



Pimiento y Ají

(Capsicum annuum)

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo, M. Sc, Ph.D.
INIA – Carillanca

CENTRO DE ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

El género *Capsicum* involucra muchas especies que pertenecen a la familia *Solanaceae*, donde se destacan por su uso masivo como hortaliza y especie *Capsicum annum* que se dividen en dulces y picantes. Todas las especies del género *Capsicum* se originaron en el trópico del nuevo mundo. Su origen, según Vavilov (1994) es el sur de México, América Central y Las Antillas, pero formas silvestres de esta especie también son encontradas desde el sur de Texas hasta Argentina. México se considera que es el centro de diversidad para *Capsicum annum* L., la especie más cultivada, porque la antigüedad y variabilidad del cultivo en el sur de México hace suponer una independencia de esta zona y Guatemala del centro amazónico brasileño, el cual también es rico en variedades de pimiento.

Sin embargo, las regiones amazónicas en sudamérica se consideran centros de diversidad para *C. chinense* y *C. frutescens*, con centros secundarios en América Central e islas del Caribe. Estas tres especies cultivadas forman parte del complejo *Annum* junto con la posible especie progenitora *C. chacoense*. La región andina de Perú y Bolivia son centros primarios de diversidad para *C. pubescens*, así como también hay una vasta diversidad para *C. baccatum* en las regiones del oeste de Brasil y en Colombia.

Antecedentes arqueológicos indican que la domesticación del pimiento ocurrió antes de 8.000 a.C. En Perú se han hallado restos de plantas de poroto y pimiento de 8.500 a.C., mientras que en México se ha localizado que el inicio de la domesticación estuvo entre el 7.000 y 5.000 a.C. Se considera que el ají fue una de las primeras plantas domesticadas en Meso América. El proceso de selección y formación de ecotipos probablemente ocurrió durante miles de años. La diversidad de tipos de planta y fruto dentro de la especie *C. annum* apunta a que hubo una fuerte selección por humanos de múltiples grupos por muchas generaciones. La domesticación condujo a modificar la planta y, especialmente, los frutos. El hombre seleccionó y conservó una amplia diversidad de tipos por el color, tamaño, forma (Figura 1) e intensidad de sabor picante (Nuez *et al.*, 1996).

La planta fue introducida a España por Colón, desde donde se propagó por el resto del mundo. Los portugueses introdujeron el ají India, donde es usado en grandes cantidades, así como en África y América tropical, donde los frutos desarrollan mayor pungencia que en territorios más fríos. Durante los últimos 100 años se ha dado mayor importancia al mejoramiento genético de la especie *Capsicum annum*, tanto picante como dulce, que, a las otras especies de este género, probablemente debido al tamaño del fruto comparado con las otras especies.



Figura 1. Diversidad de forma y tamaño de *Capsicum*.

Las tres especies que comprenden el complejo *Annuum* comparten un pool genético ancestral (Figura 2). La mayoría de los cultivares de *C. annuum* desarrolla un tallo simple con 8 a 15 hojas antes de la aparición de la primera flor. Al parecer, el número de hojas antes de floración estaría controlado por la temperatura ambiental y el genotipo. Al aparecer el primer botón floral, la planta se ramifica en el ápice en dos o más brotes de tallos. Cada brote tiene una o dos hojas, termina en una flor y entonces se divide en dos ramificaciones de segundo orden. La iluminación diaria total tiene sobre el desarrollo del tallo un efecto mayor que la calidad de la luz y el fotoperiodo. La velocidad de elongación del tallo está muy influenciada por la temperatura, la baja retrasa el crecimiento, y excesivas producen tallos delgados, siendo la temperatura óptima de 25°C. Para producción de materia seca, o sea tallos más firmes, el rango óptimo se encuentra entre 20 y 25°C, que es común para plantas que tienen fotosíntesis tipo C3 (Condés, 2017).

Las hojas del pimiento tienen variación en tamaño, forma y color, la mayoría son simples, enteras y simétricas, de forma lanceolada o ovoida. Pueden ser planas y suaves o corrugadas y glabras, algunas son pubescentes como las del tipo serrano. Son corrientemente verdes, aunque se encuentran tipo púrpuras, variegadas y amarillentas (Condés, 2017).



C. frutescens (Tabasco)



C. chinense (Habanero)



C. annuum (Ají)



C. annuum (Pimiento)

Figura 2. Forma y tipos de fruto de especies del complejo *Annuum*.

La mayoría de las variedades de *C. annuum* tienen flores solitarias en cada nudo (Figura 3), sin embargo, hay excepciones donde las flores son producidas en pares o en racimos más numerosos. La mayoría de las accesiones florece con largo de día de 10 horas o más, pero el factor exógeno más importante que determina la diferenciación floral es la temperatura nocturna. La permanencia de plántulas a bajas temperaturas nocturnas (6 – 12°C) durante 2 – 4 semanas favorece la formación de un gran número de flores. La mayoría de las flores de las especies de *Capsicum* son autocompatibles. La polinización cruzada puede variar entre 2 a 90% dependiendo de las condiciones presentes, como actividad de abejas (Giaconi y Escaff, 1998).

La tasa de cuaja de frutos está negativamente correlacionada con el número de frutos que se desarrolla en la planta. Los frutos de las primeras flores son normalmente más grandes y tienen color rojo y pungencia más intensa. No hay cuaja de frutos con temperaturas bajo 16°C o por sobre los 32°C y las flores abortan cuando la temperatura nocturna llega a 24°C (Pressman y otros, 1998 y 2006; Wubs y otros, 2009).



Flor solitaria



Flor en racimo

Figura 3. Tipos de floración de *C. annuum*.

El fruto es una baya que puede tener dos o más lóculos, divididos por una placenta central. Esta placenta tiene las vesículas donde se producen las oleorresinas y capscinoides. Sin embargo, el principal papel está en alimentar la semilla durante su desarrollo.

La forma de los frutos es una manera de clasificar los diferentes grupos dentro del complejo *Annuum*. Los frutos de *C. annuum* se pueden clasificar primero en pungentes y no pungentes, lo cual se manifiesta por la presencia o no de capscicina en el fruto. La otra clasificación viene de la forma del fruto, donde se caracterizan grandes grupos.

Tipo Bell o cuatro cascós

Este es el tipo económicamente más importante y con el mayor número de variedades. Estos son de forma cuadrada, con pericarpio grueso o carnosos y tienden a ser completamente no pungentes. Se distinguen dos tipos dentro de este grupo, los americanos más cuadrados con fondo plano (ej. California Wonder, Yolo Wonder, Resistant, etc.) y los europeos tipo Lamuyo que son de tres cascós alargados, generalmente, y de fondo alargado (Figura 4). El color de fruto a maduración puede variar de rojo a amarillo, púrpura, naranja y hasta blanco, dependiendo del estado alélico de varios genes que codifican para enzimas en las vías metabólicas de los carotenoides. Se pueden cosechar en estado inmaduro color verde. Es el tipo más utilizado por la agroindustria por sus características de rendimiento, color y grosor de pericarpio, además del contenido de azúcares del fruto (Crosby, 2008).



Tipo Cuadrado



Tipo Lamuyo

Figura 4. Pimientos tipo Bell o Cuatro Cascos y sus diferentes subtipos.

Tipo Morrón o Calahorra

Este grupo comparte muchas de las características del tipo Bell, como tamaño de fruto grande, no pungente y pericarpio grueso más dulce que el tipo Bell. Tienden a producir frutos con forma acorazonada o cónica (Figura 5). Los frutos maduros de color rojo o amarillo son utilizados en fresco o procesado como conserva de pimiento asado, jugo, deshidratados y como pickles.



Figura 5. Frutos de pimiento tipo Morrón.

Ají verde o Anaheim

Es un ají medianamente pungente (2.500 a 5.000 unidades Scoville), de tamaño largo (12 a 16 cm), suave, pericarpio delgado, utilizado para deshidratado y consumo fresco. El fruto madura de un color verde a rojo brillante (Figura 6). Los frutos se usan tanto inmaduros como maduros para productos procesados (Crosby, 2008).



Ají Anaheim inmaduro



Ají Anaheim maduro

Figura 6. Frutos inmaduros y maduros de ají tipo Anaheim.

Yellow Wax o Cristal

El nombre de este tipo de ají se debe a su apariencia cerosa y amarillo en su estado inmaduro (Figura 7), habiendo de formas cónicas y cilíndricas, como las bananas y húngaros. En Chile es muy común el consumo fresco del ají verde Cristal en ensaladas, encurtidos y salsas, siendo tal vez el tipo más consumido en el país. La pungencia es variable y depende de las variedades, pasando desde muy suave como los banana (2.500 a 4.000 unidades Scoville) a bastante pungentes (5.000 a 8.000 unidades Scoville). Algunos ajíes de tipo cristal son particularmente altos en contenido de antioxidantes, como flavonoides y ácido ascórbico (Crosby, 2008).



Figura 7. Ajés tipo Cristal o Yellow Wax en estado inmaduro.

Paprika

Esta es una categoría bastante peculiar de ajés, considera desde pungentes a suaves, hasta sin pungencia. El tipo chileno “Cacho de Cabra” se podría clasificar en este grupo (Figura 8), por su forma, grosor de pericarpio y uso en deshidratado. En general son bastante alargados, de pericarpio delgado (1 a 3 mm), de textura de piel suave, color rojo oscuro brillante cuando maduro y la pungencia depende del tipo que se trate como el Húngaro para polvo de paprika algo picante, o el español para ají de color con muy poca pungencia, o el mencionado Cacho de Cabra chileno, bastante pungente para Merken (Crosby, 2008).



Ají “Cacho de Cabra”



Paprika Húngaro

Figura 8. Ajés tipo Paprika.

Cayenne

Este tipo de ají es muy pungente, uno de los con mayor contenido de capsaicina, tiene entre 30.000 y 50.000 unidades Scotville. Es de forma alargada (20 a 25 cm), muy delgado (10 a 20 mm), con piel más arrugada, fruto torcido y de pericarpio delgado (1 a 2 mm) (Figura 9). Es muy usado en el sur de EEUU para salsas y deshidratado, es principalmente cultivado para procesamiento, aunque también se consume en fresco en algunos países como India y México (Crosby, 2008).



Figura 9. Ají tipo Cayenne en planta y órgano de consumo.

Jalapeño

Es el tipo de ají comercialmente más importante y popular en México y EEUU. Los frutos (Figura 10) son de pericarpio más grueso, de forma cónica, de punta roma o redondeada, de color verde intenso cuando está inmaduro con vetas que simulan deshidratación, de bastante pungencia (4.000 a 6.000 unidades Scoville). Se consume en estado inmaduro principalmente, en fresco, salsas y encurtidos, pero cuando madura se deshidrata para hacer polvo de ají (Crosby, 2008).



Figura 10. Frutos de ají tipo Jalapeño.

Habanero

Este tipo pertenece a la especie *C. chinense*, donde se incluyen Habanero y Scotch Bonnet, ambos muy cultivados en la zona de la Antillas y África por su extrema pungencia. Es el ají más pungente del mundo, alcanza 577.000 unidades Scotville. La planta es grande, bastante ramificada, perenne en los trópicos y se cosecha durante todo el año. El fruto tiene una forma de linterna o cuadrado (Figura 11), bastante plano en los extremos, de colores amarillo suave a rojo cuando maduro, aunque también hay plantas con frutos naranjos y pardos. Se usa en encurtidos, salsas, para cocinar en fresco, además de uso industrial para la extracción de capsaicina (Crosby, 2008).



Figura 11. Planta y frutos de ají tipo Habanero.

ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA

Distribución nacional y zonas productoras

El ají y pimiento se cultivan prácticamente en todo el país, en algunas zonas en invernaderos y en muy pequeña escala. La superficie varía mucho dependiendo de la exportación de productos procesados, más que del consumo interno del país, ya que la mayor parte de la producción está orientada a la agroindustria de procesamiento y exportación.

En la Figura 12 se muestra la evolución de la superficie sembrada con ají y pimiento en los últimos años, donde se observa una fuerte tendencia a la disminución de la superficie de pimiento, con 27,7% del año 2010 al 2011, principalmente debido a la menor demanda de exportaciones de conservas. Sin embargo, en ají se observa un incremento del 17,7% de superficie, posiblemente debido a mayor demanda de deshidratado de ají, que es la principal exportación de la agroindustria.

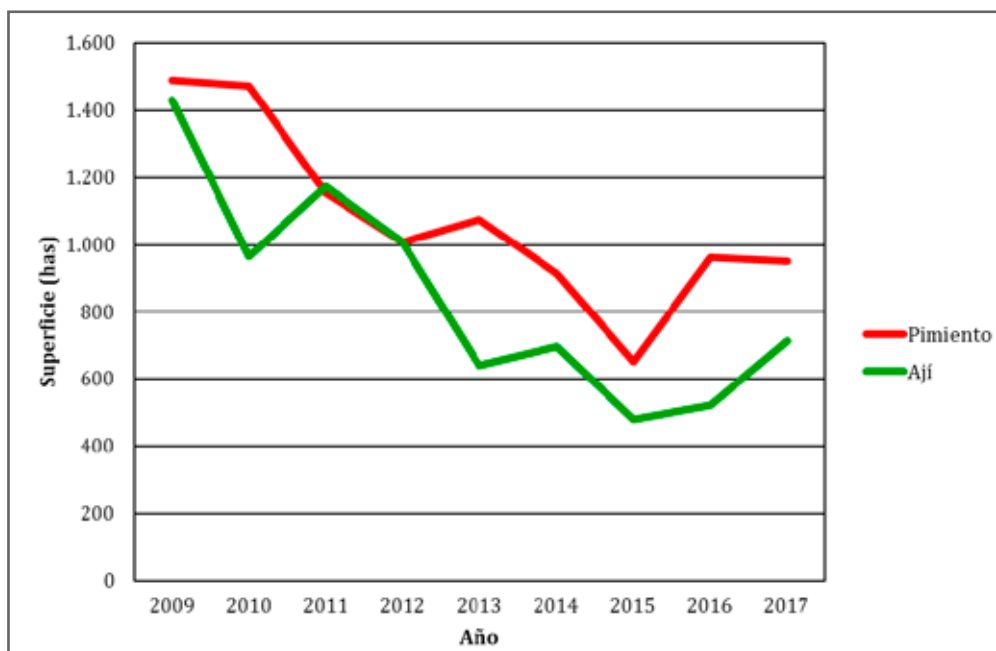


Figura 12. Evolución de la superficie nacional de ají y pimiento en los últimos años (ODEPA, 2018).

En cuanto a superficie por región, en la Figura 13 se muestra que la Región de Coquimbo tuvo la de mayor superficie sembrada con ají y pimiento la temporada 2010, con un total de 936 hectáreas que representan el 28,3% del total nacional para estos cultivos. En el caso de pimiento es seguida por las regiones del Libertador B. Ohiggins y la Metropolitana.

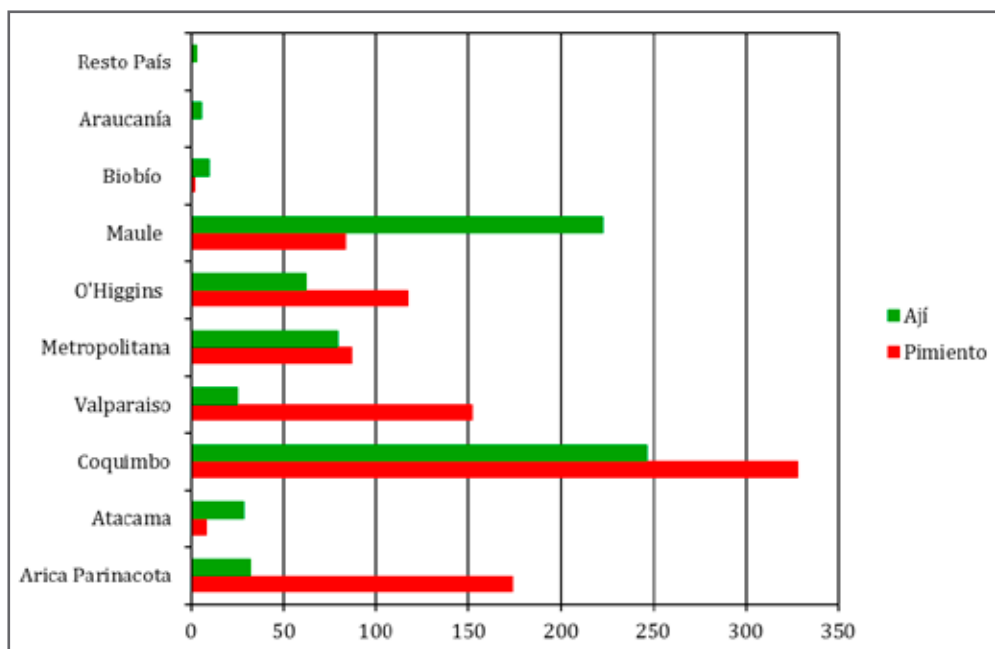


Figura 13. Superficie en hectáreas por regiones de ají y pimienta, temporada 2017 (ODEPA, 2018).

El rendimiento promedio nacional de pimienta en la temporada 2008/2009 fue de 36.960 kg/ha, como se observa en el Cuadro 1. El mayor rendimiento promedio se presenta en la Región de Arica y Parinacota con 46.500 kg/ha, la mayoría de esta producción es para consumo fresco y es comercializada en el resto del país fuera de temporada, o sea en invierno y comienzos de primavera.

También destacan las regiones de Atacama (42 t/ha) y Maule (46 t/ha), siendo la Región de Atacama donde la producción es casi completamente para deshidratado al utilizar las excelentes condiciones naturales de secado al sol que existen. En la Región del Maule, la mayoría del pimienta es para la agroindustria de jugos y conservas.

Cuadro 1. Rendimiento promedio de pimiento por región (INE, 2010).

| Región | Rendimiento (kg/ha) |
|--------------------|---------------------|
| Arica y Parinacota | 46.500 |
| Atacama | 42.470 |
| Coquimbo | 32.450 |
| Valparaíso | 35.020 |
| O'Higgins | 42.160 |
| Maule | 45.900 |
| Biobío | 32.980 |
| Metropolitana | 29.320 |
| Nacional | 36.960 |

Requerimientos agroclimáticos

Tanto el pimiento como el ají son cultivos muy susceptibles a las heladas, aunque con clima favorable se comportan como planta perenne. Al parecer, la semilla de *Capsicum* no tiene requerimientos de luz para germinar, pero en cuanto a temperatura exige entre 15 y 30°C. La semilla tiene un tiempo bastante prolongado para germinar y emerger, la temperatura óptima para lograr buenos resultados es alrededor de 30°C, reduciéndose considerablemente la velocidad de germinación entre 15 y 20°C.

El crecimiento y desarrollo de las plantas en almácigo y posteriormente en terreno es bastante lento. Es muy exigente en luminosidad en sus primeros estados de desarrollo hasta floración. La diferenciación floral no se afecta por el largo del día, sino por la temperatura nocturna del aire.

El fruto no cuaja con temperaturas bajo 16°C o por sobre 32°C, inclusive puede haber aborto floral con temperaturas nocturnas sobre 24°C. La mejor cuaja ocurre cuando la temperatura de día y de noche está entre 16°C y 21°C. (Álvarez y Pino, 2018).

La variación térmica (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna), ocasiona desequilibrios vegetativos muy notables. Por ejemplo, si coinciden bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15°C y 10°C) da lugar a la formación de flores con anomalías como pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc. incidiendo a la formación de frutos de menor tamaño, con deformaciones, etc. (Pressman y otros, 1998 y 2006).

En cuanto a la humedad relativa, la óptima oscila entre 50% y 70%. Si es muy elevada favorece el desarrollo de enfermedades aéreas y dificulta la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados.

Los suelos más adecuados para el cultivo del pimiento son los franco-arenosos, profundos, ricos y bien drenados. El pH óptimo del suelo varía entre 6,5 y 7, mientras que en el agua de riego es 5,5 a 7.

AGRONOMÍA DEL CULTIVO

Ciclo de desarrollo

Capsicum se puede producir durante todo el año como cultivo protegido, sin embargo, para cultivo al aire libre se debe evitar heladas que causan mucho daño, aunque posteriormente rebrota, pero demora más en llegar a máxima producción.

Dependiendo de la zona es la fecha en que se realizan los almácigos, los cuales pueden ser a raíz desnuda o cubierta, no tiene limitaciones. La mayor limitación es la temperatura de germinación que debe alcanzar, porque demora mucho tiempo en germinar y emerger si no están las condiciones adecuadas. Por eso hay fechas de siembra por región donde se tiene más o menos éxito con el cultivo dependiendo del objetivo y del clima. Como se observa en la Figura 14, hay una cobertura total a nivel nacional de siembras de pimiento, esencialmente las regiones de Atacama, Coquimbo y Valparaíso donde se produce todo el año. No así en Arica y Parinacota, que sólo se siembra para cubrir las épocas de falta de producción en la zona central y sur del país, lo que se ve reflejado en la Figura 15, donde se muestran las épocas de cosecha, no se produce en el último trimestre en cantidades porque está cubierto con producto de zonas más cercanas como la Región de Valparaíso.

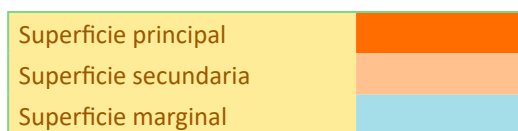
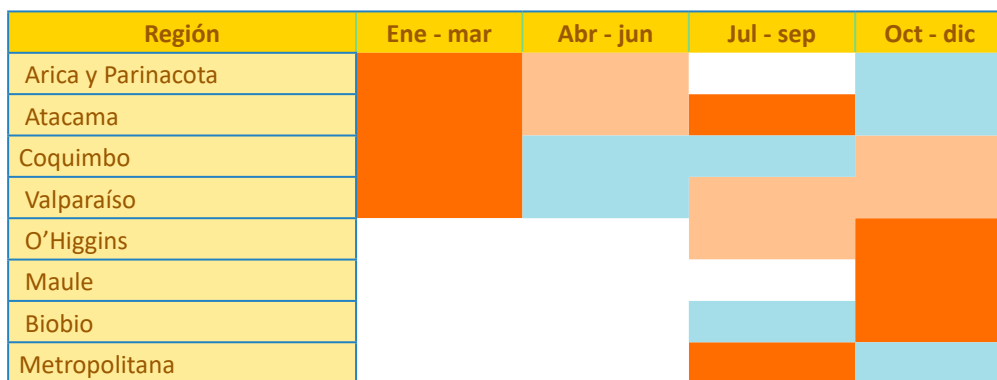


Figura 14. Épocas de siembra e importancia relativa por regiones productoras de pimienta.

En la zona central, claramente las preferencias de siembra son a inicios de primavera y plena primavera, la mayoría de estos cultivos son para la agroindustria, por lo tanto, la cosecha se realiza con fruto completamente rojo entre enero y marzo, algunas veces pasando hasta abril, como se observa en la Región del Maule.

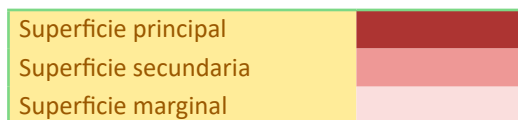
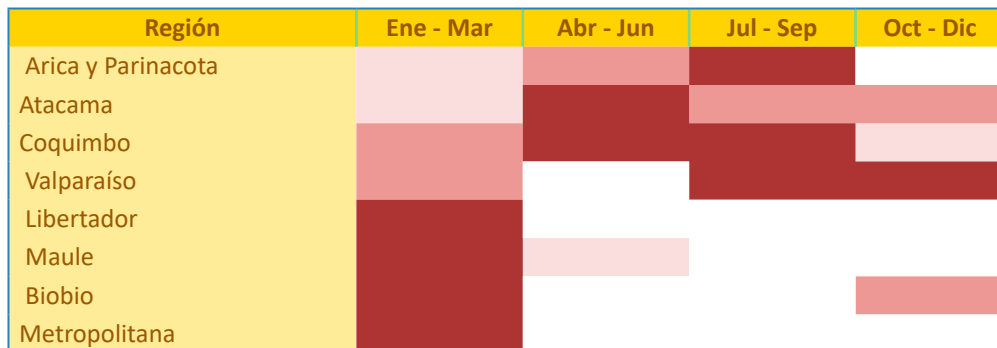


Figura 15. Épocas de cosecha e importancia relativa por regiones productoras de pimienta.

En muchas regiones se adelanta la producción de almácigos, haciéndolos protegidos, de manera de tener plantas listas para trasplante cuando ha pasado el peligro de heladas y la temperatura ambiental está mejor para un crecimiento sostenido de la planta en terreno.

Sistema de plantación

El pimiento y ají se producen a través de almácigo trasplante (raíz desnuda o raíz cubierta) y también con siembra directa, actualmente con semilla previamente acondicionada y peletizada, usando sembradoras de precisión.

El almácigo a raíz desnuda se siembra en mesas de 1 m de ancho y unos 20m de largo, en suelo que no haya tenido ningún cultivo de pimiento o ají en al menos tres años. Se hace en hileras transversales a 10 cm de distancia, usando semilla desinfectada con algún tipo de fungicida (Thiram, Captan, Benlate) y el surco se debe cubrir con tierra muy suave, si es posible mezclada con humus. Posteriormente, estas mesas deben ser cubiertas por túneles para conservar humedad y temperatura, de manera de acelerar la germinación, además de evitar daño por bajas temperaturas. Se usa aproximadamente 5 a 7 g de semilla por metro cuadrado, que rinde entre 500 a 600 plántulas trasplantables. Hay aproximadamente entre 150 a 160 semillas por gramo en *Capsicum*, dependiendo del tamaño de la semilla.

Normalmente se siembra o trasplanta en hileras únicas entre 0,70 y 1,0 m, variando la distancia sobre hilera de acuerdo a la población que se quiere obtener, pero siempre sobre camellón.

En el caso de trasplante, puede ser manual o mecánico con trasplantadora. Es importante para el éxito del trasplante la calidad de plántula y estado de desarrollo. Son varios los criterios que se pueden usar para tomar la decisión si la plántula está apta para trasplante (Figura 16a), uno es el número de hojas verdaderas (4 a 5), otro es el grosor del tallo (3 a 4 mm) y la altura de plántula (10 a 15 cm), pero en el caso de almácigo a raíz cubierta se agrega la ocupación del cubo de sustrato por la raíz, que debe estar bien llena y al sacar el cubo no debe desprenderse nada de sustrato o desarmarse el cubo (Figura 16b).



a) Plántula apta para trasplante



b) Plántula con falta de raíces

Figura 16. a) Plántula apta y en condiciones de ser trasplantada. b) Plántula con poca raíz y sustrato desprendiéndose, no apta para trasplante.

Población

La población de plantas por hectárea es muy discutida para *Capsicum*, porque varía entre 57.000 y 240.000 plantas por hectárea, con resultados de rendimiento muy interesantes. La agroindustria en Chile utiliza poblaciones de 57.200 plantas por ha, distribuidas entre hileras a 0,70 m y sobre hilera a 0,25 m. Sin embargo, se ha visto aumento de rendimiento constante hasta poblaciones de 120.000 plantas por ha, comenzando a disminuir con poblaciones mayores a 200.000 plantas, distanciadas a 1 m entre hilera. Por ejemplo, una población de 100.000 plantas en invernadero rindió 80 toneladas por hectárea de frutos, pero con 240.000 plantas solo alcanzó a 40 toneladas.

La dosis de semilla recomendada es alrededor de 1 kg por hectárea, lo que equivale a unas 150.000 semillas para semillero, esta es una cantidad mayor que la necesitada, pero se debe tener en cuenta porque la semilla tiene baja germinación y es necesario asegurar una población para trasplante.

En un ensayo realizado en el CRI Raihuen de Villa Alegre, Región del Maule en la temporada 2008/2009, donde se evaluaron cuatro poblaciones de pimiento variedad Resistant, se encontró que la tendencia de los resultados fue bastante similar, aunque se pudieron ver afectados en rendimiento por el agroclima que no es el ideal para este cultivo, por estar prácticamente en el límite sur de producción comercial de pimiento, pero no de ají.

Los resultados que se observan en la Figura 17 muestran una tendencia a incrementar el rendimiento en número y peso de pimiento fresco en la medida que aumenta la población de plantas hasta casi 90.000 plantas, donde se produjo un decaimiento del rendimiento. Esta baja de rendimiento ocurre en casi todos los cultivos de pimiento debido a dos factores: a) competencia entre plantas por espacio, luz, agua y nutrientes; b) problemas fitosanitarios debidos a falta de ventilación entre plantas, por lo tanto, queda mucha agua libre y humedad lo que favorece la acción de agentes patógenos, especialmente bacterias y hongos.

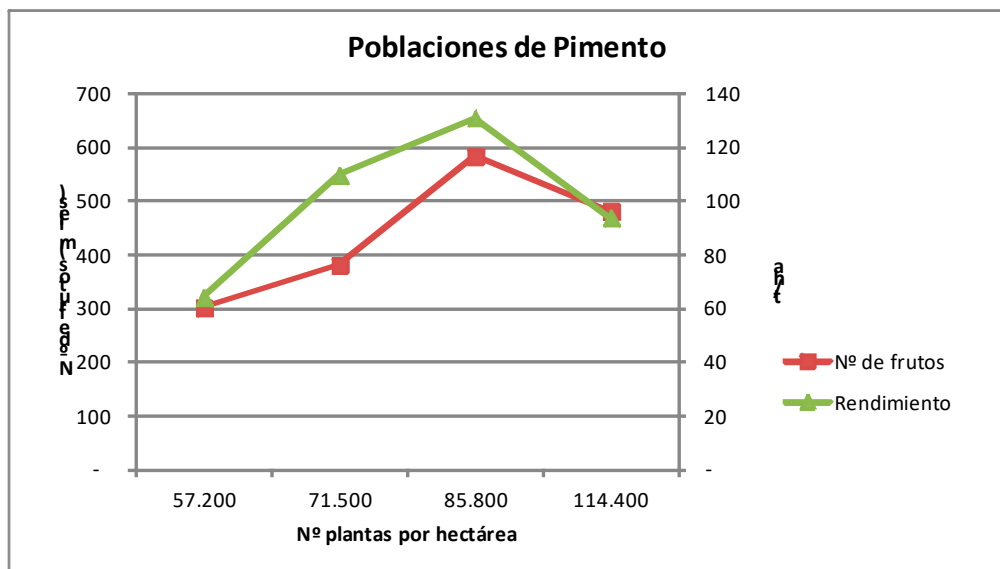


Figura 17. Rendimiento de pimiento var. Resistant cultivado en cuatro poblaciones. CRI Raihuen, Villa Alegre, Región del Maule. Temporada 2008/2009.

Las recomendaciones para obtener mejores frutos de calidad y rendimiento hablan de densidades entre 60.000 y 75.000 plantas por hectárea al aire libre y entre 25.000 y 30.000 plantas por hectárea en invernadero. Poblaciones mayores pueden tener problemas de manejo fitosanitario por falta de ventilación.

Fertilización

Una fertilización balanceada es muy importante para obtener buen rendimiento y calidad en plantas de Capsicum. Además del nitrógeno, tienen un rol muy importante el potasio y el calcio, por su participación activa en la síntesis de proteínas, activación

de fotosíntesis, transporte y almacenamiento de fotoasimilados, mejora del uso de agua, regulación estomática, forman parte de la estructura de la pared celular dando más consistencia, y muchas otras funciones claves en la fisiología de la planta que al final se transforman en la obtención de plantas de alta calidad y capacidad productiva.

Al observar el Cuadro 2, se encuentra que las mayores extracciones por frutos de pimiento son precisamente, N, K₂O y CaO (Hegde, 1997).

Cuadro 2. Extracción de nutrientes por pimiento (Hegde, 1997).

| Nutriente | Extracción (kg/T de fruto) |
|-------------------------------|----------------------------|
| N | 2,30 – 4,10 |
| P ₂ O ₅ | 0,52 – 1,03 |
| K ₂ O | 3,56 – 5,75 |
| CaO | 1,69 – 3,78 |
| MgO | 0,46 – 1,10 |

Nitrógeno

El nitrógeno (N) está relacionado directamente con la síntesis de clorofila y proteínas, por lo tanto, influye en la fotosíntesis, la cual afecta el crecimiento y desarrollo de la planta. El pimiento tiene una buena respuesta al nitrógeno, pero un exceso puede sobre estimular el crecimiento de las plantas, resultando plantas muy grandes y frondosas, pero con muy pocos frutos. Aplicaciones de N antes de trasplante e incorporado con el último rastraje genera plantas con crecimiento vigoroso, lo que asegura buena ramificación en la planta para la primera producción de fruto, además de un buen desarrollo del área foliar. Si el suelo tiene 20 ppm o más de N en el análisis de suelo, no es necesario aplicar antes de trasplantar. El N debe estar disponible para que la planta lo absorba en forma inmediata, idealmente en la forma de nitrato (N-NO₃), que es la forma en que lo prefiere. Por esto es deseable aplicar no más del 20% en forma de amonio y el restante 80% en forma de nitrato.

Un ensayo realizado por Kirnak y otros (2003) demostraron que usando cobertura plástica o mulch en el suelo incrementó la disponibilidad de N a las plantas y que ade-

más mitigó el efecto de estrés hídrico en pimiento, posiblemente al conservar mejor la humedad del suelo por menor evaporación de agua del suelo, las raíces tuvieron más disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo. Respecto a la pungencia en ajíes, Johnson y Decoteau (1996) encontraron que N aplicado al trasplante incrementó la pungencia en forma lineal, pero que iniciar la aplicación en floración no tuvo efecto sobre la pungencia de los frutos.

Es recomendable el uso de fertilizantes de entrega lenta porque extiende la disponibilidad de N en diversos periodos fenológicos de la planta y además disminuyen las pérdidas. En caso de no tener este tipo de fertilizantes, entonces las aplicaciones se deben parcializar hasta antes de la primera floración. Es importante aplicar los fertilizantes amoniacales, como urea, con suelo húmedo para favorecer la nitrificación.

La deficiencia de nitrógeno en plantas de *Capsicum* se manifiesta con un crecimiento limitado de la planta, tallos delgados y pocas ramificaciones, hojas basales de color verde amarillando y pequeñas, pocas flores cuajadas y menor número de frutos formados. Por otra parte, un exceso de nitrógeno provoca un crecimiento vegetativo exuberante, retraso en la maduración de frutos, mayor tendencia de los frutos a presentar necrosis apical y problemas de coloración en frutos maduros.

Fósforo

El fósforo (P) es otro de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, es demandado en mayor proporción en las etapas iniciales de desarrollo. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima.

La absorción radicular del P es activa y rápida. Penetra en la planta a través de las capas externas de las células de los pelos radiculares y de la punta de la raíz. El P es absorbido por la planta principalmente como ion ortofosfato primario (H_2PO_4^-) en suelos con pH inferior a 7,0; pero también se absorbe como ion fosfato secundario ($\text{HPO}_4^{=}$) en suelos básicos. Una vez dentro de la raíz, el P puede quedar almacenado en esta área o puede ser transportado a las partes superiores de la planta. A través de varias reacciones químicas el P se incorpora a compuestos orgánicos como ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfoproteínas, fosfolípidos, enzimas y compuestos fosforados ricos en energía como la adenosina trifosfato (ATP). El fósforo se comporta como elemento muy móvil que se distribuye fácilmente por toda la planta, se mueve a otras partes de la planta donde estará disponible para más reacciones en forma de iones ortofosfato y como P incorporado en los compuestos orgánicos formados.

Este nutriente tiene algunos problemas de movilidad en el suelo, por lo que se recomienda hacer una fertilización inicial fuerte con una parte importante de P y completar su fertilización a lo largo del ciclo cuando es entregado vía fertirrigación; pero al ser aplicado en forma sólida, es recomendable abonar con todo el P antes del trasplante incorporándolo al suelo. Los requerimientos de P, al igual que los demás nutrientes, dependen de las condiciones de crecimiento, variedad, densidad de siembra y rendimiento esperado, entre otros factores. En pimiento, al igual que en la mayoría de las hortalizas, la cantidad requerida de P es baja, cuando se la compara con otros macronutrientes (Hedge, 1997).

En general, en cultivo de pimiento no se detectan respuestas a la aplicación de fósforo, por lo tanto, grandes cantidades no son aconsejables ya que no se logran aumentos significativos en la producción de frutos. Sin embargo, la deficiencia de fósforo puede provocar un crecimiento limitado de la planta, pero con hojas de color verde-gris oscuro y márgenes que tienden a doblarse hacia abajo. Los frutos son más pequeños, deformes, menor cuaja y se retrasa la cosecha.

Potasio

El potasio (K) también es un nutriente esencial para las plantas y es requerido en grandes cantidades para el crecimiento y la reproducción. Se considera como el “nutriente de calidad”. El potasio afecta la forma, tamaño, color y sabor de la fruta y a otras características atribuidas a la calidad del producto.

El potasio se encuentra en los suelos como componente de la roca madre en forma de silicatos, en el interior de las láminas de la arcilla, fijado al complejo arcillo-húmico y en la disolución del suelo. Únicamente el que está en la disolución de suelo, es el asimilable por las plantas. Su absorción es activa y rápida, en forma de catión potasio K^+ .

Es un elemento muy móvil dada su solubilidad, su principal función es la de osmoregulador o sea en la regulación del agua en las plantas e interviene en mantenimiento del turgor de la célula, en la fotosíntesis; el potasio regula la apertura y cierre de las estomas, y por lo tanto regula la absorción de CO_2 . En las plantas, el potasio, desencadena la activación de enzimas y es esencial para la producción de adenosina trifosfato (ATP). El ATP es una fuente de energía importante para muchos procesos químicos que tienen lugar en las células de la planta.

Aumento en los niveles de potasio en pimiento han mostrado mejora en el número de frutos y peso individual de fruto, probablemente debido a un engrosamiento de la

pared, por lo tanto, aumenta la proporción de fruto de mejor calidad. Sin embargo, la pungencia en ají no es afectada por la fertilización con potasio (Johnson y Decoteau, 1996).

Este elemento es otro de los que se aplican completos antes de trasplante, incorporándolo con el último rastraje antes de hacer los camellones o mesas, de manera que esté disponible para las plantas desde el momento de trasplante hasta término del cultivo. La deficiencia de potasio se manifiesta también con crecimiento limitado, y en las hojas más viejas se observan manchas de color rojizo, mientras que en hojas jóvenes los márgenes de las hojas se ponen amarillos comenzando desde las puntas.

Calcio

El calcio (Ca) es un elemento que es transportado casi exclusivamente mediante flujo transpiratorio, vía sistema xilemático, es decir, su movimiento es desde los tejidos de la raíz hacia los tejidos foliares, los cuales son la principal fuente de transpiración en la planta. Es absorbido por las regiones jóvenes (insuberrizadas) de las raíces de las plantas como Ca^{+2} , siendo un elemento relativamente inmóvil, sigue el flujo transpirativo del agua y de esta manera se trasloca más lentamente a órganos que mantienen una baja relación transpirativa, tales como frutos y hojas encerradas o en expansión, que a hojas con elevada actividad transpirativa. Por esta razón, los desórdenes relacionados con deficiencia de calcio tienden a ocurrir en frutos y hojas en crecimiento (Bangerth, 1979).

A pesar de que el calcio es absorbido en grandes cantidades y su contenido en los tejidos vegetales es elevado, la concentración de Ca^{+2} libre en el citoplasma y los cloroplastos es muy baja, del orden de 1 mM. Cualquier factor que impida el crecimiento de nuevas raíces (aireación pobre, temperatura baja, enfermedades o plagas del suelo, etc.), puede inducir la deficiencia de calcio. Esto puede explicar que desórdenes relacionados con el calcio se produzcan a menudo en suelos adecuadamente provistos de calcio, y que las condiciones agroclimáticas puedan ser el factor limitante. Su absorción por la raíz es afectada por la concentración salina de la solución de suelo, principalmente debida al antagonismo con el ión sodio, y el efecto competitivo debido a elevadas concentraciones de otros cationes rápidamente absorbidos por la raíz como K^+ , Mg^{+2} , NH_4^+ , e incluso iones H^+ o Al^{+3} y factores que afectan la transpiración de la planta como temperatura del suelo/sustrato, estado hídrico del suelo, vigor radicular, humedad relativa, viento, cultivar seleccionado, etc.

El calcio es un elemento esencial responsable de la firmeza de los frutos del pimiento, además retarda la senescencia de hojas, manteniéndolas activas por un periodo

más largo de tiempo, por lo tanto, realizan un proceso continuo de fotosíntesis más prolongado para la planta. Una deficiencia de Ca produce detención del crecimiento de raíces y brotes nuevos, se detiene la división y la extensión celular, por lo tanto, el rendimiento del cultivo se ve afectado. Mantiene la integridad de las membranas celulares, por lo tanto, tiene un rol importante en el mecanismo de defensa de la planta frente a estreses externos, confiriendo alguna resistencia al ataque de patógenos debido a la firmeza del tejido y disminuyendo el deterioro de la fruta por manipulación y almacenamiento en poscosecha (Silva y otros, 2017).

El calcio puede ser aplicado como parte de mezclas fertilizantes incorporado con el último rastraje, pero también como enmienda foliar. La deficiencia se manifiesta principalmente en los frutos, donde se observan áreas quemadas café pálido en la zona distal. En el follaje, las hojas más jóvenes desarrollan márgenes amarillos, primero en las puntas siguiendo a las zonas intervenales.

Fertilizantes

Existen muchas fuentes de fertilización disponibles en el mercado, cada una posee características específicas para su uso en el cultivo, sin embargo, en su elección siempre prima el costo por unidad de nutriente. Hay muchos fertilizantes que son mezcla física y otros que son compuestos, cada uno posee bondades y deficiencias, pero una buena decisión pasa por las necesidades reales de nutrición, aporte del fertilizante y costo de ese aporte.

La base de la nutrición vegetal siempre es N-P-K, por lo tanto, se inicia la toma de decisiones con estos elementos, fundamentalmente el N. También hay que considerar el tipo de explotación que se tiene, en suelo o hidroponía, la disponibilidad local de fertilizantes sólidos o solubles, el pH del suelo, entre otros factores antes de decidir qué fertilizante adquirir. Cada fertilizante tiene sus características específicas de acción, por lo tanto, se debe informar de cuál es el más apropiado para las condiciones de suelo y cultivo.

En el Cuadro 3 se presenta un listado de fertilizantes y su aporte porcentual de nutrientes, los cuales pueden ser utilizados para fertilizar el cultivo de pimiento.

La nutrición de las plantas mediante pulverización foliar es otro elemento a utilizar para mantener las plantas balanceadas del punto de vista nutricional. La fertilización foliar es un método bueno y confiable para la nutrición de las plantas cuando la fertilización edáfica no es suficiente y/o ineficiente. Pero, es importante comprender que este método no puede sustituir al suministro de nutrientes a través de las

raíces, dado que la absorción de todos los nutrientes de las plantas a través de las hojas involucra una cantidad considerable de mano de obra con un alto riesgo de fitotoxicidad.

Cuadro 3. Fertilizantes y aporte porcentual de nutrientes.

| Compuesto Químico | Aporte de Nutrientes (%) | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|-----|--------|
| | NO ₃ | NH ₄ | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | Otros |
| Cloruro de potasio | | | | 60 | | |
| Sulfato de potasio soluble | | | | 50 | | 18 S |
| Nitrato de amonio | 16,5 | 16,5 | | | | |
| Sulfato de amonio | | 21 | | | | 22 S |
| Nitrato de calcio | 15,5 | | | | | 26 CaO |
| Fosfato Monoamónico | | | 61 | | | 12 N |
| Sulfato de magnesio | | | | | 17 | 14 S |
| Nitrato de magnesio | 11 | | | | 16 | |
| Urea | | 46 | | | | |
| Nitrato de potasio | 13,5 | | | 46 | | |
| Ácido fosfórico | | | 61 | | | |
| Superfosfato Triple | | | 46 | | | 21 CaO |
| Fosfato Monoamónico | | | 61 | | | 12 N |
| Nitrato de potasio | 13,5 | | | 46 | | |

Fuente:

La fertilización foliar tiene sus limitaciones y en algunos casos puede ser considerada excesivamente laboriosa por la cantidad de aplicaciones que se deben hacer. No obstante, a lo largo de los años ha alcanzado un lugar de privilegio en los diferentes esquemas de nutrición de las plantas, especialmente con las enmiendas cuando se producen deficiencias específicas de nutrientes. La utilización de fertilizantes altamente solubles y nutrientes puros es esencial para alcanzar el mejor comportamiento desde este enfoque.

Por otra parte, existe compatibilidad entre muchos fertilizantes foliares y pesticidas, pudiendo ser mezclados en el mismo pulverizador para ahorrar costos y mano de obra.

Riego

El pimiento posee un sistema radicular poco profundo y muy sensible a las variaciones de humedad, por lo que es importante el manejo del riego para favorecer su desarrollo. Aunque los *Capsicum* se consideran hortalizas de arraigamiento moderadamente profundo (90 a 120 cm), más de la mitad del volumen radicular se desarrolla entre los 5 y 15 cm de profundidad (Keng y otros, 1979). La densidad radicular disminuye en profundidad y rápidamente bajo los 20 cm, mientras que la distribución horizontal de raíces es más bien pobre (Morita y Toyota, 1998). Según Dimitrov y Ovtcharova (1995), *Capsicum* extrae el 70 a 80% del agua que usa a una profundidad entre 0 y 30 cm.

Métodos de riego

Son variados los métodos disponibles para distribuir el agua en el cultivo de pimiento y ají, estos van desde los muy comúnmente usados de tipo gravitacional con sus diferentes conducciones, hasta los de tipo presurizado. Cada uno tiene sus ventajas y desventajas, generalmente relativas a la eficiencia del uso de agua y costo de instalación.

En general, el cultivo de *Capsicum* se hace en hileras simples sobre un camellón, donde el surco entre camellones sirve para conducir el agua e irrigar el cultivo. El trasplante sobre terreno plano o haciendo tasas a cada planta no es recomendable, porque esta especie no tolera el exceso de humedad o aguas retenidas. Si la planta es sometida a más de 24 horas a condiciones de saturación de agua continua, probablemente morirá.

La aplicación de riego presurizado es muy conveniente, pero siempre que no sea por aspersión. Este tipo de riego, por aspersión, no es recomendable, porque mojando las hojas y frutos se favorece el desarrollo de hongos.

El riego por goteo o por cinta facilita la distribución de agua y además permite la aplicación de fertilizantes solubles y algunos pesticidas a través de la fertirrigación. El manejo de frecuencia y cantidad de agua a entregar va a depender del tipo de suelo que se tenga y el estado fenológico de la planta, para poder suplir sus necesidades reales y no someterla a estrés hídrico o a excesos de agua.

Frecuencia de riego

La frecuencia de riego depende del abastecimiento total de humedad disponible alcanzado por las raíces y de la tasa de uso de agua. La primera se ve afectada por el tipo de suelo, profundidad del suelo húmedo y, profundidad y dispersión de raíces. Pero la última se ve afectada por las condiciones climáticas como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y también por la edad del cultivo.

En el momento del transplante se recomienda dar un riego importante y a los pocos días volver a regar con el fin de conseguir el arraigue de las plantas. A partir de ese momento se debe recortar el riego, manteniendo unos niveles mínimos de humedad en el terreno con el fin de potenciar el crecimiento del sistema radicular hasta conseguir el cuajado de la primera flor y de ahí en adelante ya no puede faltarle agua al cultivo, ya que un déficit podría provocar caída de flores y frutos recién cuajados. Un exceso de riego también es perjudicial, ya que puede provocar asfixia radicular.

El riego ha de ser moderado y constante en todas las fases del cultivo, no obstante, soportan bien una falta puntual de agua. El riego por goteo resulta ideal.

La decisión del momento y volumen de riego está dada básicamente por los siguientes parámetros:

Tensión del agua en el suelo, cuya forma científica de determinarla es mediante tensiómetros a distintas profundidades. Alrededor del 75% del sistema radicular del pimiento se encuentra en los primeros 30-40 cm del suelo, por lo que será conveniente colocar un primer tensiómetro a una profundidad de 15-20 cm, que deberá mantener lecturas entre 11 y 14 cb, un segundo tensiómetro a unos 30-50 cm, que permitirá controlar el movimiento del agua en el entorno del sistema radicular y un tercer tensiómetro ligeramente más profundo para obtener información sobre las pérdidas de agua por drenaje; valores inferiores a 20-25 cb en este último tensiómetro indicarán importantes pérdidas de agua por filtración.

Otros factores a tener en cuenta son, el tipo de suelo y su capacidad de retener humedad, la evaporación del cultivo y la calidad del agua de riego, a peor calidad, mayores son los volúmenes de agua, ya que es necesario desplazar el frente de sales del bulbo de humedad.

Capsicum es un cultivo moderadamente sensible a la salinidad, por lo tanto, si se emplea aguas más salinas se debe aplicar dosis de riego suficientes para conseguir lavar de sales la zona radicular.

Consumo de agua

Como regla general, se dice que las hortalizas consumen alrededor de 2,5 cm por semana de agua de lluvia o suplementada por riego para crecer vigorosamente. Los requerimientos de riego son dependientes de la temporada de cultivo (fría o cálida), factores ambientales, tipos de suelo, tipo de riego, etc. Por ejemplo, en climas tropicales como Cuba, León y otros (1991) encontraron que el máximo rendimiento de pimiento lo obtuvieron regando a 85% de capacidad de campo, entregando un total de 1.800 m³ por ha (16 cm) en nueve riegos.

En caso de invernaderos, Chartzoulakis y Drosos (1998) encontraron que con evapotranspiración que estuvo entre 0,5 y 4,0 mm por día, el requerimiento de agua alcanzó a 34,8 cm para toda la temporada de crecimiento del cultivo.

Un consumo medio razonable de agua por día y planta varía entre 400 cc y 2000 cc, en función del clima y el estado de desarrollo de la planta. En invernadero, dada la mayor actividad de la planta y la evaporación, las cantidades aumentarán en un tercio aproximadamente. En un cultivo de pimiento de primavera (diciembre-abril), las necesidades hídricas se estiman en 1m³ por m² de superficie, aproximadamente.

Sanidad

El cultivo de ají y pimiento es bastante sensible a problemas fitosanitarios desde la siembra del almácigo hasta la poscosecha de los frutos.

Enfermedades

- Caída de almácigo

La siembra de almácigos, tanto a raíz cubierta o desnuda, si el sustrato y semillas no están esterilizado o desinfectado, las plántulas pueden ser atacadas por el complejo de hongos llamado “Caída de plantas” o “Dumping off”, donde participan una serie de patógenos, siendo los más comunes *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. y *Phytophthora* spp (Larraín y otros, 2010). Estos patógenos pueden encontrarse en el suelo o en la semilla, dominando unas especies sobre otras según la temperatura y las condiciones de humedad. Puede afectar tanto a la semilla como a la plántula, produciéndose daño en los almácigos, la semilla infectada no germina y se pudre, no hay emergencia de plántulas por sectores y en las plántulas afectadas se observan manchas marrón justo por encima y por debajo de la línea del suelo. La parte basal del tallo se estrecha y ablanda, no pudiendo soportar la plántula, la cual cae, se mar-

chita y muere. El sistema radicular se reduce y se pudre, con muy pocas o ninguna raíz secundaria.

No existen medidas curativas para esta enfermedad, sin embargo, preventivas si se deben aplicar, como desinfección de semillas, situar la almaciguera en terrenos bien drenados (en el caso de raíz desnuda), facilitar una buena ventilación de la almaciguera evitando una humedad relativa elevada. En el trasplante a raíz desnuda es recomendable desinfectar las semillas o la inmersión de la raíz o aplicar al almácigo con el riego fungicidas como propamocarb+ fosetilo, captan, metalaxil, metiram complejo, propamocarb – HCl y otros.

- Tizón o mildiu

Es una enfermedad muy cosmopolita en *Capsicum*, tal vez la principal en el país, producida por la especie *Phytophthora capsici*, un hongo Oomicete. Este es un patógeno altamente dinámico y destructivo que tiene un amplio rango de hospederos entre las hortalizas cultivadas dentro de las familias Solanaceae (ají, pimiento, tomate, berenjena), Fabaceae (poroto) y Cucurbitaceae (zapallo, melón, pepino) (Zitter, 2018). La incidencia y severidad de la enfermedad ha aumentado considerablemente en las últimas décadas.

Los síntomas varían considerablemente según el huésped, parte de la planta infectada y las condiciones ambientales. Por ejemplo, en zonas secas la infección en ají y pimiento es en general sobre las raíces y corona, las plantas infectadas tienen una lesión visible distintiva de color negro a marrón cerca de la línea del suelo. En las zonas en que las precipitaciones son más frecuentes o con mayor humedad ambiental, todas las partes de la planta son infectadas, incluyendo las raíces, corona, follaje y frutos (Soto, 2018).

Las infecciones de la raíz de la planta de pimiento causan ahogamiento de plántulas, las raíces se tornan color marrón y toman un aspecto pastoso., mientras que, en las plantas más viejas, es común ver un retraso del crecimiento, marchitez y, eventualmente, la muerte. Generalmente, las hifas no emergen de las plantas infectadas o frutos y todo lo que es visible en la superficie de una planta infectada son esporangios. Las manchas foliares pueden empezar desde abajo, con el tiempo pueden aumentar de tamaño y tomar colores bronceados. El fruto de *Capsicum* se infecta a través de la unión del tallo con el fruto, para seguir con zonas podridas del fruto color verde oscuro y húmedo, que son invadidos por los signos del patógeno que aparecen como algodonoso blanco-grisaseo. El fruto se momifica y permanece unido al tallo (Figura 18).

El control de este patógeno debe comenzar desde la siembra, seleccionando variedades que tengan resistencia o tolerancia a este patógeno, luego realizando rotaciones de suelo de al menos tres años con especies hortícolas que no sean susceptibles al ataque de este hongo. Eliminar malezas y todos los residuos de cultivos anteriores, especialmente cuando son hospederos. Evitar anegamientos o suelos muy pesados que retengan mucha agua, idealmente elegir suelos con buen drenaje (Soto, 2018).



Figura 18. Ataque de *Phytophthora capsici* en *Capsicum* y sus síntomas típicos.

Existen algunos productos que pueden realizar un buen control químico, aplicados en el momento y dosis precisa, pero además con una rotación de ingredientes activos apropiada, de manera de no seleccionar poblaciones de hongos tolerantes al fungicida. En el Cuadro 4 se indica una serie de ingredientes activos que tienen efecto en el control de este patógeno en *Capsicum*.

Cuadro 4. Ingredientes activos y producto comercial de fungicidas para control de *Phytophthora capsici* en pimiento y ají, autorizados por el SAG (2019).

| Ingrediente Activo | Producto Comercial |
|---------------------------------|--|
| Benomilo | Benex Benomyl 50 PM Polyben 50 WP Benomyl 50% WP |
| Dimetomorf + Mancozeb | Acrobat MZ 630 WP |
| Fosetil aluminio | Aliette 80% WP |
| Metalaxil + Mancozeb | Metalaxil-Mz 58 WP Mancolaxyl Unilaxyl Crater MX 70% WP |
| Metalaxil + Oxicloruro de Cobre | Metalaxil Cobre |

- Oidio

Esta enfermedad causada por el patógeno *Leveillula taurica*, ascomicete del orden Erysiphe, es más común en *Capsicum* cultivado en invernadero, donde hay alta humedad relativa y temperatura. Las condiciones óptimas de desarrollo de la enfermedad son temperatura entre 20-25° C y 50-70% de humedad relativa.

El signo está constituido por una masa de micelio, conidios y conidióforos de color ceniza claro que se observan en la cara inferior de las hojas y se corresponden en el haz con manchas cloróticas (Larraín y otros, 2010). Los primeros síntomas siempre aparecen en las plantas más maduras y en las hojas más viejas que son más susceptibles al patógeno. A medida que la enfermedad avanza los síntomas aparecen en las hojas más nuevas y las manchas cloróticas se van uniendo, surgiendo áreas necróticas que pueden observarse también en la parte superior de las hojas. Generalmente, produce caída de hojas (Figura 19a).

El patógeno se propaga a través de los conidios que son transportados por el viento. Por lo tanto, es recomendable remover y eliminar malezas, permitir una ventilación apropiada, eliminando las hojas basales para permitir el flujo de aire libre y reducción de la humedad relativa local. La rotación de cultivos también es una práctica necesaria, junto con la elección de variedades que presenten algún grado de tolerancia o resistencia a esta enfermedad.

El control químico puede estar dado por ingredientes activos como: azufre, benomil, triadimefon, myclobutanilo, penconazol, trifloxystrobin + cyproconazole.

- Moho gris o *Botrytis*

Las enfermedades causadas por *Botrytis cinerea* quizá sean las más comunes y más ampliamente distribuidas entre las hortalizas cultivadas al aire libre e invernadero. Estas enfermedades aparecen principalmente en forma de tizones en inflorescencias y pudriciones del fruto, pero también como pudriciones del tallo, marchitamiento de las plántulas, manchas foliares y como pudriciones de raíces. Bajo condiciones húmedas, el hongo produce una capa de moho gris sobre los tejidos afectados. Puede atacar inclusive una vez cosechado el fruto en almacenamiento (Figura 19b).

Botrytis inverna en el suelo en forma de esclerocios o de micelio, el cual se desarrolla sobre restos de plantas en proceso de descomposición. Al parecer, este hongo no infecta a las semillas, pero puede propagarse con las semillas contaminadas mediante esclerocios del tamaño de esas semillas o sobre restos de plantas a los que ha infectado. Las etapas de invernación también se propagan mediante cualquier cosa que mueva el suelo o los restos vegetales que pudieran portar esclerocios o micelio del hongo (Larrain y otros, 2010).

Las condiciones que favorecen la aparición de esta enfermedad son la temperatura, la humedad relativa y fenología del cultivo. La humedad relativa óptima para el desarrollo de la enfermedad oscila alrededor del 95% y la temperatura entre 17°C y 23°C para que se desarrolle adecuadamente, esporule, libere y germinen sus esporas y para que produzca la infección.

El manejo adecuado de la ventilación es una de las tareas más importantes para prevenir la infección con este hongo, como realizar oportunamente poda y deshojado de plantas, también es favorable la eliminación de plantas y frutos afectados. Fertilización balanceada es necesaria para evitar un exceso de vigor en la plantación, lo que facilita la presencia de la enfermedad. Evitar la presencia de agua libre sobre el cultivo.

Respecto a control químico, se pueden hacer aplicaciones preventivas después de una lluvia o días con humedad relativa muy alta, así como también curativas con ingredientes activos del tipo benomil, mancozeb, carbendazima, thiuram (TMTD), iprodione, tiofanato metil, procymidone, clortalonil, ciprodinil + fludioxonil.



a) Oídio (*Leveillula taurica*)



b) Moho gris (*Botrytis cinerea*)

Figura 19. Imágenes de Oídio y Moho gris en pimiento.

- **Virosis**

En general las virosis presentan sintomatologías asociadas a cambios de coloración en hojas (moteado y mosaicos). Deformación de hojas o frutos, enanismo o crecimientos anormales de parte o toda la planta. En frutos se pueden presentar manchas cloróticas, amarillentas o necróticas.

Según estudios realizados por Sepúlveda y otros (2005), los virus con mayor presencia en pimiento en la zona centro norte de Chile, son Virus del mosaico del pepino (*Cucumber mosaic virus*, CMV), Virus del bronceado del tomate (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV), Virus del mosaico de la alfalfa (*Alfalfa mosaic virus*, AMV) y Virus Y de la papa (*Potato virus Y*, PVY). Según este estudio se pudo caracterizar que CMV presenta deformación de las hojas (filiformes y mosaicos), los frutos presentaron en algunas ocasiones leves decoloraciones. Los síntomas de TSWV fueron principalmente anillos cloróticos en hojas y frutos, aborto de frutos recién cuajados. Las plantas afectadas por AMV presentan un mosaico amarillo blanquecino. Los principales vectores son el trips de California (*Frankliniella occidentalis*), pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*) y el pulgón de la papa (*Macrosiphum euphorbiae*).

Las estrategias de control son la utilización de cultivares resistentes, mantener un estricto control de insectos vectores y eliminar inmediatamente plantas con sistemas de virosis.

Plagas

Respecto a plagas que afectan al pimiento, estas varían su importancia de acuerdo a la región agroecológica y al tipo de cultivo, al aire libre o invernadero. En general, se repiten bajo todo ambiente las mismas plagas como pulgón, trips, mosquita blanca, gusanos cortadores, polillas y minahojas, pero el grado de intensidad de sus ataques varía bastante según la zona que se encuentre el cultivo.

- Mosquita blanca

Actualmente en *Capsicum* se encuentran dos especies, *Trialeuroides vaporariorum* y la recientemente introducida al país *Bemisia tabaci*. Ambas son de importancia en la transmisión de virus más que por el daño intrínseco que puedan causar por su tipo de alimentación en la planta. Presentan mayor importancia y daño en invernaderos, siendo en la Región de Arica y Parinacota una de las plagas principales en cultivo de pimiento. En la zona Centro Norte es de menor importancia, pero está presente y debe ser controlada.

La succión de savia en la planta, por individuos adultos y larvas, provoca un debilitamiento de la planta e incluso con la presencia de poblaciones numerosas, marchitamiento de las hojas. Cuando las mosquitas se alimentan, la savia que no aprovechan sale en forma de melaza, la cual sirve de soporte a la formación de fumagina o cubierta negra en hojas y frutos, que es la utilización de estos compuestos azucarados por hongos saprófitos. La capa formada reduce la fotosíntesis y la respiración produciendo debilitamiento de la planta, manchando frutos, incrementando los costos de poscosecha y el disminuyendo el valor comercial de la producción (Figura 20a). Además, las mosquitas blancas son eficientes vectores de muchos virus que atacan a *Capsicum* (Estay y Vitta, 2018).

Tiene diferentes métodos de control, pero la integración es lo más apropiado, especialmente si se fomenta la actividad de los enemigos naturales. Se pueden tomar diversas medidas en invernaderos para evitar el ingreso de especímenes, tales como aseo del invernadero, eliminando malezas y restos de cosechas anteriores dentro y en los alrededores. Poner mallas dobles en todas las ventilaciones del invernadero y el ingreso debe ser restringido con puertas dobles. Instalación de trampas cromáticas en diferentes puntos para monitorear la presencia de la plaga y decidir, de acuerdo al número de individuos capturados la aplicación de productos químicos. Al aire libre, además del monitoreo y eliminación de malezas en los alrededores del cultivo, la aplicación de productos químicos es necesaria cuando está presente la plaga evaluada en trampas cromáticas amarillas. Los ingredientes activos que se usan para controlar esta plaga se presentan en el Cuadro 9, donde se puede observar que hay

químicos específicos para este insecto, como hay otros de más amplio espectro que cubren varias especies, la decisión de cual usar está en la complejidad del problema y si existen otras plagas que estén afectando el cultivo con daño económico.



a) Mosquita blanca



b) Daño de trips

Figura 20. Daño por ataque de mosquita blanca y trips en pimiento.

- Trips

Los trips presentes en *Capsicum* son de la especie *Frankliniella occidentalis*, la cual pertenece al orden de los Tisanopteros. Esta plaga la causa tanto la larva como el adulto, su importancia se debe a los daños que produce y a que transmite el virus del bronceado del tomate, que causa pérdidas graves en el pimiento. Parece ser originario de América del Norte y está muy extendido por todo el mundo debido a su gran variedad de alimentación. En Chile se encuentra en todo el país, aunque no es una plaga de importancia mayor en pimiento o ají por su daño directo a la planta, pero si lo es en forma indirecta con la transmisión de virus (Figura 20b).

Son insectos pequeños que miden entre 1 y 2 mm de longitud con una coloración que varía del marrón oscuro al amarillo claro. Saltan, vuelan y se desplazan con gran agilidad de un lugar a otro. Como adulto, produce lesiones en frutos, hojas y flores debido a su aparato bucal y a la oviposición. Al picar los tejidos y succionar el contenido de las células vegetales, la zona afectada adquiere primero un color plateado y posteriormente muere. La oviposición se realiza primero sobre hojas jóvenes y luego en las flores, porque se sienten atraídos por el polen, donde nacen las primeras larvas que se alimentan picando los tejidos para extraer los jugos celulares. En una

misma planta se pueden encontrar todos los estados del insecto en frutos, hojas y flores. Cuando la hembra coloca los huevos en el interior de los tejidos vegetales, provoca pequeñas heridas que secan la zona afectada. Tienen varias generaciones por año (Estay y Vitta, 2018).

Las larvas pueden adquirir el virus del bronceado del tomate (TSWV) y una vez que pasan a estado adulto infectan el cultivo de pimiento. Se manifiesta en forma de manchas circulares con muerte del tejido, tanto en hojas, flores y frutos. Posteriormente, las plantas dejan de crecer, pierden su coloración natural y se deforman. La magnitud del daño puede variar entre pérdida de rendimiento hasta destrucción total del cultivo.

Pasan el invierno en forma de hembra adulta en una gran variedad de malezas. La oviposición que realiza en las hojas, flores o frutos tienen un periodo de incubación de huevos de 4 días a 26°C y el desarrollo de las primeras larvas de 6 días a 26°C, aunque ambos varían según la temperatura.

Las larvas empiezan a alimentarse en cuanto emergen siendo la temperatura mínima de desarrollo de 10°C y la máxima de 35°C, sobre esta las larvas mueren. Pasado el estado larvario, se dejan caer al suelo, donde siguen desarrollándose hasta llegar a adultos. La velocidad de desarrollo depende de la temperatura y humedad, siendo de 3 a 5 días a 26°C. Los adultos se alimentan de polen, hojas y flores, después continúan su desarrollo y alcanzan la madurez sexual y empiezan a volar. La proporción de machos es menor que la de las hembras. En invernadero, el tiempo total de ciclo es de 14 días a 26°C.

El monitoreo de esta plaga se realiza con trampas cromáticas azules, donde se pueden contar los individuos adultos atrapados y decidir el método de acción a seguir para su control. Un paso básico en la prevención es la eliminación de malezas y restos de cultivos anteriores, que sirven de reservorio a los estados de conservación de esta especie. Se debe tener mucho cuidado con los enemigos naturales del trips, como lo son unos ácaros del género *Amblyseius* y los Heterópteros del género *Orius*, evitando hacer aplicaciones de químicos excesivas o sin necesidad cuando están presentes en forma natural o han sido liberados de como producto comercial en el cultivo.

La aplicación de productos químicos no es simple para controlar eficientemente al trips, deben utilizarse insecticidas de contacto-ingestión que accedan directamente a los insectos, ya que por su tipo de alimentación (picador-succionador) la acción de los insecticidas sistémicos queda bastante limitada (Cuadro 5). La eficacia de las aplicaciones químicas se basa en la alternancia de materias activas para evitar la pro-

liferación de resistencias, en la adecuada aplicación del plaguicida y en la realización en los momentos adecuados.

- Gusanos cortadores

Hay muchas especies de gusanos cortadores que participan en los ataques que causan daño a las plantas de *Capsicum*, ellos son larvas de una gran familia de polillas, entre las que se encuentran principalmente *Agrotia bilitura*, *Agrotis ípsilon*, *Agrotis hispidula*, *Feltia malefida* y *Peridroma saucia* (Giaconi y Escaff, 1998).

El daño principal ocurre una vez que la plántula es trasplantada, donde las larvas se alimentan de los tallos tiernos cortando la plántula completamente o cortando parcialmente el tallo y la plántula muere. En plantas adultas el daño es en raíces, por destrucción o galerías que hacen las larvas, lo que facilita el ingreso de patógenos a la planta.

El adulto realiza las posturas de huevos en primavera, sobre hojas de los cultivos, malezas o en el suelo; el periodo de incubación depende de la temperatura, variando en condiciones normales de dos días a dos semanas. Pasa por seis a siete estados larvarios, la larva mide alrededor de 3 a 5 cm de longitud, se alimenta por la noche, el tiempo de desarrollo larvario se estima en 25 a 30 días. Puede tener una única generación en climas templados, aunque a veces pueden aparecer dos. Pupan en el suelo, variando su tiempo de 1 a 8 semanas según la temperatura. Las polillas tienen un periodo de vida de entre 12 a 25 días y pueden poner 500 a 1.000 huevos. Las posturas de huevos son nocturnas en hojas o en el suelo, oviponiendo entre 80 y 500 huevos por postura.

Para su control, de manera preventiva se recomienda eliminar malezas en el cultivo y alrededores, con el fin de evitar focos de infecciones y dificultar la oviposición. También, se debe manejar las fechas de trasplante para escapar a los periodos de mayor actividad de estos lepidópteros. En invernaderos es necesario poner mallas en las entradas, lucarnas y ventilaciones para evitar que entren adultos volando, además de poner trampas con feromonas para monitorear el número de adultos que andan volando.

Se debe favorecer la presencia de enemigos naturales que consumen huevos y larvas, u oviponen en las orugas, evitando aplicar productos químicos y usar productos biológicos como *Bacillus thuringiensis*.

El control químico se puede realizar con diferentes formulaciones y estrategias de aplicación, como iniciando las aplicaciones al suelo e incorporando el producto con

el último rastraje, luego del trasplante aplicar cebos preparados con salvados, azúcar, agua y el insecticida. Los ingredientes activos para el control de esta plaga se muestran en el Cuadro 5.

- Gusanos de follaje y fruto

Varias especies de polillas conforman las principales plagas presentes en *Capsicum* consumiendo hojas y frutos, muchas de ellas son comunes con otros cultivos de solanáceas como tomate y papa, como *Tuta absoluta*, pero también está presente *Heliothis zea* o Gusano del choco. Estas plagas se ven más comúnmente en la Región de Arica y Parinacota en pimiento, pero también son observadas en otras regiones con menor grado de virulencia (Larain y otros, 2010).

Las orugas de estas especies se alimentan de los brotes, hojas y frutos de pimiento y ají causando un debilitamiento de la planta. Por otra parte, al ingresar al fruto y consumir parte de estos, inducen a podredumbres fungosas las cuales pueden contaminar otras frutas sanas. Los adultos oviponen en el envés de las hojas tiernas, generalmente de noche por el hábito nocturno de los adultos.

El control preventivo es muy similar al de los gusanos cortadores, también es fundamental colocar trampas con feromonas en campo e invernaderos para monitorear la presencia y cantidad de polillas adultas, así tomar la decisión de aplicar pesticida en forma racional. Las aplicaciones con bomba son muchas veces necesarias con los productos que se presentan en el Cuadro 5, para mantener las poblaciones de adultos bajas y evitar el daño de sus larvas a plantas y frutas de *Capsicum*.

- Minahojas

En este caso la principal especie es un Díptero de la familia Agromizidae llamada *Liriomyza huidobrensis*, cuyas larvas se alimentan realizando galerías en las hojas y tallos de los *Capsicum*. No es una plaga de mayor importancia en el país, pero está presente y causa algún daño económico si no es controlada apropiadamente.

El daño lo causan adultos y larvas, las cuales consumen el tejido por dentro de la lámina de la hoja haciendo galerías, mientras que los adultos clavan el oviscapto oviponiendo dentro del tejido foliar y alimentándose de la savia que exuda la perforación, siendo estas heridas causales de pudriciones.

Para su control existen enemigos naturales, por lo tanto, hay que observar si están presentes antes de aplicar un insecticida específico, de los que se presentan en el Cuadro 5.

- Pulgones

Son varias especies de pulgones o áfidos las que atacan el cultivo de *Capsicum*, entre las que se distinguen mayormente el Pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*), Pulgón del algodón (*Aphis gossypii*) y Pulgón de la papa (*Macrosiphum euphorbiae*). Estos áfidos son muy cosmopolitas y polífagos, teniendo muchas especies como hospederos. Están presentes en cultivos al aire libre y en invernadero, siendo en ambos ambientes bastante dañinos si no son controlados por la succión que producen al alimentarse de la savia de las plantas debilitándolas y además transmitiendo virus como vectores (Estay, 2003).

Estas especies son bastante fecundas, se multiplican por oviposición y en forma vivípara, produciendo muchas generaciones por temporada mientras las condiciones ambientales les son favorables.

Poseen muchos enemigos naturales, por lo tanto, hay que revisar las trampas cromáticas amarillas si hay presencia de pulgones y enemigos naturales, aplicar químicos sólo si hay poblaciones muy altas, pero es fundamental mantener el cultivo libre de malezas dentro y en los alrededores. El control químico se debe realizar usando una rotación de ingredientes activos (Cuadro 5) para evitar que sobrevivan individuos resistentes a alguno de estos. En invernadero, estos deben ser manejados de la misma manera en que se recomendó para Mosquita Blanca, con cierres y mallas antiáfidos.

Cuadro 5. Principales plagas del cultivo de *Capsicum* y los ingredientes activos de productos para su control (Autorizados por el SAG, 2018).

| Ingrediente Activo | Gusanos Cortadores | Minahojas | Mosquita Blanca | Polillas | Pulgones | Trips |
|--------------------|--------------------|-----------|-----------------|----------|----------|-------|
| Abamectina | | | | | | |
| Acetamiprid | | | | | | |
| Alfacipermetrina | | | | | | |
| Azadirachtina | | | | | | |
| Azinphos Metil | | | | | | |
| Carbaryl | | | | | | |
| Chlorpyrifos | | | | | | |
| Cipermetrina | | | | | | |
| Ciromazina | | | | | | |
| Diazinon | | | | | | |
| Dimetoato | | | | | | |
| Esfenvalerato | | | | | | |
| Fenvalerato | | | | | | |
| Gammacihalotina | | | | | | |
| Imidacloprid | | | | | | |
| Lambdacihalotrina | | | | | | |
| Malathion | | | | | | |
| Metamidofos | | | | | | |
| Metomil | | | | | | |
| Novaluron | | | | | | |
| Oxamilo | | | | | | |
| Permetrina | | | | | | |
| Pirimicarb | | | | | | |
| Profenofos | | | | | | |
| Thiometoxan | | | | | | |

Malezas

Las malezas tienen un fuerte efecto en el cultivo de pimiento y ají debido a competencia por luz, espacio, agua y nutrientes, pero además son reservorio de plagas y enfermedades, las cuales pueden pasar al cultivo y dañarlo seriamente. Estas hortalizas, después de ser trasplantadas, tienen un periodo largo de crecimiento antes de ser competitivas con las malezas, hasta los 50 días aproximadamente, pero el daño más fuerte puede ocurrir entre los 25 a 35 días después de trasplante (Smith y Le Strange, 2005).

Los métodos de control en este cultivo son variados, pero lo más recomendable es una estrategia de control integrado, utilizando aquellos más amistosos con el medio ambiente y de menor costo. Estrategias hay muchas, así como combinaciones de acciones para tener un cultivo limpio y sano. Sin embargo, un punto de partida es el manejo cultural del cultivo de pimiento, siendo la rotación de cultivos muy importante para mantener poblaciones de malezas baja. No se debe plantar pimiento o ají después de haber tenido en el mismo potrero estos cultivos, por dos razones fundamentales, la primera es sanitaria por plagas y enfermedades, y la segunda por el manejo de malezas, porque las especies que sobrevivan continuarán presentes y colonizando con mayor espacio para desarrollarse al no tener mayor competencia con otras especies que fueron eliminadas. Esto es seguido de un control mecánico a través de una preparación de suelos oportuna y anticipada, de manera de eliminar malezas emergentes y desechos de otras plantas. Aquí se puede aplicar un herbicida de pre siembra (Cuadro 6) e incorporarlo con el último rastraje antes de armar las mesas. Sin embargo, también es posible aplicar un herbicida de amplio espectro (Cuadro 6) antes de iniciar el movimiento del suelo para eliminar todas las malezas que crecieron durante el tiempo de barbecho.

El almácigo, preferentemente en cepellón porque viene limpio sin semilla de malezas, se puede aplicar un herbicida de pre-emergencia antes de trasplantar y dar un riego para que se incorpore. Ideal es utilizar riego presurizado para evitar la distribución de semilla de malezas por el agua de los canales. En caso de riego gravimétrico, cultivar entre hileras cada vez que las malezas estén emergidas. También el uso de herbicidas de pos emergencia para este caso es recomendable.

Cuadro 6. Ingredientes activos y nombres comerciales de herbicidas autorizados por el SAG, 2019.

| Ingrediente activo | Nombre comercial | Modo de acción | Época de aplicación | Acción sobre especies |
|---|---|------------------------------|------------------------------|--|
| Cletodima | Centurion 240 EC, Centurion Super, Fortaleza 24% EC | Sistémico selectivo | Pos emergencia | Gramíneas anuales y perennes |
| Dicloruro de Paraquat | Gramoxone Super, Paraquat 276 SL Agrospec, Igual, Escolta 276 SL | Contacto no selectivo | Pos emergencia | Gramíneas y hoja ancha, anuales y perennes |
| Dicloruro de paraquat / Dibromuro de diquat | Farmon | Contacto no selectivo | Pos emergencia | Amplio espectro |
| Glifosato-Monoamonio | Rango 75 WG, Rangoclan 75 WG | Sistémico no selectivo | Pos emergencia | Amplio espectro |
| Oxadiargilo | Raft 400 SC | Suelo activo | Pre emergencia | Anuales hojas anchas |
| Oxifluorfenó | Galigan 240 EC, Enmark | Contacto residual | Pre y Pos emergencia | Gramíneas y hoja ancha anuales |
| Pendimetalina | Spectro 33 EC, Herbadox 45 CS, Pendimetalin 33% EC, Oriol 400 EC, Mazik | Sistémico residual selectivo | Pre siembra y pre emergencia | Gramíneas y hoja ancha anuales y perennes de semilla |
| Propaquizafop | Agil 100 EC | Sistémico selectivo | Pos emergencia | Gramíneas anuales y perennes |
| Quizalofop-etilo | Flecha 9.6 EC | Sistémico selectivo | Pos emergencia | Gramíneas anuales y perennes |
| Quizalofop-p-etilo | Assure Pro | Sistémico selectivo | Pos emergencia | Gramíneas anuales y perennes |
| Quizalofop-p-tefurilo | Sector - T | Sistémico selectivo | Pos emergencia | Gramíneas anuales y perennes |
| S-Metolacoloro | Dual Gold 960 EC | Selectivo | Pre siembra y pre emergencia | Gramíneas y alguna hoja ancha anuales |
| Trifluralina | Treflan | Residual suelo activo | Pre siembra | Gramíneas y hoja ancha anuales y perennes de semilla |

Pero, el uso de mulch o coberturas es más recomendable, mejora la temperatura

del suelo y favorece el desarrollo de raíces, evita el crecimiento de malezas y mejora la eficiencia de uso de agua y fertilizantes. Se puede utilizar malla antimalezas o plásticos de colores. La ventaja de la malla antimalezas es la utilización por varios años, tiene mejor ventilación y no se acumula exceso de humedad, tampoco genera exceso de temperatura desde el suelo hacia la planta. Todos los sistemas que usen coberturas necesitan fertirrigación para mejorar la eficiencia de producción. Además de las ventajas mencionadas anteriormente, se obtienen cosechas de frutos más limpios, se facilita la cosecha en campo al tener sobre hileras despejadas y es más fácil realizar aplicaciones para controlar plagas y enfermedades o aplicar otros compuestos de mejora de calidad de planta y fruta.

Índice de cosecha

En esta especie el índice de cosecha varía bastante dependiendo de la finalidad de la producción. Se pueden cosechar completamente verdes, semi maduros con tonalidades verdes y color, o completamente maduros con color completamente formado. La agroindustria decide qué tipo de cosecha necesita para procesar, aunque generalmente se cosecha el primer fruto verde en pimiento para estimular la generación de nuevas flores y mejorar la maduración de los siguientes frutos.

En el caso de ají, el momento de cosecha va a depender mucho del tipo de ají que se cultiva y de la manera que se consume, por ejemplo, los de tipo Anaheim, Yellow Wax y Jalapeños, se consumen mayoritariamente inmaduros, mientras que la mayoría de los otros tipos se consumen completamente maduros y secos.

PRODUCTIVIDAD

Rendimiento

El cultivo de pimiento ha tenido un gran incremento de rendimiento en el tiempo, tanto al aire libre como en invernadero, a causa de la mejora genética de las variedades híbridas y de un manejo agronómico más eficiente. En los años 70 a 80 se hablaba de rendimientos del orden de 15 a 20 t/ha en el país, mientras que en la actualidad el promedio nacional está en 36,9 t/ha, variando entre las diferentes regiones productoras, como se observa en el Cuadro 7. El rendimiento mayor lo presenta la Región de Arica y Parinacota con 46,5 t/ha, pero corresponde a superficies pequeñas con un muy buen manejo, cuya producción es casi 100% para consumo fresco. La Región Metropolitana muestra el promedio menor con 29,3 t/ha, donde la superficie es mayor y su destino es tanto para consumo fresco como para agroindustria.

Cuadro 7. Rendimiento promedio nacional de pimienta y por regiones productoras. Temporada 2008/2009. Fuente ODEPA 2010.

| Región | Rendimiento promedio (kg/ha) |
|--------------------|------------------------------|
| Arica y Parinacota | 36.960 |
| Atacama | 46.500 |
| Coquimbo | 32.450 |
| Valparaíso | 35.020 |
| O'Higgins | 42.400 |
| Maule | 45.900 |
| Biobío | 32.980 |
| Metropolitana | 29.320 |
| Promedio Nacional | 36.960 |

Hay agricultores que logran rendimientos de 50 y 60 t/ha, a nivel del promedio de España (48,6 t/ha promedio nacional) donde los agricultores alcanzan rendimientos entre 28 y 65 t/ha.

En un ensayo de evaluación de variedades comerciales en el CRI La Platina (RM) se analizaron 19 variedades de pimienta roja y 5 amarillo. Los rendimientos fluctuaron entre 15 y 34 t/ha para variedades de pimienta roja (Cuadro 8) y 22 a 33 t/ha para amarillo como promedio de dos temporadas de evaluación (Cuadro 9). Estos resultados estuvieron dentro del promedio que se obtiene en la Región Metropolitana y se pudo observar que los híbridos Aristotele y Aurelio destacan con el mejor rendimiento, mientras que la variedad Tirano tuvo un rendimiento similar a California Wonder, variedad de polinización abierta antigua que fue usada como testigo. Dentro de las variedades se incluyeron dos con resistencia a *Phytophthora*, Resistant y Phytosun R, ambas tuvieron un comportamiento dentro del promedio del ensayo, aunque durante este no hubo ataque de este hongo en el cultivo.

Cuadro 8. Rendimiento promedio de dos temporadas (2008/2009 y 2009/2010) de 19 variedades comerciales de pimiento rojo. CRI La Platina, Región Metropolitana.

| Variedad | kg/ha |
|-------------------|--------|
| Aristotele F1 | 34.350 |
| Aurelio F1 | 33.733 |
| Paloma F1 | 33.051 |
| Olímpico F1 | 30.721 |
| Impacto F1 | 28.594 |
| Tambora F1 | 28.480 |
| CLX-225 F1 | 27.833 |
| Cherokee F1 | 26.707 |
| Calahorra | 25.934 |
| Resistant | 25.504 |
| Phytosun R | 24.881 |
| Volga F1 | 24.580 |
| Capistrano F1 | 23.858 |
| Barón F1 | 21.507 |
| Platero F1 | 21.329 |
| Indra F1 | 19.496 |
| Stanley F1 | 19.350 |
| Tirano F1 | 15.871 |
| California Wonder | 15.253 |

En cuanto a variedades de color amarillo (Cuadro 9), destacó Snowdon con 33 t/ha, aunque el resto de las accesiones evaluadas estuvieron muy parejas en su rendimiento. Este tipo de variedades de color tienen buen rendimiento en general, muy parecido a los mejores de las variedades rojas.

Cuadro 9. Rendimiento promedio de dos temporadas (2008/2009 y 2009/2010) de 19 variedades comerciales de pimiento amarillo. CRI La Platina, Región Metropolitana.

| Variedades | Kg/ha |
|------------|--------|
| Snowdon F1 | 33.044 |
| Whitney F1 | 25.930 |
| BSS-518 F1 | 23.391 |
| Finita F1 | 22.741 |
| Favolor F1 | 21.912 |

En otro ensayo durante la temporada 2009/2010, se evaluaron 10 variedades de pimiento en tres diferentes regiones agroecológicas: La Platina (RM), Panquehue (Región de Valparaíso) y Villa Alegre (Región del Maule). Como se observa en la Figura 21, el mejor rendimiento se produjo en Panquehue con casi todas las variedades, excepto California Wonder, la mayoría de las variedades tuvieron rendimientos sobre 45 t/ha. En Villa Alegre, el rendimiento promedio estuvo aproximadamente en 35 t/ha, mientras que en La Platina cayó a 30 t/ha.

El comportamiento de Aristotele y Capistrano fue bastante homogéneo en las regiones de Valparaíso y del Maule, pero se observa mayor rendimiento de Indra en la Región de Valparaíso. En la Región Metropolitana destaca Paloma y el testigo Fyuco, variedad antigua de polinización abierta argentina con resistencia a *Phytophthora*. La otra variedad resistente, Resistant, también tuvo un comportamiento de rendimiento bastante homogéneo. La variedad Fyuco, sin presentar los mejores resultados en ninguna de las regiones, fue la de rendimiento más uniforme, entre 35 y 40 t/ha en los tres ensayos, por lo que se puede deducir que su comportamiento es bastante estable bajo diferentes condiciones, sin embargo, los híbridos mostraron adaptación más específica a cada región, reflejada en rendimiento. Por lo tanto, los agricultores pueden tener un abanico de variedades con muy buen comportamiento específico para sus condiciones agroclimáticas de donde elegir y tomar decisiones de qué sembrar. Estos rendimientos van muy ligados a un paquete tecnológico para poder llegar a expresar el potencial total de las variedades, donde juegan papeles importantes la población, fertilización y riego.

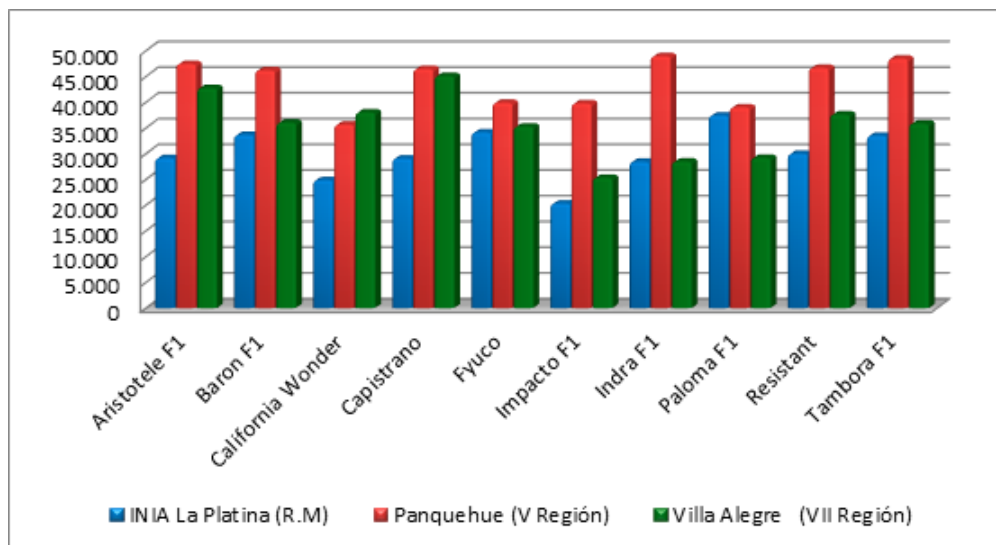


Figura 21. Promedio de rendimiento (kg/ha) de 10 variedades de pimiento rojo en tres zonas agroecológicas (Región Metropolitana, R.M., Región de Valparaíso, V Región y Región del Maule, VII Región), temporadas 2008/09 - 2009/10.

El rendimiento de ají es bastante menor comparado con pimiento dentro de *Capsicum*, aunque en California (EEUU) obtienen 40 a 45 t/ha de tipo Jalapeño. En Chile, es común un rendimiento entre 12 y 15 t/ha, pero hay un potencial mayor de producción, como se puede apreciar en el Cuadro 10, donde se muestra un ensayo de variedades realizado en el CRI La Platina (RM) en la temporada 2008/2009. La variedad de mayor consumo en fresco en el país es tipo Cristal y se observa que su rendimiento alcanzó a 33 t/ha, expresando un gran potencial de producción. En rendimiento de ají es muy difícil comparar entre tipos, puesto que cada tipo y variedad tiene un potencial diferente, más aún si las condiciones agroclimáticas son variadas, sin embargo, estos resultados permiten tener una visión del potencial de los tipos evaluados y variedades.

En general, las plantas de ají son más fructíferas que los pimientos, pero con menor peso individual por fruto, ya que los tipos que se producen en el país son en su mayoría de tipo cónico medianamente delgado y de pulpa no muy gruesa, como es el caso de los Anaheim o “Cacho de Cabra” que se usan en la preparación de merken o para polvo de ají seco.

Cuadro 10. Promedio de rendimiento (kg/ha) de cinco variedades de ají, durante las temporadas 2008/2009 y 2009/2010, CRI La Platina, RM.

| Variedad | Tipo | Rendimiento (kg/ha) |
|----------|------------|---------------------|
| G-76 | Anaheim | 28.475 |
| Mitla | Jalapeño | 31.077 |
| Grande | Jalapeño | 27.142 |
| Inferno | Yellow Wax | 22.486 |
| Cristal | Yellow Wax | 33.270 |

Rendimiento Industrial

El rendimiento industrial, en la mayoría de las especies para proceso, está basado en el contenido de materia seca y sólidos solubles, sin embargo, en el caso de pimiento es importante también el grosor del pericarpio, especialmente si el destino es conserva.

El fruto de *Capsicum* es voluminoso, hueco en el centro y el contenido de sólidos se concentra en el pericarpio, por lo tanto, el rendimiento por volumen procesado es bastante bajo.

Una evaluación realizada del contenido de sólidos solubles de frutos maduros en tres regiones, para 10 variedades de pimiento rojo, mostró en general valores más altos en la Región Metropolitana, seguido de la Región del Maule y por último la Región de Valparaíso (Figura 22). Este resultado indicaría que el alto rendimiento en peso obtenido en Panquehue no se refleja en contenido de azúcares, por lo tanto, hay un incremento del contenido de agua en los frutos. Se observa claramente, en este ensayo, que hay una respuesta diferencial en contenido de sólidos solubles de cada variedad a los diferentes medios ambientes a las que fueron sometidas, por lo tanto, dependiendo de la finalidad del cultivo se puede decidir qué variedad usar para esas condiciones y tipo de consumo

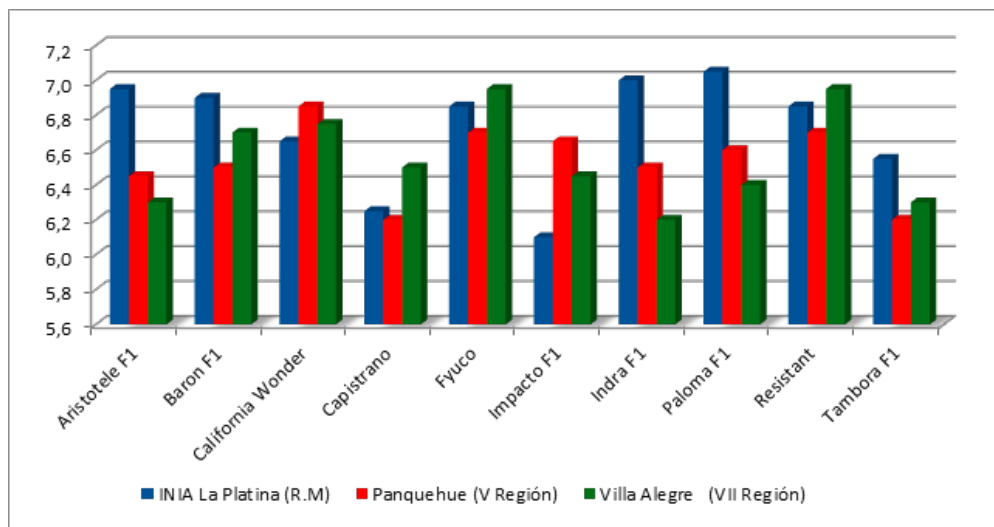


Figura 22. Promedio del contenido de sólidos solubles (°brix) de 10 variedades de pimiento rojo en tres zonas agroecológicas (Región Metropolitana, R.M., Región de Valparaíso, V Región y Región del Maule, VII Región) , durante las temporadas 2008/2009 y 2009/2010.

Por otra parte, el contenido de materia seca (MS), en el mismo ensayo mostró diferencias claras entre regiones, como se puede observar en el Cuadro 11. La Región del Maule presentó el contenido promedio de materia seca más alto con 7,7%, seguido de Panquehue en la Región de Valparaíso con 7,2%, mientras que en la Región Metropolitana solo alcanzó a 5,6%. La variedad Resistant en Villa Alegre presentó el mayor contenido de MS con 8,7% en promedio de dos temporadas, sin embargo, en las otras regiones no mantuvo un nivel superior comparada con otras variedades. Por el contrario, la variedad de menor rendimiento en MS fue Impacto en la RM con 4,4%, la cual en las otras regiones tampoco presentó un gran rendimiento para esta variable.

Al observar los resultados del promedio de contenido de MS, se puede inferir que hay una al medio ambiente diferenciado de cada variedad por cada región evaluada, por lo tanto, es posible hacer recomendaciones varietales para la agroindustria de acuerdo con cada zona agroecológica, con el fin de optimizar el rendimiento industrial a través del contenido de MS de los frutos cosechados.

Cuadro 11. Promedio del contenido de materia seca (%) de 10 variedades de pimiento rojo en tres zonas agroecológicas, durante las temporadas 2008/2009 y 2009/2010.

| Variedades | La Platina (RM) | Panquehue (Región de Valparaíso) | Villa Alegre (Región del Maule) |
|-------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Aristotele F1 | 5,3 | 7,0 | 6,5 |
| Baron F1 | 5,1 | 7,5 | 7,9 |
| California Wonder | 6,1 | 7,7 | 8,2 |
| Capistrano | 4,8 | 6,9 | 7,2 |
| Fyuco | 5,8 | 7,5 | 8,2 |
| Impacto F1 | 4,4 | 6,8 | 7,5 |
| Indra F1 | 6,6 | 7,0 | 7,5 |
| Paloma F1 | 6,1 | 7,1 | 7,9 |
| Resistant | 5,8 | 7,1 | 8,7 |
| Tambora F1 | 6,5 | 7,2 | 7,9 |
| Promedio | 5,6 | 7,2 | 7,7 |

Al evaluar el grosor de pericarpio de estas mismas 10 variedades bajo estos medios ambientes a las que fueron sometidas por dos temporadas, se pudo observar resultados bastante uniformes, en general, para la mayoría de las variedades en cada región, como se presenta en la Figura 23, con un promedio entre 4 y 5 mm de grosor. Sin embargo, destaca la variedad Aristotele en Villa Alegre y Capistrano en la RM con grosor promedio cercano a 6 mm. El mismo comportamiento superior lo mostraron en Panquehue (Región de Valparaíso), respecto a las otras variedades. Este resultado indica que estas variedades son muy interesantes para su uso en conservas.

No se encontró diferencias mayores entre regiones para este carácter, por lo tanto, se puede deducir que no hubo influencia mayor del medio ambiente en el comportamiento del grosor de pericarpio.

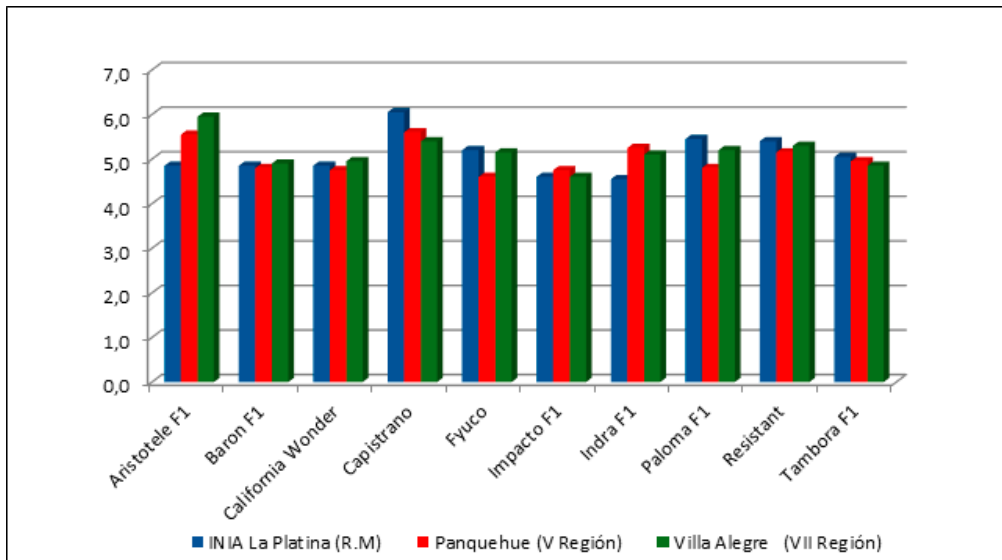


Figura 23. Promedio de grosor de pericarpio (mm) de 10 variedades de pimiento rojo en 3 zonas agroecológicas (Región Metropolitana, R.M., Región de Valparaíso, V Región y Región del Maule, VII Región), durante las temporadas 2008/2009 y 2009/2010.

VARIETADES

Adaptación

En la actualidad, existe una amplia gama de variedades, tanto de pimiento como de ají, de diferentes tipos y uso (consumo fresco y agroindustria), los cuales cubren las necesidades de gran parte del país. Sin embargo, es necesario tener programas de mejoramiento nacionales para mejorar la adaptación local, rescatar ecotipos de uso común en las áreas rurales y no depender en 100% de la genética importada, la cual en poco tiempo va a ser más costosa, lo que incrementará los costos directos de producción.

Las variedades antiguas y ecotipos locales llevan años adaptándose a los diferentes ambientes por presión de selección natural o de los mismos agricultores que eligen las plantas más productivas y de mejor comportamiento para extraer las semillas, conservando así este patrimonio genético. Sin embargo, con la introducción de nuevos híbridos comerciales, algunos de los cuales que no alcanzan a ser competitivos

con las variedades de polinización abierta, se ha erosionado mucho el patrimonio genético nacional de esta especie. No existen cifras, ni menos cuantificaciones hoy día, pero el desplazamiento de variedades antiguas por híbridos modernos de pimiento es un hecho. Por ejemplo, la variedad de ají Cristal, conocida como “ají verde” tradicionalmente, que corresponde a un ají tipo húngaro Yellow wax, está siendo desplazada en el comercio de semillas por variedades importadas del mismo tipo, pero con otras características de tamaño, sabor y pungencia.

Muchas de las variedades híbridas de *Capsicum* que son introducidas al país son comercializadas por sus características específicas para uso o resistencia a enfermedades, sin embargo, no hay variedades con resistencia a *Phytophthora capsici*, que es la principal enfermedad en el país, y las variedades que han tenido no han sido efectivas en Chile, tal vez por las diferencias de razas. Además, estos híbridos vienen con resistencia a enfermedades y plagas que no existen en el país.

La adaptación de variedades antiguas de polinización abierta ha sido bastante exitosa en Chile, probablemente fueron introducidas el siglo pasado y se adaptaron tan bien, que actualmente se producen algunas en zonas muy específicas con un nombre local y por lo general para usos culinarios específicos, como es el caso del ají tipo “Cacho de Cabra” para hacer merken en el sur de Chile.

Descripción por uso

Cada variedad tiene aptitudes de uso diferentes, siempre influenciadas por el medio ambiente. Por lo tanto, el comportamiento de una variedad en un agroclima puede variar cuando es cultivada en otro, como por ejemplo sucede con el ají, que sometidos a temperaturas mayores a 30°C se induce la pungencia siendo más picantes.

En el caso de *Capsicum*, en general, como se mencionó anteriormente las características industriales de mayor relevancia son el grosor de pericarpio y los contenidos de materia seca y sólidos solubles. En una evaluación de variedades realizada por INIA La Platina en dos temporadas, se pudo clasificar la aptitud por uso de 24 variedades híbridas y de polinización abierta de pimiento, de acuerdo a los resultados obtenidos para estos caracteres de interés.

En el Cuadro 12 se puede observar a variedades como Tambora, la cual presentó valores altos para todos los caracteres evaluados y además un buen rendimiento, por lo tanto, puede ser utilizada en cualquier tipo de procesamiento.

Cuadro 12. Promedio de 2 temporadas de variedades de pimiento evaluadas por rendimiento y aptitud agroindustrial. CRI La Platina, Región Metropolitana. Temporadas 2008/2009 y 2009/2010.

| Variedades | Rendimiento (kg/ha) | Grosor pericarpio (mm) | Sólidos Solubles (°Brix) | Materia seca (%) | Contenido de jugo (L/ha) |
|-------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|
| Aristotele F1 | 34.350 | 5,7 | 6,9 | 7,7 | 17.783 |
| Aurelio F1 | 33.733 | 4,9 | 6,9 | 10,0 | 19.534 |
| Barón F1 | 21.507 | 5,2 | 6,7 | 8,0 | 10.780 |
| BSS-518 F1 | 23.391 | 5,2 | 7,0 | 9,6 | 14.915 |
| Calahorra | 25.934 | 6,0 | 6,8 | 10,7 | 14.215 |
| California Wonder | 15.253 | 4,6 | 7,3 | 8,6 | 7.336 |
| Capistrano F1 | 23.858 | 5,2 | 6,4 | 7,5 | 14.039 |
| Cherokee F1 | 26.707 | 5,3 | 6,9 | 9,2 | 15.573 |
| CLX-225 F1 | 27.833 | 5,0 | 6,0 | 8,4 | 14.961 |
| Favorol F1 | 21.912 | 5,2 | 6,7 | 8,9 | 14.293 |
| Finita F1 | 22.741 | 4,8 | 6,5 | 11,2 | 9.766 |
| Impacto F1 | 28.594 | 4,7 | 6,7 | 7,8 | 13.004 |
| Indra F1 | 19.496 | 5,6 | 7,3 | 6,3 | 12.822 |
| Olímpico F1 | 30.721 | 5,2 | 5,7 | 7,3 | 15.769 |
| Paloma F1 | 33.051 | 5,3 | 7,0 | 7,0 | 18.659 |
| Phytosun R | 24.881 | 4,8 | 6,7 | 7,9 | 13.637 |
| Platero F1 | 21.329 | 5,2 | 6,7 | 8,9 | 10.513 |
| Resistant | 25.504 | 5,2 | 7,3 | 8,2 | 11.612 |
| Snowdon F1 | 33.044 | 5,3 | 5,2 | 7,9 | 16.014 |
| Stanley F1 | 19.350 | 4,9 | 7,2 | 10,4 | 12.071 |
| Tambora F1 | 28.480 | 5,3 | 7,4 | 10,7 | 13.981 |
| Tirano F1 | 15.871 | 4,8 | 7,7 | 7,4 | 10.705 |
| Volga F1 | 24.580 | 5,2 | 6,6 | 7,4 | 10.907 |
| Whitney F1 | 25.930 | 5,4 | 5,6 | 7,8 | 12.595 |
| Promedio | 25.335 | 5,2 | 6,7 | 8,5 | 13.562 |

Otras variedades interesantes fueron Calahorra y Finita por el alto contenido de materia seca, lo que las hace muy recomendables para uso en deshidrataos y conservas.

En cuanto a grosor de pericarpio, Calahorra fue la de mayor grosor con 6 mm seguida por Aristotele e Indra, siendo estas variedades aptas para conserva, además se debe

considerar el buen rendimiento de campo de Aristotele, que fue el más alto del ensayo.

VALOR NUTRITIVO

El pimiento es una fuente de vitaminas y minerales importante en la dieta, como lo son todas las hortalizas y sus aportes nutricionales. Existen diferencias de contenidos entre pimientos rojos y verdes, ya que estos últimos son estados inmaduros de fruto, por lo tanto, no han completado de metabolizar todos los compuestos definitivos.

En el Cuadro 13 se muestran valores globales de referencia para los dos colores de pimiento y ají, donde se observa la diferencia en energía entre ellos debido al incremento de azúcares y otros hidratos de carbono que ocurren con la maduración del fruto, así como la disminución del contenido de agua en la medida que el fruto madura, en el caso de pimiento; pero en ají hay un mayor contenido de energía, hidratos de carbono y menos agua, por ser un fruto más pequeño, con pericarpio mucho más delgado que pimiento.

Cuadro 13. Valor nutritivo general de 100 g de peso fresco de pimiento verde, rojo y ají maduro (Dietas.net, 2018).

| | Unidad | Pimiento verde | Pimiento rojo | Ají |
|---------------------|--------|----------------|---------------|------|
| Energía | Kcal | 19,7 | 32,9 | 47,2 |
| Proteínas | g | 0,6 | 1,3 | 1,9 |
| Hidratos de Carbono | g | 1,6 | 4,2 | 6,7 |
| Fibra | g | 1,8 | 1,5 | 1,5 |
| Grasa Total | g | 0,8 | 0,9 | 1,1 |
| Agua | g | 95,2 | 92,2 | 88,8 |

En cuanto al contenido de minerales (Cuadro 14) llama la atención el cde calcio, magnesio, potasio y fósforo, aunque las cantidades que tiene el fruto son sólo aportes a las necesidades diarias, ya que no alcanzan a cubrirlas totalmente. Sin embargo, el ají duplica a pimiento en contenido de magnesio, sodio, potasio y fósforo. El potasio ayuda en la actividad muscular y regula el balance de agua dentro y fuera de la célula, el magnesio mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante, el fósforo al igual que calcio juegan un papel importante en la formación de huesos y dientes. Por su aporte en potasio posee una acción diurética que favorece la eliminación del exceso de líquidos del organismo e incrementa la actividad eléctrica mejorando el funcionamiento del corazón.

Cuadro 14. Contenido de minerales en 100 g de peso fresco de pimiento verde, rojo y ají maduro (Dietas.net, 2018).

| Mineral | Unidad | Pimiento verde | Pimiento rojo | Ají |
|---------------|--------|----------------|---------------|-------|
| Calcio (Ca) | mg | 11,3 | 11,9 | 14,0 |
| Fierro (Fe) | mg | 0,5 | 0,4 | 1,0 |
| Yodo (I) | mg | 0,2 | 0,8 | 0,0 |
| Magnesio (Mg) | mg | 10,5 | 12,8 | 23,0 |
| Zinc (Zn) | mg | 0,1 | 0,1 | 0,3 |
| Selenio (Se) | µg | 1,0 | 0,1 | 0,5 |
| Sodio (Na) | mg | 4,0 | 4,0 | 9,0 |
| Potasio (K) | mg | 120,0 | 160,0 | 322,0 |
| Fósforo (P) | mg | 25,0 | 26,0 | 40,0 |

El contenido de vitaminas es importante en pimiento, especialmente de vitamina C en forma de ácido ascórbico que con 40 o 50 g de consumo de pimiento rojo fresco cubre las necesidades diarias. También el pimiento rojo tiene un gran aporte de carotenoides que son gran aporte de vitamina A en la dieta humana. En general, se observa un incremento de vitaminas cuando va madurando el fruto y toma el color rojo característico, disminuyendo solo el ácido fólico, pero en muy poca cantidad. En el Cuadro 15 se muestran los contenidos de vitaminas en 100 g de fruta fresca para pimiento rojo, verde y ají.

Cuadro 15. Contenido de vitaminas de 100 g en peso fresco de pimiento verde y rojo (Dietas.net, 2018).

| Vitamina | Unidad | Pimiento verde | Pimiento rojo | Ají |
|----------------------------------|--------|----------------|---------------|--------|
| B1 Tiamina | mg | 0,01 | 0,04 | 0,07 |
| B2 Riboflavina | mg | 0,02 | 0,03 | 0,09 |
| Eq. Niacina | mg | 0,23 | 1,10 | 1,68 |
| B6 Piridoxina | mg | 0,27 | 0,28 | 0,51 |
| Ácido Fólico | µg | 25,05 | 23,72 | 23,00 |
| C Ácido Ascórbico | mg | 107,19 | 138,70 | 143,70 |
| Carotenoides (eq. a β-carotenos) | µg | 193,3 | 2.814,00 | 552,00 |
| A (eq. a Retinol) | µg | 32,8 | 539,30 | 95,33 |

El contenido de vitaminas C y E, junto con los carotenoides y selenio, convierten al pimiento en una importante fuente de antioxidantes, sustancias que cuidan al organismo del estrés oxidativo de las células, evitando una serie de enfermedades, además interviene en la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes, favorece la absorción de hierro de los alimentos y aumenta la resistencia frente a las infecciones. Por otra parte, la vitamina C cuida de las células de la piel, mientras que la vitamina A funciona como un hidratante y capa protectora, también ayuda a demorar el proceso de envejecimiento celular y es esencial para la visión, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico.

Los folatos, que se encuentran en buena cantidad en esta hortaliza, actúan en la producción de glóbulos rojos y blancos, y en la formación de anticuerpos del sistema inmunológico.

El consumo de pimiento es recomendado para ayudar a la regulación de la hipertensión arterial, que además por sus propiedades diuréticas y depurativas es ideal para bajar de peso, mejora el funcionamiento de los intestinos y es un excelente regulador de la presión.

Valor nutracéutico

La maduración del fruto de pimiento implica un paulatino cambio de verde a rojo, lo que en palabras simples explica como gradualmente los frutos experimentan la acumulación de pigmentos carotenoides y la degradación de clorofilas, producto de la desintegración del aparato fotosintético. En esta etapa de maduración, ocurre una serie de cambios fisicoquímicos como la transformación de almidón en glucosa, degradación de pectina y biosíntesis de pigmentos, encabezada por la transformación de cloroplastos a cromoplastos. Entre los cambios que se producen durante esta diferenciación cromoplastidial, uno de los más destacados es la remodelación del sistema de endomembranas asociada con la formación de estructuras en la que se acumulan los carotenoides (Pino y otros, 2018).

Por otra parte, el fruto en su etapa roja madura aumenta significativamente el contenido de carotenoides. Los metabolitos secundarios sintetizados durante la maduración del fruto del pimiento no solo actúan en mecanismos de defensa que protegen a la planta de varios estreses bióticos y abióticos, sino que también son beneficiosos para la salud humana. Particularmente cuando el fruto alcanza un rojo total, se han cuantificado mayor concentración de vitamina C (como ácido ascórbico), provitamina A y mayor contenido de carotenoides, betacarotenos y capsantina (Marín y otros, 2004), asociados a efectos beneficiosos en la salud (Gouni-Berthold y Berthold, 2002; Wahyuni y otros, 2013).

El pimiento y el ají constituyen una importante materia prima para la producción de jugo, y extractos tanto líquidos como en polvos. Los extractos funcionales naturales, capsantina y capsaicina (sólo presente en ají) son ampliamente utilizados en la industria de alimentos, industria farmacéutica, química y cosméticos, con alta demanda en países desarrollados como los Estados Unidos, Japón, Corea y Europa. En la industria de alimentos los extractos de pimientos son usados como colorantes y saborizantes naturales (Pino y otros, 2018).

La capsaicina, es el compuesto que le confiere la pungencia al ají, es muy variable su contenido dependiendo de la variedad y tipo de ají. Se mide en Unidades Scoville, este consiste en una solución con extracto del ají, que es diluida en agua azucarada hasta que el picante ya no puede ser detectado por un comité de examinadores, habitualmente cinco; el grado de disolución del extracto da su medida en la escala. Así, un pimiento, que no contiene capsaicina, tiene cero en la escala de Scoville. Sin embargo, entre los ají más pungentes, como el ají habanero, se observa un grado de 300.000 o más. Esto indica que el extracto fue diluido 300.000 veces antes de que la capsaicina fuese indetectable. La gran debilidad de este método recae en su imprecisión, pues la prueba está sujeta a la subjetividad humana. En el Cuadro 16 se muestran algunas comparaciones de pungencia entre diferentes tipos de ají.

Cuadro 16. Escala de pungencia de diferentes tipos de ají en Unidades Scoville.

| Unidades Scoville | Tipo de Ají |
|-------------------------|---------------------------------|
| 15.000.000 – 16.000.000 | Capsaicina pura |
| 2.000.000 – 5.300.000 | Gas Pimienta – U.S. Grade |
| 800.000 – 1.400.000 | Trinidad Escorpio |
| 350.000 – 577.000 | Red Sabina |
| 100.000 – 350.000 | Scotch Bonnet, Habanero |
| 100.000 – 200.000 | Rocoto o Locoto |
| 30.000 – 50.000 | Cayenne, Tabasco, Chipotle |
| 10.000 – 23.000 | Serrano |
| 5.000 – 8.000 | Húngaro de Cera |
| 2.500 – 5.000 | Jalapeño, Padrón, Salsa Tabasco |
| 1.000 – 1.500 | Poblano |
| 500 – 1.000 | Anaheim, Verde, Verde escabeche |
| 100 - 500 | Pepperoncini, pimiento Banana |
| 0 | Pimiento Rojo |

Por otra parte, la capsantina es un carotenoide exclusivo del género *Capsicum* y un metabolito de alto valor por su actividad antioxidante. Se encuentra en pimientos, ha sido asociado a actividad antimicrobiana, ayudaría a reducir el riesgo de crecimiento de células cancerosas en cáncer gástrico, cáncer de esófago y cáncer de próstata; por ejemplo, la capsantina y carotenoides relacionados, extraído de frutos de pimiento paprika, mostraron una potente actividad antitumoral *in vitro*, inhibiendo la activación del antígeno temprano del virus de Epstein-Barr (EBV-EA) inducida por el promotor tumoral 12-O-tetradecanoilforbol-13-acetato (TPA). Entre ellos, el diéster de capsantina y el diéster de capsorubina mostraron fuertes efectos inhibidores de tumores. Además, capsantina, capsantina-3'-éster y capsantina 3,3'-diéster, todos principales carotenoides en pimiento exhibieron una potente actividad antitumoral en pruebas in vivo en ratas durante dos etapas de carcinogénesis, sugiriendo que los carotenoides extraídos desde frutos de pimiento rojo tendrían una actividad quimio-preventiva del cáncer (Maoka y otros, 2001).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, F. y Pino, M. T. 2018. Aspectos generales del manejo agronómico del pimiento en Chile. En: Pino, M. T. (ed). Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes. Boletín INIA N°360, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 41-57.

Bangerth, F. 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. *Ann Rev Phytopatol*, 17: 97-122.

Chartzoulakis, K. y Drosos, N. 1998. Water requirement on greenhouse grown pepper under drip irrigation. *Proc. Int. Symp. on the importance of varieties and clones in the production of quality wine*. 3: 175-180.

Condés, L.F. 2017. Pimiento. En: Maroto, J.V. y Baixauli, C. Cultivos hortícolas al aire libre. Serie Agricultura 13, Cajamar Rural. 471-507.

Dietas.net., 2018. Calorías en pimiento. <http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composición-nutricional-de-los-alimentos/verduras-y-hortalizas/verduras-frescas/pimiento-verde.html>.

Dimitrov, Z. y Ovtcharova, A. 1995. The productivity of peppers and tomatoes in case of insufficient water supply. *Proc. ICID special technical session on the role of advanced technologies in irrigation and drainage system in making effective use of scarce water resources*. 1: 9.1-9.7.

Estay, P. 2003. Control de pulgones en hortalizas. *Tierra Adentro*. 52: 36-37.

Estay, P. y Vitta, N. 2018. Insectos y ácaros asociados al pimiento en Chile. *In: Pino, M. T. (Ed.), Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes*. Boletín N°360, 77-90. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Giacconi, V. y Escaff, M. 1998. Cultivo de hortalizas. (15 ed.) Santiago, Chile: Editorial Universitaria. 336p.

Gouni-Berthold, I. y Berthold, H. K., 2002. Policosanol: clinical pharmacology and therapeutic significance of a new lipid-lowering agent. *Am Heart J*. 143(2): 356-365. <https://doi.org/10.1067/mhj.2002.119997>.

Hegde, D. M. 1997. Nutrient Requirements of Solanaceous Vegetable Crops. Food and Fertilizers Technology Center for the Asian and Pacific Region. <http://www.ffc.agnet.org/library.php?func=view&id=20110801133428>

Johnson, C. D. y Decoteau, D. R. 1996. Nitrogen and potassium fertility affects jalapeño pepper plant growth, pod yield, and pungency. *HortScience*. 31(7): 1119-1123.

Keng, J. C. W., Scott, T. W., y Lugo Lopez, M. A. 1979. Fertilizer management with drip irrigation in an Oxisol. *Agron J.* 71(6): 971-980. <https://doi.org/10.2134/agronj1979.00021962007100060020x>.

Kirnak, H., Kaya, C., Higgs, D., y Tas, I. 2003. Responses of drip irrigated bell pepper to water stress and different nitrogen levels with or without mulch cover. *J Plant Nutr.* 26(2): 263-277. <https://doi.org/10.1081/PLN-120017135>.

Larraín, P., Sepúlveda, P., González, V., Rojas, C., y Villavicencio, A. 2010. Manejo de plagas y enfermedades en pimiento, incorporando criterios de producción limpia. Informativo N°33, INIA-Ururi, Arica, Chile. <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR38613.pdf>

Leon, M., Denver, R., y Leon, M. 1991. Water requirement of sweet pepper (*Capsicum annuum*) cultivar Medalla de Oro grown during a nonoptimal period. *Agrotecnia de Cuba*. 23: 33-41.

Maoka, T., Mochida, K., Kozuka, M., Ito, Y., Fujiwara, Y., Hashimoto, K., Enjo, F., Ogata, M., Nobucuni, Y., Tokuda, H., y Nishino, H. 2001. Cancer chemopreventive activity of carotenoids in the fruits of red paprika *Capsicum annuum* L. *Cancer Lett.* 172(2): 103-109. [https://doi.org/10.1016/S0304-3835\(01\)00635-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3835(01)00635-8).

Marin, A., Ferreres, F., Tomás-Barberán, F. A., y Gil, M. I. 2004. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *J Agric and Food Chem.* 52(12): 3891-3869. <https://doi.org/10.1021/jf0497915>.

Morita, S. y Toyota, M. 1998. Root system morphology of pepper and melon at harvest stage grown with drip irrigation under desert conditions in Baja California, Mexico. *Japanese J. Crop. Sci.* 67(3): 353-357. <https://doi.org/10.1626/jcs.67.353>.

Nuez, F., Gil, R., y Costa, J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Mundi-Prensa, Madrid. 607p.

ODEPA, 2010. Información hortícola, publicación especial 2008-2009. 127 pp. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/documentos-e-informes/informacion-horticola-publicacion-especial-2008-2009>.

ODEPA 2018. Superficie cultivada con hortalizas. <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>.

Pino, M. T., Pabón, C., y Zamora, O. 2018. Metabolitos secundarios del pimiento y su valorización en la industria de alimentos saludables e ingredientes. *In*: Pino, M. T. (Ed.), Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes. Boletín N°360.: 97-107. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Pressman, E., Moshkovitch, H., Rosenfeld, K., Shaked, R., Gamliel, B. y Aloni, B. 1998. Influence of low night temperatures on sweet pepper flower quality and the effect of repeated pollinations, with viable pollen, on fruit setting. *J Hortic Sci Biotech*, 73(1): 131-136. <https://doi.org/10.1080/14620316.1998.11510955>.

Pressman, E., Shaked, R. y Firon, N. 2006. Exposing pepper plants to high day temperatures prevents the adverse low night temperature symptoms. *Physiol Plant*, 126(4): 618-626. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00623.x>.

Sepúlveda, P., Larraín, P., Quiroz, C., Rebufel, P., y Graña, F. 2005. Identificación e incidencia de virus en pimiento en la zona centro norte de Chile y su asociación con vectores. *Agri Tec (Chile)*. 65: 235-245.

Servicio Agrícola y Ganadero SAG. 2018. Lista de plaguicidas autorizados por el SAG. <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/plaguicidas-y-fertilizantes/78/registros>.

Silva, A.Z., Wamser, A.F., Nowaki, R.H., Bernardes, C.F.A. y Mendoza-Cortes, J.W. 2017. Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Agrociencia Uruguay*, 21(2): 31-43.

Smith, L.F. y Le Strange, M. 2005. Weed control studies in transplanted bell peppers with preemergence herbicides. <https://vric.ucdavis.edu/pdf/PEPPER/2005WeedControlStudiesinTransplantedBellPepperswithPreemergenceHerbicides.pdf>

Soto, S. 2018. Principales enfermedades que afectan el pimiento en Chile. *In*: Pino, M. T. (Ed.), Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes, Boletín N°360.: 69-76. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Vavilov, N. I. 1994. Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press, United Kingdom. 500 p.

Wahyuni, Y., Ballester, A. R., Sudarmonowati, E., Bino, R. J., y Bovy, A. G. 2013. Secondary metabolites of *Capsicum* species and their importance in the human diet. *J*

Nat Prod. 76(4): 783-793. <https://doi.org/10.1021/np300898z>.

Wubs, A. M., Heuvelink, E. y Marcelis, L. F. M. 2009. Abortion of reproductive organs in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.): a review. J Hortic Sci Biotech, 84(5): 467-475.

<https://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512550>.

Zitter, T. A. 2018. Pepper Disease Control - It Starts with the Seed. http://vegetablem-donline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/PepDisease_Con.htm.