



**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA  
TRABAJO MONOGRÁFICO**

**Análisis comparativo de la expresión sexual y la  
postcosecha de diferentes variedades de calabacín bajo  
condiciones de agricultura ecológica.**

**TITULACIÓN: INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA  
ESPECIALIDAD HORTOFRUTICULTURA Y JARDINERÍA**

**Director:**

**Dr. D. Manuel Jamilena Quesada**

**Alumno:**

**D<sup>a</sup> Antonia Fernández Lizarte**

**Almería, julio de 2014**

## Índice

<b>1. Interés y objetivos</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Importancia del cultivo del calabacín</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Importancia de la agricultura ecológica en la actualidad</b>	<b>11</b>
<b>1.3. Interés de la investigación</b>	<b>15</b>
<b>1.4. Objetivos de la investigación</b>	<b>16</b>
<b>2. Revisión bibliográfica</b>	<b>17</b>
<b>2.1. Características de la especie <i>Cucurbita pepo</i></b>	<b>18</b>
<b>2.1.1. Descripción botánica</b>	<b>18</b>
<b>2.1.2. Origen y utilización</b>	<b>20</b>
<b>2.1.3. Descripción morfológica</b>	<b>21</b>
<b>2.1.4. Principales tipos de <i>Cucurbita pepo</i></b>	<b>26</b>
<b>2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos del calabacín</b>	<b>29</b>
<b>2.1.5.1. Temperatura</b>	<b>29</b>
<b>2.1.5.2. Humedad</b>	<b>30</b>
<b>2.1.5.3. Luminosidad</b>	<b>31</b>
<b>2.1.5.4. Suelo</b>	<b>31</b>
<b>2.2. Floración de <i>Cucurbita pepo</i>.</b>	<b>32</b>
<b>2.2.1. Diferenciación floral y control del sexo</b>	<b>32</b>
<b>2.3. Fructificación en <i>Cucurbita pepo</i></b>	<b>35</b>
<b>2.3.1. Polinización y cuajado del fruto</b>	<b>35</b>
<b>2.3.2. Sistemas de polinización en calabacín</b>	<b>37</b>
<b>2.3.3. Partenocarpia en calabacín</b>	<b>40</b>
<b>2.3.4. Uso de fitorreguladores para inducir la partenocarpia</b>	<b>43</b>
<b>2.4. Recolección y comercialización del calabacín</b>	<b>46</b>

<b>2.4.1. Normas de calidad para calabacín</b>	<b>47</b>
<b>2.5. Postcosecha</b>	<b>50</b>
<b>2.5.1. Factores biológicos que influyen en el deterioro de los frutos en postcosecha.</b>	<b>51</b>
<b>2.5.1.1. Respiración</b>	<b>51</b>
<b>2.5.1.2. Producción de etileno</b>	<b>51</b>
<b>2.5.1.3. Cambios en la composición</b>	<b>51</b>
<b>2.5.1.4. Transpiración</b>	<b>53</b>
<b>2.5.1.5. Desordenes fisiológicos</b>	<b>53</b>
<b>2.5.1.6. Daños físicos</b>	<b>54</b>
<b>2.5.1.7. Desordenes patológicos</b>	<b>54</b>
<b>2.5.2. Conservación postcosecha de hortalizas</b>	<b>55</b>
<b>2.5.3. Daños por frío</b>	<b>57</b>
<b>2.5.4. Marchitamiento y pérdida de peso</b>	<b>58</b>
<b>3. Materiales y métodos</b>	<b>59</b>
<b>3.1. Material vegetal</b>	<b>60</b>
<b>3.2. Localización del ensayo</b>	<b>62</b>
<b>3.3. Condiciones de cultivo</b>	<b>62</b>
<b>3.3.1. El invernadero</b>	<b>62</b>
<b>3.3.2. Sustrato</b>	<b>63</b>
<b>3.3.3. Riego y fertilización</b>	<b>63</b>
<b>3.3.4. Temperatura a lo largo de el cultivo</b>	<b>63</b>
<b>3.4. Técnicas de cultivo</b>	<b>63</b>
<b>3.4.1. Preparación del invernadero</b>	<b>64</b>
<b>3.4.2. Poda, entutorado y tratamientos fitosanitarios</b>	<b>65</b>
<b>3.5. Parámetros medidos durante el ensayo y modo de actuación</b>	<b>66</b>

<b>3.5.1. Pérdida de peso</b>	<b>66</b>
<b>3.5.2. Productividad</b>	<b>66</b>
<b>3.5.3. Potencial productivo</b>	<b>67</b>
<b>3.6. Toma de datos</b>	<b>69</b>
<b>3.7. Tratamiento estadístico</b>	<b>69</b>
<b>4. Resultados y discusión</b>	<b>70</b>
<b>4.1. Postcosecha de frutos ecológicos y partenocárpico de calabacín</b>	<b>71</b>
<b>4.1.1. Pérdida de peso</b>	<b>71</b>
<b>4.1.2. Efecto de la temperatura de conservación</b>	<b>78</b>
<b>4.2. Producción partenocárpica</b>	<b>81</b>
<b>4.2.1. Comparación de la producción partenocárpica</b>	<b>81</b>
<b>4.2.2. Diferenciación de la producción temprana y tardía</b>	<b>83</b>
<b>4.3. Expresión sexual de calabacín</b>	<b>86</b>
<b>4.3.1. Expresión sexual de variedades comerciales y locales de calabacín</b>	<b>86</b>
<b>4.3.2. Porcentaje de flores femeninas en las distintas variedades de calabacín</b>	<b>92</b>
<b>4.3.3. Precocidad de la floración femenina</b>	<b>94</b>
<b>5. Conclusiones</b>	<b>96</b>
<b>6. Bibliografía</b>	<b>98</b>

## Índice de tablas

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

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

**Tabla 3.** Intervalos de ph óptimos para el desarrollo del cultivo del calabacín.

**Tabla 4.** Período de recolección del calabacín según la fecha de siembra.

**Tabla 5.** Porcentaje de pérdida de peso en los frutos de diferentes variedades de calabacín conservados durante 7 y 14 días a temperatura ambiente.

**Tabla 6.** Porcentaje de pérdida de peso en los frutos de diferentes variedades de calabacín conservados durante 7 y 14 días a temperatura de 4°C.

**Tabla 7.** Efecto de la temperatura de conservación sobre el porcentaje de pérdida de peso en los frutos de diferentes variedades de calabacín conservados 7 y 14 días a 20°C y 4°C.

**Tabla 8.** Porcentaje de flor femenina en las diferentes variedades de calabacín.

**Tabla 9.** Precocidad de la floración femenina en diferentes variedades de calabacín.

## Índice de figuras

**Figura 1.** Producción de los principales cultivos hortofrutícolas en la provincia de Almería.

**Figura 2.** Evolución de la superficie destinada al cultivo del calabacín en la provincia de Almería en los últimos años.

**Figura 3.** Valor económico de los principales cultivos hortícolas en la provincia de Almería en la campaña 2009-2010.

**Figura 4.** Evolución de la superficie ecológica en Andalucía.

**Figura 5.** Superficie destinada a la Agricultura Ecológica.

**Figura 6.** Distribución porcentual de agroindustrias ecológicas.

**Figura 7.** Especies del género *Cucurbita*.

**Figura 8.** Foto de planta de calabacín.

**Figura 9.** Flor femenina (a) y masculina (b) de *Cucurbita pepo*.

**Figura 10.** Morfología de una flor femenina y masculina de *C.pepo*.

**Figura 11.** Características distintivas de *C.pepo*.

**Figura 12.** Morfotipos de *C.pepo*.

**Figura 13.** Diagrama y fórmula floral de *C.pepo*.

**Figura 14.** Abeja polinizando una flor de calabacín.

**Figura 15.** Polinizador originario de calabacín.

**Figura 16.** Crecimiento del ovario de distintas variedades de calabacín polinizadas y no polinizadas.

**Figura 17.** Vista generalizada del invernadero.

**Figura 18.** Plantas de calabacín entutoradas.

**Figura 19.** Distribución de plantas de calabacín durante el ensayo.

**Figura 20.** Pérdida de peso postcosecha de frutos de diferentes variedades de calabacín conservados a 20°C durante 7 y 14 días.

**Figura 21.** Frutos de la variedad *V-CU-26*.

**Figura 22.** Frutos de la variedad *Sinatra*.

**Figura 23.** Pérdida de peso postcosecha de frutos de diferentes variedades de calabacín conservados a 4°C durante 7 y 14 días.

**Figura 24.** Frutos de la variedad *Sinatra* transcurridos 14 días a 4°C.

**Figura 25.** Frutos de la variedad *PI 265560* transcurridos 7 días a 4°C.

**Figura 26.** Efecto de la temperatura en frutos de calabacín conservados durante 7 días a 20°C y 4°C.

**Figura 27.** Efecto de la temperatura en frutos de calabacín transcurridos 14 días a 20°C y a 4°C.

**Figura 28.** Evolución de la producción partenocárpica de diferentes variedades de calabacín durante 5 semanas.

**Figura 29.** Producción temprana de las distintas variedades de calabacín durante las dos primeras semanas del ensayo.

**Figura 30.** Producción tardía de las distintas variedades de calabacín durante las tres últimas semanas del ensayo.

**Figura 31.** Producción total acumulada de las distintas variedades de calabacín durante las 5 semanas del ensayo.

**Figura 32.** Diagrama de una planta monoica de calabacín.

**Figura 33.** Distribución de las flores masculinas y femeninas sobre el tallo principal de plantas de diferentes variedades de calabacín.

**Figura 34.** Comparación del porcentaje de floración femenina entre las diferentes variedades de calabacín.

**Figura 35.** Comparación de la precocidad sobre la floración femenina en diferentes variedades de calabacín.



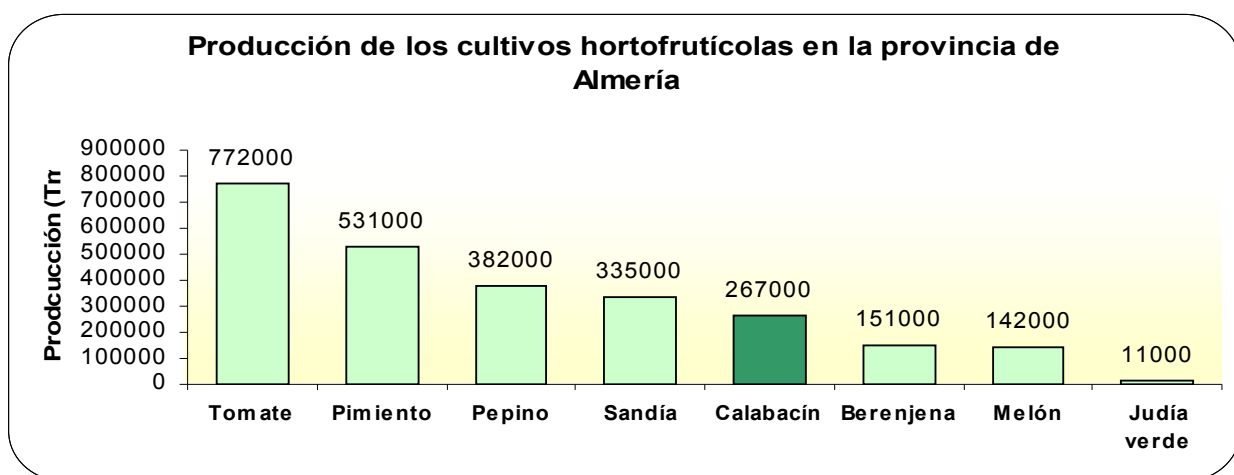
# **1. Interés y objetivos**

## 1.1 Importancia del cultivo de calabacín

El calabacín (*Cucurbita pepo L.*) es la especie cultivada del género *Cucurbita* más importante a nivel económico y además se caracteriza por ser la más polifórmica de dicho género, manifestándose de manera especial en sus frutos, muy diferentes entre sí en forma, color, tamaño o textura. Pero también existen variaciones a nivel de las características vegetativas como longitud, tamaño de las hojas, grosor de entrenudos o hábito de crecimiento.

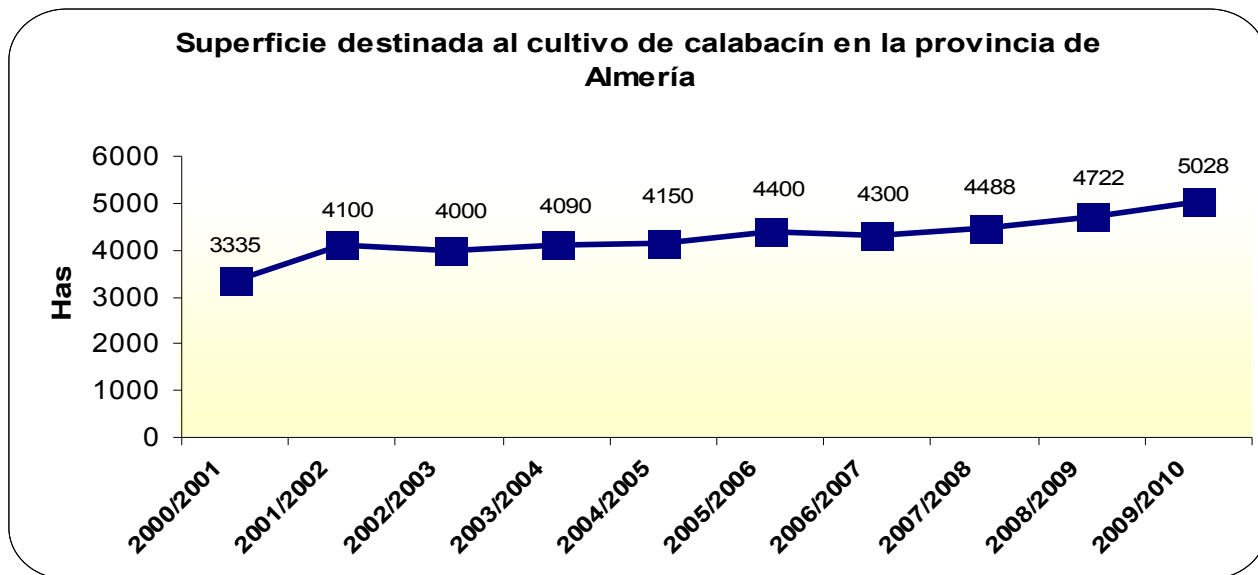
Andalucía es el principal productor nacional, englobando el 67,3% de la superficie cultivada y el 82,1% de la producción nacional. La provincia de Almería es la principal zona de producción en España para el mercado en fresco de exportación; representa el 63,6% de la superficie cultivada y el 70,2% de la producción en Andalucía. El resto de superficie cultivada se reparte entre el cultivo bajo plástico y el cultivo al aire libre por diferentes puntos de la geografía española.

En la actualidad el calabacín es uno de los ocho principales cultivos hortícolas de la Provincia de Almería, con una producción de 267.233 toneladas (**Figura 1**). La producción de calabacín en Almería supone el 10,3 % de la producción total hortícola en la provincia, siendo el quinto cultivo en importancia después del tomate, el pimiento, la sandía y el pepino.



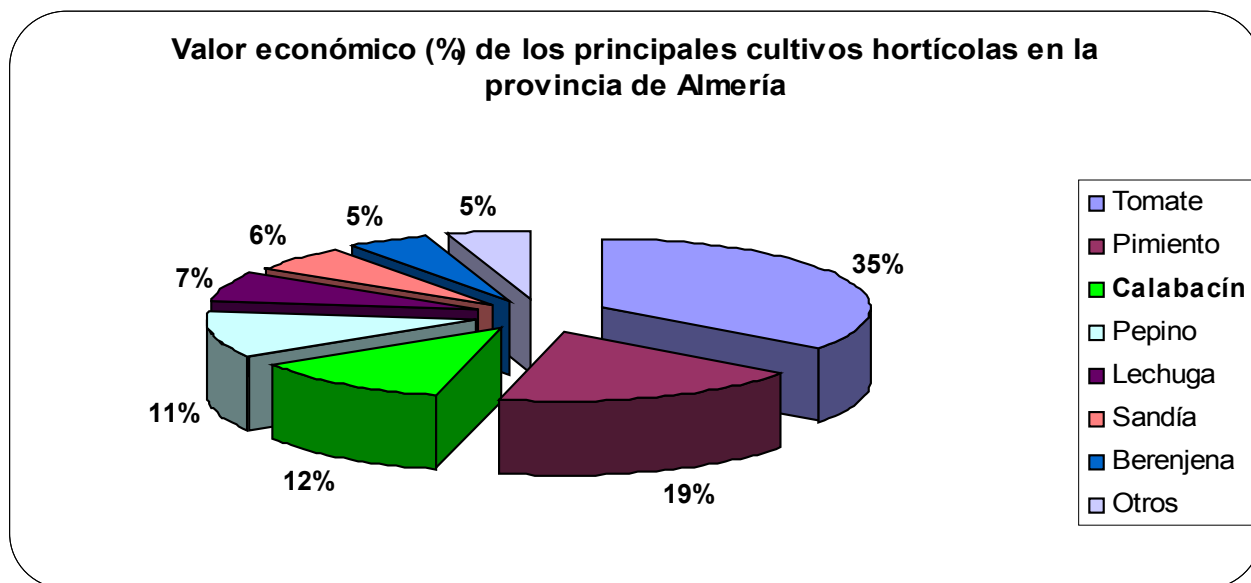
**Figura 1:** Producción de los principales cultivos hortofrutícolas en la provincia de Almería durante la campaña 2009/2010 (Anuario de la agricultura almeriense 2010).

El cultivo de calabacín ha experimentado un importante avance. De alrededor de 2000 has que se cultivaban a finales de los 80, se ha pasado a las algo más de 5000 has cultivadas en la campaña 2009/2010 (**Figura 2**).



**Figura 2:** Evolución de la superficie destinada al cultivo del calabacín en la provincia de Almería en los últimos años (Anuario de agricultura almeriense 2010).

El valor de la producción de calabacín (**Figura 3**) es muy relevante en el sector hortícola almeriense debido a que es el tercer cultivo en importancia económica, ya que se sitúa sólo por detrás del tomate y el pimiento.



**Figura 3:** Valor económico de los principales cultivos hortícolas en la provincia de Almería en la campaña 2009/2010 (Anuario de la agricultura almeriense 2010).

## 1.2 Importancia de la agricultura ecológica sobre los cultivos

La *agricultura ecológica* se puede definir como un sistema agrario cuyo objetivo fundamental es la obtención de alimentos de máxima calidad respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra mediante la utilización óptima de los recursos y sin el empleo de productos químicos de síntesis.

La agricultura ecológica fomenta la diversidad agrícola, cultural y medioambiental; siendo fundamental para el mantenimiento de los ecosistemas, la agricultura familiar y las variedades locales. Estas variedades locales, además de tener reconocidas cualidades nutritivas y organolépticas, poseen una inigualable riqueza genética que les ofrece protección frente a determinadas plagas y enfermedades, estando adaptadas a diferentes sistemas agrícolas complejos con una gran diversidad de componentes productivos y a las condiciones de suelo y clima locales.

La producción ecológica combina las mejores prácticas ambientales, un elevado nivel de biodiversidad, preservación de recursos naturales, la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal y una producción conforme a las preferencias de determinados consumidores por productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales.

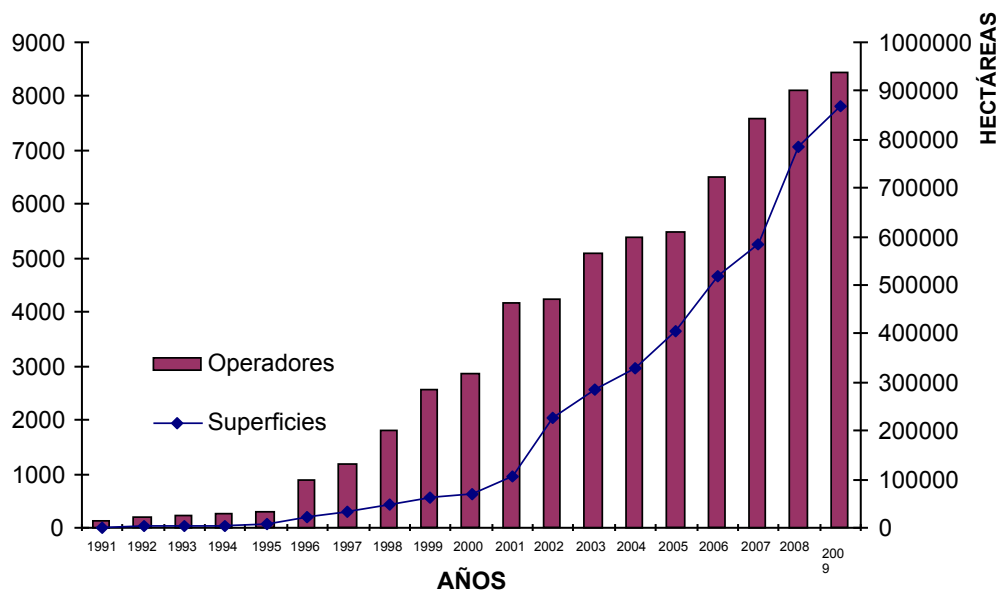
La importancia que está teniendo la agricultura ecológica en la actualidad, se basa en tres aspectos principales:

- 1- La necesidad de no seguir deteriorando el medio agrícola y recuperarlo de los impactos negativos que ha producido la agricultura intensiva sobre el medio ambiente.
- 2- La inseguridad alimentaria que han generado los sistemas de producción intensiva debido a la contaminación de los productos y a la proliferación de enfermedades de los animales que afectan al hombre.
- 3- La posibilidad que tienen estos sistemas de producción de permitir que pequeños productores y agricultores de zonas desfavorecidas, tengan una renta digna, produciendo a su vez, alimentos de calidad y de alta seguridad.

En los últimos años, Andalucía se ha situado como líder en cuanto a superficie dedicada a la producción ecológica. El mayor número de empresas ecológicas son almazaras y las dedicadas a la manipulación y envasado de productos hortofrutícolas frescos.

Como podemos observar en la **Figura 4**, la producción ecológica sigue registrando incremento en el número de productores, llegando a los 8.444 operadores. De forma general, la producción ecológica sigue aumentando tanto a nivel de superficie como de número de operadores

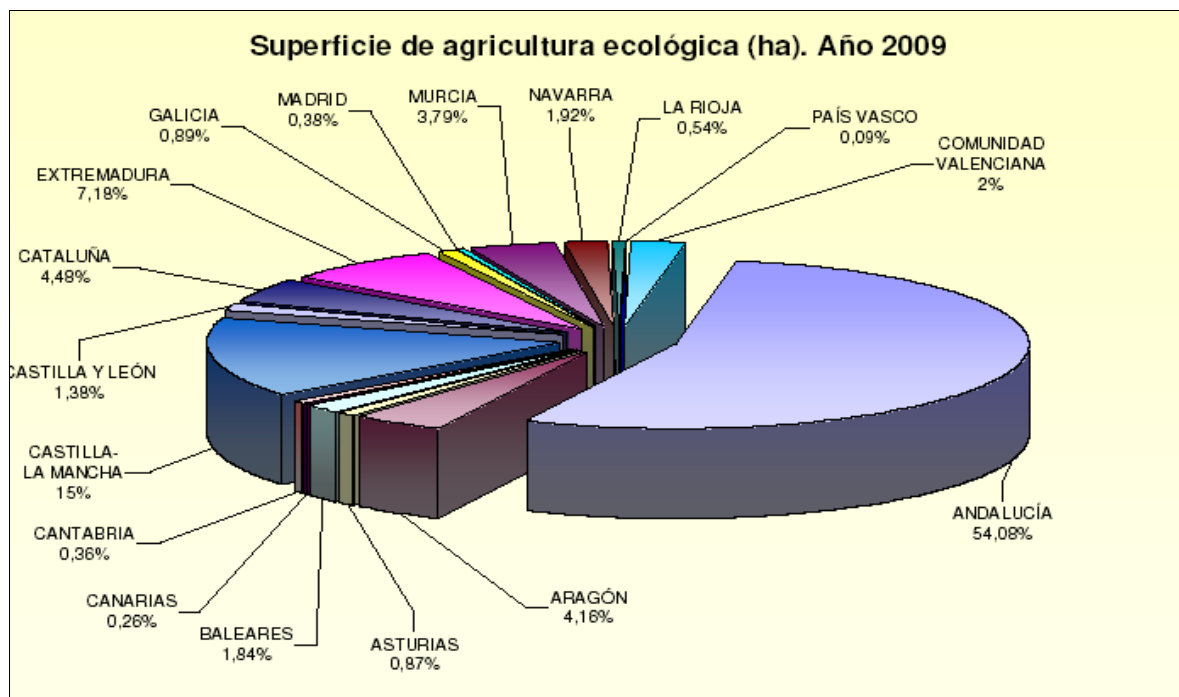
### EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE ECOLÓGICA ANDALUZA



**Figura 4:** Evolución de la superficie ecológica en Andalucía. (Tomado de

<http://www.juntadeandalucia.es>)

Andalucía ocupa el primer lugar en cuanto a superficie dedicada a la producción ecológica, con un 54% de la total del país, seguido de Castilla La Mancha (15%), Extremadura (7,18%) y Cataluña (4,48%). Estos datos ponen de manifiesto que la aportación andaluza es fundamental para que España se sitúe en primer lugar en el “ranking europeo” en superficie ecológica. **(Figura 5)**



**Figura 5:** Superficie destinada a la Agricultura Ecológica.

(Tomado de <http://www.juntadeandalucia.es>)

Como vemos en la **Figura 6**, las industrias dedicadas a la manipulación y envasado de productos hortofrutícolas frescos, ocupa el primer lugar en importancia, la mayor parte ubicadas en las provincias de Almería, Málaga y Granada.

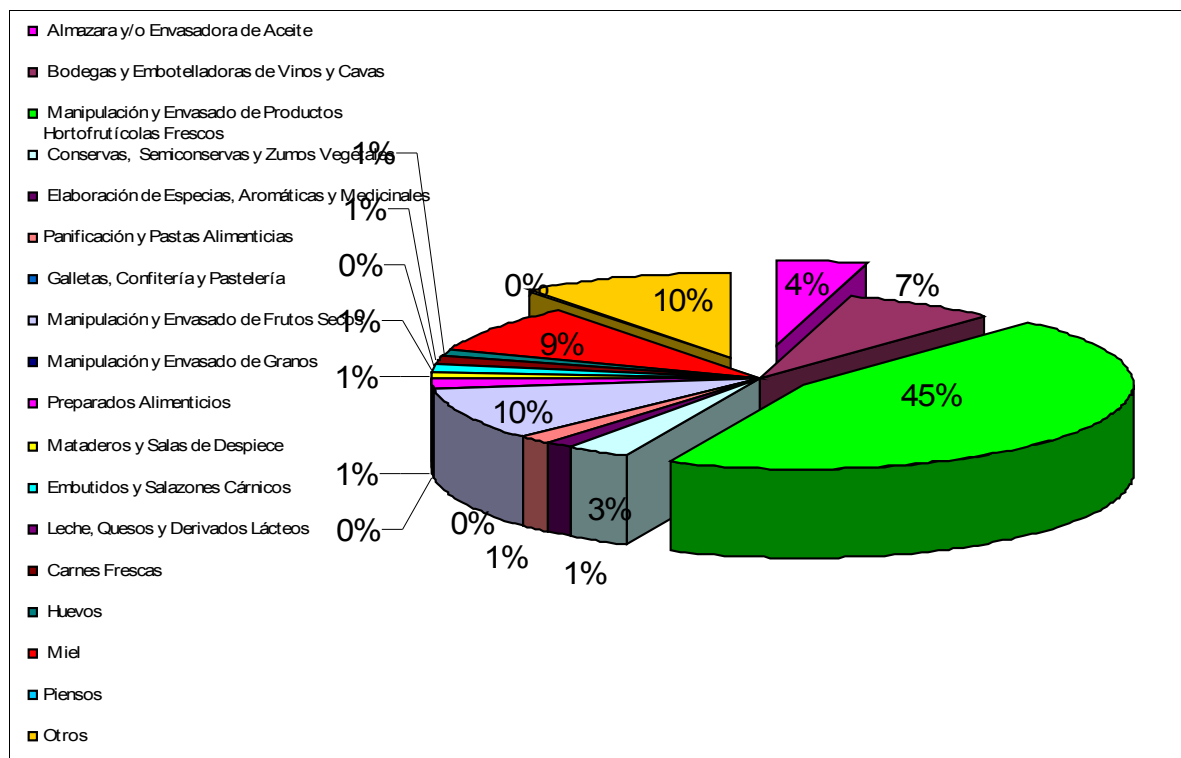


Figura 6: Distribución porcentual de agroindustrias ecológicas

(Tomado de <http://www.junatadeandalucia.es>)

### 1.3 Interés de la investigación

El fruto del 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 postcosecha. 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).

## **1.4 Objetivos de la investigación**

En este trabajo se estudiará el potencial partenocárpico y la calidad postcosecha de los frutos de diferentes variedades de calabacín bajo condiciones de agricultura ecológica.

Los objetivos específicos son los siguientes:

PRIMERO: Analizar el potencial productivo de cada variedad bajo condiciones de agricultura ecológica. Se estudiará el número de flores femeninas hasta el nudo 25 en cada una de las variedades.

SEGUNDO: Comparar la pérdida de agua de los frutos de diferentes variedades conservados a 4°C y a temperatura ambiente durante un total de dos semanas.

TERCERO: Comparar el potencial partenocárpico de cada una de las variedades, analizando su producción a lo largo de 5 semanas de cultivo, en ausencia de polinización y tratamientos hormonales, y distinguiendo entre producción temprana y tardía. Esto nos permitirá determinar las variedades que son más precoces y productivas bajo las mismas condiciones de cultivo.

## **2.Revisión bibliográfica**

## **2.1 Características de la especie *Cucurbita pepo***

### **2.1.1 Descripción botánica**

Pertenece al 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 la reproducción.

Subtipo Angiospermas, por tener los óvulos insertos en el ovario y por tanto las semillas dentro del fruto.

Clase Dicotiledóneas, ya que sus embriones poseen dos cotiledones con hojas no paralelinervias.

Subclase Metaclamídeas, por tener flores pentámeras con corola gamopétala y estambres insertos en ellas.

Familia Cucurbitaceae, especie *Cucurbita pepo* L. subs. *pepo*.

Las cucurbitáceas se dividen en dos subfamilias: *Zanoniodeae*, caracterizada por sus granos de polen pequeños y estriados, y *Cucurbitoideae*, caracterizada por la unión de los estilos en una única columna. La gran subfamilia *Cucurbitoideae* se compone de siete tribus, de las cuales Cucurbiteae se caracteriza por su polen pantoporado y espinoso. Esta tribu incluye al género *Cucurbita*, que comprende doce o trece especies distribuidas en el continente americano (Jeffrey, 1990).

Las especies del género *Cucurbita* han sido divididas tradicionalmente en dos grandes grupos: las especies xerófitas, perennes y con raíces tuberiformes, y las especies de 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: *C. maxima*, *C. moschata*, *C. pepo*, *C. angyosperma* Huber y *C. fisciifolia* Bouché, (**Figura 7**), las tres primeras son las más importantes

económicamente y las mas 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).



*“Cucurbita máxima”*



*“Cucurbita moschata”*



*“Cucurbita pepo”*



“*Cucurbita argyrosperma*”



“*Cucurbita ficifolia*”

**Figura 7:** Especies del género *Cucurbita*.

### **2.1.2 Origen y utilización**

*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 principalmente en sus frutos (tamaño, forma, patrón de coloración, textura, etc), pero también en sus características vegetativas tales como hábitos 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 mas 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 (Decaer, 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 del morfotipo *Zucchini*. La palabra *Zucchini* proviene del diminutivo en plural de la voz italiana “zucca” que significa calabaza de verano. Es la variedad mas reciente de *C.pepo*, ya que se diversificó en Italia mas tarde que las otras variedades y de forma mas restringida. De hecho, la primera descripción de la morfología del calabacín anual 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 frutos verde oscuros o amarillos, 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.

### **2.1.3 Descripción morfológica**

El calabacín, *Cucurbita pepo*, es una planta anual de crecimiento indeterminado y porte rastrero, flores regulares, fruto en baya grande y fuerte pericarpio una vez maduro, con placenta carnosa, procedente de un ovario ínfero.

El sistema radicular está constituido por una raíz principal, axonomorfa, que alcanza 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 la tierra húmeda. (Reche, 1997).

El tallo principal es el órgano de sostén y presenta un crecimiento en forma sinuosa, no erecto. Es cilíndrico, grueso, de superficie pelosa y áspero al tacto. Posee entrenudos cortos, de los que parten las hojas, flores y frutos, y en algunas variedades, numerosos zarcillos de 10-12 cm de longitud, delgados y que nacen junto al pedúnculo del fruto (Reche, 1997).

El calabacín posee grandes hojas, sujetas por fuertes y largos peciolo. Estos parten directamente del tallo, insertos de forma lúlicoidal. El limbo de la hoja es grande, pudiendo llegar hasta los 50 cm de ancho e igualmente de largo. El haz es glabro y el envés áspero, y está recubierto de fuertes pelos cortos y puntiagudos a lo largo de las nervaduras. El borde de la hoja es dentado con lóbulos pronunciados, presentando profundas entalladuras, pero sin llegar al nervio medial, hoja palmipartida y palmada por presentar cinco grandes segmentos. El peciolo es largo, de hasta 60 cm de longitud, hueco, consistente y de tacto áspero, de cortas y finas vellosidades, además de cortas espinas distribuidas a lo largo del mismo. **(Figura 8)** (Reche, 1997).



**Figura 8:** Foto de planta de calabacín.



*Cucurbita pepo* es una especie de floración monoica; es decir, presenta flores masculinas y femeninas en una misma planta. Sus flores se caracterizan por ser grandes, solitarias, vistosas, insertadas en la axila de la hoja, acampanadas, de color amarillo y pedúnculo largo. La flor femenina y pistilada se encuentra unida directamente al tallo por un pedúnculo corto y grueso de sección pentagonal o hexagonal, pero irregular, mientras que las femeninas o estaminadas poseen un pedúnculo de mayor longitud que las diferencia. **(Figura 9)** (Reche, 1997).



**Figura 9:** Flor femenina (a) y masculina (b) de *C. pepo* L. ssp. *pepo*.

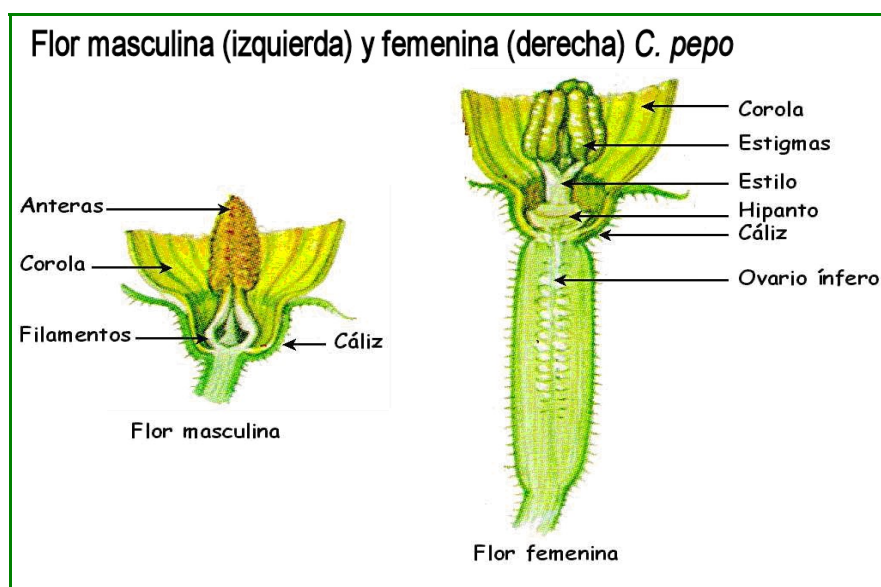
La antesis es un término utilizado para designar el momento de expansión completa de la flor, momento en el que las flores masculinas producen polen funcional, y las femeninas tienen un estigma receptivo. Este fenómeno ocurre en *C. pepo* aproximadamente de 5 a 6 de la mañana en verano y un poco mas tarde en invierno, abriendo las flores masculinas una media hora antes que las femeninas, manteniéndose este estadio fenológico de 5 a 6 horas (Nepi, 2005).

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 el cáliz. 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. Está formado por cinco sépalos verdes, delgados y puntiagudos, separados 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 periantio, formado por cinco pétalos con 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 tendrán este 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, por el contrario, carecen del tercer verticilo floral y cuentan con un cuarto constituido 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 un número de tres, están soldados en su base y son libres a la altura de su inserción con el estigma, este último dividido en dos partes “estigmas bilocados” (**Figura 10**) (Reche, 1997).



**Figura 10:** Morfología de una flor masculina y femenina de *C. pepo*.  
(Tomado de <http://www.euita.upv.es/varios/biologia>).

Además de las flores, las especies de *Cucurbita* pueden distinguirse por sus semillas, sus frutos y por sus hojas. Las semillas de *C. pepo* tienen un color crema uniforme que las diferencia del resto de las especies (Decae-Walters y Walters, 2000). Las semillas son ovales, alargadas, puntiagudas, lisas, con un surco longitudinal paralelo al borde exterior, longitud de 1,5 centímetros, anchura de 0,6-0,7 centímetros y grosor de 0,1-0,2 centímetros (**Figura 11**) (Reche, 1997).



**Figura 11:** Características distintivas de *C. pepo*: a) planta rastrera b) planta arbustiva, c) variabilidad en frutos, d) frutos, e) semillas, f) hoja moteada, g) detalle del pedúnculo del fruto hoja. (Imágenes obtenidas de [www.plant-picture.com](http://www.plant-picture.com), <http://aggie-horticultura.tamu.edu/seeds/squash.htm>).

#### **2.1.4. Principales tipos 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 el 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 México, 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. (Lira-Saade, 1995).

*Cucurbita pepo* es una de las especies de las cucurbitáceas que más variabilidad presenta. Se observan diferencias en el tamaño, color del fruto (verdes, amarillos, naranjas, blancos, veteados, variegados, etc), color de la pulpa (blanco, naranja), formas (redondos, alargados, chapados, oval, con cuello, etc) , superficie (lisa, apostillados, verrugosos, etc). (Nuez et al.,2000). Como consecuencia de esta gran variabilidad, la unificación de criterios a la hora de clasificarlos es muy complicada, por lo que actualmente no hay una nomenclatura correcta aceptada (Robinson y Decker, 1997). Paris (2001) clasificó los tipos cultivados comestibles de *C. pepo* en ocho morfotipos o variedades botánicas. Los morfotipos “Pumpkin”, “Vegetable Marrow”, “Cocozelle” y “Zucchini” se incluyen en la ssp. *Pepo*, mientras que “Scallop”, “Acorn”, “Crookneck” y “Straightneck” pertenecen a la ssp. *ovifera*..

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 ovoides, 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”, también denominado *C. pepo* L. var. *fastigata* es muy común en Oriente medio y el norte de África. Sus frutos, de corteza lignificada, están ensanchados en la parte distal, con un ratio longitud/anchura superior a 3,5 (**Figura 12**).

El morfotipo “Zucchini” *C. pepo* L. var. *cilíndrica* es actualmente el mas 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. (**Figura 12**).

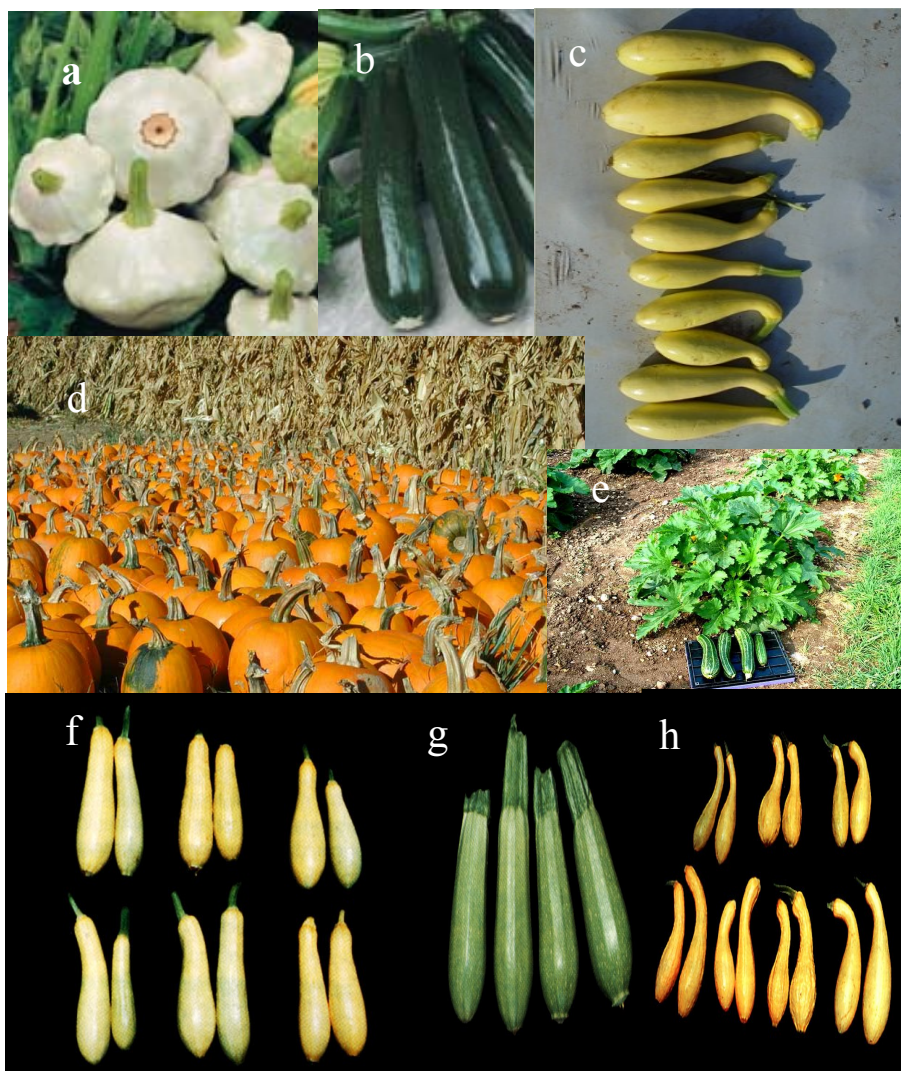
Los frutos del morfotipo “Scallop”, *C. pepo* L. var. *Clypeata* Alefeld, son aplastados, lignificados, generalmente discoidales y con márgenes festoneados. Actualmente los colores amarillos son preferidos a los blancos o verdes pálidos. (**Figura 12**).

El morfotipo “Acorn”, *C. pepo* L. var. *turbinata*, 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. (**Figura 12**)

Los frutos del morfotipo “Crookneck”, *C. pepo* L. var. *torticollis* Alefeld, 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 (**Figura 12**).

Por último, el morfotipo “Straightneck”, *C. pepo* L. var. *recticollis*, incluye frutos cilíndricos, amarillentos, verrugosos y ensanchados en el extremo distal, con un cuello corto y estrecho en el extremo peduncular. (**Figura 12**).





**Figura 12:** Morfotipos de *C. pepo*. Pertenecientes a *C. pepo* ssp. *pepo*: a) “Scallop” b) “Zucchini” c) “Crookneck” d) “Pumpkin” e) “Cocozelle” f) “Straightneck” g) “Vegetable Marrow”, y h) “Crookneck”. (Imágenes obtenidas de <http://www.pumpkinpatch.se/>, y [http://www.uc.cl/sw\\_educ/hortalizas](http://www.uc.cl/sw_educ/hortalizas)

Además se han descrito en *C. pepo* formas que no pueden incluirse en ninguno de estos morfotipos . Algunas de estas formas presentan características intermedias. Otras son mas o menos únicas, como el cv Delicada, posiblemente el único superviviente del tipo “Fordhook”, que junto a los tipos “Pumpkin”, “Scallop”, “Vegetable Marrow” y “Table Queen” constituía la clasificación intraespecífica propuesta por Castetter en 1925.

### **2.1.5. 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 primavera.

En Almería, la mayor rentabilidad del calabacín se obtiene en otoño, 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).

#### **2.1.5.1. 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 los 35°C se produce una gran transpiración, ocasionando daños a las plantas por deshidratación, mientras que temperaturas por debajo de 10°C afectan al crecimiento de la planta y pueden provocar deformaciones en fruto (Reche, 1997).

Para la floración se requieren idealmente unos 20°C por la noche y alrededor de 25°C durante el día (Ruiz, 2001). Por debajo de 10°C se produce la abscisión de las flores y deformación de los frutos (Reche, 1997).

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

<b>Fases del cultivo</b>	<b>T<sup>a</sup> óptima</b>	<b>T<sup>a</sup> mínima</b>	<b>T<sup>a</sup> máxima</b>
<b>Siembra (T<sup>a</sup> del suelo)</b>	20-25	15	40
<b>Desarrollo vegetativo</b>	25-30	10	35
<b>Floración</b>	20-25	10	35

### **2.1.5.2. 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 entorno 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.

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

<b>Humedad</b>	<b>Rango óptimo</b>
<b>Humedad del aire</b>	65-80%
<b>Humedad del suelo</b>	95%

Con exceso de humedad ambiental, hay posibilidad de que se dé un aumento de enfermedades y una deficiente fecundación, mientras que si la humedad es deficiente, puede producirse

deshidratación de los tejidos, menor desarrollo vegetativo, caída de flores y disminución en la producción y retraso en el crecimiento (Reche, 1997).

### **2.1.5.3. 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, aunque una elevada luminosidad mejora la fotosíntesis y aumenta la producción. (Reche, 1997).

### **2.1.5.4 Suelo**

El calabacín es una planta no muy exigente en suelos, aunque prefiere suelos de textura franca, profundos, expuestos al sol, ricos en materia orgánica, ph entre 5 y 7 y con buen drenaje, pero prefiere suelos algo ácidos, con valores medios entre 5,6 y 6,8 (Reche,1997) . Los suelos alcalinos pueden provocar algunos síntomas de carencias. Es medianamente tolerante a la salinidad del suelo y del agua de riego.

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

<b>pH</b>	<b>Rango óptimo</b>
<b>pH del suelo</b>	5,6-6,8



Al menos tres factores ambientales tienen una influencia importante sobre la expresión sexual: temperatura, radiación y fotoperíodo. En condiciones frías, la producción de flores femeninas se ve favorecida, si las bajas temperaturas tienen lugar después de la diferenciación sexual, dará lugar a una precocidad en la floración femenina, además se inhibe la formación de flores masculinas.

Las condiciones de alta luminosidad generalmente favorecen la aparición de flores femeninas, y el sombreado o las condiciones de baja insolación produce retrasos en el inicio de la floración femenina (Ito y Saito, 1960). Fotoperíodos cortos favorecen la floración femenina.

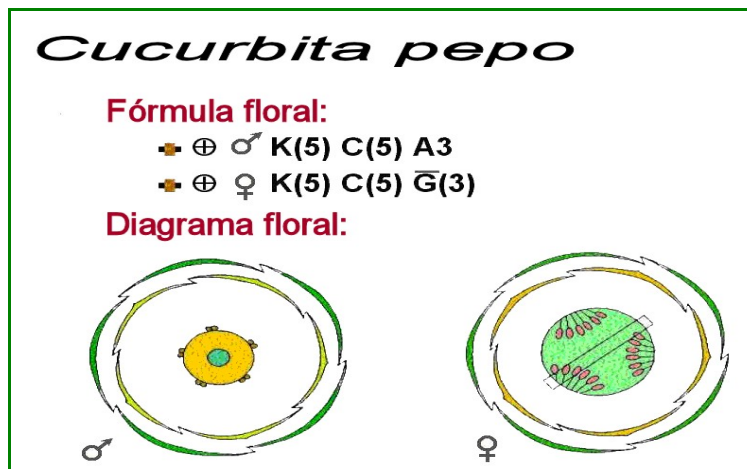
El período de floración del calabacín viene determinado principalmente por la temperatura, y su influencia sobre el índice de crecimiento de la planta. La temperatura también es el factor determinante del tiempo de antesis y la duración de la apertura de las flores individuales. Saeton y Kremer (1938) encontraron que las flores de las cucurbitáceas tenían una temperatura mínima de antesis de 16°C. Por encima de este nivel las flores se abren y permanecen abiertas un día.

El cuajado es el proceso de transformación del ovario de la flor en fruto. La energía necesaria para el cuajado y desarrollo del fruto se obtiene de los fotoasimilados y nutrientes de la planta, cuyo aporte limitará también el número de frutos producidos por planta.

## **2.2. Floración de *Cucurbita pepo***

### **2.2.1. Diferenciación floral y control del sexo.**

Desde el punto de vista botánico una flor es un eje de crecimiento limitado (braquiblasto) portador de hojas especializadas, adaptadas y no modificadas para la reproducción sexual (esporófilos); en ellas tiene lugar la formación de los gametofitos (meiosis), la fecundación y la formación del embrión. Dicho de otra forma son braquiblastos portadores de microporófilos ( flor masculina de calabacín) y braquiblasto con megaporófilos (flor femenina de calabacín). (**Figura 13**).



**Figura 13:** Diagrama y fórmula floral de *Cucurbita pepo*. (Imagen tomada de <http://www.euita.upv.es/>)

Aunque el calabacín está menos estudiado que otras cucurbitáceas, el control genético del sexo depende de interacciones genéticas, medioambientales y hormonales. En pepino, la especie más estudiada en este sentido, las diferentes formas sexuales se pueden explicar en base a la segregación de dos genes principales (Kubicki, 1969). El gen dominante F determina gioecia, y el gen dominante M inhibe la formación de estambres en los botones florales, determinando las flores femeninas.

Por lo que respecta a los factores ambientales que afectan a la expresión del sexo en calabacín, la temperatura y la longitud del día, son los factores más importantes. En general, los días cortos y las bajas temperaturas promueven feminización, mientras que los días largos y las altas temperaturas producen masculinización (NeSmith et al., 1994). Estos cambios en la expresión sexual promovidos por cambios ambientales pueden estar relacionados con desequilibrios hormonales. De hecho, los días cortos se han correlacionado con incrementos en los niveles internos de etileno, auxinas y ABA, mientras que bajan los niveles de giberelinas (GAS) (Rudich et al., 1990). Al contrario, los días largos aumentan los niveles de GAS en la planta.

Las hormonas juegan un papel de gran importancia en la regulación del sexo de las cucurbitáceas. En general, el etileno y las auxinas promueven feminización, mientras que las giberelinas producen masculinización. La hormona más importante en la regulación de este proceso es, sin duda, el etileno. Así se ha demostrado que los tratamientos con etileno o componentes que relajan el etileno en la planta son capaces de promover feminización en pepino, melón y calabazas, aunque promuevan masculinización en sandía (Rudich, 1990).

De igual manera, los inhibidores de la biosíntesis o acción del etileno tales como el nitrato de plata, el dióxido de carbono o la aminoethoxyvinglycina (AVG) favorecen la masculinización en pepino y melón. El ácido indolacético (IAA), también favorece la feminización en pepino y melón, aunque menos efectivo que el etileno. Por el contrario, las giberelinas (GAS), al igual que el nitrato de plata, promueven la masculinización de líneas ginoicas de pepino, lo que permite su mantenimiento y conservación como líneas de mejora. Las GAS producen resultados similares en melones y calabacines (Rudich et al., 1972; Amston y Tabbak, 1979).

Aunque las auxinas no son las hormonas más importantes en la expresión sexual de las flores de las cucurbitáceas, éstas juegan un papel esencial en el cuajado y desarrollo del fruto tras la polinización. De hecho, el contenido en auxinas de los ovarios en las variedades partenocárpicas de pepino, es mayor que en las variedades con semilla (Takeno et al., 1992). Además, las aplicaciones externas de auxinas sintéticas en la flor producen partenocarpia en el pepino (Elassar et al., 1974; Kim et al., 1992), melón (Whitaker y Prior, 1992) y calabacín (Wong, 1941; Zhang y Wiwn, 1988). En la actualidad, el cuajado adecuado del fruto en las variedades de invierno de calabacín para invernadero, requiere de un aporte externo de auxinas sintéticas en la flor (Sanz, 1995).

## **2.3. Fructificación en *Cucurbita pepo***

### **2.3.1. Polinización y cuajado del fruto.**

Los granos de polen salen del saco polínico en estado de gametofito masculino, siendo transportados por los agentes polinizadores hasta los órganos femeninos; este proceso se denomina polinización.

Al depositarse el grano de polen en el estigma de los pistilos, se inicia la germinación. Cuando el polen de la misma planta u otra, entra en contacto con el estigma, la germinación del polen sigue en menos de treinta minutos en condiciones normales (Suzuki 1969; Sedfley y Buttrose, 1978). El camino de los tubos de polen al ovario y óvulos, está principalmente a lo largo del tejido de conducción que une el estilo y el ovario, pero una vez que el ovario está alcanzado, los tubos de polen viajarán también en las cavidades entre los lóbulos de la fruta (Pool y Porter, 1933). El modelo de distribución del polen sobre el estigma no tiene importancia en las cucurbitáceas sobre la distribución de las semillas fertilizadas en la fruta; indicando que los tubos de polen pueden viajar lateralmente en el estilo u ovario hasta cierto punto (Hayase, 1953; Cady y Wion, 1994).

A continuación se abre y libera sus dos células espermáticas; una penetra hasta la ovocélula, fusionándose sus protoplastos (plasmogamia) y sus núcleos (cariogamia), y la otra fusiona con el núcleo secundario del saco embrionario. Se origina así el cigoto diploide en la ovocélula y un núcleo endospermico triploide en el saco embrionario.

Para una polinización acertada, las flores femeninas y las masculinas deben estar abiertas durante el mismo día (Rylski y Alon, 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 mas pequeñas las externas que se espesan para formar una capa dura.

El patrón de crecimiento de *C. pepo* está caracterizado por una fase inicial linear 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.

### **2.3.2 Sistemas de polinización en calabacín**

La polinización en el cultivo del calabacín consiste en la transferencia del polen desde la antera (flor masculina) al estigma (flor femenina). Por lo que la transferencia mecánica del polen es esencial para el cuaje del fruto.

Realmente lo importante de la polinización son sus consecuencias, que no son otras que la formación de semillas y frutos. Definimos semilla como óvulo fecundado y maduro, mientras que fruto es ovario fecundado y maduro.

Los frutos nos indican si la polinización ha sido adecuada. Un fruto simétrico, de buen peso bien desarrollado, buen color, es indicador de que la polinización ha sido buena.

El cultivo del calabacín, al ser una planta entomófila, de polinización cruzada, se realiza generalmente a través de insectos, principalmente abejas y abejorros, y aunque otros insectos puedan ser vectores, su influencia es mínima. De todas formas, no está generalizado el uso de colmenas en este caso como puede suceder en otras cucurbitáceas (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 han contribuido también 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.

Los factores climáticos influyen de manera decisiva en la formación del polen y en la polinización por abejas, mermándose de manera notable si no son los adecuados, por lo que es necesario recurrir al uso de fitohormonas.

En una colmena podemos distinguir tres tipos de abejas: la reina, los zánganos y las obreras. Nos centraremos en las obreras, ya que estas son las que realizan la tarea de recolectar néctar y polen, y con ello la polinización (**Figura 14**).



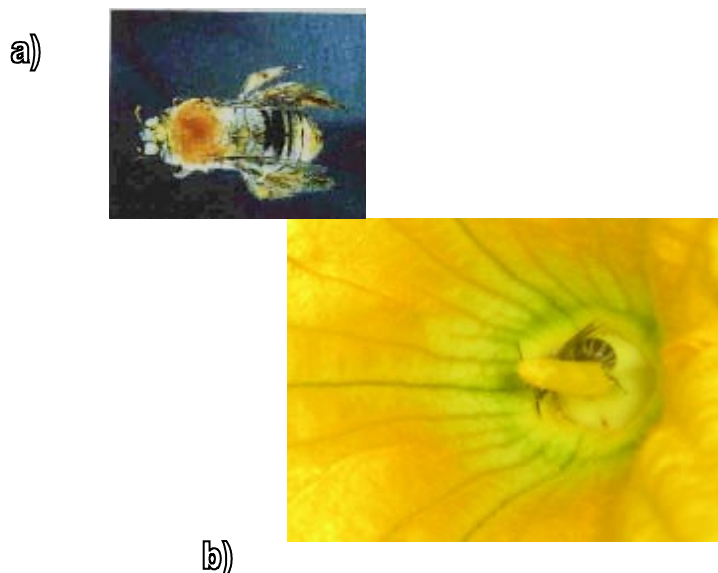
**Figura 14:** Abeja polinizando una flor de calabacín.

El factor que limita su vuelo es la temperatura del tórax, entre 13-14°C y 43-46°C, su óptimo oscila entre los 19 y 30°C, las alas se mueven 210 veces por segundo, haciendo una media de 15 salidas al día, lo que supone un gasto energético de 10 mg.h de azúcar. Un buche lleno de miel permite unos quince minutos de vuelo, en la que una abeja recorrería de 6 a 8 km. El clima es determinante en la actividad polinizadora de la abeja, a temperaturas inferiores a 10°C, una nubosidad superior al 70% o una intensidad de viento superior a 7, las abejas vuelven a la colmena.

Los abejorros *Bombus terrestris*, comparados con otros insectos polinizadores como las abejas, son más efectivos en cultivos como el tomate. Un motivo es su mayor tamaño, lo que permite tener un mejor contacto con el estigma y los estambres. Otro motivo es el poder visitar mayor número de plantas por vuelo, es decir, flores por minuto (una media de 20 a 30). Además su actividad se ve menos influenciada por las condiciones climáticas, manteniendo su actividad incluso con temperaturas de 5°C y con baja intensidad de luz.

La alimentación del abejorro se basa en el polen del que se obtienen las proteínas, y del néctar de las flores que les sirve como fuente de energía. Los abejorros a la hora de polinizar, llevan un patrón sistemático, de forma que evitan pasar dos veces por la misma flor si no es necesario, se guían por el olor.

A pesar de que la utilización de vectores polinizadores supone una ventaja para el cultivo debido a que evita el uso de fitorreguladores, 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 estos días quedaría fruto sin polinizar y por lo tanto habría pérdidas de productividad. Además se debe tener en cuenta que el calabacín tiene su origen en Méjico y que es aquí donde se encuentran los polinizadores autóctonos que son *Peponapis sp* y *Xenoglosa sp* (**Figura 15**). Por tanto el uso de otros polinizadores diferentes puede producir problemas en las polinizaciones (Nepi,1993).



**Figura 15:** Polinizador originario de calabacín a) *Peponapis ssp.*

b) *Peponapis ssp.* en una flor masculina de calabacín spp.



### **2.3.3. Partenocarpia en calabacín**

La partenocarpia es el cuajado y crecimiento del fruto sin la previa fecundación de los óvulos, y por tanto sin producción de semillas, ésta es muy común en el cultivo del calabacín (Rylski, 1974; Robinson, 1993).

De manera normal, la fecundación del óvulo y la formación de la semilla promueven el desarrollo del ovario y la formación de frutos. Tras la fecundación la semilla comienza a sintetizar hormonas como auxinas, giberelinas, responsables del crecimiento de los tejidos adyacentes para formar el fruto. Cuando la fecundación del óvulo y la formación de la semilla, no son necesarios para la formación del fruto, se desarrollan frutos partenocárpicos, sin semillas. En ausencia de fecundación la partenocarpia puede ser inducida por hormonas, sin necesidad de estímulo interno (partenocarpia autónoma) o previa estimulación de su síntesis por polinización, germinación del polen o desarrollo del tubo polínico sin que alcance la fecundación (partenocarpia estimulada).

Aunque la partenocarpia natural ha sido detectada en calabacín, actualmente el cultivo de calabacín en invernadero requiere de la inducción de partenocarpia con tratamientos hormonales. En calabacín, la partenocarpia está favorecida por condiciones meteorológicas frías y por fotoperíodos cortos. La inducción del cuaje se produce en cucurbitáceas mediante aplicaciones exógenas de hormonas, mientras que la retención o el crecimiento de estas, se regula a través de concentraciones endógenas en flores y frutos.

La partenocarpia es importante tanto en cultivo protegido como en cultivo al aire libre, ya que en ocasiones los polinizadores están ausentes, dando lugar a reducidas producciones cuando en el mercado los precios son altos. (Wien 1997). La tendencia a producir frutos partenocárpicos aumenta con temperaturas bajas y fotoperíodos cortos (Nitsch *et al.*, 1952; Globerson, 1971; Rylski, 1974) y podría permitir el uso de cultivares femeninos para la producción de ciclo temprano sin la preocupación de los polinizadores (Robinson y Reiners, 1999).

Aunque la partenocarpia inducida por reguladores de crecimiento ha sido objeto de numerosos estudios en calabacín (Gustafson, 1941; Mori, 1941; Takashima y Hatta 1955; Suleiman y Suwwan, 1990; Atasayan y Vural, 1993; Sanz, 1995), poco se sabe sobre la partenocarpia natural o genética en calabacín. Los primeros estudios sobre la partenocarpia en esta especie fueron

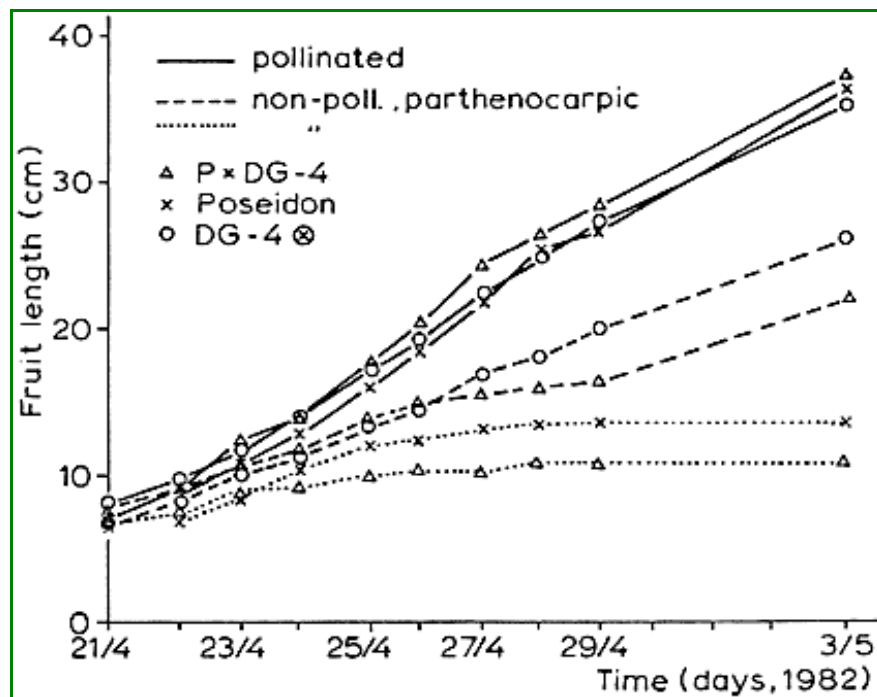
realizados por Dutham (1925) que cerró 301 flores femeninas para evitar la polinización, pero no fructificaron. La primera variedad descrita como partenocárpica fue *Royal Acorn*, sin embargo, al poco tiempo de producir frutos sin polinización, las flores femeninas perdían esta capacidad de producción (Nitsch, 1952). De hecho, *Royal Acorn* no mostraba frutos partenocárpicos en las evaluaciones posteriores de Robinson y Rainers (1999).

Aunque el cultivo de calabacín tiene polinización entomófila, en invernadero se hace en ausencia de vectores de polinización, lo que obliga al uso indiscriminado de hormonas sintéticas para provocar el cuaje, de tal forma que se ha convertido en una práctica habitual en el campo de Almería.

El pepino fue la primera especie dentro del género *Cucurbita* cuyas variedades partenocárpicas fueron usadas en invernadero en el siglo pasado por su alta prestación y su capacidad para producir fruta sin la necesidad de usar polinizadores. La partenocarpia es muy importante en invernaderos especialmente cuando los insectos están ausentes (Robinson 1993; Robinson y Rainers, 1999).

En un estudio de Nijs y Balder (1983) realizado en un invernadero tipo holandés en los Países Bajos y en el que se evaluaron las variedades *Dg-4*, *Poseidon* y *Élite*, se observaron diferencias significativas en la producción de frutos partenocárpicos entre las variedades.

La mejor variedad fue *DG-4* para todos los parámetros evaluados. Los híbridos entre *Poseidon* y *DG-4* mostraron menos partenocarpia que *DG-4*, lo que puso de manifiesto que la partenocarpia se trataba de un carácter recesivo en *DG-4*. La tercera variedad que se analizó, *Élite*, que es muy cultivada en Holanda, dio los peores resultados en los parámetros medidos. En cuanto al desarrollo del ovario, los frutos polinizados crecieron una media de 2,4 cm/día y los no polinizados de 1,6 cm/día. Ambos frutos no pararon su crecimiento hasta incluso los 12 días. **(Figura 16)**



**Figura 16:** Crecimiento del ovario de distintas variedades de calabacín polinizadas y no polinizadas (Nijs y Balder, 1983).

Om y Hong (1989) evaluaron 64 variedades comerciales y descubrieron que los de tipo *Zucchini* y *Caserta* eran los que mostraban mayores niveles de partenocarpia. Por otro lado, Atasayar y Uural (1993) aislaron flores femeninas en las que obtuvieron frutos partenocárpicos en las variedades híbridas *Eskenderany F1*, *Jedida F1* y *Saray F1* (obtuvieron una media de frutos por planta de 7.8, 8.0 y 8.7). Robinson (1993) encontró importantes diferencias en los cultivares de calabacín en verano para la producción de frutos partenocárpicos. Así, los cultivares verdes oscuros dieron un porcentaje mayor de partenocarpia. En los híbridos *Chefeni* se estimó un grado de partenocarpia del 82%, en *Gold Strike* un 71%, *Black Magic* se mostró como la variedad menos partenocárpica con solo un 50%.

En los ensayos más recientes de Robinson y Reiners (1999) se estudiaron 35 variedades y líneas durante cuatro años, llegando a la conclusión de que las variedades tipo *Zucchini* con la piel más oscura, producían más frutos partenocárpicos que el resto de los tipos varietales ensayados de *Cucurbita pepo*. En un ensayo realizado sobre diez variedades comerciales de calabacín durante la

campañas de invierno de 2003 y primavera-verano de 2004 en Almería, Gómez et al (2004) han observado que durante la campaña de invierno, las plantas no tratadas de algunas de las variedades han mostrado un nivel considerable de partenocarpia, con una producción de frutos comerciales similar al de las plantas tratadas con hormonas o polinizadas manualmente. Además, aunque la calidad y tamaño de los frutos de las plantas no tratadas fue ligeramente menor, en muchas de las variedades, las diferencias con las plantas tratadas o polinizadas no fueron significativas. En la campaña de primavera verano sin embargo, los tratamientos hormonales y la polinización, aumentaron significativamente el número de frutos comerciales, con niveles de partenocarpia inferiores que en invierno.

En la actualidad, sin embargo, ninguna de las variedades híbridas que se utilizan en Almería se comercializan como partenocárpicas. Entre las pocas variedades actuales que se describen como partenocárpicas, destacar *Whitaker*, una variedad de polinización abierta desarrollada por R.W Robinson en la Universidad de Cornell, y cuya partenocarpia parece estar controlada por un único gen dominante (Menezes et al., 2005). *Parthenón* y *Cavili* son también variedades híbridas de calabacín de tipo Zuchini que se comercializan como partenocárpicas por la casa de semillas Nunhems.

#### **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 fitoreguladores 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 partenocárpico al inducir fructificación sin que haya habido fecundación.

La principal ventaja con la que cuenta el uso de fitoreguladores 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 fitoreguladores 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  $\beta$ -naftosiacético, ácido hidroximetil-2-cloro-4fenoxiacético, ácido formal-2-cloro-4fenoxiacético, ácido cloro-4-fenoxiacético, el ácido  $\alpha$ -naftalenacético, los ácidos  $\alpha$ -ortoclorofenossipropiónico y ortoclorofenossiacético, 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 la S.I.F.A. son los siguientes:

- ANA 0,45% + ANA-amida 1,2% [WP] P/P:
  - AGRITONE (22541) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)
  - AMCOTONE (22793) (AMVAC CHEMICAL, UK LIMITED)
  - FRUIPLAN (21885) (SAPEC AGRO, S.A.)

FRUITONE (16171) (AVENTIS CROPS SCIENCE ESPAÑA, S.A.)

HORMOPRIN (18294) (PROBELTE, S.A.)

- ANA 0,45% + ANA-amida 1,2% [SG] P/V:

TONIFRUIT (22586) (NUFARM ESPAÑA, S.A.)

- ANA 0,675% + ANA-amida 1,8% [SL] P/V:

AGRITONEL (22513) (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 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 4).

**Tabla 4.** Periodo de recolección del calabacín según la fecha de siembra.

<b>Fecha de siembra</b>	<b>Recolección</b>
1º de Noviembre	Febrero-Junio
Final de Noviembre	Febrero- Abril
Final de Agosto	Octubre- Diciembre
Septiembre-Octubre	Noviembre- Enero
1º de Enero	Marzo-Junio
1ª de Octubre	Mediado Noviembre- Primeros de Febrero

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.

### **2.4.1 Normas de calidad para calabacín**

El REGLAMENTO (CE) N° 1757/2003 DE LA COMISIÓN de 3 de octubre de 2003 por el que se establecen las normas de comercialización de los calabacines y se modifica el Reglamento (CEE) n° 1292/81 indica lo siguiente:

#### **I. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO**

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

#### **II. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD**

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

##### *Requisitos mínimos*

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

- Enteros y provistos de pedúnculo que podrá estar ligeramente dañado.
- Sanos, quedando excluidos los productos que presenten podredumbre u otras alteraciones que los hagan impropios para el consumo.
- Limpios, prácticamente exentos de materias extrañas visibles.
- Con un aspecto fresco.



- Prácticamente exentos de parásitos.
- Exentos de un grado anormal de humedad exterior.
- Exentos de olores y sabores extraños.

Además, los frutos deben ser:

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

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

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

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

1. Malformaciones.
2. Defectos de coloración.
3. Ligeras quemaduras de sol.
4. Ligeros defectos debidos a enfermedades siempre y cuando no sean evolutivos ni afecten a la carne.

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

### **1- Categoría extra**

- Los calabacines de esta categoría deberán ser de calidad superior y presentarán las características propias de la variedad y/o tipo comercial al que pertenezcan.
- Además, deberán estar:
  - bien desarrollados

- bien formados
- provistos de su pedúnculo, que presentará un corte limpio y una longitud máxima de 3 cm.
- estos calabacines no deberán tener defectos, salvo ligerísimas alteraciones superficiales que no afecten al aspecto general del producto ni a su calidad de conservación y presentación en el envase.

## **2- Categoría I**

- Los calabacines de esta categoría deberán ser de buena calidad y presentarán las características propias de la variedad y/o tipo comercial al que pertenezcan. No obstante, siempre que no se vean afectados su aspecto general ni su calidad, conservación y presentación en el envase, estos calabacines podrán tener los defectos leves siguientes:
  - ligeras malformaciones
  - ligeros defectos de coloración
  - muy ligeros defectos de la epidermis
  - muy ligeros defectos a enfermedades siempre y cuando no sean evolutivos ni afecten a la carne.
- Los calabacines de esta categoría deberán estar provistos de un pedúnculo de no mas de 3 cm de largo.

## **3- Categoría II**

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

### **III. DISPOSICIONES RELATIVAS AL CALIBRADO**

El calibre de los calabacines vendrá determinado por:

- su longitud
  - su peso
- a) En caso de que el calibre se base en la longitud, ésta se medirá entre la línea de unión con el pedúnculo y el extremo de la corola del fruto. El calibre mínimo será de 7 cm y el máximo

de 35 cm. En el caso de las categorías Extra y I, los calabacines deberán calibrarse con arreglo a la escala siguiente:

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

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

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

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

## **2.5 Postcosecha de calabacín.**

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.

### **2.5.1. Factores biológicos que influyen en el deterioro de los frutos en postcosecha**

#### **2.5.1.1. 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 CO<sub>2</sub>.

La pérdida de las reservas energéticas de los frutos durante la respiración significan: 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 postcosecha 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 CO<sub>2</sub> coincidiendo con la maduración, mientras que los frutos no climatéricos no varían generalmente de una producción lenta de CO<sub>2</sub> y etileno durante la maduración (Salisbury y Ross, 1992).

#### **2.5.1.2. 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 CO<sub>2</sub> a más del 2%, niveles variables según el tipo de fruto (Kader, 1992).

### 2.5.1.3. 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 CO<sub>2</sub> 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.

#### 2.5.1.4. 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).

#### 2.5.1.5. DESORDENES 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 CO<sub>2</sub> (mayores del 20%) atmosféricos causan desórdenes fisiológicos en muchos frutos (Randel y Rhodes, 1980).

La interacción entre las concentraciones de CO<sub>2</sub>, oxígeno, etileno, temperatura y la duración del almacenamiento influyen en la incidencia y severidad de desórdenes fisiológicos relacionados con la composición atmosférica.

#### 2.5.1.6.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 fenológicos 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 CO<sub>2</sub> y etileno (Kader, 1992).

#### 2.5.1.7.DESÓRDENES 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, 1990).

### **2.5.2. Conservación postcosecha de hortalizas**

Puesto que una mala manipulación del producto durante la postcosecha puede acarrear pérdidas cuantiosas, la investigación en fisiología de la conservación postcosecha 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 largo 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.

### **2.5.3. 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 la 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).

#### **2.5.4. Marchitamiento y pérdida 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 Material vegetal**

Hemos utilizado doce variedades de *Cucurbita pepo*. Siete de ellas son variedades comerciales y el resto, variedades locales obtenidas del banco de germoplasma de la Universidad de Almería (BSUAL)). Las características más sobresalientes de las variedades comerciales conocidas son las siguientes:

- **Cónsul** (Monsanto): es una variedad muy precoz de planta vigorosa y abierta. Frutos de color verde medio oscuro, con brillo, lo que le confiere aspecto fresco y atractivo, de gran densidad, lo que le permite alargar su tiempo de conservación. Recomendada para cultivos tempranos y cuando se desee un ciclo corto de cultivo.
- **Cavili** (Nunhems): es una variedad muy temprana; planta de porte medio. Frutos de color verde claro. Como característica especial, presenta partenocarpia..
- **Platinum** (Semini): variedad muy precoz y productiva, de planta vigorosa y abierta, con entrenudos cortos. Frutos de color verde medio oscuro, con brillo que le confiere un aspecto fresco y atractivo, de gran densidad, lo que le permite alargar su tiempo de conservación. Recomendada para siembras a mediados de septiembre y primavera. Adaptada especialmente para cultivo en invernadero.
- **Cora** (Clause): variedad muy productiva de rápida entrada en producción. Frutos de color verde medio, brillantes, cilíndricos y homogéneos. Recomendada para siembras tempranas de producción en otoño y en los cultivos de primavera. Es la opción ideal para cuajes con altas temperaturas.
- **Sinatra** (Clause): variedad muy productiva en los meses fríos. Planta vigorosa, se mantiene prácticamente verde hasta el final del cultivo. Frutos

verde oscuro, brillantes, cilíndricos y muy lisos. Recomendada para siembras a partir de octubre en invernadero.

- **Natura** (Enza Zaden): planta vigorosa y fuerte que produce frutos de color verde oscuro brillante y cilíndricos. Recomendado para siembras de mediados de septiembre y mes de octubre. Para plantaciones de primavera, desde diciembre hasta abril.

- **Thina**

El resto de variedades utilizadas son variedades tradicionales que no han sido caracterizadas:

- **PI265560**
- **CMCU7**
- **MUCU16**
- **VCU26**
- **CMCU33**

## **3.2 Localización del ensayo**

El ensayo se realizó durante la campaña de primavera de 2007, en unas instalaciones familiares con invernadero tipo parral, en el municipio de “Las Norias” El Ejido (Almería).

El clima de la zona está clasificado como semiárido, con valores del índice de humedad de la UNESCO entre 0,4- 0,49. Con precipitaciones escasas y concentradas en el otoño, (con valores inferiores a 200 mm), una temperatura media anual de 18°C y alrededor de 3000 horas de sol anuales.

## **3.3 Condiciones de cultivo**

### **3.3.1 El invernadero**

El invernadero donde se realizó el ensayo es un invernadero tipo parral, característico de la provincia de Almería. Es un parral plano de 2,5 m de altura en cumbrera, la estructura del invernadero es de pilares de hierro, los cuales apoyan en zapatas de cemento, se unen unos a otros mediante una estructura de alambres por su parte superior. **(Figura 17)**. La ventilación se realizó de manera pasiva mediante ventanas laterales que ocupan toda la banda lateral del invernadero.



**Figura 17:** Vista generalizada del invernadero.

### **3.3.2 Sustrato**

El ensayo se realizó en suelo natural, previamente abonado con humus compactado desde aproximadamente un año.

### **3.3.3 Riego y fertilización**

El sistema de riego fue por goteo automatizado. Consta de una bomba de impulsión y una válvula reguladora de presión. La red de distribución estaba formada por tuberías portarramales y tuberías portagoteros de polietileno que suministran de agua a los goteros. Los goteros utilizados fueron autocompensantes de un caudal de 3l/h.

### **3.3.4 Temperatura a lo largo del cultivo**

El cultivo tuvo un ciclo tardío, ya que la siembra se realizó el 16 de marzo y la recolección se llevó a cabo hasta aproximadamente el 17 de junio. Las temperaturas en el período del cultivo estuvieron comprendidas entre los 11 y 44°C. La media de las temperaturas mínimas rondaron los 12°C, por lo que la temperatura base del calabacín no es alcanzada, la cual está estimada en 10°C.

## **3.4 Técnicas de cultivo**

El calabacín, por lo general, se cultiva en ciclo corto, en otoño o en primavera. Es una de las hortalizas que presenta mayor variabilidad en las fechas de siembra. Atendiendo al año agrícola, pueden distinguirse los siguientes ciclos de cultivo:

- *Extratemplano*: la siembra se realiza durante el mes de septiembre, iniciando la recolección en octubre, hasta final de diciembre.
- *Temprano*: se siembra entre octubre y noviembre, realizándose la recolección desde final de noviembre hasta mediados de febrero.
- *Semitardío*: la siembra es en febrero y la recolección desde marzo a junio.
- *Tardío*: se siembra a principios de abril y se inicia la recolección en junio.



El cultivo fue de ciclo corto, tuvo lugar desde el 16 de marzo de 2007, que se realizó la siembra, hasta el 17 de junio, que se recogieron los últimos frutos. El marco de plantación fue de líneas pareadas con una densidad de plantación de 1 planta/ m<sup>2</sup>.

### **3.4.1 Preparación del invernadero**

El ensayo se realizó mediante siembra directa, en suelo húmedo, recién regado y abonado con humus compostado un año atrás. Se cubrió posteriormente el suelo con una manta térmica. Las semillas sobrantes de la siembra directa se sembraron en semillero, para posteriormente poder reponer aquellas plantas perdidas por mala germinación en suelo.

A los aproximadamente ocho días de la siembra, las plántulas ya habían desarrollado los cotiledones. Transcurridos unos cuatro días, se procedió al conteo de las semillas mal germinadas y se repusieron de las que anteriormente habíamos sembrado en semillero.

Transcurridas unas tres semanas después de la siembra (el doce de abril), se retiró la manta térmica. Paralelamente al crecimiento de las plantas, se realizó la eliminación manual de malas hierbas que pudiesen competir con las plantas de calabacín por el agua y los nutrientes.

Aproximadamente a los 30 días después de la siembra, las plantas comienzan a emitir las primeras flores femeninas. Pasados unos quince días se procede a la eliminación de los primeros frutos, cuya calidad no era comercial.

El cultivo siguió desarrollándose y emitiendo flores hasta aproximadamente el 18 de junio, que se termina la toma de datos y el cultivo es arrancado.

### **3.4.2 Poda, entutorado y tratamientos fitosanitarios**

El desarrollo de la planta de calabacín se realizó a través de un tallo principal, limitándose la poda a la eliminación de los tallos secundarios y algunas hojas mas viejas de la parte basal de la planta que compiten por los nutrientes y afectarían al desarrollo del tallo principal.

El entutorado se realizó tras 32 días después de la siembra, con la finalidad de procurar un crecimiento vertical del tallo principal y una mejor aireación de la planta, para evitar en la medida de lo posible la aparición y desarrollo de enfermedades en las hojas de gran superficie de calabacín. También permite una mayor entrada de luz, siendo esta mas homogénea, mejorando la asimilación fotosintética y la distribución de color en el fruto. Se utilizó una rafia de hilo, atada al tallo principal y al entrenado de hilos de alambre que hay en la techumbre del invernadero. **(Figura 18).**



**Figura 18:** Plantas de calabacín entutoradas.

En cuanto a los tratamientos fitosanitarios, mencionar la incidencia de oidio causada por los hongos *Spaherothecha fuliginea* y *Erysiphe cichoraceum*, . Los síntomas que se observan son manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas (haz y envés) que fueron cubriendo todos los órganos vegetativos, llegando a invadir la hoja entera. También afectó a tallos y peciolos e incluso frutos en ataques muy fuertes. Las hojas y tallos atacados se volvían de color amarillento y se secaban. Las temperaturas y la humedad favorecieron la propagación de la enfermedad, pero ésta no ocasionó grandes problemas en el cultivo.

### **3.5 Parámetros medidos en el ensayo y modo de actuación.**

#### **3.5.1 Pérdida de peso**

Dentro de la producción de cada variedad se seleccionaron frutos para los posteriores estudios del ensayo.

Uno de esos estudios fue cuantificar la pérdida de peso. Esta cuantificación se realizó en frutos seleccionados de cada variedad, los cuales se pesaron en el momento de la recolección y posteriormente fueron conservados a temperatura ambiente y 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.

Las fórmulas utilizadas para calcular el porcentaje de pérdida de peso en los frutos fueron los siguientes:

**Para 7 días:**                    **% PP = 100 – (Peso t7 \* 100 / peso t0)**

**Para 14 días:**                    **% PP = 100 – (Peso t14 \* 100 / peso t0)**

#### **3.5.2 Productividad**

Para analizar la productividad total de cada variedad, se procedió a recolectar los frutos de cada una de las variedades durante 5 semanas consecutivas, dividiendo la producción en temprana o

tardía, dependiendo del momento de la recolección, obteniendo así una idea de que variedades son más precoces y más productivas bajo las mismas condiciones de cultivo.

- *Producción temprana*: recolección desde el 14 – 28 mayo.
- *Producción tardía*: recolección desde el 28 mayo – 17 junio.
- *Producción total*: recolección desde 14 mayo- 17 junio.

### **3.5.3 Potencial productivo**

El análisis de este parámetro se realizó tomando como referencia seis plantas de cada variedad, y haciendo un conteo de flores femeninas y masculinas hasta el nudo 25. De esta manera sabemos que variedades son mas precoces o tienen un potencial productivo mayor, dependiendo de la posición y porcentaje de flores femeninas por planta.

Las diferentes variedades analizadas se distribuyeron en tres bloques al azar, como se detalla en la **Figura 19**.

- En el sector 1: disponemos de un total de 110 plantas repartidas en 11 líneas de cultivo.
- En el sector 2: disponemos de 114 plantas repartidas en 11 líneas de cultivo.
- En el sector 3: disponemos de 98 plantas repartidas en 11 líneas de cultivo.

Aclarar que aunque disponemos de 20 variedades, 8 de ellas no formaban parte del ensayo de este proyecto fin de carrera.

Figura 19: Distribución de plantas de calabacín durante el ensayo



SECTOR 3

SECTOR 2

SECTOR 1

Simbología de las variedades:

- |             |            |               |                |
|-------------|------------|---------------|----------------|
| 1- CÓN SUL  | 6- CORA    | 11- KAS       | 16- MU-CU-16   |
| 2- PLATINUM | 7- SINATRA | 12- ASCOT     | 17- V-CU-26    |
| 3- CAVILI   | 8- FIONA   | 13- PI 265560 | 18- CM-CU-33   |
| 4- NALIM    | 9- THINA   | 14- V-CV-185  | 19- V-CU-144-1 |
| 5- TOSCA    | 10- ARGO   | 15- CM-CU-7   | 20- AN-CU-85   |

### **3.6 Toma de datos**

La toma de datos comenzó a partir del día 14 de mayo de 2007, momento en el que la planta estaba en plena producción. No obstante, algunas de las variedades más tardías aún no mostraban frutos representativos para nuestro ensayo, terminando la recolección el 26 de junio de 2007. Para la obtención de datos se realizaron unas tablas donde se recogieron los siguientes parámetros:

- Fechas de recogida de los frutos.
- Peso total del fruto recogido y del fruto seleccionado.
- Peso de los frutos seleccionados transcurridos 7 días, a temperatura ambiente, paralelamente con otros frutos mantenidos en cámara a una temperatura de 4°C.
- Peso de estos frutos transcurridos 14 días a temperatura ambiente y refrigerados.
- Conteo del número de flores femeninas y masculinas en una media de seis plantas por variedad, hasta el nudo 25.

### **3.7 Tratamiento estadístico**

Todos los datos se sometieron a análisis de la varianza de un único factor. Cuando las variables influyeron significativamente al nivel del 95%, se procedió a realizar un test estadístico de comparación de medias LSD (mínimas diferencias significativas de Fisher) con un nivel de significación de  $p < 0,05$ . Todo el análisis estadístico se realizó con la ayuda del paquete STATGRAPHICS Plus 5.1 para Windows.

## **4.Resultados y discusión**

## **4.1 Postcosecha de frutos ecológicos y partenocárpicos de calabacín.**

El principal factor que influye negativamente en frutos de calabacín durante el almacenamiento y la comercialización es la pérdida de peso fresco, debido a la pérdida de agua. La pérdida de agua postcosecha de frutas produce el ablandamiento del fruto y reduce la vida útil de los frutos. Para evaluar la pérdida de agua del fruto después de la postcosecha, se determinó la pérdida de peso en frutos conservados tanto a temperatura ambiente, como en condiciones de refrigeración. Los frutos seleccionados de cada variedad se pesaron el día de la recolección, y se volvieron a pesar a los 7 y 14 días respectivamente.

### **4.1.1 Pérdida de peso**

En nuestro ensayo se procedió a la recolección de los frutos comerciales de cada variedad, estudiando como mínimo 6 frutos por variedad. La primera recogida se llevó a cabo el 5 de junio, conservando posteriormente esos frutos en una habitación a temperatura ambiente o en una cámara fría a 4°C.

Como podemos observar en la **Figura 20** y en la **Tabla 5**, la pérdida de agua a temperatura ambiente fue mayor en los frutos conservados durante 2 semanas, observando que es la variedad comercial *Sinatra* la que más agua ha perdido tanto a los 7 como a los 14 días. Por el contrario, tenemos la variedad local *V-CU-26* como la que menos peso ha perdido, no llegando prácticamente al 5%. Sin embargo, dentro de las variedades comerciales, *Cavili* mostró la menor pérdida de agua tanto a los 7 como a los 14 días.



**Tabla 5:** Porcentaje de pérdida de peso en los frutos de diferentes variedades de calabacín conservados durante 7 y 14 días a temperatura ambiente.

<b>Variedad</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>
<b>SINATRA</b>	13,2 ± 3,73 e	19,12 ± 5,00 d
<b>CM-CU-33</b>	9,78 ± 2,29 de	12,57 ± 4,42 bcd
<b>THINA</b>	8,58 ± 2,28 cd	14,68 ± 5,50 cd
<b>NATURA</b>	8,53 ± 2,86 bcd	12,17 ± 3,24 bc
<b>MU-CU-16</b>	8,45 ± 1,28 bcd	12,56 ± 3,74 bcd
<b>PI 265560</b>	8,02 ± 5,45 abcd	10,58 ± 5,86 abc
<b>CÓNSUL</b>	7,69 ± 1,007 abcd	11,09 ± 1,74 abc
<b>PLATINUM</b>	7,07 ± 2,58 abcd	14,09 ± 7,26 cd
<b>CORA</b>	5,89 ± 2,05 abcd	9,58 ± 2,02 abc
<b>CM-CU-7</b>	5,18 ± 1,25 abc	8,006 ± 1,57 abc
<b>CAVILI</b>	4,20 ± 0,06 ab	6,90 ± 0,99 ab
<b>V-CU- 26</b>	3,77 ± 1,48 a	4,99 ± 0,99 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre las variedades para la pérdida de peso ( $p < 0.05$ )

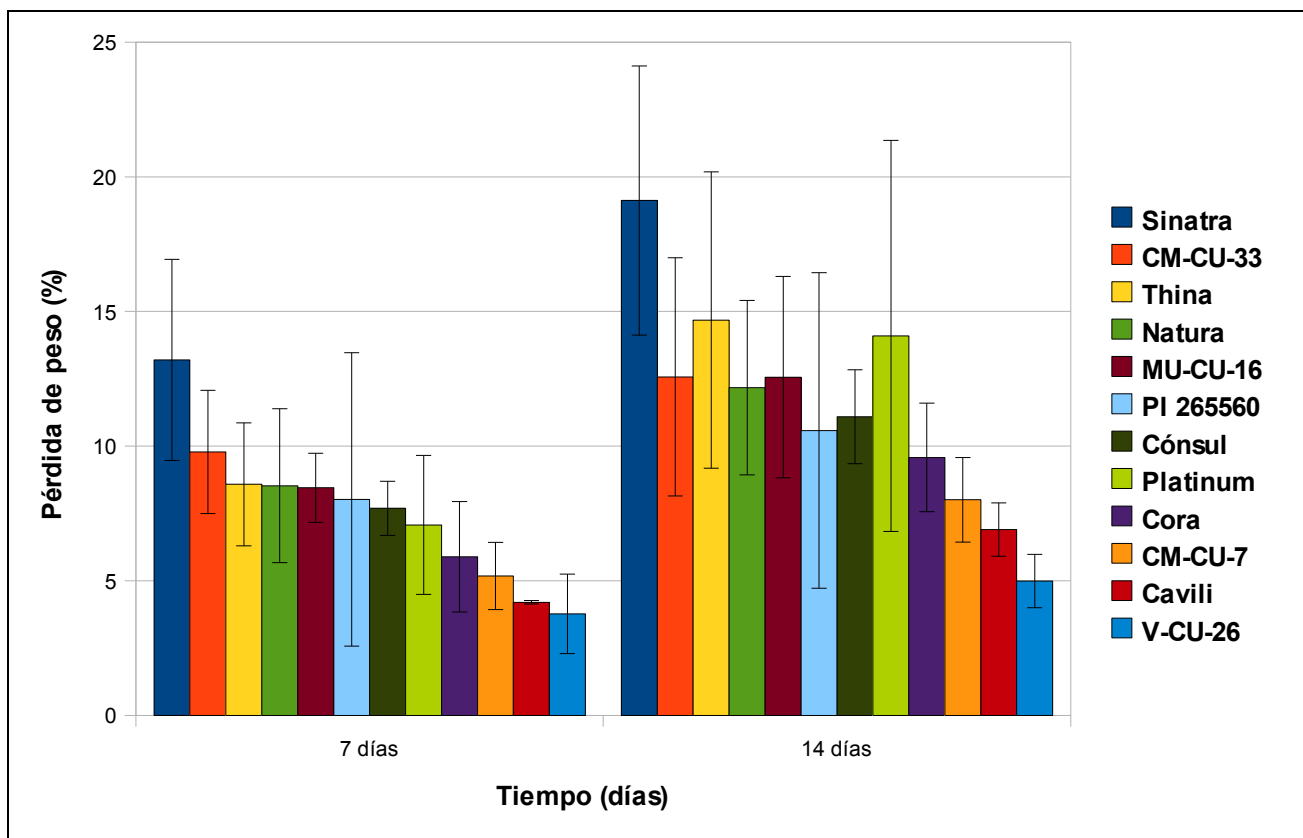


Figura 20: Pérdida de peso postcosecha de frutos de diferentes variedades de calabacín conservados a 20°C durante 7 y 14 días.

Las Figuras 21 y 22 muestran las características de las variedades *Sinatra* y *V-CU-26*. La variedad local *V-CU-26* es la que menos agua ha perdido, puede deberse a las características de su piel, que es mucho más gruesa y dura que la del resto de variedades, lo que le permite alargar mas su tiempo de conservación, sufriendo menos las posibles rozaduras que hacen que el calabacín pierda valor comercial. Sin embargo, la variedad comercial *Sinatra*, ya vemos que es de piel mucho menos fina y brillante, ya que sufrió mucho mas la pérdida de peso, lo cual la haría menos apta para su conservación postcosecha.



**Figura 21** : Frutos de la variedad *V-CU-26*



**Figura 22** : Frutos de la variedad *Sinatra*.

La **Tabla 6** y la **Figura 23** muestran los resultados de pérdida de peso en los frutos de las diferentes variedades cuando se conservaron a 4°C. Comparando los dos gráficos, vemos como a 4°C la variedad comercial *Sinatra* es la que mas agua ha perdido durante su conservación, y *Cavili* la que menos. Por el contrario, la variedad local *PI 265560* ha sido la que menor pérdida de peso ha mostrado durante la frigoconservación. En las **Figuras 24** y **25** muestro unas imágenes de las dos variedades, en las que se observa como la variedad *Sinatra* ha sufrido daños por frío (*pitting*) bastante acentuados.

**Tabla 6:** Porcentaje de pérdida de peso en los frutos de diferentes variedades de calabacín conservados durante 7 y 14 días a 4° C.

Variedad	7 días	14 días
<b>SINATRA</b>	8,35 ± 0,59 f	13,97 ± 1,93 e
<b>PLATINUM</b>	7,9 ± 1,15 ef	11,69 ± 1,24 de
<b>THINA</b>	6,91 ± 2,56 def	8,60 ± 4,72 abcd
<b>MU-CU-16</b>	6,20 ± 3,39 cdef	11,95 ± 7,48 de
<b>NATURA</b>	6,00 ± 1,54 abc	10,12 ± 2,33 bcde
<b>CÓNSUL</b>	5,65 ± 2,16 cdef	10,65 ± 1,72 cde
<b>CORA</b>	5,38 ± 1,02 bcde	8,97 ± 2,31 abcde
<b>V-CU-16</b>	4,46 ± 2,10 abcd	6,43 ± 2,08 abc
<b>CM-CU-7</b>	3,77 ± 1,54 abc	6,11 ± 0,97 abc
<b>CAVILI</b>	3,55 ± 1,03 abc	6,22 ± 1,52 abc
<b>CM-CU-33</b>	2,70 ± 0,32 ab	4,98 ± 0,69 ab
<b>PI 265560</b>	2,25 ± 1,50 a	4,21 ± 2,29 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre las variedades para la pérdida de peso ( $p < 0.05$ )

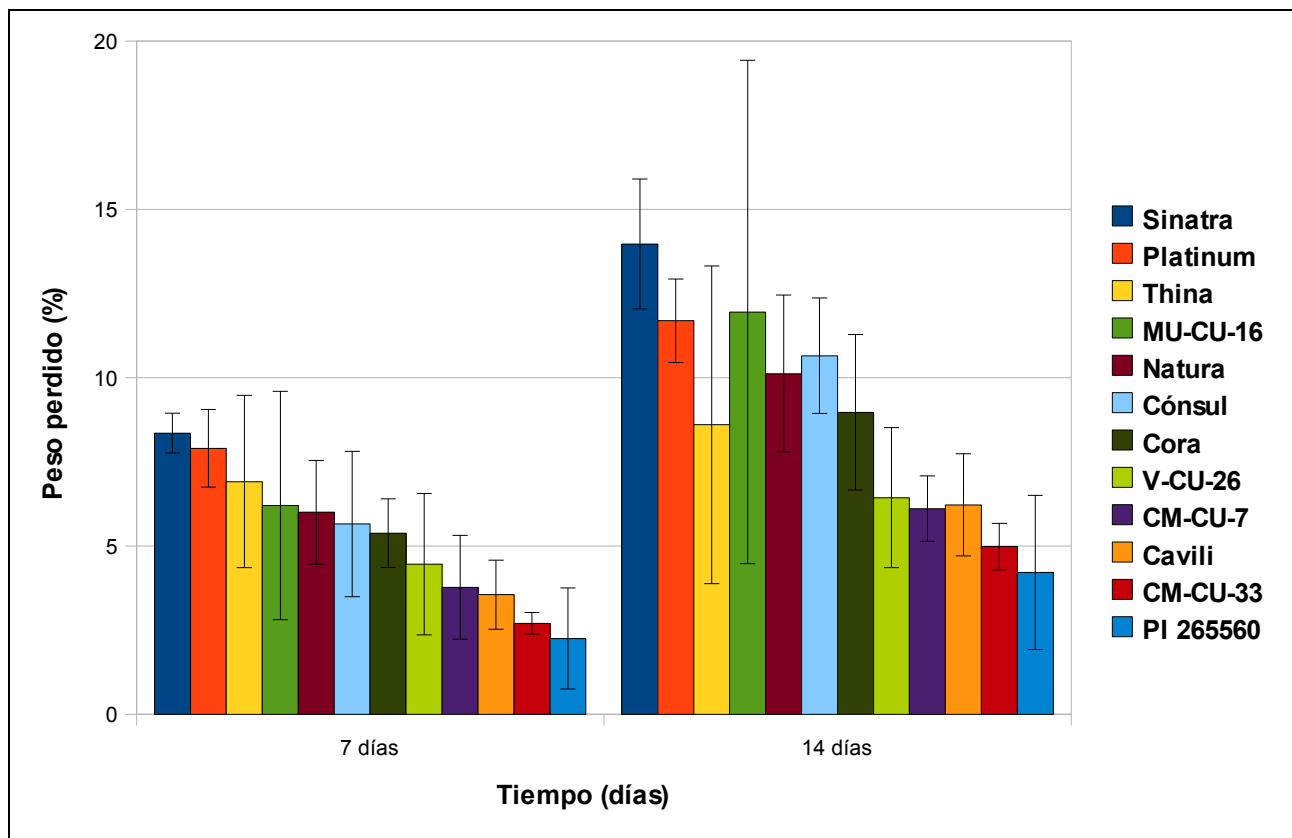


Figura 23: Pérdida de peso postcosecha de frutos de diferentes variedades de calabacín conservados a 4°C durante 7 y 14 días.

En un trabajo realizado por Carvajal *et al.* (2011) en el que se analizaba la resistencia al almacenamiento en frío en distintas variedades de calabacín: *Natura*, *Sinatra* y *Milenio*, en los invernaderos de Almería; se vió que en todas las variedades y en todas las temperaturas ensayadas (4°C, 12°C y 20°C), los frutos mostraron pérdida de peso, dándose la mayor pérdida a 20°C y la menor a la temperatura de de 12°C.

En un estudio parecido, Mejías *et al.* (2012) también encontraron pérdida de peso en los frutos de las variedades de calabacín, observando que los frutos conservados en frío (4°C) perdían menos peso que los almacenados a 14°C, y estos, menos que a 20°C. Sin embargo, los frutos mantenidos en frío, aunque perdieron menos peso, sufrieron mas daños por *pitting* que hizo que perdieran calidad comercial muy tempranamente.



**Figura 24:** Frutos de la variedad *Sinatra* transcurridos 14 días a 4°C.



**Figura 25:** Frutos de la variedad *PI 265560* transcurridos 7 días a 4°C.

#### 4.1.2 Efecto de la temperatura de conservación.

Una vez analizadas las pérdidas de peso durante dos semanas sobre las variedades, se ha estudiado el efecto que produce la temperatura sobre cada una de ellas, a 20 y 4°C.

Los frutos conservados durante 7 días a 4°C perdieron un poco menos de peso que los conservados a 20° C, aunque las diferencias no fueron significativas (**Tabla 7, Figura 27**). En general, la temperatura de conservación no alteró significativamente la pérdida de peso en las diferentes variedades, excepto en la variedad *CM-CU-33*, donde los frutos conservados a 20° C sufrieron significativamente más pérdidas que los conservados a 4° C (**Tabla 7**).

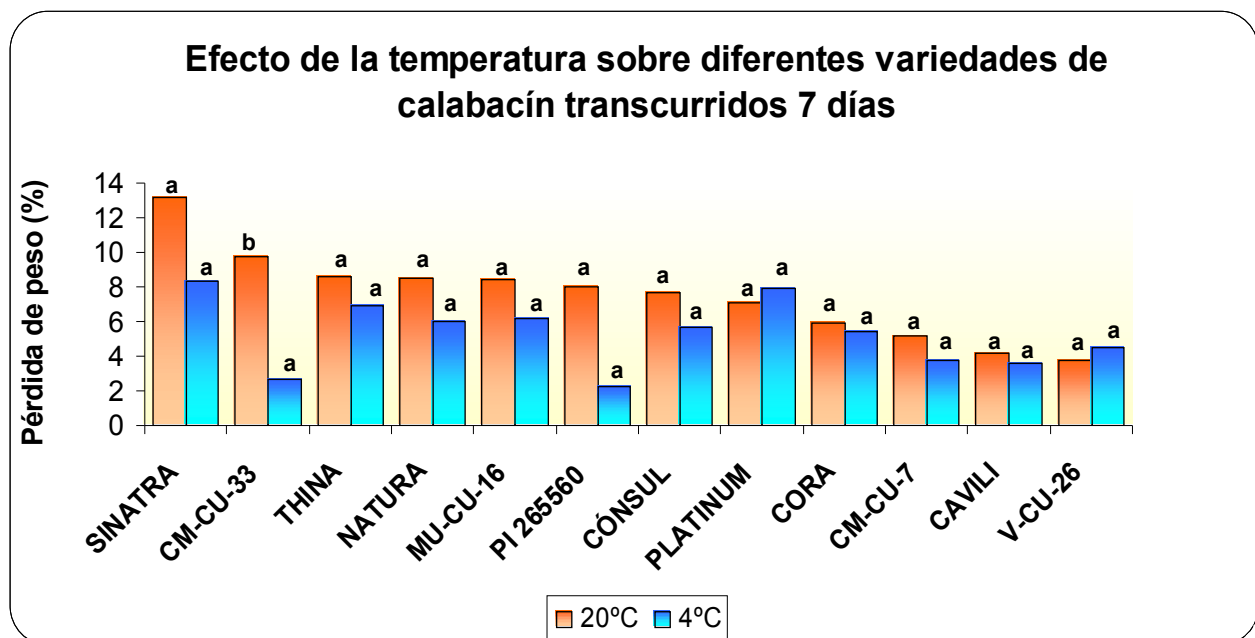
**Tabla 7:** Efecto de la temperatura de conservación sobre el porcentaje de pérdida de peso en los frtos de diferentes variedades de calabacín conservados a 7 y 14 días a 20°C y 4°C.

Variedad	7 días		14 días		p
	20°C	4°C	20°C	4°C	
<b>SINATRA</b>	13,2 ± 3,73 a	8,35 ± 0,59 a	19,12 ± 5,00 a	13,97 ± 1,93 a	ns
<b>CM-CU-33</b>	9,78 ± 2,29 b	2,70 ± 0,32 a	12,57 ± 4,42 b	4,98 ± 0,69 a	*
<b>THINA</b>	8,58 ± 2,28 a	6,91 ± 2,56 a	14,68 ± 5,50 a	8,60 ± 4,72 a	ns
<b>NATURA</b>	8,53 ± 2,86 a	6,00 ± 0,64 a	12,17 ± 3,24 a	10,12 ± 2,33 a	ns
<b>MU-CU-16</b>	8,45 ± 1,28 a	6,20 ± 3,39 a	12,56 ± 3,74 a	11,95 ± 7,48 a	ns
<b>PI 265560</b>	8,02 ± 5,45 a	2,25 ± 1,50 a	10,58 ± 5,86 a	4,21 ± 2,29 a	ns
<b>CÓNSUL</b>	7,69 ± 1,007 a	5,65 ± 2,16 a	11,09 ± 1,74 a	10,65 ± 1,72 a	ns
<b>PLATINUM</b>	7,07 ± 2,58 a	7,9 ± 1,15 a	14,09 ± 7,26 a	11,69 ± 1,24 a	ns
<b>CORA</b>	5,89 ± 2,05 a	5,38 ± 1,02 a	9,58 ± 2,02 a	8,97 ± 2,31 a	ns
<b>CM-CU-7</b>	5,18 ± 1,25 a	3,77 ± 1,54 a	8,00 ± 1,57 a	6,11 ± 0,97 a	ns
<b>CAVILI</b>	4,2 ± 0,06 a	3,55 ± 1,03 a	6,90 ± 0,99 a	6,22 ± 1,52 a	ns
<b>V-CU-26</b>	3,77 ± 1,48 a	4,46 ± 2,10 a	4,99 ± 0,99 a	6,43 ± 2,08 a	ns

\* : diferencias significativas entre temperaturas de conservación.

ns : diferencias no significativas entre temperaturas de conservación.

Como podemos observar en la **Figura 26**, los frutos conservados durante 7 días a 4°C perdieron menos agua que los conservados a 20°C, excepto las variedades *Platinum* y *V-CU-26* en las que la pérdida de peso fue un poco mayor durante su conservación en frío, lo cual quiere decir que son variedades con mejor comportamiento a temperatura ambiente. La variedad comercial *Sinatra* sigue siendo la que más agua ha perdido durante su conservación en ambas temperaturas. Las variedades comerciales *Cavili* y *Cora* son las que menos diferencias han presentado con respecto a la pérdida de peso con ambas temperaturas, presentando una doble aptitud en ambas temperaturas. Aunque podemos observar que no existen diferencias significativas en cuanto a la pérdida de peso en ambas temperaturas, solamente en la variedad local *CM-CU-33*.



**Figura 26:** Efecto de la temperatura en frutos de calabacín conservados durante 7 días, a 20°C y 4°C.

Observamos en la **Figura 27** que no existen diferencias significativas entre las distintas variedades de calabacín conservadas tras 14 días en ambas temperaturas. De nuevo volvemos a ver que la variedad *Sinatra* es la que peor comportamiento presenta en postcosecha, siendo la que mayor porcentaje de agua ha perdido, y tenemos la variedad *CM-CU-33* como aquella en la que mayor diferencia tiene en cuanto a pérdida de peso a 20°C y 4°C. Dentro de las variedades locales, *V-CU-26* sigue perdiendo mas agua en condiciones de frío que a temperatura ambiente.



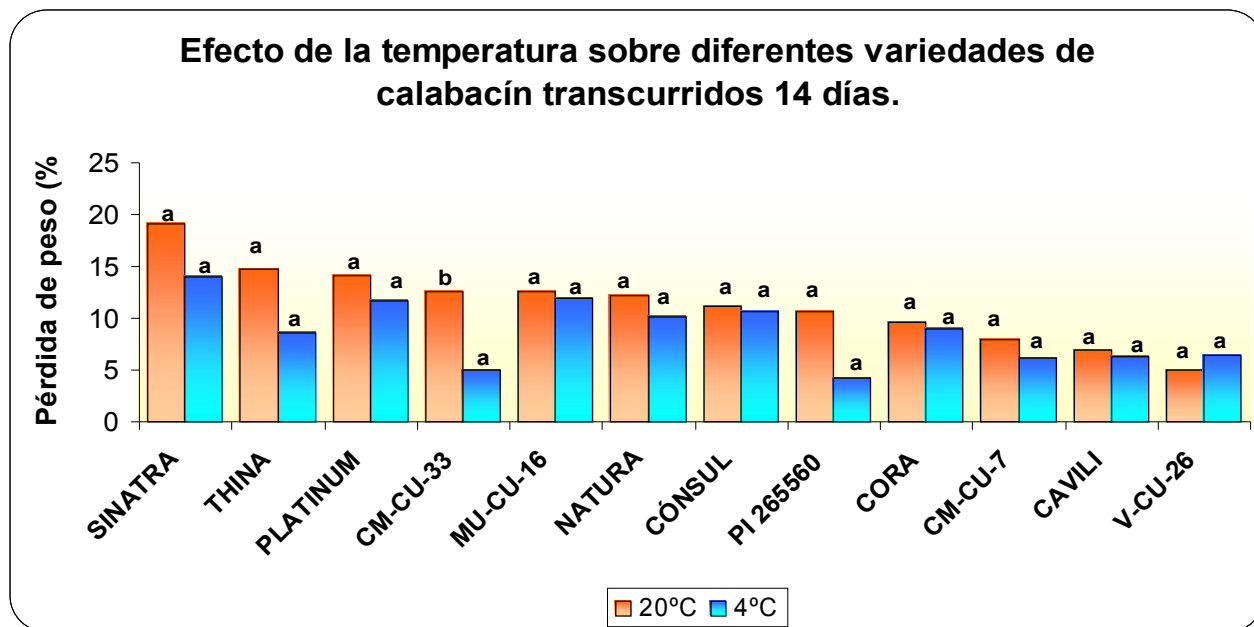


Figura 27: Efecto de la temperatura en frutos de calabacín conservados durante 14 días a 20°C y 4°C.

En el estudio realizado por Carvajal *et al.* (2011) se llegó a la conclusión de que los frutos almacenados a 20°C registraron una mayor pérdida de peso que los almacenados a 4°C, siendo *Sinatra* la variedad que alcanzó el máximo de pérdida de peso y daños por frío transcurridos 7 días a temperatura de 4°C. Lo que indica que hay variedades en las que un período de almacenamiento de 7 días a 4°C es suficiente para la pérdida de valor comercial, mientras que hay otras variedades como *Natura* que conservaron su mejor valor comercial incluso después de 14 días de almacenamiento en frío.

## **4.2 Producción partenocárpica.**

### **4.2.1 Comparación de la producción partenocárpica.**

Para conocer la producción partenocárpica de las distintas variedades de calabacín bajo condiciones de agricultura ecológica, el cultivo se mantuvo en ausencia de tratamientos hormonales y sin polinizadores, recolectando los frutos durante cinco semanas y estudiando la producción acumulada durante cada semana.

1ª semana: del 14 – 20 mayo.

2ª semana: del 21 – 27 mayo.

3ª semana: del 28 – 3 junio.

4ª semana: del 4 junio – 10 junio.

5ª semana: del 11 junio – 17 junio.

En la **Figura 28** se representa la evolución de la producción acumulada en kg por m<sub>2</sub> y semana, a lo largo del período de producción de las diferentes variedades estudiadas. Como podemos observar, la variedad más productiva a lo largo del tiempo ha sido *Cónsul*, alcanzando un valor de más de 4 kg/m<sub>2</sub>, seguida por las variedades *Sinatra* y *Cavili*, con 3,94 kg/m<sub>2</sub> y 3,91 kg/m<sub>2</sub>. Por debajo quedaría la variedad *Natura* con una producción de unos 2kg/m<sub>2</sub> aproximadamente la mitad que *Cónsul*. Todas las variedades locales presentan un rendimiento productivo menor, con una producción que no sobrepasa los 2,5 kg/m<sub>2</sub>, exceptuando la variedad *MU-CU-16*, con 3,56kg/m<sub>2</sub>, la cual puede ser interesante para cultivos bajo las condiciones en las que hemos trabajado este ensayo. Como la menos productiva tenemos la variedad *PI 265560*. Quiere decir que dentro de las variedades comerciales, las más partenocárpicas han sido *Cónsul*, *Cavili* y *Sinatra*, y respecto a las variedades locales, la más partenocárpica ha sido la variedad *MU-CU-16*.

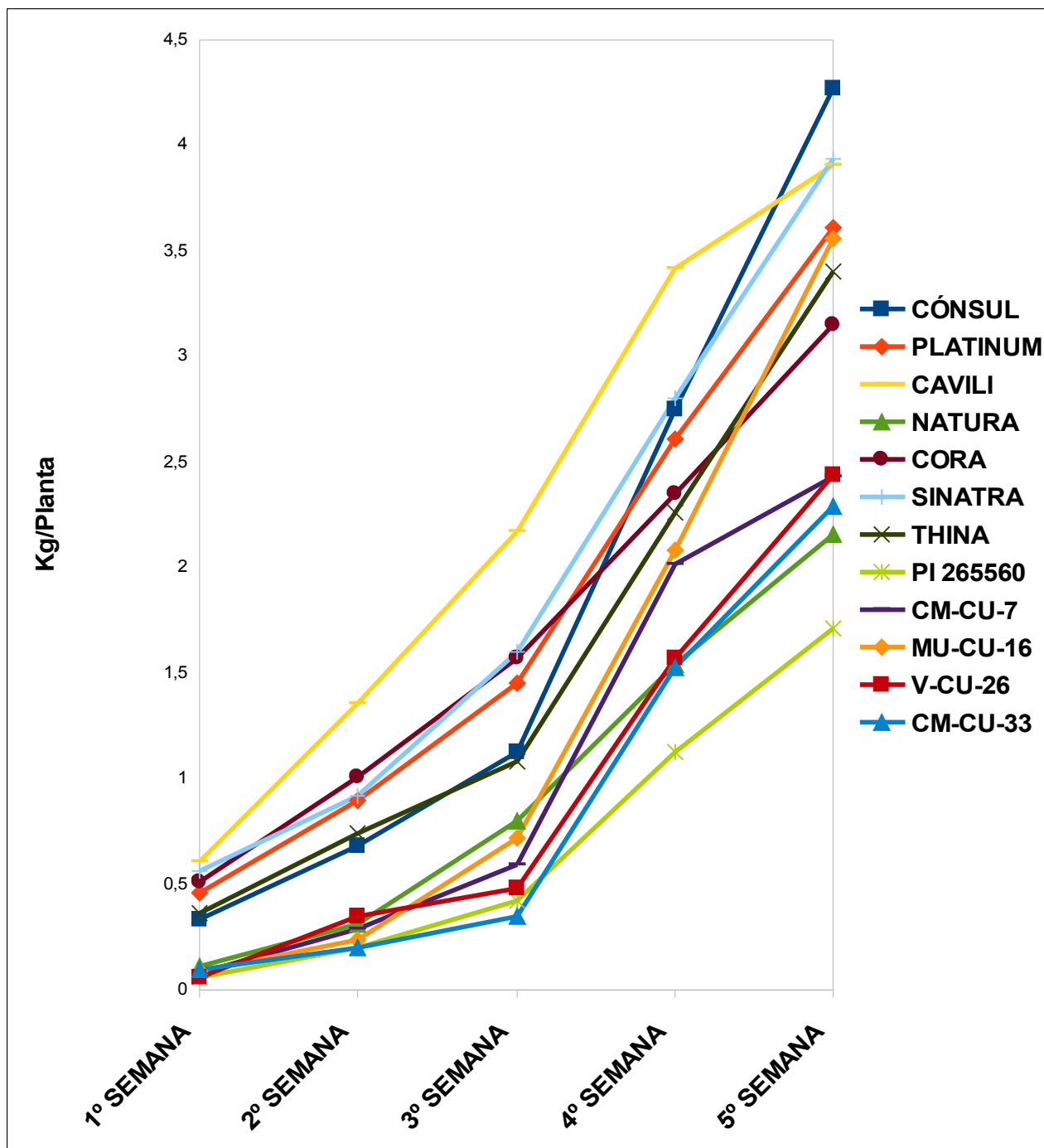


Figura 28: Evolución de la producción partenocárpica de diferentes variedades de calabacín durante 5 semanas.

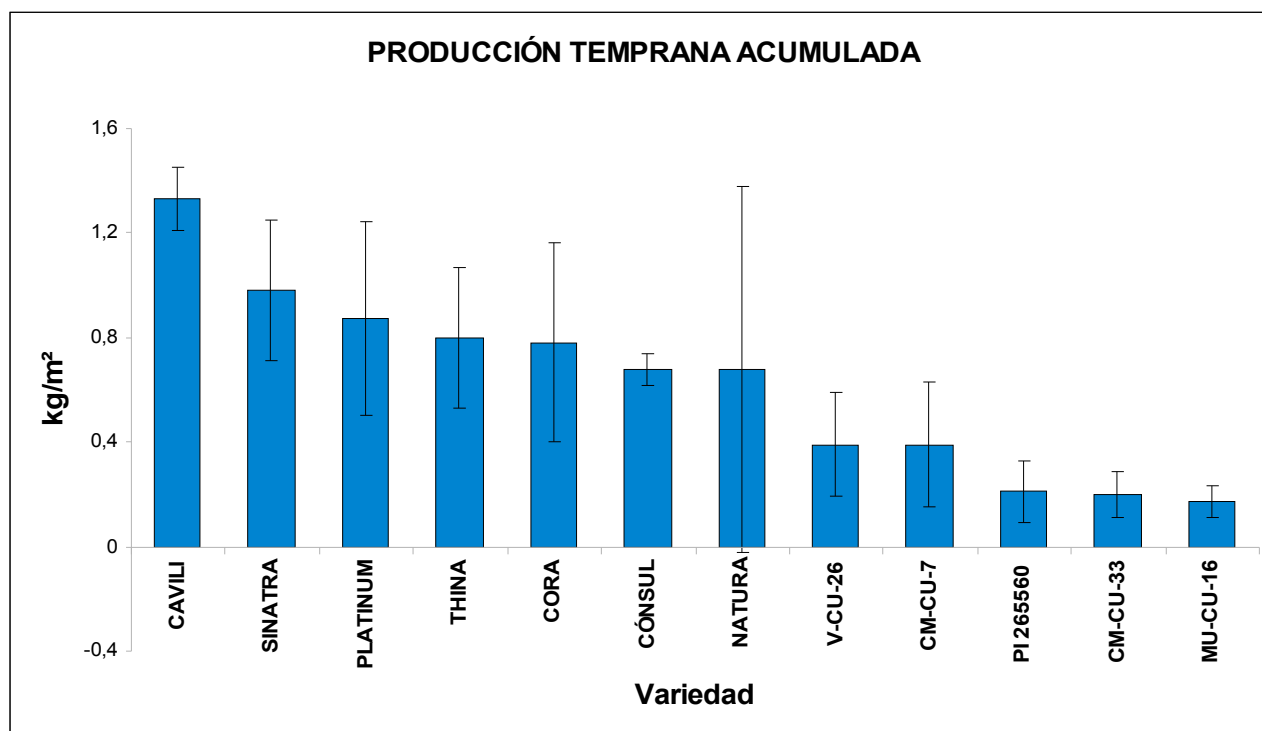
Estos resultados coinciden en parte para la variedad *Cavili* con los encontrados por Puertas – Martín *et al.* (2008), quien clasificó a *Cavili* como la variedad con un nivel de partenocarpia apreciable; por el contrario clasificó a *Sinatra* como variedad no partenocárpica, difiriendo con nuestro resultado donde si muestra cierto grado de partenocarpia natural. Los resultados que

muestran a *Cavili* como variedad partenocárpica, eran de esperar, pues esta variedad se comercializa como partenocárpica.

#### 4.2.2 Diferenciación de la producción temprana y tardía.

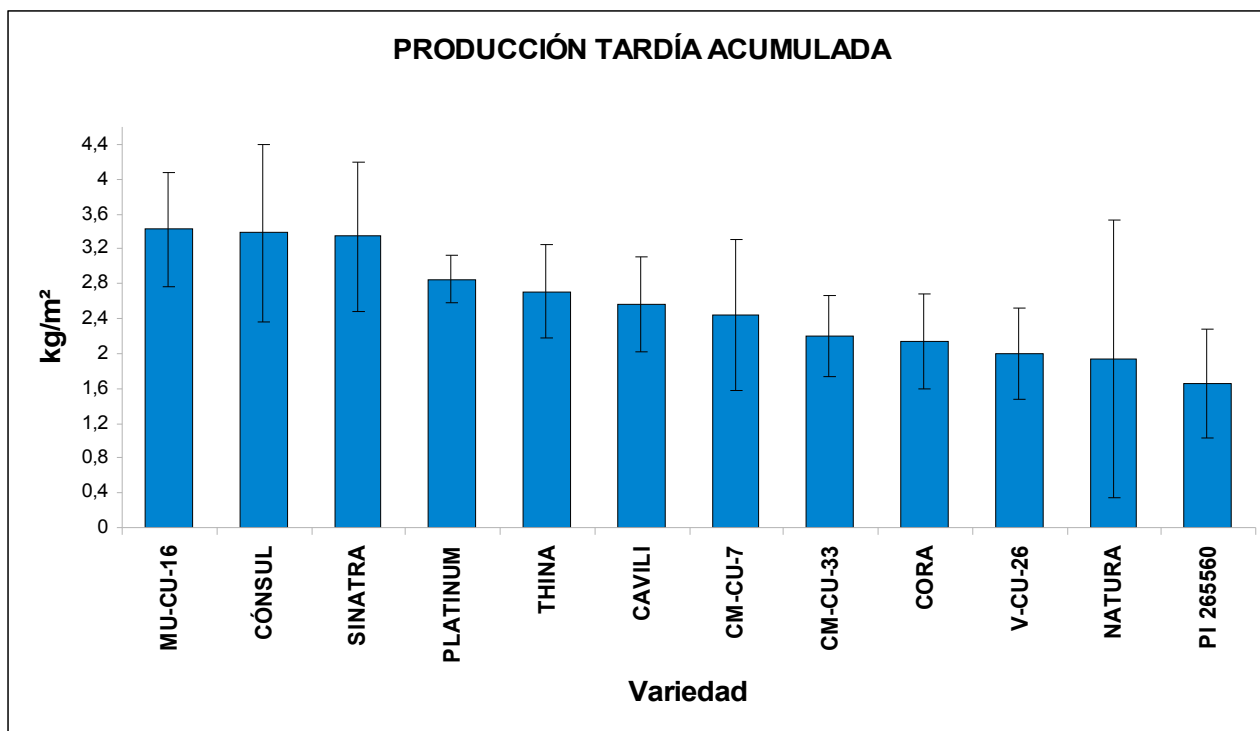
Con el objeto de observar aquellas variedades que son más productivas y que presentan mejor rendimiento dependiendo de la época de cosecha, hemos procedido a hacer este análisis, basándonos en los kilos producidos por cada variedad tomando como referencia 5 semanas, que irían desde una cosecha temprana que se hizo del 14 al 27 de mayo, hasta el 17 de junio con una recolección tardía. A su vez, se analizó la producción total por variedad, teniendo en cuenta el número de kg/m<sup>2</sup>.

Como podemos observar en la **Figura 29**, la variedad comercial *Cavili* es la que más kilos ha producido durante la recolección más temprana, lo que verifica lo dicho en el apartado anterior, que es una variedad más adaptada a trasplantes tempranos, obteniendo su máximo rendimiento al principio del cultivo y con temperaturas más suaves, lo cual también indica que es una de las variedades más partenocárpicas. Las variedades locales y la variedad comercial *Natura* son las que han tenido una producción más baja durante estas semanas.



**Figura 29:** Producción temprana de las distintas variedades de calabacín durante las dos primeras semanas del ensayo. Las barras de error indican la desviación estándar entre las tres repeticiones del ensayo.

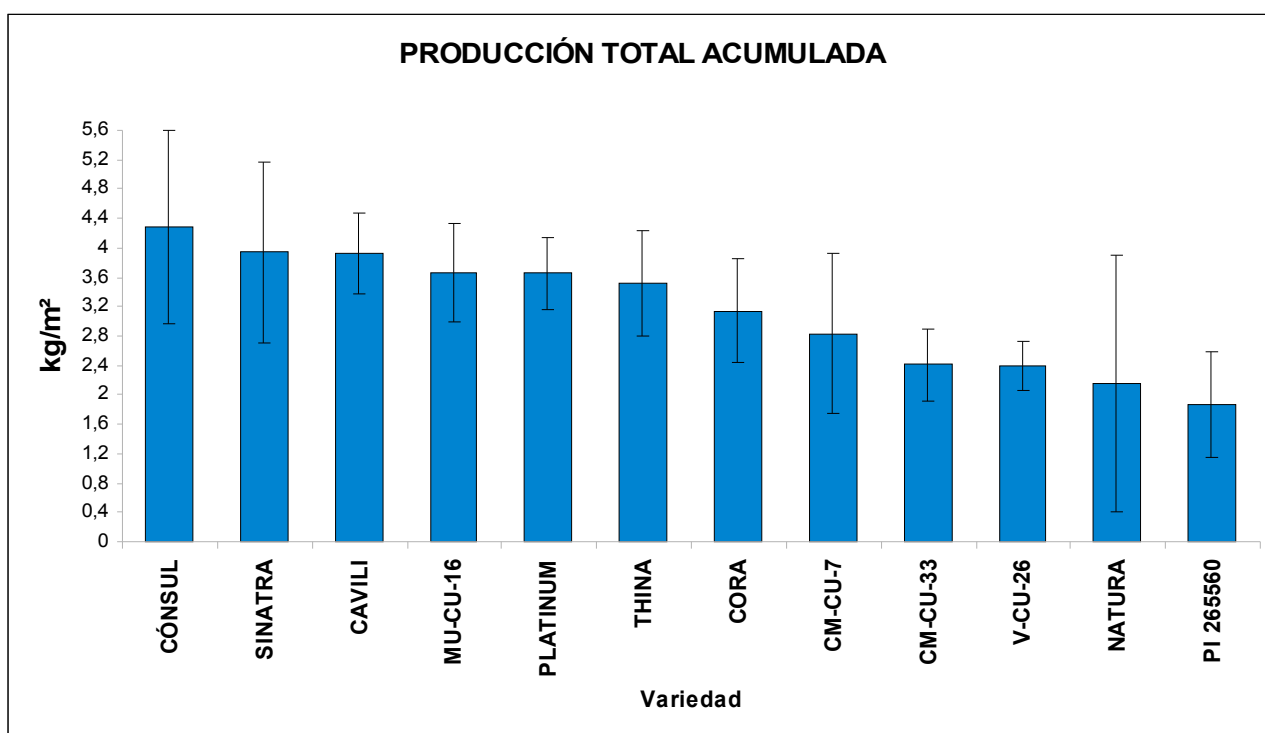
Observando la **Figura 30** vemos como la variedad comercial *Cónsul* es una de las que más kilos ha dado durante la recolección tardía, al contrario de *Cavili*, se adapta mejor a trasplantes mas tardíos soportando mejor las altas temperaturas. Se puede observar como estas producciones son mas estables que las tempranas, siendo mas o menos parecidos los kilos que ha dado cada variedad, quiere decir que el máximo en la producción de frutos de calabacín para trasplantes en marzo, se produce entre finales de mayo, primeros de junio, mermándose a partir de mediados de junio. La variedad *Natura* presenta una desviación estándar mucho más acusada que el resto de variedades, ello se debe a que hay mucha diferencia entre las producciones acumuladas duante las semanas de recolección. Con estos datos llegamos a la conclusión de que las variedades mas partenocárpicas son *Cónsul* y *Cavili*.



**Figura 30:** Producción tardía de las distintas variedades de calabacín durante las tres últimas semanas del ensayo. Las barras de error indican la desviación estándar entre las tres repeticiones del ensayo.

Como se puede observar en la **Figura 31** la variedad más productiva fue *Cónsul*, seguida de *Sinatra* y *Cavili*. Como era de esperar, las variedades locales fueron las menos productivas bajo las condiciones de nuestro ensayo, cabe destacar la variedad local *MU-CU-16*, con una producción aproximada de 4kg/m<sup>2</sup>, el resto alcanzaron una producción que oscila en 2kg/m<sup>2</sup>, entre ellas vemos como la variedad *Natura* ha tenido un comportamiento similar al del resto de variedades locales.

Todos estos resultados demuestran que, bajo las condiciones de cultivo ensayadas en la campaña de primavera-verano, las variedades que mostraron mayor nivel de partenocarpia fueron *Cónsul*, *Cavili* y *Sinatra*.

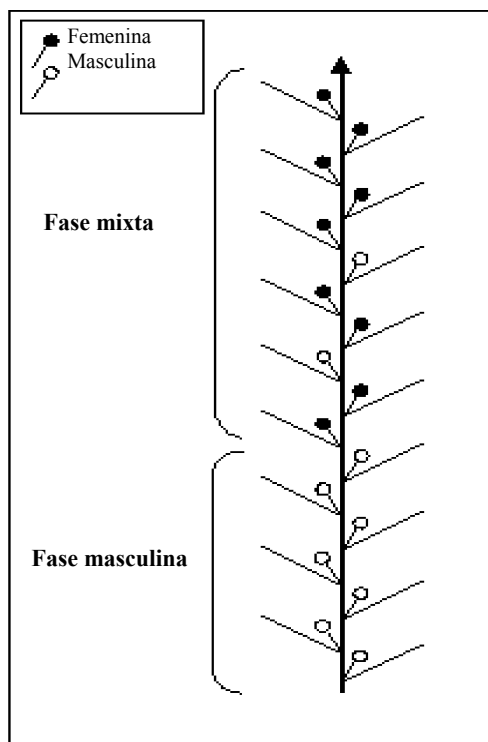


**Figura 31:** Producción total acumulada de las distintas variedades de calabacín durante las cinco semanas del ensayo. Las barras de error indican la desviación estándar del muestreo tomado de las tres repeticiones.

### 4.3 Expresión sexual de calabacín.

#### 4.3.1 Expresión sexual de variedades comerciales y locales de calabacín.

La mayoría de las variedades cultivadas de calabacín son monoicas, por lo que en una misma planta coexisten flores femeninas y masculinas. En su desarrollo se pueden distinguir dos fases: una primera fase donde las flores que se producen son masculinas, y su duración determina la precocidad del cultivo; y una segunda fase que comienza con el desarrollo de la primera flor femenina y se caracteriza por una alternancia de flores femeninas y masculinas. Peñaranda, (2007).



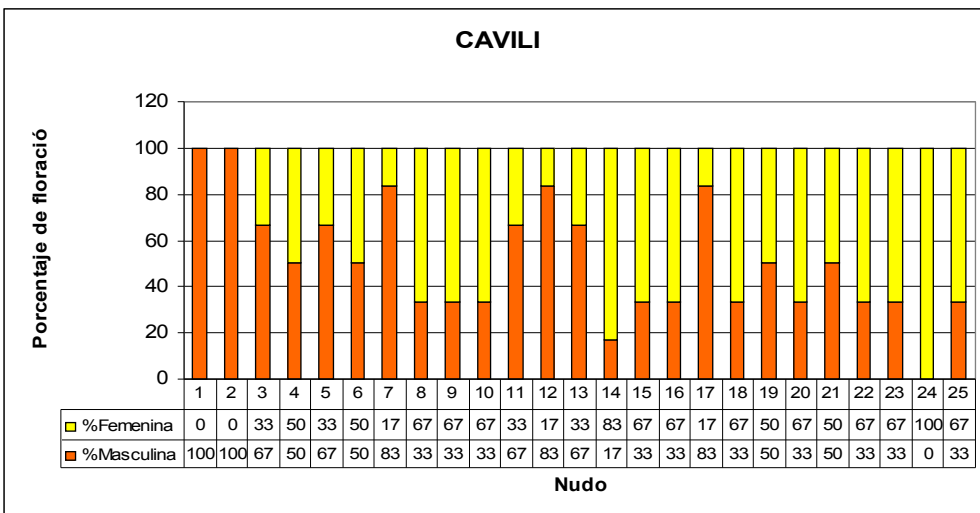
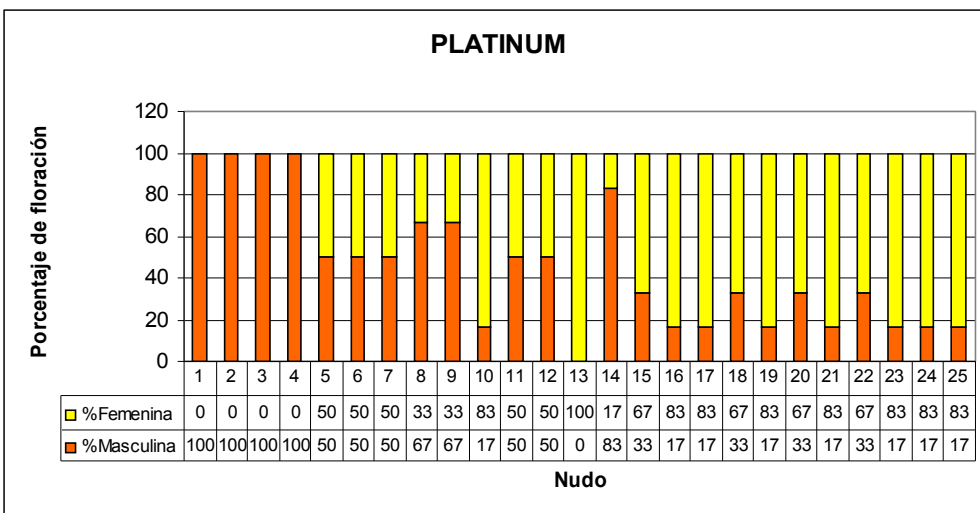
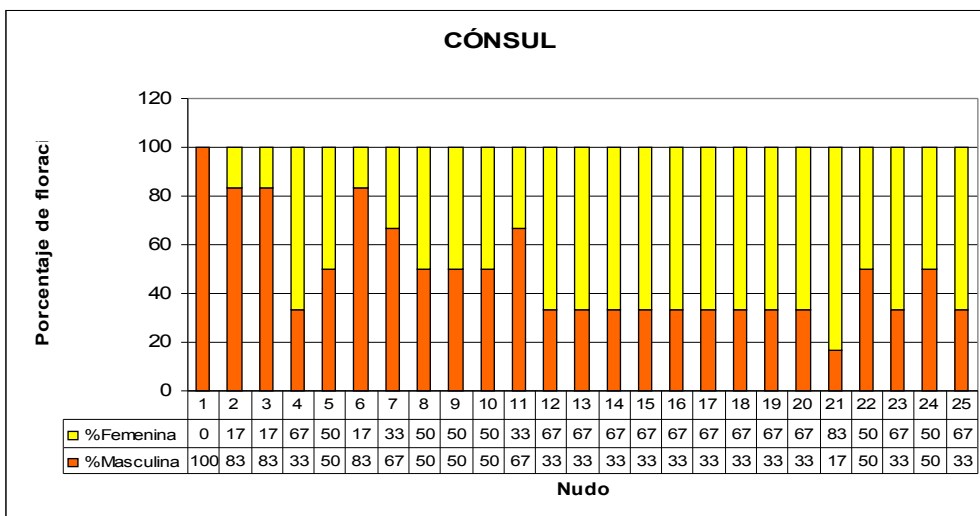
**Figura 32:** Diagrama de una planta monoica de calabacín.

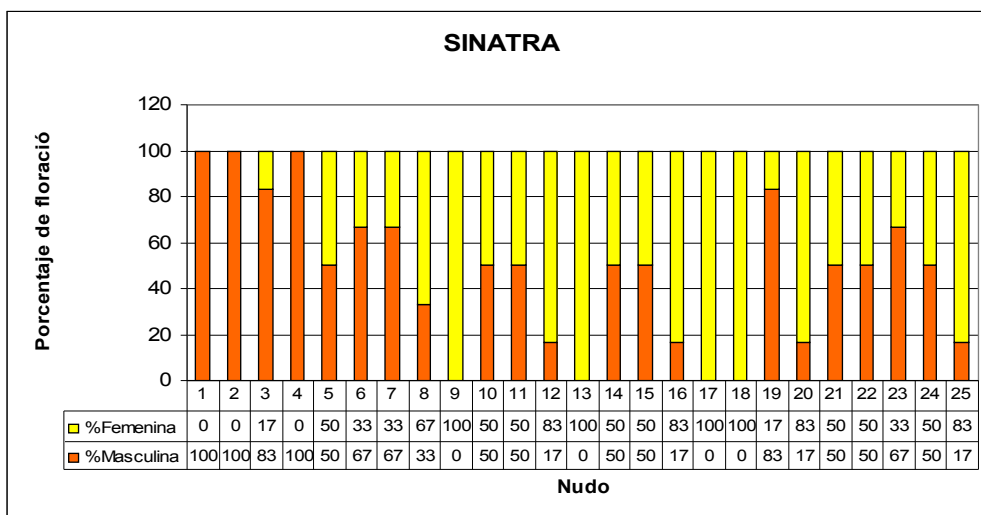
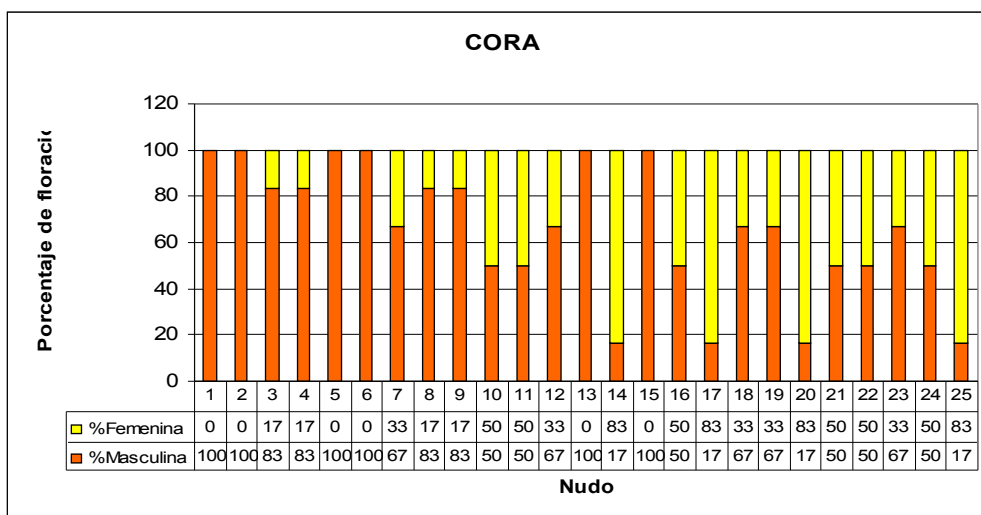
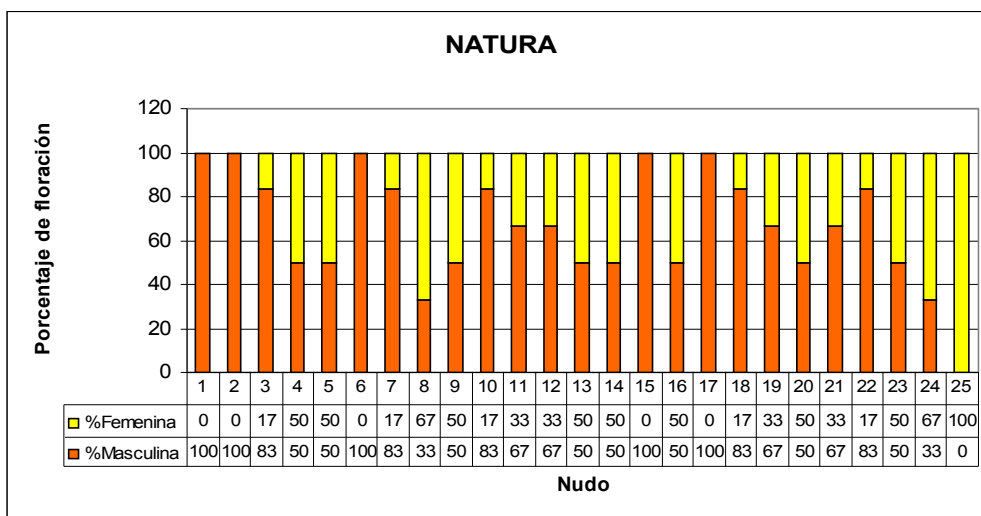
La expresión sexual de estas flores se ve afectada por la interacción de la base genética de la planta, del ambiente y de las respuestas hormonales. Los factores ambientales más importantes son la temperatura y la longitud del día, provocando en general, que los días largos con elevadas temperaturas se desarrollen flores masculinas, y por el contrario que en días cortos con bajas temperaturas se desarrollen flores femeninas. Peñaranda, (2007).

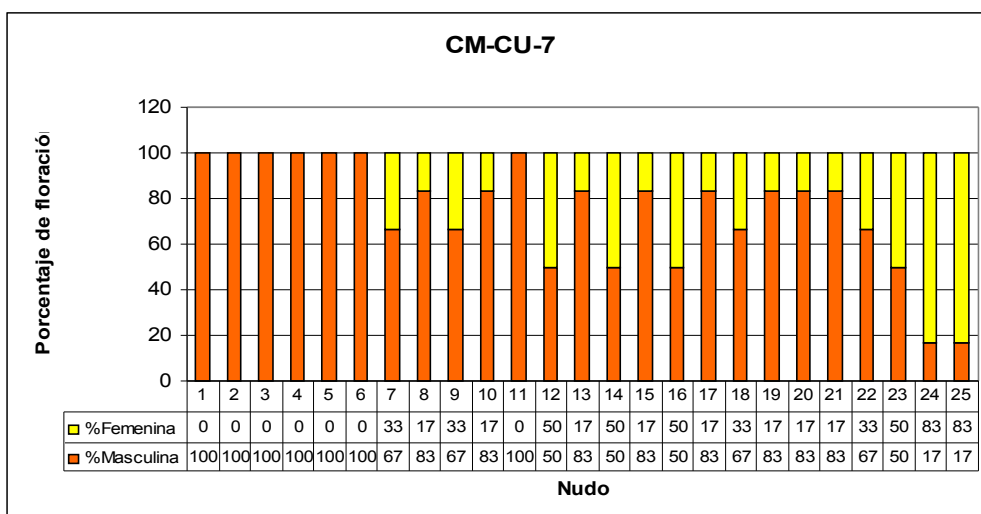
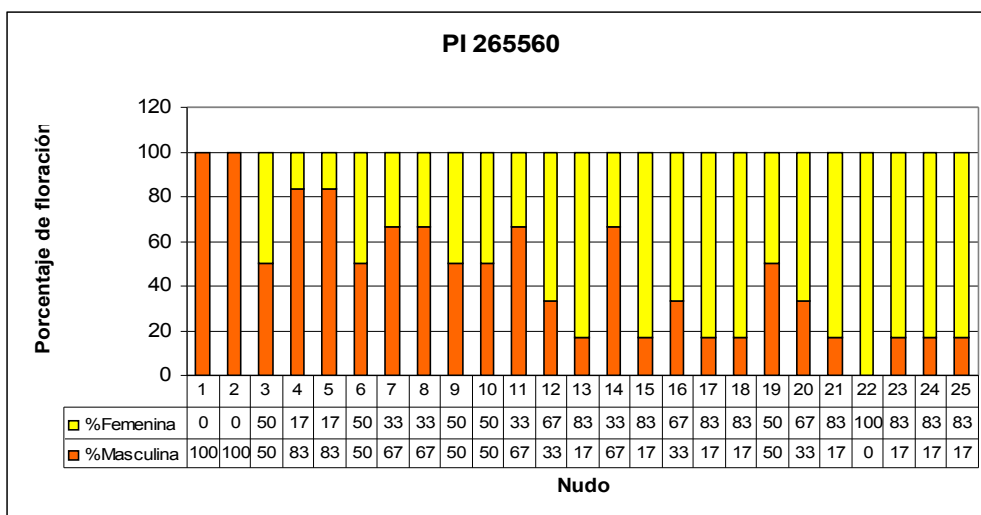
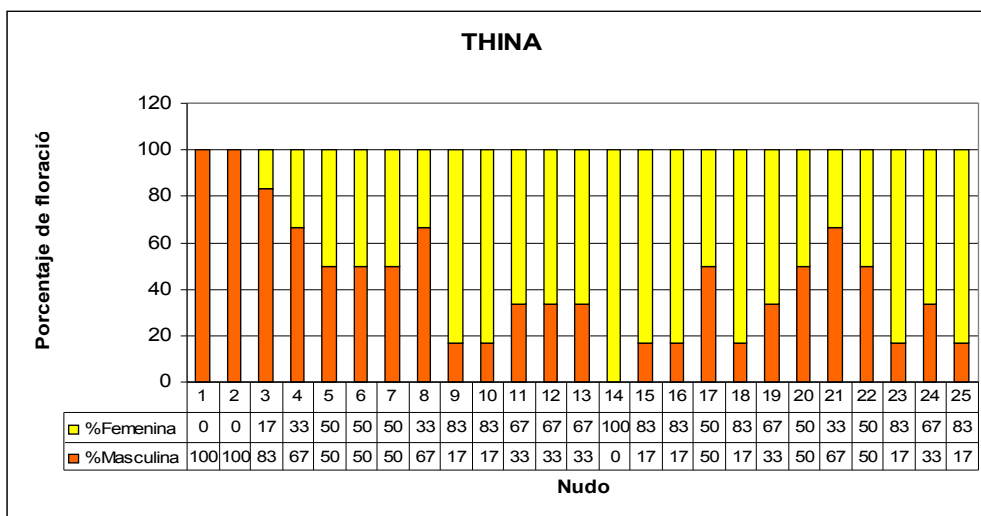
En esta fase se han controlado el número de flores femeninas y masculinas hasta el nudo 25, sobre un total de 6 plantas por variedad, haciendo una selección al azar de plantas entre los distintos sectores, de tal manera que de todas tuviésemos datos hasta el nudo 25 y la selección al azar se hizo debido a que no en todos los sectores disponíamos de un total de 6 plantas.

La **Figura 33** muestra la expresión sexual de las diferentes variedades de calabacín, donde se representa el número de nudos y el porcentaje de floración femenina que hay en cada nudo. En los nudos más bajos cabe destacar la presencia de un mayor número de flores masculinas, sobre todo en las variedades locales, en las que la entrada en producción se retrasa hasta el nudo 6-7, destacamos dentro de las variedades locales la variedad *PI 265560*, donde la aparición de la primera flor femenina comienza en el nudo 3. Por el contrario, las variedades comerciales comienzan la entrada en producción a partir de los nudos 2-3, excepto en la variedad *Platinum* que comienza la floración femenina a partir del nudo 5. Estos resultados demuestran que las variedades locales son menos productivas como vimos anteriormente, que las variedades comerciales, puede deberse a que el ensayo se realizó en primavera, con condiciones de alta temperatura y días largos, lo cual promueve el desarrollo de flores masculinas ( Rudich et al, 1972;; Wien , 1997).









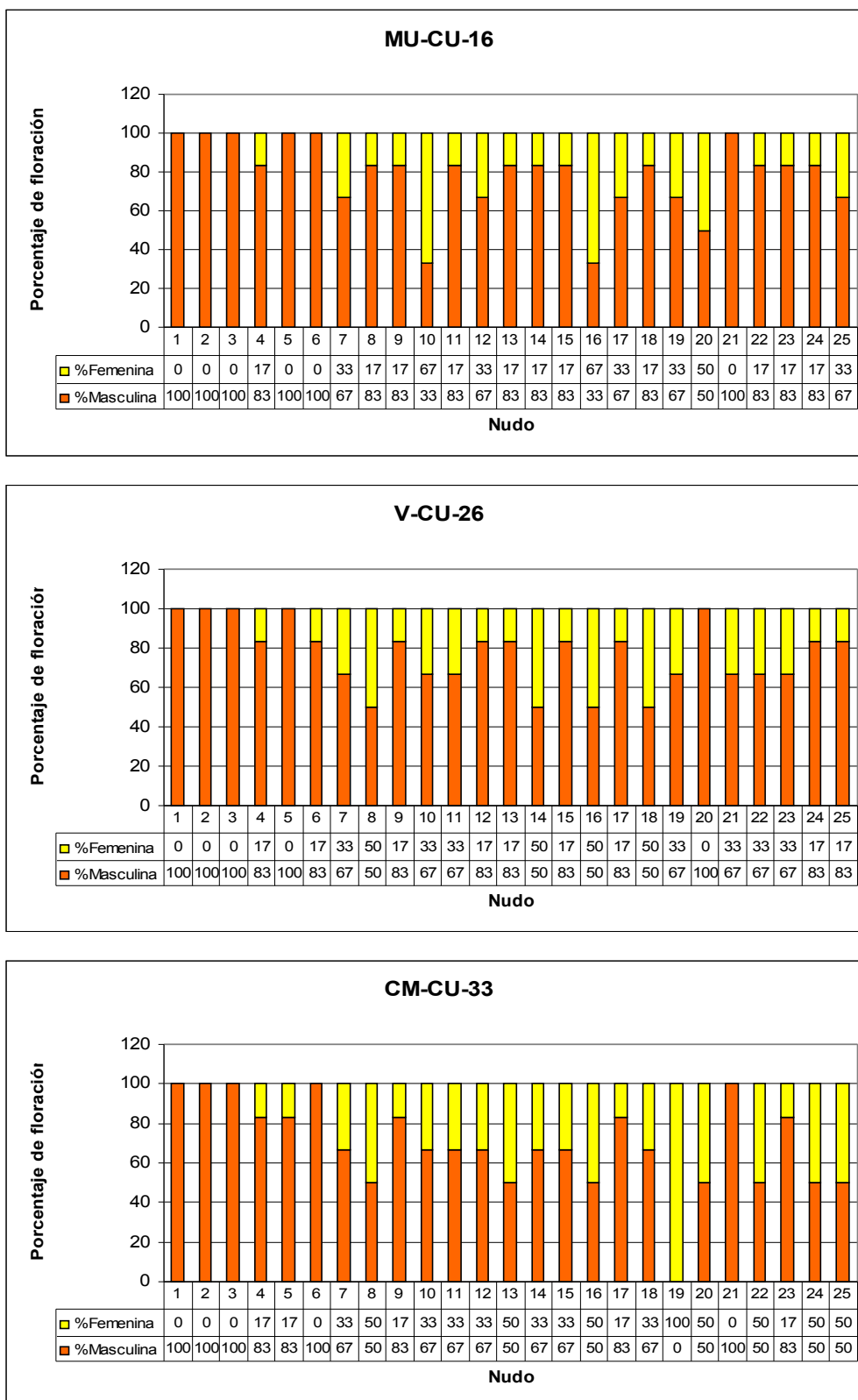


Figura 33: Distribución de las flores masculinas y femeninas sobre el tallo principal de plantas de diferentes variedades de calabacín.

### **4.3.2 Porcentaje de flores femeninas en las distintas variedades de calabacín.**

Este análisis se ha hecho contando el número de flores femeninas por planta, estudiada como el número de flores femeninas en los primeros 25 nudos de la planta, sobre un total de 6 plantas por variedad.

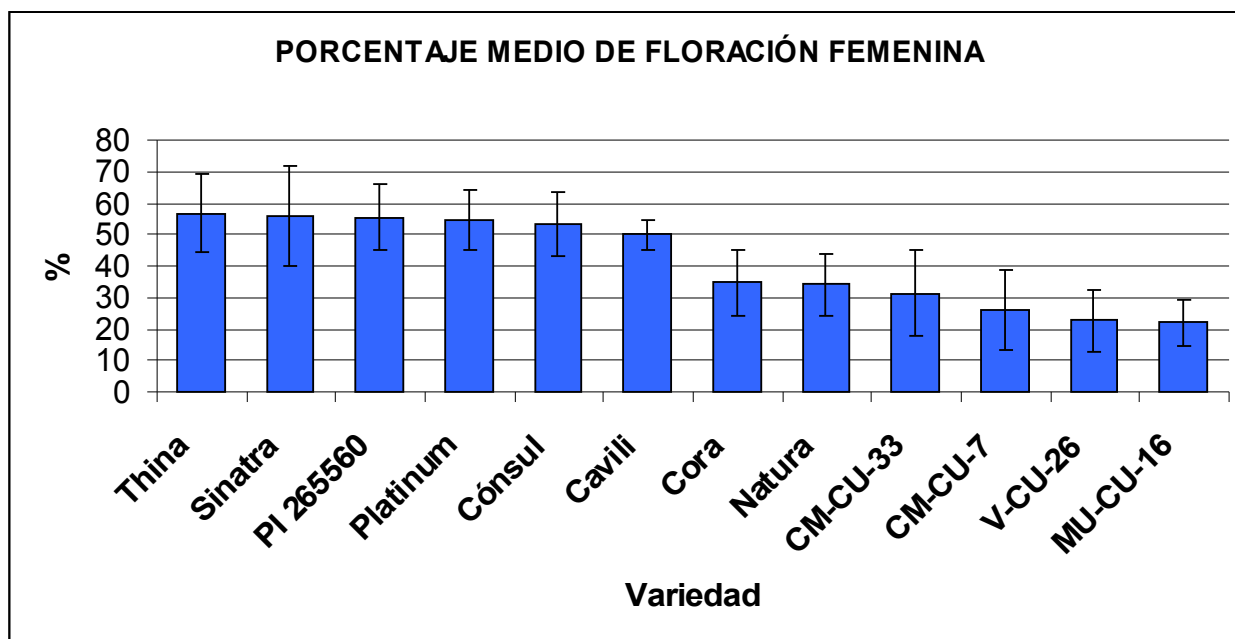
Los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de floración femenina y masculina se muestra en la **Figura 34** y en la **Tabla 8**, donde podemos ver como existen diferencias significativas entre las variedades comerciales *Cónsul*, *Platinum*, *Cavili*, *Sinatra* y *Thina*, que tienen por encima del 50% de floración femenina, mientras que el resto de variedades se quedan por debajo del 30%. Dentro de las variedades locales, destacamos la variedad *PI 265560* con mas del 50% de floración femenina. A pesar de ser una variedad no comercial, fué la menos productiva, esto es debido a que bajo las condiciones de nuestro ensayo, en esta variedad se produjeron un mayor número de abortos florales.

El etileno juega un papel fundamental en cuanto a la aparición de flores femeninas y masculinas, de tal modo que, en plantas con alta concentración de etileno se produce un aumento en la floración femenina, y en el caso de que haya una baja concentración de etileno, se induce un mayor número de flores masculinas para el caso del calabacín. Estos resultados coincidirían con los obtenidos por Robinson et al. (1999), Rudich et al. (1990) y Manzano et al. (2008, 2010), que demuestran en sus trabajos que existe una relación directa entre el número de flores femeninas por planta y la concentración de etileno para las distintas especies de cucurbitáceas como el melón, sandía y calabacín.

**Tabla 8:** Porcentaje de flor femenina en las diferentes variedades de calabacín.

Variedad	Floración femenina(%)
THINA	56,66 ± 12,24 c
SINATRA	56,00 ± 15,79 c
PI 265560	55,33 ± 10,55 c
PLATINUM	54,66 ± 9,35 c
CÓNSUL	53,33 ± 10,32 c
CAVILI	50,00 ± 4,89 c
CORA	34,66 ± 10,32 b
NATURA	34,00 ± 9,71 ab
CM-CU-33	31,33 ± 13,72 ab
CM-CU-7	26,00 ± 12,58 ab
V-CU-26	22,66 ± 10,01 ab
MU-CU-16	22,00 ± 7,48 a

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las variedades. ( $p < 0,05$ ).



**Figura 34:** Comparación del porcentaje de floración femenina entre las diferentes variedades de calabacín. Las barras de error indican la desviación estándar.

### 4.3.3 Precocidad de la floración femenina.

Una vez que aparece la primera flor femenina, la siguiente etapa del desarrollo de calabacín es una fase mixta en la que se alternan flores femeninas y masculinas a lo largo de los distintos nudos.

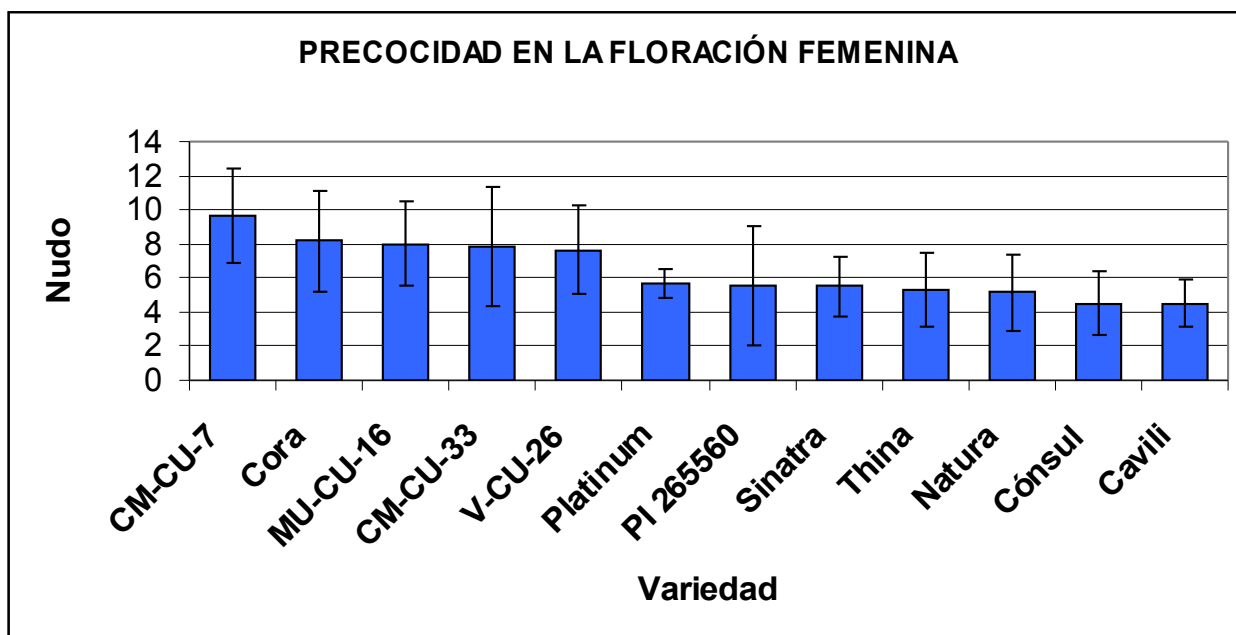
En este apartado analizaremos la precocidad; es decir, la posición que ocupa la primera flor femenina en cada una de las plantas que hemos seleccionado. Como se muestra en la **Figura 37** y en la **Tabla 9**, las variedades más precoces en cuanto a la aparición de las primeras flores femeninas han sido las variedades comerciales *Cónsul* y *Cavili*, que comienzan la aparición de las primeras flores femeninas a partir de los nudos 4 y 5. Las menos precoces han sido todas las variedades locales, comenzando a partir del nudo 5 la aparición de la primera flor femenina, aunque como en los demás apartados destacamos la variedad *PI 265560*, que se mantiene dentro del grupo de las variedades comerciales, siendo más precoz que el resto de locales.

Probablemente en estos casos la masculinización de las flores esté influenciada en mayor medida por las condiciones climáticas, tal y como indican los trabajos de Rylski (1974) y Wien (1997) que habían observado que las altas temperaturas y los días largos promueven la producción de flores masculinas en *C.pepo*.

**Tabla 9:** Precocidad de la floración femenina en diferentes variedades de calabacín.

Variedad	Primera flor femenina
CM-CU-7	9,66 ± 2,80 d
CORA	8,16 ± 3,06 bc
MU-CU-16	8,00 ± 2,44 bcd
CM-CU-33	7,83 ± 3,54 bcd
V-CU-26	7,66 ± 2,58 bcd
PLATINUM	5,66 ± 0,81 abc
PI 265560	5,5 ± 3,50 abc
SINATRA	5,5 ± 1,76 abc
THINA	5,33 ± 2,16 abc
NATURA	5,16 ± 2,22 ab
CÓNSUL	4,5 ± 1,87 a
CAVILI	4,5 ± 1,37 a

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las variedades. ( $p < 0,05$ ).



**Figura 35:** Comparación de la precocidad sobre la floración femenina en diferentes variedades de calabacín. Las barras de error indican la desviación estándar.



## **4. Conclusiones**

**PRIMERA.-** Los frutos que experimentaron mayor pérdida de peso durante su conservación postcosecha tanto a temperatura ambiente como a 4°C fueron los de la variedad Sinatra. Por otro lado, los frutos que sufrieron menos pérdida de peso fueron los de las variedades V-CU-26 y PI 265560, cuando se conservaron durante 7 y 14 días a temperatura ambiente y a 4°C.

**SEGUNDA.-** Bajo las condiciones de Agricultura Ecológica de nuestro ensayo la ausencia de polinización y tratamientos hormonales hicieron que los frutos perdieran calidad ya que todos ellos se desarrollaron de manera partenocárpica, siendo las variedades Cónsul y Cavili las que mostraron frutos partenocárpicos de mayor calidad.

**TERCERA.-** La variedad más precoz en cuanto a entrada en producción fué Cavili, con unos 1,5kg/m<sup>2</sup>. En producción tardía destacó la variedad Cónsul con aproximadamente 3,5kg/m<sup>2</sup>. Las variedades más productivas bajo nuestro ensayo fueron Cónsul, Cavili y Sinatra, rondando los 4kg/m<sup>2</sup> de producción.

**CUARTA.-** En cuanto a las variedades con mayor número de flores femeninas, destacamos todas las variedades comerciales y la variedad local PI 265560, con un porcentaje de floración femenina por encima del 30%. El resto de las variedades locales tuvieron por debajo del 30% de floración femenina.

## **5. Bibliografía**

- Alpi, A., Tognoni, F. (1987). Cultivo en invernadero. Mundi-Prensa.
- Atsmon, D. y Tabbak, C. (1979). Comparative effects of gibberellins, silver nitrate and aminoethoxyvinyl glycine on sexual tendency and ethylene evolution in cucumber plant (*Cucumis sativus* L.). *Plant Cell Physiology* 20 1547-1555.
- Balandrán-Quintana, R.R, Mendoza-Wilson, A.M.; Gardea-Béjar, A.A., Vargas- Arispuro, I, Martínez-Téllez, M.A. (2003). Irreversibility of chilling injury in zucchini squash (*Cucubita pepo* L) could be a programmed event long before the visible symptoms are evident. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 307:553-557.
- 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.
- Butenko, M.A., Patterson, S.E., Grini P.E., Stenvik, G.E., Mandal, A.A., and Aalen, R.B. (2003). *INFLORESCENCE DEFICIENT IN ABSCISSION* controls floral organ abscission in *Arabidopsis* and identifies a novel family of putative ligands in plants. *Plant Cell* 15: 2296-2307.
- Cady S.W., Wien H.C. (1994). Pollination and fruitset patterns of field grown pumpkins. *Hortiscience* 29:473.
- Camacho, F. (2002). Material didáctico de Horticultura Intensiva- 3ª 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. (2011). Differential response of zucchini varieties to low storage temperature.
- Decker D.S. (1988). Origin(s), evolution, and systematics of *Cucurbita pepo* (*Cucurbitaceae*). *Economic Botany* 42: 4-15.
- Deckers-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*) and 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.
- Elassar, G., Rudich, J. and Kedar, N. (1974). Partenocarpic fruit development in muskmelon induced by growth regulators. *Hortscience* 9:17-30.
- Fernandez DE, Heck GR, Perry SE, Patterson SE, Bleecker AB, Fang S-C. (2000). The embryo MADS domain factor AGL15 acts postembryonically: inhibition of perianth senescence and abscission via constitutive expression. *Plant Cell* 12:183-197.
- Fernández, R. (2005). Partenocarpia en calabacín: comparación del desarrollo temprano del fruto en diferentes variedades híbridas. Proyecto fin de carrera, Ingeniero técnico agrícola. Universidad de Almería.
- Field, R.J. (1990). Influence of chilling stress on ethylene production. En: C.Y. Wang (Ed), *Chilling injury of horticultural crops*, CRC Press, Boca Raton F.L.
- 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., Cárcelos, 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.
- González-Carranza, Z.H., Loyola-Gloria, E., Roberts, J.A. (1998). Recent developments in abscission: Shedding light on the shedding process. *Trends Plant Sci.* 3:10-14.
- 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).
- Jeffrey, C. 1990. Systematics of de cucurbitaceae: an overview. En Bates, D.M., Robinson, R.W. y Jeffrey, C. (eds.). *Biology y Utilization of the Cucurbitaceae.* Cornell University Press, Ithaca, New York. pp. 449-463
- Kader A.A. (1992). "Postharvest technology of horticultural crops. 3ª ed. University of California.
- 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.

- genes in *Cucurbita pepo*: regulation of their expression during male and female flower development. *Sex Plant Reprod*, DOI 10.1007/s00497-010-0140.
- Maroto Borrego, J. V ., 2000. Elementos de Horticultura General. Mundiprensa pp. 424.
- Mejías, Z. (2012). Producción de etileno y expresión de genes ACS y ACO en respuesta a la frigoconservación del calabacín.
- 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 McDonals 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.
- Paris H.S., Janick J. 2005. Early evidence for the culinary use of squash flowers in Italy. *Chronica Horticulturae* 45(2), 20-21.
- Paris H.S., Yonash N., Portnoy V., Mozes-Daube N., Tzuri G., Katzir N. 2003. Assessment of genetic relationships in *Cucurbita pepo* (*Cucurbitaceae*) using DNA markers. *Theor. Appl. Genet.* 106, 971-978.
- Payán, C., Peñaranda, A., Gómez, P., Sánchez, C., Fernández, R., JAMILENA, M., (2005). La inhibición del etileno promueve la masculinización y el retraso en la abscisión floral en calabacín (*Cucurbita pepo*). *Actas portuguesas de Horticultura Volumen 4: Melhoramento, recursos genéticos e biotecnología Pos- colheita e qualidade.* pp: 158-164.
- Peñaranda (2010). Estudio de la maduración floral y la calidad del fruto en calabacín (*Cucurbita pepo*): implicación de los receptores de etileno. Tesis doctoral. Universidad de Almería.

- Peñaranda A., Payán C., Garrido D., Gómez P. y Jamilena M. (2007). The production of fruits with attached flowers in zucchini squash is correlated with the arrest of female flower maturation. *J Hortic Sci Biotechnol.* 82: 579-584.
- 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.
- Puertas Martín, B. (2009). Partenocarpia en calabacín: comparación del desarrollo temprano en frutos de diferentes variedades comerciales y locales.
- Quesada, M., y Valpuesta, V. (2000). Juvenilidad, senescencia e incisión. En: fundamentos de Fisiología Vegetal. Azcón-Bieto, J. y Talón, M (eds). McGraw-Hill Interamericana, Ediciones Universat Barcelona, pp. 451-464.
- Randel R. y Rhodes R. (1980). The effect of dietary monensin on the luteiniz hormone response of prepuberal heifers given a multiple gonadotropin releasing hormone challenge. *J. Anim. Sci.*, 51: 925-931.
- Reche, J. (1997). Cultivo de calabacín en invernadero. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería.
- Robinson R.W. (1993). Genetic parthenocopy in *Cucurbita pepo* L. *Cucurbit Genet.Coop. Rpt.* 16: 55-57.
- Robinson RW y Reiners S. (1999). Parthenocarp in summer squash. *Hortscience* 34:715-717.
- Rosales R, Jamilena M, Gómez P, y Garrido D. (2009). Hormonal control of floral abscission in zucchini squash (*Cucurbita pepo*). *Plant Growth Regul* 58:1-14.
- Rubio, A. Efecto de las auxinas sintéticas sobre la producción de etileno y la postcosecha en las diferentes variedades de calabacín. Proyecto fin de carrera, Ingeniero técnico agrícola, Universidad de Almería.
- Rudich, J. (1990). Biochemical aspects of hormonal regulation of sex expression in cucurbits. In: Bates, D.M., Robinson, R. and Jeffrey, C. eds *Biology and utilization as Cucurbitaceae*. Cornell University Press, Ithaca, pp. 269-280.
- Rudich, J., Halevy, A.H. y Kedar, N. (1972). Ethylene evolution from cucumber plants as related to sex expression. *Plant Physiology* 49: 998-999.
- Ruiz, A. (2013). Partenocarpia, calidad postcosecha y producción de etileno en calabacín. Proyecto fin de carrera, Ingeniero Técnico Agrícola. Universidad de Almería.
- Rylski, I. (1974). Effects of season on parthenocarpic and fertilized summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Experimental Agriculture* 10: 39-44.

- Salveit Jr. M.E., Morris L.L. (1990). "Overview on chilling injury of horticultural crops". En "Chilling injury of Horticultural Crops" Ed. C.Y. Wang. CRC Press, Boca Raton, Fla. Ca., 1:3-16
- 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.
- 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 temperatura on the floewing pollen tube growth in the watermelon (*Citrullus lanatus*). *Annals of Botany* 42: 609-616.
- Shewfelt R. L. (1990). Quality of fruits and vegetables". *Foods technology.*, 44: 99-106.
- Sinnot, E.W. (1939). A developmental analysis of the relation between cell size and fruit size in cucurbits. *American Journal of Botany* 26: 179-189.
- Sois A. (1980). Prove di conservazione a breve termine di zuchine. Istituto Sperimentale per la Valorizzazione Techologica 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.
- Takeo, K and Ise, H. (1992). Partenocarpic fruit set and endogenous indole-3-acetic acid content in the ovary of *Cucumis sativus L*. *Journal of the Japanese Society of the Horticultural Science* 60: 941-946.
- 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.
- Wong, C.Y. (1941). Chemically induced parthenocarpy in certain horticultural plants with special references to watermelon. Botanical Gazette 103: 64-84.

## **WEBGRAFÍA**

[http://www.infoagro.com/agricultura\\_ecologica/polinización;abejas.asp](http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/polinización;abejas.asp)

<http://www.infoagro.com/hortalizas/calabacin.htm> El cultivo del calabacín.

<http://www.es/variados/biología/Temas%20PDF/Cucurbit%C3%A1ceas.pdf>

<http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/obsprecios/servlet/FrontController?>

[action=DownloadS&table=30080&element=68731&field=DOCUMENTO](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/obsprecios/servlet/FrontController?action=DownloadS&table=30080&element=68731&field=DOCUMENTO). Valoración de la campaña hortícola almeriense 2009-2010.

<http://www.plant-picture.com>

<http://www.pumpkinpatch.es>

[http://www.uc.cl/sw\\_educ/hortalizas](http://www.uc.cl/sw_educ/hortalizas)