



**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA**

**INGENIERO AGRÓNOMO (PLAN 2003)**  
**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**EFEECTO DE LOS TRATAMIENTOS HORMONALES CON  
ETILENO SOBRE LA INCIDENCIA DE FLOR PEGADA Y  
OTROS PARAMETROS DE CALIDAD EN CALABACÍN**

**ALUMNO: ISAÍAS GARCÍA GÁMEZ**

**DIRECTOR:**

**DR. MANUEL JAMILENA QUESADA.**

**JUNIO DE 2012**



*A mis padres Juan y Consuelo, mi hermana Mari Carmen y mi  
hermano Juan.*

*A Pilar por cambiarme la vida.*

*A Manuel Jamilena por su paciencia y ayuda en la elaboración de  
este Proyecto Fin de Carrera.*

*A todas aquellas personas que a lo largo de mi vida académica y  
profesional me han hecho mejor persona*

## **ÍNDICE GENERAL**

<b>1. <u>INTERES Y OBJETIVOS</u></b>	
<b>1.1. Importancia del cultivo del calabacín.</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Interés del proyecto</b>	<b>7</b>
<b>1.3. Objetivos del proyecto</b>	<b>8</b>
<b>2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u></b>	
<b>2.1. El calabacín</b>	<b>10</b>
2.1.1. Introducción	10
2.1.2. Origen del calabacín	11
2.1.3. Descripción botánica	11
2.1.4. Principales morfotipos de <i>cucúrbita pepo</i>	17
2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos.	20
<b>2.2. Floración de <i>cucúrbita pepo</i>.</b>	<b>24</b>
2.2.1. Diferenciación floral y control del sexo	24
2.2.2. Abscisión floral	27
2.2.3. Condiciones ambientales que regulan la floración	30
<b>2.3. Fructificación de <i>cucúrbita pepo</i>.</b>	<b>31</b>
2.3.1. Factores que influyen en el cuajado del calabacín	31
<b>2.4. Síndrome de flor pegada en calabacín: factores que regulan su incidencia.</b>	<b>37</b>
<b>2.5. Etileno y sus efectos</b>	<b>40</b>
2.5.1. Efectos fisiológicos del etileno	40
2.5.2. El etileno y su interacción en la expresión sexual de <i>cucúrbita pepo</i>	43
2.5.3. Desarrollo del fruto (partenocarpia)	47
2.5.4. Abscisión floral	48
<b>3. <u>MATERIAL Y METODOS</u></b>	
<b>3.1. Emplazamiento del ensayo</b>	<b>53</b>
<b>3.2. Características del invernadero</b>	<b>54</b>
3.2.1. Estructura	55
3.2.2. Orientación	56
3.2.3. Ventilación	56
3.2.4. Suelo	57
<b>3.3. Sistema de riego</b>	<b>59</b>
3.3.1. Cabezal de riego	59
3.3.2. Red de distribución	60
3.3.3. Plan de riego	61
<b>3.4. Material vegetal</b>	<b>61</b>

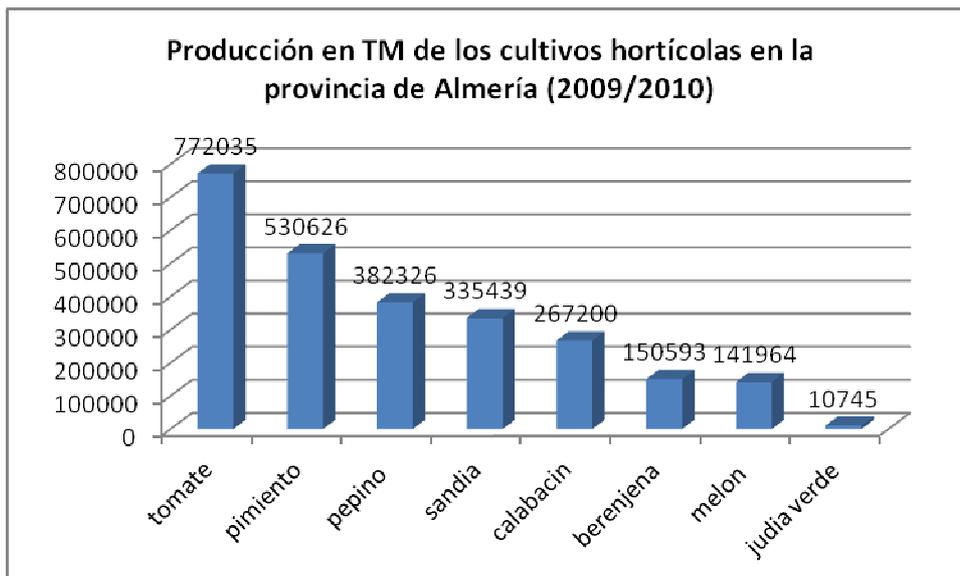
<b>3.5. Técnicas de cultivo</b>	<b>63</b>
3.5.1. Ciclo de cultivo	63
3.5.2. Marco de plantación	64
3.5.3. Pregerminación de semillas	65
3.5.4. Siembra	66
3.5.5. Entutorado	67
3.5.6. Poda	68
3.5.7. Plagas	68
3.5.8. Enfermedades	69
3.5.9. Fisiopatías	70
3.5.10. Introducción de insectos auxiliares	71
<b>3.6. Diseño experimental</b>	<b>73</b>
3.6.1. Caracterización del ensayo	73
3.6.2. Realización de los tratamientos	75
3.6.3. Toma de datos	81
<b>3.7. Análisis estadístico</b>	<b>84</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. Efecto del etileno sobre la expresión sexual del calabacín</b>	<b>86</b>
4.1.1. Distribución de flores masculinas, femeninas y abortos florales	87
4.1.2. Precocidad en la floración femenina	90
4.1.3. Flores femeninas por planta	91
<b>4.2. Efecto del etileno sobre el tamaño de los entrenudos</b>	<b>93</b>
<b>4.3. Efecto del etileno sobre aparición de frutos con flor pegada</b>	<b>94</b>
4.3.1. Porcentaje de flor pegada total	97
4.3.2. Porcentaje de flor pegada que llega a antesis	99
4.3.3. Porcentaje de flor pegada que no alcanza la antesis	101
<b>4.4. Efecto de los tratamientos con etileno, avg y sts sobre la calidad del fruto de las variedades <i>cora</i> y <i>cavili</i>.</b>	<b>105</b>
4.4.1. Porcentaje de frutos rectos	105
4.4.2. Porcentaje de frutos curvados	107
4.4.3. Porcentaje de frutos “chupados”	109
4.4.4. Frutos con ovario supero	111
<b>4.5. Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de los frutos</b>	<b>115</b>
4.5.1. Tasa de crecimiento longitudinal	115
4.5.2. Tasa de crecimiento transversal	117
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>119</b>
<b><u>ANEXO I: INDICE DE TABLAS</u></b>	
<b><u>ANEXOII: INDICE DE FIGURAS</u></b>	

## **1. INTERÉS Y OBJETIVOS.**

### **1.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE CALABACÍN.**

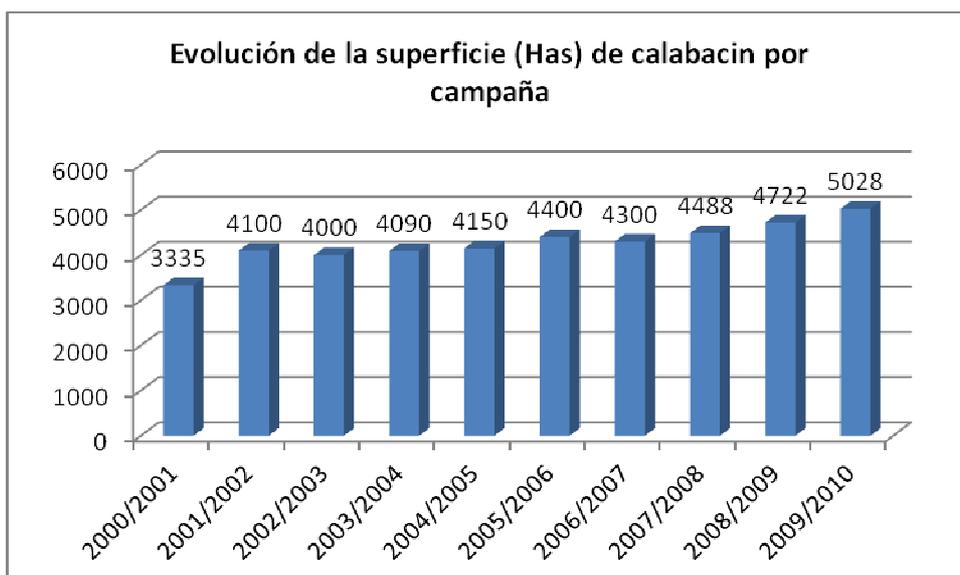
Ya en la década de los sesenta se cultivaba calabacín en los enarenados al aire libre en la provincia de Almería, aunque su presencia era casi testimonial con respecto a otros cultivos. La producción era bastante estable (80-100 has), sufriendo muy pocas variaciones en el periodo que va desde el año 1967 al 1976. A partir de 1977 experimentó un progresivo aumento hasta el año 1986, pasando a cultivarse de 500 has en 1977 a casi 1000 has en 1986; consecuencia, principalmente, de la intensificación de este cultivo en invernadero. Fue en 1987 cuando casi se duplica la producción de este cultivo con respecto al anterior, alcanzándose una superficie de cultivo de 1800 has. Ello fue debido a los altos rendimientos obtenidos ( $65000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de media), así como los excelentes precios alcanzados (Delgado, 1999).

En la actualidad el calabacín es uno de los ocho principales cultivos hortícolas de la provincia de Almería, (Figura 1), supone el 10,31% de la producción total hortícola en la provincia, es el quinto cultivo en importancia después de tomate, pimiento, sandía y pepino.



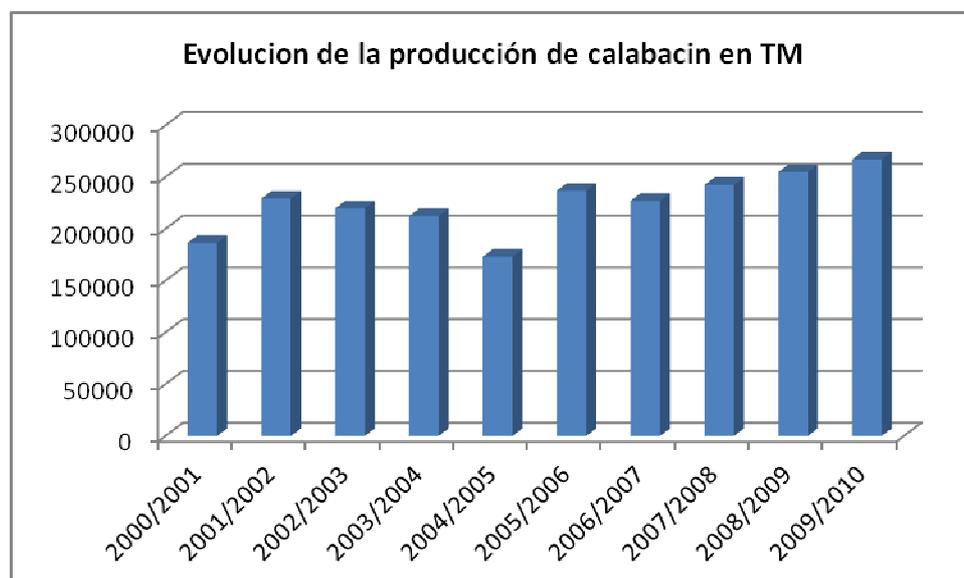
**Figura 1.** Producción en TM de los cultivos hortícolas en la provincia de Almería durante la campaña 2009/2010. (Anuario de la agricultura almeriense 2010)

El cultivo de calabacín ha experimentado un avance importante. De las alrededor de las 2.000 has que se cultivaban en la provincia de Almería a finales de la década de los 80, se han pasado a las más de 5.000 has en la campaña 2009/2010 (Figura 2).



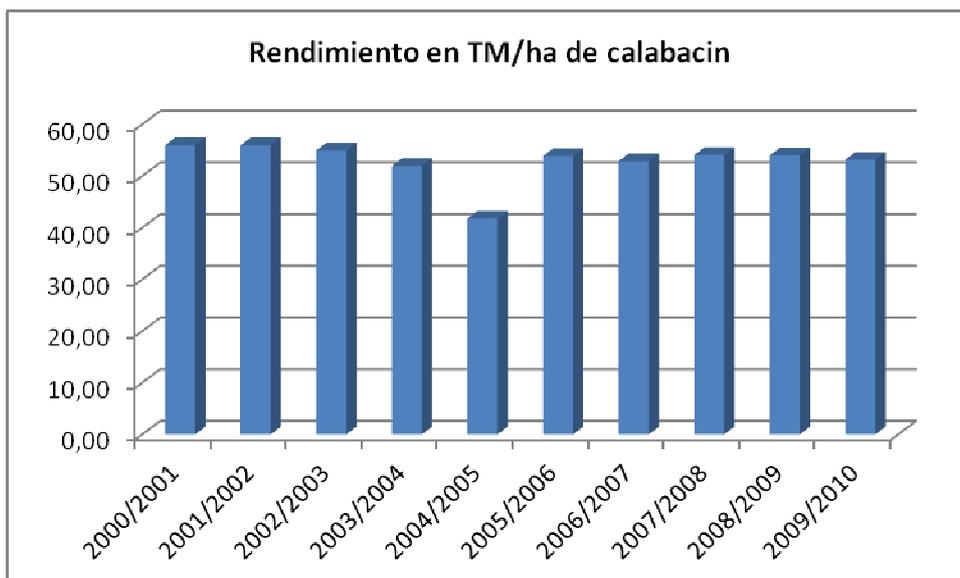
**Figura 2.** Evolución de la superficie destinada al cultivo de calabacín en la provincia de Almería (Anuario de la agricultura almeriense 2010).

La producción de calabacín en la provincia de Almería supone el 90% de la producción nacional. La producción a lo largo de los años ha ido experimentando una subida en concordancia con el aumento del número de Has cultivadas con esta hortaliza. En la campaña 2009/2010 se recolectaron 267200 toneladas de calabacín en la provincia, (Figura 3).



**Figura 3.** Evolución de la producción de calabacín en la provincia de Almería (Anuario de la agricultura almeriense 2010).

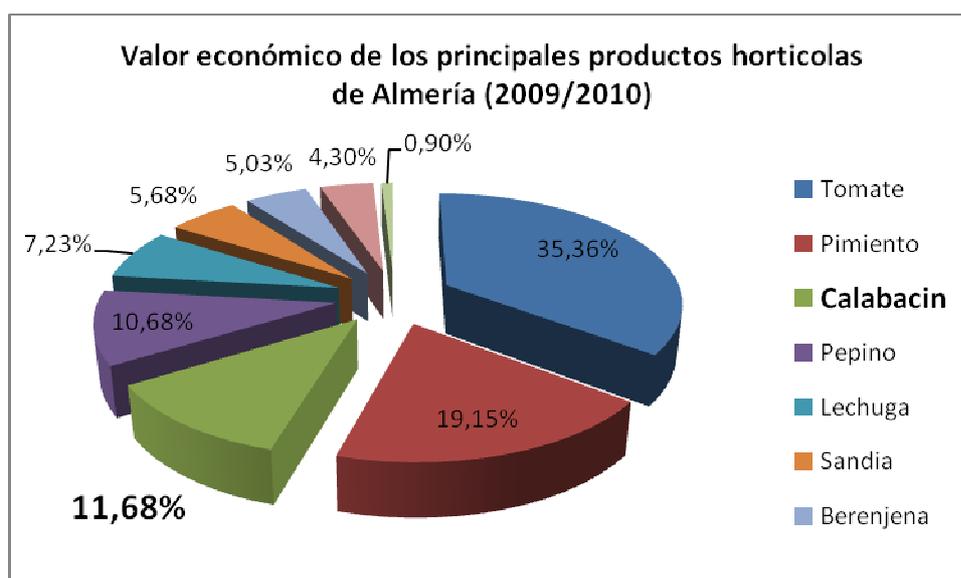
Los rendimientos netos obtenidos para el cultivo del calabacín han ido descendiendo desde mediados de los noventa, llegando a su punto más bajo en la campaña 2004/2005, en el que se consiguió llegar a las  $50,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Figura 4). En la campaña 2009/2010, esta tendencia bajista se ha recuperado, alcanzándose rendimientos de  $53,14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .



**Figura 4.** Evolución del rendimiento del cultivo de calabacín en la provincia de Almería (Junta de Andalucía).

En cuanto al valor de la producción, el cultivo de calabacín es bastante relevante en el sector hortícola almeriense, ya que es el tercer cultivo con mayor valor económico, sólo por detrás del tomate, pimiento, representando un 11,68% del valor total de la producción hortícola en la campaña 2009/2010.

(Figura 5).



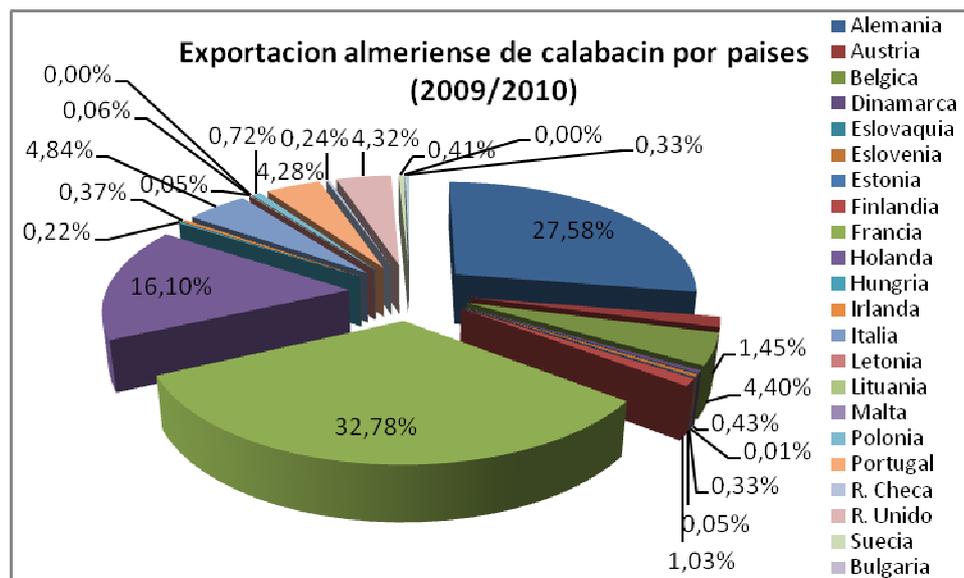
**Figura 5.** Valor económico de los principales cultivos hortícolas en la provincia de Almería en la campaña 2009/2010. (Anuario de la agricultura almeriense 2010).

El calabacín está entre los productos hortícolas almerienses que más se exportan por detrás del Tomate pimiento y pepino. Supone un 11,26% del total de las exportaciones almerienses en la campaña 2009/2010 (Figura 6).



**Figura 6.** Exportaciones de los principales productos hortícolas de Almería para la campaña 2009/2010. (Anuario de la agricultura almeriense 2010).

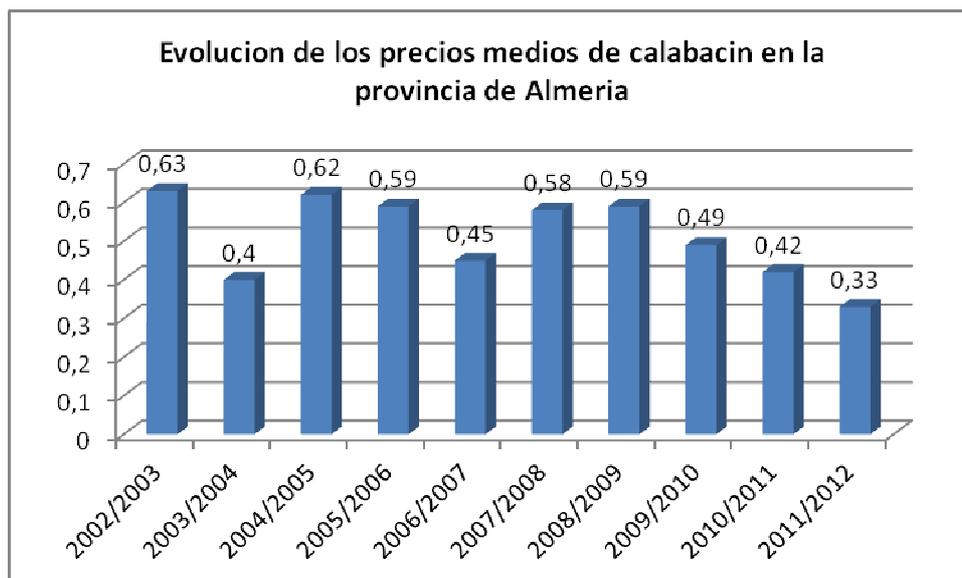
Los principales países receptores de las exportaciones almerienses de calabacín son Francia con un 32,78%, Alemania con un 27,58%, Holanda 16,10% el resto se reparte entre los demás países europeos. (Figura 7).



**Figura 7.** Exportación almeriense de calabacín de calabacín por países en la campaña 2009/2010. (Anuario de la agricultura almeriense 2010).

Los precios de las principales hortalizas, lejos de aumentar en cada temporada, tienen una tendencia a disminuir, salvo en contados casos. En el caso concreto del calabacín, se puede observar un descenso importante de los precios medios del cultivo (Figura 8).

Al final de otoño y principio de primavera, son las estaciones del año de mayor cotización, debido a que corresponden con la época de mayor demanda por parte de los países de la Unión Europea. A primeros de marzo, aparecen en el mercado frutos de otras zonas andaluzas compitiendo con el producto almeriense, lo que genera un exceso de oferta, repercutiendo en una disminución en el precio del producto.



**Figura 8.** Evolución de precios medios del cultivo en €/kg de calabacín en la provincia de Almería por campaña (Junta de Andalucía).

## 1.2. INTERÉS DEL PROYECTO.

La producción de calabacín en invernadero requiere de variedades en las que la abscisión floral sea rápida. Pero cuando la temperatura es muy elevada, muchas de las variedades que existen en el mercado tienden a sufrir un retraso en la abscisión floral, quedando la flor pegada al fruto ya cosechado. Este aspecto condiciona de forma negativa su comercialización, ya que disminuye su calidad, favorece su podredumbre y afecta a su conservación postcosecha.

Según trabajos anteriores, en condiciones de primavera verano se ve incrementado el porcentaje de flor pegada de distintas variedades, mostrando alto porcentaje incluso variedades consideradas partenocárpicas en las cuales la flor queda unida al fruto incluso después de su recolección. (Gómez y col., 2004a). El aumento de las temperaturas ambientales es uno de los factores que inducen la aparición de flor pegada en calabacín. Otro aspecto importante a destacar es que las flores que quedan pegadas al fruto muestran un proceso de

masculinización que se caracteriza por un crecimiento anómalo de estambres con distinto grado de desarrollo.

Las hormonas juegan un papel esencial en el control de la expresión sexual del calabacín y otras cucurbitáceo, muy especialmente el etileno. (Rudich et al., 1990). Estudios recientes relacionan directamente su disminución en la planta con un aumento en la incidencia de flor pegada en calabacines crecidos en condiciones de primavera-verano (Gómez et al., 2004). A excepción del etileno, sin embargo, se desconoce el efecto de otras hormonas y reguladores del crecimiento sobre la incidencia de flor pegada en esta cucurbitácea. Dada la interrelación entre diferentes hormonas en el control de diferentes procesos de desarrollo vegetal, sería de gran interés mejorar el conocimiento del efecto de etileno, tanto en exceso como en defecto, sobre la incidencia de flor pegada en calabacín para buscar tratamientos alternativos a los realizados por los agricultores que ofrezcan mejores resultados sobre la calidad del fruto e incidencia de flor pegada.

### **1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.**

Los objetivos del estudio son los siguientes.

- Evaluar el efecto de diversos tratamientos con etileno exógeno (Etefon), aminoethoxyvinylglycine (AVG) y el tiosulfato de plata (STS) sobre la incidencia de flor pegada en dos variedades comerciales de calabacín seleccionadas entre las existentes en el mercado por su mayor y menor incidencia de flor pegada en ciclos de cultivo de primavera-verano.
  
- Determinar el efecto de los tratamientos realizados con etileno exógeno (Etefon), aminoethoxyvinylglycine (AVG) y el tiosulfato de plata (STS) sobre

parámetros de calidad del fruto, crecimiento longitudinal, crecimiento transversal, y anomalías en su forma.

- Analizar el efecto de los tratamientos con etileno exógeno (Etefon), aminoethoxyvinylglycine (AVG) y el tiosulfato de plata (STS) sobre la expresión sexual del calabacín (masculinización/feminización de las flores desarrolladas en cada entrenudo).

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. EL CALABACIN**

#### **2.1.1. INTRODUCCIÓN**

Las cucurbitáceas son una familia de amplio espectro que engloba hasta 825 especies, agrupadas en 118 géneros (Zomfeler, 2004), ampliamente distribuidos en países cálidos (pantropical y subtropical) y con algunos representantes en áreas templadas y frías. Son plantas con crecimiento en forma de liana, anuales, aunque algunas especies son perennes, por tanto se trata de ejemplares trepadores, rastreros o colgantes en los que la presencia de zarcillos es común. Anatómicamente se caracterizan por poseer en su tallo haces fibrovasculares bicolaterales, esto es, están provistos de dos zonas floemáticas, una externa y otra interna, de savia acuosa y raíces tuberosas engrosadas; otros caracteres de interés son los tricomas, que con frecuencia muestran paredes calcificadas y cistolitos.

Los géneros más grandes son *Cayaponia* con 60 representantes, *Momordica* con 45 especies y *Gurania*, *Syclos* y *Trichosanthes* que cuentan con 40 especies cada uno (Jeffrey, 1990). Sin embargo, quizás son más importantes las especies cultivadas, y de entre estas encontramos *Citrullus lanata*, de origen paleotropical; el calabacín (*Cucurbita pepo*) y la calabaza (*Cucurbita maxima*) ambas pertenecientes al género *Cucurbita*; y el pepino (*Cucumis sativus*) y el melón (*Cucumis melo*) representantes de *Cucumis*. Además entre los géneros de interés para el hombre también se encuentra *Luffa* (esponja de lofa) y plantas ornamentales (especies de 22 géneros).

En la actualidad todas estas especies son cultivadas in la mayor parte de regiones del mundo (Wien, 2002), si bien el conocimiento de su fisiología es

desigual, así los mayores logros han sido alcanzados en las especies del género *Cucurbita*.

### **2.1.2. ORIGEN DEL CALABACIN**

El origen del calabacín (*Cucurbita pepo*) se sitúa en el suroeste del continente americano. Los registros arqueológicos de *C. pepo* son los más antiguos que se conocen de especies domesticadas del género *Cucurbita*, atribuyéndoseles una antigüedad de casi 10.000 años a restos de semillas y pedúnculos pertenecientes a frutos cultivados de *C. pepo sp. pepo* encontrados en Oaxaca (México) (Smith, 1997). Aunque los registros arqueológicos no han revelado el origen de las Cucurbitáceas cultivadas, si proporcionan información sobre la dispersión geográfica y la diversificación de las especies domesticadas. Se han encontrado restos arqueológicos que evidencian la domesticación de esta especie hace unos 4.000 años en tres zonas ampliamente separadas en América del Norte: sur y noreste de México y este de Estados Unidos (Decker, 1988).

También existe otra teoría sobre su procedencia, ya que los historiadores la centran en Asia, ya que su nombre aparece entre las hortalizas citadas por egipcios y existen pruebas de que también eran conocidos por los romanos. (Infoagro.com, 2003). Su introducción en Europa data del siglo XVI (Reche, 1997).

### **2.1.3. DESCRIPCIÓN BOTANICA**

Pertenece a la Subclase Metaclamídeas, por tener flores pentámeras, de corola gamopétala y estambres insertos en ella.

Clase Dicotiledóneas, ya que sus embriones poseen dos cotiledones con hojas no paralelinervias, Subtipo Angiospermas, por tener los óvulos insertos en el ovario, y por tanto las semillas dentro del fruto.

Tipo Fanerógamas, se reproducen por semillas y tienen flores. Por ser una planta superior puede observarse una clara división de sus funciones fisiológicas distinguiéndose los órganos encargados de la nutrición y de la reproducción, a la Familia Cucurbitaceae, especie *Cucurbita pepo* L. Subsp. *Pepo*.

Las especies del género *Cucurbita* han sido divididas tradicionalmente en dos grandes grupos:

Especies xerofíticas, perennes y con raíces tuberiformes,

Especies del hábitat mesolítico, anuales o perennes de vida corta, cuyas raíces son fibrosas.

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

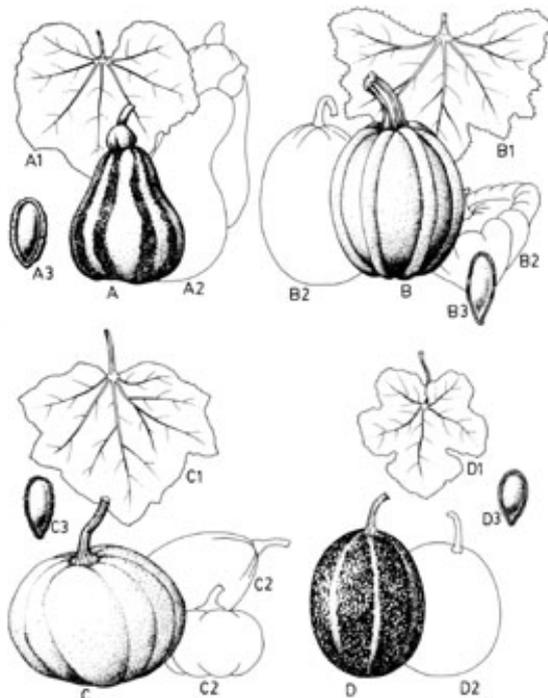
A) *C. pepo*,

B) *C. maxima*,

C) *C. moschata*,

D) *C. argyrosperma* Huber y

E) *C. ficifolia* Bouché (Figura 9)  
(Nee, 1990).



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

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

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

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

**Figura 9.** Detalle de hojas, semillas y fruto de cuatro especies cultivadas del género *Cucurbita*.

El calabacín es una planta anual, de crecimiento indeterminado y vegetación compacta (Camacho, 2002) (Figura 10).

#### **2.1.3.1. Raíz.**

El calabacín presenta una raíz axonomorfa, alcanzando ésta un gran desarrollo en relación con las raíces secundarias, las cuales se extienden superficialmente. Pueden aparecer raíces adventicias en los entrenudos de los tallos cuando se ponen en contacto con tierra húmeda (Reche, 1997).

#### **2.1.3.2 Tallo.**

El tallo es principal con atrofia de brotaciones secundarias y tiene un crecimiento en forma sinuosa (Camacho, 2002), no erecto, alcanzando gran desarrollo. Es áspero al tacto, cilíndrico, de superficie pelosa, grueso, consistente, con entrenudos cortos de donde parten hojas, flores, frutos y

numerosos zarcillos de 10-20 cm. de longitud, delgados y que nacen junto al pedúnculo del fruto (Reche, 1997).

#### **2.1.3.3. Hojas.**

El calabacín tiene grandes hojas, sostenidas por fuertes y alargados pecíolos. Estos parten directamente del tallo, alternándose en forma helicoidal. El limbo de la hoja es grande. Tiene el haz glabro y el envés muy áspero y recubierto de pelos cortos. El borde de las hojas es dentado con lóbulos pronunciados, presentando profundas entalladuras pero sin llegar al nervio medial, y palmeada por presentar cinco grandes segmentos.

El pecíolo es largo, hueco, consistente, con pelos rígidos en la superficie y áspero al tacto, de cortas y finas vellosidades y pequeñas espinas distribuidas a lo largo del mismo. (Reche, 1997).

#### **2.1.3.4. Flores.**

Las flores del calabacín son grandes, solitarias, vistosas, axilares, de color amarillo y acampanadas. La planta de calabacín es monoica, por lo que se dan simultáneamente flores masculinas y femeninas. En la flor femenina falta el pedúnculo largo característico de la flor masculina, ya que ésta se une directamente al tallo por un reducido, corto y grueso pedúnculo de sección pentagonal o hexagonal pero irregular (Delgado, 1999). (Figura 11)

Con temperaturas bajas y días cortos se propicia la formación de flores femeninas, mientras que con temperaturas altas y gran luminosidad son las flores masculinas las que se ven favorecidas en su formación. La polinización puede ser entomófila (abejas principalmente) (Figura 19) o polinización cruzada.

(Reche, 1997).

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

Las flores de calabacín constan de las siguientes partes:(Figura 11)

- Pedúnculo: en la flor masculina es sencillo, largo, de hasta 40 cm de longitud y hasta 1 cm de diámetro, cilíndrico, hueco y con un tálamo que se bifurca en un cáliz diasépalo. En la flor femenina, el pedúnculo es corto, de 3 a 5 cm de longitud, duro, grueso y fuerte, no ensanchándose su inserción con el fruto.
  
- Cáliz: es el verticilo más externo. Sus sépalos son verdes, delgados y diasépalos. Está formado por cinco piezas delgadas, puntiagudas, separadas y con una estructura semejante a las hojas ordinarias. Es zigomorfo y caedizo cuando se marchita la flor y persiste hasta el momento de la abscisión en las flores femeninas.

- Corola: es el segundo verticilo del perianto, con pétalos, gamopétala, simetría actinomorfa campanulada y formada por cinco pétalos unidos por su base. Es grande, de color amarillo intenso. Los pétalos son muy delicados, erectos y abiertos en su parte superior, éstos son apenas recubiertos en su base por el cáliz.
- Androceo: las flores masculinas 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 número de tres, están soldados en su base y son libres a la altura de su inserción con el estigma, este último dividido en 2 partes “estigmas bilobulados”  
(Figura 11) (Reche, 1997).

#### **2.1.3.5. Semillas.**

Las semillas de *C. pepo* tienen un color crema uniforme que las diferencia del resto de las especies (Decker-Walters y Walters, 2000).

Las semillas son, ovales, alargadas, puntiagudas, lisas, con un surco longitudinal paralelo al borde exterior, de 1,5 centímetros longitud, 0,6-0,7 centímetros de anchura y 0,1-0,2 centímetros de grosor. (Reche, 1997).

#### 2.1.4. Principales morfotipos de *Cucurbita pepo*

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

*Cucurbita pepo* es la especie de las cucurbitáceas que más polimorfismos presenta. Se observan diferencias en el tamaño, color de 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).

A consecuencia del amplio abanico de posibilidades, 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 8 morfotipos o variedades botánicas. Los morfotipos “Pumpkin”, “Vegetable Marrow”, “Cocozelle” y “Zucchini” se incluyen en las 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 ovals, con extremos redondeados o planos, que pueden presentar surcos, costillas o verrugas y alcanzar 25 Kg. de peso. Debido a la gran variabilidad que presenta, se han establecido subgrupos dentro de este morfotipo.

El morfotipo “Vegetable Marrow”, también denominado *C. pepo* L. var. *fastigata* spp. nov., es muy común en Oriente medio y en el norte de África. Sus frutos, de corteza lignificada, están ensanchados en la parte distal y son alargados, con un ratio longitud/anchura que varía de 2 a 3.

Los frutos del morfotipo “Cocozelle”, *C. pepo* L. var. *Longa* ssp. nov., son largos y bulbosos en el extremo distal, con un ratio longitud/anchura superior a 3.5.

El morfotipo “Zucchini”. *C. pepo* L. var. *Cilíndrica* ssp. nov., es actualmente el más importante económicamente y se encuentra distribuido por todo el mundo. Sus frutos, llamados comúnmente calabacines, son cilíndricos y

presentan un ratio longitud/anchura superior a 3.5. Los tipos amarillentos iniciales han sido desplazados en la actualidad por tipos verdes.

Los frutos del morfotipo “Scallop”, *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.

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

Los frutos del morfotipo “Crookneck”, *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.

Por último, el morfotipo “Straightneck”, *C. pepo* L. var. *recticollis* ssp. nov., incluye frutos cilíndricos, amarillentos, verrugosos y ensanchados en el extremo distal, con un cuello corto y estrecho en el extremo peduncular (Figura 13).



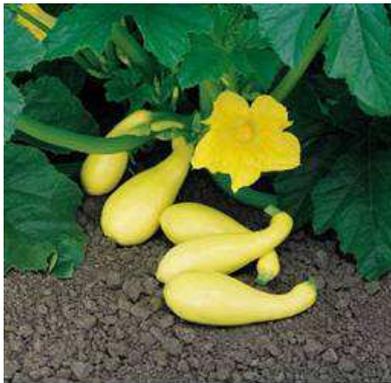
“Scallop”



“Acorn”



“Zucchini”



Crookneck



“Straightneck”



“Pumpkin”



“Cococelle”



“Vegetable marrow”

**Figura 10.** Morfotipos de *C. pepo* ssp. *pepo*

### 2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos.

#### 2.1.5.1. Temperatura

#### Siembra

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).

### **Desarrollo vegetativo**

La temperatura óptima para el desarrollo vegetativo está entre los 25 y 35 °C (Ruiz, 2001). Por encima de 35 °C, se produce una gran transpiración, ocasionando daño a las plantas por deshidratación, mientras que temperaturas por debajo de 10 °C afectan al crecimiento de la planta y pueden provocar deformaciones en el fruto (Reche, 1997).

### **Floración**

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 caída de flores y deformación de frutos (Reche, 1997)

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

<b>Fases del cultivo</b>	<b>Tª Óptima</b>	<b>Tª Mínima</b>	<b>Tª Máxima</b>
<b>Siembra (tª 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 (Ruíz, 2001). 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 de 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 (Reche, 1997).

### **2.1.5.4. Suelo.**

El calabacín es medianamente tolerante a la salinidad del suelo y del agua de riego. Se adapta igualmente a terrenos con valores de Ph entre 5 y 7 , pero prefiere suelos algo ácidos, con valores medios entre 5,6-6,8 (Reche, 1997). Los suelos alcalinos pueden provocar algunos síntomas de carencias (Ruiz, 2001).

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

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

## **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 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).

El calabacín es una especie monoica, en la que las flores masculinas o femeninas se desarrollan en las axilas de cada hoja a lo largo del desarrollo de la planta. Esto hace que el cuajado del fruto de esta especie sea dependiente de polinizadores o de tratamientos químicos con auxinas sintéticas que inducen partenocarpia (Sanz, 1995).

En relación a la expresión sexual, en el eje principal de una planta de calabacín se pueden distinguir dos fases de desarrollo. En la primera fase, las

flores que se producen son todas masculinas, por lo que su duración determina la precocidad del cultivo. La segunda fase comienza con el desarrollo de la primera flor femenina, y se caracteriza por una alternancia de flores femeninas y masculinas.

Aunque el calabacín está menos estudiado que otras cucurbitáceas, el control genético del sexo depende de interacciones 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 ginoecia, y el gen dominante M inhibe la formación de estambres en los botones florales, determinando 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 o el dióxido de carbono o aminoethoxyvinylglycine (AVG) favorecen la masculinización en pepino y melón. El ácido indolacético (IAA), aunque menos efectivo que el etileno, también favorece la feminización en pepino y melón. 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; Atsmon 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 semillas (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 Wien, 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).

### **2.2.2 Abcisión floral**

La abscisión floral es el proceso fisiológico mediante el cual un órgano vegetal, como hojas, flores, frutos u otros órganos florales concretos son separados de la planta de manera controlada. El proceso, que responde a estímulos determinados, requiere de la formación de una estructura anatómicamente distinta a las zonas adyacentes, la zona de abscisión, que es la zona que separa al órgano de la planta y que se puede diferenciar muy tempranamente en el desarrollo. Generalmente, la zona de abscisión está formada por células parenquimáticas con forma isodiamétrica, de protoplasma más denso al de las células vecinas, con depósitos de almidón, abundantes plasmodesmos ramificados y paredes celulares no lignificadas (Quesada y Valpuesta, 2000). (Figura 14)

El proceso de abscisión es un fenómeno común en el ciclo de vida de las plantas, pero es muy poco lo que se conoce sobre su regulación. Las evidencias a partir de estudios en diferentes modelos señalan al etileno como inductor del proceso, y a las auxinas como inhibidoras (González-Carranza *et al.*, 1998). Estudios recientes demuestran que a pesar de que el etileno juega un papel muy importante en la abscisión, no es el único regulador del proceso, y parece existir una vía paralela de abscisión independiente del etileno. Dentro de esta vía estarían los genes *IDA* y *HAESA* de *Arabidopsis* (Butenko *et al.*, 2003).

Otros genes que parecen afectar al proceso de abscisión de forma pleiotrópica son el *AGL15* (Fernández *et al.*, 2000), pues su expresión lo relaciona

tanto con el proceso de transición floral como con la maduración del fruto; o *JOINTLESS* (Szymkowiak y Irish, 1999), que, además de controlar la abscisión, regula el mantenimiento de la identidad del meristemo floral. Todos estos genes reguladores activan a su vez otros genes que son los efectores del proceso de abscisión, como la poligalacturonasa,  $\beta$ -1,4-glucanasa, etc., algunos de los cuales ya se ha demostrado que aumentan su expresión mediados por algunos de los genes reguladores citados (Fernández *et al.*, 2000).

La abscisión es, por tanto, un proceso complejo en el que intervienen diversos mecanismos reguladores de la planta.

Estudios recientes en calabacín indican que el proceso de abscisión de las flores está directamente controlado por el etileno. De hecho, Payán *et al.* (2005) ha podido observar que los retrasos en la abscisión floral que se producen en calabacín cuando las temperaturas de cultivo son muy elevadas, (Gómez *et al.*, 2004) van acompañadas de un proceso de masculinización de las flores femeninas y esto se debe a una disminución en los niveles de etileno. Así, cuando las plantas son tratadas con AVG (aminoetoxivinilglicina), un inhibidor de la síntesis de etileno, las flores femeninas desarrollan tejido estaminal e incluso estambres completos con polen. Estas flores hermafroditas anormales se desarrollan más lentamente, originando un retraso en la abscisión de la flor que da lugar a frutos con flor pegada (Payán *et al.* 2005) (Figura 15).



**Figura 11.** Evolución del desarrollo de la flor en un fruto de calabacín cv Cora.



**Figura 12.** Evolución del desarrollo de la flor en un fruto de calabacín cv Cavili, en el cual no se produce antesis ni abscisión de la flor del fruto de tamaño comercial. (Flor pegada) acompañado de un desarrollo anómalo de estambres.

### **2.2.3. Condiciones ambientales y nutricionales que regulan la floración**

Al menos tres factores ambientales tienen una influencia importante sobre la expresión sexual: temperatura, radiación y fotoperiodo. En condiciones frías, la producción de flores femeninas se ve favorecida, si la temperatura baja tiene lugar después de la diferenciación sexual conduce al florecimiento femenino precoz, 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). Fotoperiodos cortos favorecen la floración femenina.

El período de floración del calabacín viene principalmente determinado 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 16º C. por encima de este nivel las flores se abren y permanecen abiertas un día.

## **2.3. FRUCTIFICACIÓN DE *CUCURBITA PEPO*.**

### **2.3.1 Factores que influyen en el cuajado del fruto de calabacín**

#### **2.3.1.1. Desarrollo del fruto**

Cuando el polen de la misma planta u otra, entra en contacto con el estigma, la germinación del polen sigue en menos de 30 minutos en condiciones normales (Suzuki, 1969; Sedgley 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 (Poole 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 Wien, 1994).

Para una polinización acertada, tanto las flores masculinas como las femeninas deben estar abiertas durante el mismo día (Rylski y alón, 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, 1996).

Hasta la antesis, el ovario se está dividiendo y creciendo a la vez, la división celular cesa durante la antesis, produciéndose de dentro a fuera del ovario (Sinnott, 1939), ya en la madurez las células mayores son las de la capa

interna, siendo las más pequeñas las externas que se espesan para formar una capa dura.

El 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.

Las hormonas, y especialmente las auxinas y giberelinas, juegan un importante papel en el cuajado y desarrollo del fruto en diferentes especies vegetales (García- Martínez y Hedden, 1997), de tal forma que la partenocarpia natural se puede producir como consecuencia de un aumento de hormonas en el ovario (Nitsch, 1970). De hecho, en el fruto de plantas que exhiben partenocarpia natural se han detectado altos niveles de auxinas y/o giberelinas endógenas (Talon *et al*, 1990; 1992). El desequilibrio hormonal que se produce en mutantes alterados en la biosíntesis o percepción de giberelinas y auxinas induce el desarrollo de frutos partenocárpicos en especies tales como *Arabidopsis* y tomate (Jacobsen y Olszewski, 1993; Greb *et al.*, 2002). Todos estos datos indican que los elevados niveles de hormonas, esencialmente auxinas y giberelinas, pueden ser suficientes para inducir el cuajado y desarrollo del fruto. Esto ha sido demostrado directamente por Rotino *et al.* (1997), que fueron capaces de producir plantas transgénicas de berenjena y tomate partenocárpicas, elevando los niveles de auxinas en el óvulo. No obstante, los

mecanismos moleculares implicados en la respuesta a giberelinas y auxinas durante este proceso de desarrollo se desconocen por el momento.

El patrón de crecimiento del fruto en *C. pepo* está caracterizado por una fase inicial lineal de tipo logarítmico, seguida de una disminución en el índice de crecimiento de forma gradual. Este patrón de desarrollo depende también de un balance hormonal. De hecho, los tratamientos hormonales son también capaces de inducir partenocarpia en diversas cucurbitáceas, incluido el calabacín. La aplicación de auxinas sintéticas en la flor induce partenocarpia en pepino (Kim *et al.*, 1992), melón (Whitaker y Prior, 1946) y calabacín (Sanz, 1995; Robinson y Reiners, 1999). Los tratamientos con citoquininas tales como CPPU también son capaces de inducir partenocarpia en cucurbitáceas tales como melón (Hayata *et al.*, 2001) o *Lagenaria leucantha* (Li *et al.*, 2003). De entre varios tratamientos hormonales ensayados en calabacín, la mejor opción para favorecer el cuajado y la calidad final de los frutos parece ser la aplicación de una mezcla de las auxinas ANA y ANA-amida (Sanz, 1995). Es por ello que este tratamiento se ha convertido en una práctica habitual para el cultivo de calabacín en invernadero en la provincia de Almería.

### **2.3.1.2. Sistemas de polinización en calabacín**

La polinización en el cultivo de 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. Al entrar en contacto, el polen se adhiere al estigma, germinando. El tubo polínico crecerá en dirección al ovario, el gameto masculino se unirá al gameto femenino a través del tubo polínico, formando el cigoto; de esta forma se permite el desarrollo del fruto que protegerá a las semillas.

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 el fruto es el ovario fecundado y maduro.

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

El cultivo de 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). (Figura 19)

Los insectos acuden a las flores en busca de polen como fuente de proteínas, pero al quedar parte del polen en su superficie, es transportado por el vector a una nueva flor, sirviendo de un vehículo polinizador muy efectivo. A esto también han contribuido las adaptaciones de los polinizadores, como por ejemplo, la cubierta de pelos que presentan las abejas y abejorros, que permiten una mayor adherencia del polen al cuerpo de estos insectos.

Los factores climáticos influyen de manera decisiva en la formación del polen, mermándose de manera notable, si no son los adecuados, por lo que se hace 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 16). 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<sup>-1</sup> de azúcar. Un buche lleno de miel permite unos 15 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 con una intensidad de viento superior a 7, las abejas vuelven a la colmena.



**Figura 13.** Abeja polinizando una flor de *C. pepo*

Los abejorros, *Bombus terrestris*, comparados con otros insectos polinizadores, como las abejas, son más efectivos. Un motivo es su mayor tamaño, lo que le permite tener un mejor contacto con el estigma y los estambres. Otro motivo es el poder visitar un número mayor de plantas por vuelo, es decir, más flores por minuto (una media de 20-30). 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 obtiene las proteínas y del néctar de las flores que le 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 que la utilización de vectores polinizadores supone una ventaja para el cultivo debido a que evita el uso de fitorreguladores, sin embargo en ocasiones limita el empleo de fitosanitarios para evitar daños en el cultivo promovido por plagas típicas de los invernaderos, que en ocasiones puede provocar la pérdida de la producción. Si se usan dichos fitosanitarios se deben retirar las colmenas el día anterior a la aplicación y éstas no volverán a ser colocadas en el invernadero hasta pasado el plazo de seguridad correspondiente. Durante esos días quedaría fruto sin polinizar y por lo tanto habría pérdidas de productividad. Además, se debe tener en cuenta que el calabacín tiene su origen en Méjico y que es aquí donde se encuentran sus polinizadores autóctonos que son *Peponapis sp* y *Xenoglosa sp* (Figura 17). Por tanto el uso de otros polinizadores distintos puede producir problemas en las polinizaciones (Nepi,



1993).

**Figura 14.** Polinizador originario del calabacín:

*Peponapis ssp*

#### **2.4. EL SÍNDROME DE FLOR PEGADA EN CALABACÍN: FACTORES QUE REGULAN SU INCIDENCIA.**

La producción de calabacín (*Cucurbita pepo*) en invernadero, especialmente bajo condiciones que favorecen un aumento en la tasa de crecimiento del fruto, requiere de variedades en las que la abscisión floral sea rápida. Cuando la temperatura es muy elevada, muchas de las variedades actuales de calabacín tienden a sufrir un retraso en la abscisión floral, de tal forma que la flor queda pegada al fruto cosechado. Este aspecto condiciona enormemente y de manera negativa a su comercialización ya que favorece la podredumbre del mismo, disminuyendo su calidad y conservación postcosecha.

Aunque se desconoce el control genético y hormonal de la abscisión floral en calabacín, en otras especies se sabe que es un proceso de desarrollo programado que ocurre tras la polinización y está promovido por el etileno endógeno (Brown, 1997; Van Doorn y Otead, 1997). Está bien documentado que el etileno acelera la abscisión de los órganos florales en gran número de especies (González-Carranca *et al.*, 1998). De hecho, muchos de los mutantes que muestran retraso en la abscisión floral son deficientes en la percepción de etileno.

La expresión sexual en las cucurbitáceas está a su vez bajo el control de ciertas condiciones ambientales tales como temperatura y fotoperiodo. Los días largos y las altas temperaturas promueven la producción de flores masculinas, mientras los días cortos y las bajas temperaturas favorecen el desarrollo de flores femeninas (Wien, 1997).

Los datos obtenidos por el grupo de investigación dirigido por Dr. Manuel Jamilena Quesada y Dr. Pedro Gómez Jiménez de Cisneros, hacen pensar que la abscisión floral y la expresión sexual en calabacín son dos procesos relacionados. Destacar que en las condiciones de altas temperaturas, las variedades con menor y mayor porcentaje de flor pegada muestran a la vez los mayores y menores niveles de flores femeninas respectivamente. Además, un análisis detallado de las flores femeninas ha demostrado que muchas de las flores que permanecen pegadas al fruto son hermafroditas, mostrando estambres con distinto grado de desarrollo pero que pueden incluso poseer polen. (Figura 15)

Todos estos resultados indican que el retraso en la abscisión floral está asociado a un proceso de masculinización de las flores femeninas de calabacín. Rylski y Aloni (1990) y Wien (1997) habían observado que las altas temperaturas y los días largos promueven la producción de flores masculinas en *C. pepo*, pero la formación de flores hermafroditas bajo estas condiciones no había sido descrito hasta ahora.

Las flores hermafroditas que se quedan pegadas a los frutos muestran un desarrollo mucho más lento que las flores femeninas normales, y de hecho estas flores están aún cerradas cuando se recogen los frutos. Por tanto, el retraso en la abscisión de estas flores podría estar causado por un desarrollo floral más lento. Se analizó el tiempo de desarrollo de las flores femeninas y masculinas hasta su

apertura en las diferentes variedades, así como el tiempo entre la apertura y la abscisión en ambos tipos de flores. En todos los casos la flor masculina muestra un desarrollo mucho más lento que las femeninas. Por tanto, el retraso en la abscisión floral podría deberse a un desarrollo floral más lento causado por la masculinización parcial de estas flores. En calabacín, así como en otras especies de cucurbitáceas, se sabe que la expresión sexual está regulada por el etileno (Shanon y Robinson, 1979, Rudich, 1990). Un descenso en los niveles internos de etileno podría favorecer la masculinización que observamos en las flores femeninas. Este cambio de identidad promovería un desarrollo floral más lento a la vez que un retraso en la abscisión floral. No obstante, si tenemos en cuenta que esta fitohormona juega un papel fundamental en la abscisión de los órganos florales (Brown, 1997; Van Doorn y Otead, 1997), es también posible que el retraso en la abscisión no sea la consecuencia de la masculinización sino que se trate de procesos completamente separados, pero promovidos ambos por una disminución de etileno en las flores femeninas.

Puesto que los problemas de flor pegada en calabacín están asociados a la masculinización de las flores femeninas, y dado que la expresión sexual de esta especie está controlada por hormonas tales como el etileno y las giberelinas, sería necesario determinar si los tratamientos externos con giberelinas e inhibidores de sus síntesis son capaces de alterar no solo la expresión sexual de esta especie sino también el proceso de abscisión de la flor.

## **2.5. ETILENO Y SUS EFECTOS**

### **2.5.1. Efectos fisiológicos del etileno**

La acción del etileno afecta prácticamente a todas las etapas del desarrollo de las plantas, desde la germinación de las semillas hasta la senescencia. La regulación de estos procesos parece estar modulada no sólo por los niveles endógenos de etileno, sino también por el balance entre las distintas hormonas. Numerosas respuestas a la acción del etileno pueden estar, por lo tanto, directa o indirectamente afectadas por la estimulación (especialmente por auxinas) o la inhibición de la producción de etileno por otros reguladores del desarrollo. Por lo general, el efecto del etileno en las plantas se ha asociado a respuestas inhibitorias del crecimiento y a etapas terminales del desarrollo o de situaciones de estrés. Muchos de estos efectos no deben considerarse, sin embargo, como efectos negativos en el crecimiento de las plantas, sino más bien como un cambio en el hábito normal del desarrollo, originado por condiciones ambientales adversas o como adaptación a fases finales del crecimiento.

- **Germinación de semillas**

La capacidad de germinación de las semillas de numerosas especies parece estar asociada a la presencia de etileno en la atmósfera de los suelos. Varias líneas de datos experimentales indican que en diferentes especies el etileno estimula la germinación de las semillas. Este efecto, sin embargo, parece ser dependiente del estado de las semillas y de la concentración de etileno, dado que a bajas concentraciones se inhibe la germinación, mientras que ésta se promueve a altas concentraciones. Además, parece tener una acción en la inducción de la ruptura de la latencia de las semillas, así la producción de etileno en las semillas en latencia es muy baja. Otros tratamientos que estimulan este

proceso, como el ácido giberélico, no son efectivos si se realizan en ausencia de etileno, lo que sugiere que estas semillas requieren la acción de esta hormona durante la germinación. El CO<sub>2</sub> promueve la emanación de etileno, a la vez que incrementa la germinación inducida por éste. Ambos gases parecen actuar de forma sinérgica en la ruptura de la latencia de numerosas semillas (Esashi, 1991).

- **Diferenciación y desarrollo de tallos y de raíces**

La aplicación de bajas concentraciones de etileno a plántulas en crecimiento en oscuridad produce la denominada "triple respuesta", donde se reduce la velocidad de elongación, se incrementa la expansión lateral y se modifica la orientación de la disposición de las microfibrillas, dando lugar a un ensanchamiento. Este conjunto de respuestas se pueden reproducir, igualmente, cuando el crecimiento de las plántulas se obstaculiza por una barrera mecánica, que origina un incremento en la producción de etileno (Goeschl et al., 1966), indicando que este regulador controla las respuestas adaptativas de las plántulas en condiciones de crecimiento alteradas.

La inhibición de la elongación, tanto del tallo como de la raíz, inducida por el etileno se debe principalmente a una reducción de la división celular y a una alteración del desarrollo en las zonas de elongación. Como se ha mencionado, el etileno produce un cambio en la orientación en el depósito de las microfibrillas de celulosa, que se depositan perpendiculares al eje de crecimiento, lo que origina un incremento del crecimiento radial de las células (Eisinger, 1983). El conjunto de efectos en la morfología de la raíz y del tallo (más cortos y gruesos), supone, de nuevo, una ventaja en la funcionalidad de estas estructuras, ya que puede facilitar la presión que deben ejercer ante las barreras físicas que conforman su entorno natural.

- **Respuesta al estrés**

El incremento en la producción de etileno es una de las respuestas características de los tejidos vegetales ante la alteración de las condiciones ambientales. Aunque los agentes inductores pueden ser de distinta naturaleza, tanto físicos (heridas, obstáculos, sequedad, encharcamiento, bajas temperaturas e irradiaciones) y químicos (metales pesados, herbicidas, lluvia ácida, ozono) como biológicos (insectos, hongos, bacterias, virus), muchas de las alteraciones fisiológicas y bioquímicas que se producen son comunes a todos ellos. El hecho de que algunas de estas respuestas puedan ser inducidas por la aplicación del etileno, sugiere que esta hormona puede actuar como una señal que coordina las distintas respuestas de las plantas ante estas situaciones (Wang et al., 1990).

Una de las funciones del etileno es que interviene en la adaptación y coordinación desarrolladas por los distintos órganos de las plantas ante situaciones ambientales adversas o etapas terminales del desarrollo. La acción del etileno desempeña también un papel importante durante la infección de distintos patógenos. Numerosos agentes bióticos inductores incrementan la síntesis de etileno en el tejido huésped, induciendo determinadas respuestas bioquímicas de defensa. A pesar de que en numerosos estudios se ha asociado la acción del etileno con la respuesta a diversas situaciones de estrés, otros resultados, utilizando inhibidores de la síntesis y acción del etileno, han cuestionado su papel en estos procesos.

Diferentes datos experimentales han demostrado que la inhibición de la acción del etileno retrasa o reduce, pero no suprime, las diferentes respuestas asociadas a condiciones ambientales adversas. Estos resultados sugieren que la síntesis de etileno podría ser un síntoma adicional, de los muchos que se producen, durante las alteraciones medioambientales, en lugar de una señal inductora de los mismos (Boller, 1991).

### 2.5.2. El etileno y su interacción en la expresión sexual de *Cucurbita pepo*

Las plantas de las especies cultivadas de la familia *Cucurbitaceae* presentan una particularidad relevante respecto a su expresión sexual, ya que son mayoritariamente plantas monoicas, es decir, las flores masculinas y femeninas están separadas en una misma planta, apareciendo generalmente las flores masculinas anticipadamente a las femeninas. Las flores masculinas aparecen generalmente en una proporción mayor a las femeninas, (14 a 24 masculinas por cada 1 femenina), a la vez que de las flores femeninas que abren, sólo llegan a ser cosechadas como frutos entre el 20 y el 50% de ellas.

En parte, este resultado, es consecuencia de las variables que interactúan en la eficiencia de la polinización. En la mayoría de los casos el desarrollo y apertura de las flores masculinas precede a las femeninas por unos pocos días, aunque se ha observado la apertura de flores femeninas más precoces y hasta floraciones simultáneas (Gwanama et al., 2001). Estas diferencias en la expresión sexual en el cultivo son controladas por factores genéticos, hormonales, ambientales y por la disponibilidad de nutrientes (Nayar y More, 1998).

A diferencia de otras especies de la familia *Cucurbitaceae*, tales como pepino y melón, en las que además del tipo sexual monoico más común, existen variedades andromonoicas, ginomonoicas o ginoicas (Kubicki, 1969; Pitrat, 1998), en *Cucurbita pepo* no se conocen variedades con otro tipo sexual que no sea el monoico. La relación de flores masculinas/flores femeninas cambia gradualmente durante la ontogenia de la planta en una dirección que es típica para cada especie en cuestión. El cambio podría tener lugar por un incremento

gradual en el número de flores femeninas en el curso de la maduración como en muchas otras especies de cucurbitáceas. En esta familia es importante el número del nudo de la primera flor, particularmente aquel con una flor femenina o hermafrodita, siendo éste un índice de precocidad.

En el desarrollo del calabacín se pueden distinguir dos fases:

- Una primera fase donde todas las flores que producen son masculinas y su duración determina la precocidad del cultivo, un mayor número inicial de flores masculinas determina una menor precocidad y un menor número inicial de flores masculinas lo contrario.
- Una segunda fase que comienza con el desarrollo de la primera flor femenina y se caracteriza por una alternancia de flores femeninas y masculinas.

Dentro de los factores endógenos que determinan estas relaciones entre tipos de flores, están los niveles de auxinas, giberelinas, etileno y ácido abscísico. De ellos, el etileno es el principal factor durante la regulación de la expresión sexual de calabacín. De hecho, la aplicación exógena de etefon inhibe la producción de flores masculinas en calabacín y en otras especies de la familia como el melón, por lo que se utiliza como tratamiento durante la producción comercial de semilla híbrida (Robinson et al. 1970, Rudich et al. 1970).

La expresión sexual en las cucurbitáceas está a su vez bajo el control de ciertas condiciones ambientales tales como temperatura y fotoperiodo. Los días largos y las altas temperaturas promueven la producción de flores masculinas,

mientras los días cortos y las bajas temperaturas favorecen el desarrollo de flores femeninas (Wien 1997).

La determinación sexual de las flores individuales de calabacín, al igual que en otras especies de la familia *Cucurbitaceae*, está regulada de igual manera por una combinación de factores genéticos, hormonales y ambientales (Robinson y Decker-Walter, 1997).

#### **2.5.2.1. Regulación hormonal de la expresión sexual en *Cucurbita pepo***

En la floración de la familia *Cucurbitaceae* adquiere una gran importancia la regulación hormonal. La evidencia de esta importancia procede tanto del estudio del nivel endógeno de hormonas, como de los efectos de la aplicación sobre la expresión sexual y sobre otros caracteres de producción.

- **Función del etileno.** Su efecto feminizante es conocido desde 1969 cuando Robinson et al. (1969) realizaron una aplicación de etefon sobre plántulas de una variedad de pepino (monoica) observando un incremento del número de flores femeninas en los nudos basales. Por otro lado, en calabacín su aplicación resulta en una supresión de la masculinidad y un incremento de las flores femeninas. La sandía muestra, sin embargo, una respuesta diferente ya que la aplicación de etefon parece retrasar la formación de flores femeninas y tiene un efecto menor en las masculinas.

Finalmente, en las variedades monoicas del melón estimula la formación de flores femeninas sin causar perjuicio a las masculinas, mientras que en

cultivares andromonoicos se observa una mayor frecuencia de flores hermafroditas y una disminución de masculinas (Karchi, 1970). Otra vía distinta para conocer la acción del etileno en las cucurbitáceas ha sido la aplicación de inhibidores, tanto a nivel de síntesis como es el caso del AVG, como a nivel de receptores, como es el caso del nitrato de plata. Los tratamientos en pepino con estos productos fueron causa de masculinización en variedades ginoicas. Por otro lado, en sandía, la aplicación de inhibidores produce una reducción parcial de las flores masculinas.

- **Otras hormonas reguladoras de la expresión sexual:**

**Función de las giberelinas:** Los niveles endógenos son altos normalmente en variedades monoicas y andromonoicas, asimismo las altas temperaturas y el día largo, asociadas a la producción de flores masculinas, incrementa el nivel de esta hormona a nivel apical.

**Función de las auxinas:** Se sabe desde hace tiempo que esta hormona actúa sobre el sexo, no obstante aún no se tiene claro su papel exacto. Distintos estudios muestran asociación de la aplicación externa o la presencia endógena de esta hormona a la producción de flores femeninas, sin embargo en calabacín la aplicación de etefon feminizante provoca un descenso en el nivel de auxinas (Wien, 2002), este hecho muestra una interacción entre las dos hormonas, así el etileno inhibe la translocación y contribuye a inactivar las auxinas, mientras que por el contrario las auxinas causan la liberación de etileno en los tejidos.

**Función del ácido abscísico:** Su papel está aún por determinar, ya que en pepino la aplicación a líneas ginoicas incrementa la aparición de flores

femeninas, pero, por otro lado, la aplicación en líneas monoicas las hace proclives a la masculinización. Por estas razones, se estima que más que actuar de forma directa sobre la expresión sexual lo hace por su interacción con otras hormonas.

### **2.5.3. Desarrollo del fruto (partenocarpia)**

La antesis normalmente suele durar un día y durante este periodo se debe de producir la polinización con el objetivo final de obtener frutos, aunque algunas especies de las cucurbitáceas son capaces de producir frutos partenocárpicos, como es el caso de *Cucurbita pepo*.

La fructificación está también regulada hormonalmente. Así las auxinas que son producidas en el ovario parecen tener un papel en la partenocarpia, en particular en el melón y el pepino la aplicación exógena de reguladores del crecimiento se ha relacionado con un mayor nivel endógeno de auxinas. Las citoquininas parecen incrementar la fructificación y estimular el crecimiento del fruto. Mientras que las giberelinas incrementan el número de frutos. En cuanto al etileno, existen pocos datos en relación a su acción sobre el desarrollo del fruto (Wien, 2002).

El crecimiento del fruto ha sido ampliamente estudiado en los últimos 50-60 años. En el caso del calabacín es conocido que antes de antesis los tejidos del ovario se desarrollan tanto por división celular como por el crecimiento de las células, mientras que en antesis sólo se produce crecimiento de las células y ocurre antes en las capas externas del fruto, así en la maduración las células de

las capas internas son de mayor tamaño y las epidérmicas son de menor tamaño y se encuentran altamente asociadas unas a otras.

#### **2.5.4. Abscisión floral**

El término abscisión deriva del latino “abscindere” que significa desgarrar, separar; por lo que en un sentido amplio puede aplicarse a la caída de cualquier órgano de la planta independientemente del proceso involucrado en ella.

La abscisión es un proceso fisiológico muy importante en el ciclo de vida de una planta, así la abscisión de polen, frutos, semillas y hojas garantiza la dispersión y propagación eficiente de la planta; la abscisión de órganos que ya no son esenciales para la planta elimina la demanda respiratoria de esas estructuras, y por último, la abscisión de órganos en respuesta a estreses ambientales tales como ataque de patógenos o estrés hídrico, disminuye el área de exposición y el efecto pernicioso que ejercen estos estreses sobre la planta (revisado por Patterson, 2001).

La abscisión es un proceso activo (involucra la degradación de las paredes celulares) que está coordinado, ya que en él intervienen muchos cambios de la estructura celular, el metabolismo y la expresión génica.

Aunque se desconoce el control genético y hormonal de la abscisión floral en calabacín, en otras especies, se sabe que es un proceso de desarrollo programado que ocurre tras la polinización y está promovido por el etileno endógeno (Brown, 1997; Van Doorn y Otead, 1997). Está bien documentado que

el etileno acelera la abscisión de los órganos florales en gran número de especies (González-Carranza et al., 1998). De hecho, muchos de los mutantes que muestran retraso de la abscisión floral son deficientes en la percepción de etileno. Tal es el caso de los mutantes insensibles al etileno *etr1* y *ein1* de *Arabidopsis*, además del mutante *Never ripe (nr)* de tomate (Bleecker et al., 1988; Grbic y Bleecker, 1995; Lanahan et al., 1994; Yen et al., 1995).

#### **2.5.4.1. Zona de abscisión**

La separación celular durante la caída de un órgano en la planta afecta a una sección muy estrecha, de unas pocas capas de células de grosor y conocida como zona de separación. Sin embargo, la zona anatómicamente identificable es mayor, se conoce como zona de abscisión e incluye la zona de separación (Abeles, 1968). La zona de abscisión (ZA) se diferencia en zonas predeterminadas, estando constituida por células que pueden identificarse bioquímica y morfológicamente antes de que tenga lugar el proceso de separación. Estas células se conocen como células diana Tipo II y se caracterizan por alargarse en respuesta a etileno pero no a auxinas (Wright y Osborne, 1974; Osborne y Sargent, 1976a), en contraposición a las células Tipo I de las zonas adyacentes que se alargan en respuesta a auxinas pero no a etileno (Osborne, 1989).

#### **2.5.4.2. Regulación de los procesos de abscisión.**

Para que se inicie el proceso de abscisión, tras la diferenciación del nivel celular en el que se producirá la separación, es necesario que se activen las células de la ZA; de manera que hasta que estas células no están presentes y no

son capaces de responder al estímulo adecuado, la abscisión no puede iniciarse (Osborne y Sargent, 1976b). Una vez que se desencadena el proceso, se va reduciendo la fuerza necesaria para separar el tejido distal (zona más próxima al órgano que va a caer), del proximal (zona más cercana al cuerpo de la planta) en la zona de abscisión, lo que también se conoce como fuerza de la zona de abscisión (*breakstrength*). Todo esto evidencia que la abscisión es un proceso muy coordinado, regulado por diferentes señales intra- e intercelulares, además de por algunas señales ambientales.

#### **2.5.4.3. Factores ambientales que afectan a la abscisión.**

La abscisión puede verse afectada por factores ambientales como la radiación ultravioleta, el fotoperiodo, la concentración de ozono o las variaciones estacionales; así como por diferentes factores estresantes (revisado por Taylor y Whitelaw, 2001).

La oscuridad y la baja intensidad luminosa promueven la abscisión de flores, capullos florales, hojas y frutos que en algunos casos está mediado por incrementos en los niveles de auxinas, como en hojas y en otros por aumento en los niveles de etileno como ocurre en la abscisión floral en pimiento y *Lilium sp.* (revisado por Taylor y Whitelaw, 2001).

La inducción de la abscisión debida a la contaminación por ozono, estrés hídrico, daño o ataque por patógenos, normalmente se produce por un efecto indirecto, debido a que todos estos factores de estrés incrementan la producción de etileno en la planta y alteran los niveles de otras hormonas como auxinas y ácido abscísico (ABA).

#### **2.5.4.4. Señales hormonales que afectan a etileno y a su papel en la abscisión**

El papel del etileno acelerando la abscisión de hojas, flores, órganos florales y frutos en diferentes especies ha sido estudiado en distintas ocasiones (revisado por Brown, 1997), así como el de las auxinas retardándolo. También se ha estudiado la implicación de otras hormonas como el ABA y las citoquininas, aunque generalmente estas hormonas no tienen un efecto directo sobre la abscisión. En la mayoría de los casos el ABA acelera la abscisión mediante una inducción de la senescencia del órgano en cuestión, lo que provoca un incremento de la producción de etileno y es esta hormona, la que finalmente afecta al proceso de abscisión. Las citoquininas producen el efecto contrario, es decir, inhiben la senescencia, disminuyendo la producción de etileno y por tanto retrasan la abscisión. Sin embargo se ha visto que el ABA es el regulador principal de la abscisión en algunas especies, como en *Theobroma cacao* (Aneja et al., 1999), aunque por regla general se podría decir que la abscisión es un proceso activado por etileno e inhibido por auxinas (AIA).

Por otra parte, el etileno también modifica la expresión de los genes que codifican poligalacturonasas (PGs) y endo-1,4- $\beta$ -D-glucanasas (EGasas) específicas de la ZA. Estas proteínas son las principales enzimas hidrolíticas involucradas en la disolución de la pared celular durante la abscisión e imprescindibles para que se produzca la separación celular.

Existen genes que no están directamente implicados en la separación pero que intervienen en la protección frente a patógenos y en la respuesta al daño de la zona que queda expuesta tras la abscisión. Algunos de estos genes

están regulados por etileno, por ejemplo en *Sambucus* se han identificado una serie de genes que solo aparecen en la ZA tras una inducción con etileno.

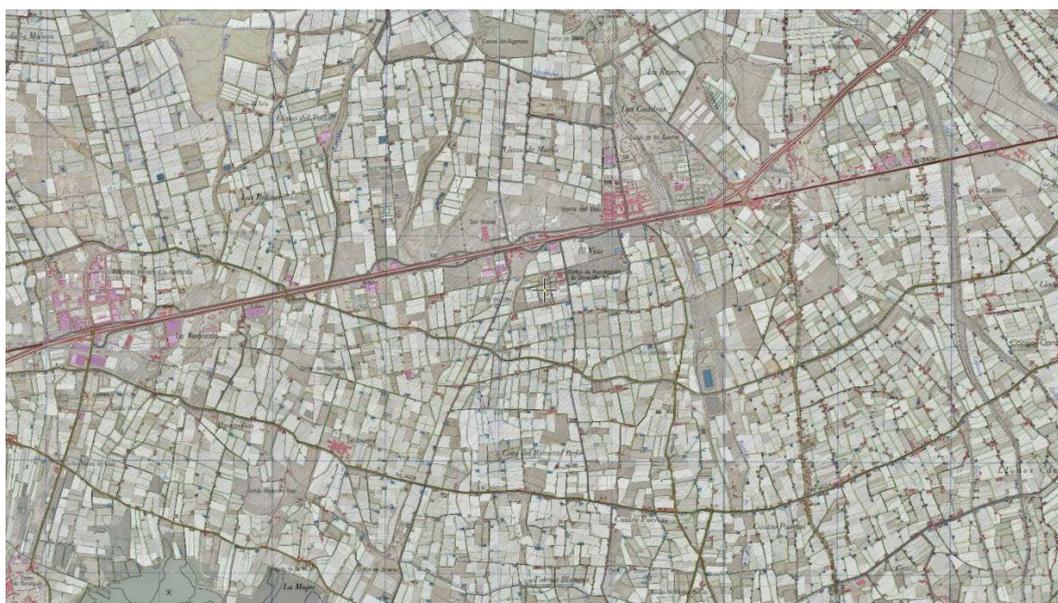
El ejemplo apoya el modelo de regulación de la abscisión en el que el etileno induce el proceso y las auxinas lo retrasan, sin embargo existen dudas sobre si el etileno es el único inductor de los cambios en el programa de expresión génica que finalmente provoca la caída del órgano en cuestión.

Actualmente se están presentando evidencias de la posible existencia de una ruta reguladora de la abscisión independiente de etileno.

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. EMPLAZAMIENTO DEL ENSAYO**

El ensayo se realizó durante la campaña 2007 en la finca Experimental IFAPA de La Mojonera, situada en Autovía del Mediterráneo salida 420 en el Término municipal de La Mojonera; Almería. (Figura 15)



**Figura 15.** Emplazamiento del ensayo, T.M. de La Mojonera (Almería)

La finca experimental está dotada de múltiples instalaciones destinadas a la investigación y formación agraria. Entre estas instalaciones existen 19 invernaderos de distintas estructuras. El invernadero utilizado para el ensayo, módulo A5 de Agricultura Ecológica (Figura 20), ha sido de tipo “raspa y amagado”.



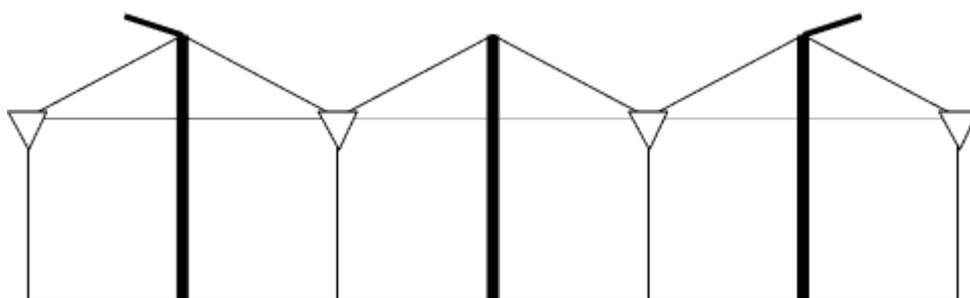
**Figura 16.** Situación y vista del invernadero A 5 de Agricultura Ecológica.

### **3.2. CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO.**

En la provincia de Almería la instalación de invernaderos tipo “raspa y amagados” está en continua expansión, ya que ofrece muchas posibilidades al agricultor. Una de las razones más importantes para su instalación es su moderado precio, comparándolo con otras instalaciones como los invernaderos tipo multitúnel; se puede realizar la evacuación del agua de lluvia, lo cual tiene cierta importancia en esta provincia por el déficit hídrico reinante; se crea un habitáculo muy estanco, evitando en lo posible la entrada de plagas y virus dañinos para el cultivo, y posibilitando la instalación de equipos de control de clima; por último, debido a su altura, permite atenuar las oscilaciones de temperatura y humedad del día y la noche, y obtener mayores producciones, al tener la planta suficiente espacio para desarrollarse.

### **3.2.1. Estructura.**

El invernadero donde se ha llevado a cabo el ensayo es de tipo “raspa y amagado”, con una estructura a base de acero galvanizado y alambre, constituido por 4 raspas de 8,6 m por 28 m de largo. La raspa o cumbrera tiene 4,70 m (tubo + bloque) y la banda del invernadero tiene 3,40 m.



**Figura 17.** Detalle de estructura externa de un invernadero raspa y amagado

El plástico de cubierta es un térmico tricapa de 800 galgas de color blanco y en su segundo año de implantación. (Figura)



. Detalle de la estructura del interior del invernadero (izquierda) y de las canaletas de chapa galvanizada (derecha).

El acceso al invernadero se realiza mediante una puerta corredera de chapa galvanizada, que da acceso a una antesala realizada en malla antitrips con una doble cortina que aísla el interior del invernadero de la entrada principal.

Posee canaletas de chapa galvanizada que van apoyadas sobre los ganchos galvanizados de los amagados, recogiendo el agua de la cubierta en esta zona y conduciendo hasta el exterior del invernadero, evitando así problemas de excesos de humedad en el interior del invernadero perjudiciales para el desarrollo de las plantas.

El invernadero cuenta con un pasillo de 3.2 metros a lo largo de toda su anchura para facilitar las labores en su interior.

### **3.2.2. Orientación.**

Las rasas que forman la estructura del invernadero están orientadas en dirección noroeste y las líneas de cultivo se orientaron en la misma dirección. El pasillo está orientado en dirección este-oeste.

### **3.2.3. Ventilación.**

La ventilación se realiza de forma pasiva mediante ventilación lateral de tipo enrollable que consta de una ventana de 1.5 metros de ancho por 24 m de largo en cada lateral del invernadero y una ventana de 1.5 metros de ancho por 32.4 m de largo en cada frontal del invernadero. Dicha superficie ventilable está cubierta de tela antitrips de 20 x 10 hilos x cm<sup>-1</sup>. (Figura 22)



**Figura 18.** Vista de las ventanas lateral y frontal y de su sistema de apertura/cierre.

#### **3.2.4. Suelo.**

El cultivo de calabacín destinado al ensayo se realizó en un enarenado tradicional. (Figura 23) Las características principales del enarenado utilizado en la zona se detallan a continuación: inicialmente, hay que roturar, despedregar y nivelar el terreno. Una vez preparado el terreno, se realiza la primera operación, que consiste en aportar el estiércol, enterrándose una parte ( $5 \text{ kg} \times \text{m}^{-2}$ , aproximadamente) en el suelo natural o en la tierra aportada. A continuación se extiende una capa de unos 2 cm de estiércol. Por último se coloca una capa de arena de playa de unos 10 cm de espesor, De esta manera se tiene un suelo con tres o cuatro estratos muy diferentes entre sí, tanto física como químicamente.

##### ***Primer estrato***

La arena, químicamente, se puede considerar como un sustrato inerte. La granulometría es muy variable, en los enarenados clásicos predomina la arena gruesa (entre 2,0 y 0,2 mm de diámetro), lo que hace que la velocidad de infiltración del agua sea alta. El bajo calor específico de la arena provoca su rápido calentamiento y enfriamiento. Su elevada porosidad encierra una gran masa de aire que actúa como aislante térmico, evitando que el suelo alcance altas temperaturas durante el día y se enfríe excesivamente por la noche. Esta propiedad determina la disminución de la evaporación desde el suelo y en

consecuencia evita la ascensión por capilaridad de las sales. (López y Naredo, 1996).

### ***Segundo estrato***

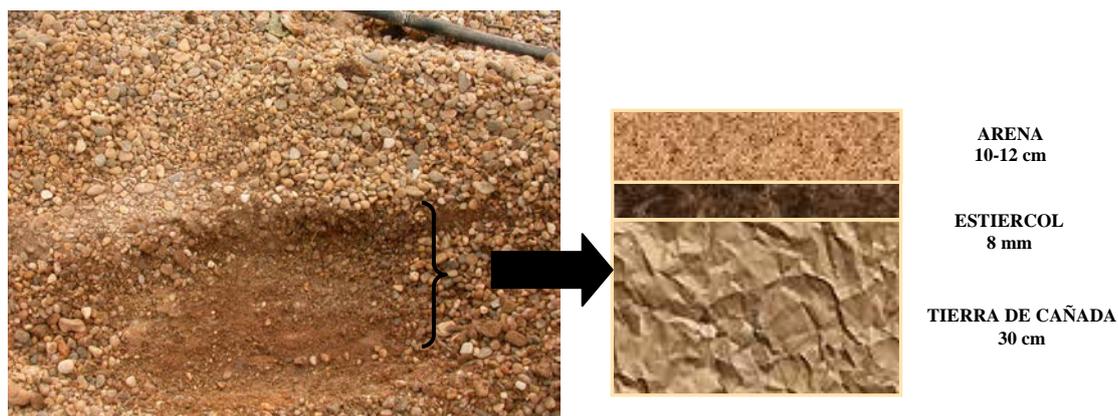
Este horizonte es fundamentalmente nutritivo y en él se encuentran más del 50% de las raíces de las plantas (Castilla y col. 1990). Lo constituye una capa de estiércol que suele tener entre 1 y 2 cm de espesor. Este estrato es relativamente menos permeable que el anterior y actúa controlando el balance hídrico y térmico. La estructura esponjosa del estiércol hace que retenga cantidades importantes de agua, que va cediendo poco a poco al cultivo. Además, el calor absorbido durante el día por la arena se transmite a la capa de estiércol, que lo transfiere lentamente al suelo, actuando como una cama caliente, con el consiguiente beneficio para el sistema radical de la planta y para la actividad química y biológica del suelo.

### ***Tercer estrato***

Constituido por el suelo aportado o el suelo natural con incorporación, en cualquier caso, de estiércol. Cuando de aporta tierra debe estar exenta de elementos gruesos.

### ***Cuarto estrato***

Son suelos, por lo general, poco profundos con una costra caliza (López y Naredo, 1996).



**Figura 19.** Detalle del enarenado existente en el invernadero (izquierda) y esquema de las capas que constituyen un enarenado tradicional (derecha).

### **3.3. SISTEMA DE RIEGO.**

El sistema de riego que presenta la Finca Experimental IFAPA de La Mojonera consta de:

#### **3.3.1. Cabezal de riego.**

Formado por tres tanques para la fertirrigación: la instalación de riego se encuentra en el primer módulo del invernadero, donde dos de los tanques de capacidad 100 litros cada uno se llenan manualmente. En uno de ellos depositamos ácido fosfórico y los microelementos, en el segundo se aportan nitrato cálcico, nitrato potásico y ácido nítrico. Así se evita que el fósforo precipite con el calcio o con el sulfato, produciéndose la obturación del sistema. El tercer tanque se emplea para la aplicación de fitosanitarios y tiene una capacidad de 50 litros

Una bomba centrífuga de impulsión de 3 CV de potencia, un piezómetro de estabilización del flujo de agua y varios manómetros para controlar la presión que hay en el sistema de fertirrigación

### **3.3.2. Red de distribución.**

El sistema de distribución comienza con una tubería de impulsión que se extiende desde el cabezal de riego hasta la posición del invernadero. Existe una electroválvula madre con la que se controla el paso de agua desde el sistema de fertirriego hasta los ramales de riego.

La zona invernada se riega mediante dos tuberías portarramales extendidas en el extremos este y oeste del invernadero y que alimentan a las tuberías portagoteros separadas entre sí 1 metro. (Figura 24)



**Figura 20.** Detalle de la red de tuberías utilizadas para la distribución del agua de riego.

La tubería principal que une la válvula madre con el invernadero es de PVC y tiene un diámetro interior de 60 mm. Las tuberías portarramales y portagoteros son de PE y tiene un diámetro interior de 32 y 12 mm, respectivamente.

Los emisores utilizados son autocompensantes, antidrenantes y de caudal nominal de  $3 \text{ l h}^{-1}$  (Figura 25) cuyo marco fue de  $1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ , es decir existen 2 goteros  $\times \text{ m}^{-2}$ .



**Figura 21.** Detalle de la tubería portagoteros (izquierda) y de un emisor (derecha).

### 3.3.3. Plan de riego.

Los requerimientos hídricos de las plantas varían a lo largo del ciclo de cultivo, según diferentes causas como el estado vegetativo de la planta, la temperatura en el interior del invernadero, la humedad del ambiente, etc. Se puede observar claramente las distintas fases en cuanto a las necesidades hídricas del cultivo que se reflejan en la tabla 2. Al inicio, se necesita una cantidad moderada de agua para que las semillas despierten y puedan emerger las plántulas. A continuación los aportes hídricos aumentan ya que en estas fechas las temperaturas aún son altas y las plantas están desarrollando su porte vegetativo. Más tarde, comienza a moderarse el aporte de agua, empieza la recolección y las temperaturas dentro del invernadero van bajando. Por último, tanto el aporte como el tiempo de riego disminuyen hasta el final del cultivo.

### 3.4. MATERIAL VEGETAL.

Para la realización del ensayo se ha utilizado dos variedades híbridas comerciales de calabacín correspondientes a la especie *Cucurbita pepo* morfotipo “zucchini”

Las características de cada una de las variedades utilizadas son las siguientes:

**Cora:** pertenece a la casa comercial Clause-Tezier, es una variedad adecuada para su siembra en ciclos de primavera, se trata de una variedad de vigor medio con frutos de color verde medio brillante, larga, homogénea y con pocas estrías. Entre sus características más destacables está la precocidad y elevada producción. (Figura 22)



**Figura 22.** Semillas (izquierda), plantas con cuatro hojas verdaderas (centro) y fruto (derecha) de la variedad *Cora*.

**Cavili:** pertenece a la casa comercial Nunhems, es una variedad muy temprana con un desarrollo vegetativo de la planta de porte medio. Sus frutos son de color verde grisáceo claro, de una longitud de 14-15 cm. Una de sus características más destacables es que presenta partenocarpia. (Figura 27)



**Figura 23.** Semillas (izquierda), plantas con cuatro hojas verdaderas (centro) y fruto (derecha) de la variedad *Cavili*.

Estas variedades han sido seleccionadas en base a un ensayo previo en el que se evaluó la abscisión floral y la expresión sexual en diferentes variedades de calabacín (Gómez y col., 2004). Se eligieron nueve híbridos comerciales de calabacín crecidos durante las campañas de primavera-verano de 2003, y en invierno-primavera de 2003-2004. Los resultados indicaron que entre las variedades con mayor incidencia de flor pegada estaba *Cavili*, con más de la mitad de los frutos con esta anomalía durante la campaña de primavera-verano, mientras que la variedad *Cora* no tenía gran incidencia de flor pegada. Para ver si el resultado de los tratamientos es efectivo será necesario comparar los efectos producidos en una variedad como *Cavili* de gran incidencia de flor pegada, con otra variedad que presenta mayor facilidad para el desprendimiento de la flor, utilizada en este caso como testigo. Puesto que todos estos resultados indicaban que las condiciones de primavera-verano eran las que inducían la aparición de flor pegada, el presente ensayo ha sido realizado en ciclo de primavera-verano.

Tras estos resultados se ha podido observar que ciertas condiciones ambientales, principalmente las altas temperaturas, podrían retrasar la abscisión floral de calabacín, por eso el ensayo ha sido realizado en ciclo de primavera-verano.

### **3.5. TÉCNICAS DE CULTIVO.**

#### **3.5.1. Ciclo de cultivo.**

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

### **Extratemporano**

La siembra se realiza durante el mes de septiembre (zona mediterránea), principalmente en Almería, e 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**

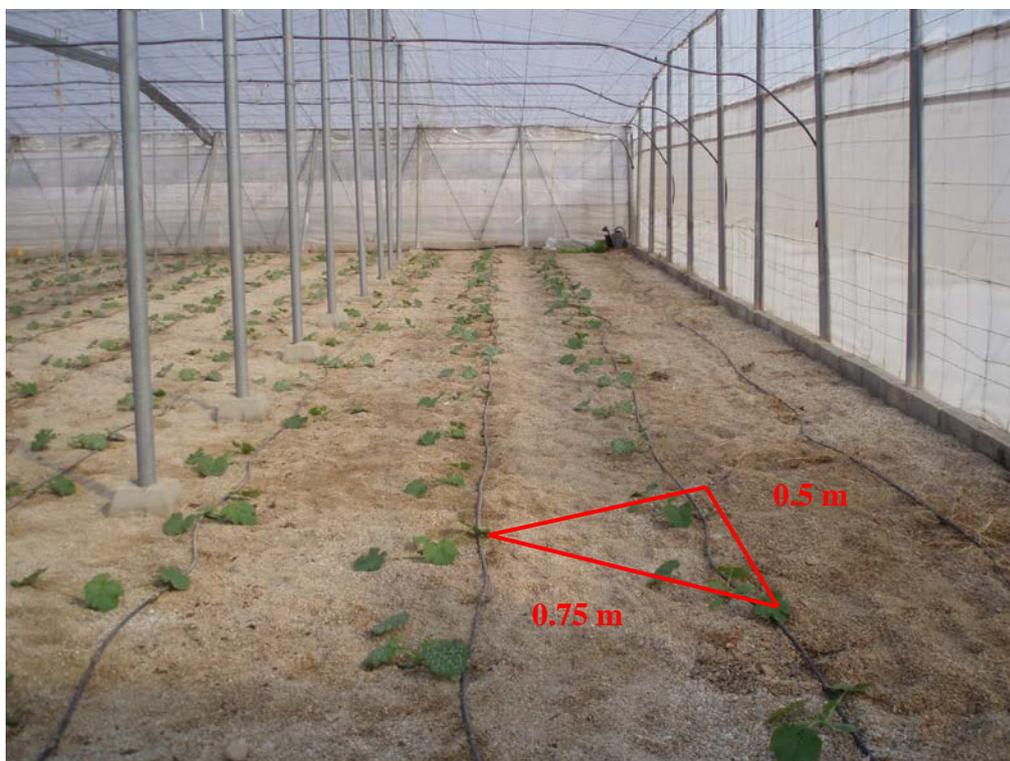
Se siembra a principios de abril y se inicia la recolección en junio (Reche, 1997).

La siembra en nuestro ensayo se realizó el 16 de febrero de 2007 y la recolección se inició el 9 de abril, extendiéndose hasta el 24 de abril día en que se realizó la recolección del último fruto utilizado para la toma de datos y se procedió al arranque del cultivo, por lo que el ciclo de cultivo llevado a cabo se engloba en el de tipo cultivo de ciclo corto semitardío.

### **3.5.2. Marco de plantación.**

El marco de siembra fue a tres bolillo con plantas separadas en líneas 0,5 m entre sí y pasillos separados 1 m, con 0,75 m entre plantas, resultando una densidad de plantación de 1,8 plantas x m<sup>-2</sup>, que es superior a la densidad

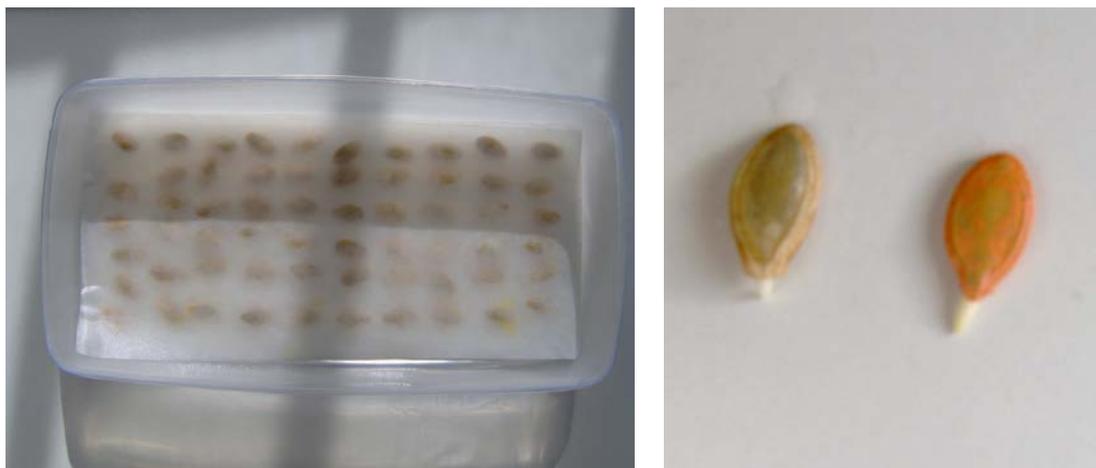
ofrecida por los marcos de plantación más habituales, que son 2 x 0,5 , 1 x 1 y 1,5 x 0,75 (Camacho, 2003). (Figura 28)



**Figura 24.** Detalle del marco de plantación utilizado.

### **3.5.3. Pregerminación de las semillas.**

Dos días antes de su siembra directa en el invernadero, 14 de Febrero de 2007, las semillas se pregerminaron sobre papel de filtro húmedo y en oscuridad, manteniendo las semillas bajo estas condiciones durante 48 horas, a temperatura ambiente (Figura 29).



**Figura 25.** Semillas de *Cora* preparadas para la pregerminación a la izquierda y semillas de *Cora* y *Cavili* pregerminadas a la derecha

#### **3.5.4. Siembra.**

En el ensayo llevado a cabo, la siembra en el invernadero se realizó el 16 de febrero del año 2007. Tras hacer un pequeño agujero en el enarenado en el que se colocó un poco de turba, se depositó la semilla pregerminada en el laboratorio y se cubrió con turba, comprimiendo ligeramente la semilla contra la tierra con los dedos. A continuación se cubrió con arena el agujero realizado. Los agujeros para la siembra se realizan coincidiendo con la ubicación de un gotero, durante el ciclo de cultivo cada planta es regada con un gotero.

Durante todo el cultivo se realizó la eliminación manual de malas hierbas que pudiesen competir con las plantas de calabacín por el agua y nutrientes. A los ocho días de la siembra, las plántulas ya habían desarrollado los cotiledones. Las plantas se empiezan a tratar a los 20 días de la siembra, momento en que la planta tiene desarrolladas 4-5 hojas verdaderas (Figura 30)



**Figura 26.** Planta de la variedad *Cavili* con 4 hojas verdaderas

Las primeras flores femeninas empiezan a aparecer a los 29 días de la siembra en el invernadero, el 20 de marzo, la primera flor femenina aparece en las plantas tratadas con etileno de la variedad *Cora*, inmediatamente después empiezan aparecer flores femeninas en la variedad *Cavili* y a continuación empiezan a desarrollarse las flores masculinas en ambas variedades, a los 3 días aproximadamente.

### **3.5.5. Entutorado.**

El objetivo de esta labor cultural, es ofrecer una mayor aireación a la planta, lo cual es imprescindible para evitar, en lo posible, la aparición y desarrollo de enfermedades, muy frecuentes en el calabacín, debido a su gran superficie foliar. También permite una mayor incidencia luminosa, mejorando así la asimilación fotosintética, lo cual repercute positivamente en la producción.

### **3.5.6. Poda.**

Para promover el crecimiento y desarrollo del tallo principal de calabacín se eliminaron los tallos secundarios de la planta el día 2 de abril con el objetivo de eliminar competencia por agua y nutrientes con el tallo principal, facilitar las labores de cultivo, aumentar la aireación en el cultivo y las condiciones lumínicas de la planta, aumentando así su capacidad fotosintética.

### **3.5.7. Plagas.**

#### **Mosca blanca**

Hay dos especies que parasitan al calabacín, *Trialeurodes vaporariorum* Y *Bemisia tabaci*; pudiéndolas diferenciar a simple vista entre ellas por su tamaño (más pequeña la *Bemisia*). Tanto una como otra son vectores de diversas virosis.

Los adultos y larvas se alimentan del tejido celular ocasionando más o menos daño dependiendo, fundamentalmente, del estado fenológico de la planta y el grado de infestación existente.

Las larvas segregan sustancias azucaradas sobre las que suelen desarrollarse diversos hongos (negrilla), manchando hojas y frutos, quedando éstos depreciados para su comercialización.

La incidencia de este insecto sobre el cultivo de calabacín del ensayo ha sido mínima, no existiendo daños notables en éste.

#### **Trips**

*Frankliniella occidentalis* es una especie que produce muchos daños en hortícolas. Los adultos y larvas se alimentan a partir de picaduras con las que inyectan su saliva, la cual, posteriormente, succionan mezclada con los jugos

celulares. Estas picaduras pueden afectar a cualquier órgano aéreo de la planta; aunque esta especie se siente atraída, preferentemente, por las flores, hojas jóvenes y ápice de la planta. El pecíolo y envés de las hojas presentan manchas de color plateado, las flores manchas de color blanquecino y los frutos pequeñas picaduras por las cuales suelen exudar savia.

Este insecto se ha concentrado casi exclusivamente en las flores del calabacín, aunque no ha ocasionado daño alguno al desarrollo normal de los frutos.

### **3.5.8. Enfermedades.**

#### **“Ceniza” u oidio de las cucurbitáceas**

La enfermedad es producida por los hongos *Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*. Los síntomas que se observan son manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas (haz y envés) que van cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera, también afecta a tallos y pecíolos e incluso frutos en ataques muy fuertes. Las hojas y tallos atacados se vuelven de color amarillento y se secan. Las malas hierbas y otros cultivos de cucurbitáceas, así como restos de cultivos serían las fuentes de inóculo y el viento es el encargado de transportar las esporas y dispersar la enfermedad. Las temperaturas se sitúan en un margen de 10-35 °C, con el óptimo alrededor de 26 °C. La humedad relativa óptima es del 70%.

Esta enfermedad no ocasionó muchos problemas en el cultivo a lo largo del ciclo.

#### **Botrytis**

Es producida por el hongo *Botrytis cinerea*. Las lesiones se producen principalmente en el extremo de los frutos (flores), a veces llegan al pedúnculo del mismo así como a las hojas y tallos.

Produce una pudrición recubierta por el micelio del hongo de color grisáceo. Su desarrollo se ve favorecido con humedad relativa entorno al 80% y temperaturas entre 20-25 °C. El hongo permanece en el suelo y cuando las condiciones son óptimas se desarrolla fácilmente, penetrando a través de los cortes, heridas de poda, etc.

De los problemas más importantes durante el ciclo de cultivo se encuentra la botrytis en flores y frutos. Esta enfermedad comienza en las flores de los calabacines y, una vez que los frutos comenzaban a desarrollarse, el micelio del hongo se iba introduciendo en ellos, llegando a depreciosarlos o, incluso, invalidarlos para la venta.

#### **3.5.1.9. Fisiopatías.**

##### **Frutos “chupados”**

Son frutos que no se desarrollan uniformemente y se quedan chupados, generalmente por la extremidad apical, aunque por la otra extremidad el desarrollo es normal. Este problema se debe normalmente a cambios bruscos de temperatura y/o humedad; falta de agua en el suelo; estrés hídrico o por tratamientos fitosanitarios.

##### **Frutos “ennieblados”**

Son frutos que paralizan su desarrollo en un estado muy joven y que al final son abortados. Las causas que pueden producir este problema son: agotamiento de la planta, falta de vigor vegetativo y también debido a tratamientos fitosanitarios.

### **Frutos curvados.**

Existen ocasiones en las que el fruto del calabacín se dobla por el centro del mismo, esto es debido a un mal cuajado de los mismos.

### **3.5.10. Introducción de insectos auxiliares.**

El 23 de Marzo se realizó una introducción de insectos auxiliares de forma preventiva para evitar el ataque de minadores y pulgones

Los insectos auxiliares introducidos en el invernadero donde se realizó el ensayo fueron:

#### ***Dygliphus isaea***

Himenóptero de la familia Eulophidae, originario de Europa. Los adultos son negros 2-3 mm. Las hembras son un poco más grandes que los machos y poseen una línea amarilla en las patas anteriores. Los adultos se alimentan de larvas de *Liriomyza bryonia* (Kaltenbach), *L. trifolee* (Burgess), *L. huidobrensis* (Blanchard), *Phytomyza syngenesiae* (Ardy) y otros dípteros minadores de hojas. Las hembras de *Diglyfus* realizan la puesta en el interior de la hoja, junto la larva del díptero de la que se alimentará hasta que complete su desarrollo, pupa y emerja un nuevo adulto que realizará una nueva puesta etc. La duración del desarrollo total es de 13 días a 25 °C y 33 días a 16 °C; el adulto vive 10 días a 25 °C y 32 días a 20 °C y las hembras ponen 200-300 huevos; a partir de 15 °C la población del depredador crece con mayor rapidez que la del Díptero parásito. Las hembras se alimentan de larvas del minador que se encuentren al final del primer estadio o en el segundo, las pica y las succiona; a 20 °C necesita unas 70 larvas para alimentarse. Este eulófidio detecta las larvas palpando con las antenas la superficie de la hoja; es capaz de controlar estas plagas, en especial, en cultivos en invernadero durante los meses estivales (Vademécum, 2002).

#### ***Aphidius colemani***

Himenóptero de la familia Braconidae parasitoide de *Aphis gossypi*, *Myzus persicae*, ambos muy polípagos, *Myzus nicotinae* y otros pulgones; los áfidos con patas altas como el pulgón verde del tomate o el pulgón de la digital no son sus presas preferidas. Este bracónido es capaz de controlar poblaciones de pulgones cuando su densidad es baja. La búsqueda se basa en que el bracónido detecta “sustancias alarma” que excreta la planta infestada, a poca distancia, detecta la melaza. Los pulgones de las colonias visitadas por el parasitoide emiten feromonas de alarma que inducen la huida de otros pulgones los cuales suelen caer al suelo y morir en él. Los adultos son negros, esbeltos, con patas marrones, antenas largas y venación alar notable, son de unos 2 mm, variando de acuerdo con el tamaño del áfido en el que se ha desarrollado. La hembra, de abdomen apuntado, busca ninfas y pulgones adultos y, cuando los encuentra, inserta un huevo en su interior, para ello dobla el abdomen por debajo del tórax y entre sus patas delanteras e inyecta con el ovipositor un huevo en el pulgón; este proceso dura una fracción de segundo. Durante los primeros días, los pulgones parasitados siguen comiendo, produciendo melaza e, incluso, descendientes. La larva se desarrolla a costa del individuo parasitado y, al llegar a su completo desarrollo (ya muerto el pulgón) lo que acontece al cabo de 7 días a 21° C, inmoviliza el pulgón en la hoja y teje un capullo en su interior de manera que el pulgón aparece como hinchado, el exterior se endurece y se vuelve coriáceo y de color marrón claro. A esta fase se la conoce como “momia”, de coloración dorada, siendo un índice visual que permite saber el grado de establecimiento del parasitoide en el cultivo. 4 días después, a 21°C, de la momia emerge un nuevo adulto que a lo largo de su vida, 2-3 semanas, podrá parasitar 200-300 nuevos pulgones. Los machos nacen de huevos no fecundados, siendo la proporción hembras/machos de 2:1. El ciclo de *Aphidius colemani* es de 14 días a 21°C, mientras que el de los pulgones suele ser de unos 9 días, esta diferencia, favorable al pulgón, se compensa con los cientos de huevos que pone el bracónido, la mayoría de los cuales se ponen en los 4 primeros días. Su empleo

es pues interesante para prevenir el establecimiento de la plaga. (Vademécum, 2002).

### **3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.**

#### **3.6.1. Caracterización del ensayo.**

El ensayo llevado a cabo trata de evaluar el efecto de la aplicación de distintos tratamientos con Etileno, STS (tiosulfato de plata) y AVG (aminoethoxyvinylglycine) sobre la calidad de los frutos y la incidencia de flor pegada en dos variedades de calabacín, *Cora* y *Cavili* durante la campaña 2007. Para ello se ha realizado un diseño de tres bloques en los que se distribuirán cuatro plantas para cada una de las variedades y cada uno de los tratamientos realizados, con un total de 96 plantas cuya distribución se explica a continuación. (Figura 32)

BLOQUE 3		AVG	AVG	STS	STS			
		AVG		ETILENO			ETILENO	
		AVG		ETILENO			ETILENO	
		STS		ETILENO			ETILENO	
		STS		ETILENO	AVG		ETILENO	
		STS		ETILENO	AVG		ETILENO	
		STS	CONTROL	CONTROL			CONTROL	CONTROL
		STS	CONTROL	CONTROL	AVG		CONTROL	CONTROL
					AVG		CONTROL	
BLOQUE 2		ETILENO	ETILENO			STS		
		ETILENO		AVG		STS	STS	
		ETILENO		AVG		STS	AVG	
		ETILENO		AVG		STS	AVG	
		ETILENO		AVG		STS	AVG	
		ETILENO		AVG	CONTROL		AVG	
		ETILENO		AVG	CONTROL	STS	AVG	
		ETILENO	CONTROL	CONTROL	CONTROL	STS		
		ETILENO	CONTROL	CONTROL	CONTROL	STS		
					CONTROL			
BLOQUE 1	ETILENO	AVG	AVG	CONTROL				
	ETILENO	AVG		STS	CONTROL			
	ETILENO	AVG		STS	CONTROL		STS	
	ETILENO			STS	CONTROL		STS	
				STS	CONTROL	ETILENO	STS	
				STS	CONTROL	ETILENO	STS	
					CONTROL	ETILENO	STS	AVG
					CONTROL	ETILENO	AVG	AVG
					CONTROL		AVG	
					CONTROL		AVG	



**Figura 27.** Distribución del ensayo en el invernadero.

### **3.6.2. Realización de los tratamientos.**

Para la realización de los tratamientos se utilizó un croquis en el que se detallaban los tratamientos a realizar y la ubicación de las plantas a tratar (Figura 32). Para ello se diferenciaron los tres bloques utilizando etiquetas como las de la figura 33.

También se marcaron con etiquetas de papel entre 4 y 6 flores femeninas por planta cuando estas contaban con un tamaño de 2,5-3 cm, estas serían las flores observadas a lo largo de la realización del ensayo. El resto de flores femeninas que aparecían en la planta se eliminaban para evitar la competencia en agua y nutrientes con los frutos marcados para la realización del ensayo.



**Figura 27a.** Etiquetas para diferenciar los módulos (izquierda) y flor de 3 cm marcada con etiqueta de papel. (derecha).

### **3.6.2.1. Fecha de realización de los tratamientos.**

Los tratamientos se realizaron siguiendo el siguiente calendario: se realizarán en seis ocasiones a lo largo del ciclo de cultivo, distanciando las aplicaciones dos veces a la semana.

**Tabla 4:** Fecha de realización de los tratamientos.

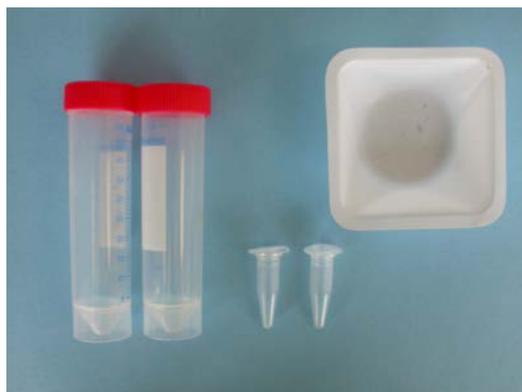
<b>FECHA TRATAMIENTO</b>	<b>DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE (DDT)</b>
9-marzo-2007	21
13-marzo-2007	25
16-marzo-2007	28
20-marzo-2007	32
23-marzo-2007	35
27-marzo-2007	39

### **3.6.2.2. Material.**

Material necesario para la preparación de las disoluciones y realización de los tratamientos:



**Figura 28.** Micropipetas CAPP de 0,2-2 µl, 10-100 µl, y 100-1000 µl (µl =microlitros)



**Figura 29.** Frascos de plástico de distinta capacidad y forma



**Figura 30.** Balanza de precisión



**Figura 31.** Agitador magnético regulable.



**Figura 32.** Matraz aforado de paredes rectas de 250ml



**Figura 33.** Pulverizador

### 3.6.2.3. Productos utilizados para la realización de los tratamientos

### 3.6.2.3.1. Aplicación del Etileno.



#### 1.1 Identificación de la sustancia o del preparado

Denominación:  
Etanol absoluto

#### Sinónimo:

Alcohol Eílico

Nº de Registro REACH: 01-2119457610-43-XXXX

#### 1.2 Uso de la sustancia o preparado:

Usos: para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.

#### 1.3 Identificación de la sociedad o empresa:

PANREAC QUIMICA S.L.U.

**Figura 34.** Producto utilizado para la realización del tratamiento con etileno.

#### Preparación de disolución de Etileno:

Para hacer una disolución con una concentración de 1000 ppm se diluyen 208 µL de etanol absoluto en 100 ml de agua.

En nuestro ensayo necesitamos una concentración de etileno de 200 ppm por lo tanto diluimos la quinta parte (41,66 µL de etanol absoluto) en 100 ml de disolución.

Modo de aplicación: Se aplicaron 100 microlitos por planta con una micropipeta de 10-100 µl en el ápice de crecimiento de la planta

### **3.6.2.3.2. Aplicación de AVG**



**Figura 35.** Producto utilizado para la realización del tratamiento con AVG.

#### **Preparación de la disolución de AVG.**

El producto indicado arriba viene con una concentración 25,42 mM de AVG, para realizar el ensayo necesitamos aplicar a la planta una concentración de AVG 1mM, para ello diluimos 39  $\mu$ L de la disolución madre en 956  $\mu$ L de agua y añadimos 5  $\mu$ L de Tween 20 (Polyoxyethylene (20) sorbitan monolaurate) para conseguir una mejor adherencia del producto a la planta.

Modo de aplicación: Se aplicaron 25 microlitos por planta con una micropipeta de 10-100  $\mu$ l en el ápice de crecimiento de la planta

### 3.6.2.3.3. Aplicación de STS (tiosulfato de plata).



**Figura 36.** Productos utilizados para la realización del tratamiento con tiosulfato de plata.

#### **Ficha técnica del tiosulfato de sodio**

Product name : Sodium thiosulfate

Product Number : S7026

Brand : Sigma

CAS-No. : 7772-98-7

#### **Substances**

Synonyms: Sodium thiosulphate

Formula:  $\text{Na}_2\text{O}_3\text{S}_2$

Molecular Weight : 158,11 g/mol

#### **Ficha técnica del nitrato del plata**

Product name: Silver nitrate

Product Number: S7276

Brand : Sigma

Índex-No. : 047-001-00-2

CAS-No. : 7761-88-8

#### **Substances**

Formula:  $\text{AgNO}_3$

Molecular Weight : 169,87 g/mol

Para realizar una disolución de Tiosulfato de plata a una concentración de 0,25 M realizamos una dilución de 0,085 gr de  $\text{AgNO}_3$  y 0,316 gr de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  descritos anteriormente en 5 ml de agua, posteriormente le añadimos 25 $\mu\text{L}$  Tween 20 (Polyoxyethylene (20) sorbitan monolaurate) para favorecer la emulsión de la mezcla y la adherencia del producto en las plantas que se van a tratar.

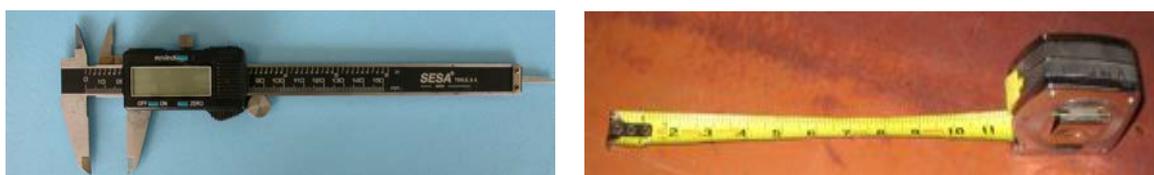
Modo de aplicación: Se aplicaron 25 microlitos por planta con una micropipeta de 10-100  $\mu\text{l}$  en el ápice de crecimiento de la planta

### **3.6.3. Toma de datos:**

La toma de datos comenzó a partir del marcaje de la primera flor, el día 26 de marzo, y finalizó con la recolección del último fruto, el día 24 de abril. Para la obtención de datos se realizaron unas tablas donde se recogieron los parámetros siguientes:

- Fecha del marcaje de las flores (días)
- Fecha de antesis floral (días)
- Fecha de abscisión floral (días)
- Fecha de recolección del fruto (días)
- Calibre del fruto (mm)
- Longitud del fruto (mm)
- Forma del fruto: recto, chupado, curvado
- Fruto con flor pegada: si o no.
- Tipo de flor (masculina, femenina y aborto floral) en cada uno de los entrenudos afectados por el tratamiento.

#### **3.6.3.1. Material necesario para la toma de datos:**



**Figura 37.** Calibre electrónico modelo “Yamaha” que mide de 0 a 150 mm y tiene una sensibilidad de 0,01 mm (izquierda) Cinta métrica con una sensibilidad de 1mm (derecha)

Para determinar el calibre y longitud del fruto se utilizó un calibre electrónico modelo “Yamaha” que mide de 0 a 150 mm y tiene una sensibilidad de 0,01 mm, utilizado para medir el calibre y una cinta métrica para medir la longitud. (Figura 39)

La determinación de la forma del fruto se realizó de forma visual diferenciando entre frutos rectos, chupados o curvados (Figura 40)



**Figura 38.** Frutos rectos de variedad *Cora* y *Cavili* (izquierda) y frutos curvados de variedad *Cora* (derecha).

Para determinar si una flor está pegada al fruto tras la recolección, se consideran dos casos distintos (Figura 41):

- 1-Cuando ocurre la antesis pero no la abscisión (la flor abre pero no se desprende del fruto) cuando el fruto alcanza su tamaño comercial (Figura 41 izquierda)

2- Cuando no ocurre ni la antesis ni la abscisión (la flor no se abre ni se desprende del fruto) en las mismas condiciones de tamaño comercial: (Figura 41 derecha)



**Figura 39.** Fruto de la variedad *Cavili* con flor pegada, la flor ha alcanzado la antesis y con forma de romualdo (izquierda), junto a frutos normales. Frutos de la variedad *Cavili* con flor pegada cuya flor no ha alcanzado la antesis, (derecha).

El tiempo de antesis o maduración floral lo vamos a medimos como el tiempo transcurrido en días desde que la flor femenina de la planta de calabacín tiene 2-2,5 centímetros y es marcada con su correspondiente etiqueta hasta que se produce la apertura de los pétalos de esa flor momento denominado como antesis.

Tiempo de abscisión floral lo medimos como el tiempo en días transcurrido desde la antesis floral hasta que los pétalos se desprenden del fruto.

Tasa de crecimiento longitudinal del fruto la medimos como el incremento en longitud medido en centímetros dividido entre el número de días transcurridos desde el momento del marcado del fruto (2-2,5 cm) hasta su recolección.

Tasa de crecimiento transversal lo estimamos dividiendo el diámetro del fruto entre los días transcurridos desde el día de marcado de los frutos hasta su recolección.

Efecto de los tratamientos sobre la determinación de la expresión sexual en las yemas florales de los entrenudos de la planta de calabacín lo evaluaremos estudiando el tipo de flor que aparece en cada uno de los 25 primeros entrenudos de las plantas (masculina, femenina o aborto floral). Contando el número de flores masculinas que aparecen en los sucesivos entrenudos de la planta hasta la aparición de la primera flor femenina en cada una de las plantas obtenemos la precocidad del cultivo y contando el número de flores masculinas que aparecen en los 25 primeros entrenudos de la planta la masculinización/feminización producida por los tratamientos.

Para estimar la longitud de los entrenudos tratados medimos con ayuda de una cinta métrica los entrenudos situados entre el 5º y el 25º que son los afectados por el tratamiento.

### **3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

Todos los datos se sometieron a análisis de la varianza ( $p < 0,05$ ) y al test de mínimas diferencias significativas con la ayuda del paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 5.1 para Windows.

#### Análisis de la varianza.

Este análisis se ha realizado por medio de la tabla ANOVA, la cual descompone la variabilidad de los diferentes factores dentro de contribuciones esperadas a varios factores. En este análisis, la contribución de cada factor, ha sido medida habiendo eliminado los efectos de los demás factores. Los valores de  $p$  que aparecen en las tablas muestran la insignificancia estadística de cada uno de ellos, de manera que cuando los valores de  $p$  son menores de 0,05, esos valores tienen un efecto estadísticamente significativo para el parámetro tratado a un nivel de confianza del 95 %.

### Test de rango múltiple.

El método usado para discriminar entre las medias, es el de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD). En las tablas obtenidas se aplican comparaciones múltiples para determinar que medias son significativamente diferentes de otras. El cálculo de los valores medios para cada nivel (o grupo de niveles) se ha realizado en función de la pertenencia de cada nivel a un grupo homogéneo o a la intersección entre varios grupos.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

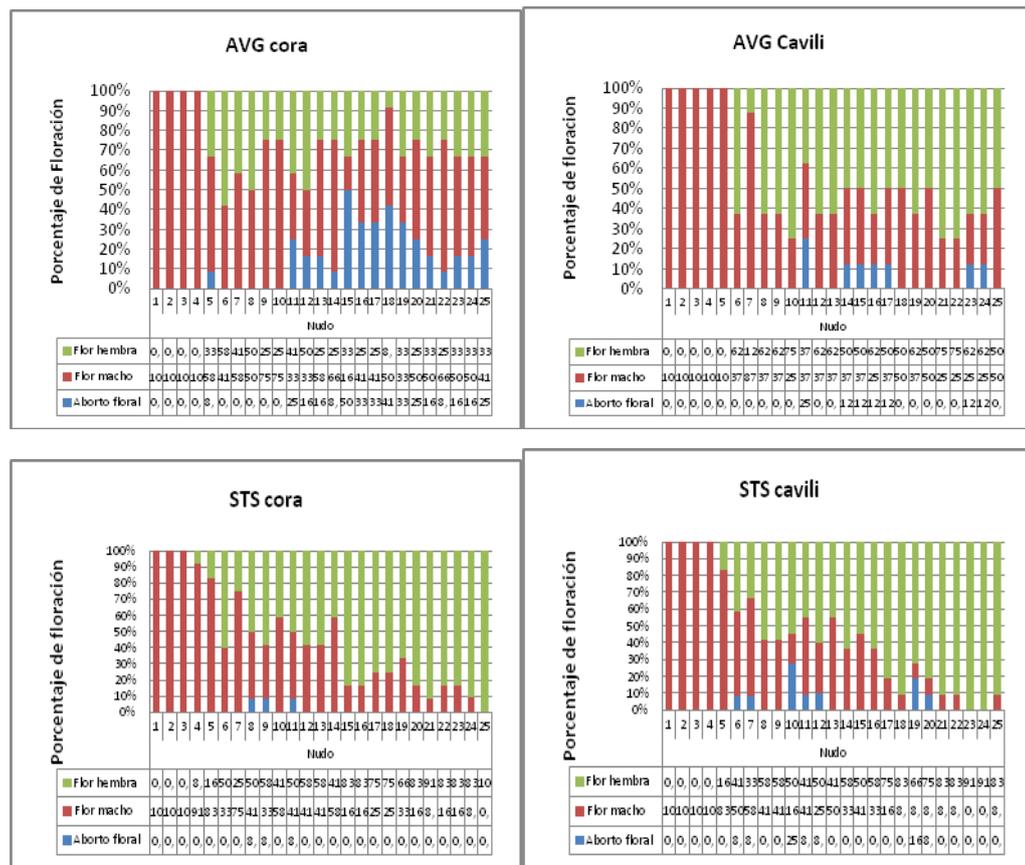
Está muy documentado el papel del etileno en la expresión sexual de las cucurbitáceas. Su efecto feminizante es conocido desde 1969 cuando Robinson et al. (1969) realizaron una aplicación de etefon sobre plántulas de una variedad de pepino (monoica) observando un incremento del número de flores femeninas en los nudos basales. El etefón tiene el mismo efecto feminizante sobre otras especies cultivadas de cucurbitáceas tales como melón y calabacín. En esta última especie, los tratamientos con inhibidores de etileno favorecen la producción de flores masculinas y la transformación de las flores femeninas en bisexuales (Manzano et al., 2011). Este último efecto parece estar asociado con un retraso en la maduración y abscisión de los órganos florales, y por tanto con lo que se ha venido en llamar el síndrome de flor pegada (Payán et al., 2006, Peñaranda et al., 2007).

Para determinar si la incidencia de flor pegada en calabacín está asociada con una disminución de la producción de etileno en las flores femeninas, en este proyecto hemos estudiado el efecto de diferentes tratamientos que promueven o reducen la producción de etileno en dos variedades de calabacín, *Cora* y *Cavili*, que difieren en la incidencia de flor pegada. En primer lugar hemos confirmado el efecto sobre la expresión sexual, lo que asegura que las dosis utilizadas son las adecuadas. Una vez confirmada la efectividad del tratamiento, se ha estudiado el efecto que los diferentes tratamientos tienen sobre el tiempo de maduración y abscisión de los órganos florales, la tasa de crecimiento de los frutos y la incidencia de flor pegada.

### **4.1. EFECTO DEL ETILENO SOBRE LA EXPRESIÓN SEXUAL DE CALABACIN.**

Para determinar el efecto de los tratamientos con etefón, AVG y STS sobre la expresión sexual de las variedades *Cora* y *Cavili* hemos estudiado los siguientes parámetros:





**Figura 40.-** Efecto de los tratamientos con etefón, AVG y STS sobre la distribución de las flores femeninas, masculinas y abortos en el tallo principal de las plantas de las variedades *Cora* y *Cavili*

El tratamiento con etefón produjo una disminución drástica en el número de flores masculinas iniciales, tanto en *Cora* como en *Cavili* (Figura 40). En los nudos más bajos, cabe destacar el aumento considerable en el número de abortos florales, que se acentúa en los nudos 5-9, inmediatamente después del primer tratamiento hormonal. Dado que el porcentaje de abortos disminuye en los nudos posteriores, es muy probable que estos abortos se deban a un aumento de etefón en meristemas florales que se habían determinado ya como masculinos cuando se inició el tratamiento hormonal. A partir de estos nudos iniciales abortados, el etefón produce una transformación completa de flores masculinas en femeninas, aunque todavía se pueden observar algunos abortos florales, principalmente en *Cavili* (Figura 40).

El porcentaje medio de flores masculinas en las plantas control fue de aproximadamente el 50% (exceptuando el nudo 7) hasta llegar al nudo 14 en donde se produce una bajada del porcentaje de flores masculinas en torno a un 10-20%. Sin embargo en las plantas tratadas con etefón (**Figura 40**) se produce una disminución drástica en cuanto al porcentaje de flores masculinas de manera que en el nudo 5 el porcentaje de flores masculinas son del 33,33%, disminuyendo este en el nudo siguiente hasta un porcentaje del 8,33% y en los nudos consecutivos el porcentaje de flor maculina desaparece.

El tratamiento con AVG (inhibidor de la biosíntesis de etileno) produjo un aumento del porcentaje de flores masculinas a partir del nudo 6, aunque también aumentó el porcentaje de abortos florales a partir del nudo 11, decreciendo hasta el nudo 13 y con un aumento brusco en el nudo 14 con tendencia decreciente hasta el nudo 18. Probablemente esta evolución en diente de sierra de los porcentajes de abortos coincidan los valores máximos de abortos con las fechas de aplicación del AVG en el ápice de la planta por lo que una alta inhibición de etileno puede producir un alto porcentaje de abortos, sin embargo una producción por debajo de lo normal de síntesis de etileno puede producir la masculinización de la flor.

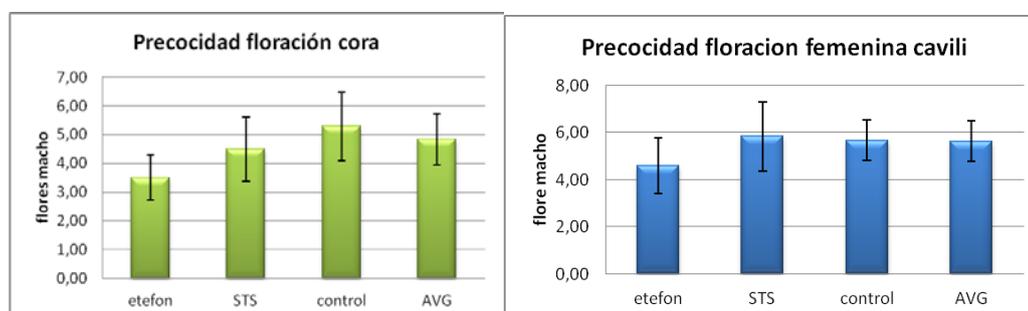
Las plantas de la variedad *Cora* tratadas con STS (inhibidor de los receptores del etileno) difirieron poco respecto a las plantas control (**Figura 40**). Es probable que la concentración de 0.25 mM utilizada fuera muy alta para *Cora*. De hecho, algunos meristemos apicales se quemaron por lo que continuamos el tratamiento en meristemos axilares. En *Cavili*, sin embargo, el tratamiento con STS si produjo cierto grado de masculinación (**Figura 40**).

El etileno por lo tanto influye en la expresión sexual de calabacín tal y como se describe en trabajos publicados por autores como Shanon y Robison (1979), Rudich (1990) y Manzano *et al* (2011). Al igual que en los trabajos publicados previamente, el aumento del etileno en el meristemo apical de la planta induce el desarrollo de flores femeninas, mientras que la disminución de

la producción o la sensibilidad al etileno, producidas por AVG y STS, favorece el desarrollo de flores masculinas.

#### 4.1.2. Precocidad en la floración femenina

Los efectos del etileno sobre la precocidad de la floración femeninas, es decir el número de flores masculinas necesarias para que se induzca la aparición de la primera flor femenina, se muestra en la Figura 41 y en las Tablas 5 y 6.



**Figura 41.-** Efecto de los tratamientos con etefón, AVG y STS sobre el número medio de flores masculinas iniciales, hasta la aparición de la primera flor femenina, en plantas de las variedades *Cora* y *Cavili*. Las barras de error indican la desviación estándar.

**Tabla 5.-** Comparación de la precocidad de la floración femenina en variedad *Cavili*

Método: test LSD al 95%			
Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
Etefón	4,58	1,19	a
Control	5,67	1,46	b
AVG	5,63	0,85	b
STS	5,83	0,86	b

**Tabla 6.-** Comparación de la precocidad de la floración femenina en la variedad *Cora*.

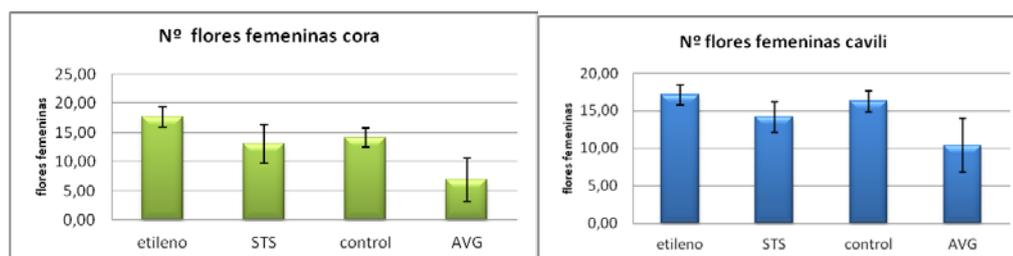
Método: test LSD al 95%			
Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
etefón	3,50	1,19	a
STS	4,50	1,12	b
AVG	4,83	0,90	b
control	5,28	0,78	b

No se han detectado diferencias significativas entre el control y los tratamientos que inhiben el etileno (AVG y STS). En cambio, el tratamiento con etefon disminuyó significativamente la fase de desarrollo masculino inicial en las variedades *Cora* y *Cavili* (**Tablas 5 y 6**). Estos resultados demuestran que una alta concentración de etileno en la planta influye en la precocidad de la floración femenina, sin embargo una deficiencia de etileno por debajo de los parámetros normales no retrasa la aparición de la primera flor femenina. Probablemente en estos casos la masculinización de las flores, este influenciada en mayor medida por las condiciones climáticas tal y como indican los trabajos de Ryłski y Aloni (1990) y Wien (1997) que habían observado que las altas temperaturas y los días largos promueven la producción de flores masculinas en *C. pepo*.

Entre las dos variedades estudiadas, se aprecia en general que existe una mayor precocidad de la variedad *Cora* con respecto a *Cavili*, independientemente del tratamiento que se observe.

#### **4.1.3. Flores femeninas por planta**

Los resultados obtenidos en cuanto al número de flores masculinas y femeninas por tratamiento de cada una de las variedades ensayadas se muestra en la **Figura 42** y en las **Tablas 7 y 8**.



**Figura 42.-** Efecto de los tratamientos con etileno, AVG y STS sobre el número medio de flores femeninas por planta en cada variedad. Las barras de error indican la desviación estándar.

El mayor número de flores femeninas se produce en los tratamientos realizados con etefon tanto para la variedad *Cora* como para la variedad *Cavili*. Por otro lado, el mayor número de flores masculinas se produce en el tratamiento realizado con AVG. Estos resultados indican que en plantas con alta concentración de etileno se produce un aumento de la floración femenina, y que 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 coinciden por los obtenidos por Robinson *et al.* (1970), Rudich *et al.* (1970), Rudich (1990); Tongjia y Quinn (1995); Yamasaki *et al.* (2005), 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 distintas especies de cucurbitáceas como el melón, sandía y calabacín.

**Tabla 7.-** Comparación del número de flores femeninas por tratamiento en la variedad *Cavili*.

Método: test LSD al 95%			
Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
AVG	10,38	4,44	a
STS	14,17	2,34	b
control	16,25	1,48	c
etefón	17,08	1,55	c

**Tabla 8.-** Test LSD para número de flores femeninas por tratamiento variedad *Cora*.

Método: test LSD al 95%			
Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
AVG	6,91667	4,83	a
STS	13	4,50	a
control	14,0534	5,28	b
etefón	17,6667	3,50	c

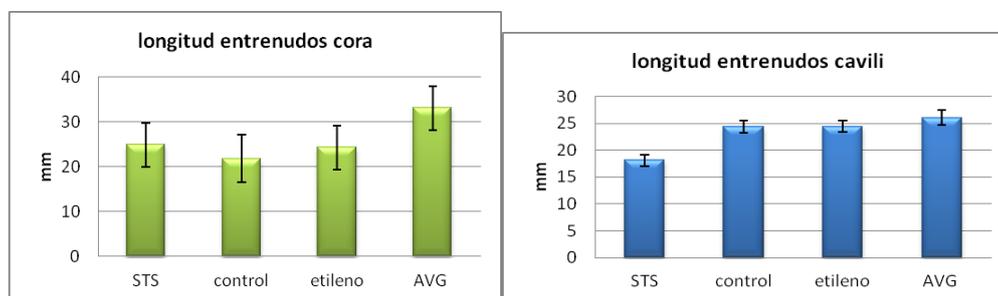
Analizando los resultados de floración femenina obtenidos de la variedad *Cavili* por tratamiento (**Tabla 7**) se observa no que existen diferencias estadísticamente significativas entre el etefon y el control, sin embargo sí existe entre estos dos tratamientos y los realizados para inhibir el etileno en la planta, lo que quiere decir que para la variedad *Cavili* en la floración femenina afecta más una disminución de la concentración del etileno que un aumento de este.

Para el caso del efecto de la floración femenina por tratamiento en la variedad *Cora* (**Tabla 8**) se observa que en este caso no existen diferencias estadísticamente significativas entre el control y el tratamiento realizado con STS (inhibidor de los receptores del etileno), en cambio entre este grupo y los otros dos tratamientos sí existen diferencia estadísticamente significativa, de forma que el etefón aumentó significativamente el número de flores femeninas por planta, mientras que el AVG las disminuyó (**Tabla 8**).

#### 4.2. EFECTO DEL ETILENO SOBRE EL TAMAÑO DE LOS ENTRENUDOS

Se ha estudiado el efecto que tiene el aumento y la disminución de la concentración del etileno en la longitud de los entrenudos de las plantas de las dos variedades de calabacín. El tratamiento con STS disminuyó significativamente la longitud de los entrenudos de la variedad *Cavili* (**Figura 43**, **Tabla 9**). Sin embargo, los entrenudos más largos se encuentran en el

tratamiento realizado con AVG en la variedad *Cora*, aunque en este último caso las diferencias no fueron significativas (Tabla 10).



**Figura 43.-** Longitud de entrenudos por tratamiento para la variedades *Cora* y *Cavili*. Las barras de error indican la desviación estándar.

**Tabla 9.-** Comparación de longitud de entrenudos por tratamiento en la variedad *Cavili*.

Método: test LSD al 95%			
Tratamiento	Media LS	DS	Grupos Homogéneos
STS cavili	18,08	1,10	a
control cavili	24,35	1,10	b
etileno cavili	24,41	1,10	b
AVG cavili	26,06	1,34	b

**Tabla 10.-** Comparación de la longitud de entrenudos por tratamiento en la variedad *Cora*

Método: 95,0 porcentaje LSD			
Tratamiento	Media LS	DS	Grupos Homogéneos
control cora	21,81	5,33	a
etileno cora	24,23	4,86	a
STS cora	24,87	4,86	a
AVG cora	33,02	4,86	a

#### 4.3. EFECTO DEL ETILENO SOBRE LA APARICIÓN DE FRUTOS CON FLOR PEGADA

En trabajos anteriores, se han evaluado los porcentajes de frutos con flor pegada de distintas variedades, tanto en condiciones de invierno como en condiciones de primavera-verano. Algunas de las variedades mostraron una gran proporción de frutos con flor pegada únicamente en condiciones de primavera-

verano. (Gómez y col., 2004a). Por tanto, el aumento de las temperaturas ambientales es uno de los factores que inducen la aparición de frutos con flor pegada en calabacín. Las flores que se quedan pegadas a los frutos muestran también un proceso de masculinización que se caracteriza por un crecimiento anómalo de estambres con distinto grado de desarrollo (**Figura 44**). Dado que la inhibición de los estambres en las flores femeninas está causado por un aumento de etileno en los botones florales femeninos (Manzano et al., 2011), es muy probable que la incidencia de flor pegada esté asociada con una disminución de etileno en los meristemos apicales de la planta o en los botones florales femeninos pequeños.



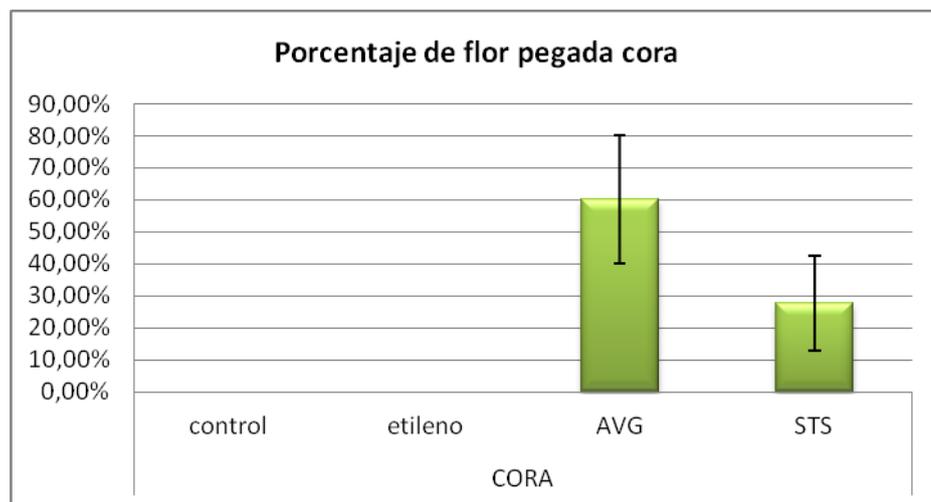
**Figura 44.-** Detalle de la morfología de las flores femeninas de calabacín con un crecimiento anómalo de estambres.

El efecto de los tratamientos con etefón, AVG y STS sobre la incidencia de flor pegada se ha realizado sobre las variedades híbridas de calabacín *Cora* y *Cavili*, seleccionadas de entre las variedades comerciales utilizadas en el campo almeriense por su mayor y menor incidencia de flor pegada cuando se realiza el cultivo bajo condiciones de primavera-verano (Gómez y col., 2004a). Para determinar el efecto de los tratamientos con etefón, AVG y STS sobre la incidencia de flor pegada, hemos evaluado los siguientes parámetros:

1. Incidencia de flor pegada, diferenciando tres categorías diferentes:
  - Porcentaje de frutos con flor pegada total, es decir aquellos en que llegado el momento de la recolección la flor sigue adherida al fruto y no se desprende con facilidad.
  - Porcentaje de flor pegada que no llega a antesis, es decir permanecen cerradas y verdes en el momento de la recolección del fruto.
  - Porcentaje de flores pegadas que llegan a antesis pero no ocurre la abscisión floral.
2. Tiempo de antesis o maduración floral: el tiempo de antesis lo vamos a definir como el tiempo transcurrido en días desde que la flor femenina tiene 2-2,5 cm de longitud hasta que se produce la apertura de los pétalos (antesis).
3. Tiempo de abscisión floral: definido como el tiempo en días transcurrido desde la antesis floral hasta que los pétalos se desprenden del fruto.

### 4.3.1. Porcentaje de flor pegada total

Seguidamente se muestran los porcentajes obtenidos de flor pegada total con resultados muy dispares en función de la variedad (**Figuras 45 y 46**). En la variedad Cora, que no produce frutos con flor pegada bajo las condiciones inductivas de primavera-verano, éstos se inducen cuando las plantas fueron tratadas con inhibidores de etileno tales como AVG y STS, especialmente cuando disminuimos el etileno interno con el inhibidor de la biosíntesis de etileno AVG. De hecho, este tratamiento indujo un aumento significativo de frutos con flor pegada en esta variedad (**Tabla 11**).



**Figura 45.-** Porcentaje de frutos con flor pegada total en la variedad *Cora*

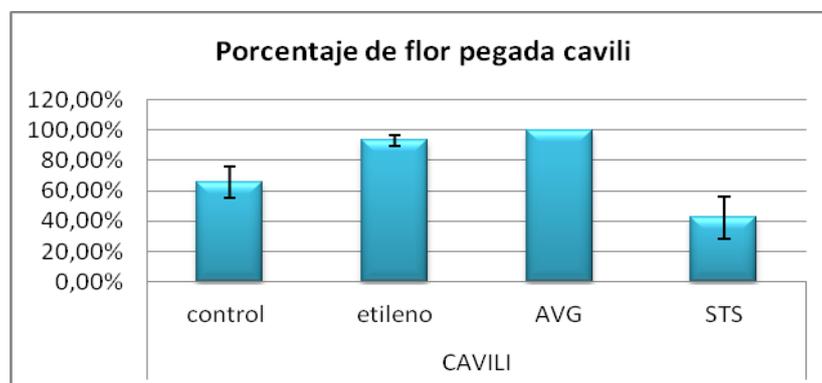
**Tabla 11.-** Comparación del porcentaje de flor pegada por tratamiento en la variedad *Cora*

Método: LSD 95%			
Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
Etefón	0	0	a
Control	0	0	a
STS	27,67%	14,7%	ab
AVG	60 %	20%	b



**Figura 46.-** Patrón de desarrollo de las flores de Cora tratadas con etileno.

En *Cavili*, sin embargo, que produce un alto porcentaje de flor pegada en las plantas control (Figura 47), aunque el AVG, al igual que en Cora, produjo un incremento significativo en el porcentaje de flor pegada (todos los frutos de plantas tratadas con AVG fueron con flor pegada), el STS disminuyó significativamente el porcentaje de frutos con flor pegada en esta variedad. Estos resultados diferenciales entre *Cora* y *Cavili* puede estar causada por el nivel de etileno que producen ambas variedades. De hecho, se ha demostrado que la variedad *Cavili* produce menos etileno que Cora durante el desarrollo de las flores femeninas (Payan, et al. 2006)



**Figura 47.-** Porcentaje de frutos con flor pegada en la variedad *Cavili*

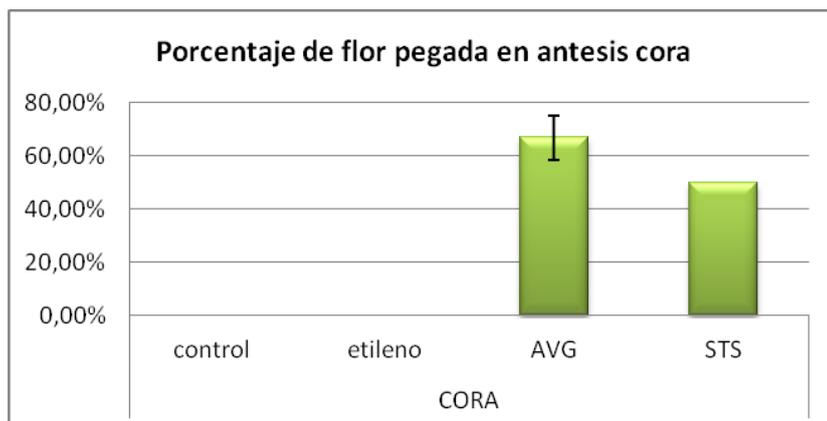
**Tabla12.-** Comparación del porcentaje de flor pegada variedad *Cavili* por tratamiento

Método: test LSD al 95%			
Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
STS	42%	13,52%	a
Control	95%	10,26%	b
etefón	93%	3,64%	b
AVG	100%	0%	c

Si comparamos el efecto de la flor pegada entre las dos variedades se ve claramente que hay una diferencia ocasionada por la naturaleza de las propias variedades de manera que en *Cora* solo se inducen frutos con flor pegada cuando disminuimos la producción o la sensibilidad al etileno de las flores con tratamientos con AVG y STS, mientras que en *Cavili* los frutos con flor pegada se han desarrollado independientemente del aumento y la inhibición del etileno en la planta como consecuencias de los tratamientos externos, aunque los tratamientos con AVG acentúan la incidencia de esta fisiopatía.

#### **4.3.2. Porcentaje de flor pegada que llega a antesis**

Tal y como se muestra en la **Figura 48**, dentro de las flores pegadas de la variedad *Cora*, que aparecen sólo en los tratamientos de AVG y STS. se produce un porcentaje de flor pegada que estadísticamente es significativo entre ambos tratamientos (Tabla) de manera que en el tratamiento realizado con AVG hay mas porcentaje de flor pegada abierta que en el caso del STS, por lo que la inhibición de la síntesis de etileno influye en mayor medida sobre la antesis de las flores que la inhibición de los receptores del etileno en la variedad *Cora*.

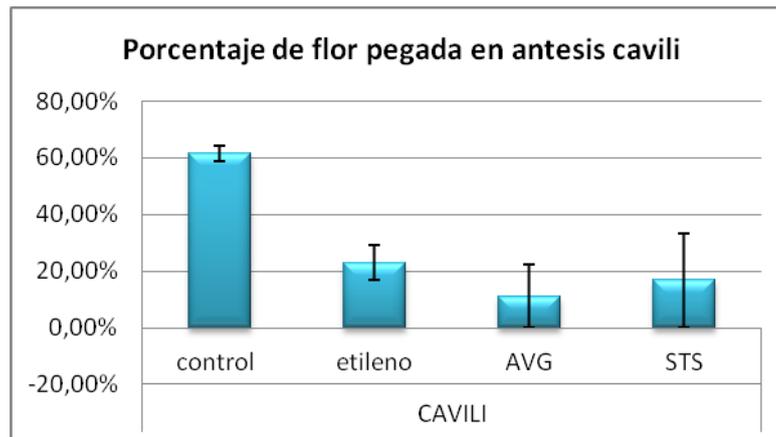


**Figura 48.-** Porcentaje de flor pegada en antesis en la variedad *Cora*

**Tabla 13.-** Comparación del porcentaje de flor pegada abierta variedad *Cora* por tratamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD			
A.Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
Control cora	0%	0%	a
etefón cora	0%	0%	a
STS cora	50%	0%	b
AVG cora	67%	8,53%	c

En *Cavili* los resultados obtenidos fueron totalmente distintos a los de la variedad *Cora*. A nivel estadístico, los efectos del porcentaje de la flor pegada de cada uno de los tratamientos realizados sobre la variedad *Cavili* indicaron que los tratamientos fueron capaces de disminuir el porcentaje de flores pegadas que alcanzaban la antesis (Figura Tabla 14).



**Figura 49.-** Porcentaje de flor pegada en antesis en la variedad *Cavili*.

**Tabla14.-** Comparación del el porcentaje de flor pegada abierta variedad cavili por tratamiento.

Método: test LSD al 95%

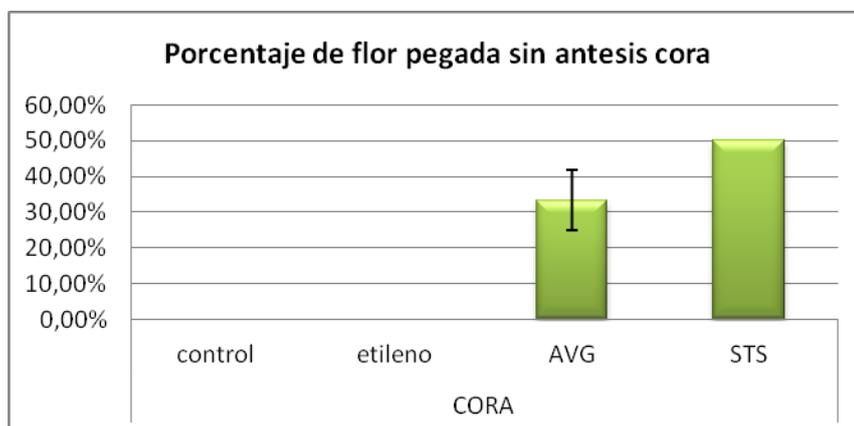
A.tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
AVG cavili	11,11%	11,11%	a
STS cavili	16,67%	16,67%	a
etefón cavili	23,02%	6,35%	a
Control cavili	61,53%	2,73%	b

#### 4.3.3. Porcentaje de flor pegada que no alcanza la antesis

En muchos de los frutos con flor pegada, ésta no alcanzaba la antesis, sino que permanecía verde y cerrada en frutos con tamaño comercial. Este porcentaje de flores pegadas se representa en las **Figuras 50 y 51** y en las **Tablas 15 y 16**.

En *Cora*, la incidencia de flor pegada sin antesis ocurre solo para los tratamientos AVG y STS (**Tabla 15**). Por tanto, la inhibición de la biosíntesis y percepción de etileno puede inducir el desarrollo de estambres en las flores femeninas de calabacín (Manzano *et al.* 2010), a la vez que aumentar el porcentaje de frutos con flor pegada sin antesis en esta variedad. De alguna manera, estos resultados demuestran que el etileno es necesario para una correcta maduración de la flor femenina de calabacín, y que su inhibición produce flores inmaduras y cerradas. A la vez, cabe destacar que estos frutos con

flor pegada son partenocárpicas, pues al tener las flores cerradas y verdes no han podido ser polinizados. A pesar de ello, los frutos alcanzan un tamaño considerable tal y como puede observarse en las **Figuras 52 y 53**.

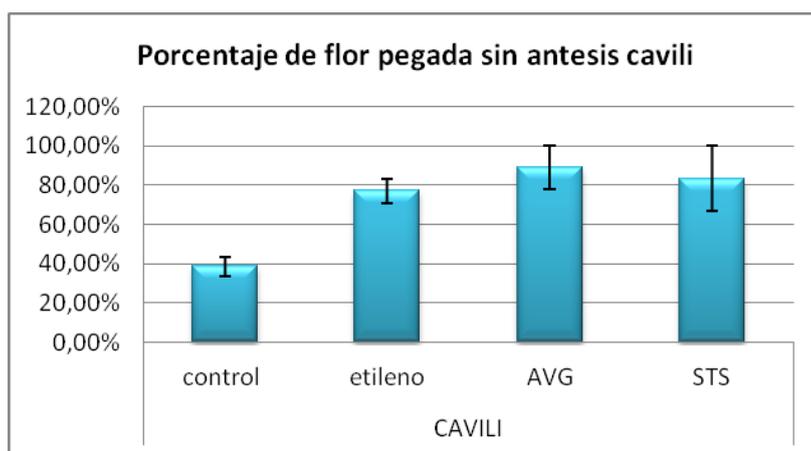


**Figura 50.-** Porcentaje de flor pegada sin antesis en la variedad *Cora* por tratamiento.

**Tabla15.-** Comparación del porcentaje de flor sin antesis variedad *Cora* por tratamiento.

Método: test LSD al 95%			
Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
AVG	33,33%	8,33%	a
STS	50%	0%	ab
etefón	0	0	b
Control	0	0	b

En cambio, en la variedad Cavili (Tabla 16), el efecto del la inhibición y el aporte de etileno a la planta afecta de la misma manera a la incidencia de flores pegada que no llegan a antesis. De nuevo, estas diferencias varietales en los efectos del etileno, AVG y STS pueden deberse a los menores niveles internos de esta hormona en la variedad Cavili (Payán et al., 2006).



**Figura 51.-** Porcentaje de flor pegada sin antesis en la variedad *Cavili*.

**Tabla 16.-** Comparación del porcentaje de flor sin antesis variedad *Cavili* por tratamiento

Método: test LSD al 95%			
Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
Control	38,47%	4,63%	a
etefón	76,98%	6,35%	b
STS	83,33%	16,17%	b
AVG	88,89%	11,11%	b

Por tanto la inhibición de la síntesis del etileno o de los receptores de esta hormona, en las primeras etapas del desarrollo de la flor daría lugar a un desarrollo anormal de estambres en las flores femeninas (**Figuras 52 y 53**) produciéndose a su vez la inhibición de la antesis en la flor tal y como se describen en los trabajos de Yamasaki *et al.* (2003) en pepino, Boualem *et al.* (2008 y 2009) en melón y pepino, y Manzano *et al.* (2011) en calabacín.



**Figura 52.-** Detalle de la morfología de una flor pegada sin antesis en los tratamientos con AVG. Nótese que las flores pegadas son hermafroditas.



**Figura 53.-** Frutos con flor pegada de la variedad Cavili tratados con STS. Nótese que la flor no se ha abierto incluso en frutos para cosechar.

#### 4.4. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS CON ETILENO, AVG Y STS SOBRE LA CALIDAD DEL FRUTO DE LAS VARIEDADES *Cora* Y *Cavili*.

Además, de los parámetros descritos anteriormente se ha estudiado el efecto de estos tratamientos hormonales sobre otros parámetros de calidad del fruto. Concretamente los parámetros ensayados han sido los siguientes:

1. Forma externa del fruto: calidad del fruto en función de su forma externa , recto, curvado y/o “chupado”
2. Frutos con ovario supero, una anomalía del desarrollo del fruto que puede estar relacionada con el síndrome de la flor pegada en los frutos de calabacín.

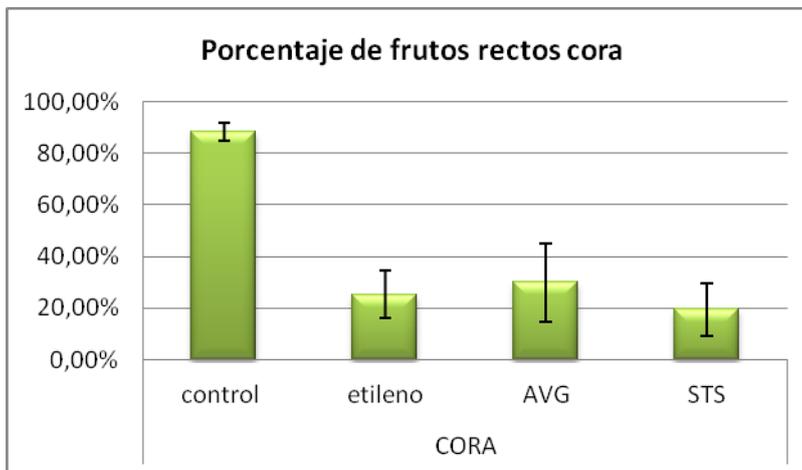
##### 4.4.1 Porcentaje de frutos rectos

Los resultados obtenidos en relación al porcentaje de frutos rectos (**Figura 54**) por tratamiento son los siguientes para cada una de las variedades ensayadas.



**Figura 54.-** a la izquierda fruto recto de la variedad *Cora* tratado con STS a la derecha desarrollo de distintos frutos de planta control *Cavili* donde se aprecia que todos son rectos

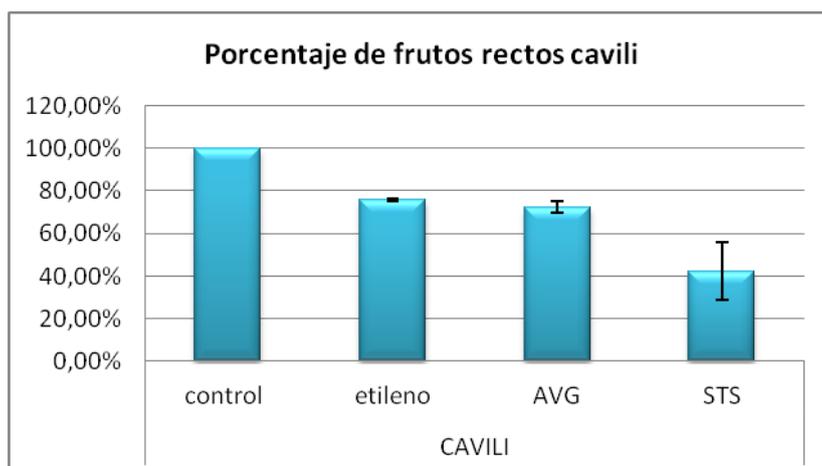
Los resultados demuestran claramente que tanto en *Cora* como en *Cavili*, los tratamientos con etileno, AVG y STS redujeron significativamente el porcentaje de frutos rectos (**Figuras 55 y 56**). Es muy probable que estos tratamientos con etileno y anti-etileno hayan alterado la producción de hormonas directamente relacionadas con el crecimiento del fruto tales como auxinas y giberelinas (Wien, 2002), lo que ha favorecido el desarrollo de frutos curvados o “chupados”.



**Figura 55.-** Porcentaje de frutos rectos variedad cora.

**Tabla17.-** Comparación del porcentaje de frutos rectos en la variedad *Cora* por tratamiento.

Método: test LSD al 95%			
Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
STS cora	19,44%	10,02%	a
etefón cora	25,26%	9,09%	a
AVG cora	30%	15,28%	a
Control cora	88,33%	3,38%	b



**Figura 56.-** Porcentaje de frutos rectos variedad cavili.

**Tabla 18.-** Comparación del porcentaje de frutos rectos en la variedad Cavili por tratamiento.

Método: test LSD al 95 %

A.tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
STS cavili	42,33%	13,52%	a
AVG cavili	72,33%	2,78%	b
etefón cavili	75,66%	0,64%	bc
Control cavili	100%	0%	c

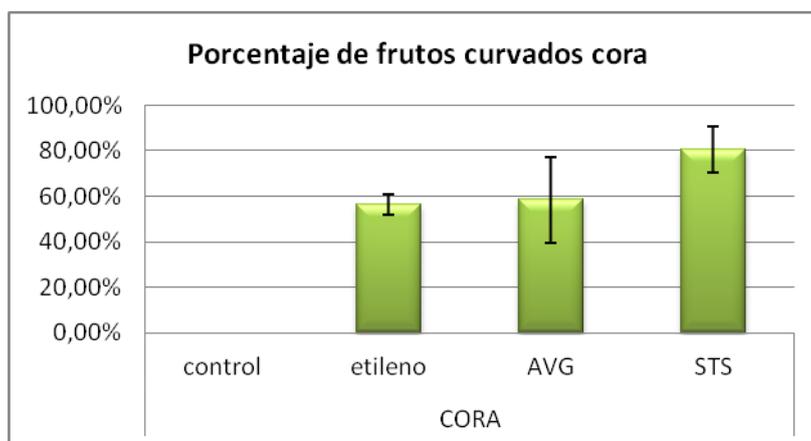
#### 4.4.2. Porcentaje de frutos curvados

Los resultados de los porcentajes de frutos curvados (**Figua 57**) en las variedades Cora y Cavili se muestran en las **Figuras 58 y 59**.



**Figura 57.-** Detalle de frutos curvados en las variedades *Cora* (izquierda) y *Cavili* (derecha).

En plantas de la variedad *Cora*, todos los tratamientos favorecieron la aparición de frutos curvados, con respecto a los resultados obtenidos en el control (0%) (**Figura 58**). En el test LSD no se detectaron diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos realizados con etefon (aumentando la concentración de etileno en la planta) y los realizados con AVG y STS (inhibidores de la síntesis del etileno y de los receptores del etileno respectivamente). En general una concentración anormal (tanto por exceso como por defecto) de etileno en la planta produjo un mayor número de frutos curvados.



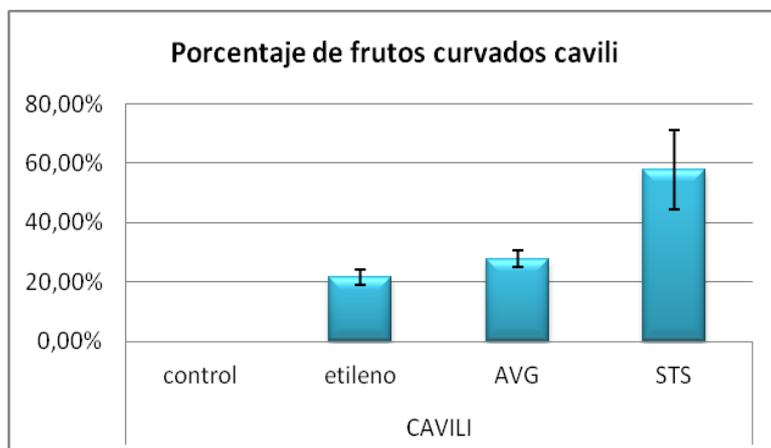
**Figura 58.-** Porcentaje de frutos curvados en la variedad *Cora* por tratamiento

**Tabla 19:** Comparación del porcentaje de frutos curvados en la variedad *Cora* por tratamiento.

Método: 95,0 porcentaje LSD			
A.Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
Control cora	0	0	a
etefón cora	56,39%	4,41%	b
AVG cora	58,33%	18,78%	b
STS cora	80,56%	10,02%	b

Los resultados de *Cavili* (Figura 59) fueron similares a los de *Cora*. La ausencia de frutos torcidos de las plantas control es un rasgo característico en ambas variedades, en el lado opuesto aparecen los frutos tratados con STS con un porcentaje de frutos curvados próximo al 60%, no obstante este es más bajo que el obtenido para la variedad *Cora*, al igual que ocurre en los tratamientos con etefon y AVG, que se encuentran en torno al 25%. En general, una alteración

de la concentración normal de etileno en la planta promueve un aumento de frutos curvados, aunque el porcentaje de frutos curvados por tratamiento fue menor en la variedad *Cavili* que en *Cora*.



**Figura 59.-** Porcentaje de frutos curvados en la variedad *Cavili*.

**Tabla 20.-** Comparación del porcentaje de frutos curvados en la variedad *Cavili* por tratamiento.

Método: test LSD al 95%			
Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
Control cavili	0%	0%	a
etefón cavili	21,58%	2,52%	ab
AVG cavili	27,78%	2,78%	b
STS cavili	57,78%	13,52%	c

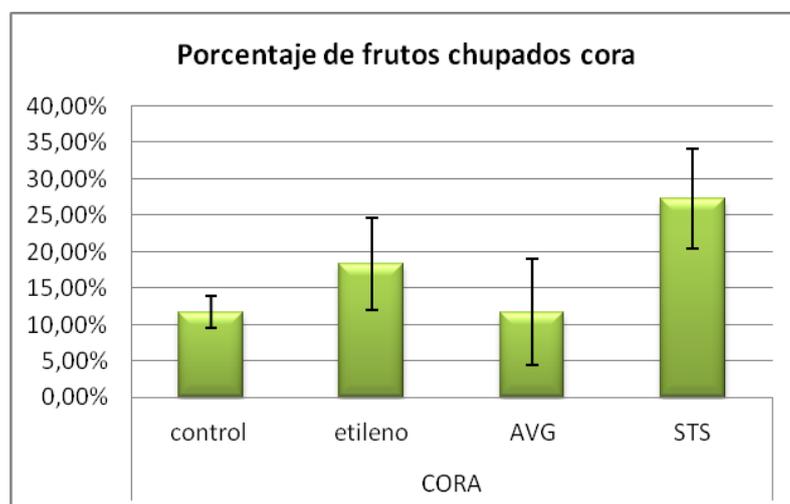
#### 4.4.3. Porcentaje de frutos “chupados”

Se ha realizado un estudio de los frutos chupados (**Figura 60**) obtenidos en función de los tratamientos realizados en las variedades *Cora* o *Cavili*, con el fin de ver cómo afecta las concentraciones de etileno en la planta a la aparición de dicha anomalías en el desarrollo del fruto. Los resultados obtenidos se muestran en las **Figuras 61 y 62**.



**Figura 60.-** Frutos chupados de las variedades *Cavili* y *Cora*.

En la variedad *Cora*, los tratamientos no afectaron significativamente a la incidencia de frutos chupados (**Figura 61, Tabla 20**).

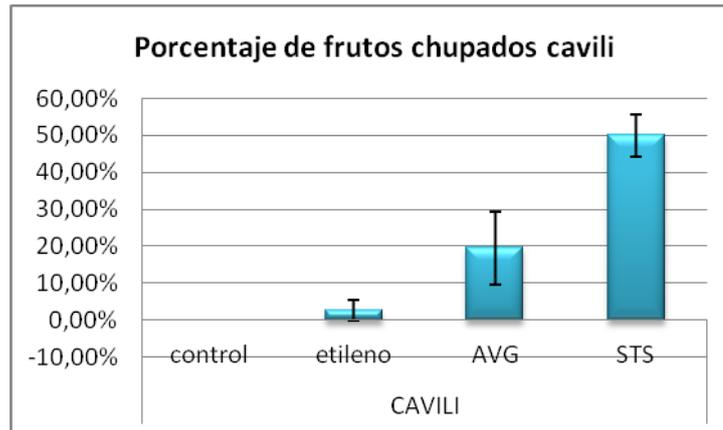


**Figura 61.-** Porcentaje de frutos chupados en la variedad *Cora*.

**Tabla 21.-** Comparación del porcentaje de frutos chupados en la variedad *Cora* por tratamiento.

Método: test LSD al 95%			
A.Tratamiento	Media LS	DS	Grupos Homogéneos
AVG cora	11,67%	2,19%	a
Control cora	11,67%	7,76%	a
etefón cora	18,35%	6,33%	a
STS cora	27,33%	6,83%	a

Sin embargo, en la variedad *Cavili* el tratamiento con etileno no afecto al porcentaje de frutos chupados, pero los tratamientos anti-etileno, tanto AVG como STS, produjeron un aumento significativo en el porcentaje de frutos chupados (**Figura 62 y Tabla 21**). Estos resultados vuelven a indicar que *Cavili*, al producir menos etileno que *Cora*, es mucho más sensible que *Cora* a una disminución en la producción de esta hormona. Además, se demuestra que el crecimiento normal y recto de los frutos depende también de etileno.



**Figura 62.-** Porcentaje de frutos chupados en la variedad *Cavili*.

**Tabla 22.-** Comparación del porcentaje de frutos chupados en la variedad *cavili* por tratamiento.

Método: 95,0 porcentaje LSD			
A.tratamiento	Media LS	DS	Grupos Homogéneos
Control cavili	0%	0%	a
etefón cavili	2,78%	2,78%	ab
AVG cavili	19,44%	10,02%	b
STS cavili	50%	5,77%	c

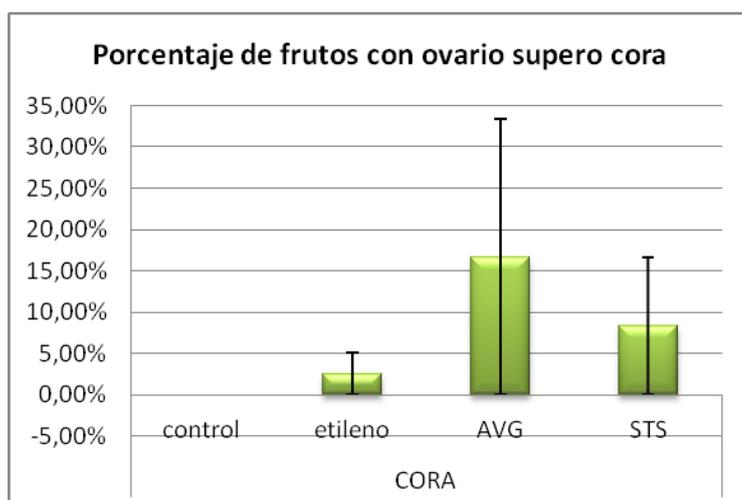
#### 4.4.4. Frutos con ovario súpero

Conforme se fueron recolectando los frutos se comenzaron a observar en algunos de ellos sometidos a ciertos tratamientos la aparición del ovario por encima del cáliz de la flor (**Figura 63**). Esta anomalía estaba asociada con un crecimiento anómalo de estambres en las flores femeninas y con el síndrome de flor pegada (**Figura 63**).



**Figura 63.-** Frutos con ovario súpero en diferentes tratamientos de *Cora* y *Cavili*.

El porcentaje de frutos de esta naturaleza en los diferentes tratamientos se muestran en las **Figuras 64 y 65**. En la variedad *Cora*, los frutos con ovario súper aparecieron en mayor medida en los tratamientos inhibidores del etileno, siendo mayor cuando se produce la inhibición de la síntesis (AVG) que la inhibición de los receptores de etileno (STS) (**Figura 64**). No obstante, las diferencias entre las plantas control y las plantas tratadas para este tipo de frutos no fueron significativas (**Tabla 22**)



**Figura 64.-** Porcentaje de frutos con ovario supero en la variedad *Cora*.

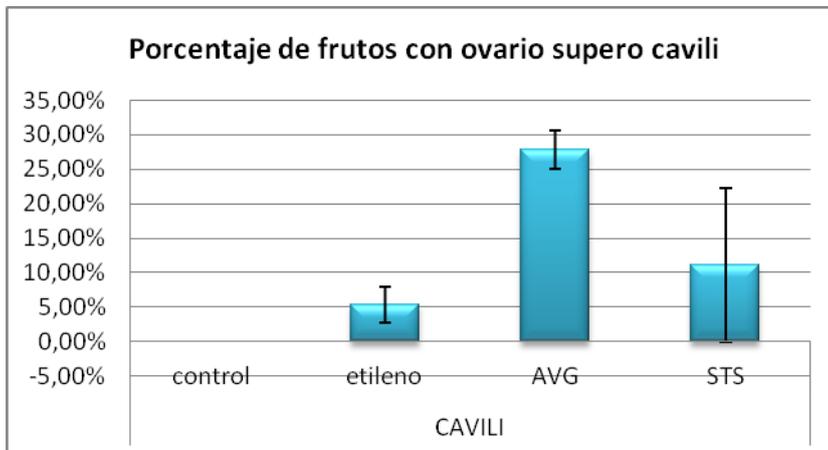
**Tabla 23.-** Comparación del porcentaje de frutos con ovario supero en la variedad *Cora* por tratamiento

Método: test LSD al 95%			
Tratamiento	Media	DS	Grupos Homogéneos
Control cora	0	0	a
etefón cora	2,56%	2,56%	a
STS cora	16,67%	16,67%	a
AVG cora	8,33%	8,33%	a

La presencia de frutos con ovario supero se observó en mayor medida en la variedad Cavili, y especialmente en aquellas plantas que fueron tratadas con AVG, obteniendo valores próximos al 30% (**Figura 65**). Cabe destacar también el porcentaje obtenido en las plantas de esta misma variedad tratadas con STS, que rondó el 12% (**Figura 65**). El análisis estadístico confirma que la inhibición de etileno fomenta la aparición de frutos con ovario súper, produciéndose en

mayor medida cuando se inhibe la síntesis del etileno que cuando se inhibe los receptores de dicha hormona (**Tabla 22**). De esta misma forma se puede relacionar el efecto de la flor pegada con la falta de abscisión de la flor, pues el mayor porcentaje de frutos con flor pegada también aparece en frutos de *Cavili* tratados con AVG.

En su conjunto, estos resultados demuestran que la inhibición de la biosíntesis y percepción de etileno en las flores femeninas de calabacín puede producir un desarrollo anómalo de estambre y tejido ovárico súpero, lo cual está asociado a flores pegadas a los frutos cosechados.



**Figura 65.-** Porcentaje de frutos con ovario supero en la variedad *Cavili*.

**Tabla 24.-** Comparación del porcentaje de frutos con ovario supero en la variedad *Cavili* por tratamiento.

Método: LSD al 95%			
Tratamiento	Media LS	DS	Grupos Homogéneos
Control cavili	0	0,050872	a
etefón cavili	5,34%	2,68%	a
STS cavili	11,11%	11,11%	ab
AVG cavili	27,78%	2,78%	b

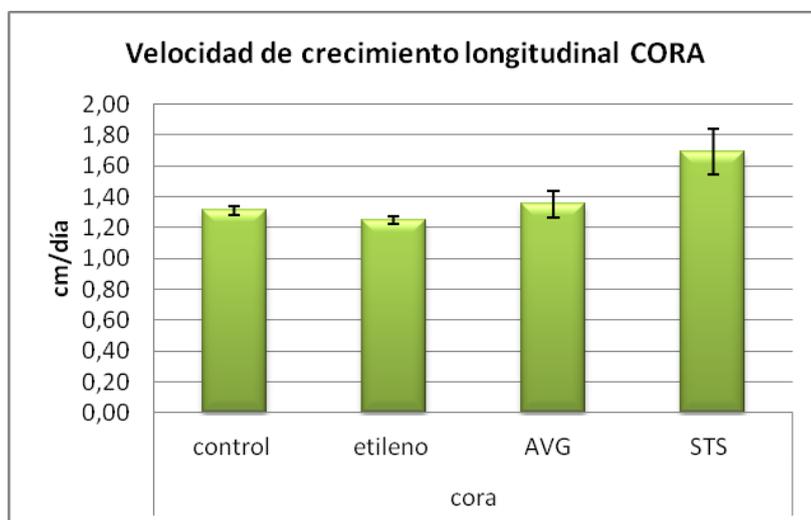
#### 4.5. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE LOS FRUTOS

En este último apartado estudiamos el efecto de los tratamientos con etileno, AVG y STS sobre el crecimiento transversal y longitudinal del fruto:

1. Tasa de crecimiento longitudinal del fruto: incremento en longitud medido en centímetros cada día transcurrido desde que el ovario tiene aproximadamente 2 cm de longitud hasta su recolección.
2. Tasa de crecimiento transversal: incremento en diámetro del fruto desde que el ovario tiene aproximadamente 2 cm hasta la recolección del fruto.

##### 4.5.1. Tasa de crecimiento longitudinal

Los frutos de la variedad Cora tratados y no tratados mostraron unas tasas de crecimiento longitudinal del fruto muy similares (**Figura 66**). Solo las plantas tratadas con STS mostraron una tasa de crecimiento del fruto significativamente mayor que los frutos de plantas control (**Figura 66**).

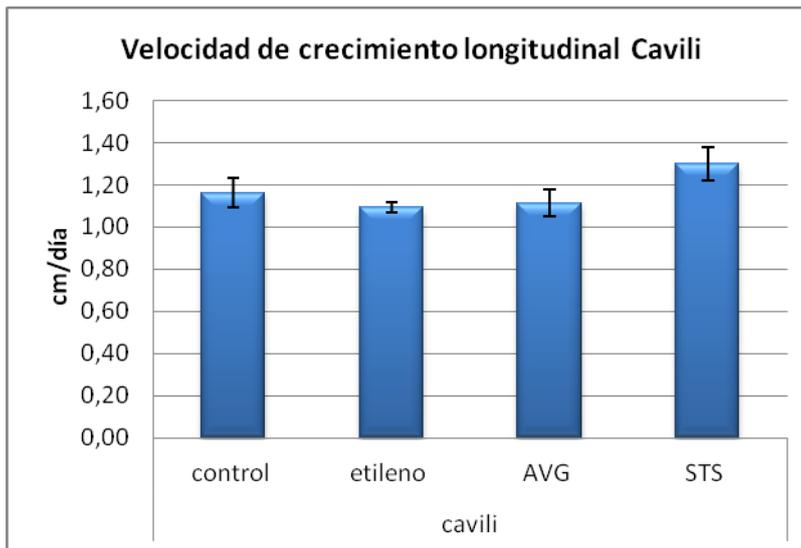


**Figura 66.-** Velocidad de crecimiento longitudinal del fruto en cm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad *Cora*.

**Tabla 25.-** Comparación de la velocidad de crecimiento longitudinal en cm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad *Cora*.

Método: test LSD al 95%			
A.tratamiento	Media LS	DS	Grupos Homogéneos
etefón cora	1,25	0,03	a
control cora	1,31	0,03	a
AVG cora	1,35	0,08	a
STS cora	1,69	0,15	b

En el caso de Cavili los resultados fueron muy similares a los de Cora (**Figura 67**), aunque en este caso no se detectaron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos. De nuevo, los frutos de plantas tratadas con STS fueron los que mostraron la mayor tasa de crecimiento longitudinal.



**Figura 67.-** Velocidad de crecimiento longitudinal en cm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad cavili.

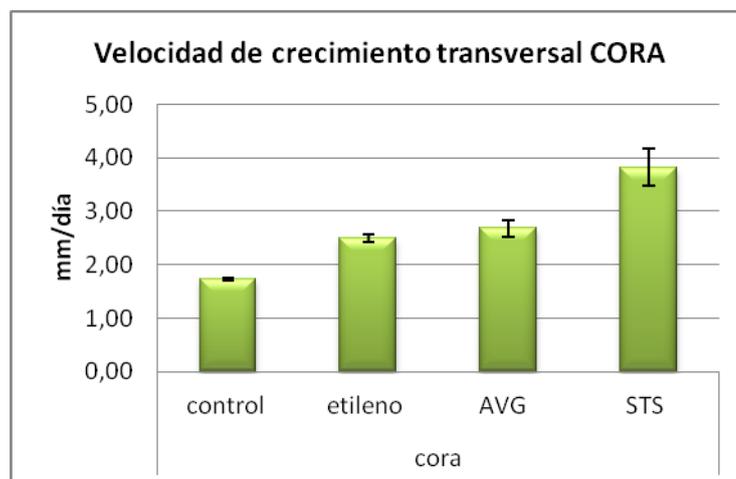
**Tabla 26:** Test LSD para la velocidad de crecimiento longitudinal en cm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad cavili.

Método: 95,0 porcentaje LSD			
A.tratamiento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
etefón cavili	1,10	0,02	a
AVG cavili	1,11	0,06	ab
control cavili	1,16	0,07	ab
STS cavili	1,30	0,08	b

#### 4.5.2. Tasa de crecimiento transversal

Los resultados obtenidos en la velocidad de crecimiento transversal medidos en mm/día se muestran en las **Figuras 68 y 69**.

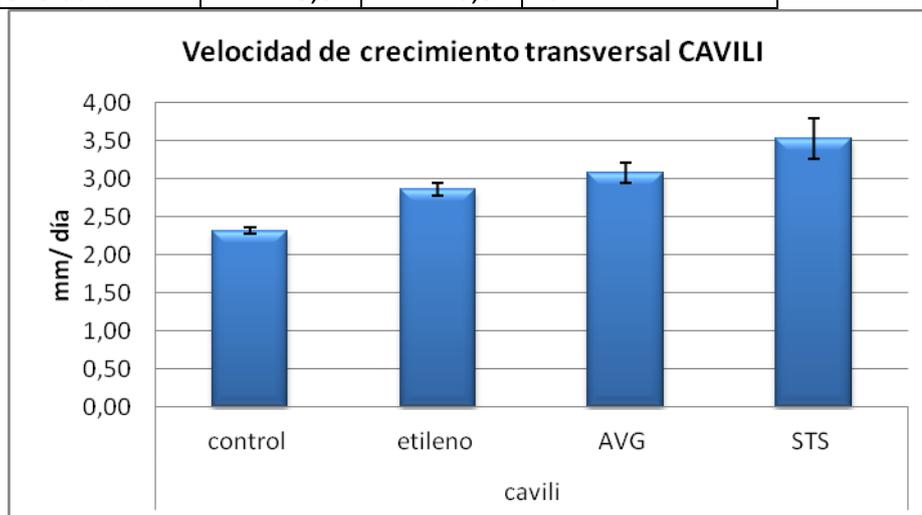
Al igual que ocurría con la velocidad de crecimiento longitudinal, tanto en la variedad *Cora* como en la variedad *Cavili*, el tratamiento que mostró una mayor velocidad de crecimiento transversal de fruto fue el STS. Parece por tanto, que una inhibición de la acción del etileno en el fruto, va acompañada de un aumento de la tasa de crecimiento partenocárpico de los frutos de calabacín. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Manzano et al (2010) que indican que las variedades de calabacín que producen menos etileno en sus flores femeninas son las que muestran mayor potencial partenocárpico.



**Figura 68.-** Velocidad de crecimiento transversal en mm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad *Cora*.

**Tabla 27:** Test LSD para la velocidad de crecimiento transversal en mm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad cora.

Método: test LSD al 95%			
A.tratamiento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
control cora	1,72	0,03	a
etefón cora	2,51	0,07	a
AVG cora	2,68	0,16	b
STS cora	3,82	0,34	c



**Figura 69.-** Velocidad de crecimiento transversal en mm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad Cavili.

**Tabla 28:** Test LSD para la velocidad de crecimiento transversal en mm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad cavili.

Método: test LSD al 95%			
A.tratamiento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
control cavili	2,31	0,04	a
etefón cavili	2,86	0,08	b
AVG cavili	3,07	0,14	b
STS cavili	3,52	0,27	c

## **5. CONCLUSIONES**

1. Los tratamientos con etileno disminuyen la aparición de flores masculinas, y adelantan la aparición de la primera flor femenina en las dos variedades de calabacín ensayadas: *Cora* y *Cavili*. No obstante, los tratamientos con etileno han aumentado el porcentaje de abortos florales, principalmente en la variedad *Cora*.
2. La inhibición de la biosíntesis o percepción de etileno mediante AVG y STS, respectivamente, aumenta el número de flores masculinas por planta, a la vez que promueve el desarrollo anómalo de estambres en las flores femeninas, favoreciendo así el desarrollo de flores parcialmente hermafroditas.
3. Los tratamientos con AVG han promovido un aumento en el tamaño medio de los entrenudos en las dos variedades de calabacín estudiadas, lo que demuestra que, además de otras hormonas, el nivel de etileno en la planta es esencial para mantener el tamaño de los entrenudos.
4. La incidencia de frutos con flor pegada está relacionada con una disminución de la biosíntesis y/o percepción de etileno en el meristemo apical de la planta. De hecho, los tratamientos con AVG y STS han aumentado esta fisiopatía en las variedades *Cora* y *Cavili*, especialmente el tipo de flor pegada que muestra una menor tasa de crecimiento y por tanto permanece verde y cerrada cuando el fruto alcanza su tamaño comercial. A pesar de ello, los tratamientos con etileno no han disminuido la incidencia de flor pegada natural en la variedad *Cavili*, lo que indica la existencia de otros factores implicados en el desarrollo de este síndrome.
5. El aumento o la inhibición del etileno en el meristemo apical de calabacín, afecta de manera negativa a los parámetros de calidad de los frutos, tanto en la variedad *Cora* como para *Cavili*.
6. La inhibición del etileno favorece la aparición de frutos con ovario súpero en las variedades *Cora* y *Cavili*, teniendo más incidencia en los tratamientos que inhiben las síntesis del etileno (AVG) que en los que inhiben los receptores del etileno y su respuesta (STS). Estas flores con ovario supero son parcialmente hermafroditas, pues desarrollan estambres, y están relacionadas con el síndrome de flor pegada en calabacín.
7. La inhibición del etileno en el meristemo apical de las plantas con AVG y STS aumentó la velocidad de crecimiento longitudinal y transversal de los frutos

en las dos variedades de calabacín estudiadas, especialmente en los tratamientos con STS. Estos resultados demuestran que el cuajado y crecimiento temprano del fruto de calabacín requiere de bajos niveles de etileno

## **6. Bibliografía**

- Análisis de la campaña hortofrutícola 2009/2010 en Almería. Instituto de Estudios socioeconómico Cajamar. 2010. Caja Rural Intermediterránea. Almería.
- Anuario de la Agricultura almeriense (2010). Editorial Novotécnica
- Armstead I, Turner LB, Farrell M, Skot L, Gómez P, Montoya T, Donnison IS, King I, Pand Humphreys MO (2003) Conserved synteny between a major heading-date QTL in perennial ryegrass , Trends in Plant Genetics On line. Nov 2003
- 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.
- Avances de superficies y producciones agrícolas 2010. Secretaria General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino 770-11-011-9.
- Bachem CWB, Van der Hoeven RS, de Brujin SM, Vreugdenhil D, Zabear M, Visser GF. (1996). A visualization of differential expression using a novel method of RNA fingerprinting bases AFLP. Plant Journal 9:745-753.
- Baldwin D, Crane V Rice D. (1999) A comparison of gel-bases nylon filter and microarray techniques to detect differential RNA expression in plants. Curr. Op. Plant Biol 2:96-103.
- Barceló Coll, J, (2001) Fisiología vegetal. Editorial pirámide.
- Camacho, F. (2003). Técnicas de producción en cultivos protegidos. Tomo 2. Instituto Cajamar. Ediciones Aerotécnicas S.L. Almería.
- Camacho, F. (2002). Material didáctico de Horticultura Intensiva- 3ª I.T.A. (Hortofruticultura y Jardinería) 2002/2003. Universidad de Almería.
- Camacho, F. (1999). Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos. Volumen 3. Editorial Caja Rural de Almería.

- Cowan AK, Moore-Gordon CS, Berting I, Wolstenholme BN (1997) Metabolic control of avocado fruit growth. *Plant Physiol* 114:511–518.
- Decker-Walters, D.S., Staub, J.E., Cheng, S.M., Nakata, E. y Quemada, H.D., (2002). Diversity in free-living populations of *Cucurbita Pepo* (*Cucurbitaceae*) as assessed by random amplified polymorphic DNA. *Syst. Bot.* 27(1): 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.
- De Liñan, C. (2006). Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid.
- Elassar, G., Rudich, J. and Kedar, N. 197a. Partenocarpic fruit development in muskmelon induced by growth regulators. *Hortscience* 9, 17-30.
- Fernández, J. Efecto de la aplicación del elicitor ACTr-2 sobre la producción y los componentes del rendimiento en el cultivo de calabacín cv. Tosca. Proyecto fin de carrera, Ingeniero técnico agrícola. Universidad de Almería.
- Fernández, D.E., Heck, G.R., Perry, S.E., Bleecker, A.B., Fang,S.C.,(2002). The embryo MADS domain factor AGL15 acts postembryonically: inhibition of perianth senescent and abscisión via constitutive expresión. *Plant Cell*, 12:183-197.
- Fos M, Nuez F y García-Martínez JL. (2000). The gene pat-2, which induces natural parthenocarpy, alters the gibberellin content in unpollinated tomato ovaries. *Plant Physiol.* 122: 471-479
- Fos M, Proaño K, Alabadí D, Nuez F, Carbonell J y García-Martínez JL.( 2003). Polyamine metabolism is altered in unpollinated parthenocarpic pat-2 tomato ovaries. *Plant Physiology* 131. 359-366

- Fos M, Proaño K, Nuez F y García-Martínez JL. (2001). Role of giberellins in parthenocarpic fruit development induced by the genetic system pat-3/pat-4 in tomato. *Physio Plant*. 111: 545-550.
- García-Martínez JL y Hedden P. (1997). Gibberellins and fruit development. In FA Tomás-Barberán, RJ Robins eds. *Phytochemistry of fruit and vegetables*. Clarendon Press, Oxford, UK. Pp 263-286
- Gillaspay G, Ben David H y Gruissem W. (1993). Fruits: a developmental perspective. *Plant Cell* 5: 1439-1451
- Gómez, P., Peñaranda, A., Payán, C., Cárceles, R., Jamilena, M. (2004 a). 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.
- Gómez, P., Peñaranda, A., Payán, C., Cárceles, R., Jamilena, M. (2004 b). Alternativas a la utilización de hormonas sintéticas para el cuajado del fruto de calabacín en invernadero. *Actas del VI congreso de SEAE*.
- Gómez P., Peñaranda A., Garrido D., y Jamilena M. 2004c Evaluación de la abscisión floral y la expresión sexual en diferentes variedades de calabacín. *Actas de Horticultura* 41:169-172.
- Granell A, Harris N, Pisabarro AG y Carbonell J. (1992) Temporal and spatial expression of a thiol protease gene during pea ovary senescence and its regulation by gibberellin.. *Plant J* 2: 907-915.
- Greb T, Schmitz G, y Theres K. (2002). Isolation and characterization of the Spindly homologue from tomato. *Jounal of Experimetal Botany* 53:1829-1830.
- Hayata Y, Li XX, Osajima Y (2001). CPPU promotes growth and invertase activity in seeded and sedles muskmelons during early growth stage. *J Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 70:299-303.
- Ito, H. and Saito, T. (1960). Factor responsible for the sex expression of the cucumber plant. XII. Physiological factors associated whit the sex

- expression of flowers. *Tohoku Journal of Agricultural Reserch* 11, 287-308.
- Jacobsen SE, Olszewski NE. (1993). Mutations at the *SPINDLY* locus of *Arabidopsis* alter signal transduction. *Plant Cell* 5:887-896.
  - Joubes J, Phan TH, Just D, Rothan C, Bergounioux C, Raymond P, Chevalier C (1999) Molecular and biochemical characterization of the involvement of cyclin-dependent kinase A during the early development of tomato fruit. *Plant Physiol* 121:857–869.
  - Kato-Emori S, Kobayashi T, Hosoya K, Higashi K, Ezura H (2001) Cloning and characterization of the gene encoding 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase in melon (*Cucumis melo* L. *reticulatus*). *Mol Gen Genomics* 265:135–142.
  - 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.
  - Kobayashi R, Kato-Emori S, Tomita K, y Ezura H (2002) Detection of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase protein. Cm-HMGR during fruit development in melon (*Cucumis melo* L.) *Theor Appl Genet* 104:779–785
  - Kubicki, B. (1969). investigations on sex determination in cucumbers (*Cucumis sativus* L.) V. Genes controlling intensity of femaleness, *Genet. Polonica* 10. 69-86.
  - López- Gálvez, J. y Naredo, J. M. (1996). Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos. Fundación Argentaria -Visor Distribuciones.
  - Li Y, Yu JQ, Ye QJ, Zhu ZJ, y Guo ZJ. (2003). Expresión of CycD3 is transiently increased by pollination and N-(2chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea in ovaries of *Lagenaria leucantha*. *Journal of Experimetal Botany* 54:1-7.

- Lukyanenko AN. (1991). Parthenocarpy in tomato. In G Kallo, ed, Genetic improvement of tomato, Monographs on Theoretical and Applied Genetics 14. Springer-Verlag, Berlín, pp 167-178.
- Manzano S, Martínez C, Kraakman P, Jamilena M (2008) Ethylene Use of ethylene production as a marker for the selection of gynoecy in melon (*cucumis melo*) In: Pitrat M (ed) IX EUCARPIA Meeting of Genetics and Breeding of *Cucurbitaceae*. INRA, Avignon, pp 557-561.
- Manzano, S. Martínez, C. Megías, Z. Gómez, P. Garrido, D. Jamilena, M. (2011). The role of ethylene and brassinosteroids in the control of sex expression and flower development in *Cucurbita pepo*. *Plant Growth Regul* (2011) 65:213-221.
- Manzano S. Martínez C. Domínguez V, Avalos E, Garrido D, Gómez P, Jamilena M (2010) A major gene conferring reduced ethylene sensitivity and maleness in *Cucurbita pepo*. *J Plant Growth Regul* 29: 73-80.
- Marcote MJ y Carbonell J. (2000) Transient expression of a pea MAP kinase gene induced by gibberellic acid and 6-benzyladenine in unpollinated pea ovaries. *Plant Mol Biol.* 44: 177-186.
- Megías, Z. (2004). Efecto del 1-(2-cloro-4-piridil)-3-fenilurea (CPPU) en el cultivo de calabacín. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.
- Menezes CB, Maluf WR, Azebedo SM, Faria MV, Nascimento IR, Nogueira DW, Gomes LAA, y Bearzoti A. (2005). Inheritance of parthenocarpy in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Genetics and Molecular Research* 4:39-46.
- Nagpal P, Ellis C, Weber H, Ploense SE, Barkawi LS, Guilfoyle TJ, Hagen GH, Alonso JM, Cohen JD, Farmer EE, Ecker JR, y Reed JW. (2005). Auxin response factors ARF6 and ARF8 promote jasmonic acid production and flower maturation. *Development* 132:4107-4118.

- Narita JO, y Gruissem W (1989) Tomato hydroxymethylglutaryl-CoA reductase is required early in fruit development but not during ripening. *Plant Cell* 1:181–190.
- Nee, M., (1990). The domestication of *Cucurbita* (*Cucurbitaceae*). *Econ. Bot.*: 44 (3 suppl.): 56-68
- NeSmith, D.S., Hoogenboom, G. y Groff, D.W. (1994). Staminate and pistillate flower production of summer squash in response to planting date. *HortScience*, 29: 256-257.
- 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
- Nitsch JP. (1970). Hormonal factors in growth and development. En A.C. Hulme (eds). *The biochemistry of fruits and their products*. pp. 427-472. Academic Press, London.
- Nuez, F., Ruíz, J., Valcárcel, J. y Fernández de Córdoba, P. (2003). Colección de semillas de Calabaza del Centro de Conservación y Mejora de la Agrobiodiversidad Valenciana. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria: 11-27.
- Ogawa, Y., Inoue, Y., Auki, S. (1989). Promotive effects of exogenous and endogenous gibberellins on the fruit development in *Cucumis sativus* L. *Journal of the Japanese society of Horticultural Science* 58: 327-331.
- Olimpieri, I., Siligato, F., Caccia, R., Mariotti, L., Ceccarelli, N., Soressi G., Mazzucato, A., (2007). Tomato fruit set driven by pollination or by the partenocarpic fruit allele are mediated by transcriptionally regulated gibberellin biosynthesis.
- Om YH y Hong KH. (1989) Evaluation of parthenocarpic fruit set in zucchini squash. *Res Rpt Rural Dev Adm.* 31:30-33.
- O’Neil SD, y Nadeau JA. (1997). Post-pollination flower development. *Hortic. Rev.* 19:1-58.

- Orzáez D, Blay R y Granell A. (1999) Program of senescence in petals and carpels of *Pisum sativum* L flowers and its control by ethylene. *Planta*, 208:220-226
- Payán, C., Peñaranda, A., Gómez, P., Sánchez, C., Fernández, R., Jamilena, M., (2006). 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.
- Payán, C.(2007) Análisis de los factores genéticos y hormonales que controlan el sexo en *Cucurbita pepo*. 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. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* (en prensa).
- Pérez, M.L. (2007) Efecto de las Giberelinas y otros reguladores del crecimiento sobre la incidencia de flor pegada y otros parámetros de calidad en calabacín. Proyecto fin de carrera. Universidad de Almería.
- 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.
- Quesada, M., y Valpuesta, V. (2000). Juvenilidad, senescencia y Incisión. En *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Azcón-Bieto, J. y Talón, M., McGraw-Hill Interamericana, Ediciones Universat Barcelona, pp. 451-464
- Reche, J. (1997). Cultivo de calabacín en invernadero. *Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería*: 35-37
- Riou-Khamlichi C, Huntly R, Jacquard A, Murray JAH (1999). Cytokinin activation of *Arabidopsis* cell division through a D-type cyclin *Science* 283:1541-1544.

- Robinson, R.W., Decker-Walters, D.S.(1997) Cucurbits. CAB International, New York.
- Robinson RW y Reiners S. Parthenocarpy in summer squash. (1999). Hortscience 34(4):715-717.
- Rosales, R. (2007). Caracterización del proceso de abscisión floral en cucúrbita pepo. Inducción mediada por etileno. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 978-84-338-4450-7
- Rotino GL, Perri E, Zottini M, Sommer H y Spena A. (1997) Genetic engineering of parthenocarpic plants. Nat Biotechnol. 15: 1398-1401.
- 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 expresión. Plant Physiology 49: 998-999.
- Rylski, I. y Aloni. (1990). Parthenocarpy fruit set and development in the *Cucurbitaceae* and *Solanaceae* under protected cultivation in mild winter climate. Acta Horticulturae 287, 117-126.
- Salisbury, B. Ross, W (2003) Ediciones Paraninfo.
- Sanz, M., (1995). Fitorreguladores para el calabacín. Hortofruticultura 33, 46-48.
- Schwabe WW, Mills JJ. (1981). Hormones and parthenocarpic fruit set: a literature survey. Hortic. Abstr. 51:661-699.
- Serrani, J.C., Fos, ., Atarés, A., García-Martines, J.L. (2007).Effect of Gibberellin and Auxin on Parthenocarpic fruit Growth Induction in the cv Micro-Tom of Tomato.
- Shanon, S. and Robinson, R.W. (1979). The use of ethephon to regulate sex expression of summer squash for hybrid seed production. Journal of American Society of Horticultural Science, 104: 647-677.

- Smith, B.D. (1997). The initial domestication of *Cucurbita pepo* in the Americas 10,000 years ago. *Science* 276: 932-934.
- 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
- Talon M, Zacarias L y Primo-Millo E . (1990.b) Hormonal changes associated with fruit set and development in mandarins differing in their parthenocarpic ability. *Physiol Plant.* 79: 400-406
- Talon M, Zacarias L y Primo-Millo E. (1992). Gibberellins and parthenocarpic ability in developing ovaries of seedless mandarins. *Plant Physiol* 99: 1575-1581.
- Tatlioglu TP. (1992) Cucumber. En: Kaloo G y Bergh BO (Eds.). *Genetic Improvement of Vegetable Crops*. Pergamon. Press, New York. pp. 197-234.
- Varoquaux F, Blanvillain R, Delseny M y Gallois P. (2000) Less is better: new approaches for seedless fruit production. *Trends in Biotech.* 18: 233-242.
- Vercher Y y Carbonell J. (1991) Changes in the structure of ovary tissues and in the ultrastructure of mesocarp cells during ovary senescence of fruit development induced by plant growth substances in *pisum sativum*. *Physiol Plant.* 81: 518-526
- Vivian-Smith A y Koltunow AM. (1999) Genetic analysis of growth-regulator-induced parthenocarpy in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 121: 437-451
- Vivian-Smith A, Luo M, Chaudhury A, y Koltunow A. (2001) Fruit development is actively restricted in absence of fertilization in *Arabidopsis*. *Development* 128:2321-2331.

- 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. The Cucurbits: Cucumer, melom, squash and pumkin. Wien (ed). The physiology of vegetable Crops. CAB Internacional, Oxson. Uk. 345-387.
- Zhang Y.J., Lynch J.P. y Brown K.M.. (2003). Ethylene and phosphorus availability have interacting yet distinct effects on root hair development. *Physiologia Plantarum* 100, 613–619.

## **ANEXO I: INDICE DE TABLAS**

**Tabla 1.** Temperaturas críticas para calabacín en las distintas fases de desarrollo. **PAG 21.**

**Tabla 2:** Rangos de humedad óptimos para el desarrollo del fruto de calabacín en invernadero. **PAG 22.**

**Tabla 3:** Intervalos de ph óptimos para el desarrollo del cultivo de calabacín. **PAG 24.**

**Tabla 4:** Fecha de realización de los tratamientos. **PAG 76.**

**Tabla 5.-** Comparación de la precocidad de la floración femenina en variedad *Cavili*. **PAG 90.**

**Tabla 6.-** Comparación de la precocidad de la floración femenina en la variedad *Cora*. **PAG 91.**

**Tabla 7.-** Comparación del número de flores femeninas por tratamiento en la variedad *Cavili*. **PAG 92.**

**Tabla 8.-** Test LSD para número de flores femeninas por tratamiento variedad *Cora*. **PAG 93.**

**Tabla 9.-** Comparación de longitud de entrenudos por tratamiento en la variedad *Cavili*. **PAG 95.**

**Tabla 10.-** Comparación de la longitud de entrenudos por tratamiento en la variedad *Cora*. **PAG 95.**

**Tabla 11.-** Comparación del porcentaje de flor pegada por tratamiento en la variedad *Cora*. **PAG 97.**

**Tabla12.-** Comparación del porcentaje de flor pegada variedad *Cavili* por tratamiento. **PAG 99.**

**Tabla 13.-** Comparación del porcentaje de flor pegada abierta variedad *Cora* por tratamiento. **PAG 100.**

**Tabla14.-** Comparación del el porcentaje de flor pegada abierta variedad *cavili* por tratamiento. **PAG 101.**

**Tabla15.-** Comparación del porcentaje de flor sin antesis variedad *Cora* por tratamiento. **PAG 102.**

**Tabla 16.-** Comparación del porcentaje de flor sin anthesis variedad *Cavili* por tratamiento. **PAG 103.**

**Tabla17.-** Comparación del porcentaje de frutos rectos en la variedad *Cora* por tratamiento. **PAG 106.**

**Tabla 18.-** Comparación del porcentaje de frutos rectos en la variedad *Cavili* por tratamiento. **PAG 107.**

**Tabla 19:** Comparación del porcentaje de frutos curvados en la variedad *Cora* por tratamiento. **PAG 108.**

**Tabla 20.-** Comparación del porcentaje de frutos curvados en la variedad *Cavili* por tratamiento. **PAG 109.**

**Tabla 21.-** Comparación del porcentaje de frutos chupados en la variedad *Cora* por tratamiento. **PAG 110.**

**Tabla 22.-** Comparación del porcentaje de frutos chupados en la variedad *cavili* por tratamiento. **PAG 111.**

**Tabla 23.-** Comparación del porcentaje de frutos con ovario supero en la variedad *Cora* por tratamiento. **PAG 113.**

**Tabla 24.-** Comparación del porcentaje de frutos con ovario supero en la variedad *Cavili* por tratamiento. **PAG 114.**

**Tabla 25.-** Comparación de la velocidad de crecimiento longitudinal en cm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad *Cora*. **PAG 116.**

**Tabla 26:** Test LSD para la velocidad de crecimiento longitudinal en cm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad *cavili*. **PAG 117.**

**Tabla 27:** Test LSD para la velocidad de crecimiento transversal en mm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad *cora*. **PAG 118.**

**Tabla 28:** Test LSD para la velocidad de crecimiento transversal en mm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad *cavili*. **PAG 118.**

## **ANEXO II: INDICE DE FIGURAS**

**Figura 1.** Producción en TM de los cultivos hortícolas en la provincia de Almería durante la campaña 2009/2010. (Anuario de la agricultura almeriense 2010). **PAG 2**

**Figura 2.** Evolución de la superficie destinada al cultivo de calabacín en la provincia de Almería (Anuario de la agricultura almeriense 2010). **PAG 2.**

**Figura 3.** Evolución de la producción de calabacín en la provincia de Almería (Anuario de la agricultura almeriense 2010). **PAG. 3**

**Figura 4.** Evolución del rendimiento del cultivo de calabacín en la provincia de Almería (Junta de Andalucía). **PAG 4.**

**Figura 5.** Valor económico de los principales cultivos hortícolas en la provincia de Almería en la campaña 2009/2010. (Anuario de la agricultura almeriense 2010). **PAG 4.**

**Figura 6.** Exportaciones de los principales productos hortícolas de Almería para la campaña 2009/2010. (Anuario de la agricultura almeriense 2010). **PAG 5.**

**Figura 7.** Exportación almeriense de calabacín por países en la campaña 2009/2010. (Anuario de la agricultura almeriense 2010). **PAG 6.**

**Figura 8.** Evolución de precios medios del cultivo en €/kg de calabacín en la provincia de Almería por campaña (Junta de Andalucía). **PAG 7.**

**Figura 9.** Detalle de hojas, semillas y fruto de cuatro especies cultivadas del género *Cucurbita*. **PAG 12.**

**Figura 10.** Morfotipos de *C. pepo* ssp. *Pepo*. **PAG 20.**

**Figura 11.** Evolución del desarrollo de la flor en un fruto de calabacín cv Cora. **PAG 29.**

**Figura 12.** Evolución del desarrollo de la flor en un fruto de calabacín cv Cavili, en el cual no se produce antesis ni abscisión de la flor del fruto de tamaño comercial. (Flor pegada) acompañado de un desarrollo anómalo de estambres. **PAG 29.**

**Figura 13.** Abeja polinizando una flor de *C. pepo*. **PAG 35.**

**Figura 14.** Polinizador originario del calabacín. **PAG 36.**

**Figura 15.** Emplazamiento del ensayo, T.M. de La Mojonera (Almería) **PAG 53.**

**Figura 16.** Situación y vista del invernadero A 5 de Agricultura Ecológica. **PAG 54.**

**Figura 17.** Detalle de estructura externa e interna de un invernadero raspa y amagado. **PAG 55.**

**Figura 18.** Vista de las ventanas lateral y frontal y de su sistema de apertura/cierre. **PAG 57.**

**Figura 19.** Detalle del enarenado existente en el invernadero (izquierda) y esquema de las capas que constituyen un enarenado tradicional (derecha). **PAG 59.**

**Figura 20.** Detalle de la red de tuberías utilizadas para la distribución del agua de riego. **PAG 60.**

**Figura 21.** Detalle de la tubería portagoteros (izquierda) y de un emisor (derecha). **PAG 61.**

**Figura 22.** Semillas (izquierda), plantas con cuatro hojas verdaderas (centro) y fruto (derecha) de la variedad *Cora*. **PAG 62.**

**Figura 23.** Semillas (izquierda), plantas con cuatro hojas verdaderas (centro) y fruto (derecha) de la variedad *Cavili*. **PAG 62.**

**Figura 24.** Detalle del marco de plantación utilizado. **PAG 65.**

**Figura 25.** Semillas de *Cora* preparadas para la pregerminación a la izquierda y semillas de *Cora* y *Cavili* pregerminadas a la derecha **PAG 66.**

**Figura 26.** Planta de la variedad *Cavili* con 4 hojas verdaderas. **PAG 67.**

**Figura 27.** Distribución del ensayo en el invernadero. **PAG 74.**

**Figura 27a.** Etiquetas para diferenciar los módulos (izquierda) y flor de 3 cm marcada con etiqueta de papel. (Derecha). **PAG 75.**

**Figura 28.** Micropipetas CAPP de 0,2-2  $\mu$ l, 10-100  $\mu$ l, y 100-1000  $\mu$ l ( $\mu$ l =microlitros) **PAG 77.**

**Figura 29.** Frascos de plástico de distinta capacidad y forma. **PAG 77.**

**Figura 30.** Balanza de precisión. **PAG 77.**

**Figura 31.** Agitador magnético regulable. **PAG 77.**

**Figura 32.** Matraz aforado de paredes rectas de 250ml. **PAG 77.**

**Figura 33.** Pulverizador. **PAG 77.**

**Figura 34.** Producto utilizado para la realización del tratamiento con etileno. **PAG 78.**

**Figura 35.** Producto utilizado para la realización del tratamiento con AVG. **PAG 79.**

**Figura 36.** Productos utilizados para la realización del tratamiento con tiosulfato de plata. **PAG 80.**

**Figura 37.** Calibre electrónico modelo “Yamaha” que mide de 0 a 150 mm y tiene una sensibilidad de 0,01 mm (izquierda) Cinta métrica con una sensibilidad de 1mm (derecha) **PAG 82.**

**Figura 38.** Frutos rectos de variedad *Cora* y *Cavili* (izquierda) y frutos curvados de variedad *Cora* (derecha). **PAG 82.**

**Figura 39.** Fruto de la variedad *Cavili* con flor pegada, la flor ha alcanzado la antesis y con forma de romualdo (izquierda), junto a frutos normales. Frutos de la variedad *Cavili* con flor pegada cuya flor no ha alcanzado la antesis, (derecha). **PAG 83.**

**Figura 40.-** Efecto de los tratamientos con etefón, AVG y STS sobre la distribución de las flores femeninas, masculinas y abortos en el tallo principal de las plantas de las variedades *Cora* y *Cavili*. **PAG 88.**

**Figura 41.-** Efecto de los tratamientos con etefón, AVG y STS sobre el número medio de flores masculinas iniciales, hasta la aparición de la primera flor femenina, en plantas de las variedades *Cora* y *Cavili*. Las barras de error indican la desviación estándar. **PAG 89.**

**Figura 42.-** Efecto de los tratamientos con etileno, AVG y STS sobre el número medio de flores femeninas por planta en cada variedad. Las barras de error indican la desviación estándar. **PAG 92.**

**Figura 43.-** Longitud de entrenudos por tratamiento para la variedades *Cora* y *Cavili*. Las barras de error indican la desviación estándar. **PAG 94.**

**Figura 44.-** Detalle de la morfología de las flores femeninas de calabacín con un crecimiento anómalo de estambres. **PAG 95.**

**Figura 45.-** Porcentaje de frutos con flor pegada total en la variedad *Cora*. **PAG 97.**

**Figura 46.-** Patrón de desarrollo de las flores de *Cora* tratadas con etileno. **PAG 98.**

**Figura 47.-** Porcentaje de frutos con flor pegada en la variedad *Cavili*. **PAG 98.**

**Figura 48.-** Porcentaje de flor pegada en antesis en la variedad *Cora*. **PAG 100.**

**Figura 49.-** Porcentaje de flor pegada en antesis en la variedad *Cavili*. **PAG 101.**

**Figura 50.-** Porcentaje de flor pegada sin antesis en la variedad *Cora* por tratamiento. **PAG 102.**

**Figura 51.-** Porcentaje de flor pegada sin antesis en la variedad *Cavili*. **PAG 103.**

**Figura 52.-** Detalle de la morfología de una flor pegada sin antesis en los tratamientos con AVG. Nótese que las flores pegadas son hermafroditas. **PAG 104.**

**Figura 53.-** Frutos con flor pegada de la variedad Cavili tratados con STS. Nótese que la flor no se ha abierto incluso en frutos para cosechar. **PAG 104.**

**Figura 54.-** a la izquierda fruto recto de la variedad *Cora* tratado con STS a la derecha desarrollo de distintos frutos de planta control *Cavili* donde se aprecia que todos son rectos. **PAG 105.**

**Figura 55.-** Porcentaje de frutos rectos variedad cora. **PAG 106.**

**Figura 56.-** Porcentaje de frutos rectos variedad cavili. **PAG 107.**

**Figura 57.-** Detalle de frutos curvados en las variedades *Cora* (izquierda) y *Cavili* (derecha). **PAG 107.**

**Figura 58.-** Porcentaje de frutos curvados en la variedad *Cora* por tratamiento. **PAG 108.**

**Figura 59.-** Porcentaje de frutos curvados en la variedad *Cavili*. **PAG 109.**

**Figura 60.-** Frutos chupados de las variedades *Cavili* y *Cora*. **PAG 110.**

**Figura 61.-** Porcentaje de frutos chupados en la variedad *Cora*. **PAG 110.**

**Figura 62.-** Porcentaje de frutos chupados en la variedad *Cavili*. **PAG 111.**

**Figura 63.-.** Frutos con ovario súpero en diferentes tratamientos de *Cora* y *Cavili*. **PAG 112.**

**Figura 64.-** Porcentaje de frutos con ovario supero en la variedad *Cora*. **PAG 113.**

**Figura 65.-** Porcentaje de frutos con ovario supero en la variedad *Cavili*. **PAG 114.**

**Figura 66.-** Velocidad de crecimiento longitudinal del fruto en cm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad *Cora*. **PAG 115.**

**Figura 67.-** Velocidad de crecimiento longitudinal en cm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad cavili. **PAG 116.**

**Figura 68.-** Velocidad de crecimiento transversal en mm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad *Cora*. **PAG 117.**

**Figura 69.-** Velocidad de crecimiento transversal en mm/día en cada uno de los tratamientos de la variedad Cavili. **PAG 118.**

