

**Evaporímetro no convencional para manejo de riego en invernadero**

Diego Martín Barreto Paredes<sup>1\*</sup>, Luis Ramón Rázuri Ramírez<sup>2</sup>, Richard Alberto Rodríguez Padrón<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Uruguay (UTEC), ITR Centro Sur, Durazno, Uruguay.

<sup>2</sup>Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú; Universidad de Los Andes (ULA) – CIDIAT, Mérida, Venezuela.

\*Email autor correspondiente: diego.barreto@utec.edu.uy

Artigo enviado em 22/10/2020, aceito em 03/03/2021.

**Resumen:** La estimación, cuantificación y predicción de requerimientos hídricos de los cultivos se logra a través del manejo del agua de riego. Este estudio evalúa mediciones de evaporación en invernadero a partir de Tanque Clase A y un Evaporímetro no convencional como alternativa en manejo de riego. El invernadero constó de tres módulos con altura de 7 m, ancho de 7,4 m y largo de 22,2 m, área total de 1.200 m<sup>2</sup>. El Evaporímetro no convencional consistió en un recipiente cilíndrico, plástico, de color blanco, con capacidad volumétrica aproximada de 5 galones (18,93 l), de 31 cm de alto, diámetro superior e inferior 15,5 cm y 13,5 cm, respectivamente. El Tanque Clase A y Evaporímetro se ubicaron en la zona central del invernadero, al borde de la zona cultivada, cada uno con criterios de instalación diferente. Los análisis estadísticos calcularon el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), error cuadrático medio (ECM), raíz del error cuadrático medio (RECM), suma de cuadrados del error (SCE) y suma de los cuadrados de errores de predicción (PRESS). Se desarrollaron modelos lineal, cuadrático, cúbicos y potencial. Ambos instrumentos entregan datos directamente comparables pues responden a las mismas variables ambientales. El Evaporímetro no convencional registra mayor tasa de evaporación frente al Tanque Clase A, sin embargo, mantienen relación proporcional expuesta por modelos matemáticos, cuyos estadísticos muestran alta correlación y baja proporción de variación entre los datos. El Evaporímetro no convencional se presenta como un método alternativo, de bajo costo y de operación simple.

**Palabras clave:** Evaporímetro no convencional; Tanque Clase A; evaporación; invernadero; riego.

**Non-conventional evaporimeter for irrigation management at greenhouse**

**Abstract:** The estimation, quantification and prediction of water requirements of crops is achieved through the management of irrigation water. This study evaluates evaporation measurements at greenhouse using a Class A pan and a non-conventional Evaporimeter as an alternative in irrigation management. The greenhouse consisted of three modules with of 7 m height, of 7.4 m width and of 22.2 m length, total area of 1200 m<sup>2</sup>. The non-conventional Evaporimeter was a cylindrical container, plastic, white color, with 5 gallons (18.93 l) of volumetric capacity approximately, 31 cm high, top and bottom diameter of 15.5 cm and 13.5 cm, respectively. The Class A pan and Evaporimeter were located in the central greenhouse area, to the edge of the cultivated area, each with different installation criteria. Statistical analyzes calculated coefficient of determination ( $r^2$ ), mean square error (MSE), root-mean-

square deviation (RMSD), error squares sum (ESS) and predicted residual error sum of squares (PRESS). Linear, quadratic, cubic and potential models were developed. Both instruments provide directly comparable data as they respond to the same environmental variables. The non-conventional Evaporimeter registers a higher evaporation rate than Class A pan, however, they keep a proportional relationship exposed by mathematical models, whose statistics show high correlation and low proportion of variation between the data. The non-conventional Evaporimeter it shown as an alternative method, low cost and simple operation.

**Keywords:** Non-conventional Evaporimeter; Class A pan; evaporation; greenhouse; irrigation.

### Introducción

El desarrollo sostenible está íntimamente ligado a la disponibilidad y gestión del agua. Los cultivos, ganadería y acuicultura usan alrededor del 69% del total de las extracciones hídricas anuales a nivel mundial (UNESCO y ONU-Agua, 2020), por tal motivo, los sistemas agrícolas deben tender hacia un uso del agua cada vez más eficiente, productivo y respetuoso con el medio ambiente. Tal es el caso de la agricultura de riego, que apunta hacia la optimización del uso de este recurso y eficiencia de uso del agua (EUA), produciendo más con menos agua, siendo una práctica agrícola fundamental en la contribución de los conocidos Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

En ese sentido, el manejo o programación de riego es una estrategia usada en la gestión hídrica y sostenibilidad de productividad en agricultura, pues consiste en la aplicación de agua en el momento oportuno y en cantidades requeridas por los cultivos (Cañizales, 2003) evitando aportes hídricos excesos. Estos volúmenes de agua parten del conocimiento de la evapotranspiración del cultivo (ETc), cuya determinación puede realizarse por medio de diferentes métodos ampliamente estudiados en la

literatura asociada al riego. Dentro de los métodos indirectos para la estimación de la ETc, la medición de evaporación de una superficie libre de agua a partir de un evaporímetro, destaca por su simpleza (Tabari, 2013 apud Mahmud et al., 2020) y valor práctico, probado con éxito (Allen et al., 2006) y popularmente aceptado para tal fin (Grassi, 1998; Grancharova et al., 2020).

El Tanque Clase A (desarrollado inicialmente por el Servicio Meteorológico de los Estados Unidos) es un evaporímetro comúnmente empleado en manejo de riego. A pesar de ser un método simple frente a otros métodos comprobados, no deja de presentar ciertas características que limitan su empleo: a) alto costo de construcción o adquisición comercial (Núñez, 2000; Arce et al., 2018); b) gran dimensión, que requiere importante espacio físico muy preciado en invernaderos (Cobaner, 2013; Grancharova et al., 2020; Sujitha et al., 2020); c) peso considerable, que dificulta su manejo y operación (Cobaner, 2013). Por ello, se hace necesario plantear alternativas que conlleven bajos costos, pero, sin dejar de lado la adecuada gestión del agua.

Existe evidencia de investigadores que plantearon evaporímetros alternativos al Tanque Clase A para su uso

en riego. Estos establecieron ensayos metodológicos a cielo abierto para comparar datos obtenidos con ambos instrumentos encontrando altas correlaciones entre ellos (Torres y Cruz, 1995; Núñez, 2000; Játiva-Reyes et al., 2019) y otros sólo para manejo de riego (Gaviláñez y Farias, 2019; Liu et al., 2019; Wang et al., 2020; Zhang et al., 2021). Torres y Cruz (1995) presentaron el Tanque Cenirrómetro (evaporímetro) en Colombia sobre manejo del riego en caña de azúcar; en Venezuela, Núñez (2000) en lugar de usar un evaporímetro, empleó tres, donde la única diferencia entre ellos fue el color (negro, blanco y gris); Játiva-Reyes et al. (2019), emplearon dos evaporímetros de color blanco contra un Tanque Clase A para realizar programación de riego con cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) en Ecuador, quienes además, contrastaron resultados con los métodos empíricos - matemáticos de Thornthwaite y Hargreaves.

Por otro lado, al existir la posibilidad de usar el Tanque Clase A en condiciones protegidas para determinar las necesidades hídricas de los cultivos (Castañón, 2000; Kirnak et al., 2016; Rameshwaran et al., 2016; Çakir et al., 2017; Amiri et al., 2018; Nikolaou et al., 2019; Abdelfattah et al., 2020), investigaciones en manejo de riego han empleado esta premisa y han trabajado usando evaporímetros alternativos dentro de invernaderos encontrando resultados satisfactorios (Vélez y Proaño, 2006; Valera et al., 2014; Yildirim, 2016; Awe et al., 2020; Grancharova et al., 2020). Otros investigadores, incluso, han comparado los registros obtenidos con evaporímetros de diferentes características dentro y fuera de invernadero simultáneamente (Sujitha et al., 2020).

Por las consideraciones anteriores, este estudio evalúa mediciones de evaporación bajo condiciones protegidas entre un Tanque Clase A (en adelante Tanque) y un Evaporímetro no convencional o no estándar (en adelante Evaporímetro), de bajo costo de construcción y fácil operación. De esta manera se pretende seguir aportando validez hacia métodos alternativos, simples, apropiados y pensados para manejo de riego.

### **Materiales y métodos**

El ensayo se realizó en invernadero ubicado en el municipio Campo Elías del estado Mérida-Venezuela, con coordenadas geográficas 8°34'29"N y 71°14'34"W, altitud entre 1.474 y 1.508 m.s.n.m. El clima en la región es seco y cálido, la clasificación del clima según Köppen-Geiger es Aw. La temperatura promedio anual de 22°C, máxima de 27,4°C y mínima de 14,9°C, con precipitación promedio anual de 863 mm.

El invernadero está compuesto por tres módulos con altura de 7 m, ancho de 7,4 m y largo de 22,2 m, área total de 1.200 m<sup>2</sup>; techo plano, simétrico, a dos aguas y doble abertura cenital fija, con cubierta de plástico; paredes de malla antiáfida y cortinas plásticas enrollables de operación manual.

El Evaporímetro consistió en un recipiente plástico cilíndrico (cono truncado), semejante a los usados industrialmente para envasar aceites, con capacidad volumétrica aproximada de 5 galones estadounidenses (18,93 litros), de 31 cm de alto, diámetro superior e inferior 15,5 cm y 13,5 cm, respectivamente, de color blanco (fábrica) sin emplear ningún tipo de pintura sobre su superficie exterior. En su interior, un tubo de

policloruro de vinilo (PVC) DN110 de 30 cm de longitud, está unido de forma concéntrica al fondo del recipiente, con una pequeña abertura en la base para permitir el flujo de agua bajo el principio hidráulico de vasos comunicantes, análogo al Tanque. Este tubo crea una zona estable (sin oleaje) para realizar mediciones de manera óptima.

El Tanque y Evaporímetro se ubicaron en la zona central del invernadero, al borde de la zona cultivada; el Tanque se instaló según indicaciones estándar (Allen et al., 2006) a 1,5 m de distancia del cultivo, mientras el Evaporímetro tuvo una instalación basada en condiciones prácticas y sencillas que puedan ser reproducidas y aplicadas en campo por productores y/o técnicos. Así fue como el Evaporímetro se instaló directamente sobre el suelo (Torres y Cruz, 1995), previamente nivelado (sin necesidad de plataforma), a 1,25 m del tanque y 2,75 m del cultivo.

Las mediciones de evaporación se realizaron desde el 15 de marzo de 2015 hasta el 14 de julio de 2015, siempre a las 7 am, a través de Limnómetro. El control de la turbidez y reposición del agua se realizó según recomendaciones de Allen et al. (2006) en ambos instrumentos. El Evaporímetro contó con orificio a 5 cm del borde superior para definir un nivel cero, que también funcionó como drenaje del agua en exceso producto de la reposición del líquido, lo que facilitó la calibración del nivel inicial.

Además, se registró temperatura y humedad relativa dentro del invernadero durante el estudio, excepto los domingos. Las lecturas se realizaron en cinco momentos del día, a las 7:30 am, 9:30 am, 11:30 am, 1:30 pm y 3:30 pm. Se utilizó termohigrómetro ubicado en la zona central del invernadero.

Se utilizó análisis de regresión para determinar la relación entre Tanque y Evaporímetro. Se consideraron como variable independiente el Evaporímetro y dependiente el Tanque. Se calcularon el coeficiente de determinaciones ( $r^2$ ), error cuadrático medio (ECM), raíz del error cuadrático medio (RECM), suma de cuadrados del error (SCE) y suma de los cuadrados de errores de predicción (PRESS). Se desarrollaron modelo lineal ( $y = a.x + b$ ), cuadrático ( $y = a.x^2 + b.x + c$ ), cúbicos ( $y = a.x^3 + b.x^2 + c.x + d$ ) y potencial ( $y = a.x^b$ ). El análisis de regresión se realizó con el software SPSS® versión 20 y gráficos con el software SigmaPlot® versión 12,5.

## Resultados y discusión

Los valores promedios, máximo y mínimo mensual de temperatura y humedad relativa, se muestran en la Tabla 1. Los medios no muestran mayor diferencia entre los meses de registro, sin embargo, se pueden ver picos importantes al observar los máximos y mínimos, donde junio registró 42,4°C junto a 24,6% HR como también 15,4°C con 77,9% HR, quedando evidenciado un gradiente importante de magnitudes de las principales variables ambientales a los que estuvieron expuestos Tanque y Evaporímetro dentro del invernadero.

La Tabla 2 muestra valores promedio, máximos, mínimos y desviación estándar de la tasa de evaporación en el periodo de estudio. El Evaporímetro presentó un valor promedio superior al Tanque con una diferencia superior de 17%. En cuanto a dispersión de datos registrados respecto a la media durante el ensayo, el Evaporímetro presentó la mayor. Caso similar ocurre con el Cerrinómetro (Torres y Cruz, 1995), que

registra tasas de evaporación 9% mayores al Tanque. De los tres evaporímetros usados por Núñez (2000), aquel pintado de negro presentó mejores resultados, por ello se observó las fluctuaciones que el mismo presentó, cuya variación estuvo de 3,7 a 10% por debajo y 4,1 a 12,5% por encima del Tanque. Valera et al. (2014)

encontró a lo largo del lapso de observación mayor evaporación con Evaporímetro frente al Tanque bajo invernadero al igual que Sujitha et al. (2020), quienes reportaron una diferencia promedio del 15% entre este tipo de instrumentos.

**Tabla 1.** Valores medios, máximos y mínimos de temperatura y humedad relativa en invernadero durante el estudio.

Mes	Medios		Máximos		Mínimos	
	Temp (°C)	HR (%)	Temp (°C)	HR (%)	Temp (°C)	HR (%)
Marzo*	26,5	55,6	34,2	90,1	15,2	35,7
Abril	28,9	53,2	41,0	83,7	15,8	23,0
Mayo	29,7	49,2	39,4	85,7	15,4	26,0
Junio	29,1	50,3	42,4	77,9	15,4	24,6
Julio**	29,5	50,9	39,6	81,0	16,4	23,5

(\*) Valores registrados a partir del 14 de marzo. (\*\*) Valores registrados hasta el 17 de julio. Temp: Temperatura. HR: humedad relativa.

**Tabla 2.** Datos promedio, máximos, mínimos y desviación estándar de Tanque y Evaporímetro en invernadero

Valores	Tanque	Evaporímetro
Promedio (mm.d <sup>-1</sup> )	3,60	4,22
Máximo (mm.d <sup>-1</sup> )	6,38	7,14
Mínimo (mm.d <sup>-1</sup> )	0,97	0,29
Desviación estándar	1,08	1,33

Los modelos y análisis estadísticos para estimar la evaporación entre el Evaporímetro y Tanque, se muestran en la Tabla 3. En todos los casos el coeficiente de determinación fue mayor a 0,9, mostrando ajuste adecuado a los modelos de

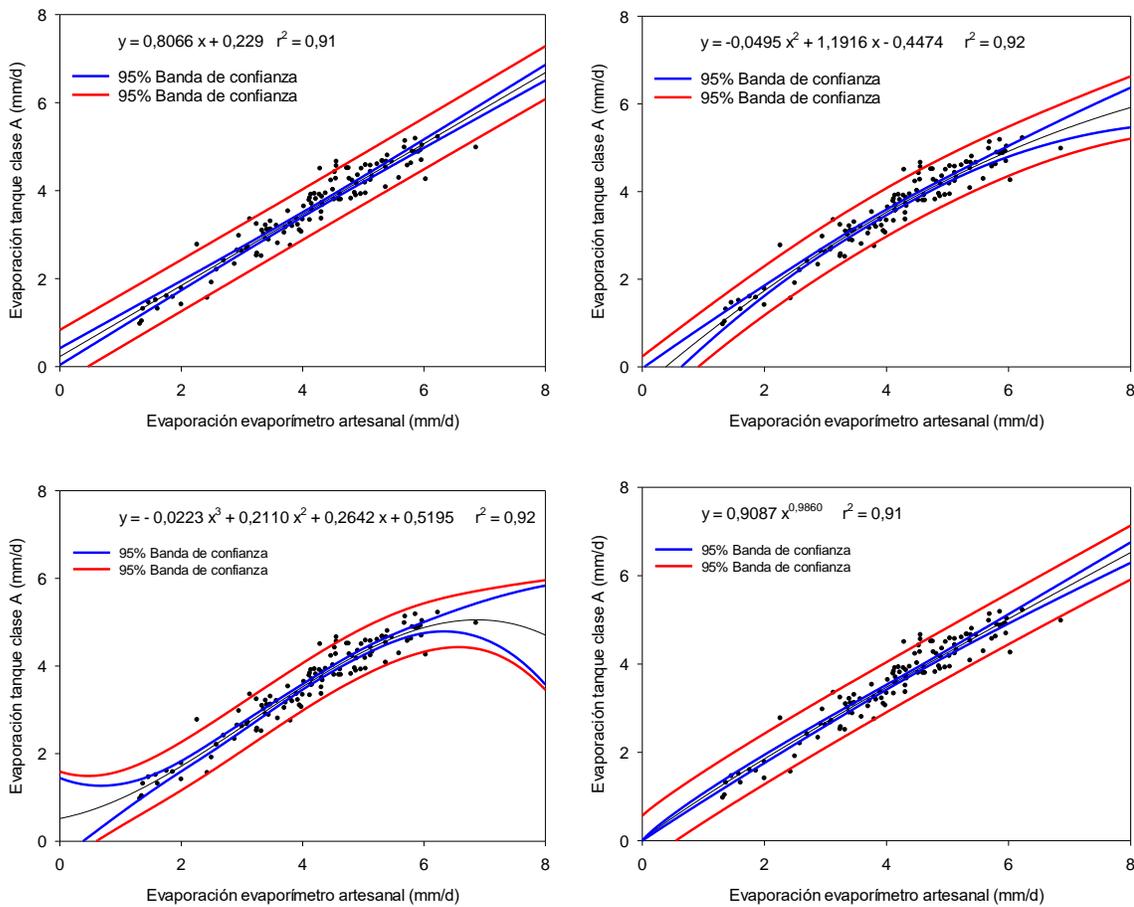
estimación. Sin embargo, tanto el cuadrático como el cúbico, mostraron menor error de predicción y error cuadrático medio. Estos, mostraron coeficiente de determinación iguales ( $r^2 = 0,92$ ), ligeramente superior al resto.

**Tabla 3.** Modelos y análisis estadísticos para estimar la evaporación en función del Evaporímetro. Coeficiente de determinación ( $r^2$ ), error cuadrático medio (ECM), raíz del error cuadrático medio (RECM) y suma de los cuadrados de errores de predicción (PRESS)

Modelo	Parámetros				ECM	RECM	PRESS	$r^2$
	a	b	C	d				
$y = a x + b$	0,8066	0,2290			0,29	0,54	10,1	0,91
$y = a x^2 + b x + c$	-0,0495	1,1916	-0,4474		0,27	0,52	9,11	0,92
$y = a x^3 + b x^2 + c x + d$	-0,0223	0,2110	0,2642	0,5195	0,27	0,52	8,72	0,92
$Y = a x^b$	0,9087	0,9860			0,28	0,53	9,80	0,91

Las regresiones de los diferentes modelos, se muestran en la Figura 1. En general, los modelos muestran la mayor concentración de datos en las bandas de confianza de 95%. Los datos mostraron

normalidad en el análisis de Shapiro-Wilk. A pesar que los registros con Evaporímetro fueron superiores al Tanque, entre sí demuestran tener una relación proporcional.



**Figura 3.** Regresión lineal (a), cuadrática (b), cúbica (c) y potencial (d), entre tasas de evaporación del Tanque y Evaporímetro.

Torres y Cruz (1995), usaron modelo regresión lineal, encontrando un  $r^2 = 99$ . Núñez (2000) reportó correlaciones diferentes en función de los evaporímetros usados: color negro obtuvo  $r = 0,91$  (modelo regresión lineal); blanco con  $r = 0,84$  (modelo logarítmico); gris consiguió  $r = 0,81$  (modelo potencial). Por su parte, Játiva-Reyes et al. (2019) obtuvieron una correlación  $r = 0,95$  con regresión lineal.

En lo que respecta a estudios en invernadero, Valera et al. (2014) encontró un coeficiente de determinación  $r^2 = 0,78$  entre las tasas de evaporación de Evaporímetro y Tanque empleando regresión lineal y Grancharova et al. (2020) obtuvieron  $r^2 = 0,92$ . Sujitha et al. (2020) quienes analizaron dos evaporímetros frente al Tanque encontraron correlaciones de  $r^2 = 0,96$  y  $r^2 = 0,98$  para cada uno.

Estos estudios demuestran la variabilidad que puede existir al contrastar los referidos instrumentos, sin embargo, se puede estar de acuerdo que las relaciones entre ambos son satisfactorias, aportando validez a este método alternativo.

A pesar de las diferencias en lámina evaporada entre los instrumentos, esto es, el comportamiento de los registros a lo largo del ensayo, se evidencia comportamientos similares entre el Tanque y Evaporímetro bajo las condiciones específicas de estudio, determinados por factores climáticos que influyen en el proceso de evaporación.

Como ventajas cualitativas del Evaporímetro frente al Tanque, resalta su elaboración con materiales fácilmente disponibles, sin necesidad de cubrirlos con sustancias protectoras, dejando el color estándar del material, lo que resulta viable ser construido por un productor en campo. En contraste, la construcción del Tanque

requiere emplear materiales especiales como lámina metálica, usar pintura en aceite anticorrosiva (galvanizada preferiblemente) para proteger el material de agentes oxidantes y corrosivos (Allen et al., 2006); además, esto requiere instrumentos y herramientas de herrería, manejados por personal calificado para esta labor. Evidentemente, lo anterior impacta en la inversión inicial necesaria de cada instrumento, siendo mayor el costo del Tanque respecto al Evaporímetro.

Desde el punto de vista operativo, la instalación y manejo del evaporímetro es más simple que el Tanque, pues se instala directamente en el suelo (Torres y Cruz, 1995) sin ningún tipo de plataforma que lo eleve del terreno como es el caso del Tanque. Por otra parte, la frecuencia de recambio del agua (antes que se torne turbia por proliferación de microorganismos, algas, mosquitos, etc.) del Evaporímetro es de lapso mayor al Tanque. En este estudio dicho recambio de agua en Evaporímetro estuvo entre 15 a 20 días, mientras el Tanque debió cambiarse entre 4 a 7 días, lo que supone mayor fuerza de trabajo pues éste era manual (Arce et al., 2018). El vaciado y llenado del agua en Evaporímetro fue rápido y sencillo, pudiéndose realizar en pocos minutos dada la facilidad que éste ofrece de transporte y movilidad (ligero, escaso tamaño). En cambio, el proceso de vaciado y llenado del Tanque requirió generalmente entre 15 a 25 minutos.

Finalmente, se propone continuar realizando estudios similares al presente en diferentes condiciones (tipo, tamaño y niveles tecnológicos de invernadero; momentos del año; pisos altitudinales; latitudes y longitudes geográficas) con el fin de evaluar el comportamiento del

Evaporímetro no convencional bajo otros escenarios.

### Conclusión

Los modelos estadísticos aquí empleados reflejan alta correlación (baja dispersión de datos) entre el Evaporímetro no convencional frente al Tanque Clase A en invernadero a pesar de sus diferencias en forma, color, material, dimensión, área de superficie libre de agua y condiciones de instalación. Esto aporta validez instrumental al Evaporímetro para ser usado en invernadero bajo las condiciones de estudio como método alternativo, de bajo costo y de operación simple.

### Referencias

- ABDELFATTAH, I. M.; ATTIA, E.; EL-BANNA, G. M. Irrigation scheduling and its impacts on freesia-water productivity, vegetative and flowering parameters under greenhouse cultivation. **Environment, Biodiversity and Soil Security**, Egipto, v. 4, (ed. 2020), p. 59-71, 2020.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Estudio FAO Riego y Drenaje-56. Roma: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), 2006, 298p.
- AMIRI, M. J.; ABEDI-KOUPAI, J.; ESLAMIAN, S. Comparison of reference evapotranspiration inside and outside the glasshouse. **International Journal of Global Environmental Issues**, v. 17, n. 4, p. 297-306, 2018.
- ARCE, C.; RECA, J.; MARTÍNEZ, J.; ESPINOSA, K.; RAMOS, E. A. Desarrollo de un tanque evaporimétrico automatizado de bajo coste para la programación del riego en tiempo real. En: XXXVI CONGRESO NACIONAL DE RIEGOS, España, 1-10, 2018, A-07.
- AWE, G. O.; AKOMOLAFE, T. N.; UMAM, J.; AYUBA, M. B. Efficiency of small pan evaporimeter in monitoring evapotranspiration under poly-covered house and open-field conditions in a hot, tropical region of Nigeria. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 32, dic. 2020, 100735.
- ÇAKIR, R.; KANBUROGLU-ÇEBI, U.; ALTINTAS, S.; OZDEMIR, A. Irrigation scheduling and water use efficiency of cucumber grown as a spring-summer cycle crop in solar greenhouse. **Agricultural Water Management**, v. 180, part A, p. 78-87, 2017.
- CAÑIZALES, G. **Manejo y programación del riego localizado en la modalidad de cinta de goteo para el cultivo de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en el Valle de Quibor**. 121p. Tesis (Pregrado) - Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo, 2003.
- CASTAÑÓN, G. **Ingeniería del riego. Utilización racional del agua**. Madrid: Editorial Paraninfo S.A. 2000. 208p.
- COBANER, M. Reference evapotranspiration based on Class A pan evaporation via wavelet regression technique. **Irrigation Science**, v. 31, n. 2, p. 119-134, 2013.
- GAVILÁNEZ, F. C.; FARIAS, S. R. Método del Cenirómetro como alternativa de

programación de riego por aspersión en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). **Acta Agronómica**, Colombia, v. 68, n. 1, p. 29-34, 2019.

GRANCHAROVA, E.; PATAMANSKA, G.; GIGOVA, A.; MORTEV, I.; DIMITROVA, E. Estimation of reference evapotranspiration using reduced evaporation pan. **New knowledge Journal of science**, Bulgaria, v. 9, n. 1, p. 169-174, 2020.

GRASSI, C. J. **Fundamentos de riego**. Mérida, Venezuela: Editorial Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, 1998, 392p.

JÁTIVA-REYES, M. F.; RENTERÍA-REGALADO, J. G.; POMA-COPA, M. P.; SIVISACA-CARAGUAY, J. R. Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*). **Polo del Conocimiento**, Ecuador, v. 4, n. 4, p. 318-345, abr. 2019.

KIRNAK, H.; TASH, I.; GOKALP, Z.; KARAMAN, S. Effects of different irrigation levels on yield of lettuce grown in an unheated greenhouse. **Current Trends in Natural Sciences**, Rumania, v. 5, n. 9, p. 145-151, 2016.

LIU, H.; LI, H.; NING, H.; ZHANG, X.; LI, S.; PANG, J.; WANG, G.; SUN, J. Optimizing irrigation frequency and amount to balance yield, fruit quality and water use efficiency of greenhouse tomato. **Agricultural Water Management**, v. 226, dic. 2019, 105787.

MAHMUD, K.; SIDDIK, M.S.; KHATUN, M.K.; ISLAM, M.T. Performance Evaluation of Class A Pan Coefficient Models to Estimate

Reference Evapotranspiration in Mymensingh Region of Bangladesh. **Journal of Bangladesh Agricultural University**, Bangladesh, v. 18, n. 3, p. 742-750, 2020.

NIKOLAOU, G.; NEOCLEOUS, D.; KATSOULAS, N.; KITTAS, C. Irrigation of greenhouse crops. **Horticulturae**, v. 5, n. 1, p. 7, enero 2019.

NÚÑEZ, M. **Correlación entre las medidas de evaporación de la tina tipo estándar (US. Weather Bureau) vs. Tina de envases no convencionales (cuñetes)**. 32p. Tesis (Pregrado) - Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Lara, 2000.

RAMESHWARAN, P.; TEPE, A.; YAZAR, A.; RAGAB, R. Effects of drip-irrigation regimes with saline water on pepper productivity and soil salinity under greenhouse conditions. **Scientia horticulturae**, v. 199, p. 114-123, feb. 2016.

SUJITHA, E.; SHANMUGASUNDARAM, K.; THIYAGARAJAN, G. Evaluation of evaporation measuring methods for reference evapotranspiration within Greenhouse. **International Journal of Plant Protection**, v. 13, n. 1, p. 62-66, abr. 2020.

TORRES, J.; CRUZ, R. **El Cenirrómetro**. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), 4. 1995, 4p.

UNESCO; ONU-AGUA. **Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático**. UNESCO.

VALERA, C.; RÁZURI, L. R.; ROSALES, J. G.; JAIMEZ, R.; PROAÑO, J.; MORA, A. Programación y manejo del riego localizado en invernadero mediante tres métodos de estimación de la evapotranspiración en el cultivo de pimentón (*Capsicum annuum* L.). **Agricultura Andina**, v. 20, p. 14, 2014.

VÉLEZ, R.; PROAÑO, J. Programación del fertirriego en siete híbridos de tomate indeterminado, bajo invernadero, en la zona de Milagro, provincia del Guayas. En: X CONGRESO ECUATORIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 2006, Guayaquil. 27p.

WANG, X.; WANG, S.; GEORGE, T. S.; DENG, Z.; ZHANG, W.; FAN, X.; LV, M. Effects of schedules of subsurface drip irrigation with air injection on water consumption, yield components and water use efficiency of tomato in a greenhouse in the North China Plain. **Scientia Horticulturae**, v. 269, 2020, 109396.

YILDIRIM, M. Drip irrigation automation with a water level sensing system in a greenhouse. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 26, n. 1, p. 131-138, 2016. ISSN: 1018-7081.

ZHANG, M.; YAN, X.; LU, Z.; BAI, Q.; ZHANG, Y.; WANG, D.; ZHOU, Y.; YIN, Y. Effects of Micropore Group Spacing and Irrigation Amount on Soil Respiration and Yield of Tomato with Microsprinkler Irrigation under Plastic Film in Greenhouse. **Journal of Sensors**, v. 2021, ID 6658059, p.17, 2021.