

REQUERIMIENTO HÍDRICO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews)-NARANJO (*Citrus sinensis* L.) EN LA REGIÓN DEL TOTONACAPAN, VERACRUZ, MÉXICO

WATER REQUIREMENT IN THE VANILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews)-NARANJO (*Citrus sinensis* L.) PRODUCTION SYSTEM IN THE TOTONACAPAN REGION, VERACRUZ, MEXICO

Villarreal Manzo, L.A.¹, Herrera-Cabrera, B.E.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. C. P. 72760.

*Autor de correspondencia: behc@colpos.mx

RESUMEN

El estudio caracteriza y cuantifica el requerimiento hídrico del sistema de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en naranjo (*Citrus sinensis* L.) en la región del Totonacapan, Veracruz, México. El trabajo se realizó a partir de un balance hidrológico y ombrotérmico que considera en forma general aspectos climáticos como temperatura, evaporación, humedad relativa y precipitación de la región. Las necesidades hídricas y los requerimientos de riego de la vainilla se determinaron de acuerdo a la metodología FAO-56, conforme a la estimación de evapotranspiraciones actuales y potenciales de Penman-Monteith y de acuerdo a los coeficientes mensuales de desarrollo del cultivo. Los resultados indican que aun cuando la región del Totonacapan, está caracterizada como húmeda, se identifica un período de déficit hídrico que se extiende durante la mayor parte del año, afectando el período crítico de floración de la vainilla de abril a junio. Dado que algunas zonas presentan mayor precipitación pluvial, las necesidades hídricas van desde los 851.7 a los 1,345.3 mm para un año de producción del vainillal, lo que se refleja en requerimientos de riego desde 193.1 a 502.8 mm de agua por año.

Palabras clave: *Vanilla planifolia*, necesidades hídricas, requerimientos de riego, etapa crítica.

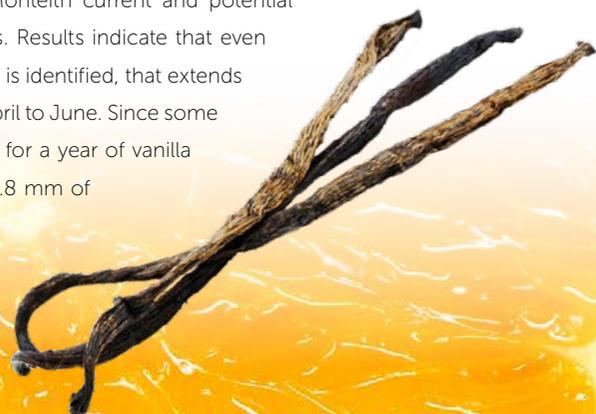
ABSTRACT

This study characterizes and quantifies the water requirement of the vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) production system in orange (*Citrus sinensis* L.) in the Totonacapan region, Veracruz, Mexico. The work was based on a hydrological and ombrothermic balance of the region, which generally considers climatic aspects such as temperature, evaporation, relative humidity and precipitation. The water needs and irrigation requirements of vanilla were determined according to the FAO-56 methodology and according to the estimation of Penman-Monteith current and potential evapotranspirations and according the crop monthly development coefficients. Results indicate that even though the Totonacapan region is characterized as wet, a period of water deficit is identified, that extends throughout most of the year, affecting the critical period of vanilla bloom from April to June. Since some areas have higher rainfall, water requirements range from 851.7 to 1,345.3 mm for a year of vanilla production, which is reflected in the irrigation requirements, from 193.1 to 502.8 mm of water per year.

Keywords: Water needs, irrigation requirements, critical stage.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 3, marzo. 2018. pp: 29-36.

Recibido: enero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.



INTRODUCCIÓN

La vainilla es una orquídea perenne con crecimiento hemiepífito, con sistema radicular fasciculado y adventicio, con pocos estudios en lo que se refiere a sus requerimientos hídricos, desconocimiento de sus coeficientes de cultivo (Kc) en cada una de sus etapas fenológicas, y prácticamente ausencia de investigación en la calendarización de los riegos para determinar el cuándo y el cuánto regar.

En México, la vainilla es un recurso fitogenético sobre-explotado pero a la vez subutilizado, sus poblaciones silvestres diezgadas a través de una colecta excesiva con el propósito de establecer plantaciones, hasta el punto de que la especie está sujeta a protección especial de acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. No se ha apoyado el fomento de la producción de este cultivo, y actualmente México solo genera el 1% de la producción mundial de vainilla (Soto, 2006). Desafortunadamente, no se ha sabido aprovechar la variación genética de la especie (Herrera-Cabrera *et al.*, 2016), ni las ventajas ambientales (Hernández-Ruiz *et al.*, 2016) y culturales sobre otros países.

Los productores consideran que el manejo adecuado de un vainillal implica realizar entre otras labores culturales, la aplicación de riegos en los meses de floración del cultivo (abril - junio), sobre todo porque el cambio climático ha provocado la caída del fruto antes de su maduración durante los últimos años (Mata *et al.*, 2007). Además, el suministro de agua mediante el riego, determina el alto grado de vigor, sanidad y productividad de las plantas de vainilla (Alconero *et al.*, 1973). Aun cuando en la región se registran precipitaciones medias anuales por encima de los 1,200 mm, con características climáticas cálidas húmedas y cálidas sub-húmedas.

Las necesidades hídricas de los cultivos se asocian al concepto de evapotranspiración (ET) definida

como la suma de los volúmenes de agua usados para el crecimiento vegetativo de una cierta planta o vegetal por concepto de transpiración que participa en la formación de tejidos vegetales y aquella porción de humedad evaporada desde el suelo adyacente, humedad proveniente de la precipitación interceptada por el área de cubierta vegetal y de suelo en cualquier tiempo dado, dividido por la superficie del área (Blaney y Criddle, 1952 citados por Fernández *et al.*, 2009). Fernández *et al.* (2009) mencionan que el requerimiento de riego de los cultivos (RR) es la suma de la evapotranspiración real corregida o evapotranspiración del cultivo corregida (ETc correg) menos la precipitación efectiva (Pe).

Con base en lo anterior, se cuantificó el requerimiento hídrico del sistema de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en naranjo (*Citrus sinensis* L.) en la región del Totonacapan, Veracruz, México.

METODOLOGÍA

Geográficamente, la región forma parte de la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo al Norte del Estado de Veracruz, con una superficie aproximada de 4,300.88 km² distribuida en 20 municipios. Con clima predominante cálido húmedo con lluvias todo el año (Am), que van de los 1,200 a 1,500 mm anuales y con temperaturas promedio que oscilan entre los 22° y 26 °C (García, 2004).

Para los propósitos del presente estudio, se descarta el sistema de producción bajo malla sombra, ya que para la determinación de las necesidades y los requerimientos hídricos de este sistema de producción se requeriría disponer de datos climatológicos en estas

condiciones específicas. Para los sistemas de producción bajo sombra de pichoco (*Erythrina* sp.), y en naranjo (*Citrus sinensis* L.), es posible utilizar los datos climatológicos proporcionados por las estaciones de la región. El estudio incluyó los municipios de Gutiérrez Zamora, Papantla, Temapache y Tlapacoyan, Veracruz.



Figura 1. Ubicación de la región del Totonacapan, Veracruz, México. El Totonacapan también abarca parte del estado de Puebla, México.

Dada la indisponibilidad de datos e información climatológica para la mayoría de los municipios que abarca la región, el estudio se enfocó en aquellas regiones con disponibilidad de datos climatológicos – del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a través de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) y de la Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas (RNEAA) del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos (LNMySR) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

De los registros históricos del SMN mismos que presentan normales climatológicas para cada uno de los estados de la República Mexicana, para el período 1951-2010, se seleccionaron y utilizaron las siguientes variable: temperatura (máxima, mínima y media); precipitación (normal); y evaporación total, disponiéndose de registros completos para Papantla y Temapache. Para Gutiérrez Zamora y Tlapacoyan se utilizó información de las estaciones climatológicas de Tecolutla y de Martínez de la Torre (DGE), separadas las primeras a 11.1 km y las segundas a 22.1 km, todas dentro del Totonacapan, Veracruz.

De los registros de la RNEAA del LNMySR del INIFAP, se seleccionaron y utilizaron variables de precipitación diaria, temperatura (máxima y mínima), velocidad media del viento, humedad relativa y evapotranspiración, dados los requerimientos de datos para elaborar el balance hidrológico y los diagramas ombrotérmicos de las regiones de estudio, así como para alimentar los programas de cálculo y de estimación de necesidades hídricas y de requerimientos de riego de acuerdo de la FAO modificado por Penman-Monteith.

El diagrama ombrotérmico de Gausson permite identificar el período seco en el cual la precipitación es inferior a dos veces la temperatura media (como aproximación a la sequedad estacional considerando $2 \cdot t_m$ como una estimación de la evapotranspiración), (Almorox, 2010).

El método de Penman-Monteith es el método estándar dentro de los métodos combinados para estimar la evapotranspiración (ET) del cultivo de referencia, (López, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Balance hidrológico, diagramas ombrotérmicos e índices de aridez

De acuerdo a los registros históricos disponibles de normales climatológicas regionales (1951-2010), se presentan las temperaturas, precipitaciones y evaporaciones medias de Gutiérrez Zamora, Papantla, Temapache y Tlapacoyan en los Cuadros 1, 2, 3 y 4, respectivamente. También se muestran los balances hidrológicos en las Figuras 2, 4, 6 y 8, y los diagramas ombrotérmicos de las mismas regiones en las Figuras 3, 5, 7 y 9.

En el Cuadro 5, se presentan las variables y normales climatológicas, además de los índices de aridez de las diferentes regiones de estudio.

Estimación de las necesidades hídricas y de requerimientos de riego

De acuerdo al método de Penman-Monteith, las necesidades hídricas de la vainilla van desde los 851.70 a los 1,345.3 mm de agua, siendo la región de Temapache-Álamo la que presenta la mayor deficiencia de agua (Cuadro 6).

Cuadro 1. Normales climatológicas de la estación climatológica 30102 Martínez de la Torre (DGE), Veracruz. Período 1951-2010.

LATITUD: 20° 04' 45" N. LONGITUD: 097° 03' 50" W. ALTURA: 89.0 MSNM.													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	SUMAS Y MEDIAS
Temperatura máxima	24.0	25.5	28.3	31.2	33.5	33.8	32.9	33.5	32.2	30.3	27.3	24.7	29.8
Máxima mensual	28.4	29.4	33.7	37.4	37.9	36.6	35.6	35.8	34.6	33.3	30.9	29.5	33.6
Temperatura media	19.0	20.1	22.8	25.6	27.8	28.3	27.5	27.7	26.9	25.0	22.2	19.7	24.4
Temperatura mínima	13.9	14.7	17.2	20.0	22.1	22.8	22.1	22.0	21.7	19.8	17.0	14.7	19.0
Mínima mensual	10.1	11.3	13.0	16.7	17.5	21.0	20.8	20.6	20.2	17.5	13.8	11.3	16.2
Precipitación	80.6	74.6	67.2	96.4	102.6	126.3	152.1	154.8	317.2	226.8	161.9	100.0	1,660.5
Evaporación total	55.8	66.5	94.6	116.6	144.5	140.0	127.8	130.2	111.1	99.2	73.7	55.7	1,215.7

Fuente: Elaboración propia con datos del SMN-EMA. 2017.



Cuadro 2. Normales climatológicas de la estación climatológica 30125 Papatla, Veracruz. Período 1951-2010.

LATITUD: 20° 26' 45" N. LONGITUD: 097° 19' 30" W. ALTURA: 190.0 MSNM.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	SUMAS Y MEDIAS
Temperatura máxima	23.3	24.4	27.5	30.4	33.1	33.2	32.6	33.1	31.5	29.4	26.7	23.9	29.1
Máxima mensual	33.1	33.9	32.9	35.9	38.3	37.9	37.7	38.6	38.6	33.3	31.3	27.7	34.9
Temperatura media	18.7	19.6	22.6	25.2	27.8	28.2	27.7	27.9	26.8	24.6	22.1	19.4	24.2
Temperatura mínima	14.2	14.9	17.6	20.1	22.6	23.2	22.7	22.7	22.0	19.8	17.5	15.0	19.4
Mínima mensual	8.4	7.4	12.0	12.7	17.7	18.2	18.2	14.5	15.7	14.4	12.3	11.5	13.6
Precipitación	45.8	4.5	38.9	56.9	68.8	129.4	94.7	111.1	248.9	145.6	96.2	58.1	1,140.9
Evaporación Total	42.9	63.3	103.2	106.6	134.1	151.6	135.8	127.2	117.8	79.3	65.7	110.5	1,238.0

Fuente: Elaboración propia, datos del SMN-EMA. 2017.

Cuadro 3. Normales climatológicas de la estación climatológica 30171 Tecolutla, Veracruz. Período 1951-2010.

LATITUD: 20° 28' 45" N. LONGITUD: 097° 00' 35" W. ALTURA: 7.0 MSNM.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	SUMAS Y MEDIAS
Temperatura máxima	22.7	24.0	26.5	29.1	31.5	32.2	32.2	32.5	31.2	29.5	26.4	23.9	28.5
Máxima mensual	29.2	30.1	31.2	34.0	39.4	47.2	47.2	45.9	41.0	36.2	35.0	29.7	37.2
Temperatura media	18.7	19.6	21.9	24.3	26.6	27.4	27.2	27.4	26.6	24.8	22.0	19.7	23.9
Temperatura mínima	14.6	15.2	17.2	19.6	21.8	22.6	22.2	22.4	21.9	20.1	17.6	15.5	19.2
Mínima mensual	11.5	10.8	11.1	15.4	15.4	15.4	15.5	15.5	19.0	13.4	14.2	12.7	14.2
Precipitación	50.4	50.1	50.6	57.1	79.4	126.6	151.0	147.6	332.7	219.3	120.0	65.9	1,450.7
Evaporación total	60.6	68.0	105.4	125.3	144.2	148.5	147.3	139.0	118.2	96.2	73.5	55.9	1,282.1

Fuente: Elaboración propia, datos del SMN-EMA. 2017.

Cuadro 4. Normales climatológicas de la estación climatológica 30006 Temapache-Álamo, Veracruz. Período 1951-2010.

LATITUD: 20° 55' 46" N. LONGITUD: 097° 40' 46" W. ALTURA: 19.0 MSNM.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	SUMAS Y MEDIAS
Temperatura máxima	26.1	27.0	29.6	32.4	34.6	34.4	33.5	33.6	32.5	31.1	28.8	26.4	30.8
Máxima mensual	32.6	32.4	33.1	35.0	38.6	38.1	37.8	36.6	35.4	34.2	34.1	33.1	35.1
Temperatura media	20.7	21.5	23.7	26.2	28.1	28.4	27.8	27.8	27.1	25.5	23.3	21.2	25.1
Temperatura mínima	15.1	15.9	17.7	19.9	21.7	22.4	22.1	22.1	21.7	19.9	17.9	16.0	19.4
Mínima mensual	11.7	12.1	14.2	17.1	19.1	19.1	19.1	20.1	19.3	17.2	14.4	11.4	16.2
Precipitación	34.2	35.9	28.2	41.5	60.7	155.5	152.2	168.1	233.8	122.3	54.1	29.7	1,116.2
Evaporación total	74.3	75.9	102.9	120.2	133.6	133.3	130.0	123.7	104.9	97.8	81.9	73.5	1,252.0

Fuente: Elaboración propia con datos del SMN-EMA. 2017.

Por su parte, los requerimientos de riego, también por el método de Penman-Monteith son del orden de los 193.1 a los 502.8 mm, los cuales son más necesarios y en mayor cantidad para la región de Temapache-Álamo (Cuadro 7).

Sistemas de riego

Tanto las necesidades hídricas como los requerimientos de riego del cultivo, permiten responder a una pregunta

esencial en la práctica del riego, el cuánto regar; mientras que el cuándo, lo determina el calendario de riego y por último, la cuestión del cómo regar, lo resuelve el propio sistema de riego.

Un ejemplo de riego, de acuerdo al método de estimación de Penman-Monteith para la región de Papatla, Veracruz, en un año de producción sería el siguiente.

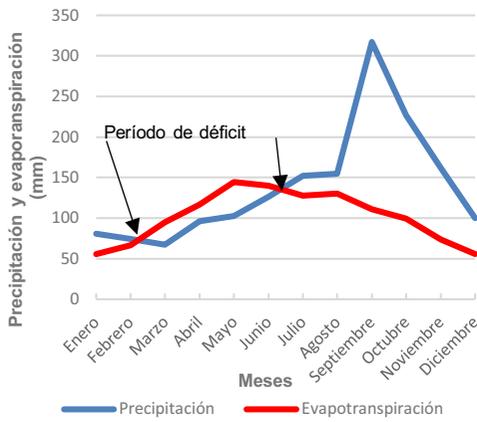


Figura 2. Balance hidrológico de la región Martínez de la Torre (DGE), Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia a partir de datos del SMN-EMA. 2017.

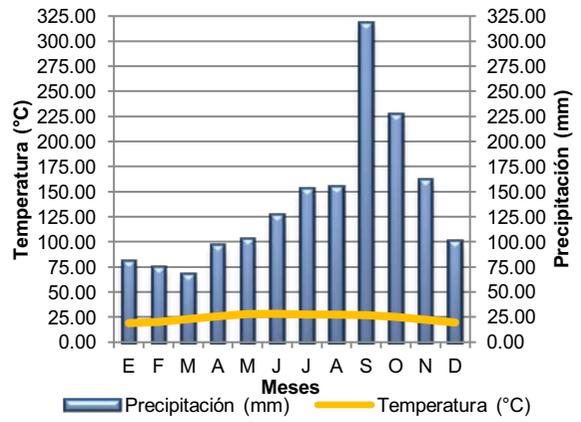


Figura 3. Diagrama ombrotérmico de la región Martínez de la Torre (DGE), Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia a partir de datos del SMN-EMA. 2017.

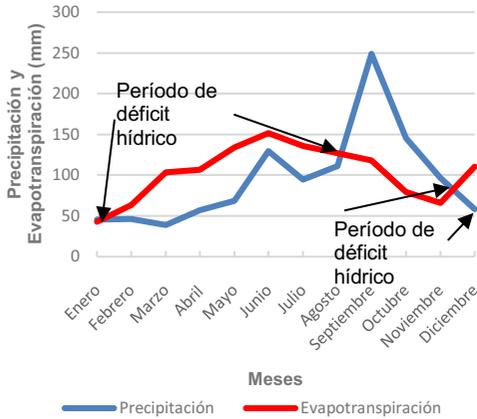


Figura 4. Balance hidrológico de la región Papantla, Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia, datos SMN-EMA. 2017.

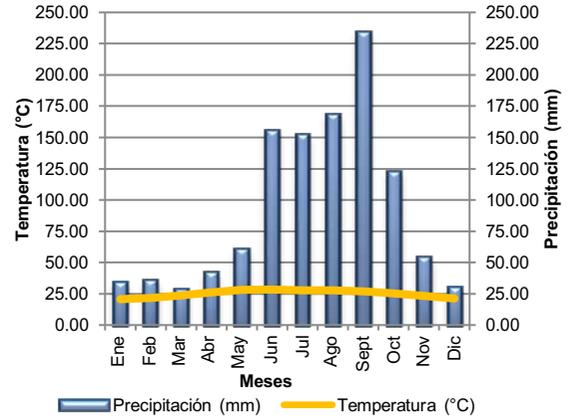


Figura 5. Diagrama ombrotérmico de la región Papantla, Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia, datos del SMN-EMA. 2017.

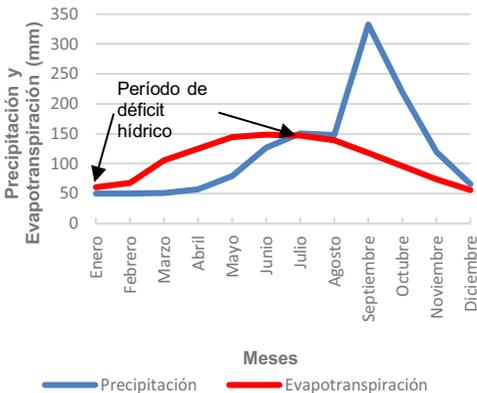


Figura 6. Balance hidrológico de la región de Gutiérrez Zamora, Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia, datos del SMN-EMA. 2017

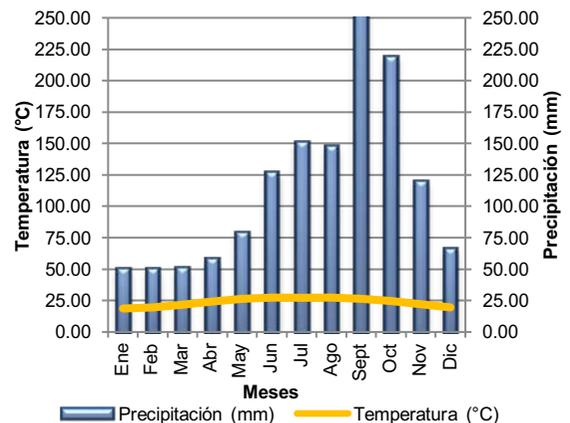


Figura 7. Diagrama ombrotérmico de la región de Gutiérrez Zamora, Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia, datos del SMN-EMA. 2017

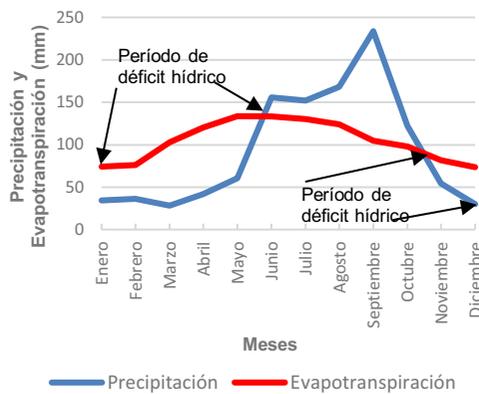


Figura 8. Balance hidrológico de la región de Temapache-Álamo, Veracruz. Periodo 1951-2010. Elaboración propia, datos del SMN-EMA, 2017.

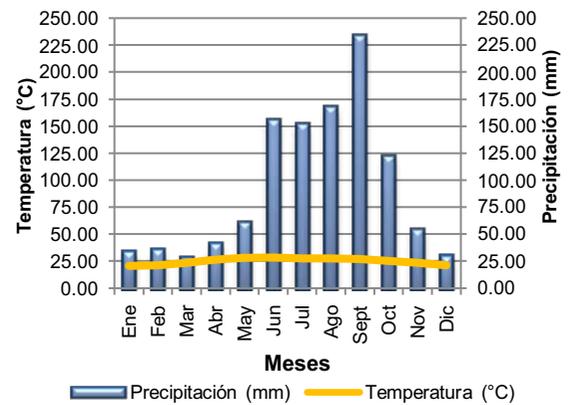


Figura 9. Diagrama ombrotérmico de la región de Temapache-Álamo, Veracruz. Periodo 1951-2010. Elaboración propia, datos del SMN-EMA, 2017.

Cuadro 5. Concentrado de variables, normales climatológicas e índices de aridez de las diferentes regiones de estudio.

Región	Temp. media (°C)	Precip. (mm)	Evap. total (mm)	Balance hidrológico (mm)	Período de déficit hídrico (meses)	Índices de aridez		
						Martonne	Dantin-Revenga	Gausson
Martínez de la Torre	24.4	1,660.5	1,215.7	+444.8	Febrero-junio	Región no árida	Región húmeda	Ningún mes seco
Papantla	24.2	1,140.9	1,238.0	-97.1	Noviembre-agosto	Región no árida	Región húmeda	Periodo seco: diciembre-abril
Tecolutla	23.9	1,450.7	1,282.1	+166.6	Enero-julio	Región no árida	Región húmeda	Ningún mes seco
Temapache-Álamo	25.1	1,116.2	1,252.0	-135.8	Octubre-junio	Región no árida	Región semiárida	Periodo seco: diciembre-abril

(+) Superávit hídrico

(-) Déficit hídrico

Fuente: Elaboración propia, datos del SMN-EMA, 2017.

Cuadro 6. Estimación de las necesidades hídricas de la vainilla (en mm) por el método de Penman-Monteith en las diferentes regiones del estudio.

Mes	Martínez de la Torre-Tlapacoyan	Papantla	Gutiérrez Zamora-Tecolutla	Temapache-Álamo
Ene	42.3	42.3	42.3	40.3
Feb	56.3	56.3	56.3	61.9
Mar	74.9	79.1	72.7	107.0
Abr	86.1	96.6	81.9	172.2
May	103.4	118.9	90.2	178.3
Jun	105.8	127.4	95.0	159.8
Jul	93.7	116.1	93.7	116.1
Ago	90.2	96.8	88.0	121.1
Sep	92.4	79.8	77.7	119.7
Oct	101.2	65.3	65.3	118.0
Nov	82.4	50.3	50.3	84.4
Dic	42.3	38.3	38.3	66.5
Sumas	971.0	967.2	851.7	1,345.3

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7. Estimación de los requerimientos de riego de la vainilla (en mm) por el método de Penman-Monteith en las diferentes regiones del estudio.

Mes	Martínez de la Torre-Tlapacoyan	Papantla	Gutiérrez Zamora-Tecolutla	Temapache-Álamo
Ene	1.1	17.5	15.2	13.7
Feb	16.7	30.4	28.5	46.6
Mar	37.3	56.0	43.7	86.8
Abr	33.1	62.6	48.9	98.8
May	45.3	76.6	45.1	89.1
Jun	35.9	52.5	26.6	32.8
Jul	13.8	60.4	14.3	21.2
Ago	9.7	35.4	11.1	7.4
Sep	0.0	0.0	0.0	0.0
Oct	0.0	0.0	0.0	14.0
Nov	0.2	1.4	0.0	47.2
Dic	0.0	7.8	4.2	45.2
Sumas	193.1	400.6	237.6	502.8

Fuente: Elaboración propia.

Cuando la vainilla estaría requiriendo una lámina de riego total de 400.6 mm (Cuadro 7), considerando que el período de déficit hídrico, de acuerdo al balance hidrológico de la región (Figura 4), se extiende desde noviembre hasta agosto y los meses secos desde diciembre a abril, coincidiendo ambos períodos con el período crítico de floración del cultivo, mismo que va desde abril hasta junio, solo en este período, el requerimiento de riego sería del orden de 191.7 mm, aproximadamente 48% del requerimiento total del cultivo en un año de producción (Cuadro 7).

Así, si las plantas fueran regadas 48 veces; durante estos 3 meses, a razón de 4 riegos cada semana, un día sí y un día no, con 360 mL cada vez, entonces cada planta estaría recibiendo 17,28 mL o 0.01728 m³. Si el área específica del cultivo o de la planta es de aproximadamente 0.09 m², entonces la lámina de riego que se estaría aplicando a cada planta sería de aproximadamente:

$$V/A = 0.01728 \text{ m}^3 / 0.09 \text{ m}^2 * 1,000 \text{ mm/m} \approx 192.0 \text{ mm/planta}$$

Cantidad que estaría satisfaciendo el requerimiento de riego inicialmente estimado de 191.7 mm. De tal forma, que un sistema de riego por goteo (con goteros insertos o con cintilla de riego) con un caudal o gasto nominal de 2 L por h por gotero, estaría aplicando los 360 mL requeridos por cada planta de vainilla en un tiempo de riego de 11 minutos.

CONCLUSIONES

Las necesidades hídricas de la vainilla para Martínez de la Torre, Tecolutla, Papantla y Temapache-Álamo van desde 851.7 a los 1,345.3 mm de agua para un año de producción, lo que se refleja en requerimientos de riego desde 193.1 a 502.8 mm de agua por año, siendo la región de Temapache-Álamo la que presenta la mayor necesidad de agua y requerimiento de riego.

Aun cuando la región del Totonacapan, Veracruz, está ubicada en una región clasificada como húmeda, se identifica un período de déficit hídrico que se extiende durante la mayor parte del año, afectando particularmente el período crítico de floración de la vainilla (abril-junio), por lo que la suplementación de agua a través del riego, es de la mayor importancia y relevancia para asegurar el amarre de flor y evitar el aborto de fruto de vainilla.

LITERATURA CITADA

- Alconero R., Stone, E.G. and Cairns, J.R. (1973). Intensive cultivation of vanilla in Uganda. *Agronomy Journal* 65: 44-46.
- Almorox, A.J. (2010). Clasificaciones climáticas. Contenidos. Climatología aplicada a la Ingeniería y al Medio Ambiente. Ingeniería Agroforestal Universidad Politécnica de Madrid. <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/clasificacionesclimaticas>. Consultada 30 de junio de 2017.
- Fernández, R.D.S., Martínez, M.M.R., Tavarez, E.C.A., Castillo, V.R. y Salas, M.R. (2009). Estimación de las demandas de consumo de agua. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural.

- Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO_DEMANDAS%20DE%20AGUA.pdf. Consultada 1 de agosto de 2017.
- García E. (2004) Modificaciones al sistema de clasificaciones climáticas de Köppen. 5ta ed. UNAM. México, D. F. 91 p.
- Hernández-Ruiz, J., Herrera-Cabrera, B.E., Delgado-Alvarado, A., Salazar-Rojas, V.M., Bustamante-González, A., Campos-Contreras, J.E. & Ramírez-Juárez, J. (2016). Distribución potencial y características geográficas de poblaciones silvestres de *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) en Oaxaca, México. *Journal of Tropical Biology and Conservation* 64: 235-246.
- Herrera-Cabrera, B.E., Hernández-Ruiz, J. y Delgado-Alvarado, A. (2016). Variación del aroma en *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews silvestre y cultivada. *Agroproductividad* 9: 10-17.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. (2017). Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos. Red Nacional de Estaciones Automatizadas. Veracruz. <http://clima.inifap.gob.mx/Inmysr/Estaciones/MapaEstaciones>. Consultada 15 de julio de 2017.
- López, A.J.E. (2004). Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Irrigación y drenaje. Unidad III Necesidades de riego de los cultivos. http://irrigacion.weebly.com/uploads/4/0/4/7/404744/etp-mtodo_de_penman-monteith.doc. Consultada 20 de julio de 2017.
- Mata, G. S. L., González, M. Almaguer, V. Espinosa, R. Ortiz, B. y Fajardo, F. (2007). Agricultura con sabor cítrico y aroma de vainilla en la región del Totonacapan. Universidad Autónoma Chapingo. 285 p.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2017). Información climatológica. Normales climatológicas por estado. Veracruz. <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=ver>. Consultada 17 de julio de 2017.
- Soto-Arenas, M.A. (2006). La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. *CONABIO. Biodiversitas* 66: 1-9.

