



VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMIIR - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



ENMIENDAS AL SUELO Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE JITOMATE TIPO SALADETTE

RESPONSABLES:

Juan Manuel Barrios Díaz
Lorena Platas Galindo
Benjamín Barrios Díaz
Wendy Cruz Romero²



Fecha de presentación: 04 de octubre 2023



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



INTRODUCCIÓN

- El tomate es la hortaliza de mayor producción a nivel mundial (189 000 millones de toneladas).
- Campo abierto y en agricultura protegida.
- El contexto global económico, ambiental y social.
 - ✓ Alternativas de manejo sostenible del cultivo
 - Incrementar el rendimiento.
 - Mejorar la calidad de frutos cosechados.





Producción de jitomate tipo saladette de invernadero (SIAP, 2022)

México

- Superficie sembrada: 6,196 ha
- Rendimiento promedio: 179 t ha⁻¹
- Valor de la producción: \$10,045,485,120

Estado de Puebla

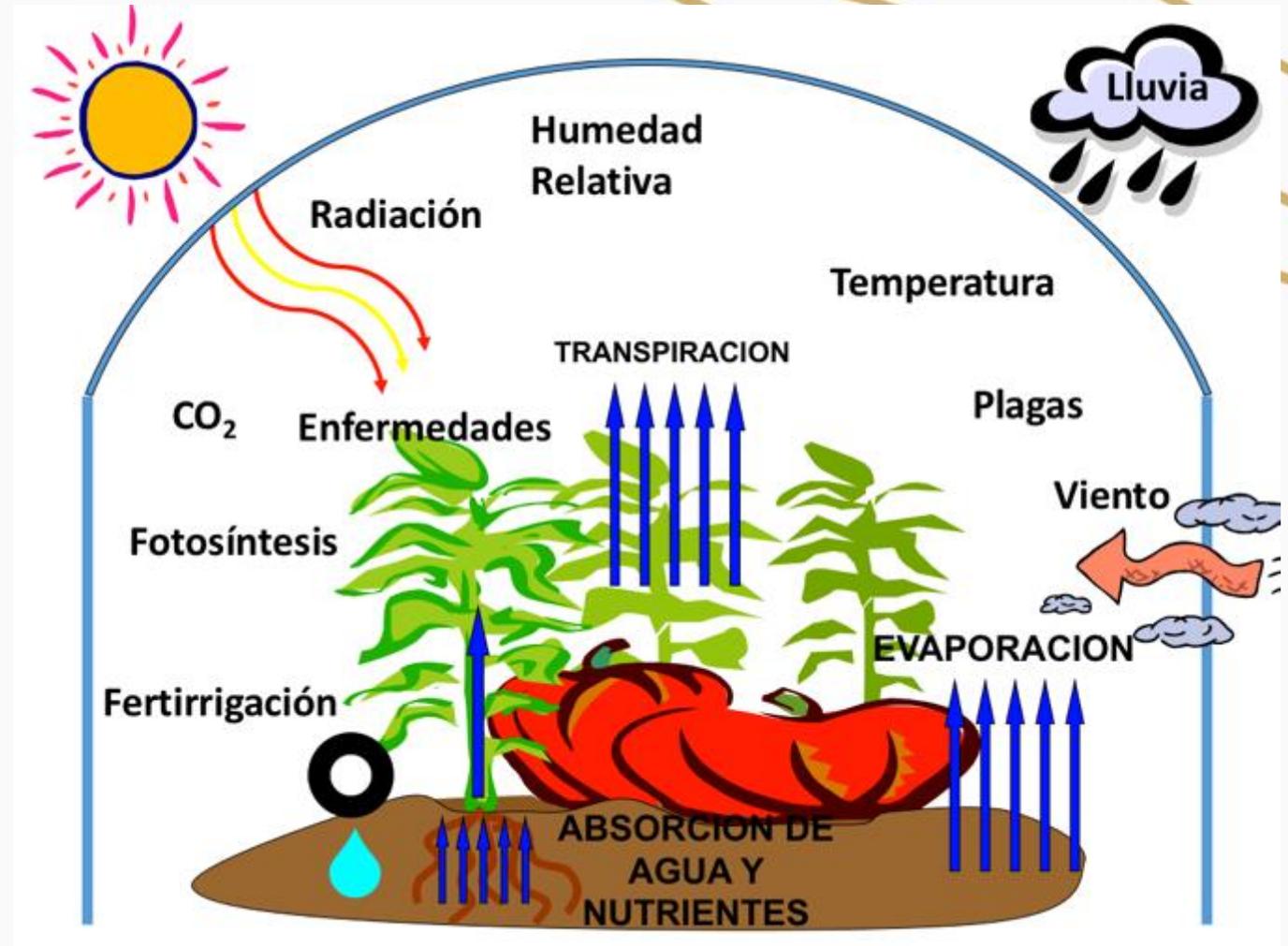
- Superficie sembrada: 950 ha
- Rendimiento promedio: 154 t ha⁻¹
- Valor de la producción: \$972,189,000



Producción en invernadero

La producción en invernadero tiene ventajas sobre el cultivo a cielo abierto:

- Crean un microclima interno que protege el cultivo de condiciones ambientales adversas.



Reto de la producción de jitomate cultivado en invernadero



Producción sostenible

- Lograr un producto alimenticio con limitadas cantidades de fertilizantes sintéticos, plaguicidas y alto valor nutricional.

“Lo que no se evalúa no se puede mejorar...”

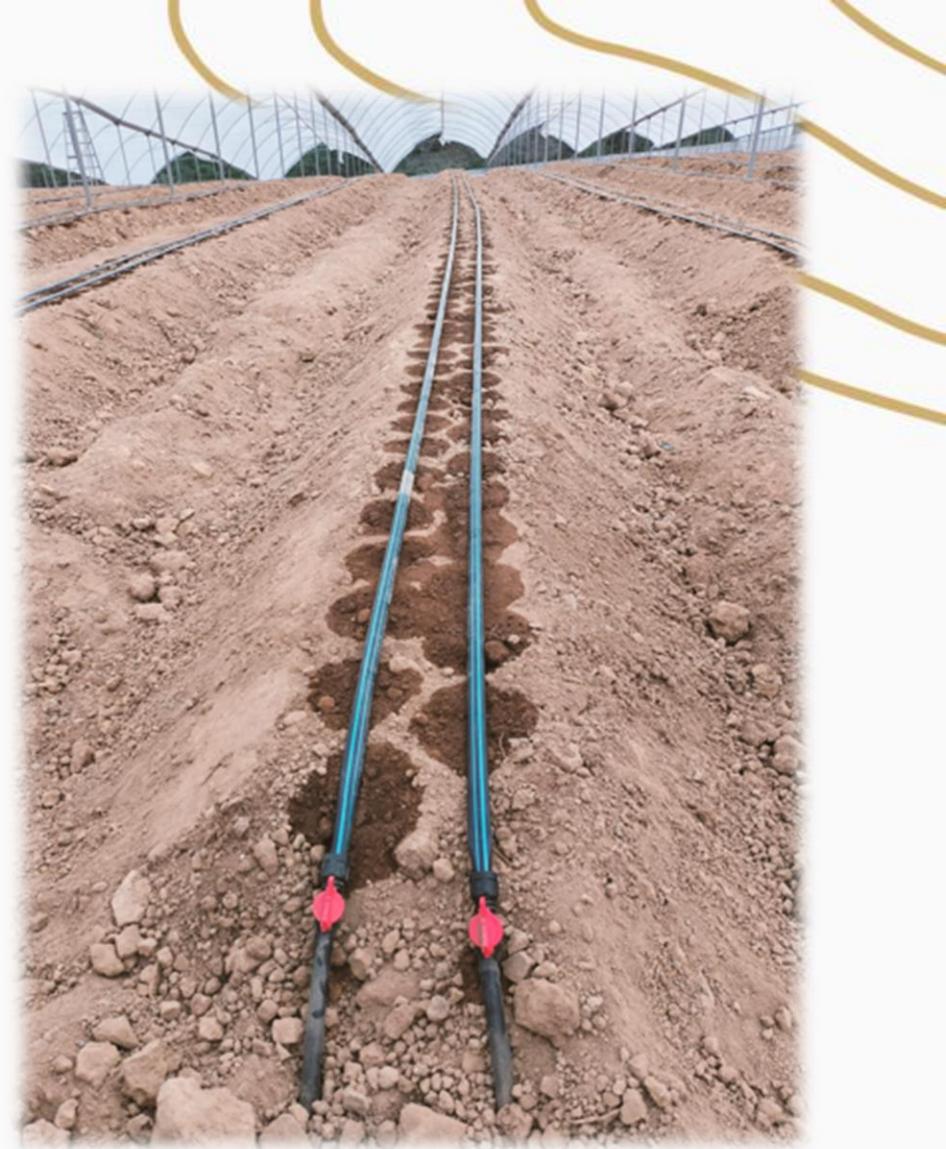
Indicadores de sostenibilidad

- **Ecológico**: mitigar impactos sobre el entorno.
- **Carbono**: incrementar la captura de C y reducción de emisión de GEI.
- **Hídrico**: efficientar el uso directo o indirecto de agua.
- **Social**: Mejorar los beneficios para la sociedad.

Manejo del suelo y agua

Afecta a la fertilidad del suelo e indicadores de sostenibilidad:

- Eficiencia productiva.
- Eficiencia de uso de nutrientes.
- Eficiencia de uso del agua de riego.
- Incidencia y severidad del plagas y enfermedades.



Enmiendas orgánicas

- Mejoran la fertilidad del suelo.
- Mejoran la aireación y retención del agua.
- Incrementan la biota benéfica
- Proveen de nutrientes a las plantas.



OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el rendimiento del cultivo de jitomate tipo saladette, en un invernadero de mediana tecnología, por efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas para mejorar la fertilidad del suelo, reducir el suministro nutrimental por fertirrigación y controlar enfermedades del suelo.



MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental

- Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias,
San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México.
- Invernadero de 1,250 m²
- Coordenadas: 19° 49' 04" N y 97° 21' 39" W.
- Clima: templado con lluvias en verano.
- Temperatura: 12 – 18 °C
- Precipitación media anual: 1,609 mm.
- Altitud: 1,675 msnm.



Material vegetal

Híbrido de jitomate **Aguamiel**[®] de la empresa Vilmorin.

- Crecimiento vigoroso indeterminado.
- Entrenudos cortos, buena cobertura y alta producción.
- Fruto alargado de buen tamaño.



Desarrollo y establecimiento del experimento

- Establecimiento del cultivo en suelo.
- El trasplante realizado el 20 de marzo de 2020.
- Camas de cultivo de 23 m de largo y 0.8 m de ancho.
- Distancia entre plantas de 18 cm (2.8 plantas m⁻²).
- Cinta de riego de 16 mm, con gotero a cada 20 cm con caudal nominal de 1.0 L h⁻¹ a 80 kPa de presión.



Fertilidad del suelo (Andosol)



Resultados del Análisis Físico-químico:

- Textura: Franco arenosa
- pH: 6.3
- **Materia orgánica: 6.4 %**
- **Densidad aparente: 0.8 g cm⁻³**
- N-inorgánico: 49.5 mg kg⁻¹
- **P: 0.2 mg kg⁻¹**
- K: 65.3 mg kg⁻¹
- Ca: 2,274 mg kg⁻¹
- Mg: 198 mg kg⁻¹
- CIC: 12.5 cmol₊ kg⁻¹
- Al intercambiable: 0.3 cmol₊ kg⁻¹
- Acidez total: 0.3 cmol₊ kg⁻¹



Tratamientos evaluados:

Cuadro 1. Descripción de las prácticas de manejo de la nutrición y control de enfermedades del suelo para el cultivo de jitomate tipo saladette en un suelo andosol.

Tratamiento	Descripción		
T1	Enmienda orgánica,	solución nutritiva limitada,	control químico al suelo
T2	Enmienda orgánica,	solución nutritiva limitada,	control orgánico al suelo
T3	Enmienda orgánica,	solución nutritiva completa,	control con H ₂ O ₂
T4	Enmienda orgánica,	solución nutritiva completa,	control químico al suelo
T5	Enmienda orgánica,	solución nutritiva completa,	control orgánico al suelo
T6	Sin enmienda orgánica,	solución nutritiva completa,	control orgánico al suelo
T7	Sin enmienda orgánica,	solución nutritiva completa,	control químico al suelo

Enmienda orgánica

- Composta: 10.0 t ha⁻¹
- Estiercol ovino: : 5.0 t ha⁻¹
- Óxido de calcio o cal viva: 3.0 t ha⁻¹



Composta VIOHACHE®



Composición garantizada:

- **Materia orgánica 22.04 %**
- **N 0.90 %**
- **P 0.02 %**
- **K 1.40 %**
- **Ca 0.26 %**
- **SO₄ 0.78 %**
- **Ácido húmico 0.50 %**
- **Ácido fúlvico 0.50 %**
- **pH 8.89**
- **CE < 1.40 dS m⁻¹**

Fertirrigación del cultivo:

Cuadro 2. Concentración de la solución nutritiva completa (SNC) y limitada (SNL) para la fertirrigación del cultivo de jitomate tipo saladette, en diferentes etapas de su desarrollo y en un suelo andosol.

Nutrimento	Establecimiento		Desarrollo Vegetativo		Floración e inicio de fructificación		Cosecha	
	0 - 15 ddt		15 - 60 ddt		60 - 90 ddt		90 - 150 ddt	
	SNC	SNL	SNC	SNL	SNC	SNL	SNC	SNL
	mEq L ⁻¹							
NO ₃ ⁻	15.0	15.0	11.0	5.5	14.0	7.0	18.0	9.0
H ₂ PO ₄ ⁻	2.0	2.0	2.0	1.0	3.0	1.5	2.0	1.0
SO ₄ ²⁻	3.0	3.0	6.0	3.0	8.0	4.0	8.0	4.0
K ⁺	7.0	7.0	5.0	2.5	9.0	4.5	11.0	5.5
Ca ²⁺	10.0	10.0	10.0	5.0	11.0	5.5	12.0	6.0
Mg ²⁺	3.0	3.0	4.0	2.0	5.0	2.5	5.0	2.5

Estrategias de manejo fitosanitario del suelo

- **Control químico (T1, T4 y T7):** Abamectina, Cipermetrina, Propamocarb, Fosetil, Thiametoxam, Lambda cyalotrina.
- **Control orgánico (T2, T5 y T6):** Extracto de higuera (*Ricinus communis*), *Paecilomyces lilacinus*, Quitosano, Extractos vegetales, Silicio, *Trichoderma harzianum*, Bacterias heterotrofas aerobias, Bacterias fijadoras de nitrógeno, Hongos solubilizadores de fósforo, *Pisolithus tinctorius*
- **Peróxido de hidrógeno (T3).**



Manejo fitosanitario de la parte aérea de la planta

- Control plagas y enfermedades con productos biológicos comerciales:
 - ✓ Larrea T® (Extracto de gobernadora)
 - ✓ SmartKill® (Extractos vegetales)
 - ✓ Ambios® (Extractos vegetales y polisulfuros).



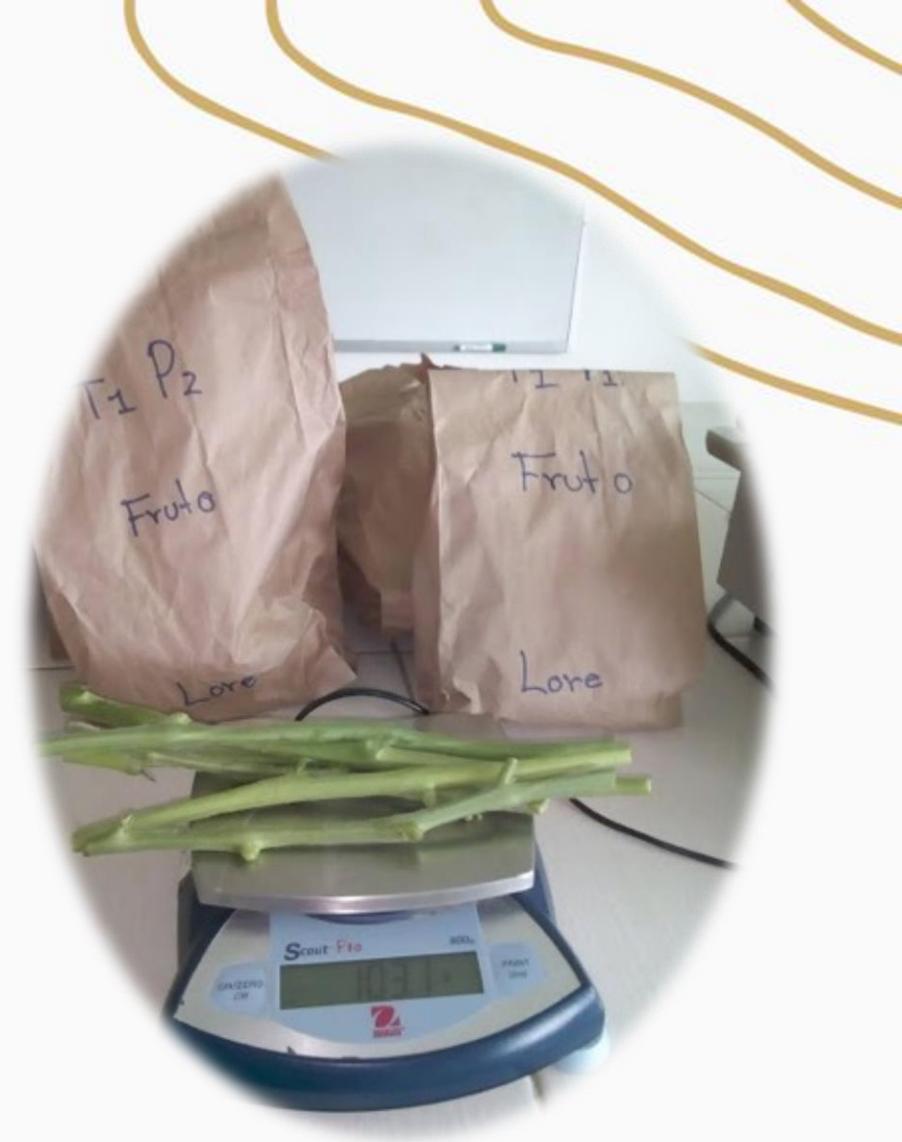
Diseño experimental

- Completamente al azar con siete tratamientos y 10 repeticiones, la unidad experimental fue una planta.



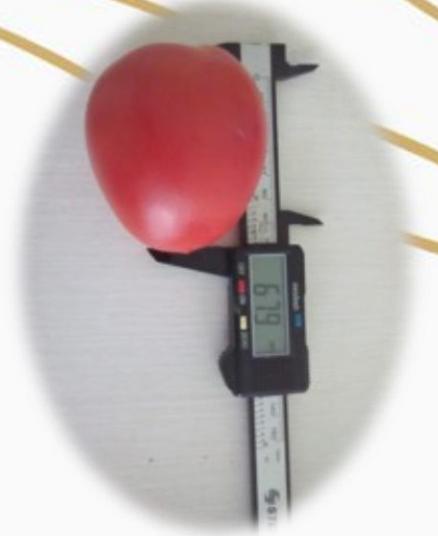
Rendimiento biológico (Materia seca):

- Evaluaciones a 45, 90 y 120 ddt.
- Tres plantas por tratamiento.
- En estufa con circulación forzada de aire a 70 °C.
- La partición de la biomasa total fue en hojas, tallos y frutos.



Rendimiento y calidad de frutos

- Estimado con el peso de los frutos cosechados de 10 plantas por tratamiento.
- El punto de corte fue cuando los frutos alcanzaban la madurez comercial.
- La calidad física del fruto se consideró con el tamaño de todos los frutos cosechados:
 - ✓ Peso
 - ✓ Diámetro promedio polar y ecuatorial.



Variables climáticas al interior del invernadero

- Estación meteorológica electrónica marca Davis, modelo Vantage Pro 2.0®.
 - ✓ Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
 - ✓ Humedad relativa (%)
 - ✓ Radiación solar (W/m^2)
- Registros cada hora durante todo el ciclo de cultivo.



Análisis estadístico:

- Análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p=0.05$).
- Programa estadístico Statistical Analysis System (SAS).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN



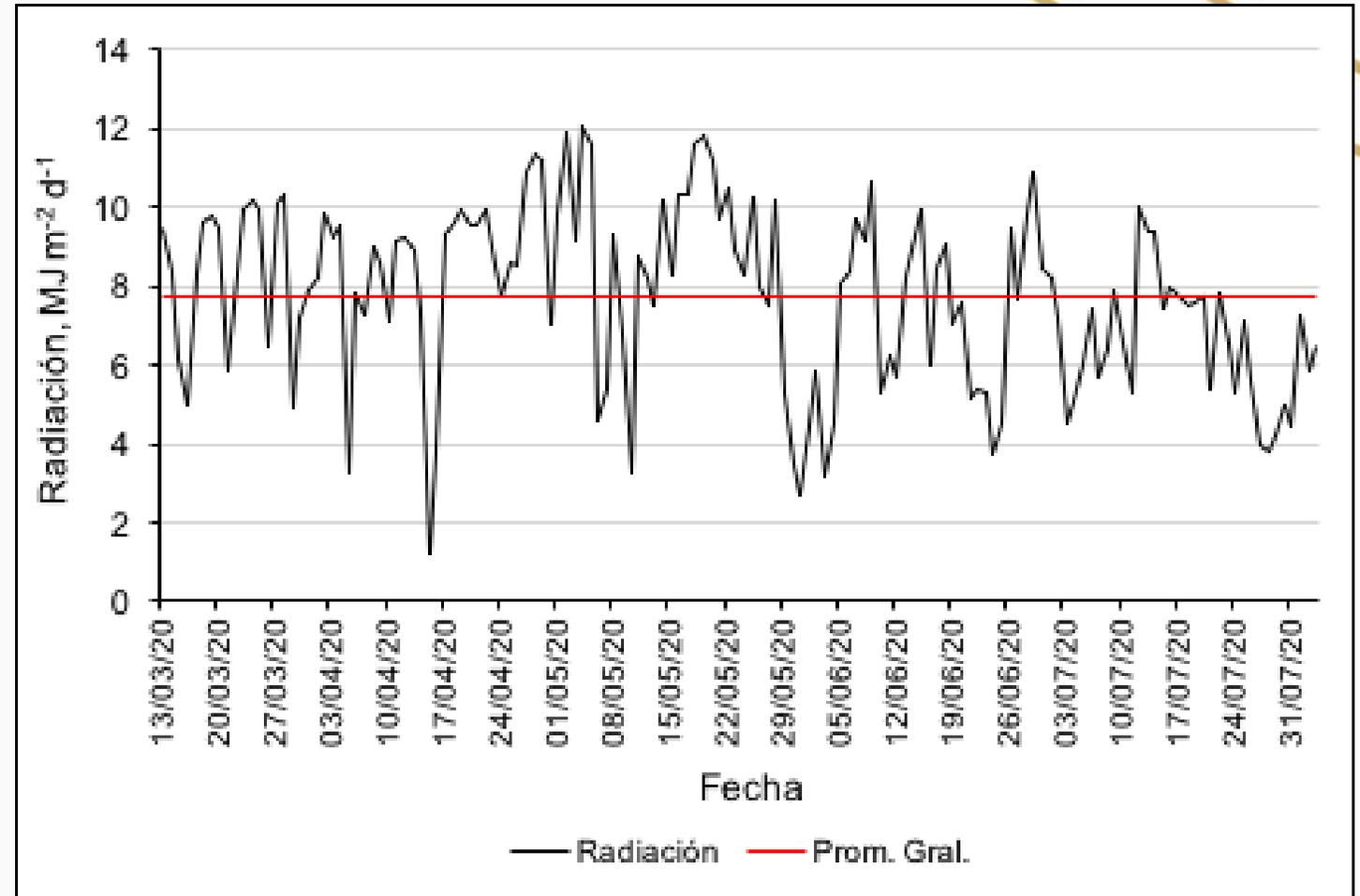
Radiación solar

El rendimiento del cultivo de jitomate en invernadero es afectado por las condiciones ambientales que prevalecen al interior de este tipo de estructuras.

Radiación solar: 4.0 – 12.0 MJ m⁻² d⁻¹
 Promedio general: 7.7 MJ m⁻² d⁻¹

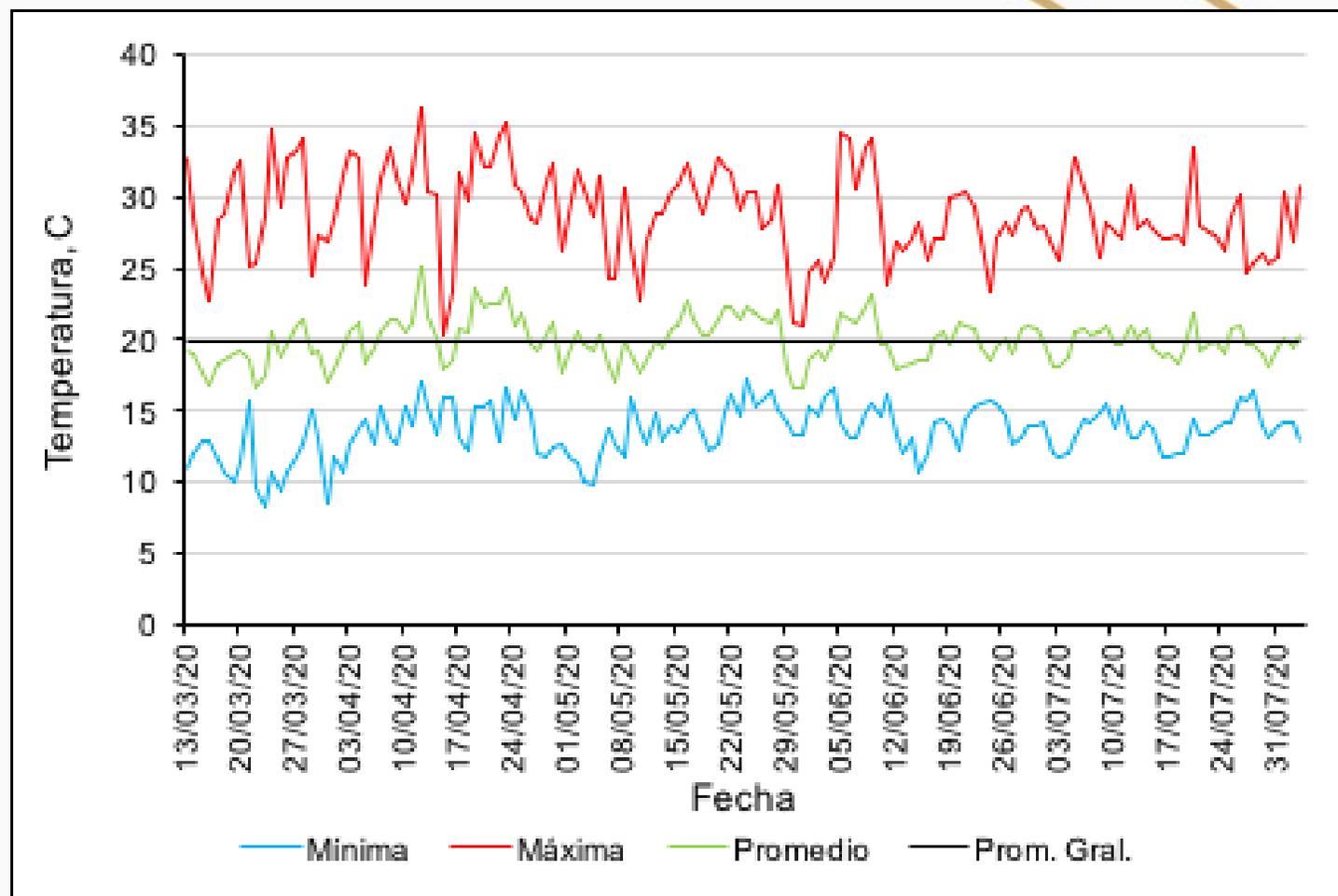
El cultivo requiere:

- 8.0 MJ m⁻² d⁻¹: valor mínimo para la adecuada fotosíntesis (Jasso *et al.*, 2012).
- 14 a 16 MJ m⁻² d⁻¹: radiación incidente fuera del invernadero Castellanos (2009).



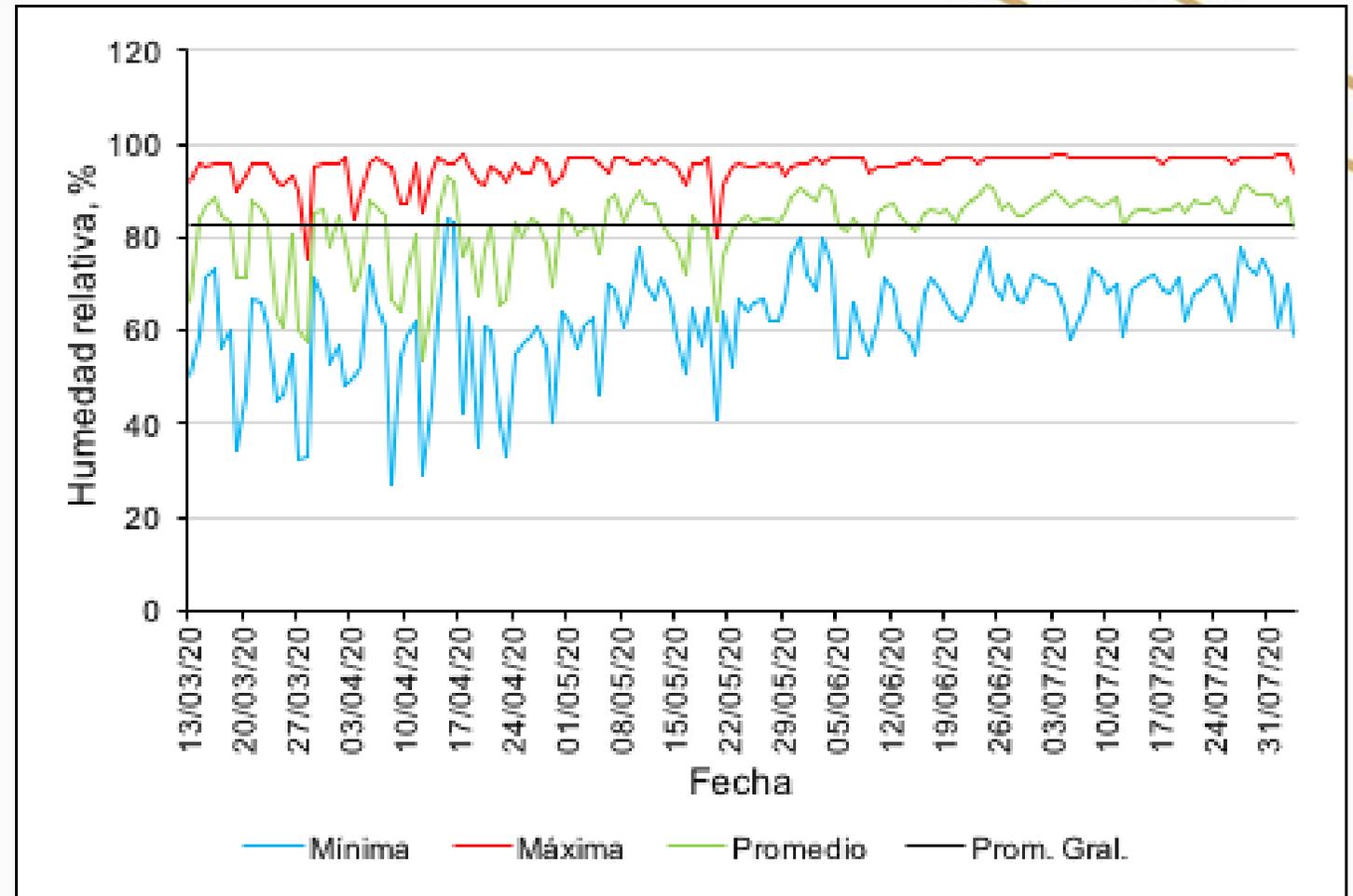
Temperatura

- **Alta T °C:** causan serios daños en estructuras reproductivas.
- **Óptima:** Día 20 - 25 °C
Noche 15 - 18 °C
- **Baja T °C:** disminuye crecimiento y afecta el desarrollo
- Temperatura: 13.6 - 28.8 °C
- Promedio general: 19.9 °C



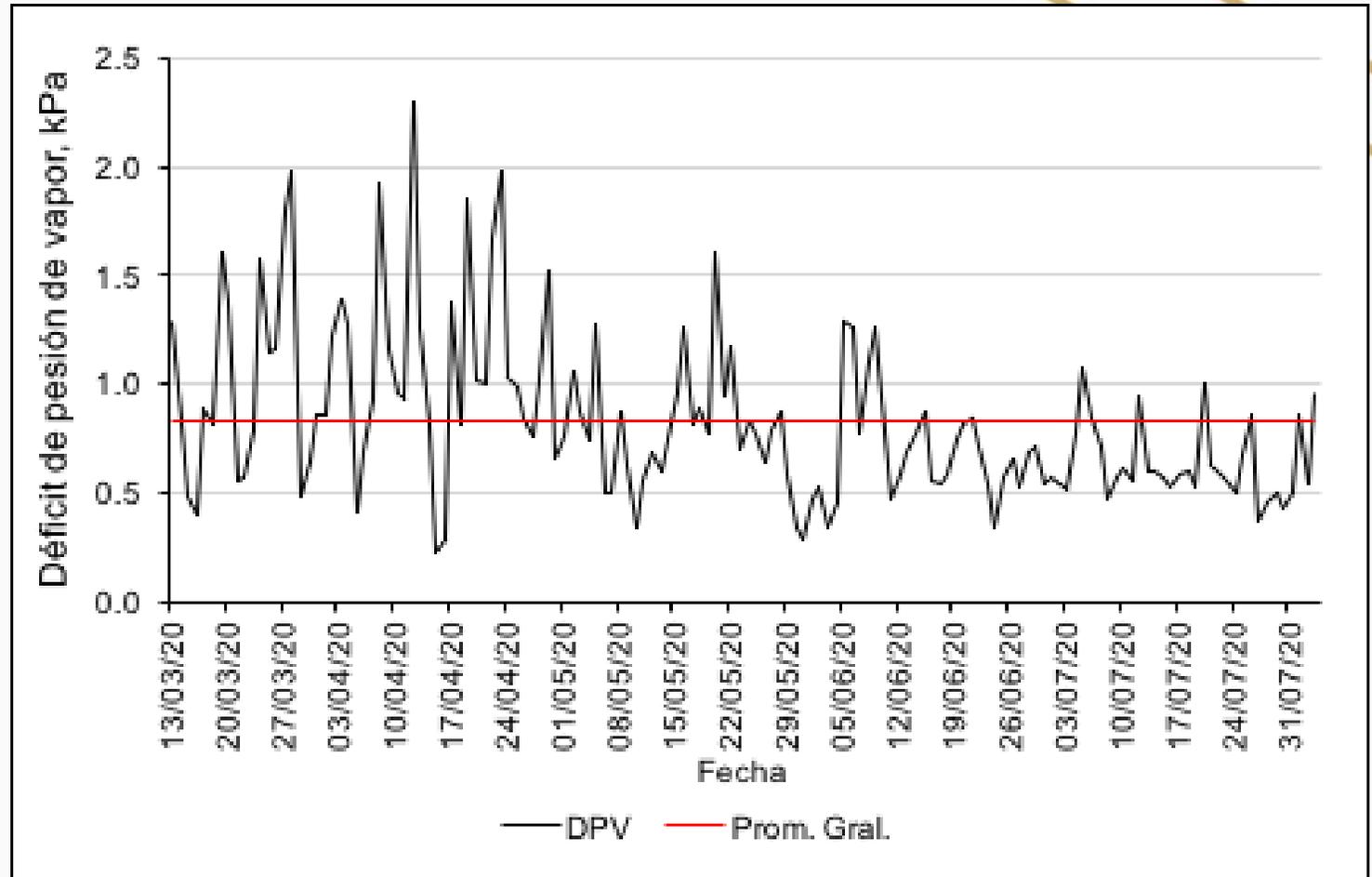
Humedad relativa

- **Alta HR:** favorece desarrollo de enfermedades aéreas, agrietamiento del fruto, dificultad en fecundación, aborto de flores, entre otros
- **Óptima:** 60 – 80 %.
- **Baja HR:** deshidratación, deficiente calidad de fruto y menor cuaje.
- Humedad Relativa: 62.3 - 95.2 %
- Promedio general: 82.5 %



Deficit de Presión de Vapor

- **Alto DPV (> 2 kPa):** estrés hídrico, desarrollo de plagas y enfermedades.
- **Óptimo:** 0.5 - 2 kPa, favorece la apertura y el cierre estomático.
- **Bajo DPV < 0.5 kPa:** atecta la fotosíntesis, desarrollo de plagas y enfermedades.
- Déficit Presión Vapor: 0.23 – 2.3 kPa
- Promedio general: 0.8 kPa





Rendimiento de materia seca:

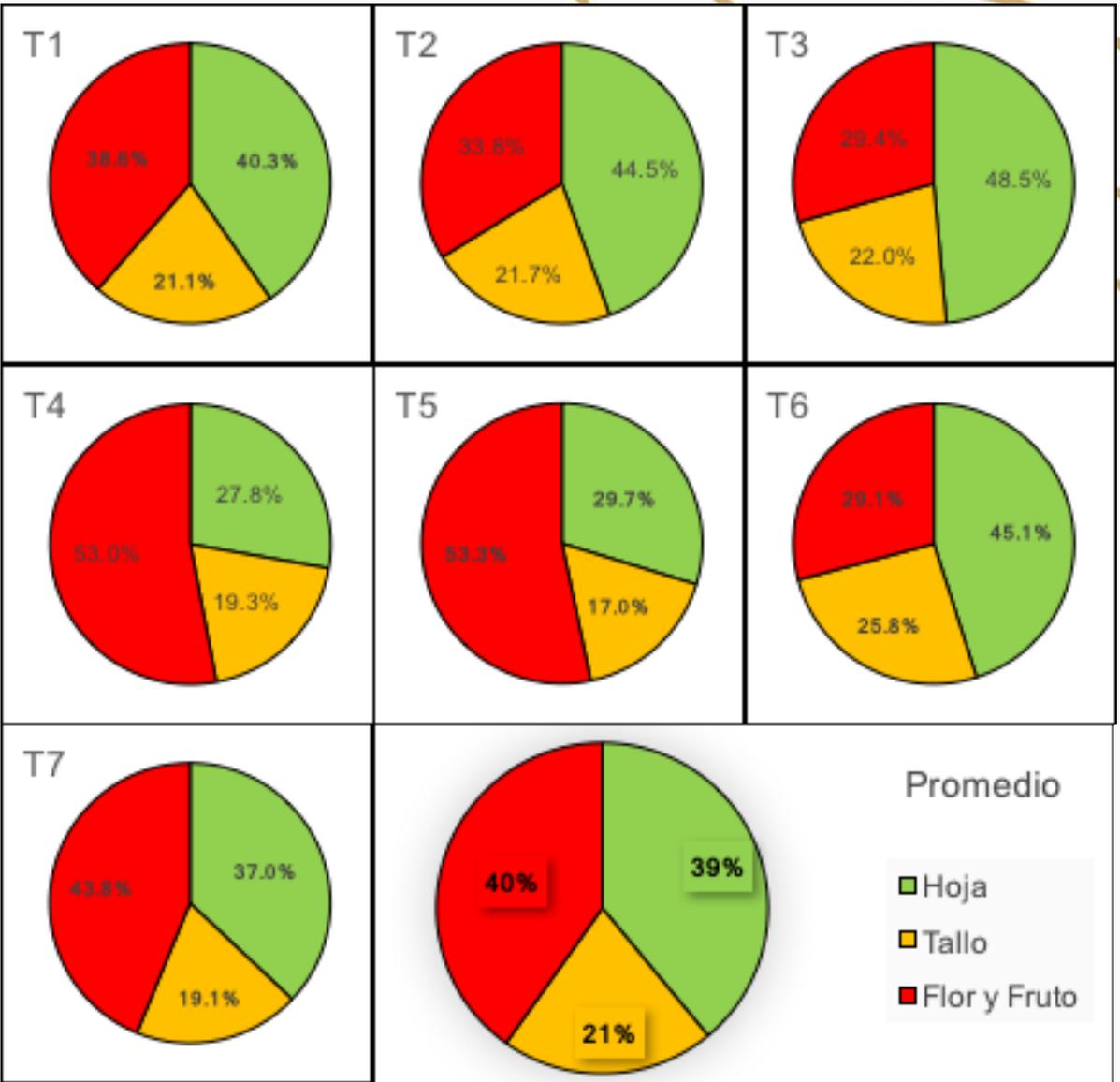
Cuadro 3. Partición de la materia seca total (120 ddt) de la planta de jitomate tipo saladette cultivado en invernadero.

Tratamiento	Hoja		Tallo		Flor y Fruto		Total	
	g planta ⁻¹							
T1	96.43	a	50.37	a	92.30	b	239.10	a
T2	128.67	a	62.83	a	97.83	ab	289.33	a
T3	145.30	a	65.87	a	88.12	b	299.29	a
T4	88.23	a	61.30	a	168.40	a	317.93	a
T5	94.97	a	54.30	a	170.25	a	319.51	a
T6	109.67	a	62.73	a	70.91	b	243.31	a
T7	92.02	a	47.56	a	108.87	ab	248.45	a
CV (%)	22.49		21.99		23.42		11.67	
DMSH	67.64		35.40		74.31		90.96	

Tratamientos con la misma letra por columnas no difieren significativamente (Tukey, $p=0.05$).

Partición de la biomasa total en cada tratamiento:

- La enmienda orgánica tiende a incrementar la biomasa de frutos.
- Sin enmienda orgánica incremento

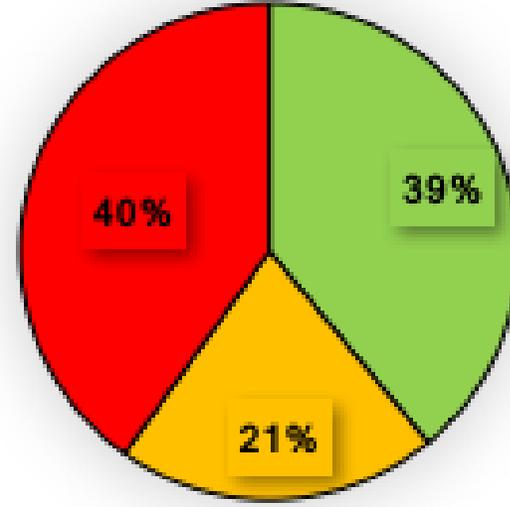
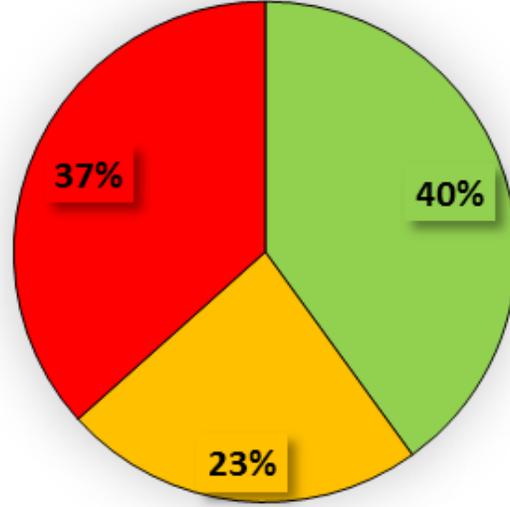
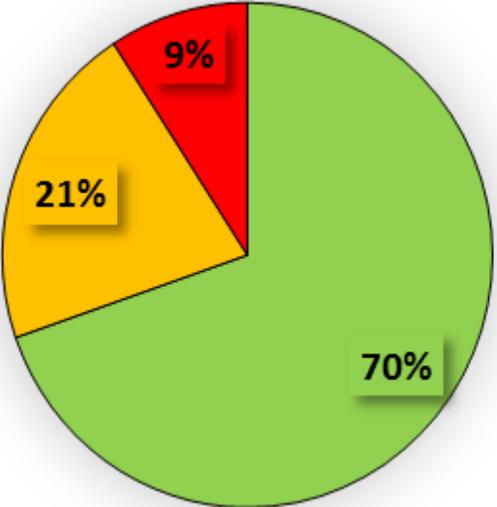


Partición de la biomasa total de la planta de jitomate tipo saladette:

45 ddt

90 ddt

120 ddt

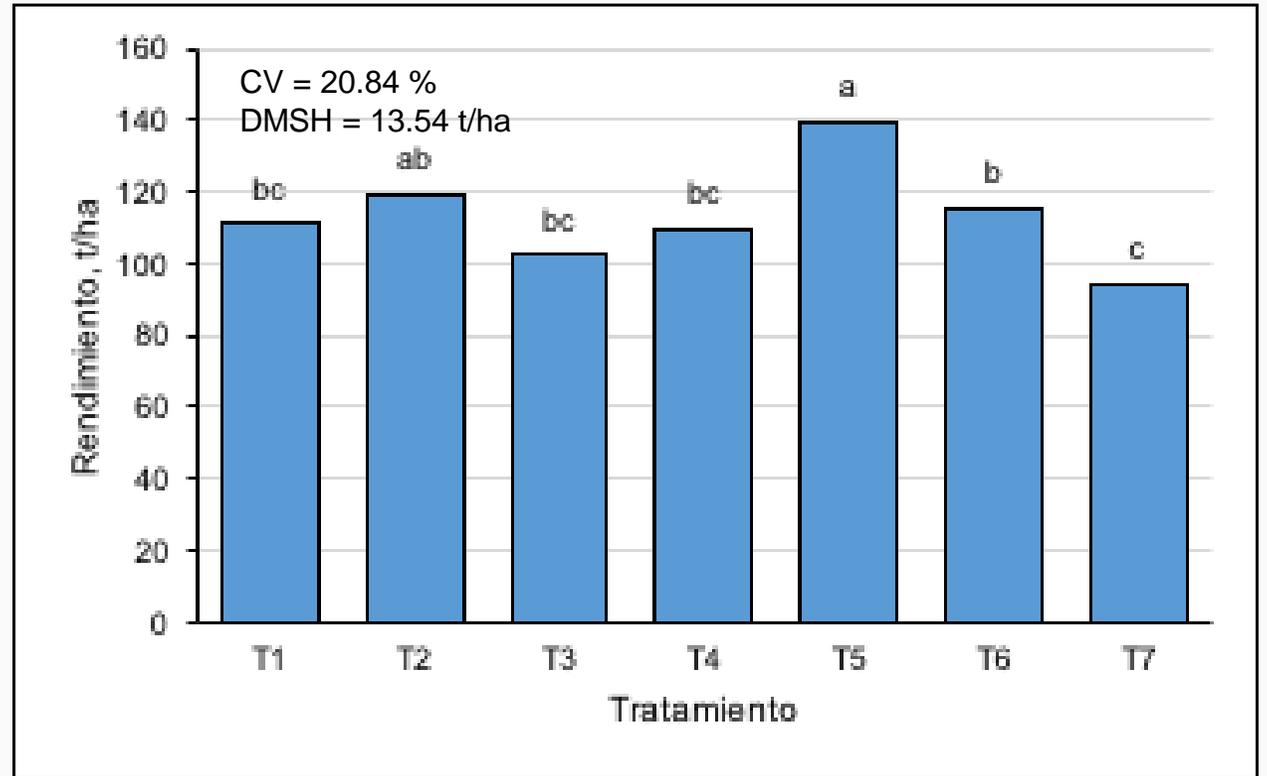


Promedio

- Hoja
- Tallo
- Flor y Fruto

Rendimiento comercial

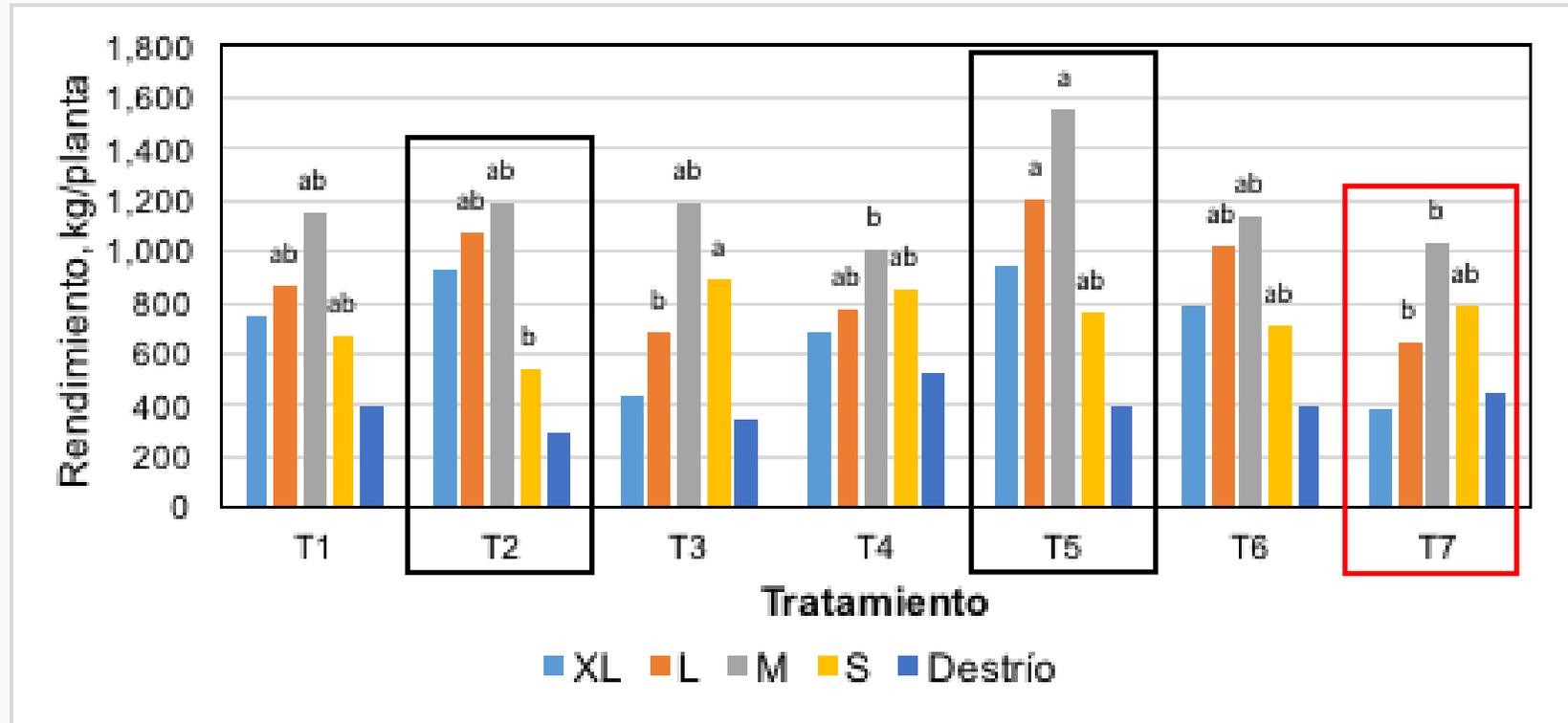
Rendimiento total de jitomate tipo saladette con diferentes estrategias de manejo del cultivo en condiciones de invernadero.



Distribución del rendimiento por peso del fruto

Clasificación

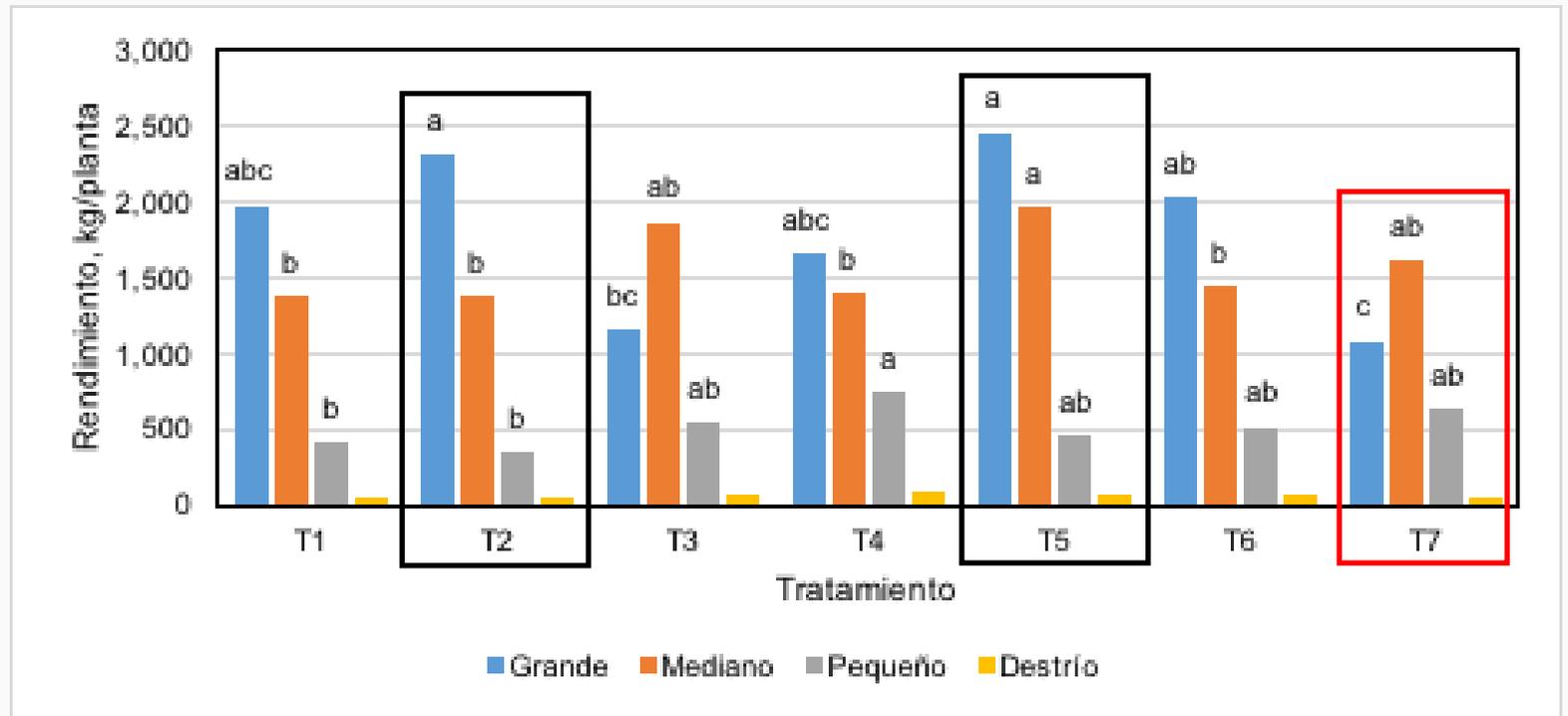
Clase	Peso (g)
Destrío (D)	<60
Pequeño (S)	60 - 80
Mediano (M)	81 - 100
Grande (L)	101 - 120
Extra Grande (XL)	121 - 160
Jumbo	> 160



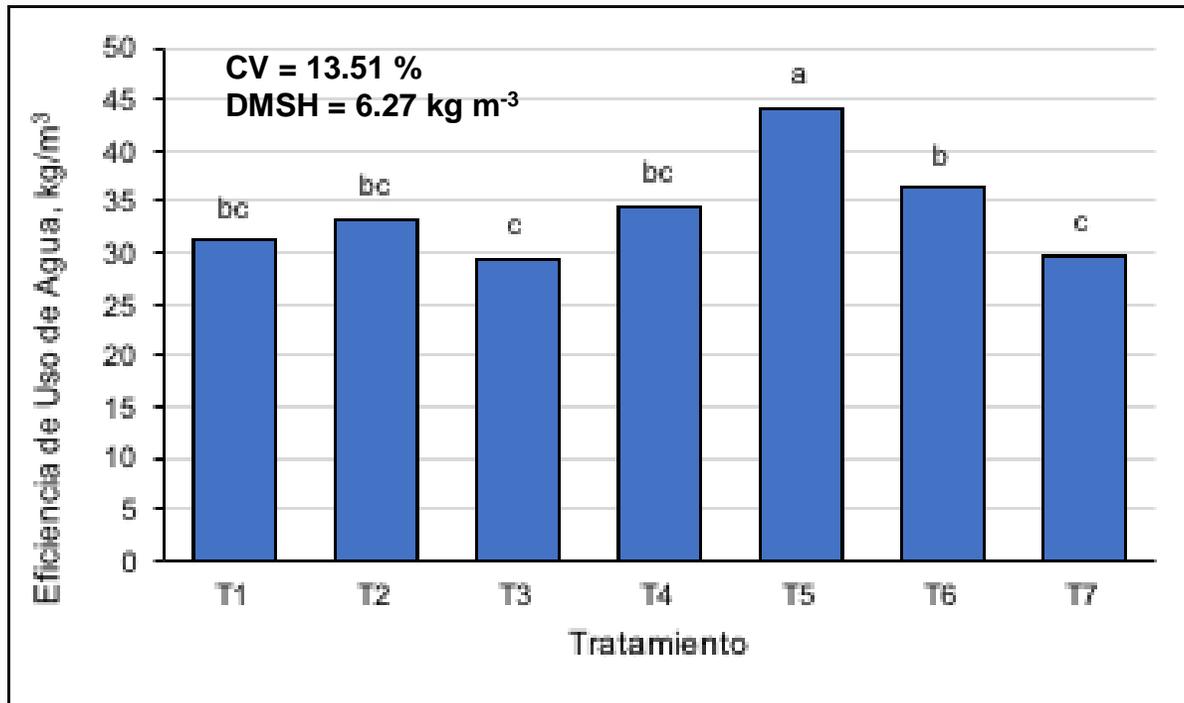
Distribución del rendimiento total por diámetro del fruto

Clasificación

Tamaño	Diámetro (mm)
Destrío	< 38
Pequeño	38 - 52
Mediano	52 - 60
Grande	60 - 71
Extra Grande	> 71



Eficiencia en el uso del agua



Las condiciones ambientales determinan la cantidad de agua consumida por el cultivo.

La cantidad de agua aplicada por planta en todos los tratamientos fue muy similar: 120 L planta⁻¹ o 3,300 m³ ha⁻¹

Flores *et al.* (2007) reportaron un volumen bruto de 143 L planta⁻¹ durante todo el ciclo.

Macías (2002) aplicó de 3,289 a 4,103 m³ ha⁻¹.

CONCLUSIONES

En el cultivo de jitomate tipo saladette en condiciones de invernadero y suelo andosol, la aplicación de **enmiendas** a base de composta (10 t ha⁻¹), estiércol de borrego (5 t ha⁻¹) y cal hidratada (3.0 t ha⁻¹) como complemento a la fertirrigación con **solución nutritiva** completa o **limitada** y **control orgánico** de enfermedades del suelo (T5 y T2), incrementaron en promedio la biomasa de los frutos en 23 % y el rendimiento comercial en 38 % en comparación con el tratamiento sin enmienda, fertirrigación con solución nutritiva completa y manejo químico de enfermedades del suelo (T7).



VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



GRACIAS!

juan.barrios@correo.buap.mx

Fecha de presentación: 04 de octubre 2023

