



SUELO Y AGUA
SOIL AND WATER



<http://opn.to/a/4UHmi>

ORIGINAL ARTICLE | ARTÍCULO ORIGINAL

Irrigation Regime for Crops in Manabí, Ecuador: Proposal for Five Permanent Crops

*El régimen de riego para cultivos en Manabí, Ecuador:
propuesta para cinco cultivos permanentes*

Dr.C. Ramón Pérez-Leira*, Dr.C. Jacqueline Domínguez-Gutiérrez

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), Facultad de Ingeniería, Manta, Manabí, Ecuador.

ABSTRACT. The present work is a complement of the climatic and edaphological study developed in productive zones of the province of Manabí in Ecuador. The objective of the study was to determine the irrigation regime of five permanent crops in Manabí. The study focused on three agricultural areas of the Province (Chone, San Ramón and Mapasingue). Several scenarios were analyzed, including four edaphoclimatic zones combined with three irrigation management options. The results allow defining basic elements for the design and operation of irrigation systems and serve as a reference for studies oriented towards other crops and agricultural areas of Manabí.

Keywords: soil, evapotranspiration, crops, irrigation regime.

RESUMEN. El presente trabajo es un complemento del estudio climatológico y edafológico desarrollado en zonas productivas de la provincia de Manabí en Ecuador. El objetivo del estudio es determinar el régimen de riego de cinco cultivos permanentes en Manabí. El estudio estuvo enfocado en tres zonas agrícolas de la Provincia (Chone, San Ramón y Mapasingue). Se analizaron varios escenarios que incluyen cuatro zonas edafoclimáticas combinadas con tres opciones de manejo de riego. Los resultados permiten definir elementos básicos para el diseño y la operación de los sistemas de riego y sirven de referencia para estudios orientados hacia otros cultivos y zonas agrícolas de Manabí.

Palabras clave: suelo, evapotranspiración, cultivos, régimen de riego.

INTRODUCTION

The 282 Act of the Ecuadorian Constitution reads "The State will Regulate Irrigation Water Use and Management for Food Production, under Equity, Efficiency and Environmental Sustainability."

Though Ecuador is a country with a huge irrigation potential (more than 3 million hectares), total surface under irrigation is 942 thousand hectares. This means less than third part of the potential surface to be irrigated. The Irrigation & Drainage National Plan 2012-2026 stated that "...during these years, problems have been accumulated: the shortage of water availability, the increase of pollution influencing water quality, inequities in water access, low level of technology moderniza-

INTRODUCCIÓN

En el artículo 282 de la Constitución de Ecuador se establece que "El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental".

A pesar de que Ecuador es un país con un enorme potencial de riego (más de 3 millones de hectáreas), la superficie total bajo riego es de 942 mil hectáreas. Esto es menos de la tercera parte de la superficie potencial a regar. En el Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012-2026 se plantea que en "...el transcurso de estos años se han acumulado problemas: la cada vez más escasa disponibilidad del agua; el incremento de la contaminación que incide en la calidad del agua utilizada; el inequitativo acceso al agua; los bajos niveles

*Autor para correspondencia: Ramón Pérez-Leira, e-mail: rperezleira@gmail.com

Recibido: 14/02/2019.

Aprobado: 02/09/2019.

tion and efficiency, barriers in water management coming from the responsible institutions, weakness in systems of management, operation and maintenance organizations, among others". (MAGAP, quoted by Pérez *et al.* (2018).

There are studies on irrigation regime on cotton done in Center and South America (Méndez *et al.*, 2001), sugar cane (Avalos and Pacheco, 2012), banana (Toro *et al.*, 2016) and potato (Sifuentes *et al.*, 2018). In Ecuador irrigation regime researches have been developed on a variety of crops associated to pre and postgraduate papers, however, few scientific publications have been found about the theme. One of the most interesting papers is the one developed by Caicedo *et al.* (2015), where three schemes of irrigation scheduling for banana (*Musa paradisiaca*). One of the most popular computing tools for determine irrigation scheduling is CROPWAT version 8.0 (Swennenhuis, quoted by Caicedo *et al.* (2015), This version can be used for estimating crops' water requirements based on climate, phenological and edafological data (Toro *et al.*, 2016). Other authors such as Sosa *et al.* (2019), use this tool to search for relationships between Evapotranspiration of the Reference (Eto) and rainfall and predict the increase of the irrigation dose as climate changes (Duarte *et al.*, 2017).

However, the program continues been limited because it considers Penman-Monteith method proposed by FAO for estimating Eto. One of the main limitations of this method is that it requires of precise measurements of air temperature, relative moisture, solar radiation and wind speed (Popova *et al.*, quoted by Pinto *et al.*, 2016).

In the proposal of an Irrigation Integral Management Model in Ecuador (Secretaría del Agua, 2016), it is stated "there is lack of programs complementary to the construction of the physical work, such as training and technical assistance programs, ...". In the updating of Irrigation and Drainage National Plan 2018-2021, carried out by the Irrigation and Drainage Division (2018), it is recognized there is a negative water balance in some basins of Manabí province and it is proposed as an strategic objective "To improve efficiency and enlarge public and community heritage of irrigation and drainage in a sustainable management". Simultaneously to these policies, since January 2018, the University Lay Eloy Alfaro of Manabí developed the Research Project "Edaphoclimatic Study for Designing and Operation of Irrigation Systems in Manabí".

The present paper is a continuity of studies published by Pérez *et al.* (2018a, 2018b), focused on the study of climate variables and hydrophysical soil properties in agricultural areas of Manabí Province. The objective of this study was to define the Irrigation Regime of five crops of economic interest from the water balance developed in different sceneries in the province.

METHODS

To develop this survey, three agroproductive areas of interest were chosen at Manabí province: Northern part of Chone Province, San Ramón at Sucre Province and Mapasingue at Portoviejo Province. A spatial representation of the three zones is shown in Figure 1.

de tecnificación y de eficiencia; las limitaciones propias de las instituciones responsables de la gestión del agua; las debilidades de las organizaciones en administración, operación y mantenimiento de los sistemas, entre otros." (MAGAP, citado por Pérez *et al.* (2018).

En Centroamérica y América del Sur se han encontrado estudios sobre el régimen de riego del Algodón Méndez *et al.* (2001), la Caña de Azúcar Avalos y Pacheco (2012), el banano Toro *et al.* (2016) y la papa Sifuentes *et al.* (2018). En Ecuador se han desarrollado investigaciones sobre el régimen de riego de diversos cultivos asociados a trabajos de titulación a niveles de pregrado y Maestría, sin embargo, se han encontrado escasas publicaciones científicas sobre este tema. Uno de los trabajos más interesantes es el desarrollado por Caicedo *et al.* (2015), donde se compararon tres esquemas de programación del riego para el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*). Una de las herramientas de cómputo más difundidas para determinar la programación del riego es el Programa CROPWAT, versión 8.0 (Swennenhuis, citado por (Caicedo *et al.*, 2015). Esta versión puede ser utilizada para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos basado en datos climáticos, fenológicos y edafológicos Toro *et al.* (2016). Otros autores como Sosa *et al.* (2019), emplean esta herramienta para explorar relaciones entre la Evapotranspiración de Referencia (Eto) y las precipitaciones o para predecir el incremento de las dosis de riego asociadas a los cambios climáticos como Duarte *et al.* (2017). Sin embargo, el programa sigue siendo limitado al considerar el método de método de Penman-Monteith propuesto por la FAO para el cálculo de la Eto. Uno de los principales inconvenientes de este método es que requiere de medidas precisas de temperatura del aire, humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento (Popova y cols, citados por Pinto *et al.* (2016).

En la Propuesta de Modelo de Gestión Integral de Riego en Ecuador (Secretaría del Agua (2016), se plantea que existe "falta de programas complementarios a la construcción de la obra física, como programas de capacitación, asistencia técnica...". En la Actualización del Plan Nacional de Riego y Drenaje 2018-2021 de Ecuador, realizado por la Subsecretaría de Riego y Drenaje (Secretaría del Agua, 2016), se reconoce que existe un balance hídrico negativo en algunas cuencas de la Provincia Manabí y se propone como primer objetivo estratégico "Mejorar la eficiencia y ampliar el patrimonio público y comunitario de riego y drenaje de manera sostenible". En alineación con estas políticas, desde enero de 2018 se ejecuta en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí el Proyecto de Investigación "Estudio Edafoclimático para el diseño y operación de los Sistemas de Riego en Manabí"

El presente trabajo es una continuación de los estudios publicados por Pérez *et al.* (2018a, 2018b), enfocados al estudio de las variables climáticas y de las propiedades hidrofísicas de los suelos en zonas agrícolas de la provincia Manabí. El objetivo de este estudio es definir el Régimen de Riego de cinco cultivos de interés económico a partir del balance hídrico realizado en diferentes escenarios en la Provincia.

MÉTODOS

Para el desarrollo de este estudio se seleccionaron tres zonas de interés agroproductivo en la provincia Manabí: Zona norte del Cantón Chone, San Ramón en el Cantón Sucre y Mapasingue en el Cantón Portoviejo. Una representación espacial de las tres zonas se puede apreciar en la Figura 1.

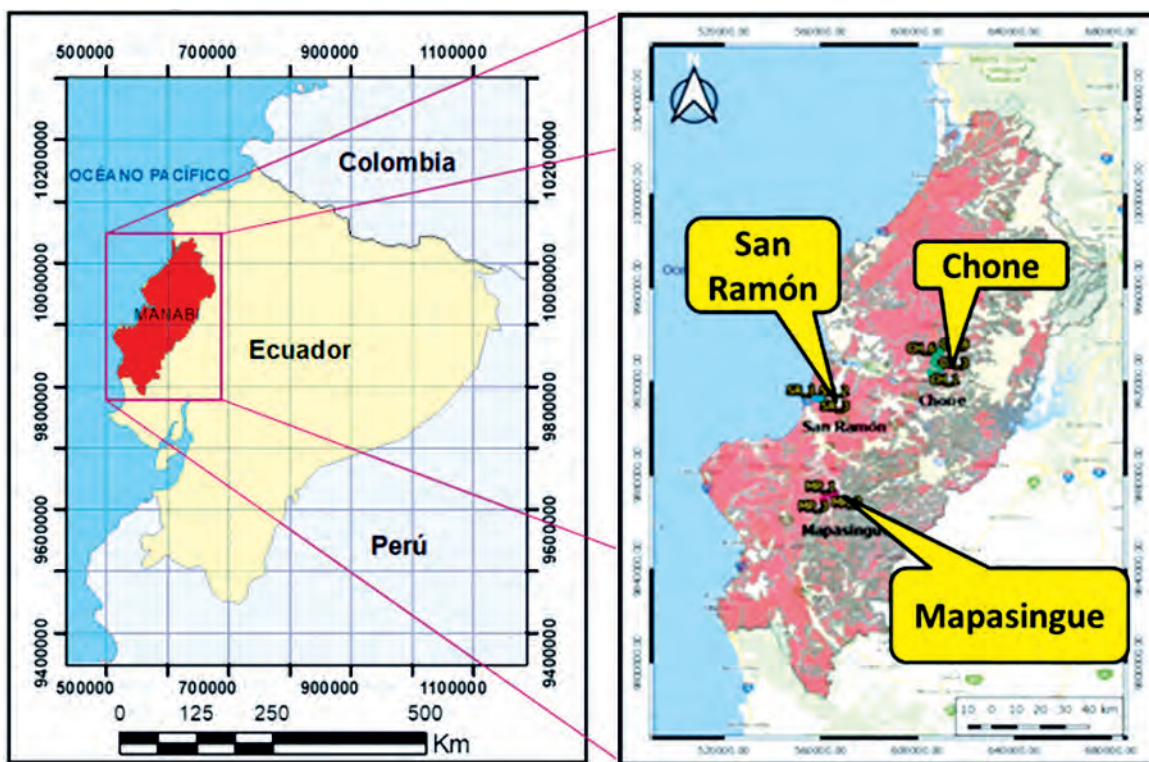


FIGURE 1. - Location of the three survey areas at Manabí Province.
 FIGURA 1. Ubicación de las tres zonas de estudio en la provincia de Manabí. (Source: Elaboration of the Authors).

Definition of Climate and Soil Features

This paper is based on the statistical analysis of the 23 years observing series in 49 meteorological stations in Manabí developed by Pérez *et al.* (2018a), to define rainfalls at 75% of probability and Crop Reference Evapotranspiration (Eto) of 25% occurrence probability. For water balance Eto values were taken, through Hargreaves-Samani method, due to the observations by De Figueredo *et al.* (2016), confirmed by Pérez *et al.* (2018a), who obtained more reliable results because of the lack of data at Manabí, Ecuador for applying Penman-Monteith method, considered by Sousa *et al.* (2016).

The hydrophysical properties of soils have been defined from trials “*in situ*” established by Pérez *et al.* (2018b) in the surveyed areas.

Definition of Crops’ Features for Irrigation Schedule

In this study, five crops of economic interest in the Province were considered: orange (*Citrus sinensis*), cocoa (*Theobroma cacao*), banana (*Musa paradisiaca*), papaya (*Carica papaya*) and passion fruit (*Passiflora edulis*).

Root depth data (H), crop coefficients (Kc) for calculating Evapotranspiration (Eto) for every phase of development and life cycle of each crop are shown on Table 1, taking into account authors’ considerations and the soil water depletion fraction for no stress (p) as defined by Allen *et al.* (2006).

Table 1. Values of crop coefficient (KC) and depth to be moisture (H) for development stages for each crop, according to authors’ recommendations

Definición de las características del Clima y del Suelo

Este trabajo se basa en el análisis estadístico de las series de 23 años de observaciones en 49 estaciones meteorológicas en Manabí desarrollados por Pérez *et al.* (2018a), para definir la precipitación del 75% de probabilidad y la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (Eto) del 25% de probabilidad de ocurrencia. Para el balance hídrico se tomaron los valores de Eto calculados por el método de Hargreaves-Samani debido a las consideraciones de De Figueredo *et al.* (2016) y confirmado por Pérez *et al.* (2018a), quienes obtuvieron resultados más confiables ante la ausencia de datos en Manabí, Ecuador, para aplicar el Método de método de Penman-Monteith, considerado por Sousa *et al.* (2016).

Las propiedades hidrofísicas de los suelos han sido definidas a partir de determinaciones “*in situ*” determinadas por Pérez *et al.* (2018b) en las tres zonas de estudio.

Definición de las características de los cultivos para el Régimen de Riego

En este estudio se consideraron cinco cultivos permanentes de interés económico en la Provincia: Naranja (*Citrus Sinensis*), Cacao (*Theobroma cacao*), Plátano (*Musa paradisiaca*), Papaya (*Carica papaya*) y Maracuyá (*Passiflora edulis*).

Los datos de profundidad de las raíces (H), coeficientes del cultivo (Kc) para el cálculo de la Evapotranspiración (Etc) por cada fase de desarrollo y ciclo de vida de cada cultivo, se muestran en la tabla 1 a partir de las consideraciones de diferentes autores. Se incluye además la Fracción de Agotamiento de Humedad en el suelo sin provocar estrés hídrico (p), definido por Allen *et al.* (2006).

TABLA 1. Valores de Coeficiente de Cultivo (Kc) y de Profundidad a humedecer (H) por etapas de desarrollo para cada cultivo según recomendaciones de diferentes autores

TABLA 1. Valores de Coeficiente de Cultivo (Kc) y de Profundidad a humedecer (H) por etapas de desarrollo para cada cultivo según recomendaciones de diferentes autores

Crop		Development stage				p	Source
Orange	Days	60	90	120	95	50 %	Allen <i>et al.</i> (2006) Calderón (2014)
	Kc	0.70	0.70	0.65	0.70		
	Days			365			
	H (m)			0.80			
Cocoa	Days			365		30 %	Allen <i>et al.</i> (2006)
	Kc			0.90			
	Days			365			
	H (m)			0.70			
Banana	Days		120	75	45	35 %	Allen <i>et al.</i> (2006) Toro <i>et al.</i> (2016)
	Kc		1.0	1.2	1.1		
	Days			240			
	H (m)			0.60			
Papaya	Days	60	90	60	155	35 %	Allen <i>et al.</i> (2006) Chaterlán (2012)
	Kc	0.90	1.00	1.10	0.90		
	Days			365			
	H (m)			0.60			
Passion fruit	Days	60		210	95	50 %	Allen <i>et al.</i> (2006) Vinuesa (2009) Calderón (2014)
	Kc	0.70		0.65	0.70		
	Days			365			
	H (m)			0.60			

For estimating Water Schedule of the Project of each crop, four sceneries were analyzed starting from the results obtained by Pérez *et al.* (2018b):

- Chone con suelo de textura fina (CH-TF)
- Chone con suelo de textura media (CH-TM)

At the same time, irrigation for each scenery was analyzed for three p values (minimum recommended for each crop, a decrease of 25% of this value from considering hot and dry atmosphere conditions of Manabí, both values taking into account recommendations of Allen *et al.* (2006) and a steady value p= 15% for all crops). This fact generated 60 irrigation variants (five crops x four sceneries x three-soil water depletion fraction for no stress).

For estimating Project's Irrigation Schedule the proceedings described in the Cuban standard 48-46, cited by Duarte *et al.* (2015) were used. In that document, Kb values were replaced for the Kc ones of each crop shown at Table 1.

Once Project's Irrigation Schedule was defined, determining maximum Evapotranspiration of each crop and the fictitious flow rate were the following steps. These elements were the basement for hydraulic design of pressure irrigation systems (localized irrigation system or sprinkler irrigation system).

Critical Crop Evapotranspiration was obtained dividing monthly evapotranspiration of highest consumption (critical month) by the amount of days of the month.

Fictitious net flow rate: Obtained for critical condition by the following expression:

Para el cálculo del Régimen de Riego de Proyecto de cada cultivo se analizaron cuatro escenarios a partir de los resultados obtenidos por Pérez *et al.* (2018b):

- Mapasingue con suelo de textura media (MP-TM)
- San Ramón con suelo de textura media (SR-TM)

El riego en cada escenario fue analizado a su vez para tres valores de p (El mínimo recomendado para cada cultivo, una reducción del 25% de este valor a partir de considerar las condiciones atmosféricas cálidas y secas de Manabí, ambos valores según recomendaciones de Allen *et al.* (2006), y un valor fijo de p= 15% para todos los cultivos). Esto generó un total de 60 variantes de riego (cinco cultivos x cuatro escenarios x tres fracciones de agotamiento de humedad).

Para el cálculo de Régimen de Riego de Proyecto se siguió el procedimiento descrito en la Norma Cubana 48-46, citado por Duarte *et al.* (2015). En dicho procedimiento se sustituyeron los valores de Kb por los de Kc de cada cultivo que se mostraron en la Tabla 1.

Una vez definido el Régimen de Riego de Proyecto se procedió a determinar la Evapotranspiración máxima de cada cultivo y el caudal ficticio o dotación. Estos elementos constituyen la base para el diseño hidráulico de sistemas de riego presurizados (sistema de riego localizado o sistema de riego por aspersión).

La Evapotranspiración Crítica del Cultivo: Se obtuvo al dividir la evapotranspiración del mes con mayor consumo (mes crítico) por la cantidad de días del mes.

Dotación o caudal ficticio: Obtenido para la condición crítica por la siguiente expresión:

$$q = \frac{Dn}{3.6 \cdot t \cdot h}$$

Where:

- q: Fictitious net flow rate (l/s/ha);
- Dn: Net partial irrigation dosage (m³/ha);
- t: Irrigation interval (days);
- h: Irrigation time (h). (8 hours daily were considered).

RESULTS AND DISCUSSION

Water requirement calculations corresponding to each crop in the four sceneries were done. The results obtained for orange crop are summarized in Table 2.

TABLE 2. Summary of the Annual Orange Irrigation Regime in Four Scenarios, expressed from Evapotranspiration, Effective Rainfall, Total Dose and Number of Irrigations

TABLA 2. Resumen del Régimen de Riego Anual de la Naranja en cuatro escenarios, expresado a partir de la Evapotranspiración, Lluvia Aprovechable, Dosis Total y Cantidad de Riegos

Crop	Stage	Eto (mm)	Effective Rainfall (mm)	Total Irrigation Dose according to p* (mm)			Number of Irrigations according to p*		
				50%	37%	15%	50 %	37 %	15 %
Orange	CH-TF	901.3	426.0	349.0	387.6	471.7	2	3	9
	CH-TM	901.3	424.2	498.1	491.3	498.4	3	4	10
	MP-TM	990.2	355.2	601.7	556.6	676.9	4	5	15
	SR-TM	990.2	254.3	622.4	691.2	747.3	4	6	16

* Extreme value of p= 50% is defined according to Allen et al. (2006).

As it can be appreciated, there was a trend to increase dose and number of irrigation as value p decreased. Higher irrigation requirement was evident in San Ramón area (SR) due to the existing evapotranspiration and effective rainfall conditions. The annual doses to apply to orange crop were from 349 mm–743 mm. These results were lower to the annual 800 mm obtained by CEBAS and CSIC (2014) at southern Spain in an arid climate with rainfalls lower than 300 mm a year. They were also inferior to the results reported by Santos *et al.* (2018), which were between 1270 mm and 1306 mm per year. However, there is a coincidence with values reported by Wiegand and Swason (cited by Levy & Boman (2003), in Texas.

The annual irrigation regime for cocoa tree cultivation, summarized in Table 3, showed irrigation values from 641 mm to 1062.2 mm a year. It was corroborated, Chone zone with less water requirements and irrigation amount during the year goes between 7 and 26 according to the soil water depletion fraction for no stress (p) selected to manage water regime.

$$q = \frac{Dn}{3.6 \cdot t \cdot h}$$

donde:

- q: Caudal neto ficticio, hidromódulo o dotación (L/s/ha);
- Dn: Dosis parcial neta de riego (m³/ha);
- t: Intervalo de riego (días);
- h: Duración de la jornada de riego (h). (Se consideró una jornada de 8 horas diarias).

RESULTADOS Y DISCUSION

Luego de haber realizado los cálculos de requerimientos hídricos correspondientes a cada cultivo en los cuatro escenarios se obtuvo el resultado que se resume en la Tabla 2 para el Cultivo de la Naranja.

Como se puede observar, existe una tendencia al incremento de las dosis y el número de riegos en la medida que el valor de *p* se reduce. Se evidencia un mayor requerimiento de riegos en la zona de San Ramón (SR) debido a las condiciones de evapotranspiración y lluvia aprovechable existentes. Las dosis anuales a aplicar al cultivo de la naranja oscilan entre 349 mm y 743 mm. Estos resultados son inferiores a los 800 mm anuales obtenidos por CEBAS-CSIC (2014) al sur de España en un clima árido con precipitaciones inferiores a 300 mm al año. También son inferiores a los reportados por Santos *et al.* (2018), que se encuentran entre 1270 mm y 1306 mm al año. Sin embargo, coincide con los valores reportados por Wiegand y Swanson citados por Levy y Boman (2003), quienes obtuvieron dosis anuales de riego en cítricos de 220 mm a 680 mm para complementar 700 mm de lluvia anual en Texas.

El régimen de riego anual para el cultivo del cacao resumido en la Tabla 3 muestra valores de riegos de 641 mm a 1062,2 mm al año. Se confirma la zona de Chone con menores requerimientos hídricos y la cantidad de riego durante el año varía entre 7 y 26 en función de la fracción de agotamiento de humedad (p) con que se decida manejar el régimen de riego.

TABLE 3. Summary of the Annual Cocoa Irrigation Regime in Four Scenarios, expressed from Evapotranspiration, Effective Rainfall, Total Dose and Number of Irrigations

TABLA 3. Resumen del Régimen de Riego Anual del Cacao en cuatro escenarios, expresado a partir de la Evapotranspiración, Lluvia Aprovechable, Dosis Total y Cantidad de Riegos

Crop	Stage	Eto (mm)	Effective Rainfall (mm)	Total Irrigation Dose according to p* (mm)			Number of Irrigations according to p*		
				30 %	22 %	15 %	30 %	22 %	15 %
Cocoa	CH-TF	1185.9	513.4	641.7	671.8	686.6	7	10	15
	CH-TM	1185.9	511.9	697.0	639.3	696.5	8	10	16

Crop	Stage	Eto (mm)	Effective Rainfall (mm)	Total Irrigation Dose according to p* (mm)			Number of Irrigations according to p*		
				30 %	22 %	15 %	30 %	22 %	15 %
	MP-TM	1304.0	355.2	948.1	984.5	948.3	12	17	24
	SR-TM	1304.0	254.3	1062.2	1018.5	1061.1	13	17	26

*Extreme value of p= 30% is defined according to Allen et al. (2006).

The results were very similar to those recommended by Rodríguez *et al.* (2010), for Manabí with values from 500 to 1200 mm a year. There was also similarity with the results obtained by Romero & Proaño (2008) in their study developed in Santa Elena Peninsula, in Ecuador. In that paper, annual irrigation doses were obtained for cocoa tree between 1023.93 and 1535.9 mm for different drip management conditions.

Nevertheless, some authors like Motato & Pincay (2015), make emphasis in paying close attention to water quality more than the quantity of water for irrigation of this crop due to salinity problems found in Manabí's subsurface water.

For the cultivation of banana, figures of greater magnitude were obtained, as shown in Table 4.

Los resultados son muy similares a los recomendados por Rodríguez *et al.* (2010), para Manabí con valores de 500 a 1200 mm al año. También hay similitud con los resultados obtenidos por Romero y Proaño (2008) en su estudio desarrollado en la península de Santa Elena en Ecuador. En dicho trabajo se obtuvieron dosis de riego anuales para el cacao entre 1023,93 y 1535,9 mm para diferentes condiciones de manejo por goteo.

No obstante, varios autores, como Motato y Pincay (2015), insisten en atender con mayor interés la calidad y no la cantidad de las aguas para el riego de este cultivo debido a los problemas de salinidad detectados en las aguas subterráneas en Manabí.

Para el cultivo del plátano se obtuvieron cifras de mayor magnitud, como se muestra en la Tabla 4.

TABLE 4. Summary of the Annual Banana Irrigation Regime in Four Scenarios, expressed from Evapotranspiration, Effective Rainfall, Total Dose and Number of Irrigations

TABLA 4. Resumen del Régimen de Riego Anual del Plátano en cuatro escenarios, expresado a partir de la Evapotranspiración, Lluvia Aprovechable, Dosis Total y Cantidad de Riegos

Crop	Stage	Eto (mm)	Effective Rainfall (mm)	Total Irrigation Dose according to p* (mm)			Number of Irrigations according to p*		
				35 %	26 %	15 %	35 %	26 %	15 %
Banana	CH-TF	1435.5	555.0	824.7	884.5	902.4	9	13	23
	CH-TM	1435.5	553.7	871.3	906.2	895.8	10	14	24
	MP-TM	1581.8	337.7	1263.9	1232.6	1254.1	16	21	37
	SR-TM	1581.8	254.3	1306.8	1334.9	1329.2	16	22	38

*Extreme value of p= 35% is defined according to Allen et al., (2006).

These results were similar to the ones obtained by Caicedo *et al.* (2015) into their programs through CROPWAT for irrigate banana in Babahoyo, Ecuador. The authors obtained values of Eto between 990.5 mm and 1340.7 mm a year. Though the annual amount of irrigations was between 20 and 23, total sheet to be applied was slightly lower because rainfall conditions in Babahoyo are less arid than in Manabí.

Annual Eto values also coincide with those reported by Toro *et al.* (2016) through simulations made with CROPWAT in Urabá, Colombia. These values were between 1188 mm and 1315 mm annually.

The summary of irrigation regime for papaya crop is shown in Table 5.

Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Caicedo *et al.* (2015) en sus programaciones realizadas mediante el programa CROPWAT para el riego del plátano en Babahoyo, Ecuador. Los autores obtuvieron valores de Etc entre 990,5 mm y 1340,7 mm anuales. Aunque la cantidad de riegos anuales estuvo entre 20 y 23, la lámina total a aplicar fue ligeramente inferior debido a que las condiciones de lluvia de Babahoyo son menos áridas que las de Manabí.

Los valores de Etc anuales también coinciden con los reportados por Toro *et al.* (2016) mediante simulaciones efectuadas con el programa CROPWAT en Urabá, Colombia. Estos valores oscilaron entre 1188 mm y 1315 mm anuales.

El resumen del régimen de riego para el cultivo de la papaya se presenta en la Tabla 5.

TABLE 5. Summary of the Annual Papaya Irrigation Regime in Four Scenarios, expressed from Evapotranspiration, Effective Rainfall, Total Dose and Number of Irrigations

TABLA 5. Resumen del Régimen de Riego Anual de la Papaya en cuatro escenarios, expresado a partir de la Evapotranspiración, Lluvia Aprovechable, Dosis Total y Cantidad de Riegos

Crop	Stage	Eto (mm)	Effective Rain (mm)	Total Irrigation Dose according to p* (mm)			Number of Irrigations according to p*		
				35 %	26 %	15 %	35 %	26 %	15 %
Papaya	CH-TF	1263.1	534.0	733.1	748.4	745.5	8	11	19
	CH-TM	1263.1	532.7	697.0	712.0	746.5	8	11	20

Crop	Stage	Eto (mm)	Effective Rain (mm)	Total Irrigation Dose according to p* (mm)			Number of Irrigations according to p*		
				35 %	26 %	15 %	35 %	26 %	15 %
	MP-TM	1388.9	355.2	1026.9	1056.5	1084.6	13	18	32
	SR-TM	1388.9	254.3	1143.5	1152.9	1154.3	14	19	33

*Extreme value of p= 35% is defined according to Allen et al., (2006) considerations.

Bogantes *et al.* (2011) consider annual water consumption for this crop between 1200 and 1800 mm. However, Chaterlán (2012) obtains lower Eto values (931 mm) for papaya at southern Havana, in Cuba, under higher rainfall conditions for a p value of 40%.

A similar result was reported by Mellado *et al.* (2005) in Michoacán, Mexico. The authors developed a survey with the objective of evaluating the response of papaya, Marigold variety, in terms of yield, efficiency of water use, economical productivity to fertilizing and drip irrigation systems. For conditions of rainfall of 569 mm annually (similar to those in Manabí), they obtained annual irrigation sheets between 1050 mm and 1385 mm.

Passion fruit crop required an irrigation regime for each scenery, summarized in Table 6.

The consumptions obtained for this crop are very close to the ones reported by Guzmán (cited by Guerra *et al.*, 2013) between 650 mm and 950 mm annually. However, they are lower to the ones obtained by Guerra *et al.* (2013) in their studies covering magnitudes between 1351.1 mm and 2303.7 mm annually.

(Bogantes *et al.*, 2011) consideran consumos de agua anuales para este cultivo entre 1200 mm y 1800 mm, muy similar a la Etc que se ha obtenido en el presente estudio (entre 1263,1 y 1388,9 mm). Sin embargo, Chaterlán (2012) obtuvieron valores inferiores de Etc (931 mm) para la papaya en el sur de la Habana en Cuba bajo condiciones de precipitación superiores para un valor de p del 40%.

Un resultado más afín lo reportaron Mellado *et al.* (2005) en Michoacán, México. Los autores desarrollaron un estudio con el objetivo de evaluar la respuesta del papayo, variedad Maradol, en términos de rendimiento, eficiencia de uso del agua y productividad económica, a los sistemas de riego por goteo y fertilización. Para condiciones de precipitación de 569 mm anuales (muy similares a las de Manabí) obtuvieron láminas de riego anuales entre 1050 mm y 1385 mm.

El cultivo del Maracuyá demandó un régimen de riego en los diferentes escenarios que se resume en la Tabla 6.

Los consumos obtenidos para este cultivo son muy cercanos a los reportados por Guzmán citado por Guerra *et al.* 2013) entre 650 mm y 950 mm anuales. Sin embargo, son inferiores a los obtenidos por estos últimos autores en sus estudios que abarcan magnitudes entre 1351,1 mm y 230,7 mm anuales.

TABLE 6. Summary of the Annual Passion Fruit Irrigation Regime in Four Scenarios, expressed from Evapotranspiration, Effective Rainfall, Total Dose and Number of Irrigations

TABLA 6. Resumen del Régimen de Riego Anual del Maracuyá en cuatro escenarios, expresado a partir de la Evapotranspiración, Lluvia Aprovechable, Dosis Total y Cantidad de Riegos

Crop	Stage	Eto (mm)	Effective Rain (mm)	Total Irrigation Dose according to p* (mm)			Number of Irrigations according to p*		
				50 %	37 %	15 %	50 %	37 %	15 %
Passion fruit	CH-TF	883.0	404.8	392.8	484.2	470.8	3	5	12
	CH-TM	883.0	403.5	498.0	460.5	484.9	4	5	13
	MP-TM	970.9	349.4	564.5	584.5	677.9	5	7	20
	SR-TM	970.9	254.3	700.7	691.0	734.5	6	8	21

*Extreme value of p= 50% is defined according to Allen et al., (2006) considerations.

Equally, in Perú Chacón (2016), in a study that registered passion fruit's consumptions during 5 successive years in La Libertad, Perú, obtained values fluctuating between 601.5 mm and 977.5 mm a year. These values are very close to the Eto ones obtained in the four sceneries analyzed in this study. Da Araujo *et al.*, (2006), also obtained passion fruit's consumptions in Piracicaba, Brazil of 781.01 mm in a year.

Basic Elements for Designing and Operation of Irrigation Systems

The results of maximum Evapotranspiration estimation (Etm) obtained for each crop at different conditions, as well as the higher fictitious flow rate are summarized in Table 7. The

También en Perú Chacón (2016) en un estudio que registró los consumos del maracuyá durante 5 años consecutivos en "La Libertad", Perú obtuvo valores que fluctuaron entre 601,5 mm y 977,5 mm al año. Estos valores son muy cercanos a los obtenidos de Etc en los cuatro escenarios analizados en este estudio. También Da Araujo *et al.*, (2006), obtuvieron consumos del Maracuyá en Piracicaba, Brasil de 781,01 mm en un período de 350 días.

Elementos básicos para el diseño y la operación de los sistemas de riego

Los resultados del cálculo de la Evapotranspiración máxima (Etm) que se obtuvieron para cada cultivo en las diferentes condiciones, así como el mayor caudal ficticio se resumen en la Tabla 7.

Etm values of orange coincide with the records of Toledo et al. (quoted by Levy & Boman, 2003), who define an interval of 2-3 mm/day in Cuban conditions. However, they are considerably lower than the 4.5 mm/day reported by Shalhevet *et al.* (quoted by Levy & Boman, 2003), for Israel conditions.

Los valores de Etm de la naranja coinciden con los reportes de Toledo y cols. (citados por Levy y Boman (2003), quienes definen un intervalo de 2 a 3 mm/día en las condiciones de Cuba. Sin embargo, son considerablemente inferiores a los 4.5 mm/día reportados por Shalhevet y cols. citados Levy y Boman (2003), para las condiciones de Israel.

TABLE 7. Values of Maximum Evapotranspiration and Fictitious Flow Rate (q) obtained for each crop at the Different Edaphoclimatic Conditions

TABLA 7. Valores de evapotranspiración máxima (Etm) y caudal ficticio (q) que se obtuvieron para cada cultivo en las diferentes condiciones edafoclimáticas

Crop	CH-TF		CH-TM		MP-TM		SR-TM	
	Etm (mm)	q (L/s/ha)	Etm (mm)	q (L/s/ha)	Etm (mm)	q (L/s/ha)	Etm (mm)	q (L/s/ha)
Orange	2.8	0.45	2.8	0.47	3.1	0.64	3.1	0.71
Cocoa	3.7	0.65	3.7	0.96	4.0	0.94	4.0	1.01
Banana	4.5	0.84	4.5	0.86	4.7	1.20	4.7	1.27
Papaya	4.1	0.71	4.1	0.71	4.4	1.03	4.4	1.10
Passion fruit	2.6	0.46	2.6	0.47	2.8	0.64	2.8	0.70

An important issue to be considered to analyze water consumptions and irrigation needs of permanent crops, besides specific edaphoclimatic conditions of the province, is plantation density. It is confirmed that plantation frames of these crops are not identical in all irrigation research surveyed, which has a direct influence on magnitude of moisture available, taken by plant on the soil.

It is necessary to clear up, in all cases; fictitious net flow rate for designing irrigation in each crop should be increase according to estimated efficiency and the irrigation technique to be used. It was evident for all crops that Chone's edaphoclimatic conditions are the best for cropping, compare with San Ramón and Mapasingue.

CONCLUSIONS

- In this study, 12 scenarios of irrigation management were analyzed for orange, cocoa, banana, papaya and passion fruit crops in Ecuador (60 variants in total). That allowed defining water needs taking into account the edaphoclimatic zone and the soil water-depletion fraction defined for irrigation management without causing stress in the plant.
- The possibility of defining Irrigation Regime of permanent crops from the statistical analysis of the climatic variables of the region and the determination "in situ" of the soil hydrophysical properties, give the result of these studies higher reliability than studies developed before about this data.
- Crops with higher irrigation demand were banana, papaya and cocoa tree with annual dose between 641.7 mm and 1329.2 mm, according of shortage level defined for irrigation management.
- Edaphoclimatic conditions in Chone are the best for the development of crops opposite to San Ramón area, where higher irrigation doses were required.
- Water demand definition and irrigation regime for

Un aspecto importante a tener en cuenta al analizar los consumos de agua y necesidades de riego en estos cultivos permanentes, adicional a las condiciones climáticas específicas de cada región, es la densidad de plantación. Se ha podido constatar que los marcos de plantación de estos cultivos no son idénticos en todas las investigaciones sobre riego que se han consultado, lo cual influye directamente sobre la magnitud de la extracción de la humedad disponible que hacen las plantas en el suelo.

Vale aclarar que, en todos los casos, los valores de caudal ficticio neto para diseñar el riego en cada cultivo deberán ser incrementados en función de la eficiencia que se estime, de acuerdo a la técnica de riego a emplear. Resulta evidente para todos los cultivos que las condiciones edafoclimáticas de Chone son más favorables para los cultivos en comparación con San Ramón y Mapasingue.

CONCLUSIONES

- En este estudio se han analizado 12 escenarios de manejo de riego para los cultivos Naranja, Cacao, Plátano, Papaya y Maracuyá en Ecuador (60 variantes en total), lo cual permite definir sus requerimientos hídricos en función de la zona edafoclimática en que se encuentren y de la Fracción de Agotamiento de Humedad en el suelo que se defina para el manejo de riego sin provocar estrés en la planta.
- La posibilidad de definir el Régimen de Riego de los cultivos permanentes a partir de análisis estadísticos de las variables climáticas propias de la región y la determinación "in situ" de las propiedades hidrofísicas de los suelos, le transfiere a los resultados de este estudio un margen de confiabilidad superior al de estudios desarrollados sobre otros datos.
- Los cultivos con mayor demanda de riego fueron el plátano, la papaya y el cacao con dosis anuales que varían de 641,7 mm a 1329,2 mm en función del nivel de agotamiento definido para el manejo de riego.
- Las condiciones edafoclimáticas de Chone resultan más favorables para el desarrollo de los cultivos en contraste con la zona de San Ramón donde se demandan las mayores dosis de riego.

different conditions of management on studied crops is the base for designing new irrigation systems or for scheduling the one existing in the province, hence, its use can be immediate.

ACKNOWLEDGEMENT

To Engineers Marcos Israel Hinostroza García, Jordan Rene Manzaba Carvajal and Eric Cabrera Estupiñán for the support in the processing of climate information, prior to this publication.

We thank the Engineers Héctor Germán Cedeño Caicedo, José Darío Zambrano Gómez, Luis Alberto Moncayo Zambrano, Jonathan Ricardo Flecher Ponce, Carlos Geovanny Moreira Muñoz, Henry Emilio Delgado Anchundia, Adrián Ricardo Mendoza Briones and Luis Eduardo Chavez Garcia, for the support provided in the extraction and processing of soil samples in support of this investigation.

To Ms. Oravides Almagro Peñalver for her support in the translation of this document.

La definición de la demanda hídrica y el régimen de riego para diferentes condiciones de manejo en los cultivos estudiados sirve de base para el diseño de nuevos sistemas de riego o para la programación de los ya existentes en la Provincia, por lo que su aplicabilidad puede ser de carácter inmediato.

AGRADECIMIENTOS

A los Ingenieros Marcos Israel Hinostroza García, Jordan René Manzaba Carvajal y Eric Cabrera Estupiñán por el apoyo en el procesamiento de la información climática, previo a esta publicación.

Se agradece a los Ingenieros Héctor Germán Cedeño Caicedo, José Darío Zambrano Gómez, Luis Alberto Moncayo Zambrano, Jonathan Ricardo Flecher Ponce, Carlos Geovanny Moreira Muñoz, Henry Emilio Delgado Anchundia, Adrián Ricardo Mendoza Briones y Luis Eduardo Chávez García, por el apoyo brindado en la extracción y procesamiento de las muestras de suelo en apoyo a esta investigación.

A la Lic. Oravides Almagro Peñalver por su apoyo brindado en la traducción de este documento.

REFERENCES/ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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*, no. ser. Estudio FAO Riego y Drenaje 56., Ed. Food & Agriculture Org., vol. 56, Roma, Italia, 2006, ISBN: 92-5-304219-2.
- AVALOS, J.L.; PACHECO, S.J.: “Programación del riego de la caña de azúcar en la provincia de Villa Clara, Cuba”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4): 61-66, 2012, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- BOGANTES, A.A.; MORA, N.E.; UMAÑA, G.; QUIRÓS, Q.L.: *Guía para el cultivo de la papaya en Costa Rica, [en línea]*, Inst. San José, MAG/UCR/INTA, San José. Costa Rica, 2011, *Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/319433988_GUIA_PARA_EL_CULTIVO_DE_LA_PAPAYA_EN_COSTA_RICA, [Consulta: 15 de febrero de 2019]*.
- CAICEDO CAMPOSANO, O.; BALMASEDA ESPINOSA, C.; PROAÑO SARAGURO, J.: “Programación del riego del banano (Musa paradisiaca) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2): 18-22, 2015, ISSN: 2071-0054.
- CAICEDO, C.O.; BALMASEDA, E.C.; PROAÑO, S.J.: “Programación del riego del banano (Musa paradisiaca) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2): 18-22, 2015, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- CALDERÓN, B.S.P.: *Evaluación del recurso hídrico en la eficiencia del desarrollo de los cultivos en cinco barrios de Tumbaco, Pichincha, [en línea]*, Universidad Central del Ecuador, Eng. Thesis, Ecuador, 2014, *Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3242/1/T-UCE-0004-100.pdf>, [Consulta: 1 de mayo de 2018]*.
- CEBAS-CSIC: *Guidelines on Best Irrigation Management Practices for citrus production in the Mediterranean Area. SIRRIMED., [en línea]*, Sustainable use of irrigation water in the Mediterranean Region, 2014, *Disponible en: http://www.sirrimed.org/catalogo/d_2_6_2014-mar-31.pdf, [Consulta: 1 de octubre de 2019]*.
- CHACÓN, A.D.C.: *Manejo Agronómico de la Passiflora edulis Sims bajo riego por goteo en Virú, La Libertad, [en línea]*, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Académico Profesional de Agronomía, Eng. Thesis, Trujillo, Perú, 2016, *Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7479/CHACON%20AGREDA%20Deyssi%20Consuelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, [Consulta: 15 de enero de 2019]*.
- CHATERLÁN, Y.: “Estimación de los coeficientes de cultivo de la papaya para mejorar la programación del riego en el sur de La Habana”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(1): 37-42, 2012, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- DA ARAUJO, S.T.J.; FOLEGATTI, M.V.; DA SILVA, C.R.; JÚNIOR, J.A.; DE MATOS, P.R.C.: “Evapotranspiração e coeficientes de cultura do maracujazeiro amarelo conduzido sob duas orientações de plantio”, *Irriga*, 11(1): 90-106, 2006, ISSN: 1808-3765, DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2006v11n1p90-106>.
- DE FIGUEREDO, D.G.; RODRIGUES, V.M.D.; BARCELLOS, A.D.; FABIANO, L.P.; DOS SANTOS, M.G.; DE FARIA, T.R.: “Desempenho de métodos na estimativa de evapotranspiração de referência para o estado da paraíba, brasil”, *Irriga*, 21(3): 481-490, 2016, ISSN: 1808-8546.
- DUARTE, D.C.; HERRERA, P.J.; LÓPEZ, S.T.; GONZÁLEZ, R.G.; ZAMORA, H.E.: “Nuevas normas netas de riego para los cultivos agrícolas en Cuba”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(4): 46-51, 2015, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- DUARTE, D.C.E.; HERRERA, P.J.; ZAMORA, H.E.: “Predicción de las normas netas de riego a futuro en el pronóstico de riego”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(3): 3-10, 2017, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- GUERRA, D.D.; TAFUR, H.H.; RÍOS, R.L.: “Rendimiento y calidad de la fruta del maracuyá amarillo (Passiflora Edulis fo. Flavicarpa o. Deg.) en respuesta a la combinación del riego y la fertilización”, *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 12: 109-117, 2013, ISSN: 1692-9918.

- LEVY, Y.; BOMAN, B.: *Water Management in Citrus*, [en línea], 2003, Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/293334460_Water_Management_in_Citrus, [Consulta: 1 de noviembre de 2019].
- MELLADO, V.A.; VOLKE, H.V.; TAPIA, V.M.; SÁNCHEZ, G.P.; QUEVEDO, N.A.: “Respuesta del papayo al riego ya la fertilización NPK en un vertisol”, *Terra Latinoamericana*, 23(1): 134-144, 2005, ISSN: 2395-8030.
- MÉNDEZ, N.J.R.; SALAZAR, B.R.; MERAZO, P.J.; GIL, M.J.; KHAN, P.L.: “Efecto de tres frecuencias de riego sobre algunos caracteres de la planta en cuatro cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) tipo Upland”, *Revista UDO Agrícola*, 1(1): 48-55, 2001, ISSN: 1317-9152.
- MOTATO, A.N.; PINCAY, M.J.: “Calidad de los suelos y aguas para riego en áreas cacaoteras de Manabí”, *La técnica*, 14: 6-23, 2015, ISSN: 1390-6895.
- PÉREZ, L.R.; CABRERA, E.E.; CEDEÑO, C.G.; DELGADO, A.H.E.; MENDOZA, B.A.R.; CHÁVEZ, G.L.: “El régimen de riego para cultivos en Manabí, Ecuador: estudio edafológico”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(4): 1-8, 2018a, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- PÉREZ, L.R.; CABRERA, E.E.; HINOSTROZA, G.M.I.; MANZABA, C.J.R.: “El régimen de riego para cultivos en Manabí, Ecuador: estudio climatológico”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(1): 5-12, 2018b, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- PINTO, E.J.S.; ALVES, V.E.O.; DA SILVA, R.R.; GONÇALVES, I.S.; DE OLIVEIRA, G.M.: “Ajuste da Equação de Hargreaves y Smanai a partir de dados lisimétricos para o município de Juazeiro-BA”, *Irriga, Irriga & Inovagri* (Edição Especial): 108-114, 2016, ISSN: online 1808-8546/ISSN CD 1808-3765.
- RODRÍGUEZ, M.; MOTATO, N.; ZAMBRANO, O.; TARQUINO, C.: *Manejo técnico del cultivo de cacao en Manabí*, [en línea], Inst. Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria, Estación Experimental Portoviejo. Ecuador, Portoviejo. Ecuador, 2010, Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4875/1/iniappom75.pdf>, [Consulta: 1 de marzo de 2019].
- ROMERO, J.; PROAÑO, J.: “Evaluación del Efecto del Riego por Goteo y Microaspersión en la productividad del cacao (*Theobroma cacao*) CCN 51 en un suelo Ustifluent típico en la zona Chongón- Península de Santa Elena. Provincia del Guayas”, [en línea], En: *XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*, Ecuador, 2008, Disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/12.-Jorge-Romero.-Riego.pdf>, [Consulta: 1 de abril de 2019].
- SANTOS, K.S.; DE ALMEIDA, A.; DA SILVA, V.P.P.; DA SILVA, L.L.S.; COELHO, M.A.F.; HOLZAPFEL, E.H.: “Balanço de Água em solo cultivado sob pomar adensado de Laranja ‘Pêra’ enxertada em diferentes porta-enxertos”, *Irriga*, 23(2): 235-248, 2018, ISSN: 1808-3765.
- SECRETARÍA DEL AGUA: *Propuesta de Modelo de Gestión Integral de Riego en el Ecuador*, [en línea], Inst. Secretaría del Agua, Subsecretaría de Riego y Drenaje, 2016, Disponible en: <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/06IGC2016-MGRIEGO-SENAGUA-MODELO-DE-GESTIO%CC%81N-INTEGRAL-DEL-RIEGO.pdf>, [Consulta: 1 de junio de 2019].
- SIFUENTES, I.E.; MERINO, L.R.I.; RUIZ, P.U.; OJEDA, B.W.; FLORES, G.H.; MACIAS, C.J.: “Humedad del Suelo Permisible (MDP) para el manejo del riego por goteo en papa (*Solanum tuberosum* L.) mediante un modelo integral”, En: *IV Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII 2018*, Aguas Calientes, 2018.
- SOSA, S.Y.; DUARTE, D.C.E.; PUENTE, P.A.; GONZÁLEZ, R.L.: “Caracterización de la evapotranspiración de referencia y su relación con las precipitaciones en Jagüey Grande, Matanzas”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 9(1): 48-52, 2019, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- SOUSA, P.F.F.; DAL, P.E.; MONTENEGRO, V.R.J.; VÁZQUEZ, M.R.J.; SÁNCHEZ, R.R.M.; ORELLANA, G.M.A.; ESCOBEDO, J.F.: “Estudo comparativo da evapotranspiração de referência entre localidades no estado de São Paulo e na província de Habana”, *Irriga*, 21(2): 395-397, 2016, ISSN: 1808-8546.
- TORO, T.A.M.; ARTEAGA, R.R.; VÁZQUEZ, P.M.A.; IBÁÑEZ, C.L.A.: “Requerimientos de riego y predicción del rendimiento en el cultivo de banano mediante un modelo de simulación en el Urabá antioqueño, Colombia”, *Tecnología y ciencias del agua*, 7(6): 105-122, 2016, ISSN: 2007-2422.
- VINUESA, I.R.J.: *Diseño de un plan de manejo de riego para los cultivos de cítricos en El Zamorano*, [en línea], El Zamorano, Bachelor of Science in Agronomy, Honduras, 2009, Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/403/1/T2860.pdf>, [Consulta: 1 de abril de 2018].

Ramón Pérez Leira, Profesor Titular Principal, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), Facultad de Ingeniería, Manta, Manabí, Ecuador, e-mail: rperezleira@gmail.com

Jacqueline Domínguez Gutiérrez, Profesora Titular Principal, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Facultad de Ingeniería, Manta, Manabí, Ecuador, e-mail: jarqui888@gmail.com

aio - junho, ISSN 1808-3765, 2016.

The authors of this work declare no conflict of interests.

This item is under license Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.