



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



MEJORAMIENTO DE LOS COEFICIENTES DE VARIACIÓN Y UNIFORMIDAD EN UN SISTEMA DE RIEGO PARA INVERNADERO.

Javier Ezcequiel Colimba-Limaico^{1,2}; Lilian Marcela Chuquín-Farinango²; Leonor Rodríguez-Sinobas¹

¹Universidad Politécnica de Madrid; ²MJ Producción Agropecuaria Sostenible



POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"



Producción Agropecuaria Sostenible
Natabuena-Ecuador



Fecha de presentación: 04 de octubre 2023



Introducción

El agua se ha convertido en un recurso escaso a nivel mundial.

En el Ecuador se tendrá un déficit de 46.3% de la demanda en el año 2035.

Es importante adoptar tecnologías que permitan hacer un uso adecuado del agua.

Dentro del riego por goteo, la elección del material para la instalación del sistema es una parte fundamental para asegurar la eficiencia de aplicación del agua.

Esta eficiencia se determina mediante el coeficiente de variación y uniformidad del sistema de riego.

El objetivo de la investigación fue mejorar el CV y el CU mediante una buena selección del material de riego.

Materiales y Métodos

Caracterización hidráulica de la manguera de goteo

Curva de gasto y coeficiente de variación de manufactura

Se realizó en el laboratorio de hidráulica de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Se utilizó manguera de riego de 16 mm con goteros no compensantes cada 0.20 m, con las siguientes características hidráulicas proporcionadas por el fabricante:

Tabla 1. Características hidráulicas de la manguera de riego.

Modelo	Caudal nominal (0.1 MPa) (L/h)	Curva de gasto (H en mca)		Caudal (L/h)					
				Presión (MPa)					
		K	x	0.07	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
DP Line 35 MIL	2.1	0.6680	0.5002	1.87	2.25	2.78	3.23	3.63	3.99

Fuente: <https://www.irritec.es/>

Materiales y Métodos

Caracterización hidráulica de la manguera de goteo

Curva de gasto y coeficiente de variación de manufactura

Se realizaron ensayos con 25 goteros, que fueron evaluados a las presiones: 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 y 0.25 MPa, tanto en sentido ascendente como descendente, durante 10 min por cada presión.

El desagüe de los goteros se recolectó en probetas de 1 000 mL de capacidad, con líneas divisorias cada 10 mL. La curva de gasto del gotero se determinó mediante un ajuste potencial entre el gasto desaguado medio por presión y las presiones de los ensayos. El coeficiente de variación de gasto de manufactura del gotero se determinó, en cada ensayo, como la relación entre la desviación típica del gasto y su valor medio.

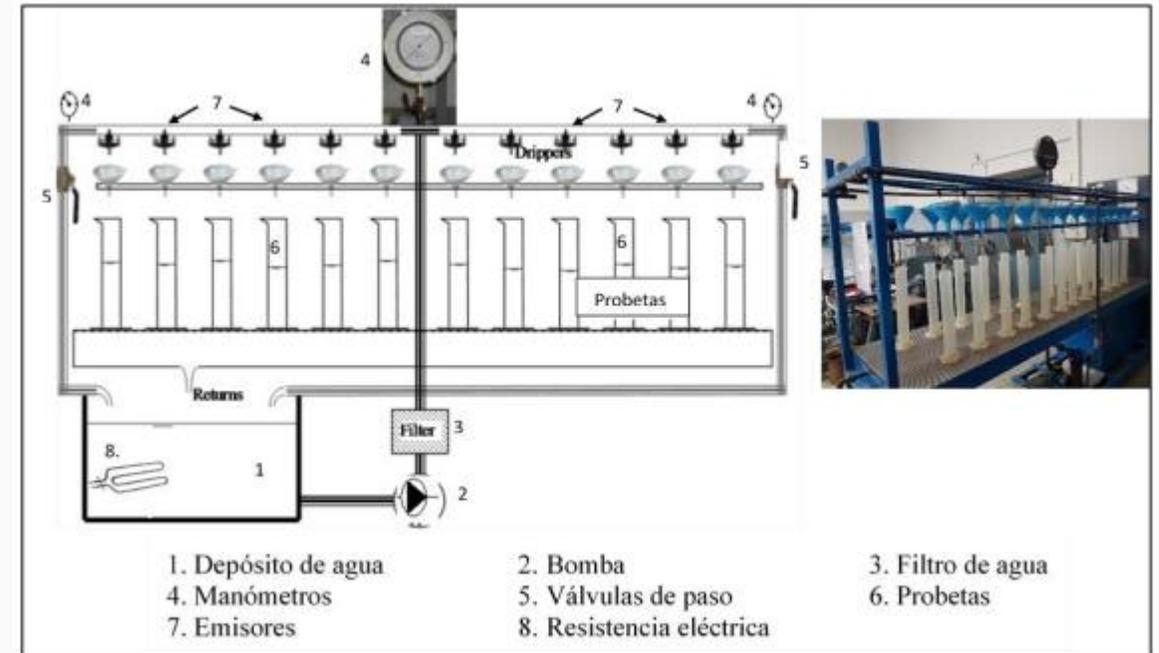


Figura 1. Esquema de banco de goteros ETSIAAB_UPM

Fuente: Chamba, 2020.

Materiales y Métodos

Caracterización hidráulica de la manguera de goteo

Pérdida de carga en ramal

Se aforaron 25 goteros, colocados en grupos de 5 emisores consecutivos y ubicados a las distancias $x/L = 0.084, 0.313, 0.500, 0.687$ y 0.916 ; estos puntos tendrían el mismo valor medio y la misma varianza que el del conjunto del ramal (Juana et al., 2007).

La manguera de goteo se ensayó bajo seis presiones diferentes (0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 y 0.30 MPa) en orden ascendente y descendente, durante 10 min, con el agua a 19 °C de temperatura. Para cada presión, se determinó, la curva de gasto, el coeficiente de variación del caudal, la disminución del caudal en función de la longitud del ramal, y la pérdida de presión (%) entre cabeza y cola.

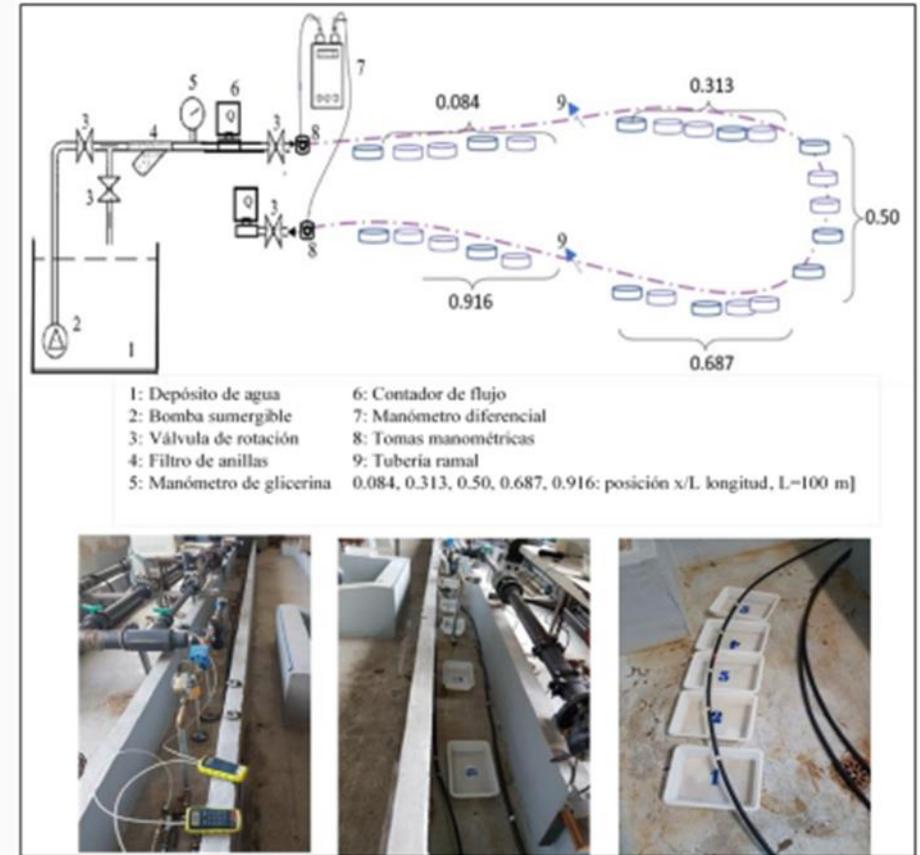


Figura 2. Banco de ramales ETSIAAB_UPM
Fuente: Chamba, 2020.

Materiales y Métodos

Coeficiente de variación y coeficiente de uniformidad en campo

El estudio se realizó en la localidad de Natabuela, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura.

El suelo es de textura franco arenosa con: densidad aparente de 1.22 g/cm^3 , capacidad de campo 34.81% y punto de marchitez permanente 14.31%, de humedad volumétrica.

El invernadero se dividió en cuatro bloques, cada bloque constó de ocho hileras de siembra, cada hilera tuvo 1.40 m de separación, y se colocaron 2 mangueras de goteo en cada hilera.



Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio

Materiales y Métodos

Coeficiente de variación y coeficiente de uniformidad en campo

Se seleccionaron al azar 32 goteros en cada bloque y se aplicó un riego durante 10 min (mismo tiempo utilizado en el banco de goteros) a 0.10 MPa de presión; luego se recogió el volumen desaguado y se determinó el caudal de los goteros.

Finalmente, se calculó el coeficiente de variación de gasto de los goteros y el coeficiente de uniformidad del sistema de riego. Este último, se determinó con la ecuación propuesta por Karmeli y Keller (Medina San Juan, 2000).



Materiales y Métodos

Coeficiente de variación y coeficiente de uniformidad en campo

$$CV = \left(\frac{\sigma}{\bar{q}} \right) 100$$

Donde:

σ = desviación estándar de los caudales de los goteros medidos
 \bar{q} = promedio de los caudales de los goteros medidos

$$CU = 100 \left(1 - 1.27 \frac{v}{\sqrt{e}} \right) \frac{q_{min}}{q_m}$$

Donde:

v = coeficiente de variación de manufactura del gotero (2.51 %).
 e = número de emisores por planta.
 q_{min} = caudal mínimo recogido.
 q_m = caudal medio.



Resultados

Curva de gasto y coeficiente de variación de manufactura

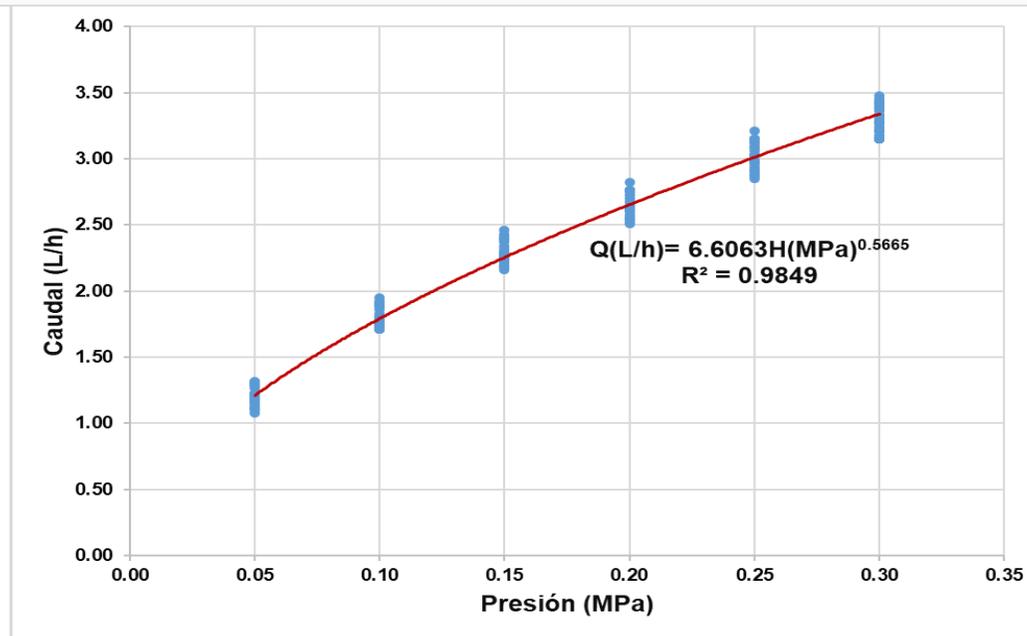
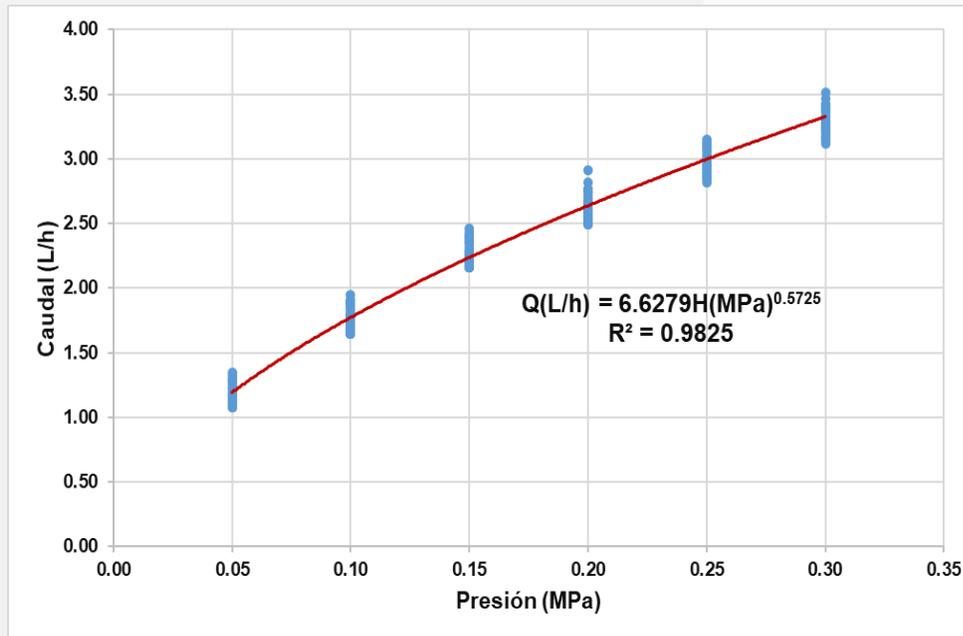
Tabla 2. Características hidráulicas de la manguera de riego obtenidas en laboratorio

Condiciones de ensayo	Caudal nominal (0.1 MPa) (L/h)	Curva de gasto (H en MPa)		Caudal (L/h)					Coeficiente de variación de manufactura (%)
				Presión (MPa)					
		K	x	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	
Ascendente 19°C	2.1	6.334	0.475	1.54	2.10	2.56	2.97	3.29	2.57
Descendente 19°C	2.1	6.419	0.479	1.53	2.13	2.57	2.99	3.29	2.55
Ascendente 31°C	2.1	6.267	0.470	1.54	2.13	2.52	2.94	3.31	2.52
Descendente 31°C	2.1	5.987	0.449	1.57	2.11	2.54	2.90	3.25	2.38

En la tabla anterior se observa que el valor del exponente x obtenido en laboratorio (0.47 en promedio) es muy similar al proporcionado por el fabricante (Tabla 1), así mismo, el caudal obtenido a 0.10 MPa (2.12 L/h en promedio) coincide con el caudal nominal de fábrica. Esto indica que la información proporcionada por el fabricante es verídica. En cuanto al coeficiente de variación de manufactura el valor promedio obtenido fue de 2.51%, mismo que se considera excelente según ASAE (1998).

Resultados

Pérdida de carga en Ramal



Figuras 4 y 5. Curvas de gasto en el ramal de 16 mm a presión ascendente y descendente.

Se puede observar que los caudales obtenidos tanto a presiones ascendentes como descendentes son similares, por lo tanto, no se observó efecto de histéresis. Por otra parte, también se observa que, al aumentar la presión aumenta el caudal y viceversa, según una función potencial, ajustándose al comportamiento de un gotero no compensante.

Resultados

Distribución de caudal en Ramal

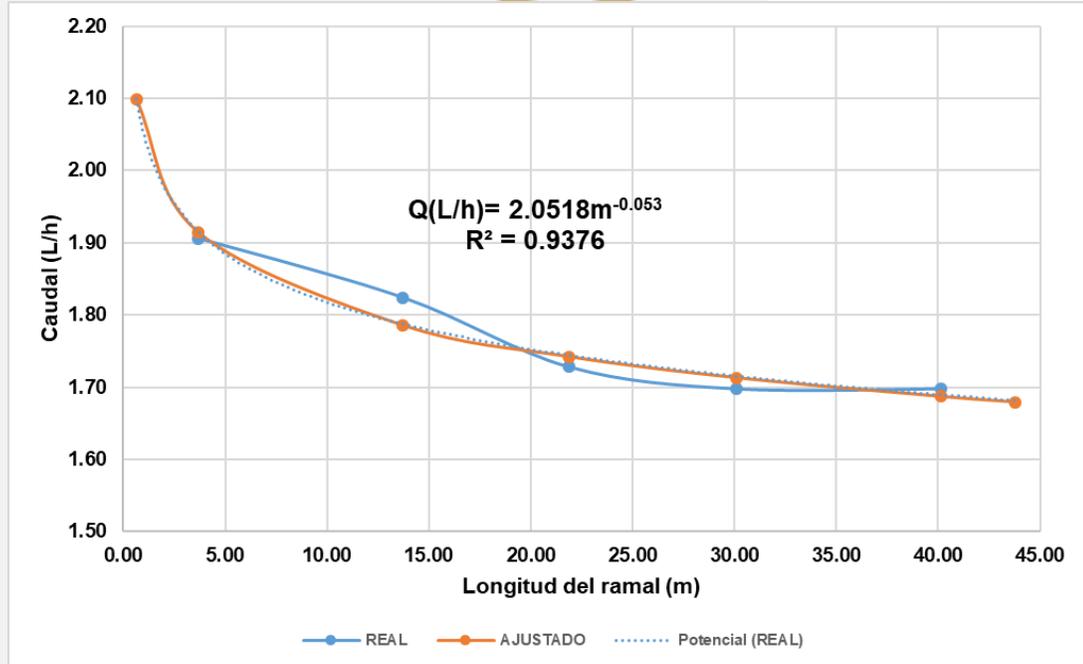


Figura 6. Distribución del caudal a lo largo del ramal a 0.10 MPa

Tabla 3. Distribución del caudal en el ramal de 16 mm con presión en cabeza 0.1 MPa.

x/L	Longitud (m)	Q (L/h)
0.084	3.68	1.91
0.313	13.71	1.82
0.500	21.90	1.73
0.687	30.09	1.70
0.916	40.12	1.70

La Tabla 3 y la Figura 6 muestran los caudales medios en cada uno de los cinco puntos de medida a 0.10 MPa de presión. El caudal disminuyó a lo largo del ramal; la diferencia entre el caudal del último punto de aforo (1.70 L/h) y el caudal nominal (2.10 L/h) fue 0.40 L/h, con una variación de 19.05%.

Resultados

Pérdidas de carga según presión de trabajo

Tabla 4. Diferencias de presión y pérdidas de carga según la presión de trabajo.

	Presión de trabajo (MPa)					
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
Presión en cabeza (MPa):	0.042	0.089	0.143	0.187	0.244	0.288
Presión en cola (MPa):	0.027	0.066	0.113	0.151	0.202	0.240
Pérdida de carga (MPa):	0.015	0.024	0.031	0.036	0.042	0.048
Pérdida de carga por metro de cinta (MPa):	0.00034	0.00054	0.00070	0.00082	0.00096	0.00110
Reducción de presión (%):	35.35	26.37	21.46	19.22	17.27	16.67

Se observa que, al aumentar la presión de trabajo, las pérdidas de carga aumentaron y el porcentaje de reducción de presión respecto de la presión en cabeza, disminuyó. Así a la presión de 0.10 MPa la pérdida de carga fue 0.024 MPa, el 26.37% de la presión en cabeza.

Según recomendaciones del fabricante la longitud máxima de instalación de la manguera evaluada es de 71 m, no obstante, si en 43 m de longitud la variación de caudal fue de 19.05%, aplicando la ecuación de la Figura 6 se obtiene una variación de 22.3 %.

Resultados

Coeficiente de variación y uniformidad en campo

Tabla 5. Coeficientes de variación obtenidos en los ensayos en campo.

Bloque	Coeficiente de variación (%)					
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6
I	3.68	2.75	3.77	3.37	3.11	7.41
II	2.75	3.23	3.23	4.63	2.95	3.81
III	4.12	3.21	2.29	3.89	3.24	4.95
IV	3.20	2.70	2.73	3.15	3.51	6.17
Promedio	3.44	2.97	3.01	3.76	3.23	5.58

Tabla 6. Coeficientes de uniformidad obtenidos en los ensayos en campo.

Bloque	Coeficiente de uniformidad (%)					
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6
I	94.43	93.48	93.10	91.20	94.81	82.22
II	94.12	90.90	92.38	94.20	94.94	86.59
III	91.70	94.22	94.23	90.00	93.45	76.27
IV	92.60	93.08	94.25	93.46	92.84	73.40
Promedio	93.21	92.92	93.49	92.22	94.01	79.62

En las Tablas 5 y 6 se muestran los coeficientes de variación y uniformidad obtenidos en los seis ensayos. Pudiéndose observar que tanto en el uno como en el otro los porcentajes son excelentes hasta el ensayo 5, subiendo y bajando drásticamente en el sexto ensayo, respectivamente. Pasando a ser no aceptables según ASAE (1998) y Medina San Juan (2000).

Conclusiones

Las características hidráulicas de la manguera de riego obtenidas en laboratorio, coinciden con las proporcionadas por el fabricante. No obstante, el ensayo de pérdida de carga en ramal permitió establecer que hay un 22.3% de disminución de caudal a la longitud máxima recomendada por el fabricante, lo que podría perjudicar al desarrollo del cultivo.

En los ensayos bajo invernadero, los coeficientes de variación y de uniformidad del sistema de riego se mantuvieron en el rango de excelentes hasta aproximadamente dos años de haber sido instalado, presentándose una alteración negativa de estos, en un tiempo cercano a los tres años, lo que pudo deberse a taponamiento de goteros por sedimentos y acumulación de fertilizantes.

La evaluación hidráulica de la manguera de riego, previo a la instalación del sistema de riego, permite seleccionar el material adecuado y saber las condiciones adecuadas para su uso, esto a su vez permite mejorar considerablemente los coeficientes de variación y uniformidad del sistema de riego. Con lo que se logrará que todas las plantas, del cultivo a establecer, puedan tener aproximadamente la misma cantidad de agua aportada para su desarrollo.



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



Referencias Bibliográficas

AENOR. (2010). Equipos de Riego. Emisores y tuberías emisoras. Especificaciones y métodos de ensayo. Norma: UNE-EN ISO 9261:2004.

ASAE, American Society of Agricultural and Biological Engineers, (1998). ASAE Standards. ASAE, 2950. Nilus Road, St. Joseph, MI, USA, pp. 49085–49659

Buttaro, D.; Santamaria, P.; Signore, A.; Cantore, V.; Boari, F.; Montesano, F.F.; Parente, A. (2015). Irrigation Management of Greenhouse Tomato and Cucumber Using Tensiometer: Effects on Yield, Quality and Water Use. *Agric. and Agric. Sci. Procedia* 4, 440–444.

Chamba, D. (2020). Caracterización hidráulica del riego por goteo a partir de ensayos en ramales y unidades para su proyecto y gestión económica. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

Colimba Limaico, J. E. (2022). Eficiencia en el uso del agua en el cultivo de tomate bajo invernadero en Natabuela, Ecuador. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.73024>



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



Referencias Bibliográficas

Colimba-Limaico, J. E., Zobelzu-Minguez, S., Rodríguez-Sinobas, L. (2022). Optimal Irrigation Scheduling for Greenhouse Tomato Crop (*Solanum Lycopersicum* L.) in Ecuador. *Agronomy*, 12(5), 1020. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051020>

Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Antonio Ante (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019. Atuntaqui, Ecuador.

Irritec. (2023). Catálogo de riego por goteo. <https://www.irritec.es/productos/riego-por-goteo/>

Medina San Juan, J. (2000). Riego por goteo. Teoría y práctica. Cuarta edición. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa.

Moya, J. (2009). Riego localizado y fertirrigación. Cuarta edición. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa.

Juana, L., Rodríguez-Sinobas, L., Sánchez, R., Losada, A. (2007). Evaluation of drip irrigation: Selection of emitters and hydraulic characterization of trapezoidal units. *Agric. Water Manag.*, 90, 13-26. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.01.007>

SENAGUA (Secretaría del Agua). (2019). Plan Nacional de Riego y Drenaje 2019–2027; SENAGUA: Quito, Ecuador. pp. 1–160.



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



GRACIAS!!!

Javier Ezcequiel Colimba Limaico

MJ Producción Agrícola Sostenible

Natabuela - Imbabura - Ecuador

✉ javiercolimbarfe@gmail.com

Fecha de presentación: 04 de octubre 2023



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Sonhos
universidad personalizada

