



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



## Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



# MANEJO DEL RIEGO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN Y LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN EL CULTIVO DE TOMATE.

Javier Ezequiel Colimba Limaico; Sergio Zubelzu Mingez y Leonor  
Rodríguez Sinobas.



**POLITÉCNICA**

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



17

10 de junio de 2021



# INTRODUCCIÓN



El tomate es una hortaliza cultivada ampliamente a nivel mundial.

Este cultivo demanda altas cantidades de agua para su producción.

La escasez de agua es un problema a nivel mundial.

En Ecuador, específicamente en el cantón Antonio Ante, solo el 50% de las tierras productivas cuenta con agua de riego.

# INTRODUCCIÓN



Manejo inadecuado del riego. Generalmente los productores aplican riego en exceso.

No conocen el requerimiento hídrico del cultivo, ni la frecuencia de riego adecuada.

Las investigaciones solo se han centrado en mejorar la eficiencia en el uso del agua.

No es posible que una alta eficiencia en el uso del agua vaya acompañada de altos rendimientos (Wang & Xing, 2017).

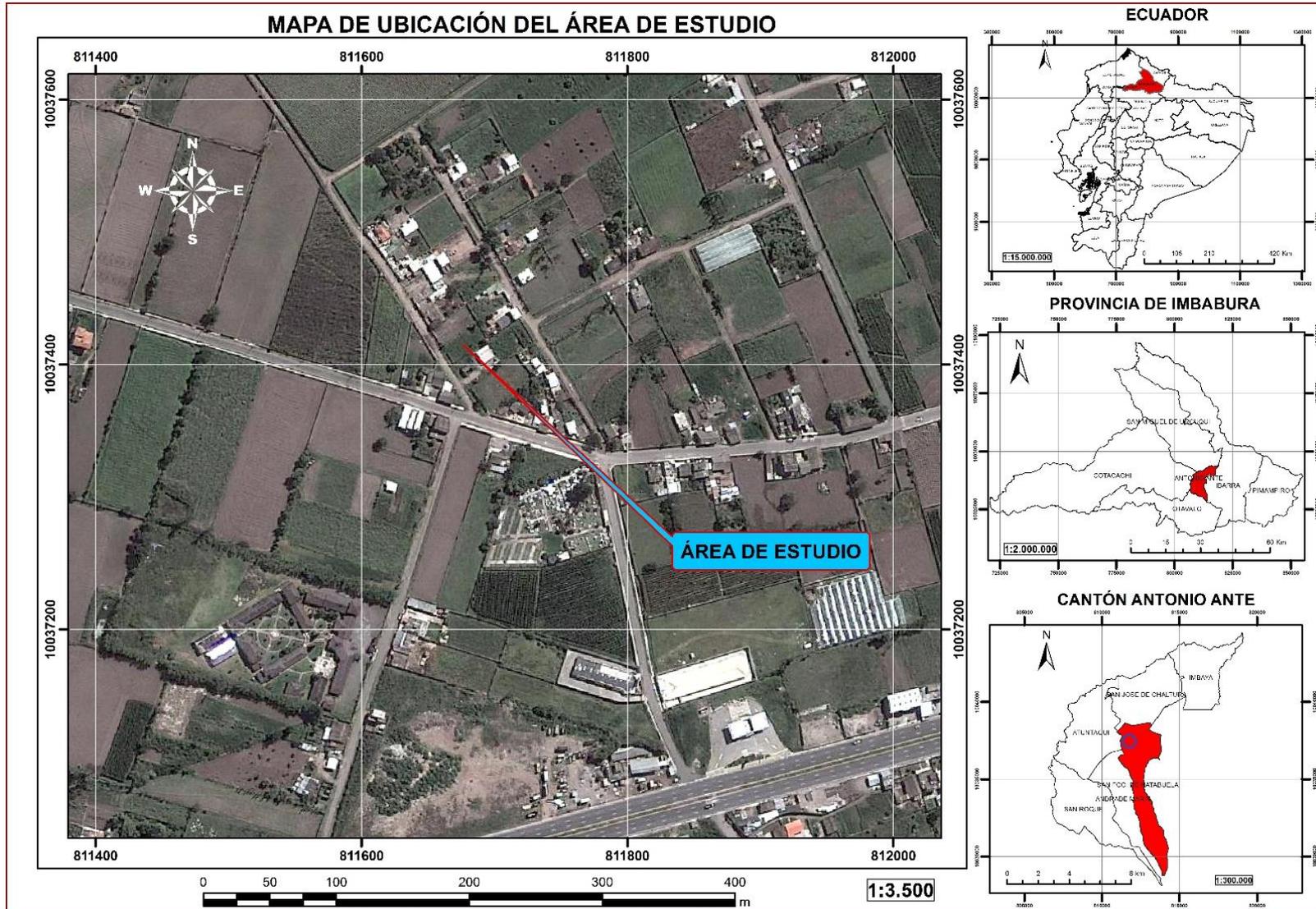


# OBJETIVO



Establecer una estrategia de riego que permita obtener un balance entre la producción, calidad del fruto y eficiencia en el uso del agua, en el cultivo de tomate de invernadero.

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.



La investigación se realizó en la parroquia de Natabuela, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura.

Invernadero metálico de 350 m<sup>2</sup> con cubierta de plástico.

Textura de suelo franco arenosa, CC: 28.53% PM: 11.73% da: 1.13 g/cm<sup>3</sup>

Se utilizó la variedad de tomate Pietro de crecimiento indeterminado.

Distancia de siembra 1.40m entre hileras y 0.40m entre plantas. Manejo a dos ejes.

Se colocaron dos laterales de riego por cama, manguera elíptica de 16mm, 2.1L/h, 0.20m entre emisores, goteros no compensados.

# Factores de estudio



## Primera campaña

Se realizó desde el 6 de septiembre de 2019 hasta el 20 de marzo de 2020.

### ***N: Frecuencias de riego***

N1: un riego al día

N2: dos riegos al día

### ***L: Láminas de agua***

L1: 80% E<sub>Tc</sub>

L2: 100% E<sub>Tc</sub>

L3: 120% E<sub>Tc</sub>

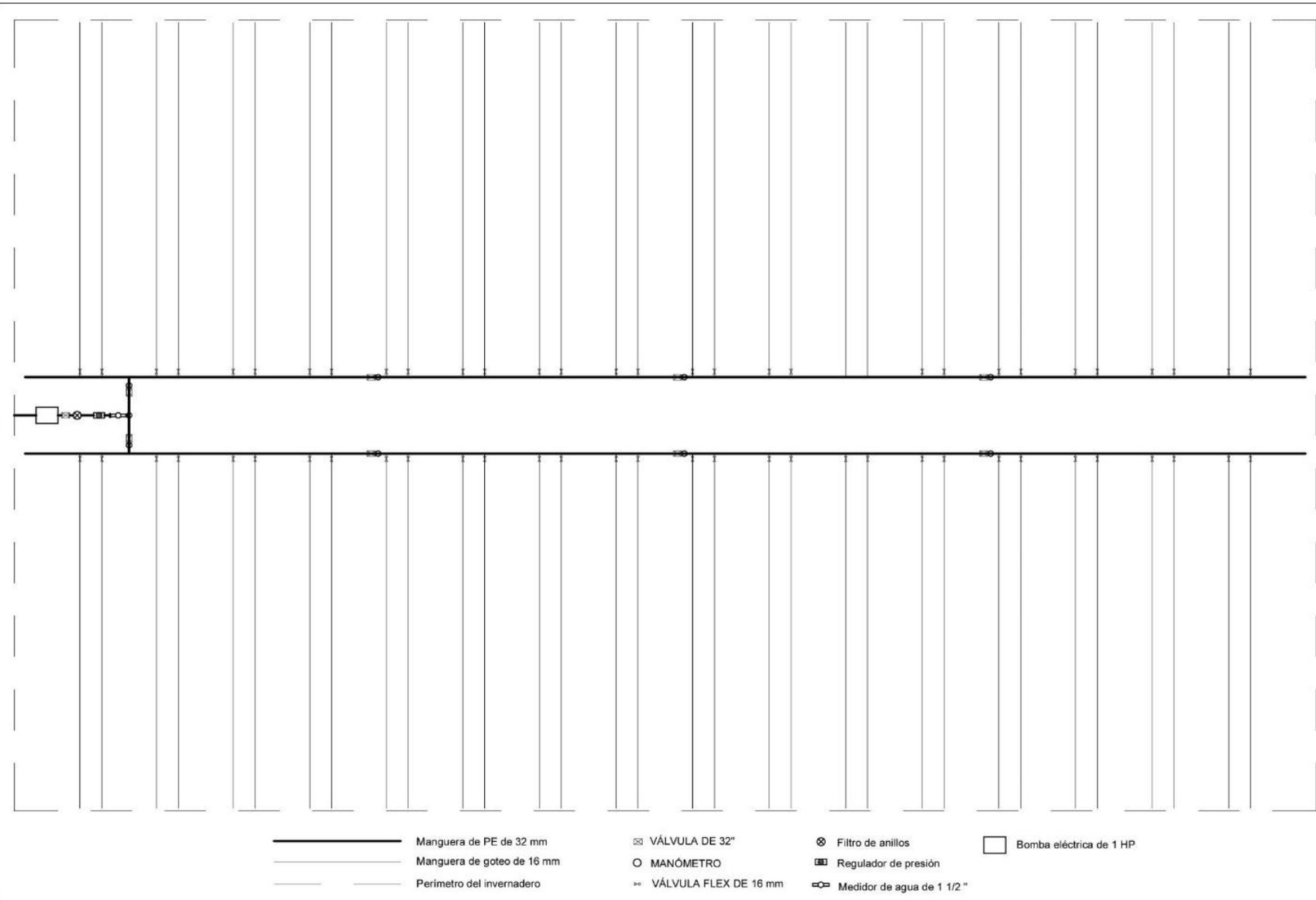
L4: 142% E<sub>Tc</sub> (lámina del agricultor)

Se utilizó un diseño factorial en parcelas divididas bajo una distribución de bloques completamente al azar con 4 repeticiones.



# Factores de estudio

Figura 2. Esquema del sistema de riego utilizado en la investigación.



## Segunda campaña

Se llevo a cabo desde el 12 de junio al 12 de diciembre de 2020.

### L: Láminas de agua

L1: 100% ETc

L2: 120% ETc

### F: Frecuencias de riego

F1: dos riegos al día

F2: un riego cada día día

F3: un riego cada dos días

F4: un riego cada tres días

Se utilizó un diseño factorial AxB bajo una distribución de bloques completamente al azar con 4 repeticiones.

# Requerimiento hídrico del cultivo



## Cálculo de la ETc

$$ETc = Epan * kp * kc$$

Donde:

Epan= Evaporación del tanque evaporímetro (mm día-1),

kp= Coeficiente del tanque evaporímetro. Valor=1.0 (AAIC, 2004; Macías, 2009; Zhai et al., 2010).

kc= coeficiente del cultivo

## Tanque evaporímetro

Cubeta plástica de 0,31m de diámetro y 0,31m de altura, de 20 litros de capacidad (Sivisaca, 2013).

**Cuadro 1.** Coeficientes de cultivo utilizados en el primer experimento.

Fase	Kc	Duración de la fase (días)
Inicial	0.55	35
Desarrollo	1.05	45
Producción	1.15	70
Finalización	0.90	30

**Cuadro 2.** Coeficientes de cultivo utilizados en el segundo experimento.

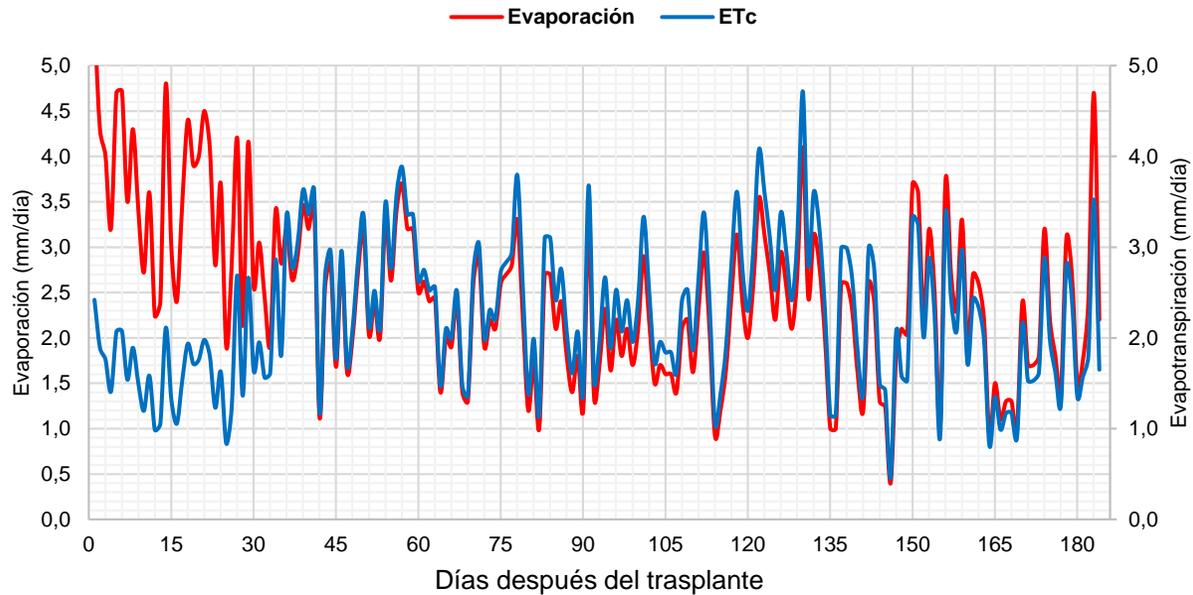
Fase	Kc	Duración de la fase (días)
Inicial	0.55	35
Desarrollo	1.05	45
Producción	1.15	70
Finalización	0.75	30



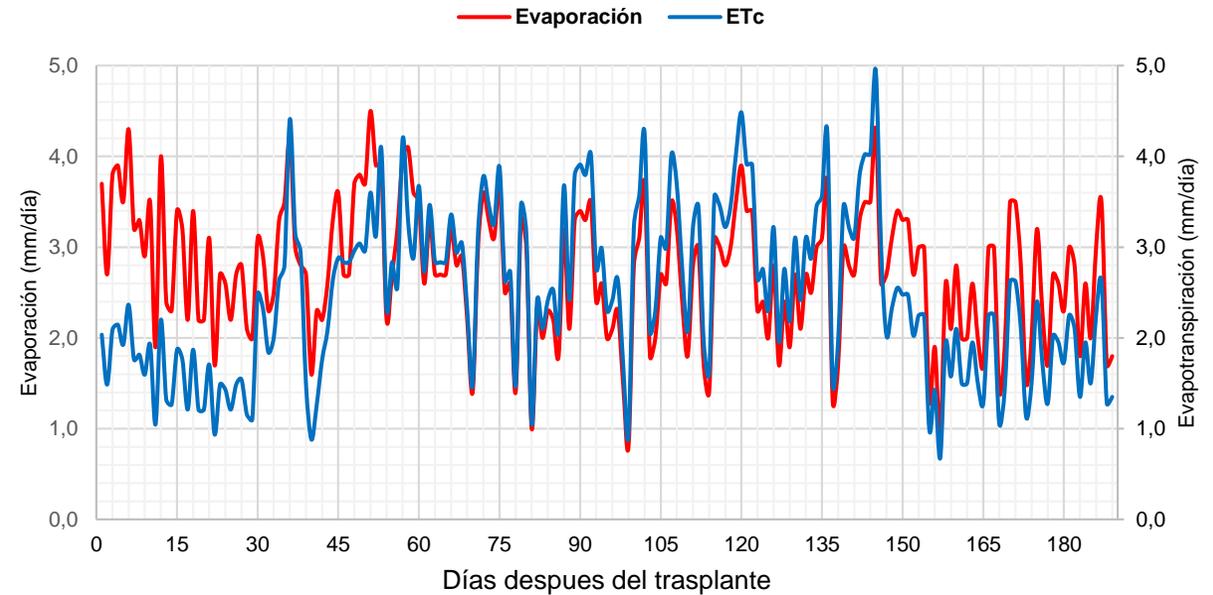
# RESULTADOS

## Requerimiento hídrico del cultivo

Comportamiento de la evaporación y de la evapotranspiración del cultivo, primer experimento.



Comportamiento de la evaporación y de la evapotranspiración del cultivo, segundo experimento.



- La evaporación fue muy variable incluso de un día para otro, debido a la alta variabilidad climática existente en el área de estudio.
- Similar comportamiento tubo la ETC en cuanto a variabilidad, sin embargo, esta no tubo la misma tendencia debido a la influencia de los valores de kc utilizados.

**Cuadro 3.** Prueba de Duncan para las medias de altura de planta, diámetro de tallo, frutos por planta, rendimiento y eficiencia en el uso del agua. Primer experimento.

Factor	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Frutos por planta (-)	Rendimiento total (kg planta <sup>-1</sup> )	Rendimiento comercial (kg planta <sup>-1</sup> )	EUA Total (kg m <sup>-3</sup> )	EUA comercial (kg m <sup>-3</sup> )
<b>Frecuencias de riego</b>							
N1	176.04 a	11.65 a	47.63 a	11.01 a	10.01 a	49.83 a	47.62 a
N2	175.33 a	13.63 a	47.50 a	11.91 a	11.00 a	54.39 a	52.74 a
<b>Láminas de agua</b>							
L1	179.90 c	10.40 c	46.38 b	9.62 d	8.69 d	58.32 a	55.22 a
L2	176.32 bc	11.63 b	47.63 ab	11.00 c	9.97 c	54.26 ab	51.60 ab
L3	174.06 ab	13.19 a	47.50 ab	11.95 b	11.15 b	49.89 bc	48.88 bc
L4	172.45 a	13.34 a	48.75 a	13.27 a	12.21 a	45.97 c	45.03 c
<b>ANOVA</b>							
N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L	**	***	ns	***	***	***	*
N x L	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

N y L representan frecuencias de Riego y láminas de agua, respectivamente. N1: un Riego por día; N2: dos riegos al día; L1: 80% ETc; L2: 100% ETc; L3: 120% ETc; L4: 142% ETc (lámina del agricultor); EUA: eficiencia en el uso del agua; \*: significativo P<0.05; \*\*: significativo P<0.01; \*\*\*: significativo P<0.001; ns: no significativo P<0.05. Valores dentro de las mismas columnas que están acompañadas de letras diferentes varían significativamente P<0.05.



- Las frecuencias de riego no incidieron significativamente en ninguna de las variables que se presentan en el cuadro 3.
- Con la dosis de 80% ETc se obtuvo los valores más bajos de altura de planta, diámetro de tallo, frutos por planta y rendimiento. Sin embargo, se obtuvieron los valores más altos de eficiencia en el uso del agua.

# RESULTADOS

**Cuadro 4.** Prueba de Duncan para las medias de pH, sólidos solubles totales y acidez titulable. Primer experimento.

Factor	pH	Sólidos solubles totales	Acidez titulable
	(-)	(° Brix)	(%)
<b>Frecuencias de riego</b>			
N1	4.32 a	4.09 a	0.27 a
N2	4.32 a	3.93 a	0.25 a
<b>Láminas de agua</b>			
L1	4.32 a	4.32 a	0.27 ab
L2	4.32 a	4.11 b	0.28 a
L3	4.33 a	3.88 c	0.25 b
L4	4.30 a	3.71 d	0.23 c
<b>ANOVA</b>			
N	ns	ns	ns
L	ns	***	***
N x L	ns	ns	ns

N y L representan frecuencias de Riego y láminas de agua, respectivamente. N1: un Riego por día; N2: dos riegos al día; L1: 80% ETc; L2: 100% ETc; L3: 120% ETc; L4: 142% ETc (lámina del agricultor); pH: potencial de hidrógeno; \*: significativo  $P < 0.05$ ; \*\*: significativo  $P < 0.01$ ; \*\*\*: significativo  $P < 0.001$ ; ns: no significativo  $P < 0.05$ . Valores dentro de las mismas columnas que están acompañadas de letras diferentes varían significativamente  $P < 0.05$ .



- Las frecuencias de riego no incidieron significativamente en las variables de calidad del tomate.
- Las láminas de agua no afectaron significativamente al pH.
- Con el 80% ETc se obtuvo un contenido mayor de grados Brix.
- Con el 80 y 100% ETc se obtuvo un mayor porcentaje de ácido.

# RESULTADOS

**Cuadro 5.** Prueba de Duncan para las medias de altura de planta, diámetro de tallo, frutos por planta, rendimiento y eficiencia en el uso del agua. Segundo experimento.

Factor	Altura de planta (60 DDT)	Altura de planta (90 DDT)	Diámetro de tallo (mm)	Frutos por planta (-)	Rendimiento total (kg planta <sup>-1</sup> )	Rendimiento comercial (kg planta <sup>-1</sup> )	EUA total (kg m <sup>-3</sup> )	EUA comercial (kg m <sup>-3</sup> )
	(cm)	(cm)						
<b>Láminas de agua</b>								
L1	118.19 a	180.40 a	9.93 b	85.44 a	6.99 b	5.36 b	34.59 a	26.51 a
L2	118.81 a	182.29 a	11.44 a	87.31 a	8.25 a	6.68 a	34.46 a	27.92 a
<b>Frecuencias de riego</b>								
F1	117.83 a	184.55 a	11.56 a	87.00 a	8.32 a	6.77 a	37.69 a	30.55 a
F2	119.00 a	183.05 a	11.16 ab	85.75 a	7.68 ab	6.13 ab	34.73 ab	27.71 ab
F3	117.95 a	178.74 a	10.37 bc	87.25 a	7.08 b	5.34 b	32.22 b	24.26 b
F4	119.23 a	179.04 a	9.63 c	85.50 a	7.39 b	5.84 ab	33.45 b	26.34 ab
<b>ANOVA</b>								
L	ns	ns	***	ns	***	***	ns	ns
F	ns	ns	**	ns	*	*	*	*
L x F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns



L y F representan láminas de agua y frecuencias de riego, respectivamente. L1:100% ETc; L2: 120% ETc; F1: dos riegos al día; F2: un riego cada día; F3: un Riego cada dos días; F4: un Riego cada tres días; EUA: eficiencia en el uso del agua; DDT: días después del trasplante; \*: significativo P<0.05; \*\*: significativo P<0.01; \*\*\*: significativo P<0.001; ns: no significativo P<0.05. Valores dentro de las mismas columnas que están acompañadas de letras diferentes varían significativamente P<0.05.

- Con el 120% ETc se obtuvo un mayor diámetro de tallo y un mayor rendimiento. Las dos láminas obtuvieron la misma EUA.
- Las frecuencias de uno y dos riegos al día obtuvieron un mayor diámetro de tallo, rendimiento y EUA totales.
- Las frecuencias F1, F2 y F4 obtuvieron los valores más altos de rendimiento y EUA comerciales.

# RESULTADOS

**Cuadro 6.** Prueba de Duncan para las medias de pH, sólidos solubles totales y acidez titulable. Segundo experimento.

Factor	pH	Sólidos solubles totales	Acidez titulable
	(-)	(° Brix)	(%)
<b>Láminas de agua</b>			
L1	4.20 a	5.36 a	0.28 a
L2	4.22 a	5.12 b	0.26 b
<b>Frecuencias de riego</b>			
F1	4.25 a	5.22 a	0.28 a
F2	4.22 a	5.24 a	0.28 a
F3	4.20 a	5.30 a	0.28 a
F4	4.19 a	5.20 a	0.26 a
<b>ANOVA</b>			
L	ns	*	*
F	ns	ns	ns
L x F	ns	ns	ns

L y F representan láminas de agua y frecuencias de riego, respectivamente L1:100% ETc; L2: 120% ETc; F1: dos riegos al día; F2: un riego cada día; F3: un riego cada dos días; F4: un riego cada tres días; pH: potencial de hidrógeno; \*: significativo P<0.05; \*\*: significativo P<0.01; \*\*\*: significativo P<0.001; ns: no significativo P<0.05. Valores dentro de las mismas columnas que están acompañadas de letras diferentes varían significativamente P<0.05.



- Las láminas de agua no incidieron en el pH.
- Con el 100% ETc se obtuvo más grados Brix y porcentaje de ácido.
- Las frecuencias de riego no incidieron significativamente en ninguna de las variables de calidad del tomate.



# CONCLUSIONES

- Se estimaron las necesidades hídricas del tomate (ETc) para sus etapas fisiológicas. Las necesidades diarias de agua fueron muy variables debido a la alta variabilidad climática que existe en el área de estudio.
- El incremento de la dosis de riego incide favorablemente en el desarrollo y producción del cultivo. Sin embargo, la incidencia es negativa en la calidad del fruto y en la eficiencia en el uso del agua.
- Una aplicación de riego con mayor frecuencia permite tener una humedad del suelo más estable en el tiempo, lo que minimiza el riesgo de estrés hídrico para la planta.
- La dosis de agua correspondiente al 100% ETc permite obtener un balance entre producción, calidad del fruto y eficiencia en el uso del agua. Pudiendo ser aplicada en uno o dos riegos al día, según la conveniencia del agricultor.



# Referencias bibliográficas

- Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar (AAIC). (2004). *Proceso de fertirrigación en el cultivo de tomate en invernadero*. Abya Yala, Quito, Ecuador.
- Allen, R. G. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Vol. 56)*. Food & Agriculture Org.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. *InfoStat versión 2015*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- FAOSTAT, 2021. Statistical databases. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (Accesed 5 april 2021).
- Fara, S. J., Delazari, F. T., Gomes, R. S., Araújo, W. L., & da Silva, D. J. H. (2019). Stomata opening and productiveness response of fresh market tomato under different irrigation intervals. *Scientia Horticulturae*, 255, 86-95. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.025>
- Llumiluisa, D. (2017). *Determinación del coeficiente del cultivo (Kc) para tomate (Lycopersicon esculentum L.), bajo invernadero en la Granja Santa Inés*.
- Macias, R. (2009). *Estimación de la evapotranspiración del cultivo y requerimientos hídricos del tomate (Solanum lycopersicum Mill. Cv. El Cid) en invernadero*. (Tesis de Maestría), Instituto Politécnico Nacional, Jiquilpan, México. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8587/106.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nangare, D., Singh, Y., Suresh Kumar, P. & Minhas, P. (2016). Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon sculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. *Agricultural Water Management*. 171, 73 – 79.
- Patanè, C., Tringali, S., & Sortino, O. (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*, 129(4), 590-596.
- Sivisaca, J. (2013). *Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.), según la evaporación del tanque evaporímetro Clase A*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Wang, X., & Xing, Y. (2017). Evaluation of the effects of irrigation and fertilization on tomato fruit yield and quality: a principal component analysis. *Scientific reports*, 7(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-00373-8>
- Wu, Y., Yan, S., Fan, J., Zhang, F., Xiang, Y., Zheng, J., & Guo, J. (2021). Responses of growth, fruit yield, quality and water productivity of greenhouse tomato to deficit drip irrigation. *Scientia Horticulturae*, 275, 1- 10. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109710>
- Zhai, Y., Shao, X., Xing, W., Wang, Y., Hung, T. y Xu, H. (2010). Effects of drip irrigation regimes on tomato fruit yield and wáter use efficiency. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3&4), 709-713. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/253953506>



GOBIERNO  
DE LA REPÚBLICA  
DEL ECUADOR



Secretaría de  
**Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación**



Instituto de Fomento  
al **Talento Humano**

## **Agradecimiento**

*Quiero expresar mi agradecimiento al Gobierno de la República del Ecuador y a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (Senescyt) por otorgarme una beca para realizar mis estudios Doctorales.*



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



**Sexto**  
**Congreso Nacional de**  
**Riego, Drenaje y Biosistemas**  
COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



# ¡GRACIAS!

**Javier Ezcequiel Colimba Limaico**

**Grupo de Investigación Hidráulica del Riego**

**Programa de Doctorado en Agroingeniería**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

 [javier.colimba.limaico@alumnos.upm.es](mailto:javier.colimba.limaico@alumnos.upm.es)

