

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

**Evaluación de la calidad morfológica de
pepinos cultivados en invernadero
realizando dos tipos de aclareo de frutos**

Mención: Hortofruticultura y Jardinería

Modalidad: Trabajo Técnico-Experimental

Curso 2019/2020

Alumno/a:

Juan Antonio Hernández Muñoz

Director/es:

Dr. D. Fernando José Diánez Martínez

Dra. Dña. Milagrosa Santos Hernández

ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	7
1.1. Introducción e interés	7
1.2. Situación de la horticultura almeriense.....	9
1.3. El cultivo de pepino en Almería	11
1.4. Objetivos	13
1.5. Revisión bibliográfica	14
1.5.1. Descripción botánica del pepino.....	14
1.5.1.1. Raíz.....	14
1.5.1.2. Tallo.....	14
1.5.1.3. Hojas	14
1.5.1.4. Flores	14
1.5.1.5. Fruto.....	15
1.5.1.6. Semillas	15
1.5.2. Exigencias generales de clima y suelo en cultivo de pepino	16
1.5.2.1. Temperatura, humedad relativa, luminosidad y CO ₂	16
1.5.2.2. Suelo y nutrientes	17
1.5.3. Principales tipos comerciales de pepino.....	18
1.5.4. Labores culturales en cultivo de pepino bajo invernadero.....	19
1.5.4.1. Siembra.....	19
1.5.4.2. Marcos de plantación	20
1.5.4.3. Ciclos de cultivo.....	21
1.5.4.4. Entutorado y poda	21
1.5.5. Fisiopatías, plagas, enfermedades y virus del pepino	24
2. FASES DE REALIZACIÓN DEL TFG Y CRONOGRAMA	31
3. COMPETENCIAS INTEGRADAS EN EL PROYECTO	32
4. ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	33
4.1. Ubicación del ensayo y características de los invernaderos	33
4.2. Descripción del ensayo	33

4.2.1. Materiales y métodos	33
4.2.1.1. Material vegetal y tipos de aclareo de frutos.....	33
4.2.1.2. Diseño experimental	35
4.2.1.3. Metodología de trabajo, parámetros evaluados y materiales utilizados.....	36
4.2.1.4. Análisis estadístico.....	36
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
5.1. Peso de los frutos	37
5.2. Longitud de los frutos.....	39
5.3. Anchura de los frutos	41
5.4. Resumen de los resultados	44
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS	45
7. BIBLIOGRAFÍA	46

ÍNDICE DE TABLAS

▪ Tabla 1. Producción de cultivos en Almería respecto a la campaña anterior; en toneladas. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola 2018/19, Cajamar, 2019).....	9
▪ Tabla 2. Superficie hortícola invernada en Almería. (Fuente: Observatorio de Precios y Mercados, Junta de Andalucía, 2019).....	10
▪ Tabla 3. Exportaciones de Almería por meses; en toneladas y en miles de euros. Elaboración propia. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola 2018/19, Cajamar, 2019).	10
▪ Tabla 4. Datos de exportación de los productos almerienses en la campaña 2018/19. Elaboración propia. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola 2018/19, Cajamar, 2019).	11
▪ Tabla 5. Datos del pepino en la campaña 2018/19. (Fuente: Anuario Agrícola 2019 de FHALMERÍA).	12
▪ Tabla 6. Umbrales de temperatura en cultivo de pepino bajo invernadero. (Fuente: El cultivo del pepino bajo invernadero, Vasco R., 2003).	16
▪ Tabla 7. Marcos de plantación utilizados en pepino tipo "Almería". (Fuente: Cultivo intensivo del pepino, Reche, 2014).....	20
▪ Tabla 8. Virus que afectan al pepino.....	30
▪ Tabla 9. Diseño experimental del ensayo.	35
▪ Tabla 10. Número de frutos evaluados.....	37
▪ Tabla 11. Síntesis de resultados en invernadero 1.....	44
▪ Tabla 12. Síntesis de resultados en invernadero 2.....	44
▪ Tabla 13. Síntesis de los resultados comparando el aclareo (1-1) en invernadero 1 y 2.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Principales tipos comerciales de pepino en Almería. (Fuente: Observatorio de Precios y Mercados, Junta de Andalucía, 2019). 13
- Figura 2. Plantación de pepino en invernadero de Almería. Elaboración propia. 15
- Figura 3. Principales tipos comerciales de pepino. 19
- Figura 4. Ciclos de cultivo del pepino en el sureste español. (Fuente: El cultivo del pepino bajo invernadero, Vasco, 2003)..... 21
- Figura 5. Poda de formación (tipo b) del pepino corto. (Fuente: Cultivo intensivo del pepino, Reche, 2014). 23
- Figura 6. Poda del pepino largo cuando la planta llega al final del entutorado. (Fuente: Cultivo intensivo del pepino, Reche, 2014). 23
- Figura 7. Principales plagas que ocasionan daños en el cultivo de pepino. (Fuente: Guía ilustrada de plagas y enemigos naturales en cultivos hortícolas en invernadero, Téllez et al., 2007)..... 27
- Figura 8. Mildiu de las cucurbitáceas. Fuente: www.koppert.es 29
- Figura 9. Fases de realización del TFG y cronograma. 31
- Figura 10. Aclareo de frutos (1-1). 34
- Figura 11. Aclareo de frutos (2-1). 34

ÍNDICE DE GRÁFICAS

- Gráfica 1. Distribución mensual de las exportaciones de pepino almeriense en la campaña 2018/19 y en las cuatro campañas anteriores. (Fuente: Observatorio de Precios y Mercados, Junta de Andalucía, 2019). 12
- Gráfica 2. Peso medio del fruto en invernadero 1..... 38
- Gráfica 3. Peso medio del fruto en invernadero 2..... 38
- Gráfica 4. Peso medio del fruto en invernadero 1 y 2 con aclareo (1-1)..... 39
- Gráfica 5. Longitud media del fruto en invernadero 1. 40
- Gráfica 6. Longitud media del fruto en invernadero 2. 40
- Gráfica 7. Longitud media del fruto en invernadero 1 y 2 con aclareo (1-1). . 41
- Gráfica 8. Anchura media del fruto en invernadero 1..... 41
- Gráfica 9. Anchura media del fruto en invernadero 2..... 42
- Gráfica 10. Anchura media del fruto en invernadero 1 y 2 con aclareo (1-1). 43

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Introducción e interés

Es conocida la importancia del aclareo de frutos en fruticultura para la obtención de fruta de mayor calidad. En variedades que exigen un calibre determinado para su comercialización y que presentan deficiencias en el tamaño final de los frutos cuando la carga de fruta en el árbol es muy elevada, es necesario eliminar parte de los frutos que han cuajado para aumentar el tamaño y la calidad de los restantes. Se mejora también la coloración de los frutos y se regulan las producciones (disminución de la vecería) en especies susceptibles. Además se consigue una distribución más equilibrada de la fruta en el árbol que reduce el peso que soportan las ramas y el riesgo de fracturas.

Sin embargo, en cultivos hortícolas protegidos, el aclareo de frutos no es una práctica relevante. Lo que hacen algunos agricultores es quitar los frutos dañados por plagas y enfermedades, los deformados, aquellos que no han cuajado bien o están muy desarrollados. Pocas veces se suprimen frutos por presentar la planta un número excesivo. Cuando se realiza, la finalidad es la misma, mejorar la calidad de los frutos restantes.

En este trabajo se analizará la calidad morfológica (peso, longitud y anchura) de los frutos de cuatro variedades de pepino largo tipo "Almería". Para ello, se han realizado dos tipos de aclareo de frutos que definiré posteriormente. Lo que se pretende es averiguar si empleando estos dos tipos de aclareo, se observan diferencias significativas en la calidad de los pepinos respecto a un testigo en el que no se practique aclareo y qué tipo de aclareo resulta más efectivo.

Estas variedades son de floración ginoica y fructificación partenocárpica, con frutos lisos y de piel más o menos asurcada que superan los 25 cm de longitud. Los frutos se recolectan mayoritariamente en el tallo principal.

Los dos tipos de aclareo de frutos que se han llevado a cabo no son prácticas habituales que desarrollen los agricultores de pepino en la provincia de Almería. En cambio, y como indica Reche (1996), sí es habitual eliminar todas las flores y frutos que nacen en el tallo principal hasta una altura del suelo entre 40-70 cm. También se suelen suprimir durante el ciclo de cultivo: los frutos dañados por plagas y enfermedades, los que presentan alguna deformación, decoloración, los abortados, o

aquellos que se desarrollan en el mismo nudo, para dejar crecer un único fruto por nudo.

Lansbergen y colaboradores (2006) realizaron en otoño de 2005 un ensayo en invernadero con una variedad de pepino tipo "Almería" para comprobar las diferencias en producción y calidad de fruta haciendo tres manejos distintos de aclareo de frutos respecto a un manejo normal del cultivo. Definieron cuatro casos distintos (Caso A: manejo normal del cultivo; Caso B: aclareo de dos frutos antes de llegar al alambre; Caso C: aclareo de cuatro frutos antes de llegar al alambre; Caso D: aclareo de cuatro frutos antes de llegar al alambre y despunte de la cabeza apical al pasar el alambre) y obtuvieron resultados interesantes ya que en los tratamientos con aclareo, la productividad y la calidad de los pepinos fue mayor que con el manejo normal. El tratamiento más efectivo fue el C, permitiendo una adecuada regulación de la planta que superó en calidad y producción (más de 12 kg/m²) al resto de tratamientos. Con el manejo normal se alcanzaron los 11 kg/m². Los casos B y D tuvieron un rendimiento aproximado de 11,5 kg/m².

Hikosaka y Sugiyama (2005) investigaron los efectos de diferentes tiempos de aclareo de frutos en los nudos inferiores (nudos 4 a 7) sobre el crecimiento del fruto y el aborto en los nudos superiores en una variedad ginoica y partenocárpica de pepino (*Cucumis sativus* L.). Eliminaron los frutos de los nudos inferiores 0, 5, 10, 15 y 20 días después de la antesis de las flores en el nudo 8 (DAA₈). Cuando los frutos de los nudos 4 a 7 se aclararon con 0 o 5 DAA₈, todos los frutos de los nudos 8 a 12 crecieron hasta alcanzar un tamaño comercial y no hubo aborto de frutos. Cuando los frutos se aclararon 10 DAA₈, los frutos de los nudos 8 a 12 dejaron de crecer después de la antesis, pero el crecimiento se restableció unos días después del aclareo de los frutos. El aclareo de frutos a los 15 o 20 DAA₈ provocó el aborto de la mayoría de los frutos en los nudos 8 a 12, mientras que los frutos del nudo 13 y superiores dejaron de crecer por un tiempo pero reanudaron su crecimiento después del aclareo de frutos.

Jolliffe y Lin (1997) evaluaron diferentes métodos de aclareo de frutos en el tallo principal de una variedad de pepino largo con objeto de producir variaciones en la vida útil de la fruta. Comenzaron el aclareo en el noveno nudo (hasta donde no se produjo fruto) y establecieron tres formas de aclareo para mantener proporciones de una, dos o cuatro hojas por fruto; y tres regímenes de muestreo para recolectar fruto de los nudos inferiores (nudos 9 a 13), nudos superiores (nudos 14 a 18) o ambos nudos

superiores e inferiores (nudos alternos comenzando en el nudo 9). El tratamiento más efectivo en prolongar la vida útil de los pepinos fue la realización del aclareo dejando dos hojas por fruto.

1.2. Situación de la horticultura almeriense

Almería es la provincia referente y líder en producción de hortalizas invernadas de todo el territorio español. En la campaña 2018/19, la superficie de invernaderos alcanzó las 32.048 hectáreas y la producción hortícola total fue de 3.764.735 toneladas, siendo 3.525.187 toneladas el valor correspondiente a la producción bajo abrigo (Servicio de Estudios Agroalimentarios de Cajamar, 2019).

Debido a la realización de varias alternativas de cultivo en gran parte de los invernaderos almerienses, la superficie efectiva de cultivo llegó a las 45.668 hectáreas en la campaña 2018/19, registrando el dato más alto de la serie histórica (Observatorio de Precios y Mercados, 2019).

Tabla 1. Producción de cultivos en Almería respecto a la campaña anterior; en toneladas. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola 2018/19, Cajamar, 2019).

	Campaña 2017/2018	Campaña 2018/2019	Var. %
Berenjena	181.130	190.614	5,2
Calabacín	456.045	459.420	0,7
Judías Verdes	7.897	4.347	-45,0
Melón	91.927	121.344	32,0
Pepino	459.777	527.352	14,7
Pimiento	707.693	785.043	10,9
Sandía	477.152	548.677	15,0
Tomate	996.254	888.389	-10,8
Total invernado	3.377.875	3.525.187	4,4
Lechuga	130.271	194.675	49,4
Total intensivo	3.508.146	3.719.862	6,0
Otras hortícolas	29.745	44.873	50,9
Total	3.537.891	3.764.735	6,4

El cultivo que ocupó la mayor superficie fue el pimiento (11.115 ha); seguido del tomate (9.535 ha), la sandía (8.283 ha), el calabacín (7.349 ha) y el pepino (5.023 ha).

En cambio, en términos de producción, el tomate superó las 888.000 toneladas. El pimiento obtuvo el segundo puesto alcanzando las 785.043 toneladas.

Tabla 2. Superficie hortícola invernada en Almería. (Fuente: Observatorio de Precios y Mercados, Junta de Andalucía, 2019).

Superficie Hortícola invernada Almería (ha)							
Campaña	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	Variación 2018/19 -2017/18
Tomate	11.081	10.222	10.836	10.124	10.311	9.535	-8 %
Pimiento	9.325	9.270	9.439	10.260	10.143	11.115	10 %
Pepino	4.839	4.979	5.026	4.980	5.099	5.023	-1 %
Calabacín	7.116	7.369	7.490	7.863	7.755	7.349	-5 %
Berenjena	1.908	2.446	2.300	2.150	2.209	2.164	-2 %
Judía verde	1.348	1.400	1.301	991	471	187	-60 %
Melón	1.991	2.306	1.954	1.752	1.808	2.012	11 %
Sandía	5.478	6.583	6.833	7.129	7.797	8.283	6 %
Total	43.086	44.575	45.179	45.249	45.593	45.668	0%

Cabe destacar que durante la campaña 2018/19 el 80% de la producción total se destinó a exportación (2.712.085 t), lo que supuso un 10,1% más respecto a la campaña anterior. Además, se logró una cifra récord: el valor de la producción exportada almeriense ascendió a los 2.684 millones de euros. Sin duda alguna, la mayor fuente de ingresos de la horticultura almeriense proviene del comercio exterior.

Tabla 3. Exportaciones de Almería por meses; en toneladas y en miles de euros. Elaboración propia. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola 2018/19, Cajamar, 2019).

	EN TONELADAS		EN MILES DE EUROS	
	2018/2019	Var. 2018/19 (%)	2018/2019	Var. 2018/19 (%)
Septiembre	91.125	15,1	99.930	19,1
Octubre	182.414	2,9	192.311	12,2
Noviembre	248.390	-5	291.672	18,2
Diciembre	343.999	30,5	356.085	19,1
Enero	348.119	15,1	398.165	15,9
Febrero	313.773	10,1	353.166	13,4
Marzo	337.893	9,6	344.752	17,9
Abril	266.915	10	247.900	13,4
Mayo	325.793	16	232.278	-8,4
Junio	253.664	-3,2	168.035	-7,8
Total	2.712.085	10,1	2.684.295	11,7

Los cultivos que lideraron las exportaciones en términos de volumen fueron el pimiento (553.417 t), el pepino (485.865 t) y el tomate (447.334 t). Pimiento y tomate son los productos que generan mayor valor económico en la horticultura protegida almeriense.

La Unión Europea recibe el 98% de las exportaciones almerienses, siendo los principales destinos Alemania (34%), Reino Unido y Países Bajos (11% cada uno), Francia (10%), Polonia (7%) e Italia (5%) (Observatorio de Precios y Mercados, 2019).

Tabla 4. Datos de exportación de los productos almerienses en la campaña 2018/19. Elaboración propia. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola 2018/19, Cajamar, 2019).

	Cantidad (toneladas)	Valor (miles de euros)
Pimiento	553.417	738.643
Pepino	485.865	395.627
Tomate	447.334	527.952
Sandía	330.988	156.086
Calabacín	308.201	268.836
Lechuga	165.503	129.522
Berenjena	123.328	129.435
Melón	66.574	47.706
Judía Verde	12.540	33.842
Otros	218.335	256.647
Total	2.712.085	2.684.295

1.3. El cultivo de pepino en Almería

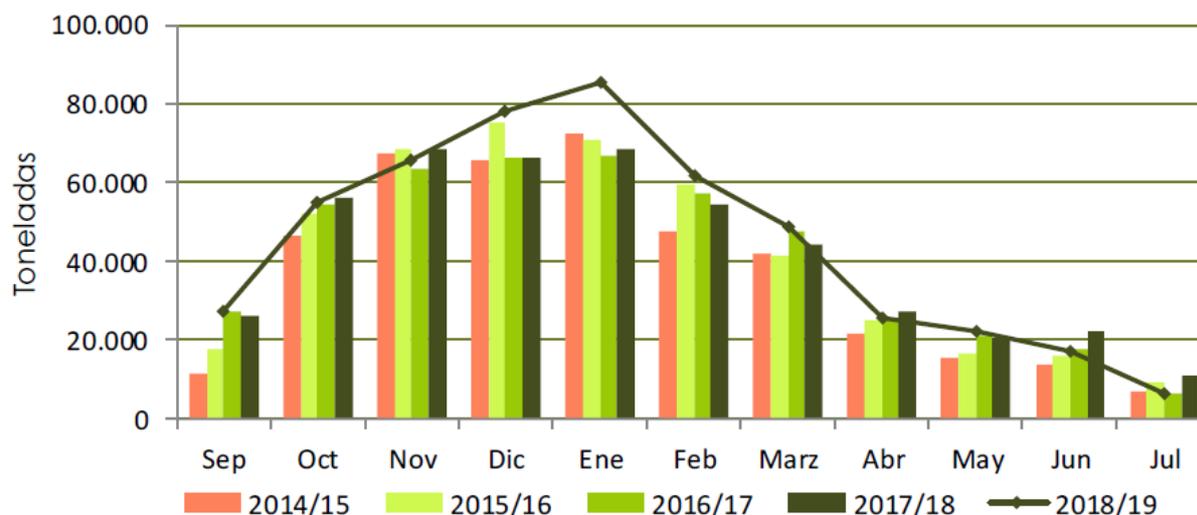
El pepino (*Cucumis sativus* L.) es uno de los cultivos más importantes de la provincia de Almería. Aunque en la campaña 2018/19 experimentó un ligero retroceso en superficie con respecto a la campaña precedente, fue la cuarta hortaliza más producida (527.352 t). En la tabla 5, se pueden observar los datos más representativos del pepino en la campaña 2018/19.

Casi la totalidad (más del 90%) de la producción de pepino almeriense se destina a exportación. Según el Observatorio de Precios y Mercados de la Junta de Andalucía, el 80% del pepino exportado en la campaña 2018/19 se concentró entre los meses de octubre y marzo, generando el 83% de los ingresos totales de la campaña. Entre los meses de diciembre y marzo las ventas de pepino en los mercados exteriores fueron superiores a la campaña anterior (+17%), registrándose en el mes de enero las mayores variaciones de volumen (+24%). El principal

importador europeo es Alemania, seguido a gran distancia por Reino Unido y Holanda, gran reexportador del pepino andaluz.

Tabla 5. Datos del pepino en la campaña 2018/19. (Fuente: Anuario Agrícola 2019 de FHALMERÍA).

Rentabilidad	5,24 €/m ²
Superficie cultivada	5.023 ha
Producción	527.352 t
Valor de la producción	265.522.000 €
Valor final comercializado	375.510.000 €
Rendimiento medio/ha	104.987 kilos/ha
Rendimiento neto/m²	10,49 kilos/m ²
Precio medio/kg	0,50 euros/kg



Gráfica 1. Distribución mensual de las exportaciones de pepino almeriense en la campaña 2018/19 y en las cuatro campañas anteriores. (Fuente: Observatorio de Precios y Mercados, Junta de Andalucía, 2019).

Los principales tipos comerciales de pepino, y por tanto, los más cultivados por los agricultores almerienses son: pepino largo tipo “Almería” o tipo “holandés”, pepino corto o pepino “español” y pepino medio largo o tipo “francés”. El pepino tipo “Almería” es el más cultivado respecto a los otros. En la figura 1, se muestran los principales tipos comerciales de pepino según su importancia en volumen y valor económico. Dentro de la categoría “otros tipos” se incluyen variedades minoritarias como el pepino mini, midi, etc.

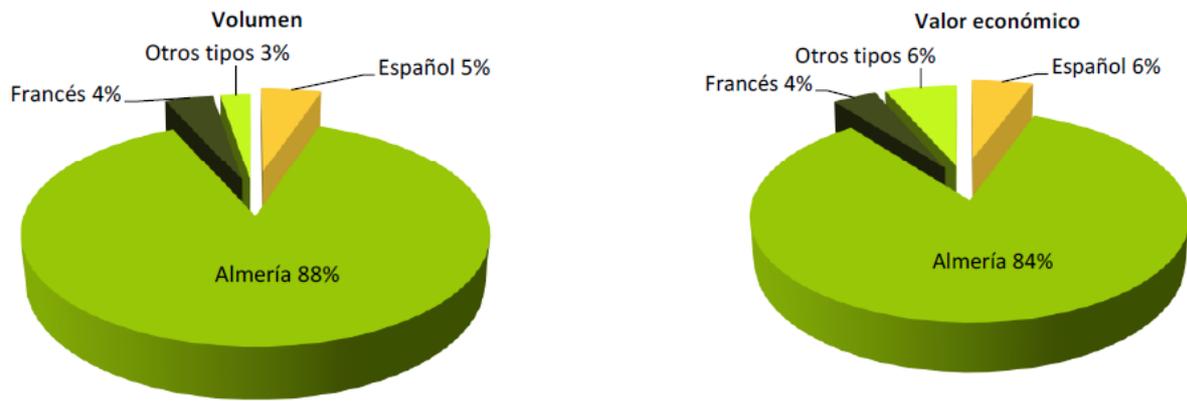


Figura 1. Principales tipos comerciales de pepino en Almería. (Fuente: Observatorio de Precios y Mercados, Junta de Andalucía, 2019).

1.4. Objetivos

El objetivo principal es evaluar la calidad morfológica de los frutos de cuatro variedades de pepino largo sometidas a dos tipos de aclareo de frutos, respecto a un testigo donde no se realizó aclareo.

1.5. Revisión bibliográfica

1.5.1. Descripción botánica del pepino

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una planta anual de porte herbáceo, rastrero o trepador que pertenece a la familia de las cucurbitáceas.

Según el MAPA (2019), su origen se sitúa en las regiones tropicales del sur de Asia. En India se viene realizando su cultivo desde hace más de 3.000 años. Con el paso de los años se hizo popular en Grecia y en Roma. Fueron estos últimos quienes lo introdujeron en el resto de Europa.

1.5.1.1. Raíz

El pepino tiene un sistema radicular muy potente, con una raíz principal pivotante que puede alcanzar los 60 centímetros de profundidad e incluso superarlos en suelos sueltos y profundos. Dicha raíz se ramifica a su vez en múltiples raíces secundarias muy finas y de color blanquecino que se extienden superficialmente.

1.5.1.2. Tallo

El tallo es de porte herbáceo, está recubierto de vello, tiene formación de nudos y puede ser rastrero si se le deja crecer libremente o trepador si se realiza entutorado. El número de nudos variará según la variedad, las condiciones climáticas y las técnicas de cultivo empleadas. De cada nudo parte una hoja y un zarcillo (los zarcillos son hojas modificadas y adaptadas que facilitan la función trepadora de la planta). En las axilas de las hojas brotan las ramificaciones secundarias y las flores.

1.5.1.3. Hojas

Son grandes, alternas, con peciolo alargado, recubiertas de vello muy fino, palminervias, de limbo acorazonado, divididas en 3 lóbulos más o menos pronunciados, siendo el central más puntiagudo. Tienen un color verde oscuro aunque en hojas jóvenes puede ser más claro.

1.5.1.4. Flores

Las flores del pepino nacen en las axilas de las hojas. Son gamopétalas, presentan un pedúnculo corto y un color amarillo intenso.

La mayoría de las variedades de pepino cultivadas actualmente en invernadero son de floración ginoica, es decir, poseen únicamente flores femeninas; y de frutos partenocárpicos. Aunque, en un principio, los cultivares de pepino eran plantas monoicas, con flores masculinas y femeninas en el mismo pie y de fecundación cruzada (Reche, 2014).

Las flores femeninas tienen un ovario ínfero claramente distinguible.

1.5.1.5. Fruto

Los frutos son pepónides de tamaño y forma variables (oblongos, cilíndricos o globulosos) y de color verde claro al principio para tomar posteriormente un color verde más oscuro. En estado de madurez fisiológica son de color amarillo, pero se recolectan antes puesto que los frutos no tendrían valor comercial.

La piel puede ser lisa, rugosa, con o sin estrías y con espinas o sin ellas. La pulpa es blanca y acuosa, lo que le confiere a esta hortaliza su valor refrescante; en su interior se encuentran las semillas.

1.5.1.6. Semillas

Las semillas de pepino son alargadas, ovales, aplastadas, lisas y de color blanco – amarillento. La duración media de la capacidad germinativa de la semilla de pepino está en unos cinco años y la cantidad de semillas por fruto depende de la variedad.



Figura 2. Plantación de pepino en invernadero de Almería. Elaboración propia.

1.5.2. Exigencias generales de clima y suelo en cultivo de pepino

1.5.2.1. Temperatura, humedad relativa, luminosidad y CO₂

Estos cuatro parámetros son fundamentales para el buen desarrollo y productividad de las plantas, por lo que debemos prestarles atención e intentar que durante el ciclo de cultivo se sitúen en los rangos adecuados.

Temperatura

La temperatura del suelo en la germinación debe estar entre 20-25 °C durante el día y no bajar de los 20 °C por la noche, siendo la temperatura mínima para germinar 12 °C. La germinación será deficiente si se superan los 35 °C. La temperatura ambiente debe mantenerse entre los 25-35 °C (Reche, 2014).

La temperatura óptima para el desarrollo de las plantas de pepino en invernadero oscila entre los 21-24 °C durante el día y los 18-21 °C por la noche. En general, temperaturas entre 20-30 °C durante el día no van a repercutir en la producción. Si se superan los 30 °C se pueden observar desequilibrios en las plantas y temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17 °C pueden provocar malformaciones de hojas y frutos defectuosos (Vasco, 2003).

Cuando la temperatura desciende de los 14 °C se ralentiza el crecimiento de las plantas. Temperaturas diurnas mayores de 35 °C producen un exceso de transpiración y una reducción del cuajado de frutos (Reche, 2014).

Tabla 6. Umbrales de temperatura en cultivo de pepino bajo invernadero. (Fuente: El cultivo del pepino bajo invernadero, Vasco R., 2003).

Umbrales de temperatura		
	Día T ^a (°C)	Noche T ^a (°C)
Óptimo	21-24	18-21
Subóptimo I	24-27	15-18
Subóptimo II	27-30	12-15
Crítico	>30	<12

Humedad relativa

El cultivo del pepino requiere una humedad relativa del 60-70% durante el día y del 70 al 85% por la noche. Valores de humedad inferiores al 40% durante el día y superiores al 90% durante la noche son críticos para el cultivo (Reche, 2014).

Valores excesivos de humedad pueden afectar negativamente al cultivo de pepino y provocar el desarrollo de enfermedades criptogámicas (Maroto, 2002).

Luminosidad

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica normalmente sin problemas, incluso en días cortos. Es exigente en intensidad de luz, no tanto en cantidad. La falta de luz trae consigo menores rendimientos (Reche, 2014).

Dióxido de carbono

Numerosos ensayos indican que niveles de CO₂ próximos a 500 ppm incrementan la absorción de dicho gas por la planta de pepino e influyen en su crecimiento y producción (Reche, 2014).

1.5.2.2. Suelo y nutrientes

El pepino puede crecer en todo tipo de suelos; desde los de textura arenosa o franco-arenosa hasta suelos más arcillosos, aunque es preferible evitar los suelos arcillosos porque tienen una peor aireación, el crecimiento de la planta es menor y pueden producirse encharcamientos y pudrición de raíces. Se adapta muy bien a suelos de textura media: arcillo-arenosos, franco-arenosos y a suelos recién retranqueados, en general, suelos que tengan una buena capacidad de retención de agua, que sean sueltos, ricos en materia orgánica y drenen bien (Reche, 2014).

Es capaz de soportar la acidez del terreno hasta un pH de 5,5 y es medianamente tolerante a la salinidad del agua de riego, a un nivel similar o algo menor que el melón (Maroto, 2002). El pH óptimo se encuentra entre 5,5 y 7 (Reche, 2014).

Cuando la concentración de sales en el suelo es elevada las plantas absorben con dificultad el agua de riego, el crecimiento se ralentiza, el tallo se debilita, las hojas reducen su tamaño y los frutos se curvan. Si la concentración de sales es muy baja se forman plantas frondosas que son más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades como la Botrytis, Sclerotinia, Mycosphaerella y Pseudoperonospora (Vasco, 2003).

El pepino es un cultivo exigente en nitrógeno durante el desarrollo de la planta y por su rápida entrada en producción. Es importante no abusar del nitrógeno ya que grandes cantidades de este elemento estimulan el crecimiento vegetativo en

detrimiento del desarrollo generativo (flores y frutos), la planta se pone más tierna y esto favorece la aparición de enfermedades (Reche, 2014).

Respecto al aporte general de nitrógeno, es interesante emplear, siempre que se pueda, el nitrato de calcio, ya que el calcio es un elemento importante en la nutrición del pepino, y que aporta además de una mejora en la calidad, una mejor defensa de las plantas ante las enfermedades (Vasco, 2003).

También son necesarios altos niveles de potasio durante el engorde y la maduración de los frutos; si la fertilización es pobre en potasio puede ocasionar deformaciones en los frutos. En cuanto al fósforo, es conveniente mantener un buen nivel de abonado durante todo el ciclo de cultivo y no descuidar la primera etapa de crecimiento de las plantas (Reche, 2014).

Los aportes de microelementos no son menos importantes, principalmente de hierro y manganeso, más minoritariamente de magnesio, por lo que conviene aportar algún compuesto rico en Fe y Mn, y algo de sulfato de magnesio. Estos micros y oligoelementos son fundamentales y van a repercutir en el color de la fruta, la calidad de la misma y la resistencia de la planta mientras sean introducidos a tiempo y en cantidades suficientes; de esta forma, el color y el brillo de la fruta van a dar un buen aspecto comercial a la producción (Vasco, 2003).

1.5.3. Principales tipos comerciales de pepino

Las distintas variedades de pepino se pueden clasificar en función de diversas características como son el tamaño, la forma, el color de la piel, etc. Los principales tipos comerciales de pepino son:

- Pepino corto o pepinillo (tipo “español”)

En este grupo se incluyen todas las variedades de pepino pequeño que no superan los 15 cm de longitud. Presentan piel verde con rayas de color amarillo o blanco y se utilizan para consumo en fresco o para la elaboración de encurtidos. Existen variedades monoicas, ginoicas con polinizador y ginoicas partenocárpicas.

- Pepino medio largo (tipo “francés”)

En este grupo se diferencian variedades con frutos de piel lisa y otras cuyos frutos tienen espinas. La longitud de los frutos es de 20-25 cm. También hay variedades monoicas, ginoicas con polinizador o de floración partenocárpica. La producción se destina principalmente al mercado interior, para consumo en fresco.

- Pepino largo (tipo “Almería” o tipo “holandés”)

Pertenecen a este grupo las variedades con frutos muy largos, que alcanzan o superan los 25 cm de longitud, oscuros, rectos y de piel lisa más o menos asurcada. Son híbridos ginoicos de frutos totalmente partenocárpicos. Es el más cultivado en el sureste español, principalmente para su exportación y posterior consumo en fresco.

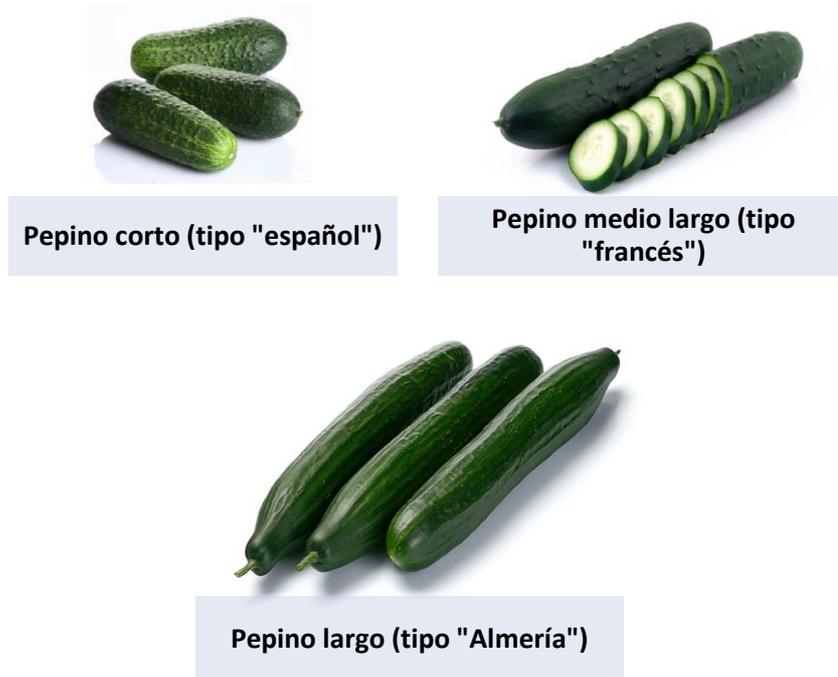


Figura 3. Principales tipos comerciales de pepino.

1.5.4. Labores culturales en cultivo de pepino bajo invernadero

1.5.4.1. Siembra

La siembra, como en otros cultivos, puede ser directa o realizarse en un semillero:

- Directa: las semillas se depositan directamente sobre el terreno de forma manual, siguiendo el marco de plantación establecido.
- En semillero: la siembra se efectúa en bandejas de poliestireno expandido de diferentes tamaños y número de alveolos. En cada bandeja se coloca una funda de plástico, el sustrato a emplear (siendo generalmente turba el elemento principal) y, por último, una semilla en cada alveolo. Si las condiciones son idóneas, la mayoría de las semillas de pepino germinan en 3-4 días. A los 15-20 días de la germinación, cuando las plantas tengan 2-

3 hojas verdaderas, estarán listas para el trasplante. Este periodo de siembra/trasplante se puede alargar en algunas ocasiones dependiendo de la época de siembra y la variedad. La germinación no es tan rápida en siembras directas en suelos enarenados.

En la actualidad la siembra directa no suele realizarse y la mayoría de agricultores que cultivan pepino en Almería contratan los servicios del semillero. De esta forma ahorran tiempo, aseguran la germinación de las semillas y el buen desarrollo de las plántulas.

1.5.4.2. Marcos de plantación

En plantaciones de primavera se utilizan marcos más pequeños para dar mayor densidad al cultivo ya que la luminosidad es alta. En cambio, para plantaciones de otoño que se realizan a finales de agosto o principios de septiembre con la intención de arrancar las plantas a finales de diciembre o en el mes de enero y plantar otro cultivo, se establecen marcos más grandes para reducir la densidad, evitar la competencia por la luz de las plantas en fechas de días cortos y mejorar la ventilación del cultivo.

A continuación se muestran algunos ejemplos de marcos de plantación utilizados en pepino tipo "Almería":

Tabla 7. Marcos de plantación utilizados en pepino tipo "Almería". (Fuente: *Cultivo intensivo del pepino*, Reche, 2014).

Ciclos de otoño	
Marco de plantación	Densidad
2,0 m entre líneas y 0,5 m entre plantas	10.000 plantas/ha
1,5 m entre líneas y 0,5 m entre plantas	13.330 plantas/ha
1,0 m entre líneas y 0,75 m entre plantas	13.330 plantas/ha
Líneas pareadas: 0,5 m entre líneas, 1,75 m entre pasillos y 0,5 m entre plantas	17.775 plantas/ha
Líneas pareadas: 0,75 m entre líneas, 2 m entre pasillos y 0,5 m entre plantas	14.550 plantas/ha
Ciclos de primavera	
Marco de plantación	Densidad
1,5 m entre líneas y 0,5 m entre plantas	13.330 plantas/ha
1,5 m entre líneas y 0,4 m entre plantas	16.600 plantas/ha

1,3 m entre líneas y 0,5 m entre plantas	15.385 plantas/ha
Líneas pareadas: 0,75 m entre líneas, 1,25 m entre pasillos y 0,5 m entre plantas	20.000 plantas/ha
Líneas pareadas: 0,8 m entre líneas, 1,20 m entre pasillos y 0,5 m entre plantas	20.000 plantas/ha

1.5.4.3. Ciclos de cultivo

En el sureste español se realizan dos ciclos de cultivo según la época de recolección del pepino: de otoño y de primavera, con diferentes fechas de trasplante.

En la siguiente figura se pueden observar los ciclos de cultivo más habituales:

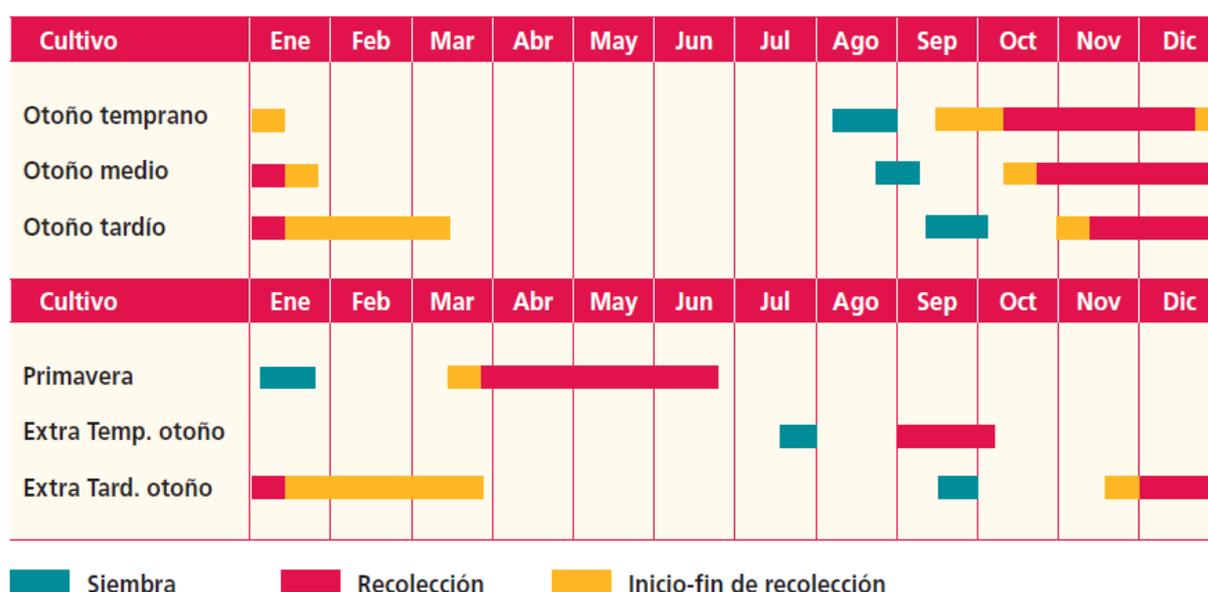


Figura 4. Ciclos de cultivo del pepino en el sureste español. (Fuente: *El cultivo del pepino bajo invernadero*, Vasco, 2003).

1.5.4.4. Entutorado y poda

Entutorado

El entutorado es una práctica habitual en el cultivo de pepino y consiste en atar una rafia en la base del tallo de cada planta y llevar el extremo restante hasta un alambre horizontal situado a una altura de 2-2,20 metros. Se consigue así que las plantas de pepino queden erguidas, aprovechen mejor la luz y reciban buena ventilación. También se facilitan otras labores culturales como, por ejemplo, la recolección.

La rafia es un hilo de fibra sintética o natural. Cada vez son más los agricultores que utilizan rafias naturales ya que estas son biodegradables. Se usan también

perchas con carrete que permiten al trabajador hacer descender e inclinar las plantas de pepino de forma más fácil, rápida y segura.

Hay otro tipo de entutorado que a veces se emplea en variedades de pepino mediano o corto y se basa en colocar mallas de cuadros de 15 x 15 o 20 x 20 cm extendidas verticalmente a lo largo de las líneas del cultivo.

Poda

Según indica Reche (2014), hay que tener en cuenta las siguientes normas generales para realizar la poda en pepino:

- El tipo de fructificación de la planta.
- Los despuntes en los tallos laterales dependen del vigor de la planta, a más vigor los tallos se dejarán más largos.
- Eliminar los brotes improductivos.
- Realizar una poda equilibrada, suprimiendo brotes y hojas según el vigor de la planta y su fructificación.
- En la axila de cada hoja nacen normalmente, 1-2 frutos, un zarcillo y un brote. No conviene dejar más de un fruto por nudo.

1) Poda de formación del pepino corto

En este tipo de pepino no se recomienda dejar frutos en el tallo principal y sí favorecer el crecimiento de los tallos laterales que serán los portadores de los frutos.

Reche (2014) establece estos tres tipos de poda:

- a) Desde 0,50 m de altura hasta 1 m, aproximadamente, se dejan todas las brotaciones laterales, despuntándolas cuando tengan 1 fruto y por encima de una hoja. Se suprimen todos los brotes de 3° orden que nazcan en los tallos laterales. A partir de 1 m se dejan todos los brotes laterales, podándolos cuando tengan 2 frutos y por encima de una hoja. Igualmente los tallos de 3° orden se eliminan (p. 22).
- b) Por encima de 0,5 m se dejan crecer todos los tallos laterales, despuntándolos por encima de una hoja y después de 2 frutos. Este sistema es uno de los más empleados en invernadero (p. 22).
- c) Desde 0,5 m de altura se despuntan todos los brotes laterales dejando 1 fruto y una hoja por cada tallo. Los frutos del tallo principal se suprimen (p. 23).

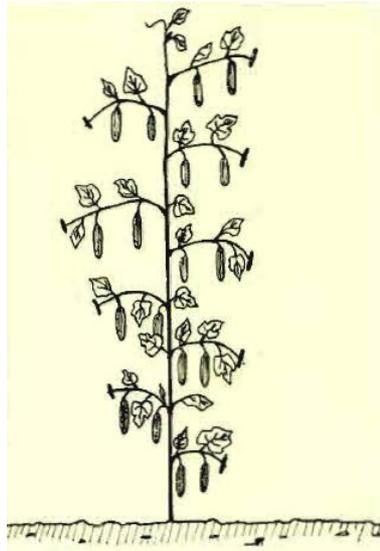


Figura 5. Poda de formación (tipo b) del pepino corto. (Fuente: *Cultivo intensivo del pepino*, Reche, 2014).

2) Poda de formación del pepino largo

Lo que interesa en estas variedades ginoicas de frutos partenocárpicos es desarrollar solo un tallo principal y la poda consiste en suprimir todos los tallos secundarios y frutos hasta una altura de 0,5-0,6 m. A partir de dicha altura se eliminarán todos los brotes laterales y se dejarán todos los frutos que nazcan en el tallo principal; lo habitual es dejar un fruto por nudo.

Cuando la planta llega al final del entutorado se suele cruzar al alambre horizontal contiguo, dejándola caer y permitiendo que crezcan varios brotes laterales según interese y de acuerdo con el vigor de la planta. Se despunta el tallo principal a 1 m del suelo aproximadamente (Reche, 2014).

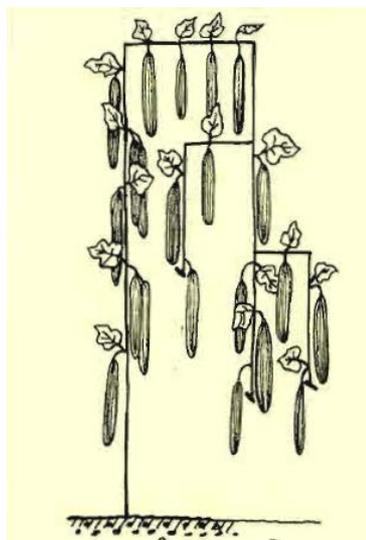


Figura 6. Poda del pepino largo cuando la planta llega al final del entutorado. (Fuente: *Cultivo intensivo del pepino*, Reche, 2014).

1.5.5. Fisiopatías, plagas, enfermedades y virus del pepino

En este apartado se pretende, a modo de resumen, describir los daños que ocasionan las principales fisiopatías, plagas, enfermedades y algunos virus en el cultivo del pepino. No se mencionarán los procedimientos a seguir para combatir los daños (prácticas preventivas, culturales, control químico, control biológico, etc.).

Fisiopatías

- Quemados en la zona apical del pepino: se producen por “golpes de sol” o por una transpiración excesiva.
- Rayado de los frutos: tiene lugar en épocas frías, con cambios bruscos de humedad y temperatura en el mismo día. Las rajadas longitudinales son de poca profundidad y cicatrizan rápido, no ocasionan podredumbres pero deprecian los frutos.
- Curvado y estrechamiento de los frutos: puede producirse por diferentes factores (falta de agua, salinidad, abonado inadecuado, trips, altas temperaturas, exceso de producción e incluso puede ser varietal).
- Anieblado de frutos: los frutos comienzan a amarillear, se arrugan y terminan abortando justo cuando acaban de cuajar. Puede deberse a una carga excesiva de frutos o por falta de agua y nutrientes.
- Amarilleo de los frutos: suele ser habitual en los meses más fríos, cuando el metabolismo de las plantas se ralentiza y se anticipa la maduración de los frutos. Puede producirse también por los siguientes factores que tienen un efecto inductor de la maduración:
 - Exceso de nitrógeno.
 - Falta de luz.
 - Exceso de potasio.
 - Conductividad muy alta en el suelo.
 - Fuertes deshidrataciones (a nivel foliar y en las capas superficiales del suelo).

Plagas

Araña roja (*Tetranychus spp.*)

Características

- Es un ácaro de la familia de los tetraníquidos.
- Plaga muy voraz y polífaga.

- Desarrollo poblacional muy rápido, especialmente en condiciones cálidas y sequedad ambiental.

Sintomatología y daños

- Se desarrolla en el envés de las hojas causando decoloraciones, punteaduras o manchas amarillentas que pueden apreciarse en el haz como primeros síntomas.
- Con mayores poblaciones se produce desecación o incluso defoliación.
- Los ácaros de araña roja penetran la epidermis y extraen la savia del envés de las hojas. El follaje infestado adopta pronto un aspecto blancuzco o bronceado.
- Las hojas infestadas pueden estar recubiertas de telarañas.

Pulgones (*Aphis craccivora*, *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*)

Características

Los pulgones (áfidos), son una familia de insectos homópteros de coloración variable y cuerpo globoso. Se alimentan de la savia de las plantas.

Sintomatología y daños

- Suelen originar el enrollamiento y amarilleo de las hojas.
- Proliferación de negrilla: reduciéndose la fotosíntesis y como consecuencia disminuyendo el crecimiento y la producción de la planta.
- Pueden inocular sustancias tóxicas en la planta, causando fuertes reacciones alérgicas y además pueden introducir determinados virus como el virus del mosaico del pepino (CMV) o el virus del mosaico amarillo del calabacín (ZYMV).

Orugas

Las especies que más daños ocasionan al cultivo de pepino son:

- *Spodoptera exigua*, rosquilla verde o gardama.
- *Spodoptera littoralis*, rosquilla negra.
- *Helicoverpa armigera*.
- *Heliothis peltigera*.

Sintomatología y daños

- Las orugas pequeñas se localizan en el envés de las hojas, alimentándose de la epidermis. Cuando crecen, se dispersan por toda la planta.
- Se alimentan de hojas, tallos y frutos.
- Algunas especies como *Helicoverpa armigera* y *Spodoptera exigua* pueden localizarse en el interior de los frutos.
- Los daños producidos en la planta y fruto constituyen vías de entrada de bacterias y hongos.

Minadores (*Liriomyza spp.*)

Estas pequeñas moscas de la familia *Agromyridae* reciben su nombre por la capacidad que poseen las larvas para realizar galerías en las hojas al alimentarse del tejido vegetal.

Sintomatología y daños

- Realizan galerías en las hojas.
- Estas reducen la fotosíntesis, pueden conllevar deshidratación y defoliación, y constituir vías de entrada para otros patógenos.

Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Son un grupo de pequeños insectos pertenecientes al orden *Thysanoptera*. Debido a su gran resistencia y capacidad de adaptación representan uno de los principales insectos plaga en los invernaderos.

Sintomatología y daños

- Produce daños directos en las plantas al perforar las células de los tejidos superficiales.
- Los daños se manifiestan como manchas plateadas, y en ocasiones, como malformaciones en los frutos.
- Son responsables de la transmisión de diversos virus.

Mosca blanca (*Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*)

Son insectos homópteros chupadores de savia que actúan como importantes vectores de virus en cultivos hortícolas.

Sintomatología y daños

- La mosca blanca se alimenta del tejido de las hojas extrayendo la savia de la planta, lo cual entorpece su crecimiento. En las plantas infectadas las hojas se vuelven amarillentas y se caen.
- La segregación de melaza produce manchas y negrilla en plantas y frutos, lo que afecta al valor comercial.



0,3 - 0,5 mm

1,2 - 2,3 mm

Adulto y huevo de *Tetranychus urticae*

 La coloración de *T. urticae* varía dependiendo del cultivo sobre el que se desarrolle

Araña roja



Adulto áptero (sin alas) de *Myzus persicae*

 Sifones del mismo color que el cuerpo

Pulgones



0,9 - 1,2 mm

Adulto de *Frankliniella occidentalis*

 Alas estrechas con largas sedas marginales

Trips



0,9 - 1 mm

Adulto de *Bemisia tabaci*

 Alas en forma de tejadillo

Mosca blanca

Figura 7. Principales plagas que ocasionan daños en el cultivo de pepino. (Fuente: *Guía ilustrada de plagas y enemigos naturales en cultivos hortícolas en invernadero*, Téllez et al., 2007).

Enfermedades

Las enfermedades que afectan con más frecuencia al pepino son:

Fusariosis vascular del pepino

Es una enfermedad muy grave en cultivo de pepino bajo invernadero causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. Los daños producen estrías en los tallos y amarilleamiento de las hojas basales. Al realizar un corte transversal en el tallo se podrá observar una coloración parda del sistema vascular. Se puede extender a hojas, pedúnculo y frutos originando podredumbre húmeda donde es posible ver el micelio del hongo.

Pythium

Este hongo afecta principalmente a plantas pequeñas o plántulas, aunque también puede afectar a plantas adultas, raíces y semillas. Los síntomas son: un marchitamiento rápido de la planta, podredumbre del cuello e incluso daños en las raíces.

Rhizoctonia

Es un hongo que ocasiona daños muy similares a los descritos en la enfermedad anterior pero es menos frecuente que *Pythium*.

Oídio

Son hongos pertenecientes al género *Podosphaera* o *Erysiphe* los que originan normalmente el oídio en pepino. Es una enfermedad que puede causar graves daños si no se combate a tiempo.

Se pueden observar tanto en el haz como en el envés de las hojas, unas manchas pulverulentas de color blanco que se van extendiendo rápidamente hasta cubrir toda la superficie foliar. Si no se frena la enfermedad, las hojas se necrosan y las plantas se debilitan.

Botrytis o podredumbre gris

Es una enfermedad producida por el hongo *Botrytis cinerea* y extendida por todo el mundo. Generalmente, la infección tiene lugar a través de una herida producida por la poda, de un órgano envejecido, de hojas o flores marchitas a punto de caer.

Este hongo origina una podredumbre grisácea cuando se instala y puede atacar cualquier parte de la planta (tallos, hojas, flores y frutos).

Alternaria

Esta enfermedad en pepino está causada por dos tipos de hongos: *Alternaria cucumerina*, que provoca en las hojas manchas redondeadas de color amarillo al principio, para después tornarse más oscuras y que producen el rizado de las mismas. Y otro hongo del mismo género, *A. pluriseptata*, que ataca principalmente a las hojas de la parte media de la planta y donde se observan síntomas similares a los descritos anteriormente.

También puede afectar a frutos maduros.

Mildiu

El hongo que produce esta enfermedad en pepino es: *Pseudoperonospora cubensis*. Junto con *Pythium*, es una de las enfermedades con peores consecuencias para el cultivo de pepino ya que se desarrolla de forma muy rápida.

Como síntomas iniciales, se pueden observar manchas amarillentas delimitadas por los nervios de las hojas y con un aspecto poligonal muy característico. En pocas horas, se puede ver como el envés de la hoja toma un color pardo y aparecen filamentos violáceos abundantes que son las estructuras reproductoras del hongo. Por último, las manchas se necrosan.



Figura 8. Mildiu de las cucurbitáceas. Fuente: www.koppert.es

Dydimella del pepino

Es una enfermedad causada por el hongo *Dydimella bryoniae* y puede atacar a todos los órganos de la planta.

Los síntomas más frecuentes en plantas adultas son podredumbres húmedas de aspecto aceitoso en el tallo, que termina cubriéndose de puntos negros. Estos daños pueden aparecer también en frutos, cuya extremidad se oscurece. En hojas adultas se pueden ver manchas amarillentas y alargadas que acaban necrosándose.

Virus

En la siguiente tabla se indican algunos de los virus más conocidos que afectan al cultivo de pepino. La información proviene del BOJA (boletín número 211 del 25/10/2007), concretamente, de la Orden del día 10 de octubre donde se aprobó el Reglamento Específico de Producción Integrada de Cultivos Hortícolas Protegidos (tomate, pimiento, berenjena, judía, calabacín, pepino, melón y sandía) y que actualmente no tiene validez legal.

Tabla 8. Virus que afectan al pepino.

VIRUS	SÍNTOMAS EN HOJAS	SÍNTOMAS EN FRUTO	TRANSMISIÓN
ZYMV (Zucchini Yellow Mosaic Virus) Virus del Mosaico Amarillo del Calabacín	- Manchas verde oscuro a lo largo de los nervios. - Abullonaduras. - Asimetría del limbo.	- Abullonaduras. - Deformaciones.	Pulgonos
WMV-2 (Watermelon Mosaic Virus-2) Virus del Mosaico de la Sandía-2	- Mosaico - Reducción de la superficie foliar. - Deformaciones. - Su incidencia es mucho menor que la del virus ZYMV.	- Mosaicos	Pulgonos
AMARILLEAMIENTOS VIRALES	- Moteado clorótico en las zonas internerviales de las hojas más viejas, y finalmente, limbo amarillo excepto los nervios, que permanecen más verdes. Se extiende a hojas jóvenes.	-Reducción del crecimiento	Mosca blanca
MNSV (Melon Necrotic Spot Virus) Virus del Cribado del Melón.	-Lesiones cloróticas. - Necrosis de nervios. - Enrejado.	- No se han observado.	Hongos de suelo (<i>Olpidium sp.</i>) Semillas(solo con presencia de <i>Olpidium sp</i>)
CMV (Cucumber Mosaic Virus) Virus del Mosaico del Pepino	- Mosaico fuerte. - Reducción del crecimiento. - Marchitamiento.	- Mosaicos a veces deformantes.	Pulgonos.
SqMV (Squash Mosaic Virus) Virus del Mosaico de la Calabaza	Manchas verde oscuras junto a los nervios(vein banding), seguido de deformaciones.	Reducción del crecimiento.	Semillas. Mecánica Insectos masticadores.

CVYV (Cucumber Vein Yelloing Virus) Virus de las venas amarillas del pepino	- Amarilleamiento de las nervaduras en hojas del brote. - Según momento de la infección puede aparecer de forma generalizada por toda la planta. - Menor desarrollo de la planta.	- Mosaico verde claro/verde oscuro.	Mosca blanca. (<i>Bemisia tabaci</i>)
---	---	-------------------------------------	--

2. FASES DE REALIZACIÓN DEL TFG Y CRONOGRAMA

Las fases de realización del trabajo han sido las siguientes:

1. Planificación del TFG:
 - Definición de los objetivos.
 - Búsqueda bibliográfica.
 - Elección de los tipos de aclareo, las variedades de pepino a evaluar y las fechas de plantación. ¿Qué parámetros se van a medir?
 - Definir el protocolo habitual de trabajo.
2. Elaboración del anteproyecto.
3. Inicio de la recolección y toma de datos.
4. Análisis de los datos. Digitalización, análisis estadístico, creación de gráficas y evaluación de los resultados.
5. Redacción del TFG.

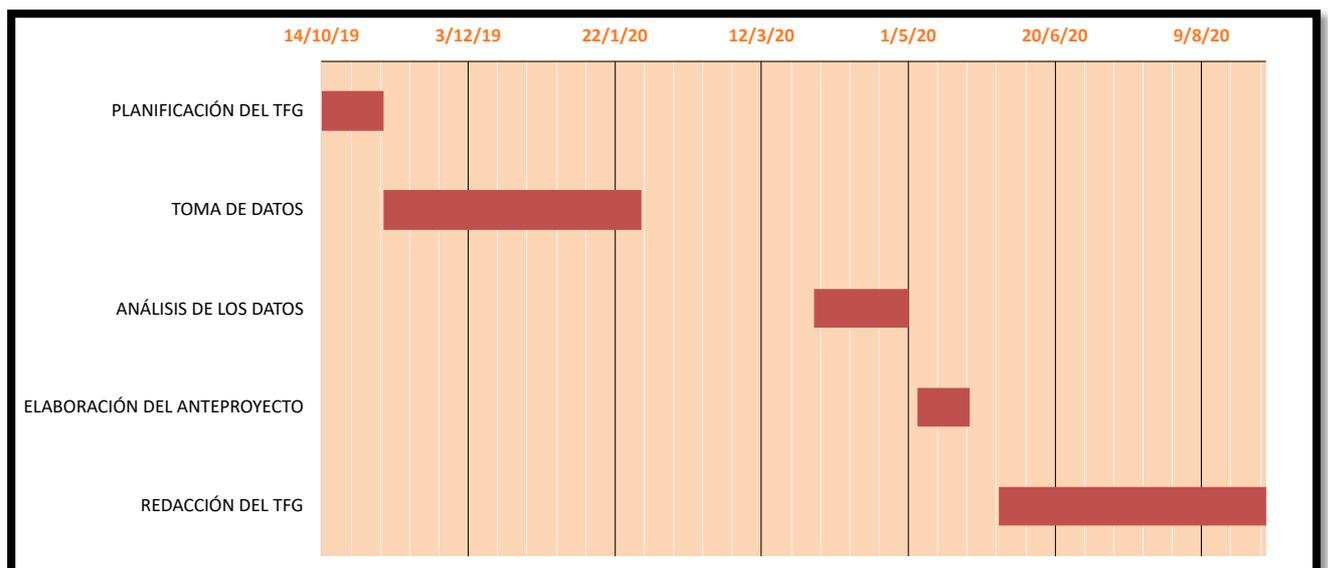


Figura 9. Fases de realización del TFG y cronograma.

3. COMPETENCIAS INTEGRADAS EN EL PROYECTO

Se indican a continuación las diferentes competencias adquiridas del Grado en Ingeniería Agrícola que han sido integradas y sintetizadas en el desarrollo de este trabajo fin de grado:

➤ **Competencias de los Módulos de Formación Básica y Común a la Rama Agrícola**

E-CB01– Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos, algorítmica numérica; estadística y optimización. [Integrada en la realización del análisis estadístico].

E-CA01– Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de: Identificación y caracterización de especies vegetales. [Integrada en el transcurso de los ensayos, haciendo el seguimiento de las diferentes variedades de pepino].

E-CA02– Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de: Las bases de la producción vegetal, los sistemas de producción, de protección y de explotación. [Integrada en la elección de los tipos de aclareo, las variedades de pepino a evaluar y las fechas de plantación].

➤ **Competencias del Módulo de Tecnología Específica de Hortofruticultura y Jardinería**

CTH01 – Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de Tecnología de la Producción Hortofrutícola: Bases y tecnología de la propagación y producción hortícola, frutícola y ornamental. Control de calidad de productos hortofrutícolas. Comercialización. Genética y mejora vegetal.

CTH05 – Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de Material vegetal: producción, uso y mantenimiento.

[Ambas competencias se han integrado en la realización del aclareo de frutos, recolección, pesaje y medida de los frutos, evaluación de la calidad morfológica de los frutos].

4. ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

4.1. Ubicación del ensayo y características de los invernaderos

El ensayo se llevó a cabo en dos invernaderos del CED, Centro de Ensayos y Demostraciones de la casa de semillas Rijk Zwaan Ibérica ubicado en El Ejido, durante el transcurso de mis prácticas académicas extracurriculares (curso 2019/20).

El invernadero 1 es de tipo raspa y amagado; cuenta con ventanas cenitales y laterales que se accionan de forma automática, mallas de sombreado que se pueden desplegar automáticamente y sistema de nebulización.

El invernadero 2 es un parral plano con ventanas cenitales y laterales enrollables de accionamiento motorizado.

Ambos invernaderos tienen una superficie de 3.000 m².

4.2. Descripción del ensayo

4.2.1. Materiales y métodos

Como ya se ha mencionado anteriormente, el objetivo principal de este ensayo es evaluar la calidad morfológica de los frutos de cuatro variedades de pepino largo sometidas a dos tipos de aclareo de frutos, respecto a un testigo donde no se realizó aclareo.

4.2.1.1. Material vegetal y tipos de aclareo de frutos

Las variedades de pepino largo que se han evaluado pertenecen a la casa de semillas Rijk Zwaan y son las siguientes:

1. Litoral RZ F1 (24-199)
2. Marítimo RZ F1 (24-261)
3. Insula RZ F1 (24-270)
4. 24-288 RZ F1

Se realizaron los siguientes tipos de aclareo de frutos:

- Aclareo 1-1: consistente en dejar un fruto en el nudo y quitar el fruto del nudo siguiente, es decir, 1ºnudo con fruto-2ºnudo consecutivo sin fruto.
- Aclareo 2-1: dejando dos nudos consecutivos con fruto y eliminando el fruto del siguiente nudo, es decir, 1ºnudo con fruto-2ºnudo con fruto-3ºnudo sin fruto.

Los dos tipos de aclareo definidos se llevaron a cabo durante todo el ciclo de cultivo. Al menos un día a la semana se supervisaban las plantas y se realizaba el aclareo de frutos correspondiente.



Figura 10. Aclareo de frutos (1-1).



Figura 11. Aclareo de frutos (2-1).

4.2.1.2. Diseño experimental

En el invernadero 1 se evaluaron los frutos de las cuatro variedades de pepino sometidas a aclareo tipo 1-1 y tipo 2-1. Para ello, se definieron 8 tratamientos (4 variedades x 2 tipos de aclareo) y se distribuyó el ensayo en ocho líneas de cultivo. El trasplante se realizó el 20 de septiembre de 2019 y la densidad de plantación fue de 1,2 plantas/m². La primera recolección se hizo el 4 de noviembre y la última el 8 de enero de 2020. En total se realizaron 16 recolecciones. La duración del ciclo de cultivo fue de 3 meses y 17 días (110 días).

En el invernadero 2 se evaluaron los frutos de las mismas variedades realizando aclareo tipo 1-1, y en otro sector del invernadero, no se realizó aclareo de frutos (NA: "no aclareo"). Se definieron también 8 tratamientos (4 variedades x 2 tipos de aclareo) y se distribuyó el ensayo en ocho líneas de cultivo. En este caso, el trasplante se realizó el 27 de septiembre de 2019 y la densidad de plantación fue de 1 planta/m². La primera recolección tuvo lugar el 8 de noviembre y la última el 28 de enero de 2020. En total se realizaron 20 recolecciones. La duración del ciclo de cultivo fue de 4 meses y 1 día (123 días).

Tabla 9. Diseño experimental del ensayo.

INVERNADERO 1		
Línea de cultivo	Variedad/Aclareo	Número de plantas
1	Litoral/(1-1)	69
2	Litoral/(2-1)	61
3	Marítimo/(1-1)	70
4	Marítimo/(2-1)	75
5	24-270/(1-1)	72
6	24-270/(2-1)	75
7	24-288/(1-1)	78
8	24-288/(2-1)	75
INVERNADERO 2		
Línea de cultivo	Variedad/Aclareo	Número de plantas
1	Litoral/(1-1)	63
2	Litoral/NA	31
3	Marítimo/(1-1)	127
4	Marítimo/NA	64
5	24-270/(1-1)	128
6	24-270/NA	127
7	24-288/(1-1)	64
8	24-288/NA	63

4.2.1.3. Metodología de trabajo, parámetros evaluados y materiales utilizados

Metodología

En cada recolección, para cada variedad y tipo de aclareo se siguieron estos pasos:

1. Pesaje total de la producción obtenida.
2. Separación de frutos comerciales y no comerciales. Pesaje de la producción comercial.
3. Pesaje y medición de la longitud y anchura de diez frutos comerciales. En alguna recolección se midieron frutos de más o de menos, pero normalmente se medían diez frutos por tratamiento.

Parámetros evaluados

- Peso del fruto (g).
- Longitud del fruto (cm).
- Anchura del fruto (cm).

Materiales

Los materiales utilizados fueron:

- Balanza (sensibilidad: 20 g).
- Flexómetro (sensibilidad: 1 mm).
- Tijeras de poda.

4.2.1.4. Análisis estadístico

Una vez obtenidos los datos, se procesaron y representaron gráficamente. Para todos los parámetros de calidad establecidos, se ha realizado el test de normalidad según el criterio de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov y la Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas. También se ha realizado un análisis de comparación de medias mediante la aplicación de la T de Student, considerando los factores de las distintas modalidades de aclareo. Se ha utilizado el programa estadístico Statgraphics Centurion XV.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han pesado y medido un total de 1.248 frutos de pepino en el invernadero

1. En el invernadero 2, la cifra ascendió a 1.547 frutos.

En las próximas gráficas que mostrarán los resultados obtenidos, letras distintas cuando se comparan tratamientos indican diferencia significativa según Tukey al 5%.

Con cierta frecuencia se utilizará la nomenclatura “Variedad/Aclareo” con objeto de precisar la información.

Tabla 10. Número de frutos evaluados.

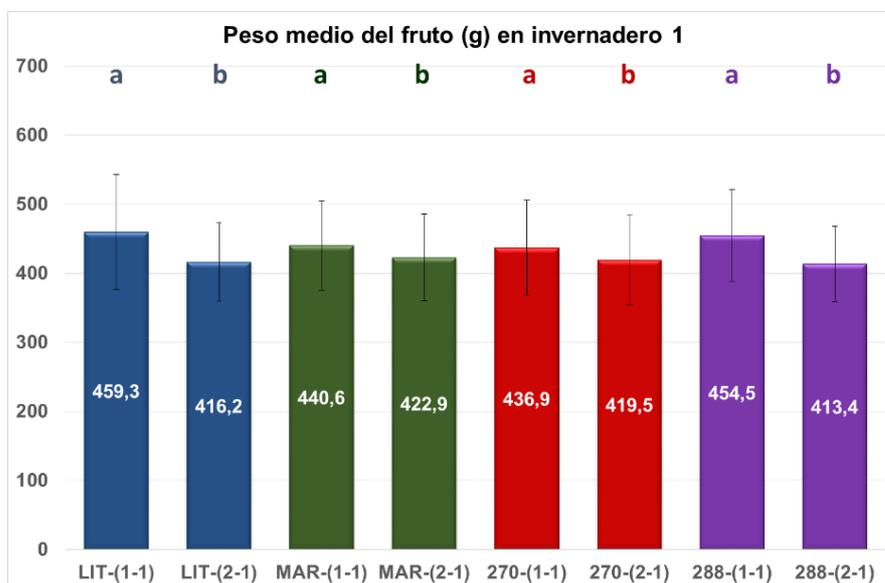
INVERNADERO 1		
Línea de cultivo	Variedad/Aclareo	Número de frutos evaluados
1	Litoral/(1-1)	162
2	Litoral/(2-1)	151
3	Marítimo/(1-1)	160
4	Marítimo/(2-1)	151
5	24-270/(1-1)	160
6	24-270/(2-1)	151
7	24-288/(1-1)	160
8	24-288/(2-1)	153
TOTAL	-	1.248
INVERNADERO 2		
Línea de cultivo	Variedad/Aclareo	Número de frutos evaluados
1	Litoral/(1-1)	191
2	Litoral/NA	187
3	Marítimo/(1-1)	190
4	Marítimo/NA	191
5	24-270/(1-1)	192
6	24-270/NA	191
7	24-288/(1-1)	204
8	24-288/NA	201
TOTAL	-	1.547

5.1. Peso de los frutos

➤ Invernadero 1

En la gráfica 2 se puede observar que el peso medio del fruto fue mayor cuando se realizó aclareo (1-1) en todas las variedades, presentando diferencias significativas.

La variedad que presentó el mayor peso medio fue Litoral/(1-1) con 459,3 gramos. La variedad 24-288/(2-1) tuvo el menor peso medio: 413,4 gramos.

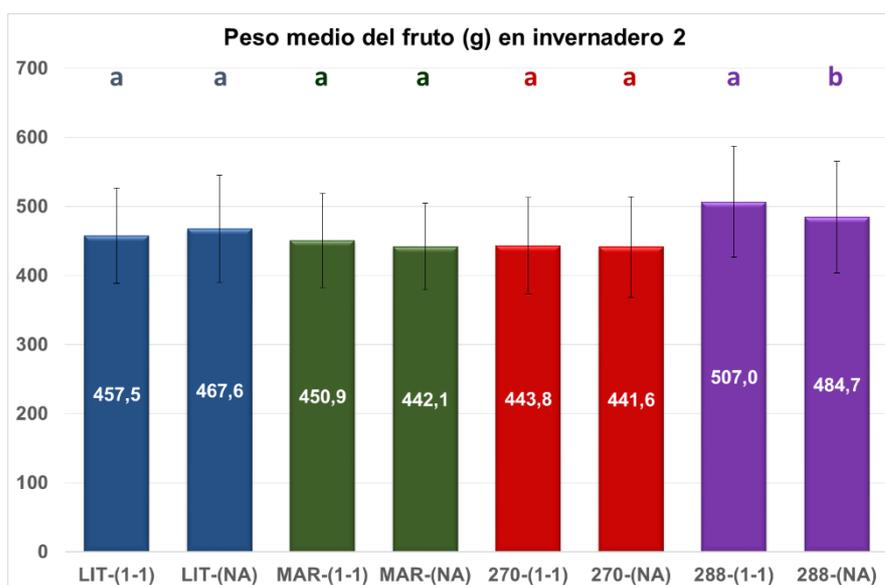


Gráfica 2. Peso medio del fruto en invernadero 1.

➤ Invernadero 2

La gráfica 3 muestra que no hay diferencias significativas en el peso medio del fruto cuando se compara el aclareo (1-1) y no realizar aclareo (NA) en Litoral, Marítimo y 24-270. En cambio, la variedad 24-288, sí mostró diferencia significativa.

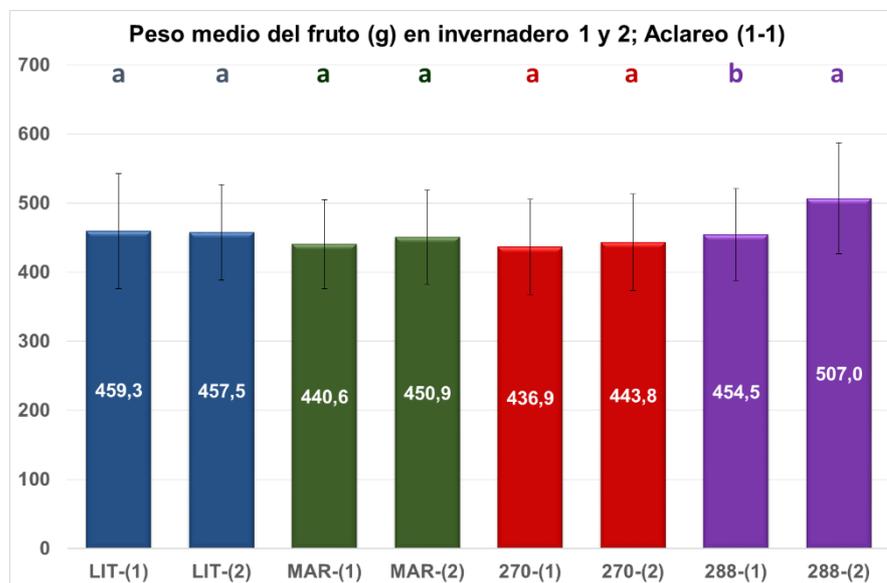
En este invernadero, la variedad que presentó el mayor peso medio fue 24-288/(1-1) con 507 gramos. La variedad 24-270/(NA) tuvo el menor peso medio: 441,6 gramos.



Gráfica 3. Peso medio del fruto en invernadero 2.

➤ **Comparación de los resultados obtenidos con el aclareo (1-1) en ambos invernaderos**

Únicamente la variedad 24-288 presentó diferencia significativa, siendo mayor el peso medio del fruto en el invernadero 2 (507 g) que en el invernadero 1 (454,5 g).



Gráfica 4. Peso medio del fruto en invernadero 1 y 2 con aclareo (1-1).

5.2. Longitud de los frutos

➤ **Invernadero 1**

La longitud media del fruto fue superior en todas las variedades al realizar aclareo (1-1), presentando diferencias significativas. La variedad de mayor longitud fue Litoral/(1-1) con 34,1 cm. Esta misma variedad, al realizar aclareo (2-1), tuvo la menor longitud media: 31,8 cm.

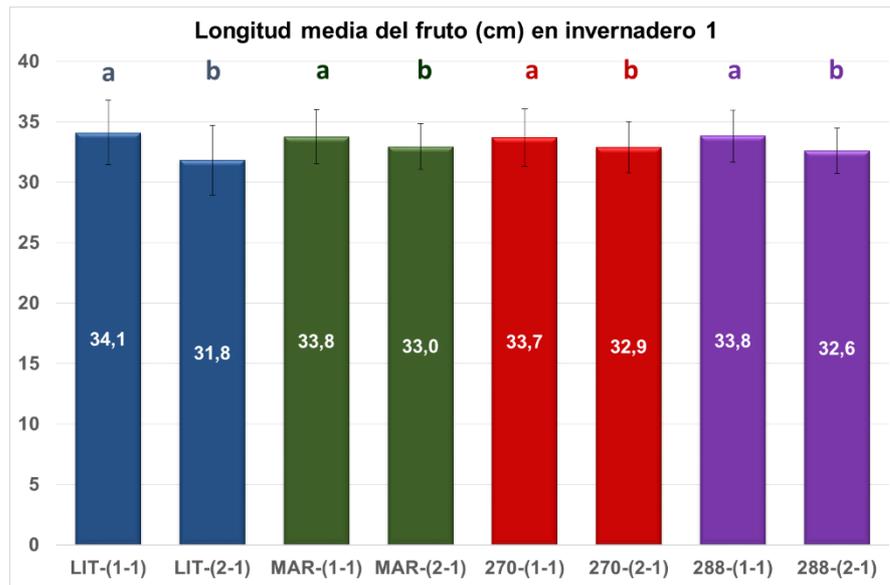
➤ **Invernadero 2**

La variedad 24-288/(1-1) mostró diferencia significativa respecto al tratamiento sin aclareo y además obtuvo la mayor longitud media (35,9 cm). La longitud media sin realizar aclareo fue 34,8 cm.

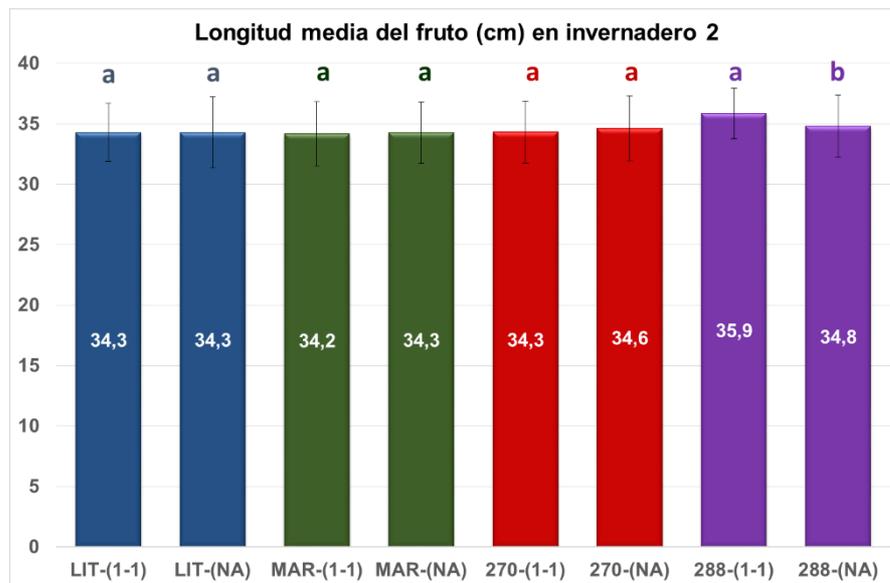
Marítimo/(1-1) fue la variedad que presentó menor longitud: 34,2 cm.

➤ **Comparación de los resultados obtenidos con el aclareo (1-1) en ambos invernaderos**

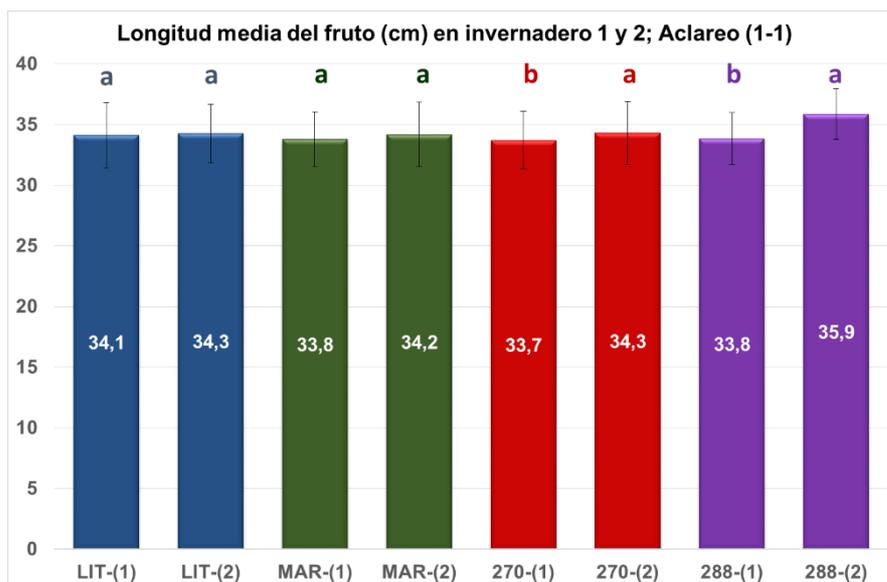
Las variedades 24-270 y 24-288 presentaron diferencias significativas. En ambas, la longitud media del fruto fue mayor en el invernadero 2.



Gráfica 5. Longitud media del fruto en invernadero 1.



Gráfica 6. Longitud media del fruto en invernadero 2.



Gráfica 7. Longitud media del fruto en invernadero 1 y 2 con aclareo (1-1).

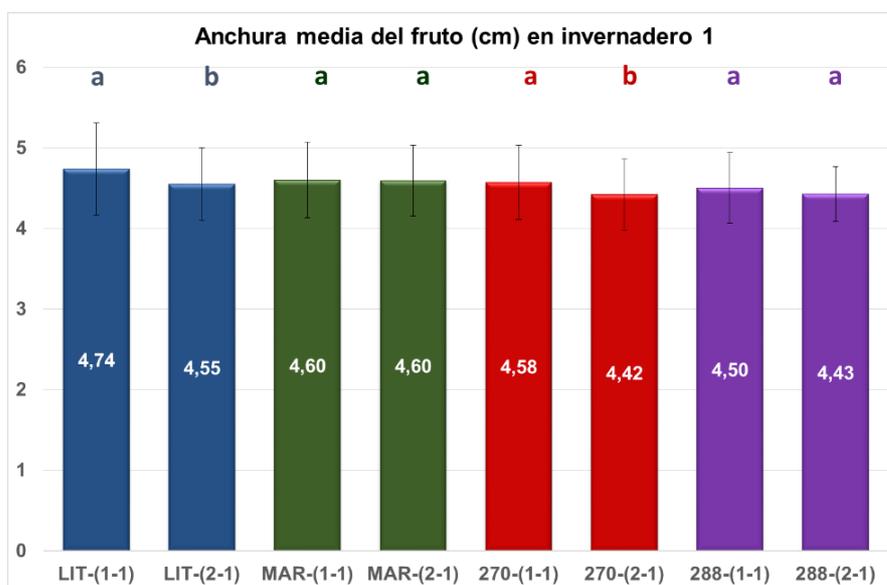
5.3. Anchura de los frutos

➤ Invernadero 1

Como se puede comprobar en la gráfica 8, hay diferencias significativas en las variedades Litoral y 24-270. En ambas, la anchura media del fruto fue mayor cuando se realizó aclareo (1-1).

La anchura media del fruto realizando aclareo (1-1) de Litoral fue 4,74 cm; además este valor resultó ser el mayor entre los obtenidos.

La variedad 24-270/(1-1) tuvo una anchura media del fruto de 4,58 cm. Al realizar aclareo (2-1) la anchura fue de 4,42 cm, siendo este el menor valor entre los obtenidos.

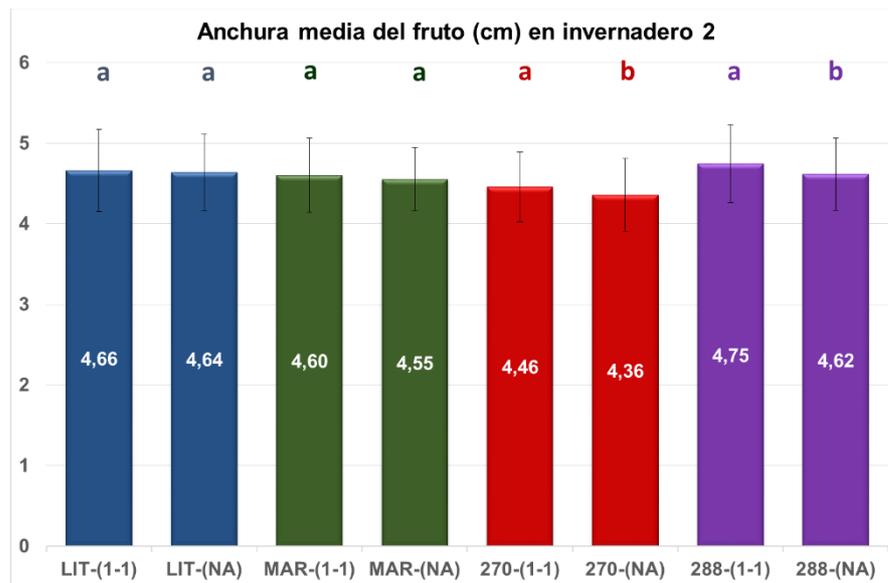


Gráfica 8. Anchura media del fruto en invernadero 1.

➤ Invernadero 2

Las variedades 24-270 y 24-288 presentaron diferencias significativas. Ambas obtuvieron valores más altos de anchura media del fruto realizando aclareo (1-1).

La variedad 24-288/(1-1) tuvo el valor máximo de anchura media: 4,75 cm. La variedad 24-270/(NA) presentó el valor mínimo de anchura que fue 4,36 cm.

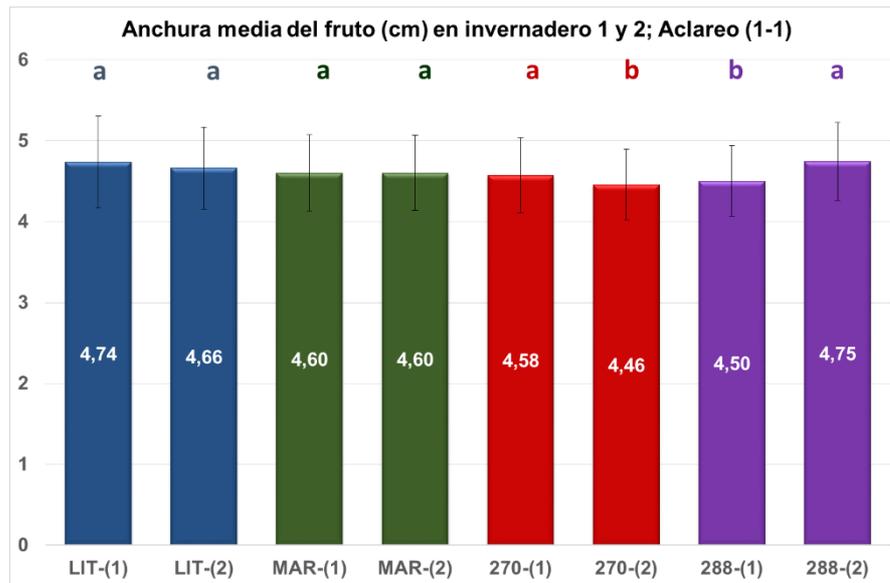


Gráfica 9. Anchura media del fruto en invernadero 2.

➤ Comparación de los resultados obtenidos con el aclareo (1-1) en ambos invernaderos

En la gráfica 10 se puede observar que hay diferencias significativas en las variedades 24-270 y 24-288.

La variedad 24-270 tuvo mayor anchura media del fruto en el invernadero 1. La variedad 24-288, en cambio, presentó mayor anchura en el invernadero 2.



Gráfica 10. Anchura media del fruto en invernadero 1 y 2 con aclareo (1-1).

Los datos obtenidos de peso, longitud y anchura de los frutos son similares a los encontrados por otros investigadores (Meca y col., 2003; Chacón y Monge, 2016) en cultivo de pepino largo bajo invernadero.

5.4. Resumen de los resultados

Tabla 11. Síntesis de resultados en invernadero 1.

Invernadero 1	PESO MEDIO	LONGITUD MEDIA	ANCHURA MEDIA
LIT-(1-1)	a	a	a
LIT-(2-1)	b	b	b
MAR-(1-1)	a	a	a
MAR-(2-1)	b	b	a
270-(1-1)	a	a	a
270-(2-1)	b	b	b
288-(1-1)	a	a	a
288-(2-1)	b	b	a

Tabla 12. Síntesis de resultados en invernadero 2.

Invernadero 2	PESO MEDIO	LONGITUD MEDIA	ANCHURA MEDIA
LIT-(1-1)	a	a	a
LIT-(NA)	a	a	a
MAR-(1-1)	a	a	a
MAR-(NA)	a	a	a
270-(1-1)	a	a	a
270-(NA)	a	a	b
288-(1-1)	a	a	a
288-(NA)	b	b	b

Tabla 13. Síntesis de los resultados comparando el aclareo (1-1) en invernadero 1 y 2.

Comparación del aclareo (1-1) en invernadero 1 y 2			
	PESO MEDIO	LONGITUD MEDIA	ANCHURA MEDIA
LIT-(1)	a	a	a
LIT-(2)	a	a	a
MAR-(1)	a	a	a
MAR-(2)	a	a	a
270-(1)	a	b	a
270-(2)	a	a	b
288-(1)	b	b	b
288-(2)	a	a	a

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS

Conclusiones

- Se ha demostrado, al menos con los resultados del invernadero 1, que la técnica de aclareo de frutos (1-1) ha sido más efectiva que el aclareo (2-1) y ha redundado en el aumento de tamaño de los pepinos.
- En el invernadero 2 los resultados no han sido los esperados. La única variedad que al realizar aclareo (1-1) mejoró el peso, la longitud y la anchura de sus frutos respecto al testigo (no aclareo) fue 24-288. Quizá el tipo de estructura de este invernadero (parral plano) ha condicionado los resultados de las otras variedades evaluadas.
- Como los tipos de aclareo definidos se han llevado a cabo durante todo el ciclo de cultivo de otoño-invierno, han repercutido negativamente en términos de producción total (kg/m^2) en las variedades estudiadas, estando algunas de ellas muy por debajo de las producciones obtenidas con un manejo normal del cultivo. Esto indica la importancia de establecer una frecuencia de aclareo adecuada que no tenga efectos negativos en el rendimiento de las plantas.

Recomendaciones

- Sería conveniente repetir el ensayo en el invernadero 2 para comprobar si los nuevos resultados se aproximan a los ya obtenidos o difieren.

7. BIBLIOGRAFÍA

Agustí, M. (2010). *Fruticultura / M. Agustí. (2ª. edición.)*. Mundi-Prensa.

Carnide, V. y Barroso, M. R. (2006). Las cucurbitáceas: bases para su mejora genética. *Horticultura internacional* 53:16 – 21. Extraído el 19 de Agosto, 2016 de: http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhi53/16_21.pdf

Chacón, K. y Monge, J. (2016). Evaluación del rendimiento y la calidad de seis genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, vol.10 – No. 2, 323-332.

FAO. Estadísticas. FAOSTAT. (2019). Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#home> [Consulta: 16-07-2020].

FHALMERÍA. (2019). *Anuario Agrícola 2019*. Recuperado de <https://www.fhalmeria.com/es/anuarios.aspx> [Consulta: 14-07-2020].

Gutiérrez, V., Lagunas, Á., Román, E., Serna, J. y López, M. (2014). El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. *Interciencia*, 39(10), 712–717. Recuperado de <http://search.proquest.com/docview/1622355296/>

Hikosaka, S. y Sugiyama, N. (2005). Effect of fruit-load on growth patterns of fruit at the middle nodes of gynoecious-type cucumbers. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(1), 130-134. doi:10.1080/14620316.2005.11511903

Jolliffe, P. A. y Lin, W. C. (1997). Predictors of shelf life in long english cucumber. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122(5), 686-690. doi:10.21273/jashs.122.5.686

Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Estadísticas Agrícolas. (2019). Recuperado de <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturaganaderiapescaydesarrollos>

<ostenible/servicios/estadistica-cartografia/estadisticas-agricolas.html> [Consulta: 15-07-2020].

Lamonarca, F. (2016). *Los árboles frutales / F. Lamonarca*. Editorial De Vecchi.

Lansbergen, L., Cano, H. y López, E. (2006). Viabilidad del aclareo de frutas en el cultivo de pepino tipo Almería en invernadero. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*, nº 890, 862-863.

López-Elías, J., Rodríguez, J., Huez L, M., Garza O, S., Jiménez L, J. y Leyva E, E. (2011). Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *Idesia (Arica)*, 29(2), 21–27. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292011000200003>

Maroto Borrego, J. V. (2002). *Horticultura herbácea especial / J.V. Maroto Borrego* (5º ed. rev. y amp.). Mundi-Prensa.

Maya Álvarez, M. (2013). *Poda e injerto de frutales (UF0011) / Miguel Ángel Maya Álvarez*. IC Editorial.

Meca, D., Gázquez, J. y Cabrera, A. (2003). Ensayo de ocho cultivares de pepino “Almería” tolerantes al CVYV. *Vida rural*, nº 181, 26-28.

Messiaen, C. (1995). *Enfermedades de las hortalizas / C.M. Messiaen; versión española de J.V. Maroto Borrego*. Mundi-Prensa.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Anuario de Estadística. Estadísticas Agrarias y Alimentación. (2019). Recuperado de <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2019/default.aspx?parte=3&capitulo=07&grupo=6> [Consulta: 15-07-2020].

Observatorio de Precios y Mercados, Junta de Andalucía. (2019). *Síntesis de la campaña de hortícolas protegidos. Almería 2018/19*. Recuperado de

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/observatorio/servlet/FrontController?action=RecordContent&table=11031&element=2986694&subsector=&> [Consulta: 13-07-2020].

Reche Mármol, J. (1996). *Poda de hortalizas en invernadero: calabacín, melón, pepino y sandía* / José Reche Mármol. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Reche Mármol, J. (2014). *Cultivo intensivo del pepino* / José Reche Mármol. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Servicio de Estudios Agroalimentarios de Cajamar. (2019). *Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2018/2019*. Recuperado de <https://www.publicacionescajamar.es/series-tematicas/informes-coyuntura-analisis-de-campana/analisis-de-la-campana-hortofruticola-de-almeria-campana-2018-2019> [Consulta: 13-07-2020].

Téllez Navarro, M. (2007). *Guía ilustrada de plagas y enemigos naturales en cultivos hortícolas en invernadero* / autores, M^a del Mar Téllez Navarro... [et al.]. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

Vasco Morcillo, R. (2003). El cultivo del pepino bajo invernadero. En *Técnicas de producción en cultivos protegidos [Recurso electrónico]* / Francisco Camacho Ferre (coordinador) (p. 691-722; Vol. 2). Almería: Caja Rural Intermediterránea, Cajamar.



Es conocida la importancia del aclareo de frutos en fruticultura para la obtención de fruta de mayor calidad. Sin embargo, en cultivos hortícolas protegidos, el aclareo de frutos es una práctica menos relevante.

En este trabajo se ha evaluado la calidad morfológica (peso, longitud y anchura) de los frutos de cuatro variedades de pepino largo tipo "Almería". Para ello, se han definido dos tipos de aclareo de frutos con objeto de averiguar si realizando aclareo, se observan diferencias significativas en la calidad de los pepinos respecto a un testigo en el que no se practique aclareo y qué tipo de aclareo resulta más eficaz.

El aclareo (1-1) consistió en dejar un fruto en el nudo y quitar el fruto del nudo siguiente, es decir, 1º nudo con fruto - 2º nudo consecutivo sin fruto y así sucesivamente. En el aclareo (2-1) se dejaron dos nudos consecutivos con fruto y se eliminó el fruto del siguiente nudo, es decir, 1º nudo con fruto - 2º nudo con fruto - 3º nudo sin fruto. Ambos aclareos se hicieron en el tallo principal hasta el final del ciclo de cultivo. En ningún caso se dejó más de un fruto por nudo. En el invernadero 1 se evaluaron los frutos de las cuatro variedades de pepino sometidas a aclareo tipo (1-1) y tipo (2-1). En el invernadero 2 se evaluaron los frutos de las mismas variedades realizando aclareo tipo (1-1), y en otro sector del invernadero, no se realizó aclareo de frutos.

Los resultados obtenidos en el invernadero 1 indicaron que la técnica de aclareo de frutos (1-1) fue más efectiva que el aclareo (2-1) y redundó en el aumento de tamaño de los pepinos. En cambio, en el invernadero 2, los resultados no fueron los esperados.