

Fundamentos básicos para la
**PRODUCCIÓN DE
PIMIENTO**
BAJO AGRICULTURA PROTEGIDA



HÉCTOR M. LEÓN GALLEGOS
EDICIÓN 2020

CONTENIDO

Lista de colaboradores	13
Agradecimiento	17
Prólogo	19
Introducción	21
Generalidades	23
Producción mundial de pimiento	23
Agricultura protegida en México	25
Valores nutricionales del pimiento	28
1. Historia del género <i>Capsicum</i>	29
2. La planta de pimiento	33
3. Características morfológicas del pimiento	35
Inflorescencia	35
Hojas	37
Índice de área foliar	37
El fruto	39
Frutos. Crecimiento y desarrollo	40
Color	43
Sabor	44
La prueba organoléptica Scoville	44
4. Cultivares	45

5.	Fisiología vegetal	47
	Fotosíntesis	47
	Transpiración	48
	Respiración	49
	Metabolismo vegetal	50
6.	Temperatura	51
	Temperatura promedio de 24 hr	52
	Pre-noche	54
7.	Humedad	55
	Humedad absoluta (HA)	55
	Contenido de saturación del agua en el aire (CSH)	56
	Humedad relativa (HR)	56
	Punto de rocío (PR)	58
	Déficit de presión de vapor (VDP)	62
8.	Luz	65
	Radiación solar	65
9.	Agua	71
	Análisis del agua	71
	Elementos	74
	Calcio y magnesio	74
	Sulfato	74
	Potasio y fosfato	74
	Sodio y cloro	74
	Carbonato y bicarbonato	75
	Nitrato y amonio	75
	Los micronutrientes	75
	El pH	76
	La dureza del agua	76

Tratamiento de agua	77
Almacenaje y enfriamiento	79
10. Conductividad eléctrica	81
Potenciómetros	85
11. El pH	87
12. Dióxido de carbono	95
13. Fertilizantes	103
14. Solución nutritiva	111
Preparación de soluciones nutritivas	111
Definiciones	112
Para convertir de meq/l a ppm	112
Fertilización	115
Manejo de la fertilización en sustrato	120
15. Preparación de la solución nutritiva	121
16. Mantenimiento del equipo de riego	123
13. Análisis de suelo	127
Análisis de la fertilidad del suelo	127
Porcentaje de saturación de bases	131
Método de extracto de saturación	134
Método de extracto de agua 2:1	136
17. Análisis del sustrato, de la solución nutritiva y de los tejidos	139
18. Sistemas de cultivo	143
Cultivo en suelo	145
Fertilización en suelo	147
Riego	148

Monitoreo del suelo con tensiómetros	150
DrainVision (Paskal)	152
Cultivo en sustrato	153
Fibra de coco	154
Fertilización en sustrato	155
Elementos minerales requeridos por la planta ...	155
Fórmulas de fertilización	158
Riegos	164
19. Producción de pimiento	169
Fechas de planteo	169
Ejemplos de calendario de producción	170
Producción de plántulas	171
El equilibrio de las plantas	172
Crecimiento vegetativo y generativo	172
Vigor	182
Densidad de plantas	185
Tutoreo	185
Labores de cultivo	190
20. Enfriamiento del invernadero	193
Enfriamiento convectivo	194
Pared húmeda	195
Sistema de ventilación horizontal	196
Pantalla térmica y malla sombra	197
Atomizadores	198
.....	199
21. Ventilación	201
22. Calefacción	201
Sistema central de calentamiento	204
Aire caliente	204

23. Nematodos	207
24. Manejo integrado de plagas	215
Control biológico	216
Insectos-plaga	217
1. Áfidos	217
2. Ácaro blanco	227
3. Ácaro de la canelilla	232
4. Araña roja	233
5. Cochinilla algodonosa de las solanáceas	236
6. Gusano soldado	241
7. Minador de la hoja	248
8. Mosca blanca	252
9. Picudo del chile	259
10. Sílidos	268
11. <i>Trips</i>	271
12. Mosca doméstica	276
25. Enfermedades	279
1. Marchitez (<i>damping-off</i>)	279
2. Moho gris (<i>Botrytis</i>)	280
3. <i>Mildeu</i> plovoriento (cenicilla)	283
4. Tizón del pimiento	285
5. Marchitez vascular en pimiento causada por <i>Fusarium</i>	290
26. Enfermedades virales de los pimientos	293
Introducción	293
Agentes vectores de virus vegetales	297
Virus transmitidos por mosquitas blancas	300
Virus transmitidos por <i>trips</i>	304
Virus transmitidos por áfidos	305

Virus transmitidos mecánicamente, no por vector	309
Control de virus en los vegetales	310
Virus Rugoso del pimiento	316
Virus ISNV en pimiento (fotografías)	318
Virus Huasteco en pimiento (fotografías)	319
Virus TSWV en pimiento (fotografías)	320
27. Cosecha, empaque y comercialización del pimiento .	321
Cosecha	321
Empaque	323
Comercialización	332
Apéndice	335
Glosario	345
Bibliografía	363
Índice analítico	373
Los autores	381

6. TEMPERATURA

A la planta de pimiento le favorece el clima caliente. La temperatura influye sobre la velocidad de la producción de los azúcares en la fotosíntesis y su transformación en la respiración. La temperatura y la luz interactúan al mismo tiempo en las plantas, debiendo estar balanceados estos factores.

La producción de flores no es grandemente influenciada por la longitud del día, la mayoría florecen con diez horas. Cada flor abre en las tres horas siguientes de la salida del sol y permanece abierta por lo menos un día.

La temperatura es el principal factor en la pobre producción de frutos, lo que es una consecuencia de aborto de flores y una pobre iniciación floral. La temperatura óptima para la germinación y viabilidad del polen es entre 20° y 25°C. Las plantas producen polen estéril cuando son expuestas a temperaturas de 30°C quince días antes de la antesis. A altas temperaturas no hay cuajado de frutos.

La temperatura en el invernadero debe de mantenerse en el día entre 22° y 25°C y en la noche entre 18° y 19°C. La diferencia media entre estos dos valores debe fluctuar entre 1 a 4°C. Una temperatura inferior a 15°C disminuirá significativamente el crecimiento vegetativo. Deben de evitarse las temperaturas superiores a los 30°C para evitar un alto porcentaje de polen estéril. A la vez, la humedad relativa debe de mantenerse en un rango de 65-80% (déficit de humedad de 3 a 6 gr/m³).

La temperatura en el sustrato después del planteo sugerida es de 20-21°C con una temperatura de ventilación de 24°C y una temperatura promedio de 24 horas de 20 a 21°C (PDT).

En regiones cálidas es necesario durante el verano el aplicar sombreado sobre la cubierta del invernadero o usar una pantalla interior para reducir el exceso de la temperatura y facilitar el control de los valores promedio de las 24 horas (PDT). Es muy importante a la vez en la determinación del valor óptimo el conocer los valores de la intensidad de la luz y su duración.

Con los registros de un sistema computacional se pueden optimizar las condiciones de crecimiento. Caso contrario hay que hacer con equipos adecuados las lecturas del valor y duración de la temperatura en diferentes periodos (tabla 4) y el déficit de presión de vapor (DPV) (tabla 6, pág. 63).

Tabla 4. Temperaturas adecuadas para el crecimiento del pimiento.

Estado de crecimiento	Mínima	Máxima	Óptima
Germinación	13°C	22°C	Día 20°C
Vegetativo	15°C	30°C	22-25°C (día) 16-18°C (noche)
Floración	18°C	26°C	26-28 °C (día)
Fructificación			18-27°C (noche)

TEMPERATURA PROMEDIO DE 24 HORAS (PDT)

El rango en el cultivo del pimiento es muy estrecho y varía entre 15 a 25°C. la intensidad de la luz y su duración son muy importantes en la determinación de la temperatura óptima promedio de las 24 horas, consecuentemente su control es consecuencia de las variaciones diarias y estacionales de la luz. El control de la temperatura se puede hacer con estimaciones en diferentes periodos del día y la noche (tabla 5, pág. 54). Como un ejemplo, en el invierno la media podría de ser de 20-21°C, al inicio de la primavera 20" (con baja intensidad de luz) a 23°C. En el verano 22° a 23°C. En el otoño puede fluctuar de 19° a 20°C.

En la figura 2 se presenta un ejemplo de lecturas del manejo de la temperatura de las 24 horas en función de la intensidad de joules/cm²/día.

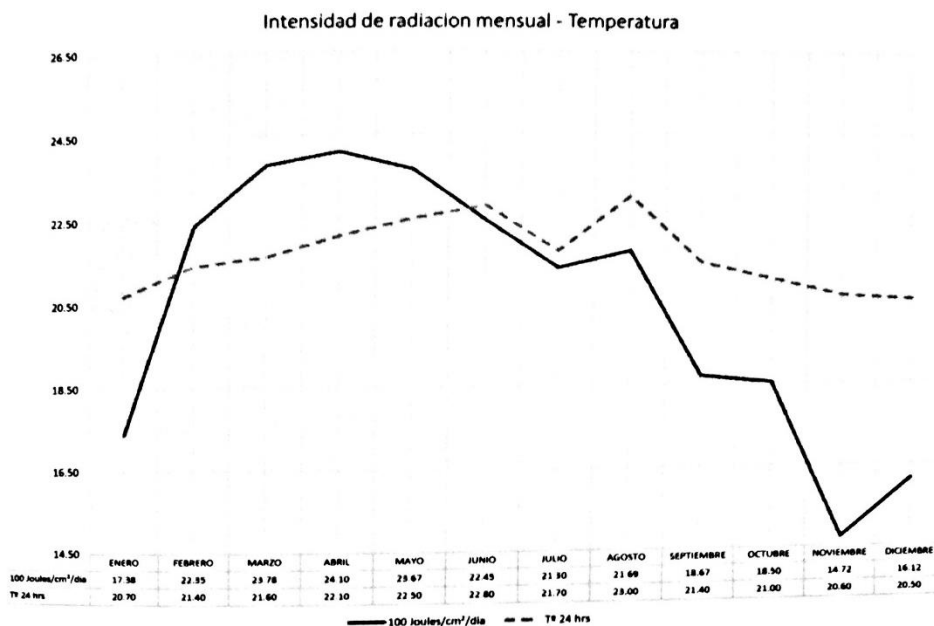


Figura 6. Relación de promedio mensual de Joules/cm²/día y temperatura media de 24 horas.

El uso de temporal de pantallas móviles y de la calefacción optimizan las estrategias de control de la temperatura promedio de las 24 horas. En el invierno al reducir la temperatura durante la noche y en los días largos del verano es muy importante el disminuir de la temperatura durante la noche. A la vez en algunos meses del año se incrementa en el día la diferencia de temperatura entre el día y la noche, debiendo considerar el vigor de la planta y la intensidad de la luz.

Con sistemas computacionales facilitan la redistribución y ajuste de la temperatura en el periodo de 24 horas.

En la tabla 5 se presenta un ejemplo del cálculo de PDT tomando en cuenta número de horas por evento y temperatura.

Tabla 5. Cálculo de PDT de lecturas de temperatura a diferentes horas del día.

Hrs. del día	Temp °C	No. de hrs.	Horas/temp.
8-11	19.6°	3	58.8
11-16	27.5	5	137.5
16-23	25.0	7	175.0
23-8	15.7	9	141.3
	67.3	24	512.6 ÷ 24 = 21.35

PRE-NOCHE

Pre-noche es el periodo posterior al final del día y el primer periodo de la noche. La técnica previa a la noche implica el exponer a la planta a la acción inducida por una temperatura del aire del invernadero más baja que lo normal.

Esta se usa cuando se considere necesario, y con ello, se pretende evitar en un caso, que las plantas de pimiento sean muy generativas. Para crear este efecto, la temperatura se reduce de 30 a 60 minutos antes de la puesta del sol. La caída de la temperatura es grande (3-4°C). El objetivo es el tener 16-18°C durante un periodo de 1-2 hr. Después se aumenta gradualmente (1°C).

En invierno, cuando los niveles de luz son bajos, será necesario una temperatura de pre-noche de 14° a 16°C por 3 a 4 hr para la iniciación de las flores.

Para no afectar la temperatura promedio de las 24 horas, la temperatura durante la segunda parte de la noche debe de ser de 19-20°C. Esta técnica estimula la iniciación floral hasta llegar al 60-70% de la condición deseada. Esta técnica aumenta la transferencia de fotoasimilados a la biomasa generativa. Otra alternativa para no bajar la temperatura de la noche extender la temperatura de la pre-noche.

Algunas veces es necesaria su aplicación para promover el doblar las flores hacia abajo.

7. HUMEDAD

La cantidad de vapor de agua (invisible) en el aire es un factor importante en la transpiración.

HUMEDAD ABSOLUTA (HA)

La humedad absoluta indica cuanta humedad está presente en 1 kg aire. Un métrico cúbico (m^3) de aire pesa 1.2 kilogramos. El aire caliente puede contener una gran cantidad de vapor de agua, el aire frío muy poco. La humedad específica es = (gr de agua/kg de aire). Si tenemos una nave de invernadero de 6 m de altura a la canal y de 14.40 m de ancho entre postes, se tendrá un volumen de aire de $8.4 m^3/m^2$ (figura 3).

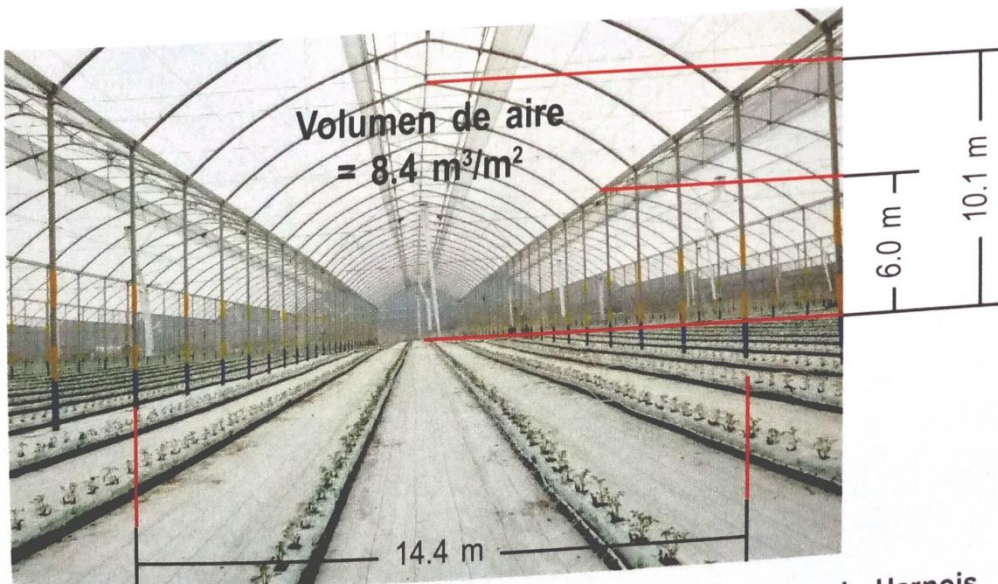


Figura 7. Interior de nave con estructura modelo luminosa de Harnois.

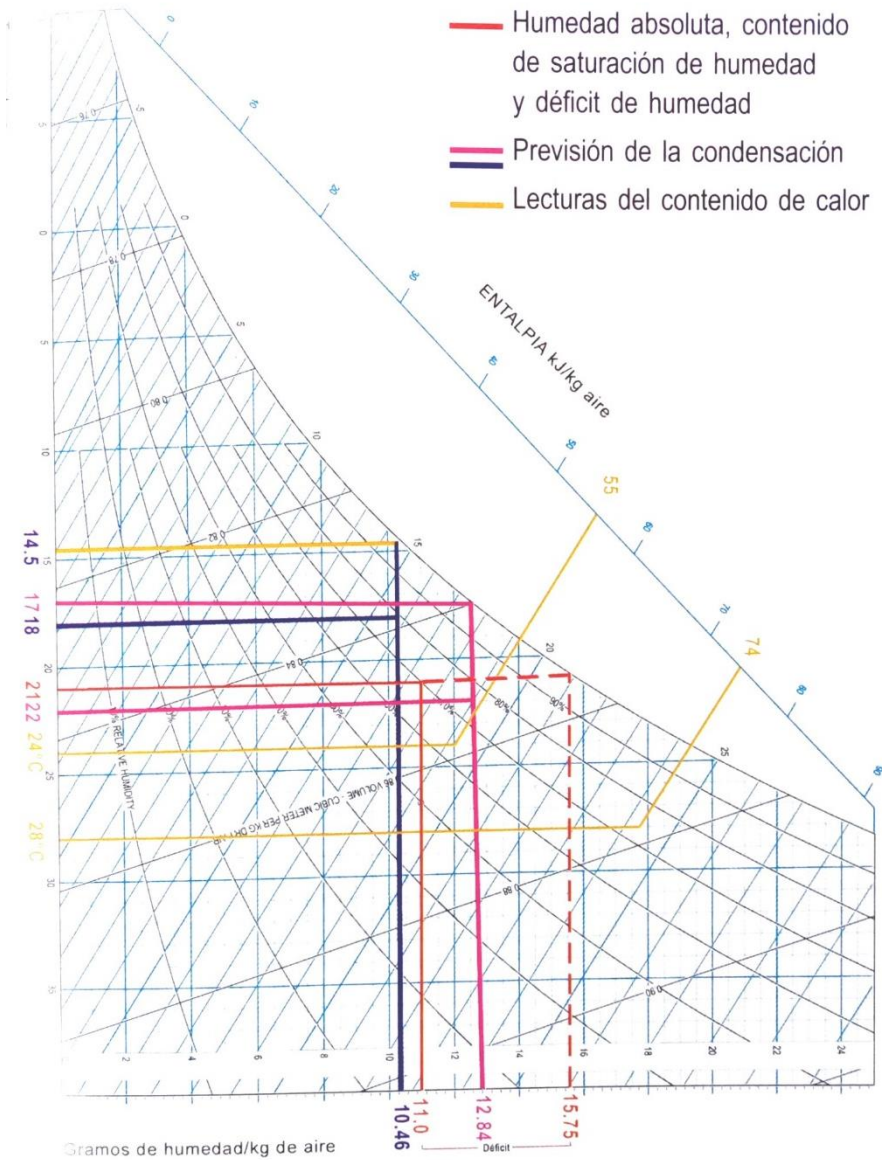


Figura 8. Humedad absoluta, contenido de saturación de humedad y déficit de humedad; previsión de la condensación; lecturas del contenido de calor.

Se calcula de la siguiente manera: $(HR) = (HA/CSA) \times 100$
 Humedad relativa = humedad absoluta/máximo contenido de humedad x 100.

Para el pimiento, la humedad relativa óptima de día y de noche, oscila entre el 65 y 85%, estos valores permiten una adecuada transpiración y los procesos relacionados con el desarrollo y crecimiento. En días soleados la humedad relativa puede disminuir de 50 a 60%. Para la mayoría de las condiciones de éste, por cada incremento de la temperatura de un grado Celsius la (HR) caerá 4 a 6%, lo inverso es también correcto.

PUNTO DE ROCÍO (PR)

Es la temperatura a la cual el vapor de agua del aire principia a condensarse.

El aire frío puede tener menos vapor de agua que el aire caliente. A medida que el aire caliente se enfría puede tener menos vapor de agua (es invisible) Entonces aparecerá la condensación. Este fenómeno frecuentemente se presenta a la salida del sol por lo siguiente: cuando los rayos del sol llegan a la planta. El calor que recibe hace que temperatura de la hoja se incremente causando que la presión de vapor de agua en las estomas aumente y en consecuencia también la transpiración. La temperatura del invernadero y la humedad absoluta aumentan.

Ya que la temperatura de los frutos se incrementa más lentamente. El vapor de agua se condensa en los objetos fríos, tales como el plástico en interior del invernadero, por la baja temperatura del exterior, en la estructura y en la planta (hojas, flores y frutos). Las hojas se calientan más rápidamente que tallos y frutos.

Para prevenir la condensación de vapor de agua en el fruto, la humedad absoluta en el invernadero no deberá de elevarse esta rápidamente, siendo mayor cuando por la mañana el sol incrementa la temperatura del aire a una tasa acelerada.

Hay que asegurarse que la temperatura de la planta a la salida del sol está en los valores sugeridos. Hay que combinar un incremento de la temperatura (1°C) con un mínimo de ventilación. Para mantener la HR, por debajo de 85%.

La condensación del vapor de agua en el fruto y en la que la humedad absoluta (HA) en el invernadero no debe de elevarse rápidamente (figura 8).

Se tiene en el invernadero una temperatura de 18°C con una humedad relativa de 80% por la mañana. La radiación solar calienta el invernadero a 22°C y entonces la (HR) disminuye a 85%. En sí la humedad del invernadero no decrece y lo vemos en el diagrama (figura 4). Al acontecer esto, la humedad absoluta (HA) a 18°C y 80% de (HR) es aproximadamente 10.46 g/kg. A 22°C y 85% de (HR) la (HA) es aproximadamente 12,84 g/kg. La humedad no ha disminuido, se ha incrementado por 2.38 g/kg. Como resultado de la evaporación de las plantas, más humedad estará presente en el aire más que disipada.

Si la temperatura del aire se incrementa, debido a la radiación solar, se tendrán problemas. En el ejemplo, el punto de rocío del aire (18°C con 80% de (HR)) fue igual a $14,5^{\circ}\text{C}$. Posteriormente el punto de rocío (22°C y 85% de HR) se ha elevado a $17,0^{\circ}\text{C}$ condición que puede ser dañina a las plantas (figura 8).

Hay que prevenir que el incremento en el punto de rocío del aire, no se presente más rápido que el calentamiento de las plantas frías y frutos. Lo que se reitera que la (HA) del aire en g/kg no debe de incrementarse rápidamente.

Contenido de energía del aire (entalpía) kJ/kg

El contenido de energía consiste de dos partes, perceptible y latente. La perceptiva es la energía requerida para calentar el