



UNIVERSIDAD DE ALMERIA  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

**Efecto de la forma de corte del pimiento en la  
infección del fruto por *Pectobacterium  
carotovorum* subsp. *carotovorum*.**

**Modalidad:**  
Trabajo Monográfico

**Mención:** Hortofruticultura y jardinería

**Curso** 2016/2017

**Alumno/a:**  
Manuel Galindo Galdeano

**Director/es:**  
Juan Luis Valenzuela Majón - Cabeza  
María Antonia Elorrieta Jove





## Agradecimientos

Llegado a estas alturas de mi vida y realizando este trabajo quiero decir que hubiera sido imposible la realización del mismo sin la colaboración de:

Mi mujer, que ve como su marido desaparecía a la Universidad, carga ella con toda la casa, los niños y su trabajo, y aun así me daba ánimos para ir hacia adelante.

Mi madre, que cogió vacaciones en unos días clave para la presentación del proyecto y me ayudo con los “peques de mi casa”.

A mis Tutores que con muy sobrada paciencia y experiencia han actualizado y aumentado mis ganas de investigar.



## Indice

1. Interés y objetivos.....	6
1.1. Interés.....	6
1.2. Objetivos.....	7
2. Fases de la realización del TFG y su cronograma asociado.....	8
3. Revisión bibliográfica.....	9
3.2. Importancia del cultivo del pimiento.....	9
3.3. Botánica y origen del pimiento.....	11
3.4. Fisiología de la planta de pimiento.....	11
3.4.1. Copa y sistema radicular.....	11
3.4.2. Las hojas.....	12
3.4.3. La flor.....	12
3.4.4. El fruto.....	12
3.4.5. La semilla.....	15
3.5. Pudrición Blanda Bacteriana.....	16
3.5.1. Identificación.....	16
3.5.2. Epidemiología.....	16
3.5.3. Síntomas producidos por Pudrición blanda bacteriana.....	18
3.5.4. Condiciones para el desarrollo de la enfermedad.....	18
3.5.5. Control.....	19
4. Material y métodos.....	21
4.3. Invernaderos muestreados.....	21
4.2. Metodología de recolección de muestras.....	23
4.3. Tratamiento de los frutos.....	24
4.3.1. Preparación de la suspensión de <i>Pcc</i> .....	25
4.3.2. Contaminación del punto de corte del pimiento.....	26
4.3.3. Valoración del punto de resistencia a la cogida del fruto con la mano.....	28
4.4. Análisis estadístico.....	28
5. Resultados y discusión.....	29
5.1. Efecto de los diferentes factores evaluados sobre la pudrición del pedúnculo del pimiento.....	29
5.1.1. Pudrición del pimiento según tipo de corte.....	29



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

5.1.2. Pudrición del pimiento según la variedad cultivada.....	31
5.1.3. Pudrición del pimiento según el color del fruto de la variedad cultivada.....	32
5.1.4. Pudrición del pimiento según el invernadero de producción recolectado.....	33
5.1.5. Pudrición del pimiento según la zona de producción de los pimientos .....	35
5.1.6. Pudrición del pimiento según la fecha de recolección .....	36
5.1.7. Pudrición del pimiento según estructura. ....	38
5.1.8. Pudrición del pimiento según tipo de ventilación. ....	39
5.2. Calidad del cosechado a mano según diferentes factores .....	40
5.2.1. Calidad del cosechado a mano según variedad .....	40
5.2.2. Calidad del cosechado a mano según color de pimiento.....	41
5.2.3. Calidad del cosechado a mano según fecha de recolección. ....	42
5.2.3. Calidad del corte cosechado a mano según invernadero muestreado. ....	43
5.2.4. Calidad del corte cosechado a mano según zona. ....	44
6. Conclusión.....	45
6.1 Consideraciones previas. ....	45
6.2 Conclusiones.....	46
7. Bibliografía.....	47

## Índice de gráficas

- Gráfica 5-1 :Grado medio de pudrición frente a tipo de corte realizado en la recolección..... 29
- Gráfica 5-2 Valor medio del grado de pudrición del pedúnculo según la variedad de pimiento (0 sin pudrición a 4 con 100% pudrición)..... 31
- Gráfica 5-3: Valor medio del grado de pudrición del pedúnculo según el color del pimiento (0 sin pudrición a 4 con 100% pudrición)..... 32
- Gráfica 5-4: Valor medio del grado de pudrición del pedúnculo según el invernadero de producción de pimiento (0 sin pudrición a 4 con 100% pudrición)..... 34
- Gráfica 5-5: Valor medio del grado de pudrición del pedúnculo según la zona de producción de pimiento. Azul: la mayoría recolectados en febrero-marzo, Rojo: la mayoría recolectados en abril – mayo. .... 35
- Gráfica 5-6: Evolución del grado medio de pudrición de los pimientos recolectados por corte medio según mes de recolección..... 36
- Gráfica 5-7: Grado medio de pudrición frente mes recolectado y tipo de corte. .... 37
- Gráfica 5-8: Grado medio de pudrición frente tipo de estructura..... 38
- Gráfica 5-9: Grado medio de pudrición frente ventilación. Azul: invernaderos muestreados en febrero – marzo, y rojo los realizados en abril-mayo. .... 39
- Gráfica 5-10: Calidad de corte frente a variedad de pimiento. Valor 0: peor calidad, valor 1 calidad óptima de corte con la mano. .... 40
- Gráfica 5-11: calidad corte según variedad, valor 0 peor calidad de corte y valor 1 calidad óptima. .... 41
- Gráfica 5-12: Influencia del mes de recolección en la calidad del corte a mano. ... 42
- Gráfica 5-13: Influencia calidad de corte frente invernadero muestreado. Los invernaderos de color azul son muestreados en febrero – marzo, los rojos en abril – mayo. .... 43
- Gráfica 5-14: Influencia de la zona de cultivo en la calidad del corte. Azul recolección febrero-marzo, rojo abril – mayo..... 44



## Índice de tablas

• Tabla 2-1: Cronograma de trabajo .....	8
• Tabla 3-1: Área cultivada (ha) a nivel mundial de las principales hortalizas (datos correspondientes al año 2014, (FAO 2017)).....	9
• Tabla 3-2: Producción (t) a escala mundial de pimientos, chiles y picantes en fresco (datos correspondientes al año 2014, FAO, 2017). .....	10
• Tabla 3-3 Clasificación botánica de la especie .....	11
• Tabla 4-1: Invernaderos muestreados de Vicasol SCA.....	22
• Tabla 4-2: Criterio de recolección.....	23

## Índice de ilustraciones

• <i>Ilustración 4-1: Zonas de distribución de los invernaderos muestreados.</i>	22
• <i>Ilustración 4-2 Metodología de corte de pimiento.....</i>	23
• <i>Ilustración 4-3 Procesado de los pimientos en laboratorio.....</i>	24
• <i>Ilustración 4-4: Preparación de la suspensión de pcc en cabina de flujo laminar telstar av 100. ....</i>	25
• <i>Ilustración 4-5: Inoculación de la bacteria. ....</i>	26
• <i>Ilustración 4-6: Valoración visual del grado de pudrición. ....</i>	27
• <i>Ilustración 4-7: Arriba: pimiento california valor 0, Abajo: valor 1 .....</i>	28

## 1. Interés y objetivos.

### 1.1. Interés.

La agricultura de Almería es el principal motor económico de la provincia con un total de producción de 3.339.482 t durante la campaña 2015– 2016 y con 3.027.474 t en la media de las campañas 2010-2015 (Cabrera et al. 2016).

El pimiento es el segundo producto en peso y rentabilidad económica, 588.068 t (406.848 €) como media de las campañas 2010-2015 y aumentando a 676.096 t (562.762 €) en la campaña 2015-2016, lo que supone un aumento considerable y el mayor en valores porcentuales con respecto a las demás hortalizas (22,9 %).

En estas últimas campañas el cultivo de pimiento ha aumentado no solo en producción sino también en diversidad, apareciendo nuevos productos en el mercado como son los pimientos “snack”, italiano rojo cónico, italiano tipo “Palermo”, pimiento picante. Son especialidades, pimientos de alta calidad, sabor, larga vida poscosecha y alto contenido en grados Brix (6 – 8°), con una amplia diversidad de colores, rojos, amarillos y naranja fundamentalmente (Salas-García et al., 2014)

Sin embargo, a pesar de la importancia de este cultivo y de los avances que se están desarrollando en su producción en muchos aspectos, hay diferentes problemas que no sólo no desaparecen sino que además se van haciendo cada vez más importantes. Uno de los principales problemas que afectan a este cultivo, en campo, pero especialmente en poscosecha, es la pudrición del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (*Pcc*). El problema es especialmente grave durante la recolección de pimientos al inicio de campaña, principio de otoño, en la zona del Poniente Almeriense. Se trata de un problema que se repite año tras año y que está relacionado con las condiciones de alta humedad y temperatura que se dan en esos meses de septiembre, octubre y noviembre. Es un problema difícil de atajar ya que la pudrición generada por la bacteria *Pcc* se muestra principalmente en destino, cuando llega al cliente final, sin que se haya detectado inicialmente en los controles de calidad que se realizan sistemáticamente en origen, desde donde los pimientos se envían sin síntomas evidentes de pudrición en ningún caso. Además, dicha pudrición suele iniciarse principalmente por el pedúnculo o “rabo” del pimiento, por la herida de corte que se produce durante su recolección, avanzando desde ahí hasta la carne del fruto. Es uno de los problemas que más preocupa por las importantes pérdidas que produce y además, de los que más temprano se presentan en la campaña. Son los primeros envíos de pimiento a nuestros clientes y este tipo de problemas puede condicionar nuestras relaciones con el cliente, Es por ello que todos queremos un buen inicio de campaña, sin problemas y ofreciendo un producto de alta calidad.

Un porcentaje significativo de los fenómenos de pudrición del pimiento por esta bacteria se presentan inicialmente en el pedúnculo del pimiento. Hasta el punto que algunos clientes, como es el caso de Univeg, envían a principios de campaña consejos de



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

recolección enfocados a la realización de un corte del fruto de calidad, sin pedúnculo, basal para pimiento california envasado en flowpack, así como en sus recomendaciones mantienen el pedúnculo en un corte medio, normalmente a tijera, para los pimientos que se envasan a granel. En todos los casos se apela a un corte de calidad, sin desgarros, y desinfección de las tijeras de corte en pequeños intervalos de tiempo (UNIVEG información personal), si bien no existen datos experimentales publicados que demuestren la bondad de los distintos tipos de corte para el control de este problema bacteriano. Existen muchas recomendaciones respecto al corte del fruto del pimiento para su comercialización, pero desde nuestro conocimiento, no existe un estudio a fondo que demuestre si la forma de recolección puede afectar o no a la sensibilidad del pimiento a sufrir este tipo de pudriciones poscosecha, y cuál es la más recomendable para minimizar su efecto.

Es por todo lo dicho por lo que he querido centrar este Trabajo fin de Grado en valorar la importancia de la forma de recolección del fruto del pimiento en la problemática de la pudrición del mismo por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (*Pcc*). Dada la relevancia del tema, hemos considerado de gran importancia realizar este estudio con la idea de definir cuál es la mejor forma de corte del fruto para minimizar la posibilidad de infección del mismo a través del corte que se produce en el pedúnculo, y valorar la importancia que tiene esta forma de corte en la infección, junto con otros factores como la influencia de la variedad de pimiento y el invernadero de producción en la incidencia de la pudrición.

### 1.2. Objetivos

Así, los objetivos del presente proyecto han sido:

- Determinar la mejor forma de recolectar el fruto del pimiento para minimizar las posibles infecciones por *Pcc*
- Determinar la influencia de la variedad de pimiento en la sensibilidad a la infección
- Determinar la influencia del color del pimiento en la sensibilidad a la infección
- Determinar la influencia del invernadero en la sensibilidad a la infección
- Valorar la facilidad de recolección del pimiento por desprendimiento desde su punto de abscisión en relación con la variedad





## 2. Fases de la realización del TFG y su cronograma asociado.

Las fases seguidas en la realización del TFG han sido

- Revisión bibliográfica del tema
- Elaboración del diseño experimental del estudio
- Estudio de la disponibilidad y Selección de invernaderos a muestrear
- Visita a los invernaderos y muestreo
- Realización de los ensayos del laboratorio
- Análisis de resultados
- Elaboración de la memoria

Tabla 2-1: Cronograma de trabajo

	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Revisión bibliográfica	X	X										X	X	X	X	X
Diseño Experimental			X													
Selección				X	X											
Muestreos						X	X	X	X							
Laboratorio						X	X	X	X							
Análisis								X	X	X	X					
Memoria												X	X	X	X	X

### 3. Revisión bibliográfica

#### 3.2. Importancia del cultivo del pimiento.

El pimiento es una hortaliza cultivada en casi todos los lugares del mundo (Tabla 3.1) (Namesny 1996). La superficie dedicada al cultivo de los distintos tipos varietales difiere en cada país, en función de los usos y costumbres, volumen y destino de las exportaciones, etc. En los países africanos y asiáticos dominan las variedades de pimiento picante, en Europa Occidental las de tipo dulce, en Europa Oriental las variedades que se utilizan para pimentón y en América predominan tanto las variedades dulces como las picantes (Nuez Viñals, García et al. 1996). Es, junto con el tomate, el cultivo que más superficie ocupa dentro de las especies que se realizan en cultivo protegido (López-Marín, Galvez et al. 2016).

Tabla 3-1: Área cultivada (ha) a nivel mundial de las principales hortalizas (datos correspondientes al año 2014, (FAO 2017)

Cultivo	Superficie (Ha)
Cebollas, secas	5298873
Tomates, frescos	5023810
Sandías	3477439
Coles y otras crucíferas	2470275
Guisantes, verdes	2356340
Pepinos, pepinillos	2178613
Calabazas, zapayo, calabaza confitera	2004058
<b>Chiles, pimientos picantes, pimientos</b>	<b>1937370</b>
Berenjenas	1870728
Gombo	1830423
Ajo	1547381
Judías, verdes	1527613
Espárragos	1451123
Coliflor y brécol	1382463
Zanahorias y nabos	1368358
Melones, otros (incl. cantaloupe)	1178808
Lechuga y achicoria	1158979
Maíz verde	1106872
Espinacas	949820
Hortalizas leguminosas nep	268766
Cebollas, chalotes, verdes	219367
Judías verdes con hilo	199543
Puerros y otras aliáceas	133433
Alcachofas	129308
Hongos y trufas	28111
Yuca, hojas	7397



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

La producción total de pimiento a nivel mundial es de 32.324.345 t donde podemos observar en la tabla 3.2 que China es líder en producción mundial con casi el 50 % de la producción. España ocupa el 5º lugar a nivel, y en especial, Almería es líder en exportación en otoño-invierno en Europa. Estos mercados prefieren regiones más cercanas para abastecerse, debido al carácter perecedero del pimiento y su relativo escaso valor. Ya en primavera – verano en Murcia comparte protagonismo con Holanda (Namesny 1996).

Otros países del arco Mediterráneo como Egipto, Israel y sobre todo Turquía son serios competidores de España y producen prácticamente en la misma fecha, si bien este último tiene su producción enfocada al mercado Ruso (Sánchez, Aguilera et al. 2016).

A nivel mundial tenemos importantes rutas comerciales como la zona oeste de México que abastece a Estados Unidos, una tercera vía comercial es la del pimiento procedente de China hacia los mercados Ruso, Singapur y Hong-Kong (Namesny 1996)

Almería también ha aumentado sus exportaciones de pimiento California a Estados Unidos a través de programas de envío específicos, muy exigentes

Tabla 3-2: Producción (t) a escala mundial de pimientos, chiles y picantes en fresco (datos correspondientes al año 2014, FAO, 2017).

País	Producción (t)
China, Continental	16120406
México	2732635
Turquía	2127944
Indonesia	1875095
<b>España</b>	<b>1130340</b>
Estados Unidos de América	914490
Nigeria	739599
Egipto	601289
Argelia	532681
Túnez	375000
Países Bajos	340000
Italia	285203
República de Corea	270983
Níger	233156
Israel	232522
Rumania	228576
Etiopía	207558
Ucrania	187860
la ex República Yugoslava de Macedonia	175867
Kazajstán	174174
Marruecos	165248
Grecia	147140

### 3.3. Botánica y origen del pimiento.

Todas las formas de pimiento pertenecen al género *Capsicum*. Este género se incluye en la tribu *Solanaceae*, la más numerosa dentro de la subfamilia *Solanoideae*. Esta tribu contiene 18 géneros y además del género *Capsicum*, hay otros géneros que incluyen especies cultivadas muy importantes como *Solanum*, *Lycopersicum*, *Cyphomandra*, *Physalis*, etc. Dentro del género *Capsicum* se incluyen 23 especies reconocidas, 12 de las cuales son utilizadas por el hombre y sólo 5 son cultivadas: *C. annum* y *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens* y *C. chinense* (Nuez Viñals, García et al. 1996).

El origen del pimiento está en Centroamérica, en el área Andina Central con los países de Bolivia, Perú y Ecuador desde donde se extendió más al Norte, concretamente a México, siempre en climas con las condiciones favorables para su crecimiento (Reche Marmol 2010). Por descubrimientos de restos de semillas, se tiene conocimiento de que esta planta ya existió entre los años 8500-8000 a.C., aunque la representación más antigua que hasta hoy conocemos, de frutos de pimiento, grabados sobre piedra, datan de 800 a 1000 años a.C. Este hallazgo se realizó en la parte nordeste de los Andes Peruanos (Camacho Ferre 2003). Según (Nuez Viñals, García et al. 1996), fue en México hacia los años 7000-5000 a.C. cuando se inició la domesticación de plantas de pimiento seleccionándolas por su color, forma y por su sabor, separando los pimientos dulces de los picantes.

La mayoría de las variedades cultivadas de pimiento pertenecen a la especie *C. annum* (Tabla 3.3), (Reche Marmol 2010).

Tabla 3-3 Clasificación botánica de la especie

REINO: <i>Eucariota</i>	DIVISIÓN: <i>Spermatophyta</i>
LÍNEA: <i>Angiospermae</i>	CLASE: <i>Dicotyledones</i>
RAMA: <i>Malvales-Tubiflorae</i>	ORDEN: <i>Solanales (Personatae)</i>
FAMILIA: <i>Solanaceae</i>	SUBFAMILIA: <i>Solanoideae</i>
GÉNERO: <i>Capsicum</i>	

### 3.4. Fisiología de la planta de pimiento.

#### 3.4.1. Copa y sistema radicular.

El pimiento es una planta de crecimiento limitado con aspecto lampiño (Nuez Viñals, García et al. 1996). En cultivos al aire libre puede llegar a una altura de un metro y en invernadero fácilmente a 2 metros, todo en función de la variedad, época y condiciones climáticas. Presenta tallos ramosos que parten de un tallo principal, que al llegar a una altura de 10 a 40 cm, tras aparecer entre 10 y 12 hojas verdaderas y a los 25-30 días del trasplante se dividen en el punto que se llama “la cruz” en dos o tres ramas, las cuales a su vez se bifurcan en forma dicotómica (según variedad) (Camacho Ferre 2003).



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

El sistema radicular está formado, en un principio, a los 20 días de la germinación (Reche Marmol 2010). En condiciones normales es pivotante, axonomorfa y bastante profundo (0,50 a 1,25 m). Tiene numerosas raíces fasciculadas que van en sentido horizontal llegando a tener una longitud de 0,50 a 1 m (Camacho Ferre 2003).

### 3.4.2. Las hojas.

Son enteras, lanceoladas y lampiñas, terminadas en ápice muy agudo, brillantes y de color verde más o menos intenso dependiendo de la variedad, van insertas en el tallo de forma alterna (Camacho Ferre 2003). De una planta a otra vamos a encontrar enormes variaciones en las dimensiones y la cantidad de hojas (Nuez Viñals, García et al. 1996). Por lo general, el limbo de una hoja adulta mide unos 20 cm. de largo, 11 cm. de ancho con un pecíolo que alcanza 8-10 cm. de longitud (Reche Marmol 2010).

### 3.4.3. La flor.

En el pimiento las flores son hermafroditas, autógamias, con un porcentaje no muy elevado de alogamia, (no llega al 10%) (Camacho Ferre 2003), aunque dicho porcentaje depende mucho de la variedad y de las condiciones ambientales. En las formas domesticadas de *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens* las flores aparecen solitarias en cada nudo. No obstante, existen excepciones. Así, en *C. annuum* hay poblaciones en que las flores son producidas en pares o en racimos más numerosos, más que individualmente (Nuez, et al. 1996).

Las dimensiones de las flores y sus partes presentan grandes diferencias inter e intraespecíficas (Nuez, et al. 1996); por ejemplo, la flor de un pimiento Dulce Italiano es más pequeña que la de un pimiento California (Camacho Ferre 2003). Por lo general, tienen de 2-3 cm de diámetro (cuando están completamente abiertas); están unidas a la planta por un pedúnculo con una longitud de 1-1,5 cm y 2 mm de grosor. Se puede decir que son actinomorfas con corola de seis o más pétalos en variedades cultivadas, normalmente 6-7, de color blanco (Reche Marmol 2010).

Para que se produzca la floración, es necesario que la planta tenga un grado de madurez, que no se consigue hasta que tiene alrededor de 10 a 15 hojas verdaderas, pudiendo transcurrir entre 25 a 30 días desde la plantación hasta inicio de la floración (Camacho Ferre 2003). El número de flores depende principalmente de la climatología y del desarrollo de la planta (variedad) (Reche Marmol 2010) pudiendo llegar a producir centenares de flores con una probabilidad de cuaje del 100 % cuando son las primeras, bajando este porcentaje hasta el 80 % para las flores posteriores del mismo tallo y limitándose a un 20-30 % e incluso a veces a un 10 % para las flores de las ramas laterales (Baudoin, Nisen et al. 2002).

### 3.4.4. El fruto.

El fruto del pimiento es una baya hueca, con forma de cápsula (Nuez Viñals, García et al. 1996) constituida por un *pericarpo* grueso y jugoso y un *tejido placentario* al que se unen las semillas. Dependiendo de la posición del pedúnculo, erecto o abatido (lo



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

normal, debido al peso del fruto), va a desarrollarse total o parcialmente erguido o péndulo. Los frutos inclinados están más abrigados (por hojas) y protegidos del sol, además de que su recolección es mucho más fácil (Baudoin et al. 2002). Una particularidad de los frutos del pimiento es que el pedúnculo se prolonga en el interior del fruto a través de la placenta que sigue la forma del propio fruto, ello obliga durante la recolección a utilizar tijeras o cuchillo para cortar los frutos y evitar desgarros. El pedúnculo mide entre 4-5 cm de largo y cerca de 1-1,5 cm de grosor (Reche Marmol 2010). El tejido placentario secreta una sustancia denominada capsicina, responsable del sabor picante en algunas variedades (Nuez Viñals, García et al. 1996). Hace algunos años se plantaban variedades de pimiento rojo y sobre todo amarillo tipo California picantes pero, dado que esto no tuvieron éxito comercial actualmente no se cultivan (Camacho Ferre 2003).

En los cultivos protegidos de las regiones mediterráneas tienen especial interés el cultivo de pimiento para su consumo en fresco entre los que podemos destacar los siguientes tipos:

- **Pimiento tipo California:** son frutos cortos, cuadrados, con tres o cuatro cascotes bien marcados, con el cáliz y la base del pedúnculo por debajo o a nivel de los hombros, de carne más o menos gruesa y dulce, apto para crudo, asar, freír o rellenar. Este grosor de carne es independiente de la consistencia del fruto pues puede haber frutos de pared gruesa que sean menos consistentes que otros con pared menos gruesa, la consistencia es un factor que depende de la densidad de la carne, es decir, que entre las células tengan más o menos aire (Camacho Ferre 2003). Son los cultivares más exigentes en temperatura, por lo que la plantación se realiza temprano (desde mediados de mayo a comienzos de agosto, dependiendo de la climatología de la zona), si bien también se comercializan variedades para trasplantes de otoño y de ciclo corto de primavera, para alargar el ciclo productivo y evitar problemas de cuajado con el descenso excesivo de las temperaturas nocturnas (<http://www.infoagro.com>).

La recolección de los frutos en un punto crítico para la calidad del fruto en poscosecha. Las variedades de pimiento tipo California y Lamuyo presentan pedúnculos gruesos que se cortan habitualmente con tijera o cuchillo. El resto de variedades tienen un pedúnculo más fino que les permite recolectarlos directamente con la mano sin herramientas (Del Castillo, Amaya et al. 2004)

En general, el corte con la mano requiere de cierta habilidad y destreza, sea el tipo de pimiento que sea. Para ello se usan las dos manos, una de ellas sujeta el tallo a la par que la otra sujeta el pedúnculo realizando un giro en sentido contrario a la curva natural del pedúnculo del pimiento. Un mal giro puede llevar a la rotura y astillado inadecuado del pedúnculo.

Las herramientas usadas para el corte del pedúnculo son tijeras de punta fina o cuchillos muy afilados. Las tijeras son de punta fina para acceder bien al pedúnculo. Tanto con las tijeras como con el cuchillo hay que mostrar especial cuidado en no pinchar el fruto. Con el cuchillo el corte se realiza en el punto de abscisión del pedúnculo del fruto



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

con el tallo, introduciendo solo una sección del mismo en dicho punto y haciendo una acción de palanca con un giro hacia la derecha que hace “saltar” el pimiento, como se comentó en el apartado Materiales y Métodos.

Los pimientos california se envasan a granel en cajas, o en tricolor en “flow pack” - bolsas con tres pimientos de diferente color- (Fernández 2016, comunicación personal)

- **Pimiento tipo Lamuyo:** son frutos largos, de sección cuadrada, rectangulares, de carne gruesa. Los cultivares pertenecientes a este tipo suelen ser más vigorosos (de mayor porte y entrenudos más largos) y menos sensibles al frío que los de tipo California, por lo que es frecuente cultivarlos en ciclos más tardíos (aunque también se comercializan algunas variedades para trasplantes tempranos) (Camacho Ferre 2003). El pimiento Lamuyo tiene gran aceptación en el mercado español. Se comercializa principalmente en rojo, y en ocasiones verde. Su uso es muy variado, pero generalmente se come crudo o asado en ensalada, como acompañamiento de otros platos o aderezo de platos principales. La característica principal es su sabor dulzón, baja acidez, carne gruesa y turgente (permite pelarlo si se desea) y su tamaño grande y llamativo.

En este cultivo se valoran extraordinariamente los calibres más grandes (Aguado 2007).

- **Pimiento tipo dulce italiano:** Son frutos alargados, estrechos, acabados en punta/morro, de carne fina, apto para freír, de cultivo más tolerante al frío (se plantan desde junio a octubre, aunque los trasplantes más habituales son en los meses de agosto a septiembre), de ciclo precoz. Se trata de una planta alta, vigorosa, que da elevadas producciones (<http://www.agroterra.com>). El fruto se comercializa siempre en verde y el momento óptimo de recolección y máxima producción coincide con el máximo de tamaño sin iniciarse la maduración. El fruto suele extraerse de la planta manualmente (Del Castillo, Amaya et al. 2004).

- **Pimiento cónico rojo:** Últimamente han llegado al mercado los pimientos de tipo Cónico de carne más gruesa que los tradicionales italianos y mayor vida poscosecha, son cilíndricos, lisos y de extraordinario sabor (8-9 brix). Algunas casas de semillas crean su marca que, en colaboración con las Cooperativas, tratan de que llegue al consumidor final, “Sweet Palermo”, “Martinet”, etc. (Roldan, 2017, comunicación personal)

Igual que los italianos también se recolectan a mano principalmente.

Son plantas de hoja mediana, muy vigorosas y ciclos bastante largos (julio –junio). Son muy productivas y la mantienen durante todo el ciclo, concentrándose los picos de producción en noviembre-diciembre, y más adelante en mayo-junio. Cabe destacar que en estos pimientos es importante el tutorado tipo holandés para mantener el fruto recto y de calidad y ayudar así su cuaje.

- **Pimiento Snack o Sweet Bite:** En los últimos tiempos están surgiendo diferentes “especialidades” de hortalizas “mini”, que poco a poco van introduciéndose en los mercados. Este es el caso de los “Sweet Bite” o “Tribelli”, pimientos de pequeño tamaño



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

y distintos colores (naranja, rojo y amarillo), pensados para comer en crudo, “de un solo bocado”. Entre la principal característica y atractivo de este tipo de productos se encuentra el uso de los mismos a cualquier hora del día como un aperitivo, tratándose en este caso de hortalizas frescas de sabor dulce y agradable, que complementan la dieta diaria de forma sana (COEXPHAL, 2012; Salas-García et al. 2014).

Son pimientos de ciclo largo (julio – junio), porte alto, tallo fino-medio y hojas pequeñas. Están en producción todo el año, aunque tienen dos picos productivos, en otoño (noviembre-diciembre) y otro en primavera (mayo-junio).

La planta se adapta muy bien al enfajado en espaldera que se desarrolla principalmente en Almería.

En Vicasol SCA. Los tribelli comercializan en pequeñas bolsas de 15 a 20 piezas de varios colores, según nuestro departamento de calidad son pimientos de gran sabor (8-9 Brix) y mucha vida poscosecha. (Roldan 2017, comunicación personal).

También cabe destacar los pimientos snack sin semilla “Angello” que llegan alcanzar 10 brix y con excelente vida poscosecha (Roldan 2017, comunicación personal). Todos estos pimientos se recolectan con la mano, también es necesaria cierta habilidad para ello y rapidez ya que podemos encontrar durante la recolección de 3 a 4 pimientos por planta, maduros para su recolección, y que por suerte, con un “tirón” seco hacia arriba, se desprenden muy bien. También se recolectan con tijeras si les resulta más cómodo a los operarios.

- **Pimiento picante:** Engloba a todos los que contienen capsicina en mayor o menor medida, los más comercializados en Almería son cónicos, pequeños (2 cm de grosor y 12 a 15 cm de largo) de color rojo, amarillo, también en verde. Se recolectan a mano sin herramientas con un “tirón seco” hacia arriba. Es una planta de tallos finos y hojas pequeñas, no suele ir en tutorado se guía en fajas a lo largo. Es de crecimiento fuerte y porte alto que se adaptan bien a trasplantes tardíos de 1 a 15 de agosto. El ciclo de cultivo en si es bastante largo (agosto a junio), florece muy temprano (20 días) tiene un pico de producción alto en otoño (octubre-diciembre), luego sigue en producción durante el invierno, pero a menor ritmo, luego en mayo-junio vuelve a producir en cantidad. En resumen, la planta tiene dos cuajes importantes en su ciclo.

### 3.4.5. La semilla.

Generalmente de color amarillento, tiene una forma aplastada hemidisoidal. La superficie es relativamente lisa, sin aspecto pubescente. La germinación es un proceso complejo sobre el que inciden diversos factores, destacando la necesidad de humedad y aireación, así como un rango térmico entre 20 y 30 °C. A temperaturas próximas a 30 °C la germinación es más rápida que con temperaturas más bajas. A 35 °C no se produce germinación (Cavero, Gil Ortega et al. 1995)





### 3.5. Pudrición Blanda Bacteriana.

#### 3.5.1. Identificación.

Cuando se habla de problemas poscosecha producidos por microorganismos estamos englobando la consideración de microorganismos fitopatógenos “*per se*” y microorganismos patógenos oportunistas capaces de realizar una infección cuando el fruto está dañado o debilitado por cualquier circunstancia. En el primer caso estamos considerando en general microorganismos que son capaces de producir también enfermedades en campo con frecuencia y que pueden trasladar su actuación también a los almacenes. En el segundo, son organismos capaces de crear la enfermedad sólo cuando hay daño, en algunos casos en campo, pero sobre todo en almacén, donde aparecen incluso aunque no haya nada en campo.

La pudrición blanda bacteriana de los pimientos y otros numerosos frutos viene tradicionalmente producida por bacterias del género actualmente conocido como *Pectobacterium*, principalmente la especie *Pectobacterium carotovorum* y sobre todo la subespecie *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Esta bacteria se corresponde con la tradicionalmente denominada *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*.

Esta bacteria, pertenece al género responsable de podredumbres blandas de fruto y vegetales incluido dentro de la Familia de las Enterobacteriaceae. Haubenet al. (1998) propusieron dividir la especie *Erwinia* en tres grupos filogenéticos, basándose en los resultados obtenidos cuando estudiaron las características genéticas de 29 Enterobacterias fitopatógenas. Ellos sugirieron que especies de *Erwinia* spp. tales como *E.c.* subsp. *carotovora*, podrían ser transferidas al género *Pectobacterium*. Como resultado de esta propuesta, las especies pectolíticas incluidas en el género *Erwinia*, como es *E. carotovora*, podrían ser transferidas al nuevo género *Pectobacterium* bajo el nombre de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* (Jones) (Hauben, Moore et al. 1998, Choi and Kim 2013)

Dentro de todos estos grupos, podemos destacar como principal patógeno en el caso del pimiento en la zona invernada de Almería *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* (Elorrieta 2016, comunicación personal). El microorganismo es una bacteria gram-negativa, con forma de bastoncillo o bacilar, que mide aproximadamente 0,7 x 1,5  $\mu\text{m}$ , móvil con flagelos peritricos. Es una bacteria anaerobia facultativa, lo que le permite crecer con una baja tensión de oxígeno, y no forma esporas. La mayoría de las cepas no crecen por encima de los 36°C en agar nutritivo ni en caldo nutritivo, y no producen ácido a partir de la maltosa. La bacteria no forma ácidos desde metilglucósido ni sustancias reductoras de la sacarosa. Produce cráteres profundos en medios de cultivo con polipectato (medio de cristal violeta-pectato de Cuppels y Kelman) (Zitter 2004).

#### 3.5.2. Epidemiología.

Aunque esta bacteria no es el único agente bacteriano capaz de producir podredumbres blandas, se puede considerar la más importante sobre todo por su velocidad de actuación, su capacidad de dispersión y adaptación a diferentes condiciones



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

ambientales (crece bien en ambientes con niveles de oxígeno bajos además de en su presencia, (Elorrieta 2013).

Su principal importancia reside, en muchos de los cultivos, en los daños que puede producir en los frutos en poscosecha, si bien su acción se ejerce en todas las etapas del cultivo, y tanto sobre hojas como en tallos y frutos. Su principal síntoma es el desarrollo de una pudrición blanda, acuosa, de los tejidos, los cuales pueden llegar a disgregarse completamente, acompañada de un penetrante mal olor (Elorrieta 2013).

Es una bacteria ubicua, polífaga con una amplia gama de hospedadores (pimiento, patata, lechuga, calabacín, sandía, etc.). La transmisión se produce, al igual que en otros casos de patologías bacterianas, por la salpicadura de las gotas de agua procedentes del techo del invernadero, por el contacto entre plantas o por el manipulado de las mismas. El exudado que se produce durante la pudrición de los tejidos está cargado de bacterias, de forma que aquellos tejidos que se manchan con el mismo son rápidamente contaminados. Para que se de la infección de la bacteria hace falta de la presencia de tejidos dañados, heridas o cortes, que sirvan de vía de entrada, además de unas condiciones ambientales en las que coincidan una humedad relativa ambiental muy elevada y unas temperaturas de moderadas a elevadas (Elorrieta 2013)

Las bacterias invariablemente se encuentran presentes cuando los tejidos carnosos de las plantas estén pudriéndose en el campo o durante su almacenamiento y el aroma desagradable que desprenden los tejidos putrefactos se debe, por lo común, a sustancias volátiles que liberan cuando son degradados por dichas bacterias. Los tejidos putrefactos se ablandan y vuelven aguanosos y es frecuente que de sus hendiduras exuden masas mucilaginosas de bacterias y fragmento de células. Sin embargo, en la mayoría de esas pudriciones blandas, las bacterias participantes no son fitopatógenas, es decir, no atacan a las células vivas y son más bien organismos saprófitos o parásitos secundarios, esto es, se desarrollan en los tejidos ya destruidos por otros patógenos y factores del medio ambiente o en tejidos muy debilitados o senescentes que casi han llegado a la degradación fisiológica y son incapaces de resistir el ataque de cualquier organismo.

Las bacterias de las pudriciones blandas invernan en los tejidos infectados, en el suelo y en los recipientes y equipo agrícola contaminado. Algunas de ellas invernan también en insectos. Son diseminadas mediante contacto directo, manos, herramientas, agua del suelo e insectos. Penetran en las plantas o los tejidos principalmente a través de heridas, pero durante el almacenamiento infectan también a los tejidos no dañados. Dentro de los tejidos se propagan abundantemente en los espacios intercelulares, donde producen varios tipos de enzimas, entre ellas enzimas pectinolíticas que, al disolver la lámina media y separar a las células unas de otras, producen la maceración y ablandamiento de los tejidos a los que afectan. Las células, rodeadas por las bacterias y sus enzimas, pierden agua y se reducen sus contenidos. Finalmente, ciertas porciones de su pared celular se disgregan y son invadidas por las bacterias. El control de las pudriciones blandas bacterianas es difícil y depende de medidas sanitarias adecuadas, de evitar las heridas, mantener secos y frescos los frutos almacenados y rotar cultivos. (Agrios 2005).



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

Las pudriciones blandas bacterianas de las hortalizas se encuentran extendidas por todo el mundo y producen pérdidas considerables de cosechas en el campo, durante su transporte y especialmente en el almacenamiento, dando como resultados pérdidas totales mayores de órganos vegetales que en cualquier otra enfermedad ocasionada por bacterias. Casi todas las hortalizas carnosas están sujetas a estas pudriciones blandas bacterianas. En solo unas pocas horas de almacenamiento o venta en el mercado se pueden producir unos grados de pudrición considerables. A las pérdidas económicas que producen la destrucción de los frutos en sí, hay que sumar su manipulación, transporte y puesta en el mercado (Agrios 2005)

### 3.5.3. Síntomas producidos por Pudrición blanda bacteriana.

Los síntomas iniciales en la planta a menudo aparecen en las hojas, las cuales muestran tejido venoso oscuro seguido de clorosis foliar y necrosis. La medula y el sistema vascular dentro y próximo al tallo, puede mostrar decoloración marrón oscura interna. Conforme progresa la enfermedad, se pueden formar chancros negros o marrón oscuro que se desarrollan y a menudo resultan en la rotura de las ramas. Las plantas afectadas pueden marchitarse y morir. Los frutos pedunculados carnosos son altamente susceptibles y son frecuentemente el punto inicial de la infección. Se puede ver afectado tanto el fruto maduro como el verde. Inicialmente las lesiones en el fruto son claras, y se van tornando oscuras, húmedas, y algunas veces, deprimidas. Las áreas afectadas se extienden rápidamente, más con altas temperaturas, y los tejidos pierden su textura. En estados posteriores, se desarrolla un exudado bacteriano en las áreas afectadas y se produce una gran proliferación de microorganismos secundarios que invaden el tejido podrido (AVRDC, 2004). Al final, el fruto afectado cuelga de la planta como una bolsa llena de agua, que se libera cuando se rompe la epidermis del fruto, y cae contaminando frutos, hojas y tallos que tiene debajo

### 3.5.4. Condiciones para el desarrollo de la enfermedad.

La bacteria puede persistir en campos donde los pimientos se rotan con otros cultivos susceptibles tales como coles y patatas. La bacteria puede estar presente como contaminante en la superficie de las semillas de pimiento. La bacteria puede ser transmitida por agua de riego, agua de drenaje, o por riego por aspersión, pero es necesario que exista una herida para que se dé la infección. La herida normalmente surge del roce del manipulado de las plantas durante el trasplante o por fuertes vientos o por alimentación de insectos. Los taladros del maíz europeos y asiáticos pueden introducir la bacteria en el pedúnculo del fruto del pimiento durante su alimentación.

Un alto grado de fertilización nitrogenada está asociado con el incremento de la susceptibilidad a la pudrición blanda. Tiempo cálido, húmedo favorece también la infección. Una vez que la descomposición bacteriana ocurre en el fruto, el inóculo desde el fruto podrido puede ser fácilmente dispersado a los frutos sanos próximos o por los



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

manejos o manos de los trabajadores cuando cosechan el fruto. Los tallos de las plantas de pimiento infectadas con la bacteria y sujetas a temperaturas de 25 a 30°C y una humedad relativa de 95% después de la infección colapsan en 48 horas. A 21°C y 75% humedad relativa, los chancros del tallo se desarrollan mucho más lentamente, primero causando el marchitamiento de las plantas y entonces tomando varias semanas antes de morir las plantas. (AVRDC 2004).

La pudrición del fruto del pimiento después de la cosecha surge cuando mezclan frutos infectados con frutos sanos, los contenedores de cosechado son contaminados con la bacteria, el fruto es dañado durante el empaquetado, o si el fruto está sujeto a lavado con agua contaminada, las superficies contaminadas o restos de suelo. (AVRDC, 2004)

### 3.5.5. Control.

Una detección temprana de síntomas, la desinfección de las herramientas de corte, evitar hacer heridas en las plantas o sus frutos y el mantenimiento de las prácticas rigurosa de sanidad e higiene reducirán la incidencia y severidad de la enfermedad.

El tratamiento de la semilla para prevenir la transmisión desde las semillas puede hacerse mediante un tratamiento de las mismas semillas con hipoclorito sódico 1% (mezclado con lejía comercial) durante 30 segundos entonces lavado y posterior aclarado con agua clara.

En el invernadero una buena higiene del cultivo es esencial. Eliminar y retirar tutores o palos que puedan contener un film bacteriano procedente de plantas infectadas. Si el cultivo ha crecido en el suelo, éstas deberían ser desinfectadas. Los medios sin suelo donde ha habido plantas infectadas deberían ser retirados del invernadero y enterrados. En ambos casos esto pretende destruir pequeñas piezas de tejido vegetal infectado que pueda quedar presente en las superficies del suelo o los sustratos. Es muy importante eliminar los restos de pimiento tales como las hojas o restos de frutos infectados caídos sobre el suelo. La bacteria puede persistir en este tejido infectado por varios meses.

Debe evitarse el manejo de las plantas enfermas cuando se está trabajando también con las sanas. Si solo hay unas pocas plantas infectadas ellas deberían ser eliminadas cuidadosamente y colocadas en una bolsa de plástico para su retirada de forma controlada.

Las herramientas de corte usados para manejar plantas infectadas deberían ser higienizadas por inmersión en desinfectante después de cada contacto con la planta infectada ya que la bacteria puede estar presente en los tallos, peciolos y pedúnculos del fruto. Después de dejar las áreas afectadas, los trabajadores deberían descartar los guantes y botas desechables de manera apropiada, dejando zapatos o botas para su desinfección así como las herramientas.



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

Control de malas hierbas alrededor de los invernaderos ya que la bacteria tiene un amplio rango de hospedadores y podría persistir en estas plantas.

Al final de la estación de crecimiento, si ha habido muchas plantas de pimiento afectadas, los invernaderos o semilleros deberían ser limpiados cuidadosamente y desinfectados (AVRDC, 2004)

En el campo se debe evitar dañar a las plantas durante las operaciones de trasplante. Así, el manejo de las plantas en el trasplante debe hacerse con cuidado, y durante el cultivo y la recolección es importante minimizar las heridas, y evitar trabajar cuando el follaje está húmedo. Se debe trabajar primero en áreas no afectadas primero y después en áreas afectadas.

Las plantas deben crecer en suelos bien drenados, para evitar el exceso de humedad. Usar aguas de pozos profundos para prevenir si el agua superficial está contaminada... Cuando en el campo hay un gran número de plantas de pimiento afectadas, se recomienda rotar por ejemplo con cereales o leguminosas y realizar un enterrado profundo de los restos de cultivo para reducir los niveles del inóculo entre cultivos. Hay que tener en cuenta también que no hay variedades resistentes o pesticidas que permitan controlar esta enfermedad (AVRDC, 2004)

En pos cosecha entre las recomendaciones más comunes están las de usar agua clorada para reducir las poblaciones de bacterias de la pudrición blanda y reducir el riesgo de infección durante el lavado. Esto no reducirá el desarrollo de pudrición blanda en frutos infectados con la bacteria previa al cosechado. Durante el envasado y almacenado, el fruto debería mantenerse limpio y en un lugar frío y seco (AVRDC, 2004)

## 4. Material y métodos

### 4.3. Invernaderos muestreados.

Se han muestreado frutos de pimiento tipo California procedentes de 13 invernaderos. Entre esos invernaderos se han muestreado 6 invernaderos con pimientos rojos, 4 con pimientos amarillos y 3 de pimientos naranjas. El listado de los invernaderos muestreados, las variedades muestreadas, color del fruto y fecha de recolección se reflejan en la tabla 4.1.

Los invernaderos muestreados en este estudio se localizan en los términos municipales de El Ejido y La Mojonera. Repartidos por todo el Poniente en tres zonas diferenciadas climáticamente: La zona 1 que va desde la autovía A7 hasta la ladera de la Sierra de Gador que es más seca y cálida; la zona 2, una franja entorno a la Balsa del Sapo que se prolonga hacia Roquetas, que es más fría y húmeda; por último, la zona 3 una franja litoral desde Adra hasta la Urbanización de Roquetas de Mar, que es cálida y muy húmeda. (ilustración 4.1.). La ubicación de los invernaderos muestreados en estas zonas también se indica en la tabla 4.1.

La tabla 4.1 muestra también otras características importantes de los invernaderos como es su tamaño, estructura, tipo de ventilación y acolchado. En cuanto a la ventilación queremos marcar la diferencia entre una apertura en la cubierta del invernadero que se tapa normalmente con una malla y quedan fijas prácticamente todo el año y una ventana articulada que tienen mayor movilidad, también protegidas con mallas y que pueden abrirse y cerrarse según la temperatura y humedad del invernadero.

El tipo de estructura de los invernaderos son “raspa y amagado”, término usado en el campo para describir una estructura de multi – capilla simétrico de tubos a 8 m por 2 m y muertos a 8 m por 2 m para realizar el amagado de la estructura, así en su mayoría. En el amagado disponen de un sistema de recogida de agua de lluvia a través de canalones que evitan su caída al cultivo. Los invernaderos planos, más antiguos, están en minoría (solo 2) también de tubo galvanizado o madera a 2 m por 2m, en estos la cubierta esta pinchada por parejo dejando caer el agua de lluvia al cultivo.

El acolchado de todos los invernaderos muestreados es similar en todos los casos. Se trata de un enarenado de granulometría media con limilla mezclada. Los suelos también similares, típicos de la zona con una distribución de arena, limo y arcilla equilibrada.

El marco de plantación usado en los invernaderos también es la misma (2 plantas m<sup>2</sup>) y el tutorado de las plantas es mediante espaldera con lañas de acero y guitas de rafia de plástico.

Tabla 4-1: Invernaderos muestreados de Vicasol SCA.

FINCA	SUPERF.	PIMIENTO	VARIEDAD	ESTRUCTURA*	VENTILACIÓN	ZONA	FECHA
410401 A	6100m <sup>2</sup>	AMARILLO	CABRIOLA	R y A	APERTURAS	1	FEBRERO
410401 B	6600m <sup>2</sup>	NARANJA	TABOR	R y A	APERTURAS	1	FEBRERO
214601 A	7000m <sup>2</sup>	AMARILLO	ARISTEO	R y A	VENTANAS	1	FEBRERO
98601	10500m <sup>2</sup>	ROJO	AZAHAR	PLANO	APERTURAS	3	FEBRERO
27901 A	5500m <sup>2</sup>	ROJO	OLIMPIAKOS	R Y A	VENTANAS	3	MARZO
63101 A	11000m <sup>2</sup>	ROJO	OLIMPIAKOS	R Y A	APERTURAS	3	MARZO
200401 A	7000m <sup>2</sup>	NARANJA	TABOR	R y A	VENTANAS	1	MARZO
80801 A	11000m <sup>2</sup>	AMARILLO	CABRIOLA	R y A	APERTURAS	1	MARZO
18201 A	8000m <sup>2</sup>	ROJO	AZAHAR	PLANO	VENTANAS	2	MARZO
15803 A	15000m <sup>2</sup>	ROJO	OLIMPIAKOS	R Y A	VENTANAS	2	ABRIL
15803 B	16000m <sup>2</sup>	ROJO	AZAHAR	R y A	VENTANAS	2	ABRIL
130901 A	10000m <sup>2</sup>	AMARILLO	ARISTEO	R y A	VENTANAS	3	MAYO
130901B	10000m <sup>2</sup>	NARANJA	TABOR	R y A	VENTANAS	3	MAYO

\*raspa y amagado

Ilustración 4-1: Zonas de distribución de los invernaderos muestreados.



#### 4.2. Metodología de recolección de muestras.

En cada una de las fincas descritas se recolectaron pimientos recorriendo el invernadero en forma de “zig - zag” para mayor representación de los resultados. A continuación se muestra el criterio de recolección seguido (tabla 4.2)

Tabla 4-2: Criterio de recolección

Tipo de recolección	Unidades (piezas)	sistema
Con la mano	30	Sin herramientas
Corte alto	12	Con cuchillo
Corte medio	12	Con tijera, mitad del pedúnculo
Corte basal	12	Con tijera, inicio del cáliz.

Los pimientos se recolectan a mano, con guantes, sin herramientas, usando las dos manos. Una agarra el tallo en el punto de inserción del tallo y la otra el pedúnculo y con mayor o menor habilidad se gira hacia un lado u otro para que “salte” por su punto de abscisión natural. Los pimientos de corte alto se realizan con cuchillo afilado, sin punta para no pinchar los frutos. Se introduce el cuchillo hasta la mitad del pedúnculo a la altura de su punto de abscisión y posteriormente giramos hacia un lado u otro según mano usada (derecha – izquierda) hasta que “salte” el fruto. En el caso de corte medio y basal se usan tijeras de recolección de punta fina y larga (4 – 5 cm según modelo) realizando un corte a mitad de longitud de pedúnculo para el caso de corte medio y a ras del cáliz para el corte basal. (Ilustración 4.2).

Ilustración 4-2 Metodología de corte de pimiento





#### 4.3. Tratamiento de los frutos.

Los frutos fueron trasladados al laboratorio inmediatamente tras su recolección en un tiempo menor de una hora entre cosecha y llegada al laboratorio.

Se dispusieron tres cajas de envasado de pimiento (a modo de tres bloques o réplicas) y 4 frutos por caja de cada tipo de cosechado de pimiento (mano, corte alto, corte medio y corte basal), dispuestos aleatoriamente en cada caja y con el pedúnculo hacia arriba (Ilustración 4-3).

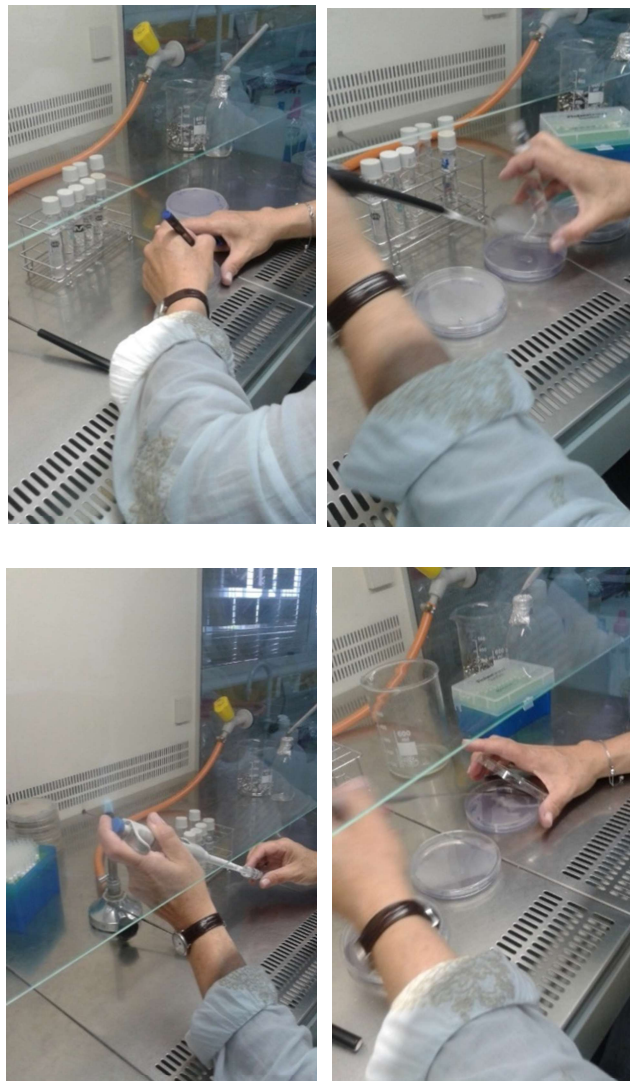
*Ilustración 4-3 Procesado de los pimientos en laboratorio*



#### 4.3.1. Preparación de la suspensión de *Pcc*.

Los pimientos recogidos fueron inoculados con una suspensión de *Pcc* de  $10^6$  UFC/ml. Dicha suspensión fue preparada en solución salina estéril con varias colonias de *Pcc* crecidas durante 48 horas a 25°C en oscuridad en medio King B en placas de Petri. La estima inicial de la suspensión se hizo por recuento en cámara de Neubauer y turbidez y la estima final mediante la siembra de una dilución seriada en superficie en medio King B, cultivo durante 48 h y recuento final de colonias. Se contaron aquellas placas que mostraron un número de UFC comprendido entre 20 y 150 UFC. (Elorrieta, 2016, comunicación personal).

*Ilustración 4-4: Preparación de la suspensión de pcc en cabina de flujo laminar telstar av 100.*



### 4.3.2. Contaminación del punto de corte del pimiento.

La susceptibilidad a la infección del pedúnculo por *Pcc* según el tipo de corte realizado en la recolección se evaluó como sigue:

Cada fruto fue inoculado en el punto de corte con 40  $\mu\text{L}$  de una suspensión de  $10^6$  UFC/ml de *Pcc*. Dicha suspensión se dispuso en forma de gota sobre el punto de corte del pedúnculo y se dejó absorber o secar. Una vez absorbido o secado el inóculo, las cajas se envolvieron con film plástico para asegurar la humedad ambiental en el contenedor y se almacenaron en una cámara de incubación en oscuridad y a una temperatura de 20°C. Las tres cajas que componían cada bloque o réplica se distribuían en la cámara en 3 zonas diferentes de la misma según un sistema de bloques dispuestos al azar, mezcladas con las cajas correspondientes a los otros invernaderos que se muestrearán en la misma fecha, con el objeto de minimizar el efecto ambiental que pudiera ejercer una heterogénea distribución del aire y la temperatura en la cámara.

*Ilustración 4-5: Inoculación de la bacteria.*



Transcurridos 7 días se realizó una valoración visual del grado de pudrición, con ayuda de una lanceta estéril en casos de duda, para determinar el avance de la pudrición a través del pedúnculo. El grado de pudrición se determinó según la siguiente valoración (ilustración 4.6)

- Grado 0: sin pudrición.
- Grado 1: pudrición incipiente al inicio del pedúnculo.
- Grado 2: pudrición en 1/3 del pedúnculo.
- Grado 3: pudrición en 2/3 del pedúnculo.
- Grado 4: pudrición en todo el pimiento hasta el cáliz.

Ilustración 4-6: Valoración visual del grado de pudrición.

	Grado 0
	Grado 1
	Grado 2
	Grado 3
	Grado 4

#### 4.3.3. Valoración del punto de resistencia a la cogida del fruto con la mano.

En el caso de los frutos tomados con la mano se evaluó la calidad del cosechado valorando si el fruto se desprendió de manera limpia por su punto de abscisión o si por el contrario se había producido algún desgarro al cosecharlo. (ilustración 4.7). Un cosechado correcto se puntuaba como 1, un cosechado con desgarro se puntuaba como 0. Esto se valoraba en el conjunto de los 30 frutos recolectados a mano en cada invernadero.

*Ilustración 4-7: Arriba: pimiento california valor 0, Abajo: valor 1*



#### 4.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados obtenidos ha consistido en un Análisis de varianza ANOVA simple realizado con el paquete Statgraphics Centurion. Con dicho paquete se ha establecido el histograma de las medias obtenidas para el efecto de los distintos factores evaluados sobre el parámetro de pudrición del pedúnculo o forma del cosechado del mismo a mano, con sus errores estándar. Igualmente se han establecido los grupos homogéneos que se pueden establecer en cada análisis realizando la prueba de Rangos Múltiples.

## 5. Resultados y discusión.

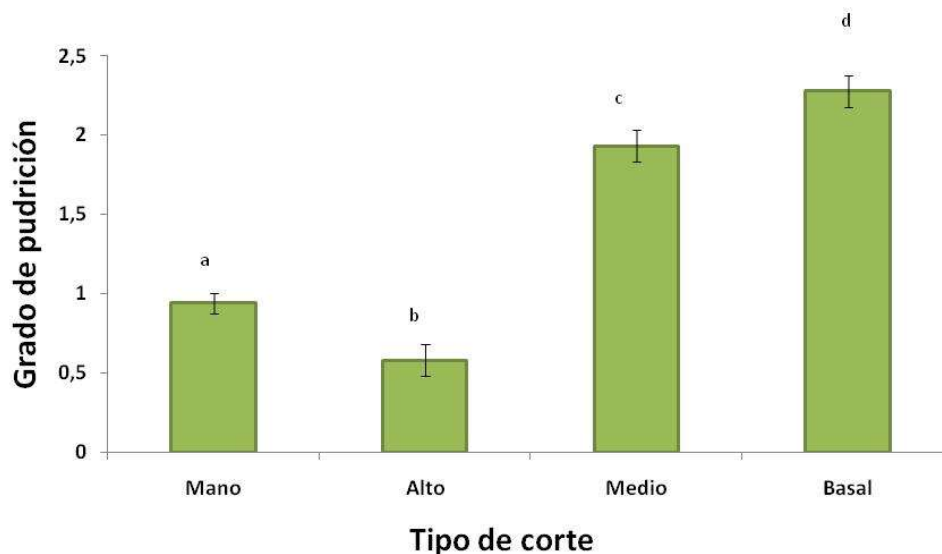
### 5.1. Efecto de los diferentes factores evaluados sobre la pudrición del pedúnculo del pimiento

En los apartados siguientes se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la pudrición del pedúnculo del pimiento según los factores evaluados en el presente proyecto: tipo de corte, variedad, color del fruto, fecha de recolección, invernadero, finca, zona donde se ubica el invernadero, estructura del invernadero y tipo de ventilación

#### 5.1.1. Pudrición del pimiento según tipo de corte.

El presente proyecto ha estado dirigido principalmente a determinar el tipo de corte que podría ofrecernos un mejor resultado a la hora de controlar la infección del fruto del pimiento por *Pcc*. Los resultados de pudrición de pimientos inoculados en el pedúnculo de frutos recolectados según diferente tipo de corte u operación cultural en el conjunto de todos los frutos recolectados, se muestran en la gráfica 5.1.

Gráfica 5-1 : Grado medio de pudrición frente a tipo de corte realizado en la recolección.



En esta gráfica se observa que la recolección con la mano separando el fruto a la altura del punto de abscisión de la planta, o bien con cuchillo a un nivel alto del pedúnculo (próximo a dicho punto de abscisión) conlleva una reducción en el valor medio del grado de pudrición con respecto al corte a tijera basal y medio, en los que los pimientos presentan un grado de pudrición mayor.

Estas diferencias en la pudrición de los pimientos según la forma de corte del pedúnculo fueron estadísticamente significativas para los cuatro tipos de cosechado, con un valor de P para el análisis de varianza ANOVA simple de  $P=0$ , al 95% de confianza.



## Efecto de la forma de corte del pimiento en la infección del fruto por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

Las diferencias entre cada grupo fueron lo suficientemente fuertes como para establecer 4 grupos de homogeneidad según la prueba de Rangos múltiples, mostrando los mejores resultados la recogida de los pimientos con corte alto y los peores el corte basal de los mismos. Estos grupos de homogeneidad se representan por una letra encima de las barras del gráfico 5.1.1.

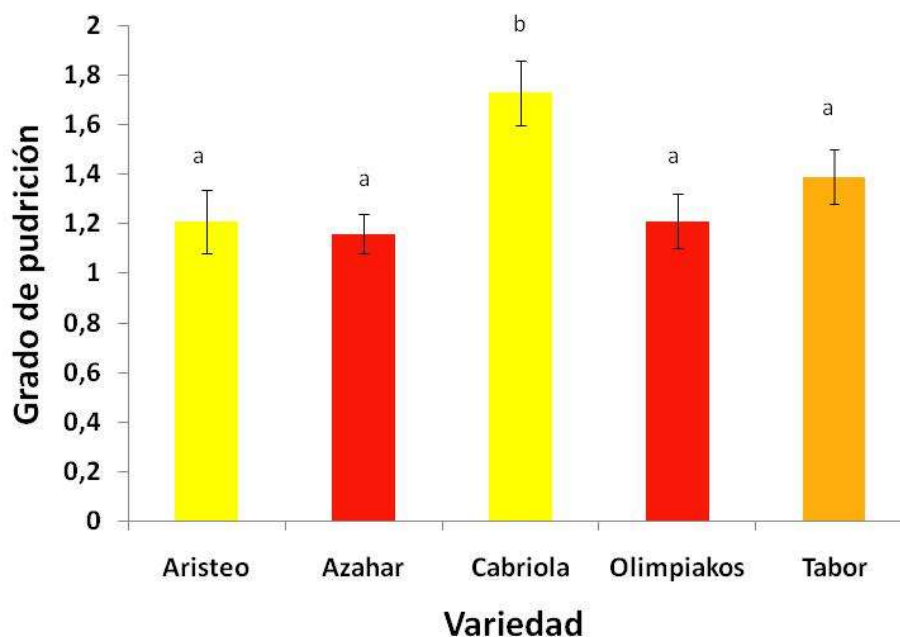
Estos resultados no están en consonancia con las recomendaciones de corte y cosechado transmitidos por algunos clientes como es Univeg, quienes recomiendan el corte medio. Se muestra por tanto el interés que puede tener este estudio a la hora de establecer unos protocolos estandarizados de cosechado, dirigidos a reducir el problema de las infecciones del pedúnculo del pimiento por *Pcc*.

### 5.1.2. Pudrición del pimiento según la variedad cultivada.

Otro factor de posible importancia en la pudrición del pimiento puede ser la variedad cultivada. En el presente proyecto se han estudiado 5 variedades, según la disponibilidad de los cultivos existentes en el campo. El análisis de varianza ANOVA obtenido para el grado de pudrición según la variedad fue estadísticamente significativo, con un valor de  $P=0,0055$ , indicando que existe una relación entre la variedad cultivada y la pudrición del pedúnculo del pimiento.

Los valores medios del grado de pudrición del pedúnculo de los frutos obtenidos para cada una de dichas variedades y su error estándar se muestran en la gráfica 5.1.2. En ella se puede observar la similitud entre las diferentes variedades, salvo para la variedad Cabriola que presenta un mayor grado de pudrición del pedúnculo, estadísticamente significativo que las demás variedades. Tabor también presentó un grado de pudrición algo mayor que el resto pero no hubo diferencias significativas entre las medias de éstas variedades. Así, según el test de Rangos Múltiples se pueden hacer 2 grupos de homogeneidad. Uno incluiría la variedad Cabriola y el otro el resto de las variedades.

Gráfica 5-2 Valor medio del grado de pudrición del pedúnculo según la variedad de pimiento (0 sin pudrición a 4 con 100% pudrición)

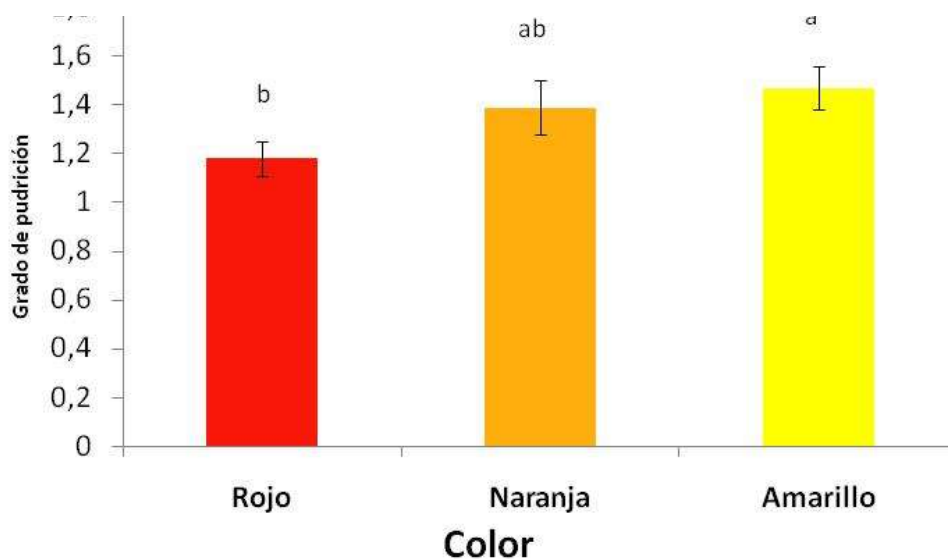




### 5.1.3. Pudrición del pimiento según el color del fruto de la variedad cultivada.

Se podría considerar que más que la variedad, sea el color del fruto el que influye en la susceptibilidad del fruto para sufrir pudrición por *Pcc*. En definitiva, las variedades de un color u otro tienen un componente genético común y también tienen en común un mismo grado de madurez del fruto a la hora de su recolección que puede influir en su grado de defensa para el ataque microbiano. Por ello hemos realizado el análisis estadístico de la posible influencia del color en el grado de pudrición por contaminación con *Pcc*. Los resultados se muestran en la gráfica 5.3.

Gráfica 5-3: Valor medio del grado de pudrición del pedúnculo según el color del pimiento (0 sin pudrición a 4 con 100% pudrición)



En este caso también se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la susceptibilidad a sufrir pudrición por *Pcc* y el color del fruto recolectado, según una prueba ANOVA simple que mostró un valor de P igual a 0,0285, menor que 0,05. Estas diferencias significativas permitieron establecer con la prueba de Rangos Múltiples, dos grupos de homogeneidad, para los pimientos de color rojo, menos sensibles, y los amarillos, más sensibles, con los naranjas en un rango intermedio entre ambos grupos, no diferenciándose significativamente los resultados de pudrición para este color de los de los otros dos, tal y como se puede observar en la gráfica 5.3.

Realmente, los resultados obtenidos para el color serían realmente el resultado de la influencia de los valores observados para la variedad Cabriola, ya que la otra variedad amarilla no mostró diferencias significativas con respecto a las variedades de color rojo. Para verificar si al final es sólo la variedad, o si hay una influencia real del color, habría que ampliar el número de variedades analizadas de los distintos tipos de frutos. Ahora mismo tenemos un 50% de variedades amarillas que tienen mayor sensibilidad a la pudrición que las rojas y otro 50% de variedades amarillas que tienen menor sensibilidad



que las rojas. Obviamente esto es más que las 2 variedades rojas seguidas que son las menos sensibles, pero habría que verificarlo ampliando el rango de variedades analizadas.

#### 5.1.4. Pudrición del pimiento según el invernadero de producción recolectado.

Otro de los factores que más pueden influir en la susceptibilidad del pimiento a sufrir infecciones por *Pcc* es el invernadero donde se han producido dichos frutos. Factores como la estructura del invernadero, el clima exterior e interior del mismo, la fertirrigación, el tipo y estado del suelo, las prácticas culturales que se realizan, la forma de cosechado, etc. pueden influir en el estado y calidad del fruto y por tanto su mayor o menor sensibilidad a sufrir pudriciones.

En el presente apartado se muestra la relación que se obtiene entre el hecho de haber sido producido en uno u otro invernadero y el grado de pudrición. Los resultados obtenidos al respecto se recogen en la gráfica 5.1.4, en la que se muestra el grado medio de pudrición obtenido para los pedúnculos del pimiento en los distintos invernaderos, junto con su error estándar y anotando también la variedad cultivada en cada uno de ellos y marcando el color de cada una de ellas en las barras del gráfico.

En este análisis también se observaron diferencias significativas entre los diferentes invernaderos ya que el valor de P en el análisis de varianza ANOVA simple fue menor de 0,05 ( $P=0,000$ ). A partir de la prueba de Rangos Múltiples se establecen en este estudio varios grupos homogéneos, dentro de los cuales se engloban varios invernaderos en general, y que están representados en la misma gráfica por letras sobre las barras del gráfico. Aquellos invernaderos que presentan las mismas letras no se diferencian significativamente entre sí, mientras que los que no comparten dichas letras son estadísticamente diferentes (Gráfica 5.4.).

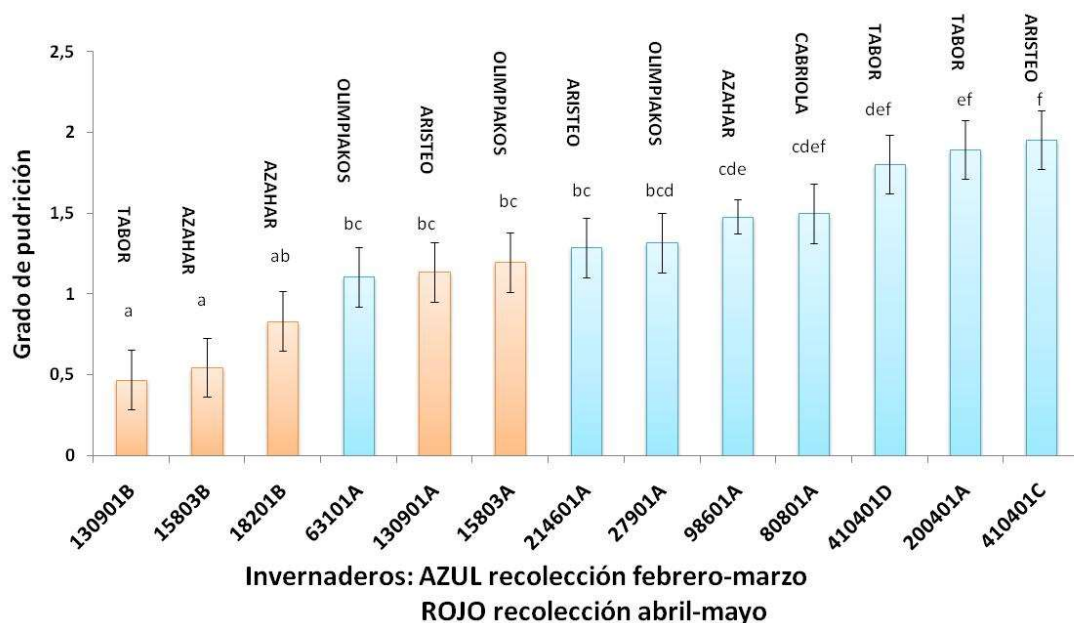
Estos resultados nos hacen creer por tanto el hecho de que realmente, el invernadero, y por tanto, zona o agricultor, pueden tener una importante influencia en la sensibilidad del fruto a sufrir la pudrición por *Pcc*. Muchos factores pueden influir indirectamente en este resultado, por ejemplo el fertirriego que lleve a unos tejidos más débiles o más endurecidos, según por ejemplo salinidad del agua o exceso de abono nitrogenado. O por ejemplo, una mayor humedad relativa ambiental que favorecen las condiciones de desarrollo de esta bacteria, y que, aunque nosotros estemos evaluando la infección artificial por el pedúnculo puede haber una mayor incidencia por contaminación ambiental o bien una mayor debilidad de los tejidos vegetales por el propio efecto del agua condensada en la superficie, que permita ese desarrollo de *Pcc*.

Si observamos las diferencias entre variedades en la gráfica 5.2, observamos que por ejemplo la variedad Aristeo presenta el mayor grado de infección en uno de los invernaderos y un grado medio en otro, mientras que por ejemplo Azahar es muy bajo en dos invernaderos y medio en otro. Pero lo más notable es que Tabor es en un invernadero el que muestra menos grado de infección y en otros dos un alto grado. Si nos fijamos en las referencias, Aristeo y Tabor con alto grado de infección corresponden al mismo

agricultor, son dos invernaderos del mismo pues ambos presentan el código 410401, así como Aristeo y Tabor de poco grado de infección se corresponden también a un mismo agricultor, hablando de los que tienen de referencia 130901B. Esto nos puede llevar a pensar que más que influencia de la variedad o el color, el agricultor puede tener mucha influencia en este problema, o también la zona. También es cierto que las variedades de color rojo son las que presentan en general en cualquier caso un grado más constante de infección, con valores comúnmente bajos o medios, vengan de los mismos o diferentes invernaderos.

Por otro lado, también podríamos analizar estas diferencias entre las variedades teniendo en cuenta las fechas de recolección en vez del invernadero de producción, lo que como veremos en un apartado posterior, también está relacionado. En este último sentido, en la gráfica 5.4, hemos querido reflejar el mes en el que se han muestreado estos invernaderos, rellenando de azul las variedades recolectadas en los meses febrero y marzo y en rojo las variedades recolectadas los meses de abril y mayo. Como veremos más adelante, estos dos grupos de meses forman dos grupos homogéneos estadísticamente significativos muy claros en su respuesta al grado de pudrición. Al meter este dato en la gráfica 5.4 queremos mostrar que la mayoría de los invernaderos recolectados en febrero – marzo presentan mayor grado de pudrición con respecto a los otros dos meses. Este es un factor de gran importancia que puede ser necesario para dar una explicación al conjunto de los resultados.

Gráfica 5-4: Valor medio del grado de pudrición del pedúnculo según el invernadero de producción de pimiento (0 sin pudrición a 4 con 100% pudrición).

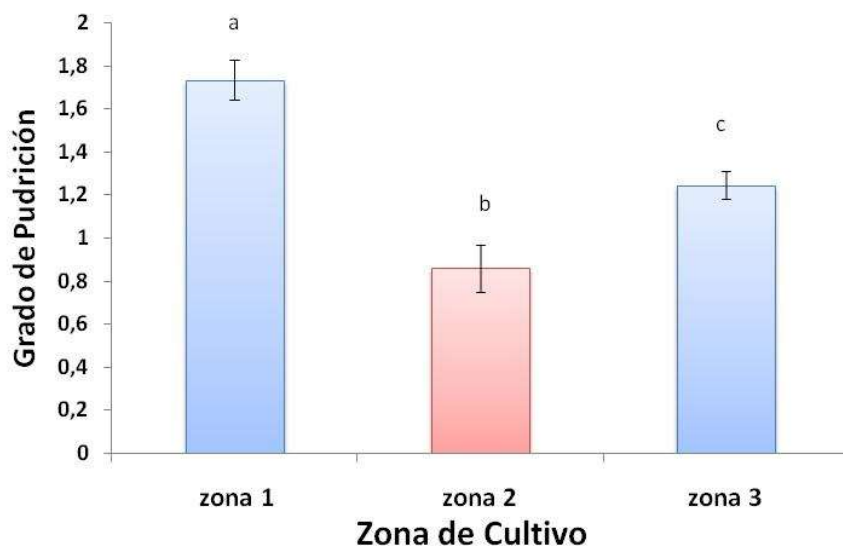


### 5.1.5. Pudrición del pimiento según la zona de producción de los pimientos

Se han obtenido valores que difieren significativamente entre los pimientos recolectados en una zona u otra, sin diferenciar variedades o color. Las zonas pueden influir en el grado de sensibilidad a la pudrición del pimiento en función de la influencia que pueda tener la climatología de cada zona en el desarrollo de los frutos. Pero también puede tener que ver indirectamente con las variedades cultivadas, que muchas veces se seleccionan en función de cómo se adapten a las características de una u otra zona. De hecho, si nos fijamos en la gráfica 5.5 se puede ver cómo los resultados de grado de pudrición para los pimientos infectados procedentes de la zona 1 (2,8) fueron peores (mayor grado de pudrición) que los de la zona 3 (2,53) y que los de la zona 2 (2,05). Las diferencias obtenidas fueron estadísticamente significativas (Análisis de varianza ANOVA simple ofreció un valor de  $P=0,0000$ ) a un 95% de confianza.

Ahora bien, en la gráfica se trata de representar también mediante la combinación de colores que en la **zona 1** la totalidad de los invernaderos se recolectaron en febrero – marzo y el resto en su mayoría en abril – mayo. Esto fue así de una forma aleatoria, si bien los pimientos de siembras más tempranas, y por tanto de recolección más avanzada, parecía evidente comenzar el muestreo en esta zona ya que las otras zonas son más tardías y podían muestrearse más adelante. Por tanto la zona 1 aparece con mayor grado medio de pudrición por *Pcc*.

Gráfica 5-5: Valor medio del grado de pudrición del pedúnculo según la zona de producción de pimiento. Azul: la mayoría recolectados en febrero-marzo, Rojo: la mayoría recolectados en abril – mayo.

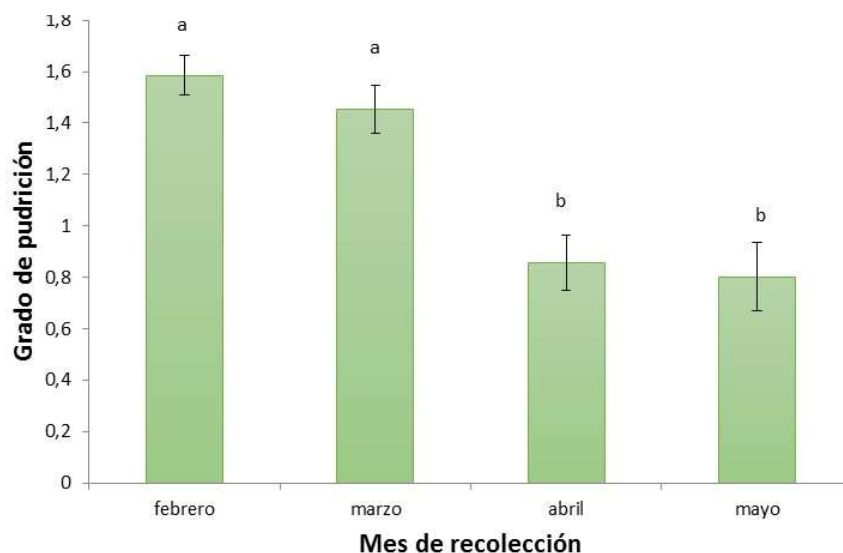


### 5.1.6. Pudrición del pimiento según la fecha de recolección

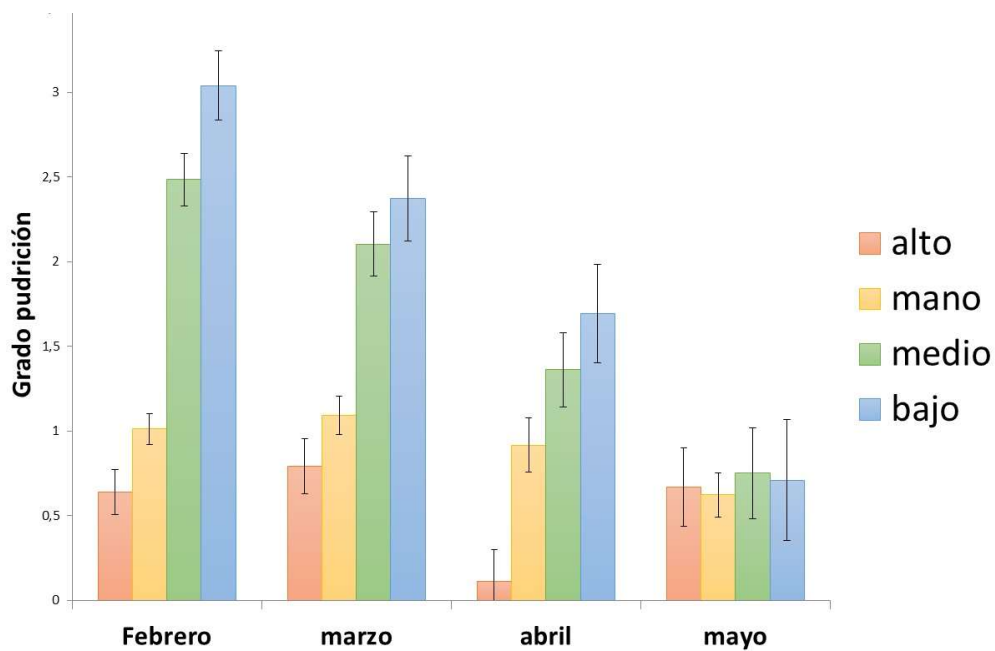
Conforme van pasando los meses se observaba, a la hora de contabilizar el grado de pudrición que había en los pimientos, que conforme nos acercábamos a la primavera los pimientos se pudrían cada vez menos. Teniendo en cuenta que la inoculación es la misma en todos los meses y en condiciones de laboratorio, no parece ser fácilmente explicable que se reduzca notablemente la susceptibilidad a la pudrición en los meses de abril y mayo, tal y como se muestra en la gráfica 5.6 Estas diferencias han sido significativas entre los meses de invierno (Febrero y Marzo) y los de primavera (Abril y Mayo) estableciéndose dos grupos de homogeneidad según la prueba de Rangos Múltiples.

Una posible explicación a estos resultados estaría relacionada con la exposición del cultivo del pimiento a temperaturas más frías en febrero y marzo así como a una mayor humedad relativa que puede hacerle más sensible a las pudriciones, que el desarrollo en condiciones cálidas y secas de abril y mayo. También se explica en la fisiología del pedúnculo del pimiento que en los meses de febrero – marzo se recolectan en las variedades de pimiento tardías a mediados de enero, y sobre noviembre para variedades más tempranas, en cualquier caso son primeros cuajes, el pedúnculo es más pequeño, también lo es el fruto (Camacho, 2003), además es más tierno y jugoso. Sin embargo, en los últimos cuajes, ya por abril – mayo, los cuajes son menores y los pimientos más grandes, también lo es el pedúnculo, más recio y muy lignificado, incluso cuesta más cortarlo con cuchillo o con la mano como veremos más adelante. Esto puede llevarnos a pensar que este último tipo de pedúnculo se pudre menos incluso en inoculados en condiciones de laboratorio.

Gráfica 5-6: Evolución del grado medio de pudrición de los pimientos recolectados por corte medio según mes de recolección



Gráfica 5-6: Grado medio de pudrición frente mes recolectado y tipo de corte.



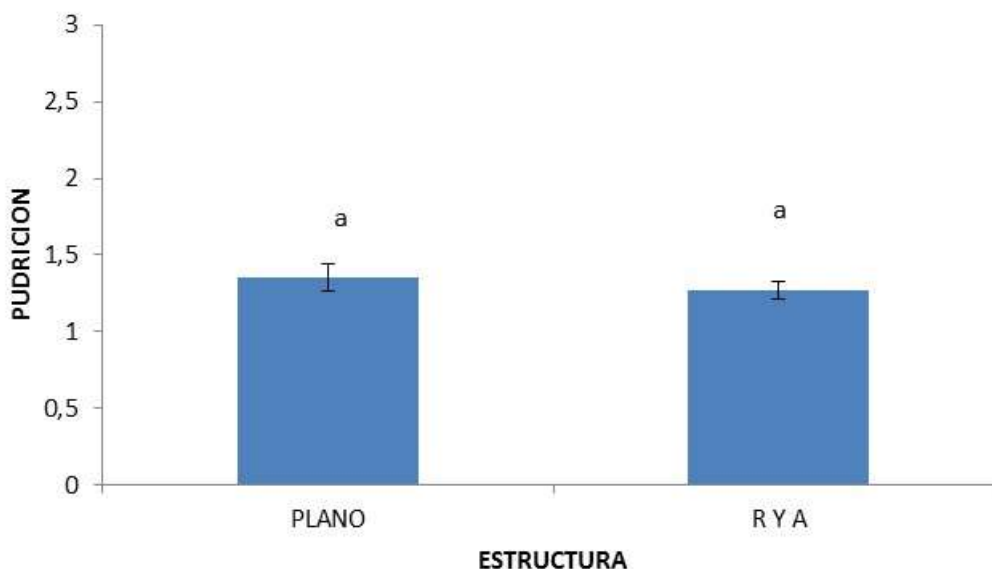
En la gráfica 5.7 refleja que el corte alto y con la mano mantiene bajos sus medias de pudrición en todos los meses recolectados sin embargo el corte con tijera medio y bajo o basal parte de unos valores medios altos y disminuyen conforme pasan los meses.

### 5.1.7. Pudrición del pimiento según estructura.

Según la gráfica 5.8 no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. Se ha identificado un solo grupo homogéneo. Puesto que el valor P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de PUDRICION entre un nivel de estructura y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Este resultado puede tener su importancia a la hora de valorar si el agricultor o el invernadero puede tener influencia en el grado de pudrición. Al menos con este dato podemos descartar aquella influencia debida a la estructura, y si influye algo del invernadero serán otros parámetros.

Gráfica 5-7: Grado medio de pudrición frente tipo de estructura.

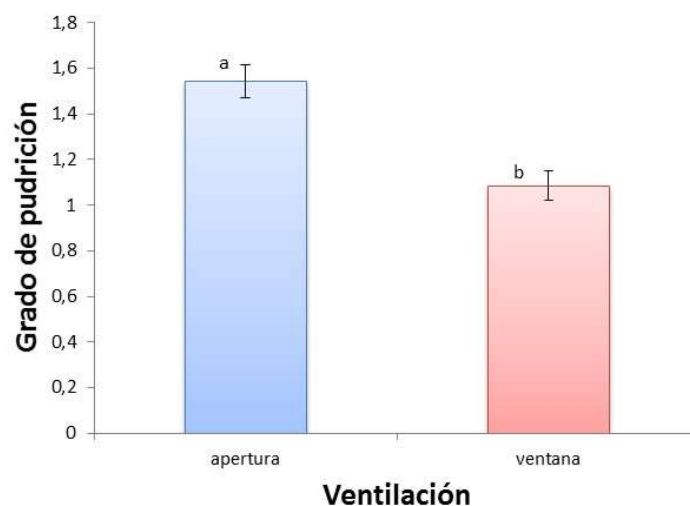


#### 5.1.8. Pudrición del pimiento según tipo de ventilación.

Como se ha descrito en el apartado Materiales y Métodos los invernaderos muestreados disponen de ventilaciones en las cubiertas de tipo ventana articulada móvil y otras que son simplemente aperturas al exterior de la cubierta plástica. La gráfica 5.9 representa la determinación del grado medio de pudrición para el factor ventilación y se observó que si hay diferencias significativas donde hay un mayor grado de pudrición en aquellos invernaderos donde hay aperturas frente a los que usan ventanas.

Este resultado se podría considerar explicable como consecuencia de que los invernaderos con ventilación cenital con apertura son menos adecuadas para reducir la humedad ambiental que los invernaderos con ventilación cenital con ventanas. Pero hay que ser cautos y tener en cuenta que en este caso también hay coincidencia entre el hecho de que a mayoría de los invernaderos con apertura fueron muestreados en los meses de enero y febrero, y también pertenecen a la zona 1, donde están las siembras más tempranas, y donde al ser una zona bastante seca y soleada la mayoría de los invernaderos no usan ventanas. Y por todo esto, por ser una zona soleada, el cultivo del pimiento se termina antes, y en consecuencia se impuso el criterio de comenzar los muestreos en esta zona. Todos estos factores pueden estar relacionados con hecho de aparecer los mayores niveles de pudrición.

*Gráfica 5-8: Grado medio de pudrición frente ventilación. Azul: invernaderos muestreados en febrero – marzo, y rojo los realizados en abril-mayo.*





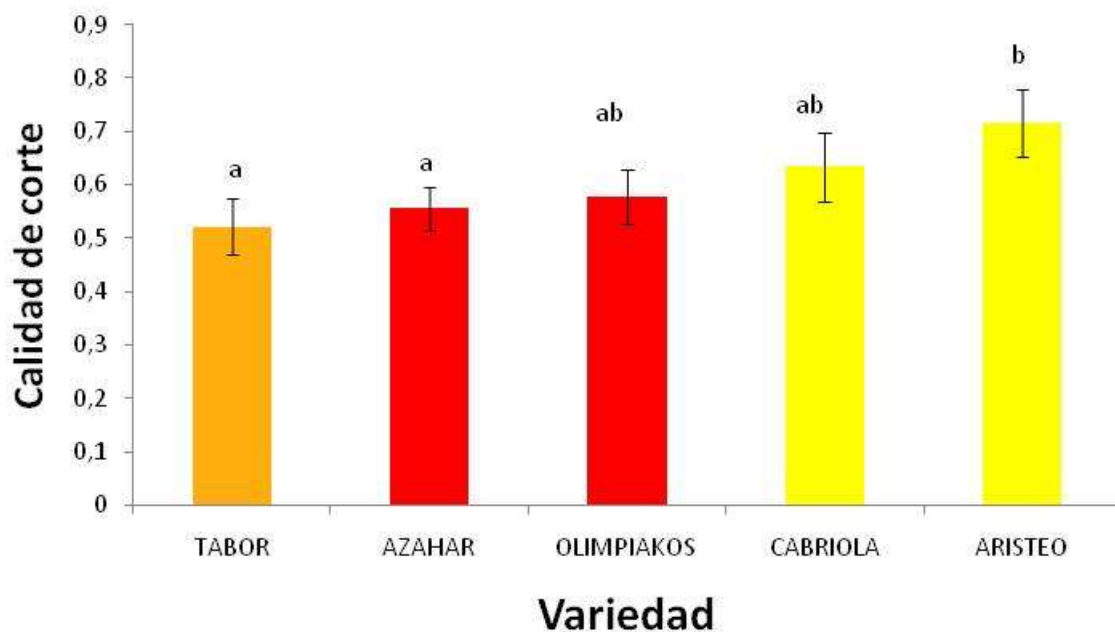
## 5.2. Calidad del cosechado a mano según diferentes factores

Aparte de determinar el grado de pudrición en los pimientos recogidos en los diferentes invernaderos, también se evaluó la facilidad con la que el pimiento se podía recoger a mano en los diferentes invernaderos teniendo en cuenta la variedad, el color, el invernadero, la fecha de muestreo, y la zona de cultivo.

### 5.2.1. Calidad del cosechado a mano según variedad

En el análisis estadístico se ha podido establecer que no hay ninguna relación entre la variedad de pimiento cultivado y la facilidad para cosecharlo a mano teniendo el mismo grado de calidad en el conjunto de todos los pimientos recolectados, que en general oscila entre 0,33 en el caso de Aristeo como valor mayor, y 0,24 en el caso de Tabor como valor menor (Gráfico 5.10). La ausencia de diferencias significativas entre los valores obtenidos se determinó mediante un análisis ANOVA simple en el que el valor de P obtenido fue de 0,3436, mayor que 0,05.

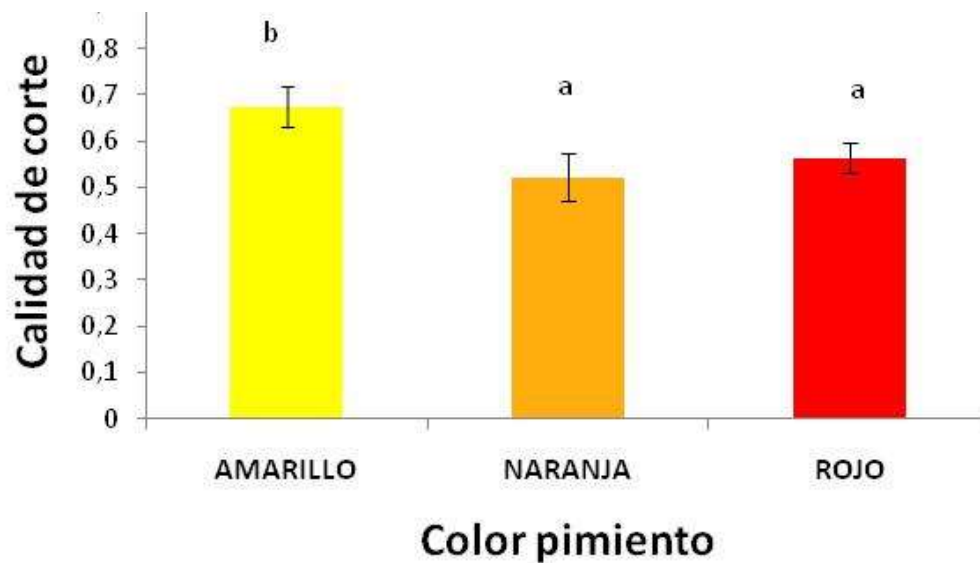
Gráfica 5-9: Calidad de corte frente a variedad de pimiento. Valor 0: peor calidad, valor 1 calidad óptima de corte con la mano.



### 5.2.2. Calidad del cosechado a mano según color de pimiento.

La gráfica 5.11 muestra dos grupos homogéneos para los colores rojo y naranja y si encuentra diferencias estadísticamente significativas con respecto a los pimientos amarillos que ofrecen mayor calidad de corte, sobre todo Aristeo, aunque dentro de un rango de valor muy pequeño, sería 0,675 el valor medio de calidad de corte para amarillo, 0,564 para naranja y 0,522 para naranja.

Gráfica 5-10: calidad corte según variedad, valor 0 peor calidad de corte y valor 1 calidad óptima.

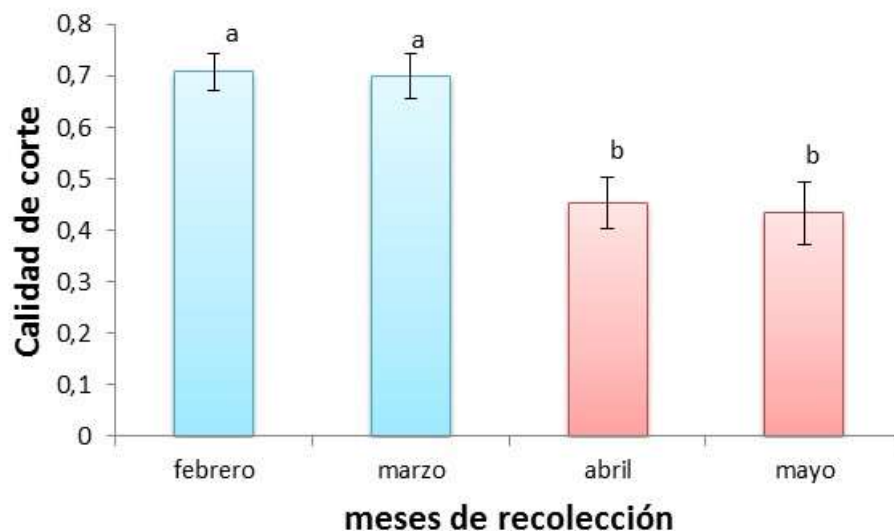


### 5.2.3. Calidad del cosechado a mano según fecha de recolección.

Los pimientos recolectados en febrero – marzo son de más fácil cosechado, lo que pone de manifiesto en la gráfica 5.12. La influencia de la ternura y jugosidad que presentan los primeros cortes de pimiento (inicio y mediados en recolección) favorecen este corte limpio. Además el peciolo es más pequeño y se desprende con mayor facilidad.

Resulta contradictorio observar que el cosechado a mano en febrero – marzo resulta más fácil al hecho de ser los meses en los que hay un mayor grado de pudrición medio en los frutos recolectados. Una posible explicación a esto se puede ver en las gráficas mostradas respecto al grado de pudrición observado en los diferentes tipos de corte según la fecha. Si nos fijamos en las gráficas 5.1.7, los pimientos recolectados a mano o con corte alto presentan un bajo grado de pudrición en cualquier mes de cosechado, mientras que los recolectados con corte bajo o medio presentan un mayor grado de pudrición en febrero-marzo con respecto abril-mayo. Así, aquí habría que tener en cuenta la influencia del punto de corte y también el mes de recolección.

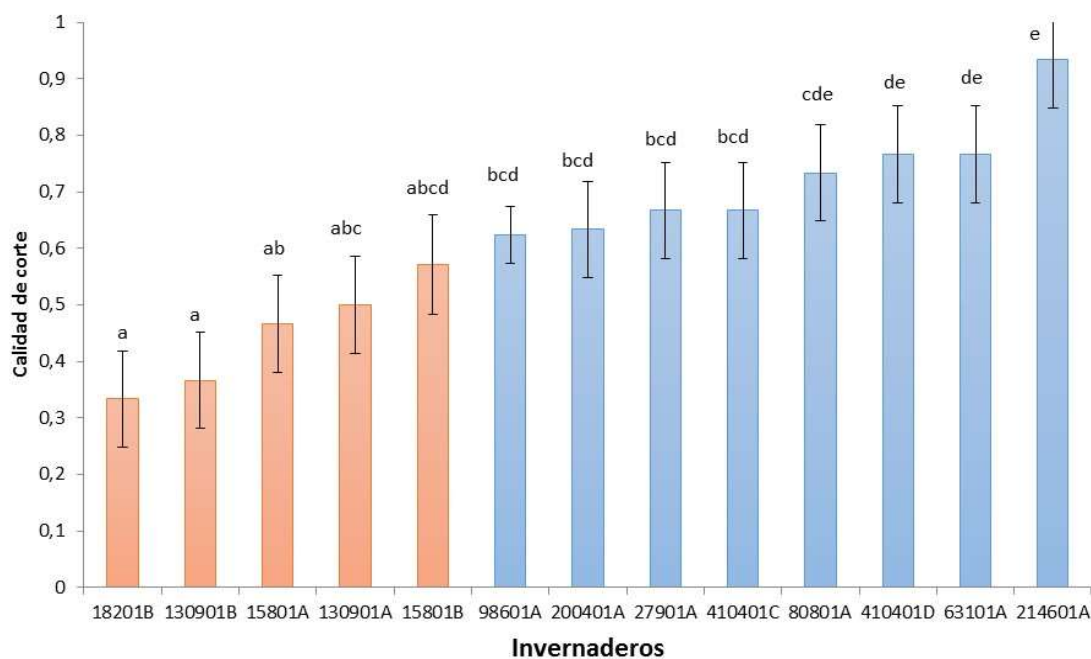
Gráfica 5-11: Influencia del mes de recolección en la calidad del corte a mano.



### 5.2.3. Calidad del corte cosechado a mano según invernadero muestreado.

En la gráfica 5.13. se vuelve a repetir el patrón que venimos observando en el estudio donde coincide que los invernaderos que ofrecen mayor calidad al cosechado a mano son los muestreados en los meses de febrero y marzo, reforzando la consideración de que en estas fechas los pedúnculos son menos gruesos y leñosos y de más fácil cosechado, sin embargo según avanzan los meses los pimientos reducen su eficacia de cuaje hasta a un 10 % (Baudoin et al. 2002) por lo que los cuajes más altos suelen ser pimientos de más calibre y mayor grosor de pedúnculo. También permanecen más tiempo en la planta y están más soleados, por tanto el pedúnculo es más leñoso. A la hora de realizar un corte a mano a menudo encontramos en estos pimientos la dificultad añadida de que los tallos que soportan estos pimientos son más finos y quebradizos, la recolección se dificulta bastante.

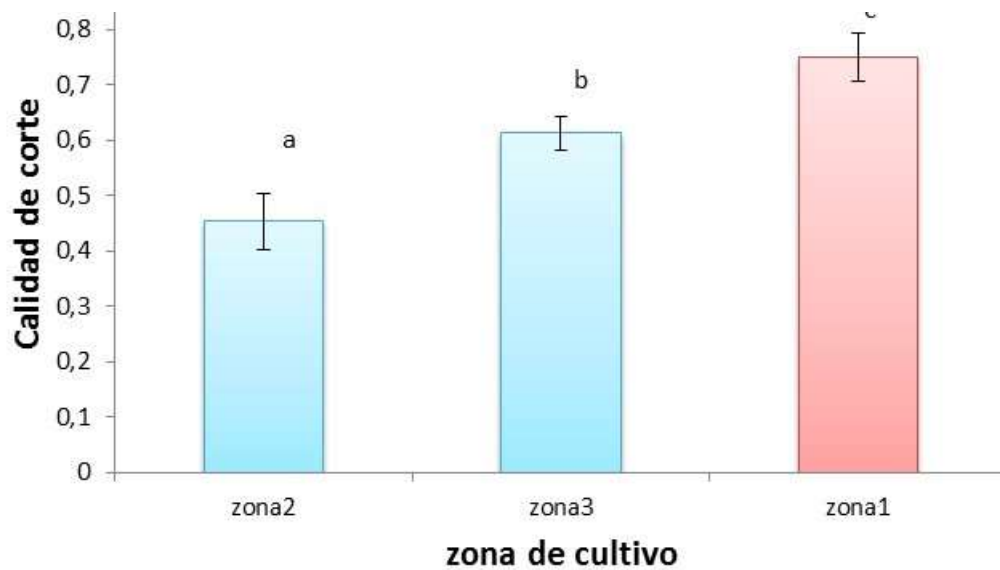
Gráfica 5-12: Influencia calidad de corte frente invernadero muestreado. Los invernaderos de color azul son muestreados en febrero – marzo, los rojos en abril – mayo.



#### 5.2.4. Calidad del corte cosechado a mano según zona.

Finalmente, respecto a la zona de muestreo, observamos que la zona 1 ofrece mayor calidad de corte (según la gráfica 5.14) que las demás zonas. En este caso también se puede relacionar el resultado con lo anteriormente citado, ya que la zona 1 corresponde con los invernaderos de recolección más temprana. Son tres grupos con diferencias significativas, demostrado estadísticamente mediante ANOVA simple que da un valor de P menor de 0,05.

Gráfica 5-13: Influencia de la zona de cultivo en la calidad del corte. Azul recolección febrero-marzo, rojo abril – mayo





## 6. Conclusión.

### 6.1 Consideraciones previas.

En el trabajo de campo se observa esta enfermedad principalmente en los meses de septiembre, octubre y noviembre, aunque sigue detectándose hasta bien entrada la primavera. En los primeros meses, en la mayoría de los invernaderos el cultivo de pimiento está en su máximo desarrollo, con tasas de transpiración muy alta, máximo estado de desarrollo vegetativo y recolección de los primeros frutos. Las temperaturas mínimas que marcan en la zona sobre las 6 de la mañana comienzan a ser más bajas, en torno a 17 – 18 °C y a comienzos de la jornada sobre las 8 – 9 de la mañana la humedad relativa es alta, provocando la condensación por alcanzar el punto de rocío, permaneciendo así los frutos y las plantas mojados. Seguidamente comienzan a subir las temperaturas rápidamente, alcanzando los 30 y 35°C según el día y las condiciones del invernadero, si hay o no ventilación y blanqueo. Se presentan con ello las condiciones óptimas para el desarrollo de *Pcc*. La bacteria necesita heridas en la planta o frutos para que se desarrolle la enfermedad. En el campo se observa sobre todo en pimientos dañados por gusanos y moscas que hacen del pimiento podrido un concentrado bacteriano potente que infecta a la propia planta y termina por entrar por los vasos de la planta pudriéndolos y provocando graves daños e incluso la muerte de la planta.

En este trabajo se ha visto que la recolección del pimiento con cuchillos bien afilados por el punto de dehiscencia natural del pimiento o solamente con ayuda de las manos con cierta destreza en ambos casos, reduce notablemente el riesgo de infección por *Pcc*. Sin embargo, en el campo, esta manera de recolectar no es lo más común entre los agricultores debido a que es más lenta, costosa y requiere más destreza de los trabajadores. Por otro lado, la tijera nunca puede dar un corte en el punto de dehiscencia del fruto ya que debido a la posición del fruto con respecto al tallo no hay ángulo suficiente para que la tijera pueda actuar. El corte del pedúnculo a media altura o basal es mucho más sencillo para una tijera, es mucho más rápido y no necesita gran destreza de los trabajadores.

Tenemos un punto de coincidencia con respecto a los criterios de calidad de la empresa, es en los meses de recolección y es que llegando a los meses de febrero-marzo en adelante la pudrición se reduce, incluso en las condiciones inducidas en el laboratorio. Cabe pensar en que la sensibilidad de los tejidos en determinadas épocas del año es diferente. Es en esta época cuando el control de calidad de pimiento en la Cooperativa autoriza el corte medio-alto de los pimientos.

Desde nuestra experiencia, parte del problema se genera en campo y está relacionado con el sistema de corte del fruto. Tradicionalmente se ha planteado que los problemas de pudrición son menores cuando se recolecta el fruto sin pedúnculo, aunque hay serias discrepancias respecto a la mejor forma de recolección del pimiento, en cuanto al corte del mismo, no habiendo información bibliográfica referente a la misma consistente para poder recomendar una u otra forma de cosechado.



Tampoco se han visto diferencias entre variedades en cuanto a la recolección a mano, todas presentan muchos fallos y desgarros, lo que se debe tener en cuenta en estas valoraciones. En este aspecto hay que tener presente la destreza del trabajador y que los cortes de pimiento de final de campaña presentan mayor dificultad, son pimientos de mayor calibre y con el pedúnculo más endurecido.

Con el interés de todas estas consideraciones y a partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo, presentamos las siguientes conclusiones.

## 6.2 Conclusiones.

1. hay una relación directa entre el modo de corte del pimiento para su recolección y el grado de pudrición que presenta frente a la bacteria. En este caso queda demostrado que los pedúnculos cortados con cuchillo en alto o cogidos con la mano pudren menos que los realizados a tijera a nivel medio o bajo.

2. Sólo se ha observado una cierta relación entre la variedad Aristeo y un mayor grado de pudrición del pedúnculo por *Pcc*. Esta podría estar a su vez correlacionada con el invernadero de origen o con la fecha de recolección.

3. Los frutos de color amarillo mostraron una mayor sensibilidad a la pudrición que los rojos, quedando los naranjas en un rango intermedio. Al igual que en el caso de las variedades, este resultado podría estar influido por el invernadero de procedencia del fruto y por la fecha de la recolección

4. El invernadero, la zona y/o la fecha, parecen tener una influencia sobre la mayor o menor sensibilidad del pedúnculo a infectarse por *Pcc*. Los tres parámetros están relacionados en este estudio, pues coinciden los invernaderos más afectados en una misma zona y una misma fecha de recolección

5. La estructura estaría relacionada igualmente con los parámetros anteriormente mencionados

6. La calidad del cosechado a mano está relacionada en cierta medida con el color del fruto, siendo aparentemente mejor en los pimientos amarillos

7. Con lo que parece estar claramente relacionada es con la fecha de cosechado, influyendo a su vez en el invernadero de recolección.



## 7. Bibliografía.

**AVRDC Publication 04-5712004.** Allow fruit to dry thoroughly. During packing and storage, the fruit should be kept clean and maintained in a cool, dry place. September 2004 <[www.avrdc.org](http://www.avrdc.org)>. Pepper Diseases Bacterial Soft Rot *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora*

**Agrios, G. (2005).** Plant Pathology. Quinta edición. Editorial Elsevier Academic Press, Oxford.

**Aguado, G. (2007).** "Pimiento tipo Lamuyo en Hidroponía. ITG Agrícola ": 33-37.

**AGUADO, G., J. A. U. DEL CASTILLO and S. SÁDABA** "M Semilleros. 2005; dispon <http://www.itga.com/doc>." MANEJO EROS. pdf.

**Baudoin, W., A. Nisen, M. Grafiadellis, H. Verlodt, R. Jiménez, O. De Villele, G. La Malfa, V. Zabeltitz, P. Martínez and J. Garnaud (2002).** "El cultivo protegido en clima mediterráneo." Medios y Técnicas de Producción. Suelo y Sustratos. FAO. Roma: 143-182.

**Cabrera Valencia, L. E. and M. P. Alvarado Jácome (2010).** Determinación del tiempo de vida útil en los pimientos california verdes fresco en bandejas plásticas empacados con papel film.

**Cabrera A. et al. 2016.** "Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2015-2016. Informes y Monografías 54. Cajamar. 55pp

**Camacho Ferre, F. (2003).** "Técnicas de producción en cultivos protegidos."

**Cavero, J., R. Gil Ortega and C. Zaragoza (1995).** "Efecto de la temperatura en la germinación y la emergencia de tres variedades de pimiento de industria." Investigación agraria. Producción y protección vegetales-INIA (España).(10(2): 179-190.

**Cuellar Lorini, V. H. (2014).** Determinación de costos y beneficios de la producción de tres hortalizas de fruto cultivadas en ambientes atemperados en la ciudad de La Paz.

**Choi, O. and J. Kim (2013).** "Pectobacterium carotovorum subsp. brasiliense causing soft rot on paprika in Korea." Journal of Phytopathology 161(2): 125-127.

**Del Castillo, J., U. Amaya, S. Sadaba, G. Aguado and S. De Galdeano (2004).** "Guía del cultivo del pimiento en invernadero." Instituto Técnico y de Gestión Agrícola. 14p.

**Elorrieta Jove, María Antonia (2016)** Directora del Area de fitopatología de Labcolor.

**FAO (2017).** "Datos Estadísticos 2015 "

**Fernandez Gay, Fernando,** Jefe de calidad de Vicasol SCA.





**Hauben, L., E. R. Moore, L. Vauterin, M. Steenackers, J. Mergaert, L. Verdonck and J. Swings (1998).** "Phylogenetic position of phytopathogens within the Enterobacteriaceae." Systematic and Applied Microbiology 21(3): 384-397.

**Jones, J. (2001).** Plagas y enfermedades del tomate, Mundi-Prensa Libros.

**López-Marín, J., A. Galvez, I. Porras and J. Brotons-Martínez (2016).** "Injerto en pimiento (*Capsicum annuum*): Beneficios y rentabilidad de su uso." Producción Vegetal: 127.

**MOSQUERA, M. I. M. and A. P. G. Y. D. HORNERO (2005).** "Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples "colorantes" naturales."

**Namesny, A. (1996).** "El pimiento en el mundo." Compendios de horticultura. Pimientos. Namesny AV (ed). Ed. Horticultura SL Reus, España: 13-20.

**Namesny Vallespir, A. and A. N. Vallespir (1993).** Post-recolección de hortalizas.

**Nuez Viñals, F., C. García, J. G. Ortega, R. F. N. Viñals, R. G. Ortega and J. C. García (1996).** El cultivo de pimientos, chiles y ajíes.

**Reche Marmol, J. (2010).** "Cultivo del pimiento dulce en invernadero." Estudios e informes técnicos. Consejería de Agricultura y pesca.

**Roldan de LLanos, Jose Carlos (20016).** Ingeniero Agrícola responsable de area de investigación y desarrollo de variedades de Vicasol SCA.

**Salas-García, C.; García-García, M.C.; GonzálezA.; Font, R.; Del Río-Celestino, M.; Valenzuela, J.L. y Gómez, P. 2014.** Norma de calidad para pimientos snack. Actas de Horticultura, 65:145-150

**Sánchez, A. C., D. U. Aguilera, T. A. Camacho and E. d. I. C. Fernández (2016).** "ANÁLISIS DE LA CAMPAÑA HORTOFRUTÍCOLA DE ALMERÍA. CAMPAÑA 2015/2016".

**Setiamihardja, R. and D. E. Knavei (1990).** "Association of pedicel length and diameter with fruit length and diameter and ease of fruit detachment in pepper." Journal of the American Society for Horticultural Science 115(4): 677-681.

**Sierra Rueda, José Buenaventura (2013).** Estudio comparativo de variedades de pimiento, tipo california, cultivadas bajo abrigo en el Poniente Almeriense Trabajo de Investigación, Universidad de Almería.

**Zitter, T. (2004).** Plagas y enfermedades de las cucurbitáceas.