

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE PARÁMETROS DE CALIDAD Y  
PRODUCTIVIDAD Y DE RESISTENCIA A LA  
AFECCIÓN POR OÍDIO DE DIFERENTES  
VARIEDADES COMERCIALES DE PIMIENTO  
CALIFORNIA ROJO

**Modalidad: Trabajo Técnico**

**Curso 2020/2021**

**Alumno/a:**

FRANCISCO PÉREZ TORRES

**Director/es:**

Dr. RAÚL ORTEGA PÉREZ

Dra. ISABEL MIRALLES MELLADO

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a mis tutores Raúl Ortega Pérez y a Isabel Miralles Mellado por haberme apoyado en este proyecto y siempre estar disponibles cuando lo he necesitado.

Muchas gracias a Miguel Ángel Domene Ruiz y a Mariló Segura Rodríguez por haberme brindado la oportunidad de usar el laboratorio de “Las Palmerillas” (Fundación Cajamar) y contar con su ayuda para realizar el ensayo.

Agradecer a la casa de semillas Sur Seeds por las plantas necesarias para realizar este estudio.

Para terminar, agradecer a mi novia, y a mi familia por todo el apoyo que me han dado para terminar de cerrar esta etapa de mi vida, siempre han estado ahí cuando las fuerzas flaqueaban.

## Índice

<b>1. Interés y objetivos.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Interés.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2 Objetivo .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Revisión Bibliográfica.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Origen e historia.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Descripción Botánica .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Situación del cultivo del pimiento a nivel mundial.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Situación del cultivo del pimiento en España.....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Exportaciones de pimiento fuera de España .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6 Enfermedades más importantes en pimiento .....</b>	<b>15</b>
<b>2.7 Oídio causado por <i>Leveillula taurica</i> .....</b>	<b>16</b>
<b>2.8 Ciclo biológico de <i>Leveillula taurica</i> y sintomatología.....</b>	<b>17</b>
<b>2.9 Condiciones ambientales de desarrollo del hongo.....</b>	<b>19</b>
<b>2.10 Estrategias de control .....</b>	<b>19</b>
<b>2.11 Resistencia genética a <i>Leveillula taurica</i> .....</b>	<b>20</b>
<b>3. Materiales y Métodos .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Descripción del invernadero de ensayo .....</b>	<b>23</b>
3.1.1 Localización del ensayo.....	23
3.1.2 Caracterización climática de la zona.....	24
3.1.3 Caracterización física suelo cultivo y descripción del invernadero .....	25
<b>3.2 Material vegetal.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 Diseño experimental.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 Parámetros medidos.....</b>	<b>28</b>
3.4.2.4 Producción.....	28
3.4.2.4 Calidad del fruto .....	30
<b>3.5 Análisis de datos.....</b>	<b>33</b>
<b>4. Resultados.....</b>	<b>35</b>

<b>4.1</b>	<b>Producción .....</b>	<b>35</b>
4.1.1	Producción total.....	35
4.1.2	Producción comercial y destrío .....	36
4.1.3	Peso medio del fruto .....	37
<b>4.2</b>	<b>Evaluación de la calidad del fruto .....</b>	<b>39</b>
<b>4.3</b>	<b>Incidencia de infección y fisiopatías .....</b>	<b>42</b>
4.3.1	Incidencia de Oídio causado por <i>Leveillula taurica</i> .....	42
4.3.2	Fisiopatías .....	43
<b>5.</b>	<b><i>Discusión</i> .....</b>	<b>46</b>
<b>6.</b>	<b><i>Conclusiones</i>.....</b>	<b>49</b>
<b>7.</b>	<b><i>Bibliografía</i>.....</b>	<b>51</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Estructuras reproductivas asexuales de <i>Leveillula taurica</i> encontradas en pimiento (a) un conidióforo(b) conicios piriformes y cilíndricos. Fuente: Moya, 2003	17
<b>Figura 2.</b> Ciclo biológico de <i>Leveillula taurica</i> . FUENTE: Nostoc biotech.....	18
<b>Figura 3.</b> Vista aérea del invernadero. Fuente: Google maps,2020. ....	24
<b>Figura 4.</b> Diagrama Ombrotérmico de Gaussen para el periodo 2001-2019. tm: Temperatura media mensual. P: Precipitación media. Fuente: Elaboración propia.....	25
<b>Figura 5.</b> Análisis del suelo del invernadero.....	26
<b>Figura 6.</b> Distribución en Invernadero. Fuente: Elaboración propia.....	28
<b>Figura 7.</b> Control de producción. Fuente Elaboración propia.....	30
<b>Figura 8.</b> Recolección de los tratamientos. Fuente: Elaboración propia. ....	30
<b>Figura 9.</b> Determinación del color con un colorímetro. Fuente: Elaboración propia...	31
<b>Figura 10.</b> Penetrómetro Penefel DTF 14. Fuente Elaboración propia. ....	32
<b>Figura 11.</b> Refractómetro digital. Fuente: Elaboración propia. ....	32
<b>Figura 12.</b> Medida del espesor de la pared con un Pie de Rey digital. Fuente: Elaboración propia.....	33
<b>Figura 13.</b> Producción total acumulada a lo largo de la campaña.....	36
<b>Figura 14.</b> Cantidades de producción comercial y destrío por variedad .....	37
<b>Figura 15.</b> Porcentajes de producción comercial y destrío por variedad.....	37
<b>Figura 16.</b> Peso medio de frutos comerciales .....	38
<b>Figura 17.</b> Parámetro de color "a" .....	40
<b>Figura 18.</b> Dureza de los frutos .....	41
<b>Figura 19.</b> Espesor de la pared del pimiento.....	41
<b>Figura 20.</b> Grados Brix del pimiento.....	42
<b>Figura 21.</b> Presencia de oídio en la variedad Top Arnon. Fuente: Elaboración propia.	43
<b>Figura 22.</b> Primera recolección frutos de Gladio C-50 y Falcata C-82 .....	44
<b>Figura 23.</b> Fruto variedad Top Arnon rajado por cracking. Fuente: Elaboración propia. .....	44

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica del pimiento.....	10
<b>Tabla 2.</b> Producción por toneladas.....	11
<b>Tabla 3.</b> Producción por hectárea.....	11
<b>Tabla 4.</b> Estadísticas de producción.....	12
<b>Tabla 5.</b> Exportación de pimiento última década.....	13
<b>Tabla 6.</b> Exportación Española de pimientos.....	14
<b>Tabla 7.</b> Principales plagas y enfermedades en pimiento.....	15
<b>Tabla 8.</b> Materias activas autorizadas para el control de oídio en pimiento.....	20
<b>Tabla 9.</b> Localización. Fuente: SIGPAC.....	23
<b>Tabla 10.</b> Cuadro resumen de temperaturas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SiAR.....	24
<b>Tabla 11.</b> Fechas de recolección y toma de datos a lo largo del ciclo de cultivo.....	29
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza evaluando la importancia del peso medio del fruto en gramos con la variedad.....	38
<b>Tabla 13.</b> Parámetros de calidad de frutos.....	39

# 1. INTERÉS Y OBJETIVOS

## 1. Interés y objetivos

### 1.1 Interés

El pimiento (*Capsicum annuum*) es el cultivo hortícola más cultivado bajo plástico en la provincia de Almería. “Actualmente, en la provincia de Almería hay 32.048 hectáreas de invernadero, de las cuáles 11.125 fueron destinadas al cultivo de pimiento en la campaña 2018/2019” (Hortoinfo, 2019).

Una de las principales amenazas de los cultivos hortícolas en la zona es la afección por patógenos como el oídio, causado por el hongo patógeno *Leveillula taurica*. La principal afección del patógeno es la caída de hojas, lo que se traduce en una reducción de la actividad fotosintética, y posteriormente redundando en una disminución de la producción de frutos (Mitidieri, et al., 2010). Ante esto, la respuesta comercial ha sido el desarrollo en el mercado de variedades con resistencia genética a esta enfermedad.

Por otro lado, las exigencias del consumidor tienden a cultivos más ecológicos en los que se exige una menor incidencia de materias activas.

Además, se espera que la incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos se intensifique debida al aumento de las temperaturas debido al cambio climático (Bebber, Ramotowski, & Gurr, 2013). Las consecuencias del cambio climático en la temperatura y la humedad hacen que sea uno de los retos más importantes a los que tiene que hacer frente la agricultura actual. Concretamente el entorno mediterráneo es una de las zonas de mayor impacto y donde se prevé que pueda afectar a la productividad con descensos del 30% en la mayor parte del territorio (Ciscar, et al., 2009).

Es aquí donde la mejora genética de los cultivos juega un papel muy importante y el desarrollo de variedades con resistencia a oídio van a ser imprescindibles en un futuro próximo, reduciendo los tratamientos químicos para contrarrestar sus efectos negativos.

Sin embargo, es necesario realizar ensayos agronómicos para comprobar que las nuevas variedades no suponen una pérdida en la producción y calidad de los cultivos.

### 1.2 Objetivo

El objetivo principal del proyecto es analizar si tres nuevas variedades de pimiento california rojo con resistencia a oídio presentan cosechas con productividades y frutos con calidades similares a los de una variedad comercial ampliamente establecida, pero sin resistencia al oídio.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 2. Revisión Bibliográfica

### 2.1 Origen e historia

El cultivo de pimiento tiene origen en América concretamente de la zona de Bolivia y Perú. Fue traído al Viejo Mundo por Colón en su primer viaje (1493). En el siglo XVI ya se había difundido por España, y desde allí se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses (Nuez et al, 1996).

El primer tipo de pimiento llegado a España era de sabor muy picante. El objetivo era obtener una variante a la pimienta negra, que era muy apreciada en aquella época debido a su alta demanda comercial. Posteriormente, se fueron incorporando algunas variedades de pimiento dulce, pero hasta finales del siglo XIX no se le dio el suficiente valor que merecía por sus propiedades nutritivas, pasando a ser un cultivo generalizado en España. Desde este momento, se han ido obteniendo variedades más selectas y de mayor calidad (Nuez et al, 1996).

### 2.2 Descripción Botánica

El pimiento, cuyo nombre botánico es *Capsicum annuum* L. pertenece a la familia de las Solánaceas (tabla 1). Existe discordancia entre los autores con la denominación Capsicum, según algunos procede de cápsula y otros creen que es de capsicina, un alcaloide que le da sabor picante.

Se trata de una planta herbácea, anual, de tallos ramosos que parten de un primer tallo principal. Cuando el tallo principal tiene una altura comprendida entre 10 - 40 cm se parte y ramifica dependiendo de la variedad en dos, tres o incluso cuatro ramas, que a su vez se bifurcan en forma dicotómica. Estas ramas están compuestas de hojas y yemas y estas dan lugar a ramas secundarias. Los frutos se dan principalmente en las ramas principales y son los de mayor calidad, mientras que las ramas secundarias dan frutos de menor calidad. Por lo general, las plantas de pimiento en invernadero suelen tener una altura considerable rondando los 1,5 - 2 m. La raíz por lo general es pivotante, dependiendo del manejo del riego, las raíces serán más o menos profundas, pero por lo general oscilan entre 0,20 - 0,70 m de profundidad. Las hojas son de color verde intenso, enteras, lanceoladas y lampiñas, su terminación es en ápice agudo. Van posicionadas de forma alterna en las ramas. Las flores se dan en los nudos del tallo, en las axilas de las hojas. Son principalmente autógamas, pero tienen un pequeño porcentaje de alogamia.

Los pétalos son blancos y pequeños. El fruto es una baya variable, los colores son variables desde verde, rojo, amarillo, naranja, violeta. Hay variedades con frutos que pasan por varios colores antes de llegar a la madurez, por ejemplo, Californias rojos, que pasan de verde, naranja y finalmente al color rojo (Camacho Ferre, 2003).

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del pimiento.

<b>Clasificación Científica</b>	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Subfamilia</b>	Solanoideae
<b>Tribu</b>	Capsiceae
<b>Género</b>	Capsicum
<b>Especie</b>	Capsicum annum

### 2.3 Situación del cultivo del pimiento a nivel mundial

El mayor productor mundial de pimiento es China, seguido de México, Turquía e Indonesia. Como se puede ver en la Tabla 2, España es el quinto productor mundial con más de un millón de toneladas, y segundo a nivel europeo.

**Tabla 2.** Producción por toneladas.

<b>Producción 2018</b>	<b>Toneladas</b>
<b>China</b>	18.214.018
<b>México</b>	3.379.289
<b>Turquía</b>	2.554.974
<b>Indonesia</b>	2.542.358
<b>España</b>	1.275.457
<b>Nigeria</b>	747.367
<b>Egipto</b>	713.752
<b>USA</b>	705.790
<b>Argelia</b>	651.045
<b>Países Bajos</b>	355.000

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (FAO, 2019)*

A nivel de área cosechada, China también está en primer lugar con un total de 771.634 ha de cultivo. España con 20.580 ha de área cosechada ocupa la novena posición (tabla 3).

**Tabla 3.** Producción por hectárea.

<b>Producción 2018</b>	<b>Ha</b>
<b>China</b>	771.634
<b>Indonesia</b>	308.547
<b>México</b>	156.799
<b>Nigeria</b>	97.818
<b>Turquía</b>	91.973
<b>Egipto</b>	42.132
<b>Argelia</b>	22.108
<b>USA</b>	21.813
<b>España</b>	20.580
<b>Países Bajos</b>	1.311

*Fuente. Elaboración propia a partir de los datos de (FAO, 2019)*

En cuanto a rendimientos (tabla 4), Holanda es con diferencia el primer país, con unos

valores de 27 kg/m<sup>2</sup> (aunque la superficie dedicada a este cultivo es bastante inferior a la de los otros países de la lista), siguiéndolo España con 6,2 kg/m<sup>2</sup>

**Tabla 4.** Estadísticas de producción.

<b>Producción 2018</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Ha</b>	<b>Rto Kg/Ha</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>
<b>Países Bajos</b>	355.000	1.311	270.786	27,08
<b>España</b>	1.275.457	20.580	61.976	6,20
<b>USA</b>	705.790	21.813	32.356	3,24
<b>Argelia</b>	651.045	22.108	29.449	2,94
<b>Turquía</b>	2.554.974	91.973	27.779	2,78
<b>China</b>	18.214.018	771.634	23.605	2,36
<b>México</b>	3.379.289	156.799	21.552	2,16
<b>Egipto</b>	713.752	42.132	16.941	1,69
<b>Indonesia</b>	2.542.358	308.547	8.240	0,82
<b>Nigeria</b>	747.367	97.818	7.640	0,76

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (FAO, 2019)*

## 2.4 Situación del cultivo del pimiento en España

El pimiento sigue superando records cada año en cuanto a superficie cultivada en Almería. Para la campaña actual 2020/2021 se han alcanzado las 32.000 ha cultivadas de frutas y hortalizas. El pimiento supone el cultivo con mayor número de hectáreas cultivadas, con un total de 12.252. En concreto un 2,5% más que la campaña anterior (Fernandez, 2020).

## 2.5 Exportaciones de pimiento fuera de España

En el año 2019, España ha batido su récord de exportación de pimiento tanto en volumen como en valor. El volumen total exportado ha sido de 863,94 millones de kilos, un 11,48% más que en el año 2018 (tabla 5) (Hortoinfo, 2020).

El número de empresas exportadores también aumentó, después de que en años anteriores se fuera reduciendo. De las 718 del año 2016, se redujeron a 650 en el año 2018, y en el 2019 aumentó a 672 empresas exportadoras (tabla 5)

Las exportaciones de pimiento han ayudado a mejorar la balanza comercial española. El valor de los 863,94 millones de kilos exportados en 2019 fue de 1.178,39 millones de euros, con un precio medio de 1,36 euros por kilo. Estos valores supusieron un incremento de 11,41% respecto al año 2018 y en un 94,76% respecto a la cantidad

exportada en el año 2009. Al país que más pimiento se exporta es a Alemania, seguido de Francia y Reino Unido (Hortoinfo, 2020).

**Tabla 5.** Exportación de pimiento última década.

<b>EXPORTACIÓN DE PIMIENTO ÚLTIMA DÉCADA</b>				
<b>Campañas</b>	<b>Kilos</b>	<b>Euros</b>	<b>Empresas</b>	<b>Precio (€)</b>
<b>2019</b>	863.938.378	1.178.411.948	672	1,364
<b>2018</b>	775.467.700	1.032.922.976	650	1,332
<b>2017</b>	716.940.459	1.010.169.107	701	1,409
<b>2016</b>	734.940.459	990.699.739	718	1,348
<b>2015</b>	698.801.332	870.706.460	709	1,246
<b>2014</b>	678.301.573	808.535.475	715	1,192
<b>2013</b>	593.050.222	759.104.284	670	1,28
<b>2012</b>	531.429.778	643.561.461	631	1,211
<b>2011</b>	512.261.534	608.566.702	588	1,188
<b>2010</b>	453.796.440	604.910.655	574	1,333

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (FAO, 2019)*

Tabla 6. Exportación Española de pimientos.

<b>EXPORTACIÓN ESPAÑOLA DE PIMIENTO 2019</b>				
<b>Países</b>	<b>Kilos</b>	<b>Euros</b>	<b>Empresas</b>	<b>Precio medio por kg (€)</b>
<b>Alemania</b>	281.676.773	394.629.159	240	1,401
<b>Francia</b>	115.740.226	159.027.071	323	1,374
<b>Reino Unido</b>	94.486.142	127.934.236	165	1,354
<b>Países Bajos</b>	87.478.833	115.734.496	162	1,323
<b>Italia</b>	66.697.604	73.700.852	212	1,105
<b>Polonia</b>	47.244.613	59.953.414	147	1,269
<b>Rep. Checa</b>	21.537.524	26.512.692	96	1,231
<b>Portugal</b>	18.475.853	17.034.736	154	0,922
<b>Suiza</b>	15.094.425	28.241.669	55	1,871
<b>Bélgica</b>	14.888.247	19.994.916	90	1,343
<b>Suecia</b>	14.052.230	20.937.823	49	1,49
<b>Dinamarca</b>	13.063.010	22.690.448	68	1,737
<b>Austria</b>	12.333.961	20.869.062	79	1,692
<b>Rumanía</b>	9.473.055	12.693.894	77	1,34
<b>Hungría</b>	7.159.847	9.680.113	55	1,352
<b>Canadá</b>	5.667.481	11.686.346	26	2,062
<b>Irlanda</b>	5.513.968	7.272.924	40	1,319
<b>Finlandia</b>	5.317.115	6.742.102	24	1,268
<b>Eslovaquia</b>	5.287.817	7.376.505	64	1,395
<b>Noruega</b>	4.935.885	9.402.861	10	1,905
<b>Otros</b>	17.813.770	26.275.311		1,475
<b>TOTAL</b>	863.938.378	1.178.411.948	672	1,364

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (FAO, 2019)

## 2.6 Enfermedades más importantes en pimiento

El pimiento es susceptible a un gran número de plagas y enfermedades. Las enfermedades se dividen en dos grupos: las parasitarias y las no parasitarias. Por un lado, las enfermedades parasitarias que se pueden encontrar en un invernadero son, de origen fúngico, bacteriano o por una gran variedad de virus, que pueden ser transmitidos por el mismo ser humano, por la semilla o por vectores que pueden llegar a formar una plaga (Obregon, 2016).

Por otro lado, las enfermedades no parasitarias, también llamadas fisiopatías, que no se transmiten por patógenos sino por un mal manejo del cultivo por parte del agricultor. Las más importantes y comunes a diario en el campo Almeriense son rajado de fruto también conocido como cracking, podredumbre apical, carencia de nutrientes, asfixia radicular y caída de flores. Todas estas fisiopatías son muy evitables si el agricultor consigue controlar bien el riego del cultivo y el clima. Es muy importante que un cultivo reciba el agua que necesita, los encharcamientos dan lugar a la mayoría de las fisiopatías mencionadas. De estas, la que mayor preocupación causa a los agricultores es el rajado del fruto, ya que va a marcar en buena medida el precio que el agricultor va a recibir de su cosecha. Como se ha mencionado anteriormente, esto es muy evitable con un buen manejo del clima del invernadero, debido a que el rajado de fruto se produce por unos cambios bruscos del clima del invernadero (temperatura y humedad relativa).

En la tabla 7 se indican las plagas y enfermedades más comunes en invernadero.

**Tabla 7.** Principales plagas y enfermedades en pimiento.

Plagas	Enfermedades
<i>Frankliniella occidentalis</i> (Trips)	<i>Leveillula taurica</i> (Oídio)
<i>Bemisia tabaci</i> (Mosca blanca)	<i>Botrytis cinerea</i> (Podredumbre gris)
<i>Tetranychus urticae</i> (Araña roja)	<i>Phytophthora capsici</i> (Seca del pimiento)
<i>Myzus persicae</i> (Pulgones)	<i>Verticillium dahliae</i> (Verticilosis del pimiento)
<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Araña blanca)	<i>Phyitium spp.</i> (Damping off)
<i>Spodoptera exigua</i> (Gusano)	<i>Virus del bronceado del tomate</i> (TSWV)
<i>Helicoverpa armígera</i> (Heliothis)	<i>Virus del mosaico del tabaco</i> (TMV)

Fuente: Elaboración propia.

## 2.7 Oídio causado por *Leveillula taurica*

En los últimos años, la enfermedad del oídio es la más importante en el cultivo de pimiento bajo plástico en Almería. Normalmente, comienza a aparecer en el mes de octubre en las zonas más secas de los invernaderos, bandas y ventanas cenitales orientadas a levante. Se cree que es debido a que esa orientación está más expuesta a la radiación solar y se producen cambios bruscos de humedad relativa (Rodriguel & Fernández, 2009).

El oídio es una enfermedad producida por el hongo *Leveillula taurica*, el cual se corresponde con la forma asexual de *Oidiopsis spp.* Se trata de una enfermedad de fácil diagnóstico pero muy difícil de controlar. Crece de forma inadvertida dentro del tejido de la hoja, con un período de latencia de 21 días. A diferencia del oídio en las hortalizas de tomate y el pepino, que se ve fácilmente en el haz de las hojas, el del pimiento se ve en el envés (Sabaratnam, 2018). En la planta no se desarrolla el hongo en sí, lo que crece en el interior de la planta son sus haustorios, mientras que el micelio se desarrolla en la superficie de la hoja (Rodriguel & Fernández, 2009). En la parte del envés se desarrolla un punteado necrótico cubierto por moho blanco purulento. Posteriormente, se manifiesta en el haz con decoloraciones amarillas, normalmente con formas circulares. Los primeros síntomas se dan en las hojas más cercanas al suelo (más viejas). A medida que avanza la enfermedad, las hojas más jóvenes también se ven afectadas, y las más afectadas se defolian, esto provoca que el desarrollo vegetativo de la planta se vea afectado y, por tanto, afecta a la producción de frutos (Sabaratnam, 2018).

*Leveillula taurica* fue detectado por primera vez en América del Norte, concretamente en Florida en 1971. Desde principios de la década de 1990, ha sido un problema recurrente en pimientos, tomate, algodón, alcachofa, cebolla y también puede infectar especies de malezas. A finales de la década, se había extendido a Arizona, Idaho, Nueva York, Oklahoma, Utah, México y Ontario, apareciendo por primera vez en cultivos de pimiento de invernadero en la Columbia Británica en febrero de 2003, y desde entonces se ha extendido por toda la industria del pimiento en invernadero (Sabaratnam, 2018).

Los estudios muestran que cuanto mayor es el nivel de infección de oídio, mayor es la pérdida de producción. Una infección intensa y temprana produjo una pérdida de producción de aproximadamente un 30% en comparación con una infección posterior

más leve. Generalmente, producía una pérdida de rendimiento de un 10 - 15% en los cultivos de pimiento de invernadero de América del Norte (Sabaratnam, 2018).

Cada vez es más complicado controlar la enfermedad debido al desarrollo de resistencias del hongo contra los fungicidas utilizados. No se puede descartar la posibilidad de un aumento en la intensidad por la selección natural de razas más agresivas del patógeno (Moya & Apablaza, 2003).

### 2.8 Ciclo biológico de *Leveillula taurica* y sintomatología

El hongo presenta un micelio blanco o gris claro está formado por hifas claras y tabicadas. Estas hifas dan lugar a conidióforos y estos a su vez a conidios que se encuentran dispuestos en cadenas con formas rectangulares u ovals (Figura 1). Las hifas también forman haustorios, que son especialistas en obtener alimento de las células huésped. Estos haustorios son hinchazones en las extremidades de las hifas que penetran dentro de las células y permiten que el hongo ejerza su papel de parásito (Bergamin Filho et al, 1995).

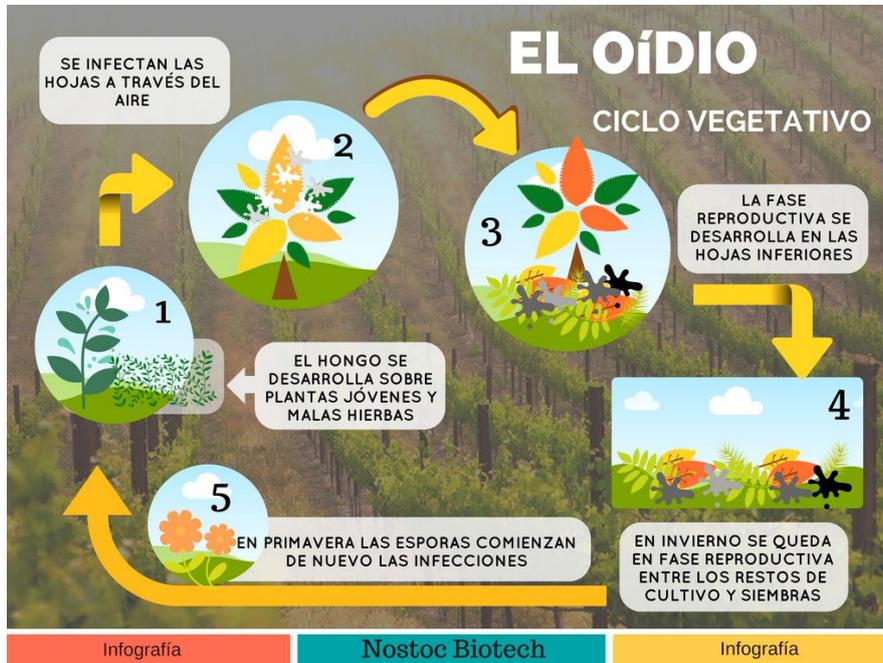
**Figura 1.** Estructuras reproductivas asexuales de *Leveillula taurica* encontradas en pimiento (a) un conidióforo (b) conidios piriformes y cilíndricos. Fuente: Moya, 2003



El patógeno penetra en la planta por medio de los estomas de las hojas desarrollando un micelio interno que crece extensivamente por el mesófilo. Una vez producida la infección, se produce el período de incubación con una duración de 18 a 21 días, previo a la aparición de los signos de la enfermedad. El micelio en forma de polvo blanco se encuentra de forma superficial en el envés de las hojas, forma conidióforos que

emergen a través de las aperturas estomáticas, los cuales producen conidios de forma piriforme y cilíndrica, que son transportados por el viento a grandes distancias (Figura 2). Un simple contacto con nuevos tejidos hace que se reinicie la infección. En invierno, el hongo se mantiene en plantas cultivadas como alcachofa y también se puede conservar en melazas como tomatillo, ñilhue y capulí (Moya & Apablaza, 2003).

**Figura 2.** Ciclo biológico de *Leveillula taurica*. FUENTE: Nostoc biotech.



En general, los cultivos de pimiento se vuelven más susceptibles al patógeno conforme va envejeciendo la planta. Las hojas más viejas son las primeras en mostrar indicios de la infección. El hongo infecta a las hojas no a los frutos o a los tallos de las plantas. Una vez concluido el período de latencia anteriormente mencionado, aparecerá el micelio del hongo en forma de polvo blanco. A su vez, aparecerán manchas amarillas en el haz de las hojas justo donde se encuentra el micelio en el envés. Con el tiempo, el micelio se vuelve de color marrón, y conforme avanza la enfermedad, la infección se extiende por toda la planta llegando a las hojas más jóvenes. Si no se llegara a controlar la enfermedad, las hojas gravemente infectadas se marchitan y caen, pudiendo llegar a provocar la muerte de las plantas por falta de producción (Sabaratnam, 2018).

## 2.9 Condiciones ambientales de desarrollo del hongo.

Un estudio realizado en un invernadero de uso comercial, ha proporcionado datos reales de las condiciones de microclima idóneas para el desarrollo de la enfermedad. La germinación de los conidios ocurre a temperaturas comprendidas entre los 10 – 37°C y el nivel óptimo se desarrolló a 20°C. La viabilidad de los conidios disminuía cuando la temperatura superaba los 40°C durante 6 horas. La colonización en las hojas se producía de forma óptima entre los 15 - 25°C y su infección severa se daba a temperaturas comprendidas entre los 15 - 20°C. Un aumento de la tasa de germinación de las esporas se da con una humedad relativa del 75 – 85 % (Elad et al, 2007).

## 2.10 Estrategias de control

La mejor manera de controlar la enfermedad es de forma preventiva. Las principales estrategias preventivas y culturales son: eliminación de restos de cultivo y malas hierbas, debido a que pueden hacer de reservorio del hongo y realizar un correcto manejo del clima en el invernadero.

Cuando se ven los primeros síntomas hay que recurrir a tratamientos con productos químicos para frenar la incidencia e intentar conservar el vigor de la planta. Es muy importante ir alternando la materia activa empleada para evitar que el hongo cree resistencias a las materias activas aplicadas, siendo las más frecuente las que se recogen en la tabla 8.

**Tabla 8.** Materias activas autorizadas para el control de oídio en pimiento.

<b>MATERIA ACTIVA</b>	<b>Nombre comercial</b>	<b>Dosis</b>	<b>P.S (días)</b>
<b>Azoxistrobin 25%</b>	Ortiva	80-100cc/Hl	3
<b>Fluopyram 40%</b>	Velum	0,03%	3
<b>Difenoconazol 12,5% + Ciflufenamida 1,5%</b>	Cidely Top	0,10%	3
<b>Boscalida 26,7% + Piraclostrobin 6,7%</b>	Signum	0,1-0,15%	3
<b>Fluopyram 50% + Trifloxistrobin 25%</b>	Luna Sentation	0,04%	3
<b>Metrafenona 50%</b>	Vivando	0,03	3
<b>Flutriafol 12,5%</b>	Impact	0,075-0,09%	3

Fuente: Grupo Cooperativo Cajamar.

### 2.11 Resistencia genética a *Leveillula taurica*

La resistencia a *Leveillula taurica* es la capacidad que tiene el hospedador para evitar o retrasar la penetración del patógeno. Los hospedadores pueden reaccionar por hipersensibilidad, la síntesis de compuestos antimicrobianos o por la producción de cambios metabólicos en sus tejidos. La reacción de resistencia es un rasgo genéticamente heredable (Ferreira, 2004).

Los cambios en la resistencia a un patógeno pueden ser expresados de forma continua o discontinua a lo largo de una población segregante, esto depende del número de genes de resistencia involucrados (Ferreira, 2004).

Uno de los factores importantes para la caracterización de grupos de resistencia es la relación gen a gen (Flor, 1948), que establece que para cada gen de resistencia del hospedador existe un gen de virulencia para el patógeno invasor. Otro factor importante

es el periodo de latencia, que determina el tiempo y velocidad de infección, cuanto mayor tiempo transcurra entre la infección y la reproducción del patógeno, se producirán menos generaciones del patógeno y la tasa de infección será menor (Amorim, 1995).

Chander, (1994) verificó en sus estudios que la actividad de la fenilalanina amonio-lisis (PAL), niveles de fenoles totales y flavonoides, así como la actividad de la peroxidasa estaban presentes en materiales resistentes a *Leveillula taurica*.

Las fuentes de resistencia utilizadas son principalmente *C. annuum*, *C. baccatum* y *C. chinense*. Entre estas especies existen numerosas accesiones que poseen algún tipo de resistencia a *Leveillula taurica* aunque estas accesiones son mucho más numerosas en *C. baccatum* y en *C. chinense* que en *C. annuum* (Ferreira, 2004) tal y como se observó De Souza, (2003). Las mejores fuentes de resistencia provienen de *Capsicum chinense* y *Capsicum baccatum*, ya que las encontradas en *C. annuum* no presentan una resistencia parcial por lo cual no son satisfactorias (Shifriss, 1992).

Dentro de los materiales vegetales resistentes existen dos tipos de resistencias, una de ellas es la resistencia a la penetración del patógeno y resistencia a la abscisión foliar, presente en la accesión Hv-12 de *Capsicum annuum*; el otro tipo de resistencia es la reacción de hipersensibilidad, presente en el resto de accesiones de *C. annuum*, *C. baccatum* y *C. chinense* (Ferreira, 2004).

La resistencia a oídio tiene una herencia poligénica. Al menos 4 pares de genes gobiernan dicha resistencia en *C. annuum* y de 2 a 6 pares de genes *C. baccatum*. *C. chinense* también posee una resistencia poligénica. En *C. baccatum* y *C. chinense* se producen variaciones aditivas entre genes, dominantes y epistáticas. En *C. annuum* la resistencia viene determinada por genes recesivos (Ferreira, 2004).

Ferreira, (2004) también observó que los progenitores en *C. annuum* presentaban diferentes expresiones y mecanismos de resistencia mientras que esto no ocurría en *C. baccatum* ni en *C. chinense* donde los mecanismos resistentes son similares presentando alelismo entre las fuentes.

# 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3. Materiales y Métodos

#### 3.1 Descripción del invernadero de ensayo

##### 3.1.1 Localización del ensayo

El invernadero donde se llevó a cabo el ensayo se encuentra ubicado en el paraje de Las Alberquillas, Término Municipal de Balanegra (Almería). Parcela número 1, del polígono 87 (tabla 9 y figura 3). Posee alrededor de 7500m<sup>2</sup>.

**Tabla 9.** Localización. Fuente: SIGPAC.

<b>LOCALIZACIÓN SIGPAC</b>	
Comunidad	Andalucía (1)
Provincia	Almería (4)
Municipio	Balanegra (16)
Agregado	0
Zona	0
Polígono	87
Parcela	1
<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	
Datum	ETRS89
Latitud	36° 45' 32.42" N
Longitud	2° 55' 21.87" W
Huso UTM	30
Coordenada X	506.895,89
Coordenada Y	4.068.141,52

Figura 3. Vista aérea del invernadero. Fuente: Google maps, 2020.



### 3.1.2 Caracterización climática de la zona

El clima es uno de los factores más importantes para el desarrollo de los cultivos en invernadero ya que, influye en el desarrollo vegetativo y productivo. Para conseguir un mejor manejo de los cultivos, se realizó un estudio climatológico de la zona.

Los datos se han obtenido de la estación del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SiAR). La estación más cercana está situada en el municipio de Adra, a unos 10 km de distancia de la ubicación del invernadero. El estudio se ha realizado con datos desde enero de 2001 hasta diciembre de 2019.

Las temperaturas de la zona son buenas para el desarrollo del cultivo de pimiento en invernadero. Como se observa en la tabla 10, las temperaturas medias durante todo el año son suaves, con una temperatura media anual de 18,27°, por tanto, un clima muy acorde para el buen desarrollo del cultivo.

Tabla 10. Cuadro resumen de temperaturas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SiAR

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Ta	23,37	23,51	27,23	29,06	35,72	35,19	38,60	38,00	35,84	31,20	26,41	24,40	38,60
T'a	20,63	21,08	23,13	25,48	28,51	31,64	32,67	32,95	31,35	28,42	24,31	21,41	27,01
T	17,00	17,33	18,69	20,52	22,93	26,25	28,20	29,10	26,98	24,11	19,97	17,88	22,50
tm	12,55	12,99	14,52	16,40	18,77	22,06	24,10	24,80	22,81	19,83	15,60	13,32	18,27
t	8,94	9,20	10,66	12,44	14,69	18,06	20,05	21,28	19,15	16,30	12,22	9,99	14,41
t'a	5,16	5,89	7,11	9,29	11,76	14,30	16,64	17,90	15,78	12,60	8,70	6,51	11,01
ta	-1,08	2,67	4,05	6,46	9,86	11,19	14,12	15,35	14,32	8,34	5,39	3,98	-1,08

Ta: Temperatura máxima absoluta

T'a: Temperatura media de máxima absolutas

T: Temperatura media de máximas

tm: Temperatura media

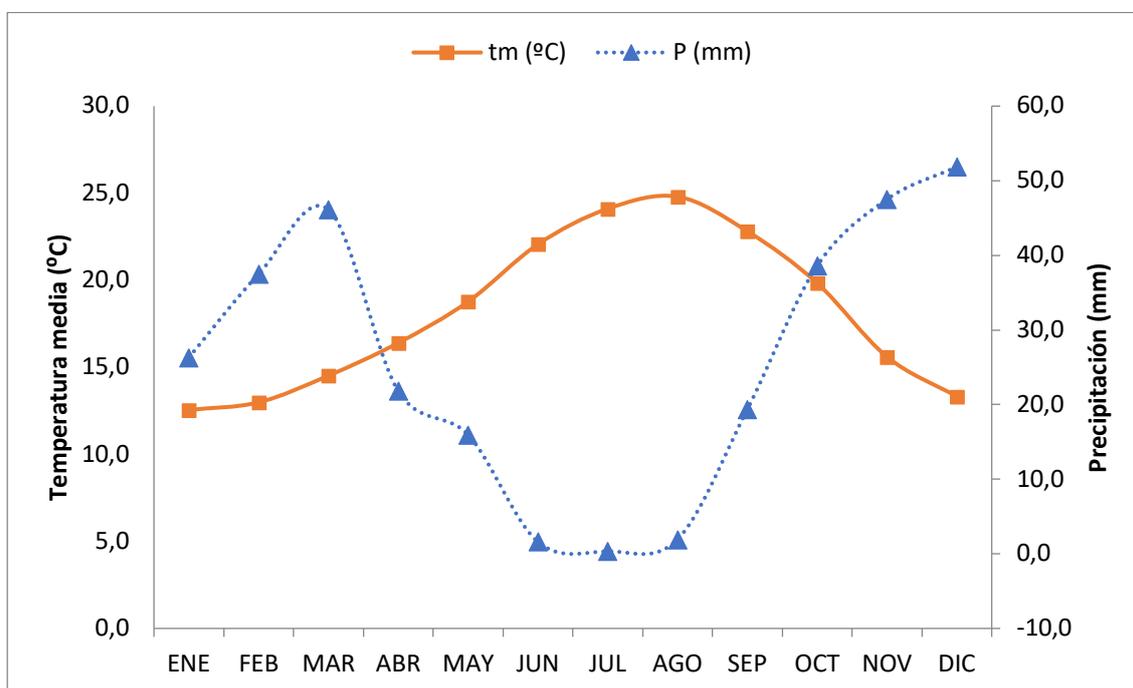
t: Temperatura media de mínimas

t'a: Temperatura media de mínimas absolutas

ta: Temperatura mínima absoluta

A partir de las temperaturas y precipitaciones medias, se ha elaborado el Diagrama Ombrotérmico de Gausson. Los meses de octubre, noviembre y diciembre son los de mayores precipitaciones (Figura 4), y por tanto, donde se producen los cambios más bruscos de temperatura y humedad, que favorecen al desarrollo del oídio.

**Figura 4.** Diagrama Ombrotérmico de Gausson para el periodo 2001-2019. tm: Temperatura media mensual. P: Precipitación media. Fuente: Elaboración propia.



### 3.1.3 Caracterización física suelo cultivo y descripción del invernadero

La superficie del invernadero es de 7.500 m<sup>2</sup>, con estructura de tipo raspa y amagado y altura del emparrillado de 2,10 metros sobre el suelo. La altura de las raspas es de 3,75 metros más el bloque y de los amagados de 3 metros. El invernadero dispone de tres ventanas cenitales orientadas al oeste. La distancia de raspas a amagados es de 8 metros.

El análisis de suelo de esta campaña desarrollado por la empresa SiCA AgriQ (figura 5) indica que la textura del suelo es franco arenosa (70% arena, 10% limo, 20% arcilla). El pH es básico (7.62) con valores importantes de carbonato cálcico (16.54%) y contenidos en materia orgánica bajo (< 1%).

Figura 5. Análisis del suelo del invernadero

INFORME DE ENSAYO.		ANÁLISIS DE SUELO NORMAL				
Ref. Externa	FRANCISCO PEREZ TORRES					
Toma de muestra por	El Cliente					
Tipo de Muestra	SUELO		<b>Cliente</b> AGRUPA ADRA, S.A. PARAJE LA CURVA SIN APDO. CORREOS 88 ADRA 04770 ALMERIA ESPAÑA			
Información aportada por el cliente:						
PESO (KG)	>1	FINCA	2593-7 ALBERQUILLAS		MUNICIPIO	BALANEGRA
POLIGONO	87	PARCELA	.1			
CARACTERIZACIÓN DEL SUELO		Resultado			Método	
Materia Orgánica (1,5 - 2,5 %)		<b>0,88</b>	%		PT-AS08	
Nitrógeno Total (0,1 - 0,2 %)		<b>0,07</b>	%		PT-AS09	
Relación C/N (8,5 - 11,5)		<b>6,89</b>			PT-AS09	
Carbonato Cálcico (10 - 25 %)		<b>16,54</b>	%		PT-AS10	
Fósforo	<b>BURRIEL (43,6-109 ppm)</b>	<b>141,72</b>	mg/L		PT-AS11	
Textura:	<b>FRANCO ARENOSA</b>	%Arena:70	%Limo:10	%Arcilla:20	PT-AS07	
CATIONES DE CAMBIO		mg/100g	meq/100g	%		
Sodio (0,4 - 1,3 meq/100g ; 0,5 - 3 %)		<b>4,70</b>	<b>0,20</b>	<b>13,48</b>	PT-AS12	
Potasio (0,5 - 1,2 meq/100g ; 2 - 6 %)		<b>7,56</b>	<b>0,19</b>	<b>12,80</b>	PT-AS12	
Calcio (9 - 10,5 meq/100g ; 40 - 80 %)		<b>18,96</b>	<b>0,94</b>	<b>62,55</b>	PT-AS12	
Magnesio (1,5 - 2,5 meq/100g ; 10 - 30 %)		<b>2,07</b>	<b>0,17</b>	<b>11,18</b>	PT-AS12	
Suma de Cationes (15 - 20 %)			1,51		PT-AS12	
Ca/Mg (4 - 6 meq/100g)			<b>5,59</b>		PT-AS12	
K/Mg (0,3 - 0,8 meq/100g)			<b>1,14</b>		PT-AS12	
EXTRACTO SATURADO						
Humedad		<b>26,19</b>	%		PT-AS02	
Saturación (30 - 45 %)		<b>35,49</b>	%		PT-AS02	
pH (6,5 - 7,5)			<b>7,62</b>	unidades de pH	PT-AS03	
Conductividad eléctrica a 25°C (<4000 µS/cm)			<b>3030</b>	µS/cm	PT-AS03	
		mg/L	meq/L	mmol/L		
Sulfatos (5 - 35 meq/L)		<b>438,42</b>	<b>9,13</b>	4,56	PT-AS06	
Cloruros (5 - 18 meq/L)		<b>506,53</b>	<b>14,29</b>	14,29	PT-AS06	
Nitratos (2 - 8 meq/L)		<b>38,20</b>	<b>0,62</b>	0,62	PT-AS06	
Fosfatos		<b>1,31</b>	<b>0,04</b>	0,02	PT-AS06	
Bicarbonatos (0,1 - 2,5 meq/L)		<b>222,48</b>	<b>3,65</b>	3,65	PT-AS04	
Carbonatos		<b>0,00</b>			PT-AS04	
Sodio (4 - 17 meq/L)		<b>200,38</b>	<b>8,72</b>	8,72	PT-AS06	
Potasio (1 - 5 meq/L)		<b>37,35</b>	<b>0,96</b>	0,96	PT-AS06	
Calcio (11 - 25 meq/L)		<b>271,10</b>	<b>13,53</b>	6,76	PT-AS06	
Magnesio (6 - 14 meq/L)		<b>84,57</b>	<b>6,96</b>	3,48	PT-AS06	
Boro (0,5 - 2 ppm)		<b>0,08</b>			PT-AS05	
Ca/Mg (1,5 - 3)			1,94		PT-AS06	
K/Ca (0,15 - 0,25)			<b>0,07</b>		PT-AS06	
K/Mg (0,3 - 0,8)			<b>0,14</b>		PT-AS06	

### 3.2 Material vegetal

Para la evaluación del ensayo se han utilizado cuatro variedades diferentes de pimiento california rojo, siendo una comercial sin resistencia al oídio y otras tres con resistencia inducida genéticamente.

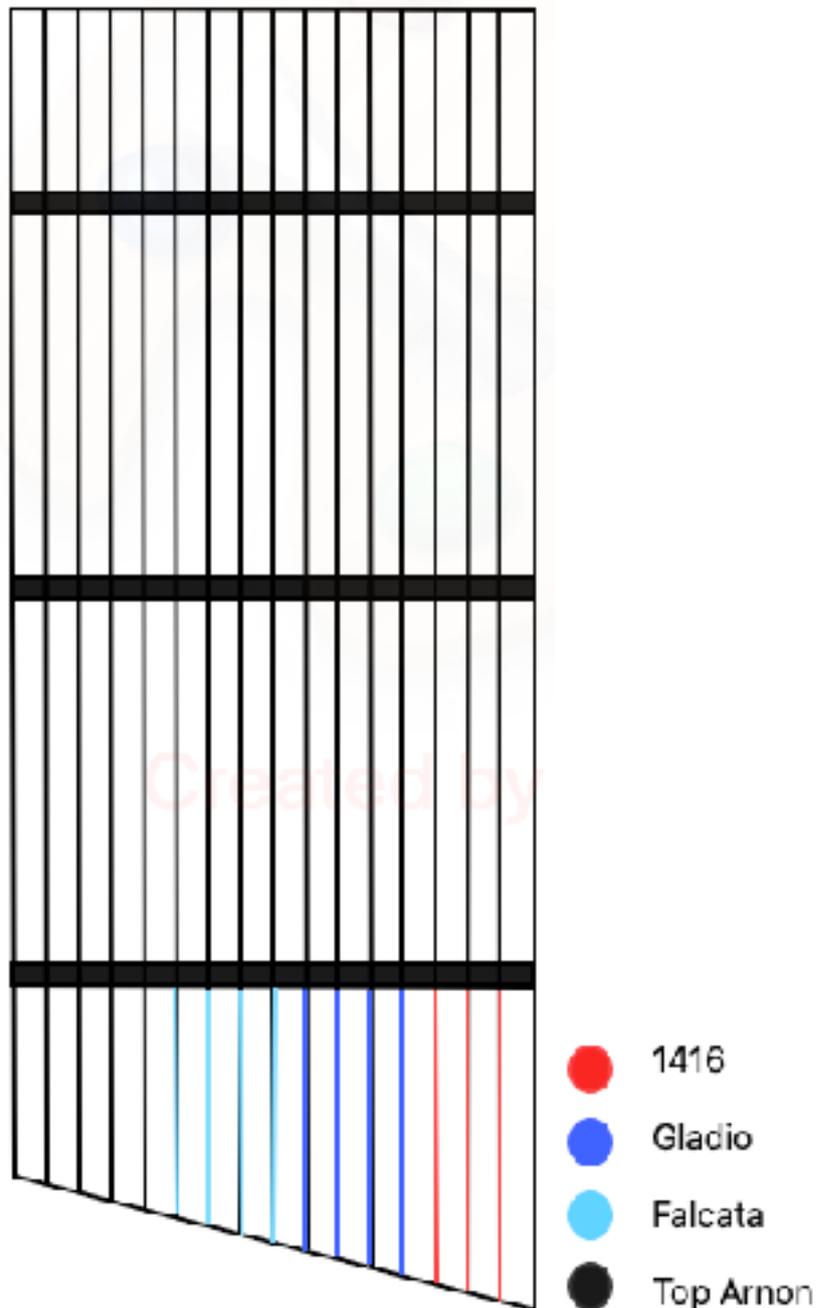
La variedad testigo es *Top Arnon* de Top Seeds Ibérica. Se ha seleccionado esta variedad porque es muy productiva y su comportamiento en invierno es muy bueno, pero es muy sensible a oídio.

Las otras tres variedades seleccionadas son: *Falcata C - 82* y *Gladio C - 50* pertenecientes a la casa de semillas Sur Seeds SL. y *1416* de Séminis. Hay aproximadamente 375 plantas sembradas de cada una de estas variedades y en el resto del invernadero, en concreto 13.875 plantas son de la variedad testigo. Se han seleccionado estas tres variedades con resistencia a oídio para comparar el comportamiento que tienen con la variedad testigo.

### 3.3 Diseño experimental

La disposición del diseño experimental se indica en la figura 6. Para realizar comparaciones entre las poblaciones se seleccionaron 20 plantas de cada una. Se realizó una revisión semanal para comprobar la afección por oídio y se controlaron los rendimientos de las diferentes variedades midiendo el peso total y medio del fruto. Además, aproximadamente a mitad del periodo de cosecha se cogieron frutos de cada variedad para medir diferentes parámetros de calidad.

**Figura 6.** Distribución en Invernadero. Fuente: Elaboración propia.



### 3.4 Parámetros medidos

#### 3.4.2.4 Producción

El cultivo fue trasplantado en el invernadero el 7 de julio de 2020, en total se realizaron 9 recolecciones a lo largo del ciclo de cultivo. Las tomas de datos se realizaron en el mismo invernadero.

La entrada en producción se produjo el 6 de octubre de 2020, y la última recolección tuvo lugar el 24 de febrero de 2021 cuando se dio por finalizado el cultivo (9

recolecciones). Se recolectaban únicamente los frutos que tenían el grado de madurez y color óptimo para ser comercializados según las indicaciones de calidad de la comercializadora Agrupa Adra S.A.

En la tabla 11 se ha detallado en que fechas se produjo cada recolección.

**Tabla 11.** Fechas de recolección y toma de datos a lo largo del ciclo de cultivo

<b>Toma de datos (Recolección)</b>	
<b>Fecha</b>	<b>DDT</b>
6/10/20	91
14/10/20	99
26/10/20	111
18/11/20	134
22/12/20	168
19/1/21	196
9/2/21	217
23/2/21	231
24/2/21*	232*

*Fuente: Elaboración propia. DDT: Días después del trasplante. \*. Este corte se realizó en verde por motivo de final de la campaña.*

Para controlar la producción, las 20 plantas de cada tratamiento se recolectaban y se pesaban de inmediato para evitar que pudieran mezclarse con las otras líneas y obtener datos erróneos. El proceso se observa en las figuras 7 y 8.

En cada fecha de recolección se separaban los frutos que no eran de primera calidad y se pesaban a parte, se contaban el número de frutos y se pesaban en la báscula. Se contabilizó tanto el peso como el número de frutos de cada tratamiento diferenciando g/m<sup>2</sup> frutos totales, g/m<sup>2</sup> frutos comerciales y g/m<sup>2</sup> de frutos de destrío.

**Figura 7.** Control de producción. Fuente Elaboración propia.



**Figura 8.** Recolección de los tratamientos. Fuente: Elaboración propia.



#### 3.4.2.4 Calidad del fruto

Para determinar la calidad de los frutos, se seleccionaron 3 frutos al azar de cada tratamiento y se llevaron a la Estación Experimental Las Palmerillas (Fundación Cajamar para realizar ensayos en laboratorio. Se utilizaron los frutos recolectados en la quinta

recolección (22/12/2020) coincidiendo con la fase intermedia del cultivo. Los parámetros medidos fueron color del fruto, firmeza, grados Brix y espesor de la pared del fruto.

#### 3.4.2.1 *Color del fruto*

Para determinar el color del fruto se midieron las coordenadas colorimétricas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  del sistema CIELab con un colorímetro Konica Minolta CR-400 Head. Se seleccionó este método porque los resultados coinciden con los de la percepción humana.  $L^*$  es el componente de luminancia o luminosidad que comprende de 0 (negro) a 100 (blanco), y los parámetros  $a^*$  indica el componente rojo-verde, el rojo representa los valores positivos y el verde los valores negativos. El parámetro  $b^*$  define el componente amarillo-azul de una muestra, donde los valores amarillos son los positivos y los azules los negativos. Los componentes cromáticos  $a^*$  y  $b^*$  varían de -120 a +120 (Zhu, He, Lu, Mendoza, & Cen, 2015).

El método se basaba en tomar tres puntos de cada fruto con el colorímetro, como se puede ver en la Figura 9.

**Figura 9.** Determinación del color con un colorímetro. Fuente: Elaboración propia.



#### 3.4.2.2 *Firmeza*

Se midió con un penetrómetro Penefel DTF14 a una profundidad de inserción de la punta de 8 mm de diámetro (equivalente a una superficie de  $0,5 \text{ cm}^2$ ) y una velocidad de inserción de 20 mm/minuto, realizando dos medidas por fruto (Domene y Segura, 2014) (figura 10).

**Figura 10.** Penetrómetro Penefel DTF 14. Fuente Elaboración propia.



#### 3.4.2.3 *Grados brix:*

Se determinaron con un refractómetro digital modelo Atago Pal 1, como se puede ver en la figura 11.

**Figura 11.** Refractómetro digital. Fuente: Elaboración propia.



#### 3.4.2.4 *Espesor pared del fruto*

Se midieron los espesores de los frutos con un Pie de Rey digital, midiendo en los vértices de los cascos opuestos, es decir, dos medidas enfrentadas como se puede ver en la Figura 12.

**Figura 12.** Medida del espesor de la pared con un Pie de Rey digital. Fuente: Elaboración propia.



#### 3.4.2.5 Presencia de plagas u enfermedades

Cada 7 días se han realizado muestreos en cada línea de ensayo con el objetivo de localizar focos de oídio o algunas fisiopatías en los frutos. Los muestreos comenzaron la primera semana de septiembre, y se dieron por finalizados el día 18 de febrero, la semana previa a la última recolección. En total se realizaron 25 muestreos en cada línea de ensayo.

### 3.5 Análisis de datos

Los datos fueron tabulados y ordenados en función del factor variedad en Excel, obteniéndose varios gráficos y tablas para resumirlos. Para comparar diferencias entre las medias de las variables analizadas se realizaron análisis de varianza (ANOVA), siendo el factor en base utilizado la variedad del cultivar. En el caso de que el p-value fuera significativo, se empleó el test de las mínimas diferencias significativas de Fisher al 95% de confianza para concluir entre que variedades había diferencias significativas. El paquete estadístico utilizado fue Statgraphics Centurion 18 para Windows.

## 4. RESULTADOS

## 4. Resultados

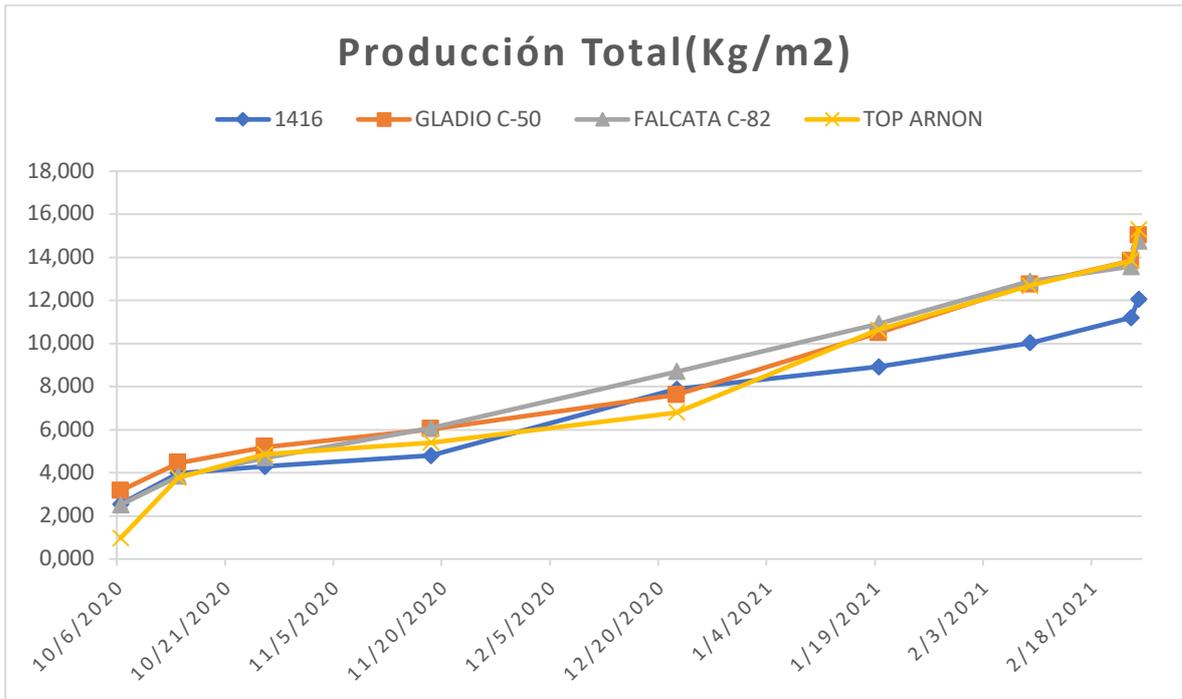
Este ensayo ha ido enfocado desde el principio a la evaluación de una variedad no resistente a oídio frente a otras tres variedades resistentes al patógeno. Al efecto de eliminar en lo posible todos los factores de variabilidad a excepción de la propia variedad, el ensayo se realizó en su totalidad en un único invernadero donde las condiciones climáticas fueron las mismas para todas las variedades, así mismo se les mantuvo iguales condiciones agronómicas en cuanto a aplicaciones de fertirrigación, y labores culturales exceptuando el tratamiento de productos fitosanitarios, debido a que la variedad testigo si ha sido tratada con productos fungicidas para intentar reducir la incidencia de oídio.

### 4.1 Producción

#### 4.1.1 Producción total

La figura 13 muestra los valores de producción total acumulada a lo largo de la campaña. Como se puede observar la variedad *Top Arnon* empezó con una producción menor ( $1 \text{ Kg/m}^2$ ) al inicio de los cortes (6/1/2020) respecto a las variedades resistentes ( $>2.50 \text{ Kg/m}^2$ ), lo que puede indicar incluso una mayor precocidad de éstas. Sin embargo, finalmente todas las variedades estudiadas convergieron al final en torno a  $15 \text{ kg / m}^2$ , a excepción de la variedad resistente 1416 que mostró un valor sensiblemente inferior ( $12.05 \text{ kg/m}^2$ ), aunque curiosamente en la primera recolección esta variedad tenía mayor número de frutos por planta con respecto a las demás, pero el calibre de los frutos no fue suficiente para la demanda del mercado en ese momento.

Figura 13. Producción total acumulada a lo largo de la campaña

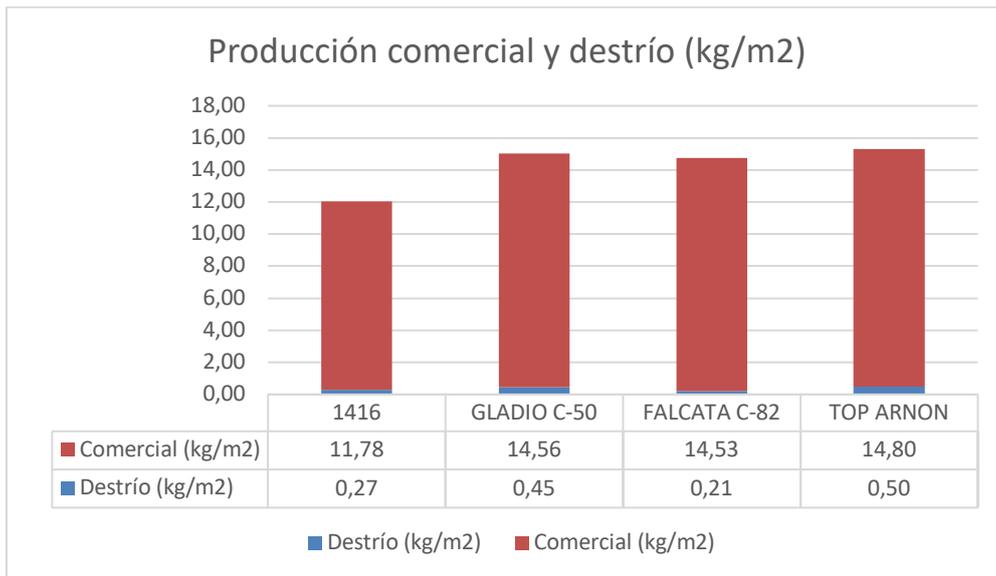


	06/10/2020	14/10/2020	26/10/2020	18/11/2020	22/12/2020	19/01/2021	09/02/2021	23/02/2021	24/02/2021
1416	2.548	3.984	4.295	4.795	7.876	8.925	10.031	11.195	12.057
GLADIO C-50	3.168	4.453	5.195	6.029	7.618	10.483	12.743	13.838	15.010
FALCATA C-82	2.511	3.834	4.696	6.076	8.694	10.925	12.884	13.577	14.747
TOP ARNON	0.965	3.780	4.857	5.408	6.803	10.642	12.680	13.853	15.291

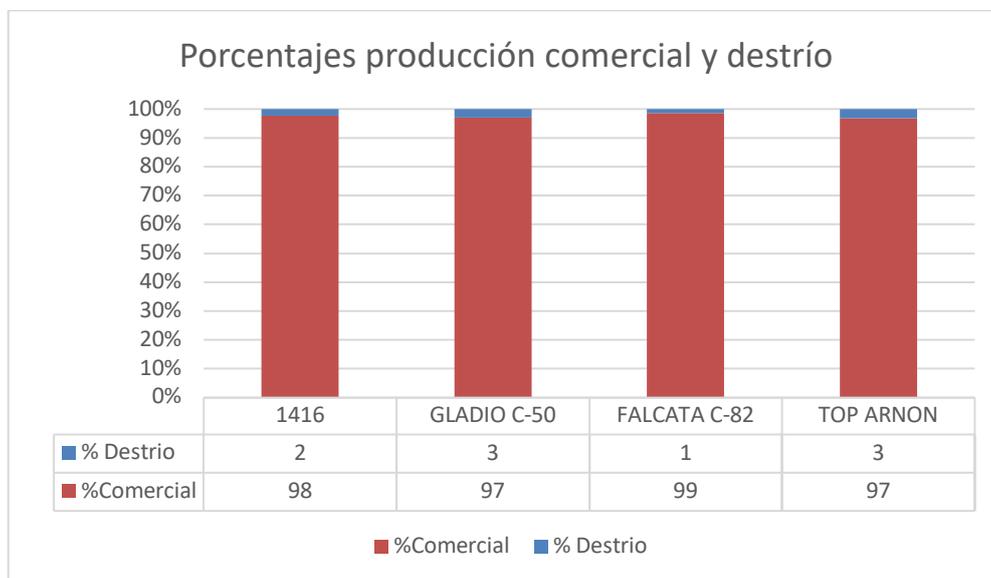
#### 4.1.2 Producción comercial y destrío

Las cantidades de destrío no fueron especialmente significativas ni en cantidades (entre 210 y 500 g/m<sup>2</sup> entre las variedades, ni en proporción (no superando el 3% en ninguna variedad) (figuras 14 y 15).

**Figura 14.** Cantidades de producción comercial y destrío por variedad



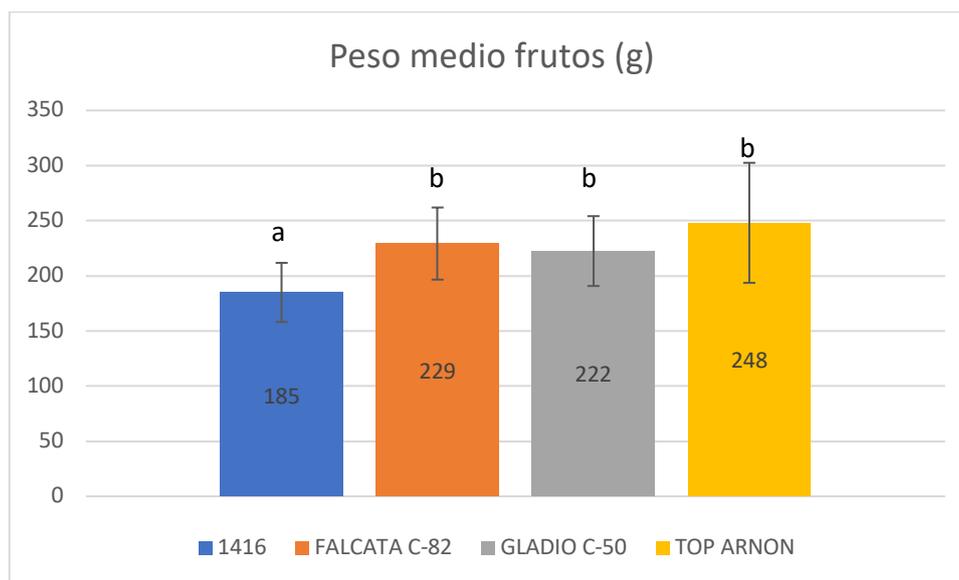
**Figura 15.** Porcentajes de producción comercial y destrío por variedad



#### 4.1.3 Peso medio del fruto

El peso medio del fruto describe el peso medio de los frutos comerciales (figura 16).

**Figura 16.** Peso medio de frutos comerciales



n = 9. Barras de error denotan la desviación estándar. Diferentes letras indican diferencias significativas.

Se puede observar que la variedad *Top Arnon* es la que más peso medio del fruto de media tenía, aunque las diferencias no son significativas con las variedades *Falcata C-82* y *Gladio C-50*. En cambio, los frutos de la variedad *1416* fueron significativamente más pequeños que los de las otras variedades. Así, esta variedad no solo presentaba la menor producción sino también los frutos de menos peso.

Las diferencias significativas se analizaron con un ANOVA de un factor para (tabla 12) y una prueba de Rango Múltiple (diferentes letras indicadas en la figura 16 indican diferencias significativas entre variedades).

**Tabla 12.** Análisis de varianza evaluando la importancia del peso medio del fruto en gramos con la variedad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	18905	3	6301,66	4,38	0,0108
Intra grupos	45992,7	32	1437,27		
Total (Corr.)	64897,6	35			

Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de *Peso Medio del Fruto* entre un nivel de *cultivar* y otro, con un nivel del 5% de significación.

#### 4.2 Evaluación de la calidad del fruto

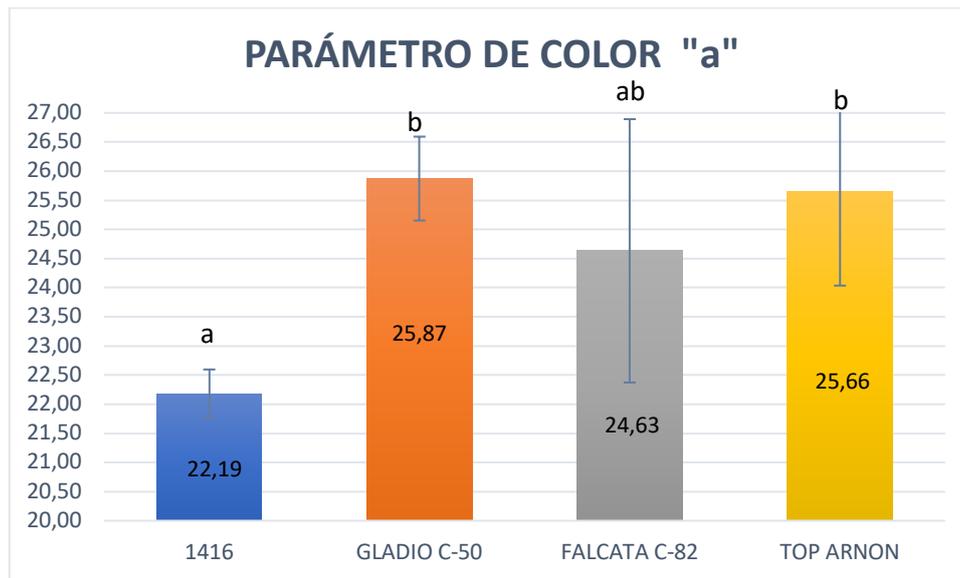
Los parámetros de calidad de fruto medidos aproximadamente a mitad de campaña se muestran en la tabla 13.

**Tabla 13.** Parámetros de calidad de frutos.

VARIABLE	VARIEDAD				ANOVA	
	1416	GLADIO C-50	FALCATA C-82	TOP ARNON	Razón-F	Valor-P
<b>Color L</b>	35,83±0,11(a)	37,45±0,89(b)	36,82±0,87(ab)	37,34±0,43(b)	3,74	0,06
<b>Color a</b>	22,18±0,41(a)	25,87±0,72(b)	24,63±2,26(ab)	25,66±1,62(b)	4,05	0,05
<b>Color b</b>	14,84±0,45(a)	16,61±1,49(a)	15,73±2,33(a)	17,12±0,90(a)	1,56	0,27
<b>Dureza (N)</b>	4,89±0,48(ab)	5,10±0,29(b)	5,66±0,54(b)	4,06±0,52(a)	5,95	0,02
<b>Espesor de pared (mm)</b>	7,20±0,93(a)	7,34±0,62(a)	7,24±0,76(a)	6,84±0,39(a)	0,29	0,83
<b>Grados Brix</b>	8,63±0,12(a)	8,23±0,38(ab)	8,03±0,15(ab)	7,77±0,55(b)	3,31	0,08

N= 3. Valores igual a media ± desviación estándar. Letras entre paréntesis indican diferencias significativas entre variedades para cada parámetro de calidad.

Figura 17. Parámetro de color "a"

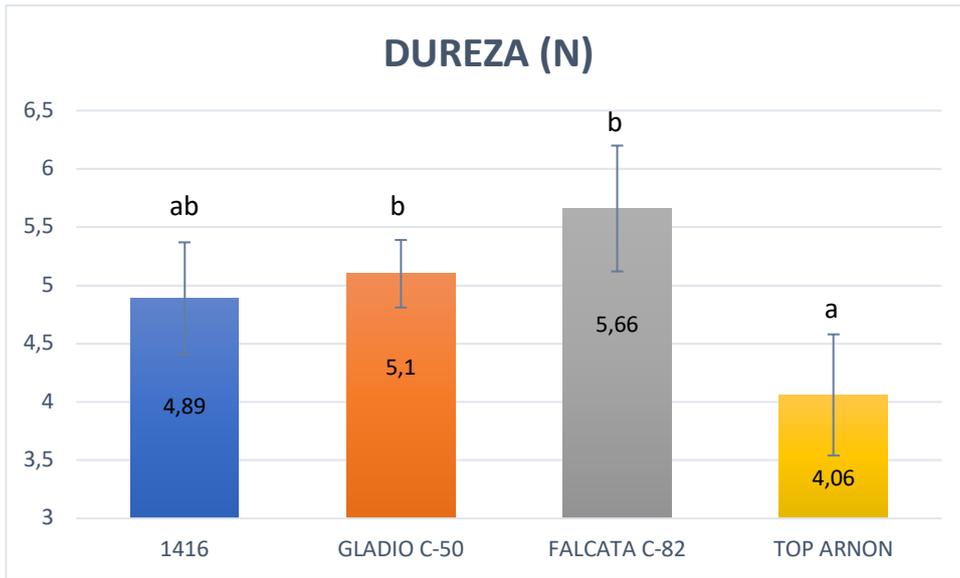


n = 3. Barras de error denotan la desviación estándar. Diferentes letras denotan diferencias significativas.

Analizando el parámetro "a" en la figura 17, que nos indica la intensidad del color rojo del fruto, se puede observar que la variedad *Gladio C-50* es la que tiene un color más intenso, seguida de la variedad *Top Arnon* y *Falcata C-82* respectivamente. La variedad *1416* tiene la menor intensidad de color rojo con respecto a las otras variedades y por tanto, además de menos producción y menos peso medio del fruto, tiene peor color rojo con respecto a las otras tres variedades.

Como se puede observar en la tabla 13 y figura 18, la variedad *Falcata C-82* destaca en dureza con respecto a las demás, seguida de *Gladio C-50*, *1416* y *Top Arnon* respectivamente.

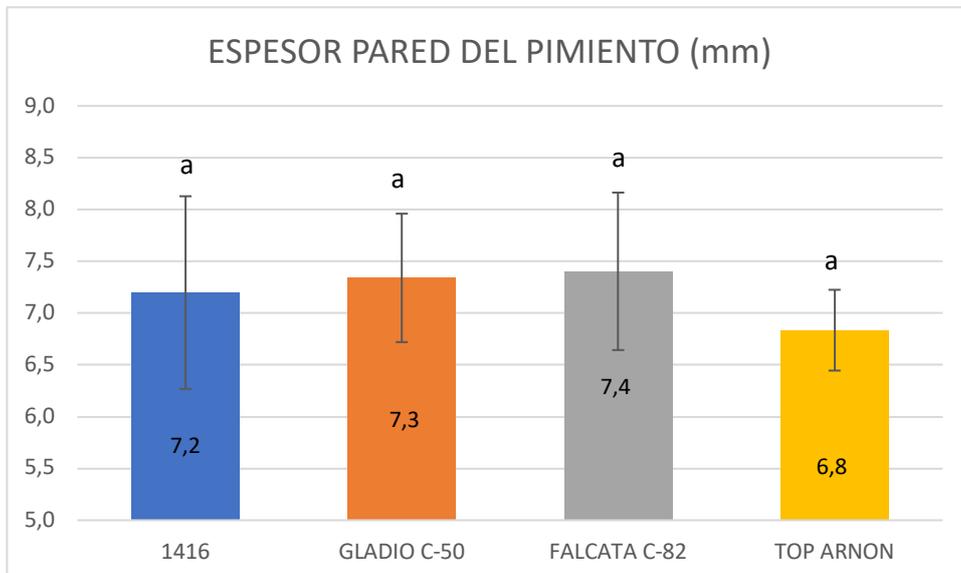
**Figura 18.** Dureza de los frutos



n = 3. Barras de error denotan la desviación estándar. Diferentes letras denotan diferencias significativas.

Aunque las diferencias no fueron significativas en cuanto al espesor de la pared, sin embargo los valores medios de las tres variedades resistentes a oídio tienen un espesor medio de pared mayor que la variedad *Top Arnon* (figura 19), esto es una gran ventaja contra *Blossod End Rot*, al tener más grosor de pared, los frutos son más resistentes.

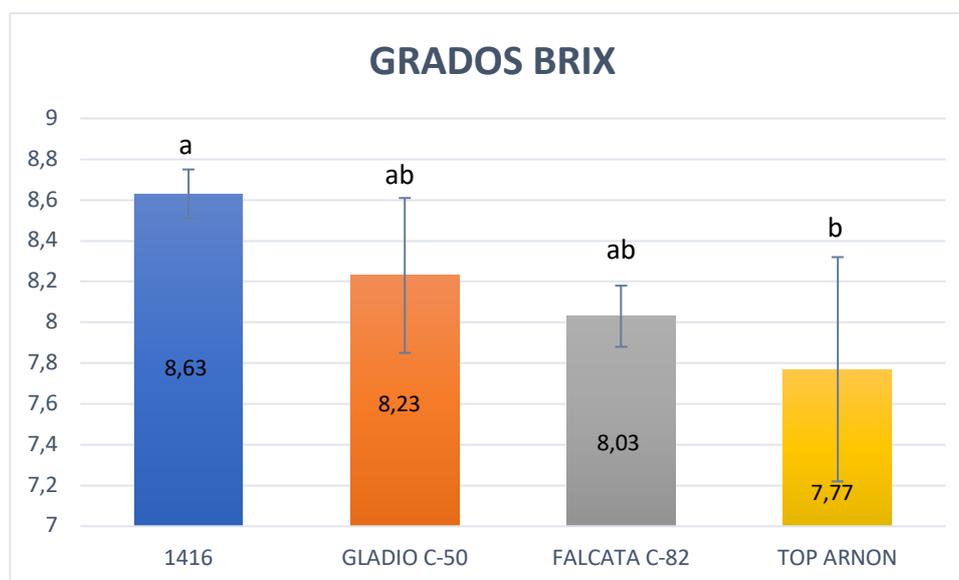
**Figura 19.** Espesor de la pared del pimiento



Además hay una clara relación entre la dureza y el espesor de la pared, comprobándose como coincide el orden de mayor a menor en ambos casos. Así cuanto mayor es el grosor de la pared del pimiento, mayor es su dureza y por tanto el fruto tendrá mayor consistencia-

También es muy destacable que los grados brix de los frutos analizados (figura 20) fueran mayores también en todas las variables resistentes al oídio y al igual que en el parámetro de espesor de la pared, la variedad *Top Arnon* es la que tiene menor valor de Grados Brix. Esto resulta de gran interés ya que los grados Brix indican mayores contenidos en sólidos disueltos entre los que se encuentran los azúcares.

**Figura 20.** Grados Brix del pimiento



### 4.3 Incidencia de infección y fisiopatías

#### 4.3.1 Incidencia de Oídio causado por *Leveillula taurica*

La incidencia de oídio se ha visto poco a poco reflejada en la variedad sin resistencia (*Top Arnon*) afectando a las hojas más viejas. en total se han visto afectadas 84 hojas, es decir una media de 4,2 hojas por planta. Las otras tres variedades resistentes no han tenido ninguna muestra de la enfermedad. Es cierto, que la influencia del hongo en esta campaña ha sido muy inferior a la registrada en otras anteriores, donde sufrieron graves infecciones por parte del patógeno.

Las primeras muestras de la enfermedad fueron en la semana del 23 de noviembre. Conforme avanzaban los meses fue aumentando muy poco a poco la infección.

Las hojas afectadas si han ido poniéndose amarillas y finalmente se han ido cayendo provocando que la planta perdiera capacidad fotosintética como se puede observar en la figura 21.

**Figura 21.** Presencia de oídio en la variedad Top Arnon. Fuente: Elaboración propia.



#### 4.3.2 Fisiopatías

Como consecuencia de las altas temperaturas del verano, concretamente los meses de agosto y septiembre, la variedad Gladio C-50 tuvo un problema detectado en los primeros frutos cuajados, estos sufrían una introducción de los nódulos del fruto introducido hacía dentro. Se pueden observar en la parte sur de las cajas en la figura 22.

**Figura 22.** Primera recolección frutos de Gladio C-50 y Falcata C-82



Debido a las altas humedades que hemos tenido este año y los períodos de precipitaciones, la variedad control *Top Arnon* ha sufrido considerables fisiopatías en los frutos desde la cuarta recolección realizada el 18 de noviembre de 2020. Las fisiopatías sufridas fueron cracking llegando al rajado de algunos frutos en la corona del pimiento como se puede observar en la figura 23.

**Figura 23.** Fruto variedad *Top Arnon* rajado por cracking. Fuente: Elaboración propia.



## 5. DISCUSIÓN

## 5. Discusión

El rendimiento obtenido por las variedades *Top Arnon*, *Gladio C-50* y *Falcata C-82* fue bastante similar al reportado por Alvarez (2012) quién produjo una media de 16 kg/m<sup>2</sup> en sus tres variedades analizadas con unas condiciones similares a las de este ensayo. La producción en nuestro estudio de estas variedades bajo condiciones de invernadero con una densidad de dos plantas/m<sup>2</sup> tuvo un rendimiento de 15 Kg/m<sup>2</sup>, situándose un poco por debajo de los resultados obtenidos por Pashold & Zengerle (2000) donde menciona que en Alemania el rendimiento fue de 20 Kg/m<sup>2</sup> utilizando tensiómetros para determinar cuando regar, y 17 Kg/m<sup>2</sup> con un método basado en la radiación solar. Así mismo (Santiago, 2008) señala que los rendimientos se ubican entre 18 y 26 Kg/m<sup>2</sup>, en invernaderos de alta tecnología, mientras que, en invernaderos de baja tecnología y mallas, los rendimientos pueden ser de 12 Kg/m<sup>2</sup>, el mismo rendimiento dado por la variedad *1416*.

Otros resultados similares se dieron en Israel, donde el rendimiento medio 16 Kg/m<sup>2</sup> con la variedad Mazurca desarrollada en tezontle con un sustrato con tres dosis de Ca<sup>2+</sup> (50, 100 y 150 mg/L) y tres frecuencias de riego (3, 6 y 12 riegos diarios) (Bar-Tal, y otros, 2000). Otro caso similar para comparar son los resultados encontrados por (Reséndiz-Melgar, 2010) donde realizó diferentes sistemas de despunte, el temprano donde además evaluó, el efecto de dejar o eliminar el fruto de la primera bifurcación. El despunte a la cuarta bifurcación con la variedad Orión con una densidad de 8 plantas m<sup>2</sup> fue el mejor tratamiento con rendimiento de 11 Kg/m<sup>2</sup> en un tiempo de 4 meses de trasplante a fin de cosecha.

Así, los resultados de producción tanto en la variedad más comercial *Top Arnon* como en las resistentes *Gladio C-50* y *Falcata C-82* han sido similares a los de otros estudios en invernaderos con unos niveles tecnológicos similares a los del presente estudio.

En cuanto al peso medio de los frutos, las tres variedades anteriormente mencionadas tienen un peso medio similar a los 243,39 obtenidos por (Sánchez, 2014) , siendo unos valores bastante aceptados comercialmente

El número aproximado de frutos totales por planta de las variedades *1416*, *Gladio C-50* y *Falcata C-82* es de 33 frutos por planta y el de la variedad testigo (*Top Arnon*) es

de 31. Todos estos valores son buenos y por ejemplo bastante superiores a los 16-18 frutos obtenidos por Poveda, (2019).

En pimiento, la pérdida de dureza (firmeza) o ablandamiento del fruto es un factor importante en la postcosecha el cuál, este asociado con cambios en el metabolismo de ciertos carbohidratos en la pared celular a causa de enzimas hidrolíticas producidas en el fruto. El resultado es una reducción severa de la calidad del fruto (Cheng et al, 2008). Los resultados de dureza obtenidos son similares a los detectados por Cheng et al, (2008) donde observaron que, con esa dureza, la firmeza de los frutos aguanta hasta completar la maduración.

El espesor de la pared de los frutos obtenido en las variedades resistentes es superior al obtenido por Sánchez,(2014) quién obtuvo 6,81mm de espesor, el mismo valor obtenido por la variedad *Top Arnon*.

Así, los resultados en dureza, espesor de la pared y grados Brix de las variedades resistentes al oídio son superiores a la variedad más comercial y superior a los valores obtenidos en otro estudios, lo que denota que las variedades resistentes al oídio también presentan otras propiedades comerciales interesantes que solo la propia resistencia al oídio.

La incidencia de oídio en las tres variedades resistentes ha sido nula. La variedad *Top Arnon* si ha sufrido incidencia, aunque muy leve comparada por ejemplo con la obtenida por Martin (2018) en su ensayo “origen 3” donde obtuvo infección en todas las plantas, aunque el agricultor nos ha indicado que la variedad *Top Arnon* se ha usado en anteriores campañas en el mismo invernadero y si tuvo unas incidencias de la enfermedad bastante apreciables.

## 6. CONCLUSIONES

## 6. Conclusiones

Del análisis de los datos recogidos del seguimiento de cada variedad a lo largo del cultivo y los parámetros de calidad medidos, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- Las variedades con el gen de resistencias a oídio (*Gladio C-50* y *Falcata C-82*) no tienen menor rendimiento por metro cuadrado que la variedad susceptible al hongo (*Top Arnon*).
- La variedad *Gladio C-50* es muy similar a *Falcata C-82* en muchos de los parámetros estudiados, pero tiene mayor porcentaje de kilos de destrío y tiene un defecto observado y es que en las primeras recolecciones algunos frutos cuentan con una deformación en la parte baja donde se encuentran los cascós (nódulos) introducidos hacía dentro.
- La variedad *1416* ha sido la menos recomendable ya que el peso medio del fruto es inferior a las demás y además el rendimiento por metro cuadrado ha sido notablemente inferior.
- La variedad testigo *Top Arnon* sin resistencia ha tenido un rendimiento muy bueno, pero como hemos comprobado, la calidad del fruto es inferior en bastantes parámetros de calidad a las de *Gladio C-50* y *Falcata C-82* y además presentó problemas de cracking en los frutos, mientras que las variedades resistentes no tienen este problema, además de que presenta debilidad al oídio, aunque en esta campaña la incidencia ha sido baja y no se puede considerar que la productividad se haya visto resentida.
- Podemos considerar la variedad *Falcata C-82* como la mejor de todas las estudiadas. Presenta mayor dureza y espesor del fruto (lo que le puede conferir mejores propiedades de postcosecha). El porcentaje de destrío es menor que el del resto, tiene muy buena resistencia a oídio, no tiene daños por fisiopatías como cracking y deformaciones y el rendimiento por metro cuadrado no es significativamente inferior a las demás. En definitiva, la variedad *Falcata C-82* puede considerarse como una buena alternativa a la variedad con mayor difusión comercial (*Top Arnon*), cuando tengamos riesgo de incidencia de oídio en nuestros cultivos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

## 7. Bibliografía

- Alvarez, V. (2012). *Evaluación de Rendimiento en Tres Variedades de Pimiento Morrón (Capsicum annum L.) Bajo Condiciones de Invernadero*. México.
- Amorim, L. (1995). *Colonização e reprodução*. Manual de fitopatología: princípios e conceitos, 1, 3.
- Bar-Tal, A., Keinan, M., Aloni, B., Karni, L., Oserovitz, Y., Gantz, S., . . . Posalski, a. I. (2000). Relationships between blossom-end rot and water availability and Ca fertilization in bell pepper fruit production. *World Congress on Soilless Culture: Agriculture in the Coming Millennium 554*, 97-104.
- Bebber, D. P., Ramotowski, M. A., & Gurr, S. J. (2013). Crop pests and pathogens move polewards in a warming world . *Nature climate change*, 985-988.
- Bergamin Filho, A., Kimati, H., & L, A. (1995). *Manual de fitopatologia: princípios e conceitos*. São Paulo: Ceres, v.1.
- Camacho Ferre, F. (2003). *Técnicas de producción en cultivos protegidos*. Almería: Caja Rural Intermediterránea.
- Chander, M. (1994). *Biochemical properties associated with resistance to powdery mildew in chillies*. Plant Disease Research, v.9, n.1, p.103-104.
- Cheng, J., Shen, H., Yang, X., Yu, S., Yuan, L., Sun, Z., & Sun, X. (2008). Changes in biochemical characteristics related to firmness during fruit development of pepper (*Capsicum annum L.*). *Europ. J. Hort. Sci.*, 155-161.
- Ciscar, J. C., Iglesias, A., Fayen, L., Goodess, C. M., Szabó, L., Christensen, O. B., & Dankers, R. (2009). Climate change impacts in Europe. *Final report of the PESETA research project*.
- De Souza, V. L., & Café-Filho, A. C. (2003). *Resistance to Leveillula taurica in the genus Capsicum*. Plant Pathology, 52(5), 613-619.
- Elad, Y., Messika, Y., Brand, M., David, D., & Szejnberg, A. (2007). Effect of Microclimate on Leveillula taurica Powdery Mildew of Sweet Pepper. *Ecology and Epidemiology*, 813-824.
- FAO. (2019). FAO STAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fernandez, I. (2020). El pimiento bate records y supera las 12.000 hectáreas en Almería. *Revista Merados*, <https://revistamercados.com/el-pimiento-bate-records-y-supera-las-12-000-hectareas-en-almeria/>.

- Ferreira, S. (2004). *Herança da reação de Capsicum spp. ao oídio (Leveillula taurica (LÉV.) ARN.)*. Piracicaba: USP-ESALQ.
- Hortoinfo. (23 de Septiembre de 2019). En Almería habrá en la nueva campaña más superficie de pimiento y menos de tomate. *Hortoinfo*, págs.  
<http://www.hortoinfo.es/index.php/8533-superficie-cultivo-almeria-230919>.
- Hortoinfo. (9 de Marzo de 2020). España bate en 2019 el récord histórico al exportar pimiento, en volumen y en valor. *Hortoinfo*, págs.  
<http://www.hortoinfo.es/index.php/9055-exportacion-pimiento-090320>.
- Huerto, E. (s.f.). *Grupo Cooperativo Cajamar El Huerto*. Obtenido de Oídio en Pimiento: <https://www.cajamar.es/storage/documents/boletin-huerto-176-1479457156-e42c3.pdf>
- Martin, D. (2018). *Evaluación de Resistencia a Oídio y a Nematodos del Género Meloidogyne en Variedades de Pimiento Dulce (Capsicum Annuum)*. Almería: Universidad de Almería.
- Mitidieri, M., Strassera, M., Amoia, P., & Martínez Quintana, O. (2010). Evaluación de fungicidas para el control de oidiopsis (*Leveillula taurica* (Lév.) Arn) en el cultivo de pimiento bajo cubierta. *Horticultura Argentina*.
- Moya, E., & Apablaza, G. (2003). El oídio: una amenaza creciente en la producción de pimiento en la Zona Central. *Agronomía y Forestal UC*.
- Nuez, F., Ortega, G., & Costa, R. (1996). El cultivo de pimientos chiles y ajíes. *Mundi Prensa*.
- Obregon, V. G. (2016). *Guía para la identificación de las enfermedades de pimiento en invernadero*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Pashold, P., & Zengerle, a. K. (2000). Sweet pepper production in a closed system in mound culture with special consideration to irrigation scheduling. *International Symposium on Water Quality & Quantity-Greenhouse* , 329-333.
- Poveda, P. J. (2019). *Estudio comparativo de variedades de pimiento tipo california amarillo cultivas en invernadero en la provincia de Almería*. Almería: Universidad de Almería.
- Reséndiz-Melgar, R. e. (2010). Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. *Chapingo. Serie Horticultura*, vol 16, num 3, pp.223-229.
- Rodriguel, M., & Fernández, J. (2009). *Problemática del oídio en el cultivo del pimiento en invernadero*. *Vida rural*: 283.

- S.L, S. (2020). *Surseeds S.L.* Obtenido de Surseeds S.L:  
<http://surseeds.com/index.html#home>
- Sánchez, R. (2014). *Comparación del Efecto de Distintos Patrones en Pimiento Tipo California CV. Bily y su Influencia sobre la Calidad de los Frutos.* Escuela Politécnica Superior y Facultad de Ciencias Departamento de Producción Vegetal.
- Sabaratnam, S. (2018). Powdery mildew of greenhouse peppers. *British Columbia Ministry of Agriculture.*
- Santiago, J. d. (2008). *Monografía Manejo del Cultivo de Chile Pimiento Morrón (Capsicum annum).* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Seeds, T. (2020). *Top Seeds to pick the best.* Obtenido de Top Seeds:  
<https://iberica.topseedsinternational.com/producto/arnon/>
- Shifriss, C., Pilowsky, M., & Zacks, J. M. (1992). *Resistance to Leveillula Taurica mildew (= Oidiopsis taurica) in Capsicum annum.* *Phytoparasitica*, 20(4), 279.
- Zhu, Z., He, C., Lu, R., Mendoza, F., & Cen, H. (2015). Ripeness evaluation of ‘Sun Bright’ tomato using optical absorption and scattering properties. *Postharvest Biology and Technology*, Volume 103, 27-34.