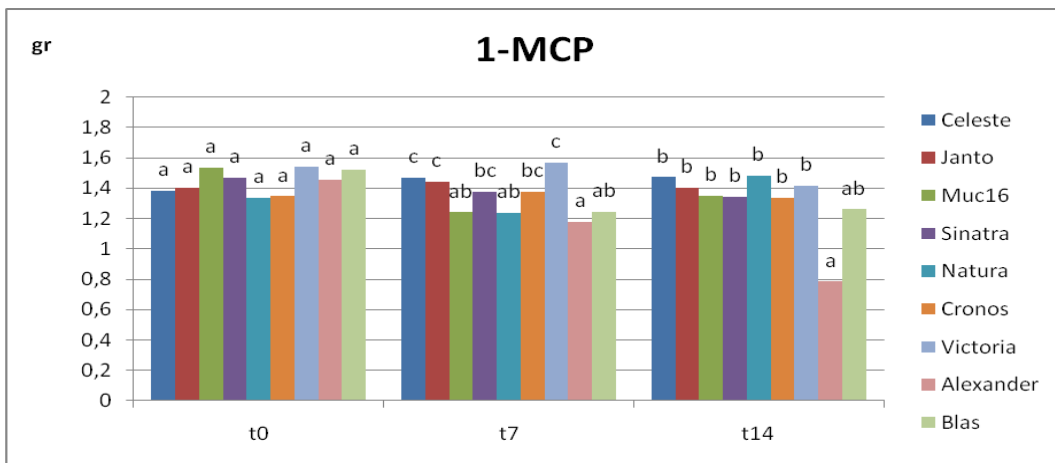


Figura 37. Comparación de la firmeza a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con 1-MCP antes de su conservación en frío.

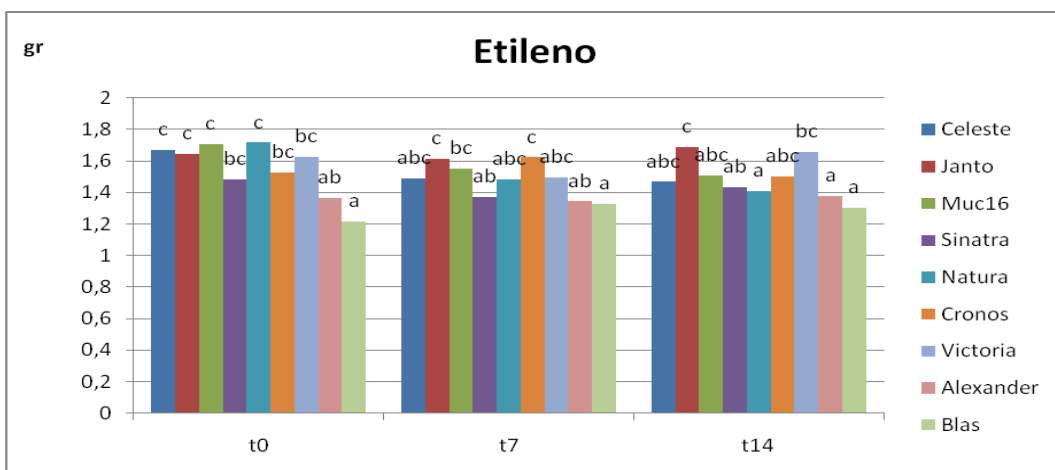


Figura 38. Comparación de la firmeza a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con etileno antes de su conservación en frío.

4.3. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre los daños por frío

4.3.1. Efectos de los tratamientos en cada una de las variedades

Tras 7 días de frigoconservación todas las variedades estudiadas presentaron un índice de daños por frío en torno a 22,5 lo que supone un 5-20% de la superficie del fruto (**Figura 39**). Los tratamientos con etileno No obstante, en todas las variedades excepto en ‘Janto’ y Victoria, el etileno aumento los daños por frío en la superficie de los frutos, con diferencias significativas respecto al control en las variedades ‘Celeste’, ‘Sinatra’, ‘Natura’, ‘Cronos’ y ‘Blas’. Estos resultados indicarían que, al igual que ocurre en otras muchas especies (Sevillano et al., 2009), el etileno puede tener un papel activo en el desarrollo de los DF en calabacín, lo que resulta de gran importancia para prevenir el desarrollo de esta fisiopatía en cámaras de frigoconservación donde esta hortaliza se conserva con otros frutos climatéricos como el tomate o el melón. A los 14 días a 4°C no hay diferencias significativas entre tratamientos lo que nos indica que el a partir de los siete días se acelera la aparición de los daños por frío.

El efecto del tratamiento de 1-MCP sobre los DF en la piel fue menos esperado, pues disminuyó en la variedad ‘Muc-16’ (**Figura 39**), pero aumentó significativamente los DF en el caso de los frutos de ‘Celeste’, ‘Natura’ y ‘Alexander’. Este efecto negativo del 1-MCP sobre los DF en algunas variedades de calabacín también se ha observado en otras especies (Sevillano et al., 2009). Los efectos del etileno y 1-MCP sobre los DF dependen de la especie y la variedad considerada. Así, los tratamientos con etileno aceleran los síntomas de DF en aguacate (Pesis et al., 2002) y ciruela (Candan et al., 2008). Por su parte, el 1-MCP puede reducir los DF en caqui (Salvador et al., 2004), mandarina (Salvador et al., 2006), y níspero (Cai et al., 2006), mientras que acelera la aparición de síntomas en plátano (Jiang et al., 2004), y nectarina (Dong et al., 2001). Por tanto, aunque el etileno parece estar implicado en el desarrollo de los daños por frío en fruta climatérica y no climatérica, los mecanismos y resultados de su actuación no parecen ser los mismos en todas las especies y variedades.

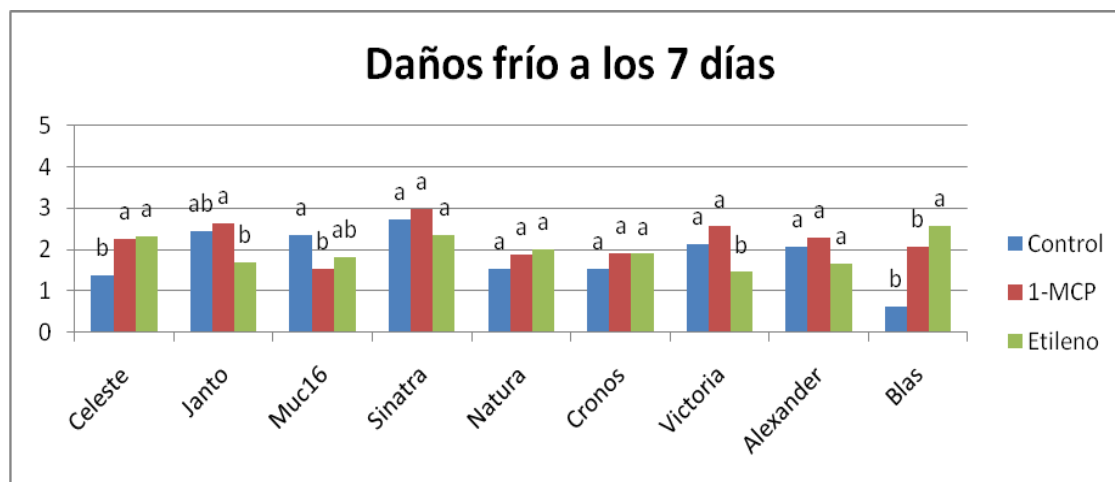


Figura 39. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre los daños frío en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 7 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.

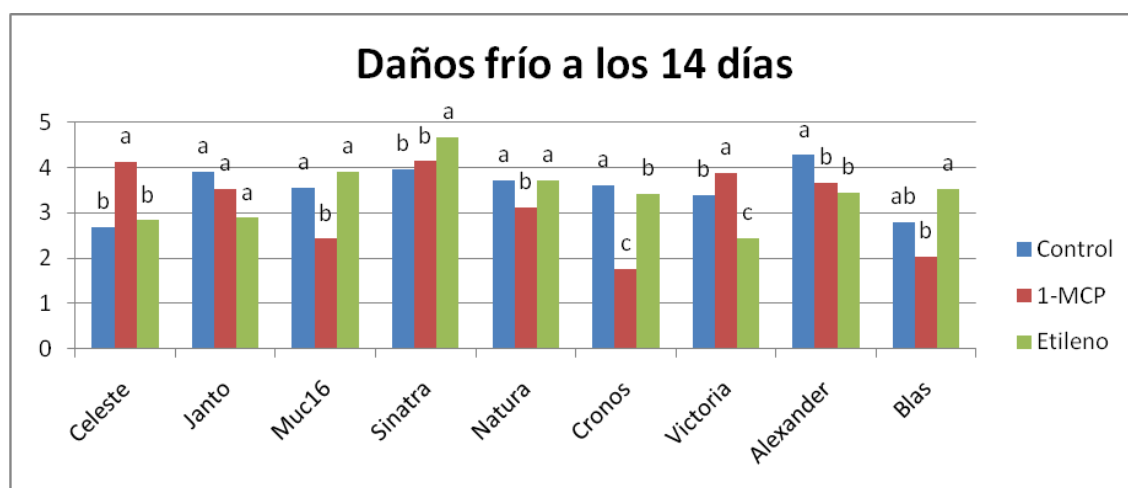


Figura 40. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre los daños frío en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 14 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.

4.3.2. Diferencia entre variedades en función del tratamiento

En el tratamiento control podemos ver que las variedades mantienen un comportamiento ciertamente similar tanto a 7 como a 14 días, y se pueden diferenciar cuatro grupos de menor daño por frío a mayor (**Figura 41**). En el primero se encuentran “Blas” y “Celeste” con un nivel de daños frío leve, en el segundo tenemos a “Natura” y “Cronos” con un nivel moderado, en el tercero están “Victoria”, “Alexander”, “Janto” y “Muc16” con un nivel de daños alto, y, finalmente, en el cuarto grupo tenemos a “Sinatra” que es la que tiene un mayor nivel de alteraciones en el fruto por frío. Estas diferencias varietales son similares a

las observadas por Carvajal et al. (2011) para un grupo de variedades comerciales de calabacín producidos en Almería.

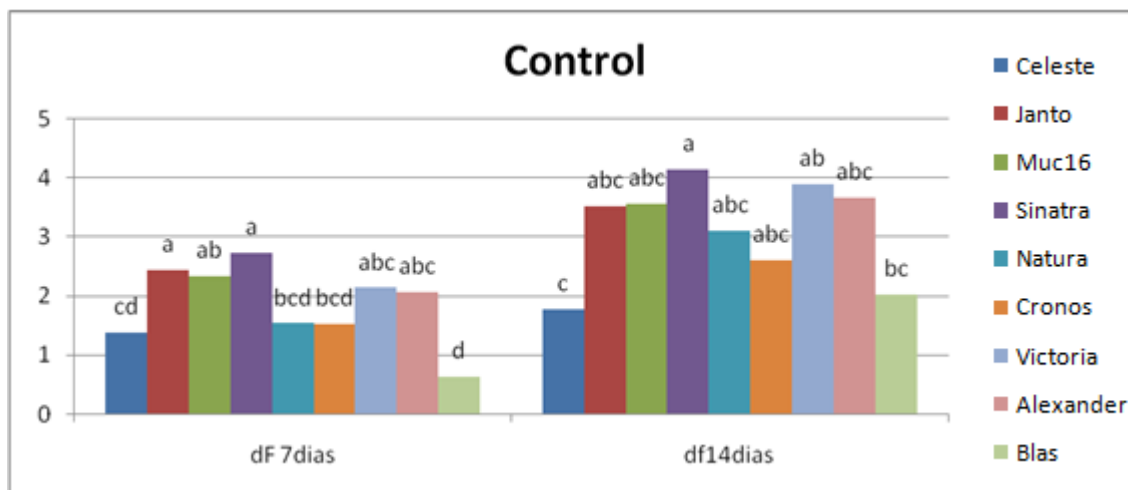


Figura 41. Comparación de daños frío a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.

Con el tratamiento de 1-MCP (**Figura 42**) vemos que “Muc16”, “Celeste” y “Blas” son las variedades que mejor responden reduciendo sus daños por frío, y que “Janto”, “Sinatra” y “Alexander” las que peor responden al tratamiento.

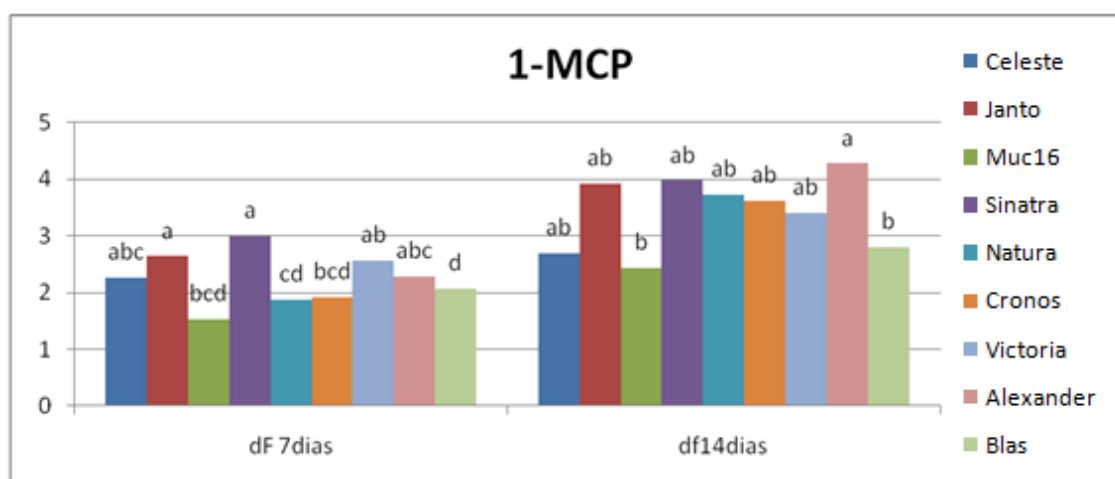


Figura 42. Comparación de daños frío a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con 1-MCP antes de su conservación en frío.

En la **Figura 43** se comparan los daños por frío en los frutos tratados con etileno de las diferentes variedades. Los frutos de las variedades estudiadas no presentan

diferencias significativas entre las diferentes variedades a los 7 días de frigoconservación, lo que indicaría que los frutos de las variedades menos sensibles al frío (frutos control) han aumentado sus daños como consecuencia del tratamiento con etileno. A los 14 días podemos establecer una gradación de sensibilidad varietal a los daños por frío, siendo la más sensible “Sinatra” y las menos sensibles “Celeste”, “Janto” y “Victoria” aunque sin diferencias significativas.

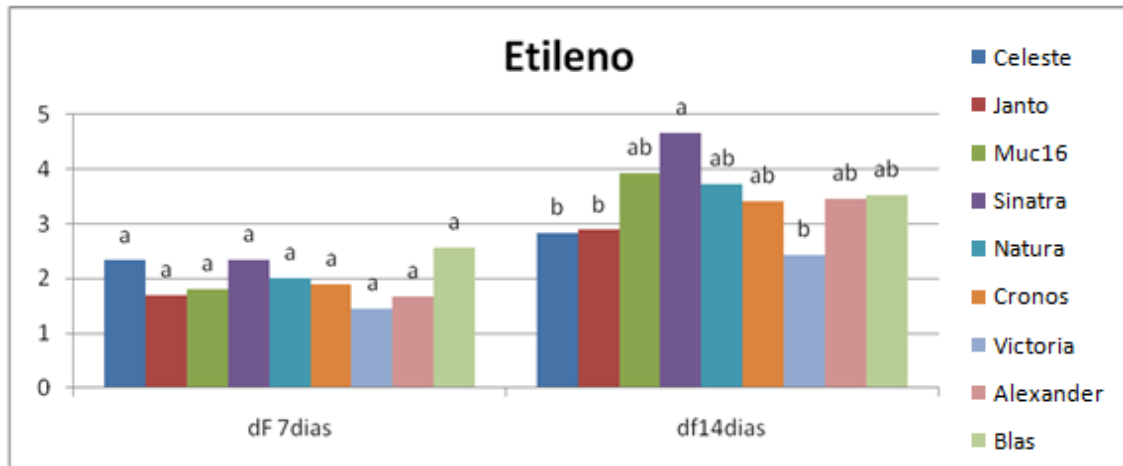


Figura 43. Comparación de los daños frío a los 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos se trataron con etileno antes de su conservación en frío.

4.4. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre el color del fruto

En este apartado, primero, caracterizaremos los diferentes componentes del color en las variedades bajo estudio, para posteriormente ver como les afectan los diferentes tratamientos al color de los frutos durante su conservación poscosecha.

4.4.1. Comparación de la evolución del color del fruto en diferentes variedades

Las diferencias de color entre los frutos de las diferentes variedades se midieron en frutos control a los 0, 7 y 14 días de conservación en frío. Las figuras 44, 45 y 46 muestran la comparación de la luminosidad (L), el croma (C) y el matiz o tono (hue, h) entre los frutos de las diferentes variedades. Las diferencias sobre la luminosidad no fueron muy acusadas, salvo la variedad “Alexander”, cuyos frutos fueron los más brillantes respecto al resto de las variedades estudiadas (**Figura 44**). No se han detectado grandes cambios en la evolución de la luminosidad de los frutos a lo largo del periodo de conservación en ninguna de las variedades analizadas.

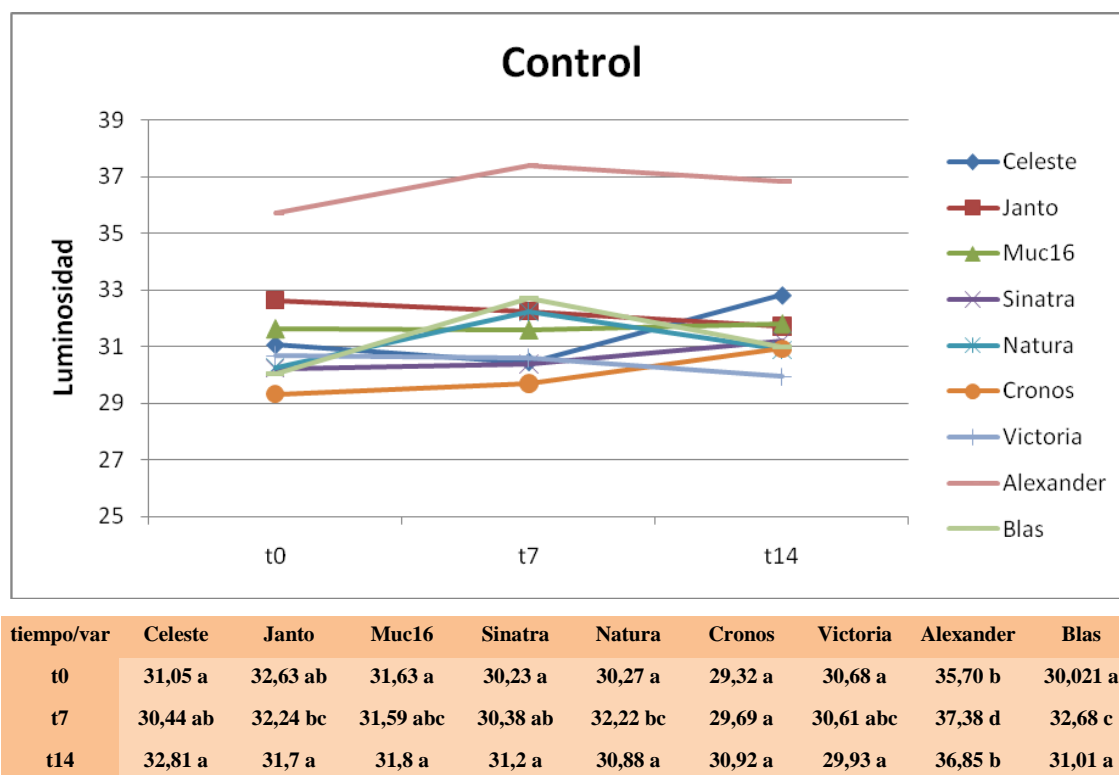
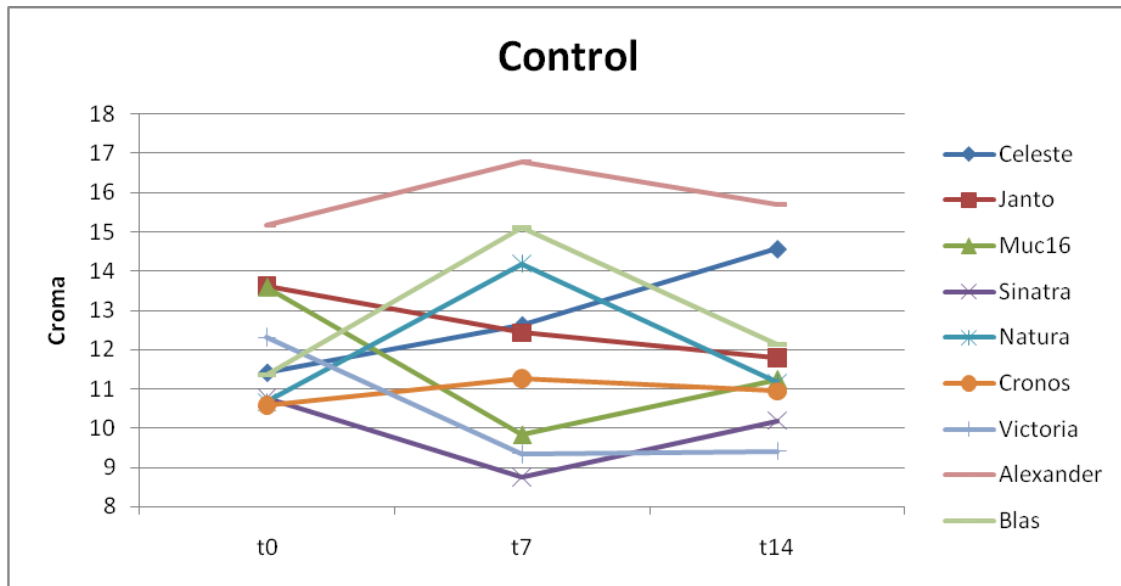


Figura 44. Comparación de la luminosidad a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.

El perfil del croma sí cambió a lo largo del periodo de conservación (**Figura 45**). Los frutos de algunas variedades (“Alexander”, “Blas”, “Natura” y “Cronos”) tuvieron un comportamiento piramidal con un pico de saturación de color a los 7 días de conservación. Observamos también otro comportamiento en forma de pirámide pero a la inversa, es decir, el valor mínimo de saturación de color se produjo a los 7 días con las variedades “Sinatra” y “Muc16”. Y, por último, dos grupos más uno de comportamiento creciente con Celeste y otro decreciente constituido por “Janto” y “Victoria”. “Alexander” fue la variedad con una saturación más alta, obteniendo mayor pureza del color durante todo el tiempo con respecto a las demás.



tiempo/var	Celeste	Janto	Muc16	Sinatra	Natura	Cronos	Victoria	Alexander	Blas
t0	11,42 a	13,62 ab 12,43	13,60 ab	10,77 a	10,66 a	10,58 a 11,26	12,31 ab	15,18 b	11,35 a
t7	12,63 cde	bcd	9,83 abc	8,75 a	14,19 def	abcd	9,35 ab	16,77 f	15,09 ef
t14	14,57 bc	11,79 abc	11,24 ab	10,19 ab	11,16 ab	10,94 ab	9,41 a	15,68 c	12,13 abc

Figura 45. Comparación del croma (C) a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.

Por lo que respecta a la tonalidad (h, **Figura 46**) las diferencias entre variedades tampoco fueron muy acusadas ya que ninguna de ellas dió valores con diferencias significativas altas con respecto a las demás.

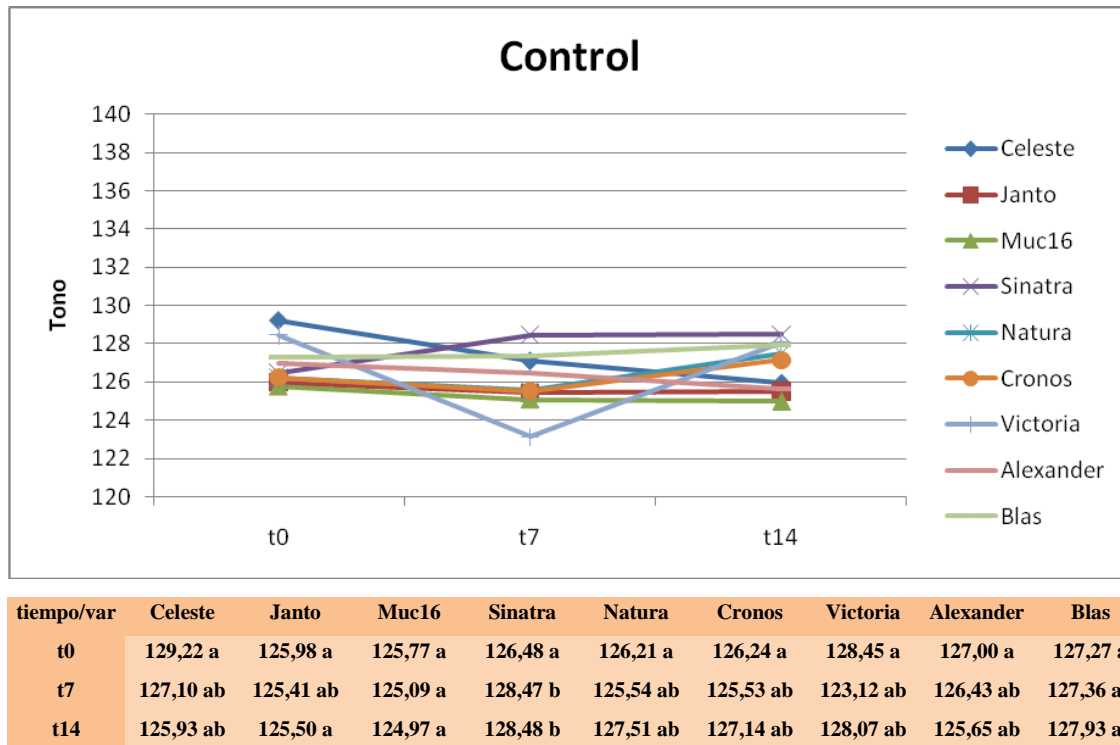


Figura 46. Comparación del tono o matiz (h) a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.

4.4.2. Efecto de los tratamientos sobre el color del fruto

Una vez conocidas las características de cada variedad, vamos a analizar cómo afectan los diferentes tratamientos con etileno y 1-MCP gaseoso a los componentes del color.

No hemos detectado muchas diferencias significativas entre frutos tratados y frutos testigo de las diferentes variedades (**Figura 47**). El etileno solo aumentó la luminosidad de los frutos de la variedad “Muc16” antes de su conservación en frío (T0), mientras que el 1-MCP solamente disminuyó significativamente la luminosidad de los frutos de la variedad “Blas” a los 7 días de conservación en frío (T7). Estos datos demuestran que el etileno y el 1-MCP no tienen ningún efecto sobre la luminosidad de los frutos de calabacín.

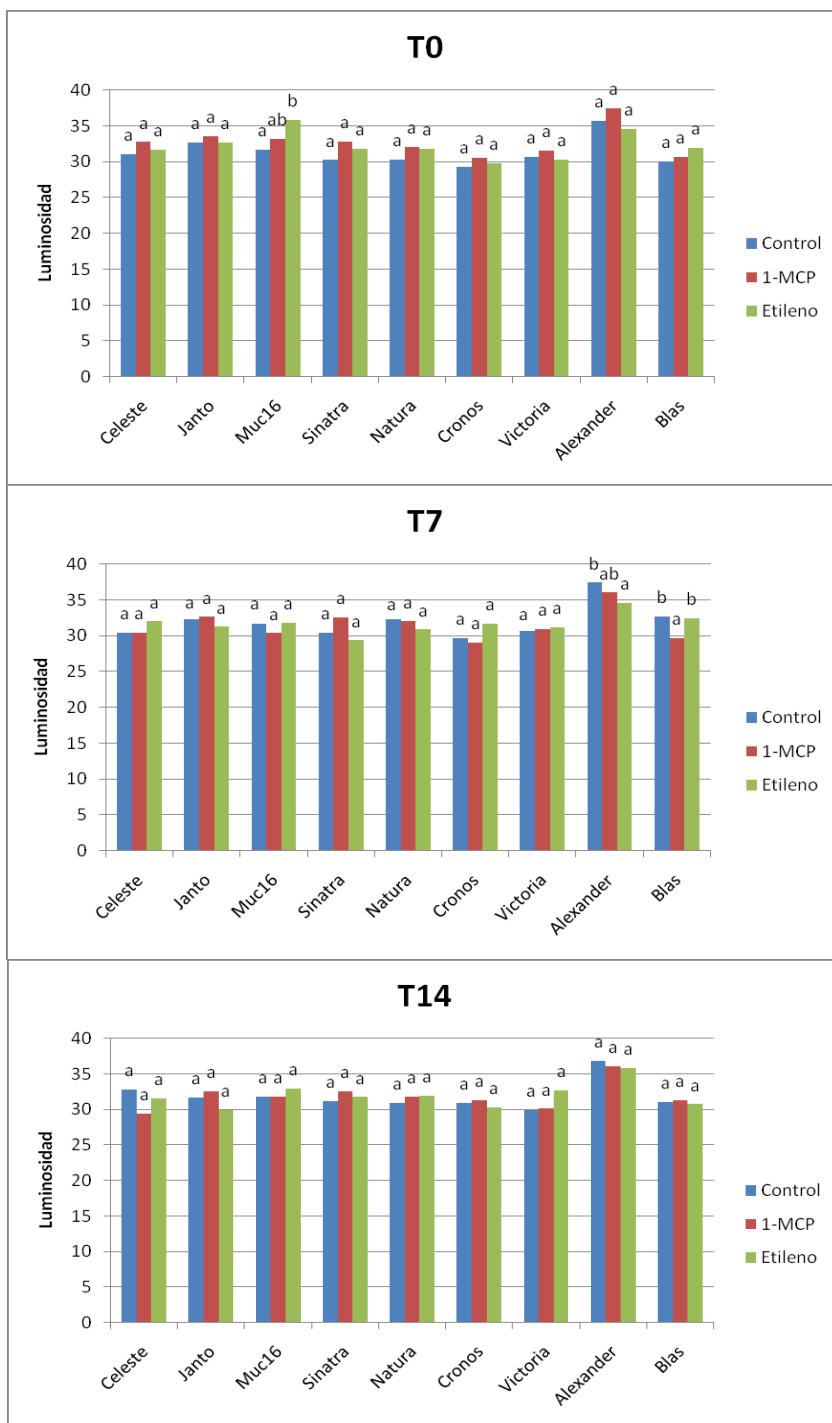


Figura 47. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la luminosidad medida a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín.

Los tratamientos tampoco alteraron el croma o saturación del color de los frutos en las diferentes variedades de calabacín estudiadas (**Figura 48**) De hecho, las únicas diferencias significativas respecto a los frutos testigo se han observado en frutos de la

variedades Sinatra, Alexander y Blas tratadas con 1-MCP, aunque los efectos del tratamiento sobre las variedades fueron diferentes.

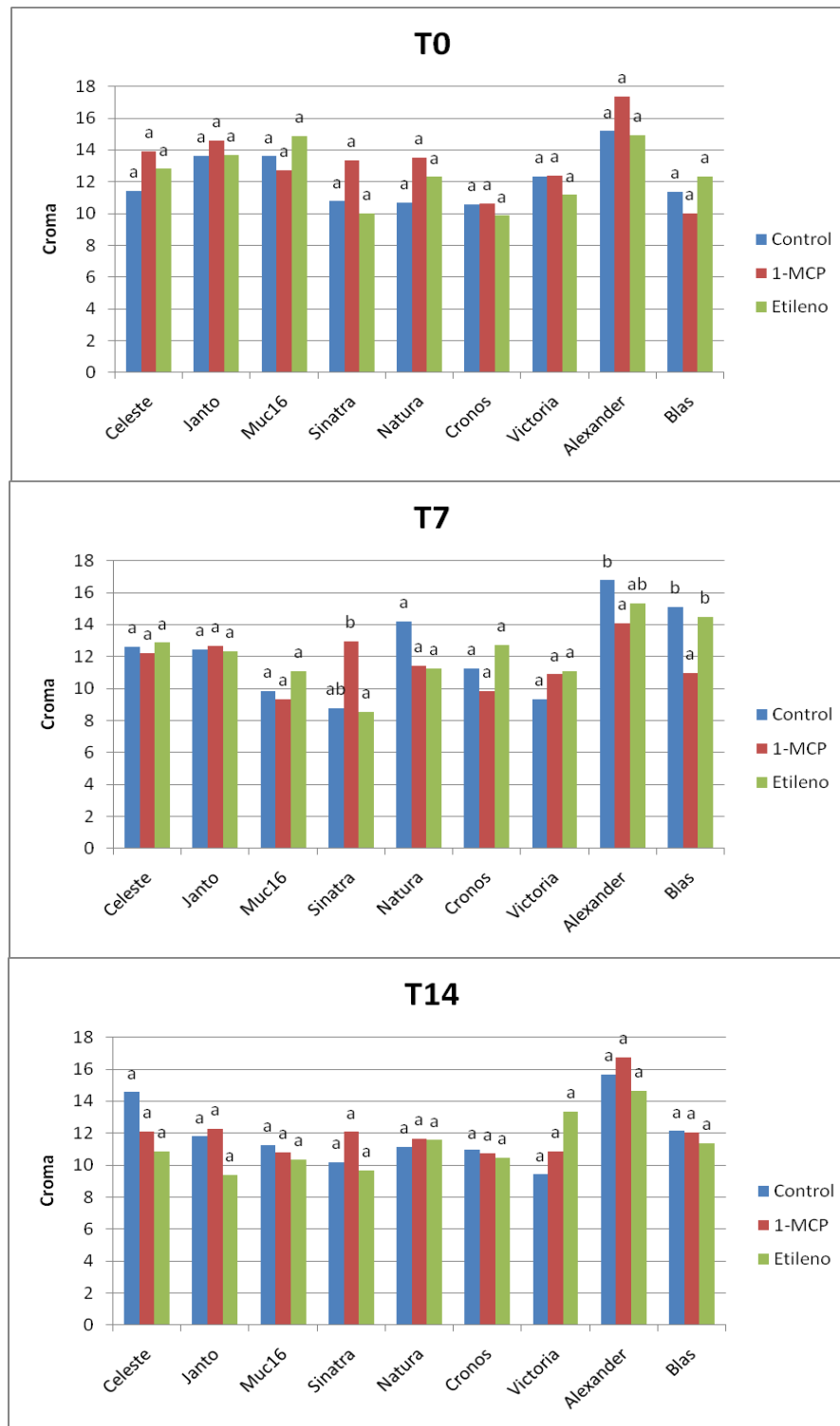


Figura 48. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre el croma medido a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín.

Los valores de la **Figura 50** vienen dados en ángulos y representan el color del fruto. Para representar los datos debemos fijarnos en la figura 49 con la cuál podemos observar el significado del tono. Los valores límite obtenidos variaron entre 123 y 131 que son el más bajo y más alto respectivamente. Como vemos en la figura 49 estos ángulos oscilarían entre el amarillo y verde sabiendo que rojo es igual a 0°, amarillo a 90° y así sucesivamente. Los tratamientos no tuvieron ningún efecto sobre el tono o matiz de los frutos en ninguna de las variedades estudiadas, lo que indicaría que etileno no controla este carácter en calabacín.



Figura 49. Dibujo sobre los diferentes espectros de la colorimetría.

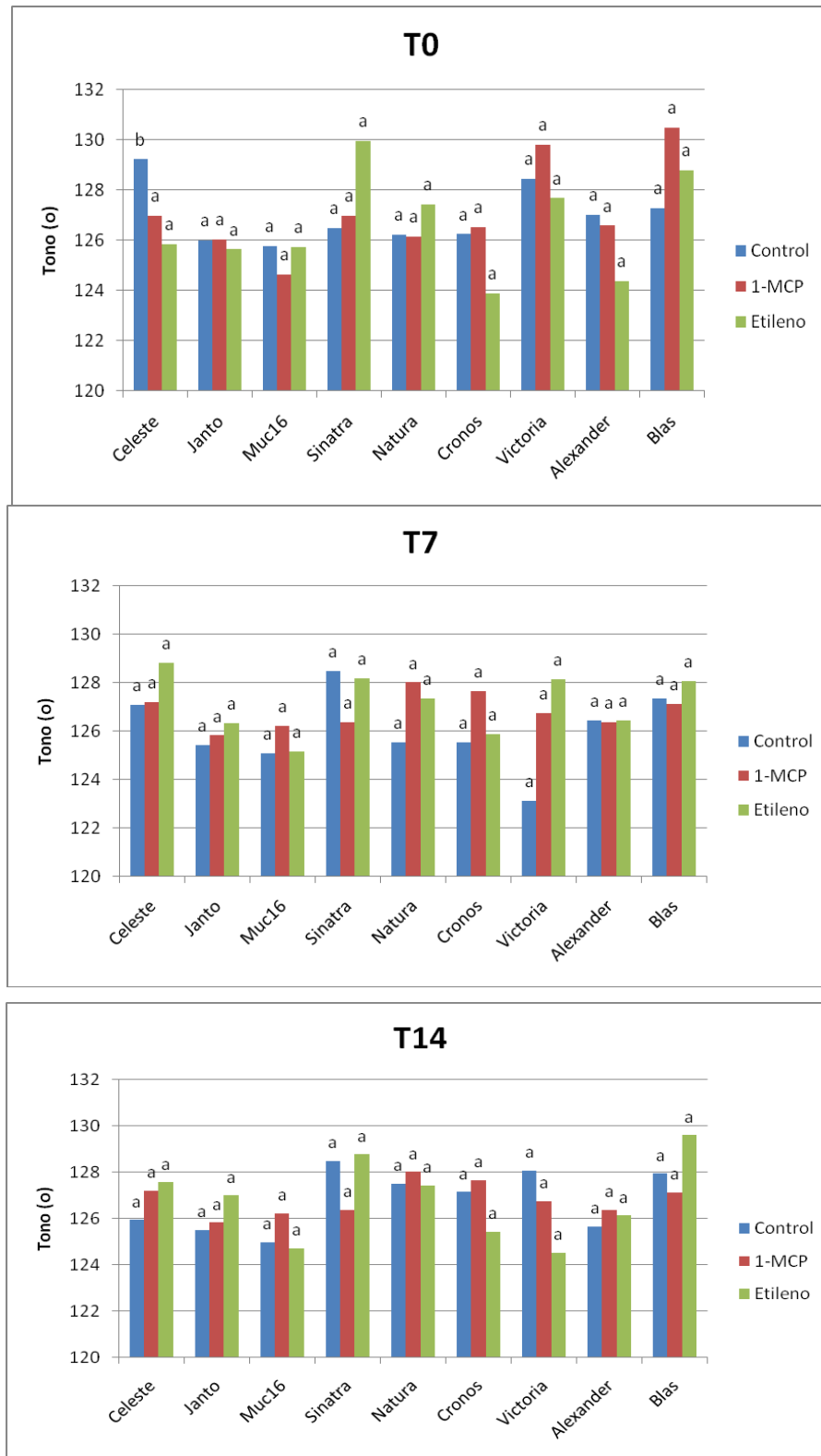


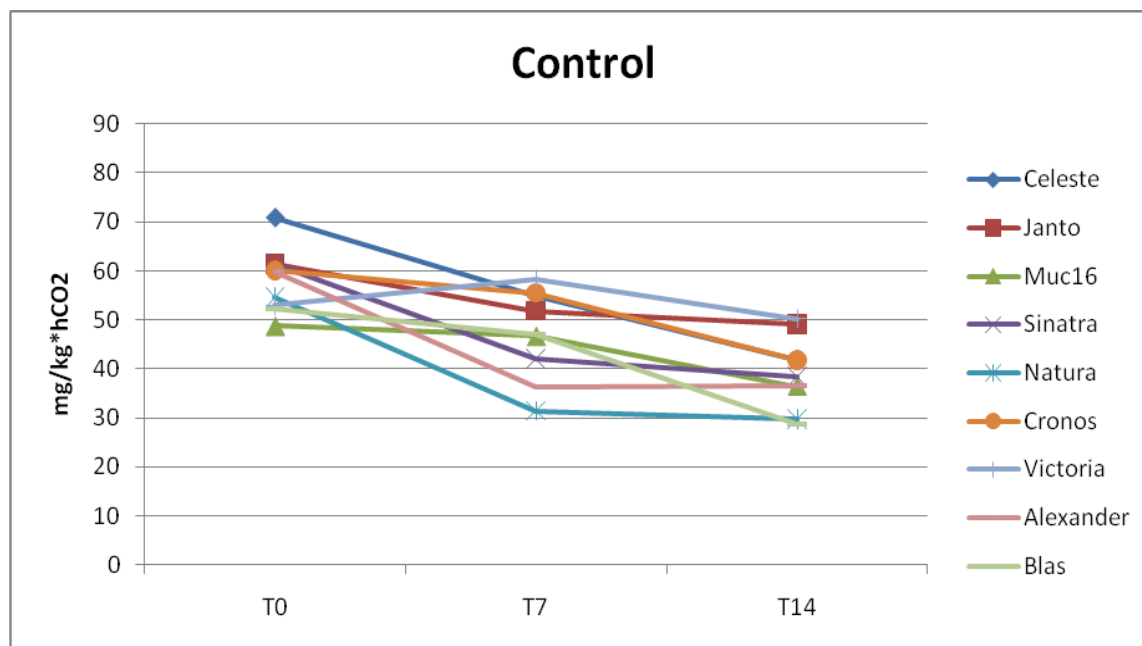
Figura 50. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre el tono medido a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín.

4.5. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la producción de CO₂

La producción de CO₂ a lo largo del periodo de frigoconservación está relacionada con la tasa de respiración de los frutos, lo que nos ha permitido determinar si los tratamientos alteran esta tasa de respiración.

4.5.1. Comparación de la evolución de la producción de CO₂ en diferentes variedades

A lo largo del periodo de frigoconservación, la producción de CO₂ disminuyó en todas las variedades estudiadas (**Figura 52**), lo que demuestra que la conservación en frío disminuye, como era de esperar, las tasas de respiración de los frutos de calabacín. La evolución en las tasas de respiración de los frutos de calabacín a lo largo de los 14 días de conservación son similares a las obtenidas por Balandrán-Quintana *et al* (2002; 2003), quienes observan que a los 8 días de conservación en frío (2.5°C), los frutos de calabacín muestran un pico de CO₂, asociado con la aparición de los daños por frío. Sin embargo, en los frutos conservados a 10 °C la producción de CO₂ va disminuyendo progresivamente a lo largo de 16 días de conservación. Esto último es lo que ocurre en frutos tolerantes al frío o en frutos sensibles conservados por encima de la temperatura que dispara los daños por frío de manera irreversible (Lyons y Breidenbach, 1990). La tasa respiratoria estaría, por tanto, relacionada con el nivel de estrés por frío sufrido por los frutos.



tiempo/var	Celeste	Janto	Muc16	Sinatra	Natura	Cronos	Victoria	Alexander	Blas
t0	70,88 b	61,39 ab	48,75 a	61,37 ab	54,53 ab	60,09 ab	53,01 a	59,92 ab	52,35 ab
t7	54,86 b	51,86 b	46,67 ab	41,11 ab	31,41 a	55,48 b	58,36 b	36,43 ab	47,14 ab
t14	41,89 bc	49,09 c	36,39 abc	38,46 abc	29,79 ab	41,78 abc	50,27 c	36,5 abc	28,68 a

Figura 51. Comparación de producción de CO₂ a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo de tratamiento antes de su conservación en frío.

4.5.2. Efectos de los tratamientos en cada una de las variedades

Los tratamientos con etileno y 1-MCP influyeron de forma diferente sobre la producción de CO₂ de los frutos (Figura 52). Inmediatamente después del tratamiento, las producciones de CO₂ en frutos tratados y testigo fueron muy similares, excepto en los frutos de “Blas” y “Natura” tratados con etileno, donde las tasas de producción de CO₂ aumentaron significativamente respecto a los de frutos control. A los 7 días de conservación, el tratamiento con 1-MCP disminuyó significativamente la tasa respiratoria de los frutos en la mayor parte de las variedades estudiadas (Celeste, Janto, Muc16, Sinatra, Natura y Victoria). A los 14 días de conservación, las tasas de respiración de los frutos control y tratados con 1-MCP se vuelven a igualar. Los tratamientos con etileno, en cambio, parecen no tener ningún efecto sobre la producción de CO₂ a los 7 días, aunque a los 14 días de la frigoservación, los frutos de algunas variedades presentaban un aumento en su tasa respiratoria respecto a los frutos control. En su conjunto, estos resultados indican que

los tratamientos con etileno y 1-MCP han sido capaces de aumentar o disminuir, respectivamente, las tasas de respiración de los frutos de calabacín de diferentes variedades. El tratamiento con 1-MCP fue, por tanto, capaz de disminuir las tasas de respiración en los frutos de la mayor parte de las variedades, lo que está asociado con un aumento de la tolerancia a la frigoconservación (Lyons y Breidenbach, 1990; Balandrán-Quintana et al., 2003),

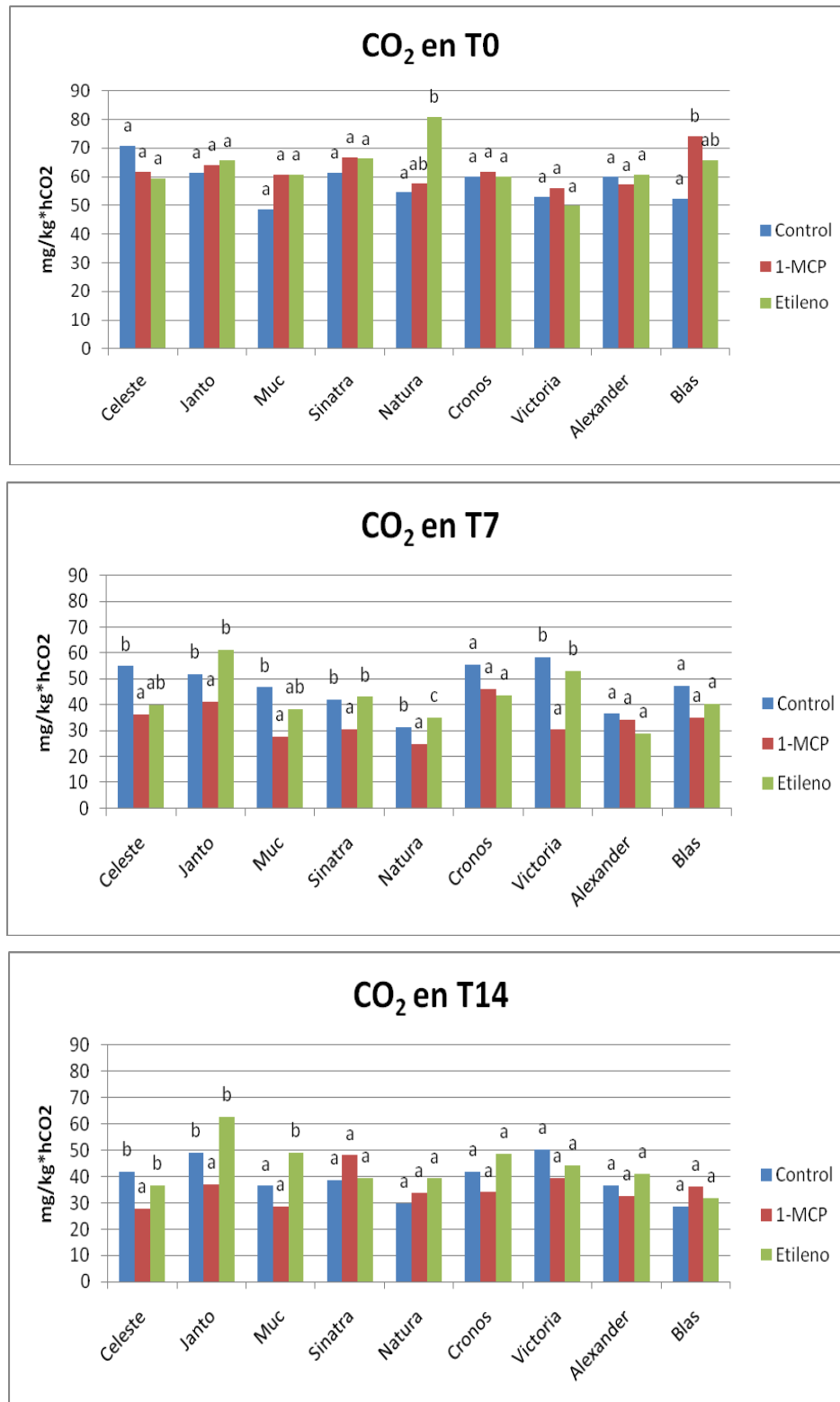


Figura 52. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la producción de CO₂ medida en los frutos de 9 variedades a los 0, 7 y 14 días.

4.6. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la producción de etileno

4.6.1. Comparación de la evolución de la producción de CO₂ en diferentes variedades

La **Figura 53** muestra la evolución en la producción de etileno en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C durante 14 días. A los 7 días de conservación, se produce un pico de etileno que varía según las variedades. Resultados previos han demostrado que el etileno inducido por frío no se produce durante el almacenamiento en frío, sino después de transferir la fruta a 20 °C, y que el nivel de inducción depende del tiempo de almacenamiento en frío y del tiempo de acondicionamiento a temperatura ambiente (Megías et al., 2012). En nuestros frutos almacenados durante 7 días a 4 ° C, la producción de etileno se midió después de calentar la fruta durante 6 horas a temperatura ambiente. En los frutos de todas las variedades estudiadas se produjo una inducción en la producción de etileno por frío a los 7 días de frigoconservación (**Figura 53**). No obstante, los frutos de las variedades más sensibles a sufrir daños por frío tales como ‘Sinatra’ y ‘Muc16’ fueron aquellos que produjeron mayor cantidad de etileno tras su conservación en frío, mientras que las variedades más tolerantes como ‘Natura’ y ‘Blas’ produjeron menos etileno tras su conservación en frío (Megías et al., 2012). Estos datos indican una correlación entre la producción de etileno por frío y la sensibilidad de los frutos a sufrir DF, que podría utilizarse para seleccionar material vegetal tolerante al frío.

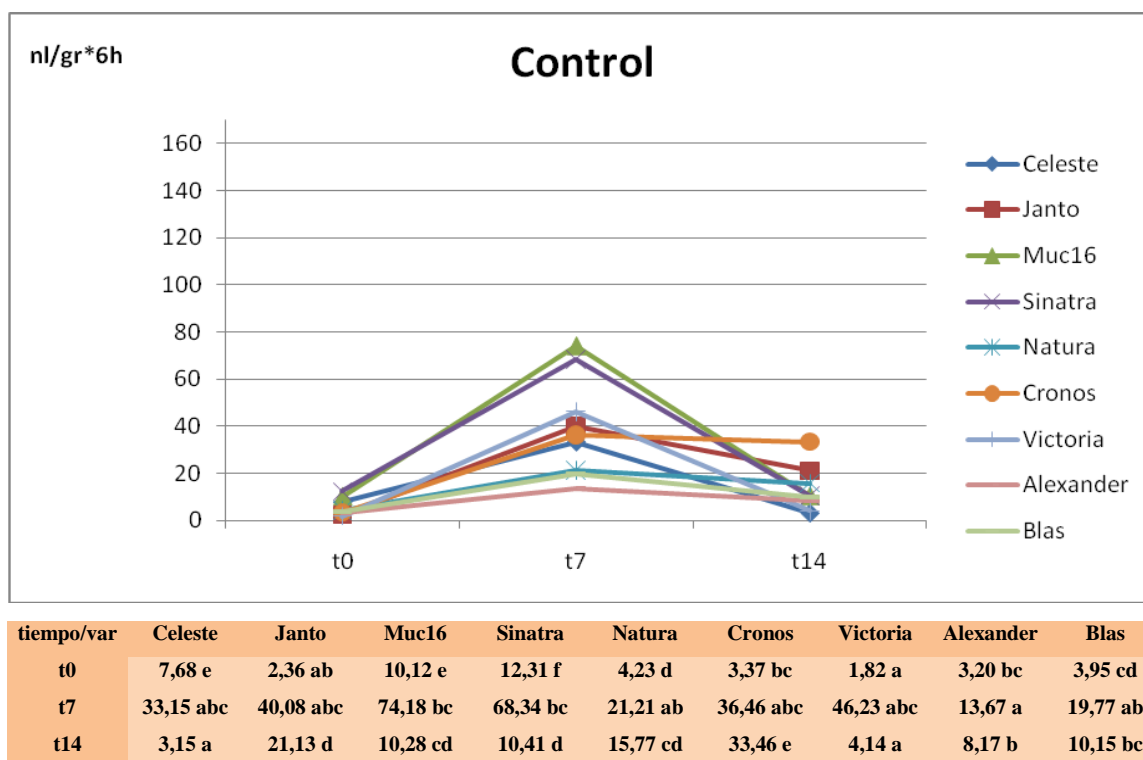


Figura 53. Comparación de la producción de etileno a los 0, 7 y 14 días en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados a 4°C. Los frutos no recibieron ningún tipo tratamiento antes de su conservación en frío.

4.6.2. Efectos de los tratamientos en cada variedad

La **Figura 54** muestra el efecto de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la producción de etileno de los frutos a los 0, 7 y 14 días de conservación en frío. Inmediatamente después del tratamiento (tiempo 0), el tratamiento con etileno externo aumento ligeramente la producción de etileno de los frutos, excepto en en la variedad Victoria (**Figura 54**). No obstante a los 7 días de conservación, los frutos que habían sido tratados con etileno disminuyeron su producción interna de etileno, igualándose con los frutos control en las variedades Celeste y Natura, y disminuyendo por debajo de los frutos control en el resto de las variedades. La única variedad en la que el etileno aumento significativamente la producción interna de etileno a los 7 días de conservación fue Sinatra (Figura 54). A los 14 días de conservación, los frutos tratados con etileno disminuyeron su producción de etileno al nivel de los frutos control o por debajo de éstos. Todos estos resultados indican que el tratamiento con etileno de los frutos, aumenta inicialmente la producción interna de esta hormona, pero a lo largo del periodo de conservación, este

tratamiento hace que la producción de etileno disminuya incluso debajo de los niveles de los frutos control.

El comportamiento de los frutos tratados con 1-MCP fue el contrario. Inmediatamente después del tratamiento (tiempo 0), los frutos tratados y control mostraron la misma producción de etileno. Esta producción aumentó a lo largo del tiempo, aunque se mantuvo igual o menor que la de los frutos control a los 7 días de la conservación. No obstante, a los 14 días los frutos tratados con 1-MCP de la mayoría de las variedades aumentaron su producción de etileno, a un nivel similar al mostrado por los frutos control a los 7 días (**Figura 54**). Este cambio en el perfil de producción de etileno de los frutos tratados con 1-MCP indica que el 1-MCP retrasa la producción de etileno inducida por frío en calabacín. Si este etileno participa en el desarrollo de los síntomas de daños por frío tal y como ha sugerido Megías et al (2012), éste retraso en la producción de etileno podría retrasar la aparición de daños irreversibles por frío en esta especie, lo que resultaría de gran utilidad para disminuir los daños por frío en esta fruta. Estas diferencias en la producción de etileno entre frutos control y tratados con 1-MCP podrían explicar el mejor comportamiento de los frutos tratados en relación al índice de daños por frío y a la pérdida de agua.

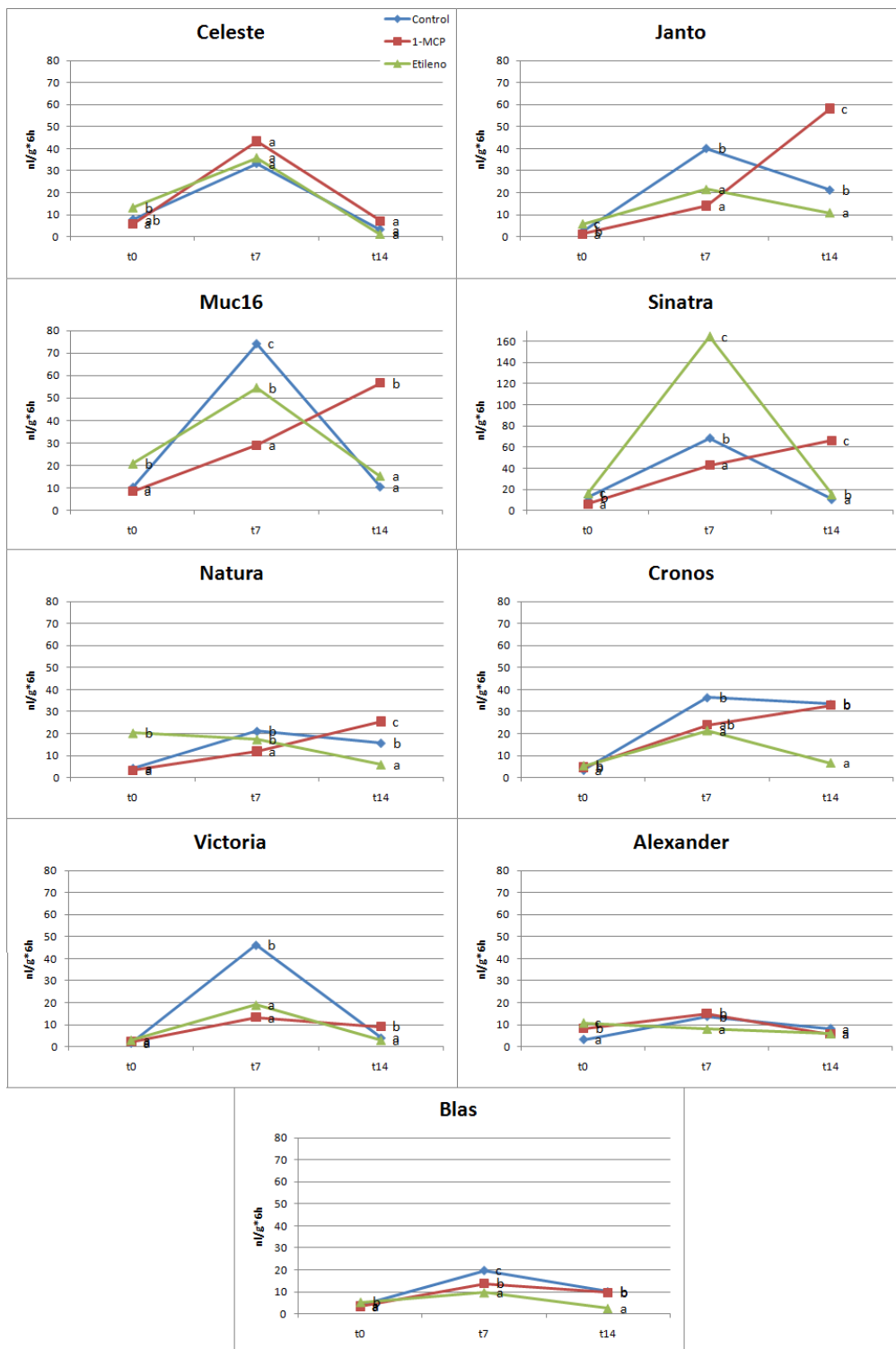


Figura 54. Efecto de los tratamientos poscosecha con etileno y 1-MCP sobre la producción de etileno medida en los frutos de 9 variedades de calabacín conservados durante 7 y 14 días en una cámara de frigoconservación a 4°C.

5. CONCLUSIONES

PRIMERA.- La aplicación de etileno exógeno apenas afecta a la pérdida de peso de los frutos de calabacín, pero los tratamientos con 1-MCP disminuyen la pérdida de peso en todas las variedades ensayadas excepto en Blas.

SEGUNDA.- En general el etileno externo ha aumentado los daños por frío en la superficie de los frutos de calabacín. Estos resultados indicarían que, al igual que ocurre en otras muchas especies, el etileno puede tener un papel activo en el desarrollo de los DF en calabacín. A pesar de ello, el tratamiento con 1-MCP no ha sido efectivo para disminuir los daños por frío excepto en la variedad Muc-16.

TERCERA.- Los tratamientos con etileno y 1-MCP no han sido capaces de alterar significativamente la firmeza ni el color de los frutos de calabacín.

CUARTA.- Los frutos de Blas han mostrado el mejor comportamiento poscosecha, con menores pérdidas de peso y firmeza a lo largo de todo el periodo de frigoconservación, y menos daños por frío. Este comportamiento estuvo asociado con una menor tasa respiratoria y menor producción de etileno en los frutos de esta variedad.

QUINTA.- En general, en los frutos de calabacín el tratamiento con etileno aumenta la tasa de respiración y la producción inicial de etileno aunque esta última disminuye con el tiempo, mientras que el tratamiento con 1-MCP disminuye la tasa de respiración y retrasa la producción de etileno inducido por frío. Estos resultados podrían explicar el mejor comportamiento poscosecha de los frutos tratados con 1-MCP en lo que respecta a su pérdida de peso y desarrollo de daños por frío.

6. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

6.1. Bibliografía:

Alpi, A., Tognoni, F. (1987). Cultivo en invernadero. Mundi-Prensa.

Balandrán-Quintana, R.R., Mendoza-Wilson, A.M., Vargas-Arispuro, I., Martínez- Téllez, M.A., (2007). Activity of galactosidase and polygalacturonase in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.) stored at low temperatures. *Food Technol. Biotechnol.* 45 (4), 396–401.

Boscarol, M. (2007). El espacio del color $L^*C^*h^*$ (http://gusgsm.com/espacio_color_lch).

Bourne, M. (2002). Food texture and viscosity. Concept and measurement. (2ª Ed). Academic Press.

Bourne, M. C.; Moyer, J. C. y Hand, D. B. (1966). Measurement of food texture by a Universal testing machine. *Food Technol.* 32: 62-72.

Brady, C. (1987). Fruit ripening. *Annu Rev Plant Physiol* 38:155-178.

Cady S.W., Wien H.C., (1994). Pollination and fruitset patterns of field grown pumpkins. *Hortscience* 29: 473.

Cai, C., Xu, C.J., Shan, L.L., Li, X., Zhou, C.H., Ferguson, I.B. and Chen, K.S. (2006). Low temperature conditioning reduces post-harvest chilling injury in loquat fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 41:252-259.

Candan, A.P., Graell, J. and Larrigaudiere, C. (2008). Roles of climacteric ethylene in the development of chilling injury in plums. *Postharvest Biol. Technol.* 47:107-112.

Camacho, F. (2002). Material didáctico de Horticultura Intensiva- 3º I.T.A. (Hortofruticultura y Jardinería) 2002/2003. Universidad de Almería.

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. and Garrido, D. (2011). Differential response of zucchini varieties to low storage temperature. *Sci. Horticulturae* 130: 90-96

Chong Cai, ChangJie Xu, Xian Li, Ian Ferguson y Kun Song Chen. (2006). Accumulation of lignin in relation to change in activities of lignification enzymes in loquat fruit flesh after harvest

Decker D.S. (1988). Origin(s), evolution, and systematics of *Cucurbita pepo* (*Cucurbitaceae*). *Economic Botany* 42: 4-15.

Decker-Walters, D.S., Staub, J.E., Chung, S.M., Nakata, E. y Quemada, H.D. (2002). Diversity in free-living populations of *Cucurbita pepo* (*Cucurbitaceae*) as assessed by random amplified polymorphic DNA. *Syst. Bot.* 27: 19-28.

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.

Dong, L., Zhou, H.W., Sonego, L., Lers, A. and Lurie, S. (2001). Ethylene involvement in the cold storage disorder of ‘Flavortop’ nectarine. *Postharvest Biol. Technol.* 23:105-115.

Gómez, P., Peñaranda, A., Garrido, D., Jamilena, M. (2004). Alternativas a la utilización de hormonas sintéticas para el cuajado del fruto de calabacín en invernadero. VI Congreso de SEAE. SEAE, Almería.

Gómez, P., Peñaranda, A., Payán, C., Cárceles, R., Jamilena, M. (2004). Evaluation of flower abscisión and sex expresión in different cultivars of zucchini squash (*Cucúrbita pepo*). Progress in Cucurbit Genetics and Breedeng Research. Eucarpia-Cucurbitaceae. pp. 347-352.

Guillén, F. (2009). 1-MCP como estrategia de conservación, Publ. 19, pp 19-23.

Hayase, H., (1953). Cucurbita-crosses. IV. The development of squash fruit as affected by placement of pollen on stigma. Hokkaido Natl. Agr. Expt. Sta. Res. B. 64: 22-25 (en japonés, resumen en inglés).

Hiwasa K, Kinugasa Y, Amano S, Hashimoto A, Nakano R, Inaba A, Kubo Y. 2003. Ethylene is required for both the initiation and progression of softening in pear (*Pyrus communis* L.) fruit. Journal of Experimental Botany 54, 771–779.

Hiwasa K, Nakano R, Hashimoto A, Matsuzaki M, Murayama H, Inaba A, Kubo Y. 2004. European, Chinese and Japanese pear fruits exhibit differential softening characteristics during ripening. Journal of Experimental Botany 55, 2281–2290.

Jiang Y.M., Joyce, D.C., Jiang, W.B. and Lu, W.J. (2004). Effects of chilling temperatures on ethylene binding by banana fruit. Plant Growth Regul. 43:109-115.

Kader, A. (1992). Postharvest Technology of Horticultural Crops. Second edition, Univ.Calif., Div. of Agr. and Nat. Resources, Publ. 3311, pp. 296.

Karakurt Y y Huber DJ. (2002). Physiol Plant 116: 398-405.

Karakurt Y y Huber DJ. (2004). J. Plant Physiol. 16: 381-388.

Kim IS, Okubo H, Fujieda K (1992) Genetic and hormonal control of parthenocarpy in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Journal of the Faculty of Agriculture of Kyushu University 36:173-181.

- Lima LCO, Hurr BM y Huber DJ. (2005). *Postharvest Biol Technol.* 37: 265-276.
- 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.
- Mao L, Karakurt Y y Huber DJ. (2004). *Postharvest Biol Technol.* 33: 1-9.
- Martínez-Téllez MA, Ramos-Clamont MG, Gardea AA y Vargas Arispuro I. (2002). *Biochemical and Biophysical Research Communications* 295: 98-101.
- Megías Z, Martínez C, Manzano S, Valenzuela J.L, Garrido D, y Jamilena M. (2012). Producción de etileno y expresión de genes ACS y ACO en respuesta a la frigoconservación de calabacín. En: *Avances en poscosecha de frutas y hortalizas.* Universitat de Lleida. 179-184.
- Namesny, A. (Coordinadora). (1997). *Melones.* Ediciones de Horticultura. Barcelona.
- Nee, M., (1990). The domestication of *Cucurbita (Cucurbitaceae)*. *Econ. Bot.*: 44: 56- 68.
- Nepi, M. y Pacini, E. (1993). Pollination, pollen viability and receptivity in *Cucúrbita pepo*. *Ann. Bot.* 72: 527-536.
- Nijs APM y Balder J. (1983) Growth of parthenocarpic and seed bearing fruits of Zucchini squash. *Cucurbit Genet Coop Rpt* 6: 84-85
- Norbdy H.E. y McDouals R.E. (1991). Relation of epicuticular wax composition of grapefruit to chilling injury. *Frl. Og Agricultural & Food Chemistry* 957-963
- Paris H.S. (1989). Historical records, origins, and developent 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.

Pesis, E., Ackerman, M., en-Arie, R., Feygenberg, O., Fena, X.Q., Apelbaum, A., Goren R. and Prusky, D. (2002). Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. *Postharvest Biol. Technol.* 24:171-181.

Poole, C.F. and Porte, D.R. (1993) Pollen germination and development in the watermelon. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 30: 526-530.

Randel, R. D. and R. C. Rhodes, (1980). The effect of dietary monensin on the luteinizing hormone response of prepuberal heifers given a multiple gonadotropin-releasing hormone challenge. *J. Anim. Sci.* 51:925.

Reche, J. (1997). Cultivo de calabacín en invernadero. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería.

Robinson R.W. (1993). Genetic parthenocapy in *Cucurbita pepo* L. *Cucurbit Genet.Coop.* Rpt. 16: 55-57.

Robinson RW y Reiners S. (1999). Parthenocarpy in summer squash. *Hortscience* 34:715-717.

Rose JKC, Lee HH, Bennett AB. (1997). Expression of a divergent expansin gene is fruit specific and ripening-regulated. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 94, 5955–5960.

Rylski, I.(1974). Effects of season on parthenocarpic and fertilized summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Experimental Agriculture* 10: 39-44.

Rylski, I. y Aloni. (1990). Parthenocarpy fruit set and development in the *Cucurbitaceae* and *Solanaceae* Ander protected cultivation in mild winter climate. *Acta Horticulture* 287: 117-126

Salisbury, F. B. y Ross, C. W. (1992). *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company.

Sanjur, O.I., Piperno, D.R., Andres, T.C., Wessel-Beaver, L., (2002). Phylogenetic relationships among domesticated and wild species of *Cucurbita* (*Cucurbitaceae*) inferred from a mitochondrial gene: Implications for crop plant evolution and areas of origin. Proc. Natl. Acad. Sci. USA:99:535-540.

Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A. and Cuquerella, J. (2004). Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. ‘Rojo Brillante’ by 1-MCP. Postharvest Biol Technol 33:285–291.

Salvador, A., Carvalho, C.P., Monterde, A. and Martínez-Jávega, J.M. (2006). 1-MCP effect on chilling injury development in ‘Nova’ and ‘Ortanique’ mandarins. Food. Sci. Technol. Int. 12:165–170.

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.

Sanz, M., (1995). Fitorreguladores para el calabacín. Hortofruticultura 33, 46-48.

Sedgley, M and Buttrose M.S. (1978). Some effects of light intensity, day length and temperature on the flowering pollen tube growth in the watermelon (*Citrullus lanatus*) Annals of Botany 42: 609-616.

Sevillano, L., Sanchez-Ballest, M.T., Romojaro, F. and Flores, F.B. (2009). Physiological, hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species. Postharvest technologies applied to reduce its impact. J. Sci. Food Agric. 89: 555–573.

Shewfelt, R. L. (1986) Postharvest treatment for extending the shelf-life of fruits and vegetables. Food Technol. 40(5):70-89.

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.

Sitrit Y, Bennett AB. (1998). Regulation of tomato fruit polygalacturonase mRNA accumulation by ethylene: a re-examination. *Plant Physiology* 116, 1145–1150.

Sois A. (1980). Prove di conservazione a breve termine di zuchine. Istituto Sperimentale per la Valorizzazione Tecnologica dei Prodotti Agricoli. Milan.

Stapleton, S.C., Wien, H.C. y Morse, R.A. (2000). Flowering and fruit set of pumpkin cultivar under field conditions. *Hortscience* 35: 1074-1077.

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 fertilization. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science* 38: 36-41

Takashima, S. Y Hatta, s. (1955). Effects of phytohormones on parthenocarpy in cucurbits. *J. Hort. Assn Jpn* 24: 59-61.

Whitaker TW, Prior DE (1946). Effect of plant-growth regulators on the set of fruit from hand-pollinated flowers in *Cucumis melo* L. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 48: 417-422.

Wien, H.C. (1997). The *Cucurbits*: Cucumber, melon, squash and pumpkin. En H.C. Wien (ed.). *The physiology of vegetable crops*. CAB International, Oxson. UK.345-387.

Wien, H.C. (1997). *The physiology of vegetable crops*. CAB Intl., Wallingford, Oxon, U.K. En: *The Physiology of Vegetable Crops: The cucurbits: Cucumber, melon, squash and pumpkin*. pp. 345-386.

6.2. Webgrafía:

- www.magrama.gob.es, (2011).
- www.magrama.gob.es, 3 de septiembre de 2012.
- www.slideshare.net, 3 de diciembre de 2012.
- www.juntadeandalucia.es/, 10 de diciembre de 2012.
- eur-lex.europa.eu/es/index.htm, de 10 de diciembre de 2012.
- www.unece.org, de 10 de diciembre de 2012.