

APTITUD HIDROCLIMATOLÓGICA DE LA VAINILLA (*VANILLA PLANIFOLIA*) EN TRES REGIONES DE MÉXICO

Luis Alberto Villarreal Manzo¹

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

lavilla@colpos.mx – 2222851445 Ext. 2010 y 2012

Resumen

Los problemas identificados en la cadena de producción de vainilla están relacionados con una inadecuada validación y transferencia de tecnología, reducida tecnificación de los vainillales, limitada capacitación y asistencia técnica y en general una falta de reconocimiento de la agricultura tradicional de las regiones productoras en México como una alternativa de mejoramiento de las condiciones de vida y bienestar de los productores. El presente estudio se realizó durante el primer trimestre del año 2023, con el propósito de caracterizar y determinar la aptitud hidroclimatólogica de las regiones de la Huasteca Potosina, del Totonacapan, Veracruz y en la Región Noreste del estado de Oaxaca, México, para el cultivo de vainilla (*Vanilla planifolia* A.), al cuantificarse sus requerimientos hídricos a través de la identificación y el manejo óptimo de variables climáticas, edáficas y productivas del cultivo. La caracterización de los requerimientos hídricos para el cultivo, se realizó a partir de un balance hidrológico y ombrotérmico de las regiones estudiadas; al considerar aspectos climáticos como temperatura, evaporación, humedad relativa y precipitación. Se determinaron las necesidades hídricas y los requerimientos de riego de la vainilla de acuerdo con la metodología FAO-56 y conforme a la estimación de evapotranspiraciones actuales y potenciales por el método de Penman-Monteith. De acuerdo a los resultados encontrados; se concluye que, las tres regiones presentan condiciones similares y aptitudes hidroclimáticas para su cultivo, resaltando la importancia económica, social y cultural que representa la *V. planifolia* en la Región del Totonacapan, Veracruz.

Palabras claves: Climatología, desarrollo del cultivo, etapa crítica, necesidades hídricas.

Introducción

México es centro de origen y domesticación de diversas especies de importancia mundial, entre ellas la vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) (CONABIO y SEMARNAT, 2009), citados por Reyes *et al.* 2018. Estos mismos autores mencionan que los principales estados productores de vainilla en México son Veracruz, Puebla, Hidalgo, Tabasco, Guerrero, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí, Chiapas y Oaxaca. Particularmente en la Huasteca Potosina, la vainilla es una especie presente en sistemas agroforestales tradicionales desde hace más de un siglo.

Si bien, la Región Huasteca Potosina cuenta con las características propicias para su cultivo, se desconoce su distribución actual, así como las mejores áreas para su cultivo, es decir aquellas que cuentan con las condiciones ambientales propicias (Gámez, 2011), citado por Reyes *et al.* 2018.

En la Región del Totonacapan existen cuatro sistemas de producción de vainilla; el tradicional en acahual, bajo sombra de pichoco (*Eritrina sp.*), en naranjo (*Citrus sinensis*, L.) y bajo malla sombra. Donde la vainilla es una orquídea perenne con crecimiento epífita, con un sistema radicular fasciculado y adventicio, tiene muy poca investigación y estudio en lo que se refiere a sus requerimientos hídricos, al igual que un desconocimiento de sus coeficientes de cultivo (Kc) en cada una de sus etapas fenológicas, coeficientes utilizados en la determinación de sus requerimientos de riego, y la calendarización de esta práctica para determinar el cuándo y el cuánto regar, (Barrera *et al.* 2009).

Algunas investigaciones han establecido que la vainilla al mismo tiempo de sobreexplotada ha sido subutilizada. Las poblaciones silvestres han sido diezgadas a través de una colecta excesiva con el propósito de establecer plantaciones hasta el punto de que la especie está en severo peligro de extinción. Además de que no se ha apoyado la diversificación y el fomento de la producción de este cultivo, pues sólo se produce cerca del 1% de la producción mundial y no se ha sabido aprovechar nuestras ventajas sobre otros países además de la diversidad genética de la especie para hacer fitomejoramiento (UAEM, 2015).

El sistema de producción en naranjo ocupa el 44% de los vainillales en la Región del Totonacapan, lo que arroja un rendimiento promedio de 1.2 ton ha⁻¹; mientras que el sistema de producción bajo malla sombra, con acceso a insumos externos y capital de inversión, produce un rendimiento promedio de 435 kg ha⁻¹, esto ocupa para el año 2007, sólo el 4% de los vainillales. Este último sistema de producción aún no se ha consolidado entre los productores de la región y por lo tanto requiere mayor trabajo para su caracterización (Barrera, *et al.* 2009).

Los productores vainilleros 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), aun cuando en la región se registran precipitaciones medias

anuales por encima de los 1 200 mm, con características climáticas cálido húmedas y cálido sub-húmedas (Barrera, *et al.* 2009).

No obstante, cambios climáticos registrados en la región durante los últimos años han provocado la caída del fruto antes de su maduración (Mata *et al.* 2007). Ante ello, resulta primordial destacar la importancia de la incorporación de sistemas de riego al cultivo que minimicen los efectos negativos de los cambios climáticos (sequía y el incremento de las temperaturas, principalmente) y que den respuesta al cuándo y cuánto regar conforme a las demandas específicas de agua en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Otro factor importante a considerar para la introducción de sistemas de riego es la condición socioeconómica de los productores vainilleros de la región. Alconero *et al.* 1973, establecieron que el suministro de agua mediante el riego determina el alto grado de vigor, sanidad y productividad de las plantas de vainilla. La introducción de los sistemas de riego se plantea como una opción que favorecerá el rendimiento de los vainillales, particularmente aquellos establecidos en los sistemas de producción en naranjo y bajo malla sombra.

Por su parte, Hernández, *et al.* 2016 encontraron, al modelar la distribución de *V. planifolia* en Oaxaca, México, a partir de ejemplares de herbarios, dos zonas potenciales de producción de esta orquídeacea; la primera, que se distribuye en el noreste del estado al formar un área continua del municipio de San José Independencia, Chiquiuitlán, hacia San Felipe Usila, y se extiende hasta la Región del Istmo, y donde la calidad del hábitat para la especie es de alta a moderada, el régimen de humedad es údico tipo I (330 a 365 días), con condiciones templadas húmedas, clima tipo (Am) y precipitación anual de 2 500 a 4 000 mm.

El presente estudio se realizó con el propósito de caracterizar y determinar la aptitud hidroclimatológica de las regiones de la Huasteca Potosina, del Totonacapan, Veracruz y en la Región Noreste del estado de Oaxaca, México, para el cultivo de vainilla (*Vanilla planifolia* A.), al cuantificarse sus requerimientos hídricos a través de la identificación y el manejo óptimo de variables climáticas, edáficas y productivas del cultivo.

Materiales y Métodos

Los vainillales de la Huasteca Potosina tienen una superficie promedio de 3,000 m². Están distribuidos a elevaciones que van de los 61 a 678 m, donde predominan los climas del tipo semicálido (A) C (m) (w). La precipitación oscila entre 1,540 y 2,740 mm anuales con una temperatura media anual que va de los 22 a los 25 °C. Los municipios con mayor superficie con potencial para el establecimiento del cultivo son Tamazunchale (39%) y Matlapa (12%), pues aportan poco más del 50% de la superficie total, misma que se estima es de alrededor de 710 km² (Reyes *et al.* 2018), (Figura 1).

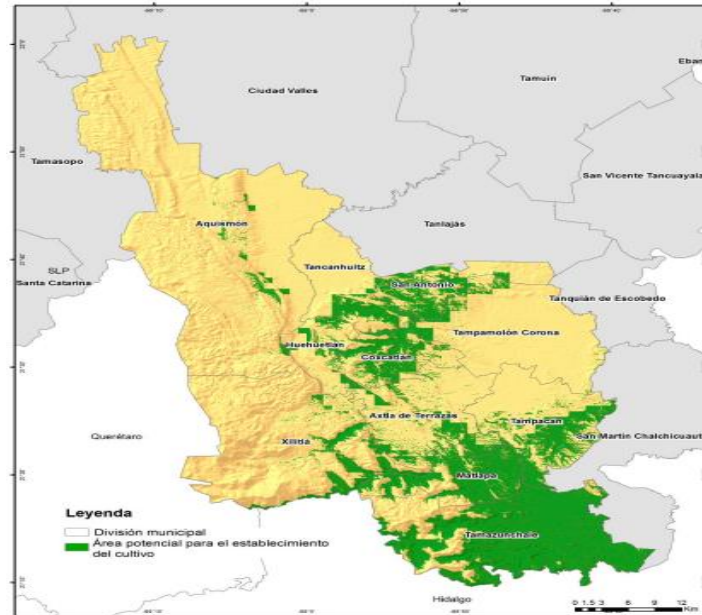


Figura 1. Área potencial para el establecimiento del cultivo de vainilla en la Región de la Huasteca Potosina (Reyes *et al*, 2018)

La Región del Totonacapan, comprende alrededor de 7 551 km², compartida por 38 municipios que cultivan vainilla de los cuales 19 pertenecen al estado de Veracruz y 19 al estado de Puebla (Barrera *et al*, 2009). La Región del Totonacapan, comprende 15 municipios del estado de Veracruz, con una superficie aproximada de 4 281 km², que corresponde al 6.0% de la superficie total del estado de Veracruz, lo que la convierte en la quinta más poblada de la entidad. (Gobierno del estado de Veracruz, 2020), Figura 2.

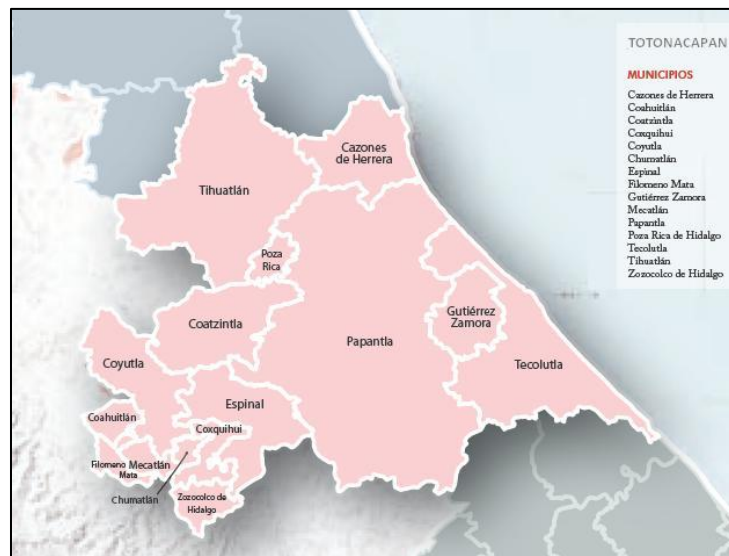


Figura 2. Ubicación y municipios de la Región del Totonacapan, Veracruz. (Gobierno del estado de Veracruz, 2020).

Aun cuando se identifican en la Región del Totonacapan, los cuatro sistemas de producción de vainilla antes mencionados, para los propósitos del presente estudio, se

descarta el sistema de producción bajo malla sombra (algunos autores mencionan hasta un 50% de sombreado) ya que para el mismo se requeriría disponer de datos climatológicos en estas condiciones específicas, mientras que para los tradicionales en acahual, bajo sombra de pichoco (*Eritrina sp.*), y en naranjo (*Citrus sinensis*, L.), es posible utilizar los datos climatológicos proporcionados por las estaciones de la región.

La distribución espacial de *V. planifolia*, reportada por Hernández, *et al*, 2016 se muestra en la Figura 3.

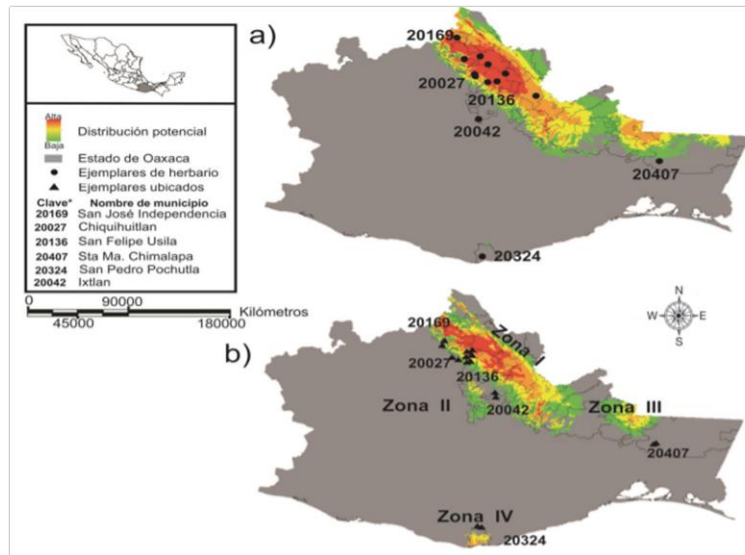


Figura 3. Distribución potencial de *V. planifolia* en el Estado de Oaxaca, determinada a través del modelado de máxima entropía. Fuente: Hernández, *et al.* 2016.

En la misma se puede observar que la vainilla se distribuye en el noreste del estado abarcando partes de los municipios de San José Independencia, de Chiquiuitlán, San Felipe Usila, y se extiende hasta la Región del Istmo, donde la calidad del hábitat para la especie es de alta a moderada, el régimen de humedad es údico tipo I (330 a 365 días), con condiciones templadas húmedas, clima tipo (Am) y precipitación anual de 2 500 a 4 000 mm.

Dada la naturaleza del presente estudio y a la indisponibilidad de datos e información climatológica para la mayoría de los municipios que abarca la región de estudio, el mismo se enfocó a caracterizar las necesidades hídricas y los requerimientos de riego de la vainilla en el área de influencia de las regiones de la Huasteca Potosina, del Totonacapan y de la Región del Noreste del estado de Oaxaca, al ubicarse estaciones climatológicas y agroclimatológicas en aquellas regiones con disponibilidad de datos climatológicos –ya sea del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a través de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) o 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 tal forma que en la Región del Totonacapan, se incluyó y concentró información climatológica histórica de estaciones localizadas en los municipios de Tamazunchale y Matlapa en el estado de San Luis Potosí, y en los municipios de Gutiérrez Zamora, Papantla, Temapache y Tlapacoyan, en el estado de

Veracruz; mientras que para la Región del Noreste del estado de Oaxaca, se incluyó y concentró información climatológica de estaciones localizadas en los municipios de San Juan Bautista Tuxtepec, de San Felipe Usila y de la estación del SMN denominada Papaloapan.

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 variables; temperatura (máxima, mínima y media), precipitación (normal), y evaporación total, se dispuso de registros completos para dos de los cuatro municipios seleccionados de la Región del Totonacapan, a excepción de Gutiérrez Zamora y de Tlapacoyan, para los cuales se utilizó información de las estaciones climatológicas de Tecolutla y de Martínez de la Torre (DGE), separadas las primeras a una distancia de 11.1 km y a 22.1 km las segundas, todas dentro de la región vainillera del Totonacapan, Veracruz. De la Región Noreste de Oaxaca, se utilizó preponderantemente información climatológica de las estaciones Papaloapan y San Juan Bautista Tuxtepec, cuyos registros históricos están más completos.

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. Aun cuando los registros disponibles de la Red están incompletos y no actualizados para la mayoría de las estaciones climatológicas seleccionadas.

Se utilizó información climatológica de ambas fuentes 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, principalmente de aquellos requeridos por el método de 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 al considerar $2 \cdot t_m$ una estimación de la evapotranspiración). Para su representación, en el eje X se colocan los doce meses del año y en un doble eje Y se coloca en un lado las precipitaciones medias mensuales (en mm) y en el otro las temperaturas medias mensuales (en °C). Se debe considerar que la escala de precipitaciones debe ser el doble que la de temperaturas. Esto es, por cada °C en temperatura se toma un par de mm en precipitación. Así a un valor de 20 °C le corresponde en la misma línea el valor de 40 mm. Si $P \leq 2 \cdot t_m$ la curva de precipitaciones estará por debajo de la curva de temperaturas y el área comprendida entre las dos curvas indicará la duración e intensidad del período de sequía (Almorox, 2010).

En la elaboración de los balances hidrológicos y los diagramas ombrotérmicos, se utilizaron las variables precipitación y evapotranspiración para los primeros y de precipitación y temperatura para los segundos. Los mismos muestran gráficamente, aquellos períodos en el año, en los que teóricamente se dispone de agua (o humedad) en forma natural, para el desarrollo de los cultivos y de igual forma, aquellos meses en

los que también teóricamente, la disponibilidad de agua o humedad natural sería limitativa para el desarrollo de los cultivos.

A partir de los diagramas ombrotérmicos, se estimaron los índices de aridez de Martonne, de Dantin-Revenga y de Gausson.

En la estimación de las necesidades hídricas y de los requerimientos de riego de la vainilla para cada una de las regiones de estudio ya dentro de la Región del Totonacapan, o de la Región Noreste del estado de Oaxaca, como se mencionó anteriormente, se utilizó el método de estimación de Penman-Monteith.

El método de Penman-Monteith (López, A. J.E., 2007), es el método estándar dentro de los métodos combinados para estimar la evapotranspiración (ET) del cultivo de referencia. La mayoría de los métodos combinados presentan algunas similitudes que dependen del tipo de cultivo y de la localización de la estación climatológica o agrometeorológica. El método de Penman-Monteith utiliza términos como la resistencia aerodinámica del follaje para relacionar la altura de los instrumentos de medición en la estación con la altura del cultivo y la resistencia estomática a la transpiración mínima que depende del tipo de cultivo y de su altura.

El nuevo método supera las limitaciones del método anterior de Penman de la FAO y produce valores que son más consistentes con datos reales del uso de agua de los cultivos obtenidos mundialmente. Además, se han desarrollado procedimientos y recomendaciones para el método de la FAO Penman-Monteith con datos climáticos limitados, de tal manera que se elimina la necesidad de utilizar otros métodos para la estimación de la evapotranspiración y se crea una base consistente y transparente para una estandarización universal de los cálculos de los requerimientos de agua de los cultivos, (Allen, *et al*, 2006).

De la misma forma, y también en lo que respecta a la estimación de requerimientos hídricos de los cultivos, es posible utilizar la variable climatológica radiación solar, sea esta radiación global o total y a la radiación neta. En este estudio, también se aborda y ejemplifica la caracterización del requerimiento hídrico de la vainilla a partir de datos de radiación neta, a partir estos últimos de la radiación global registrada el día 11 de abril de 2009 en la estación climatológica de Papantla, Veracruz.

Resultados y Discusión

Balance hidrológico, diagramas ombrotérmicos e índices de aridez.

Conforme a los registros históricos disponibles de normales climatológicas regionales (1951-2010), Cuadro 1, la Región de la Huasteca Potosina presenta una temperatura media de 24.70 °C, una precipitación de 1 379.80 mm y una evaporación total de 1 311.00 mm, con un superávit hídrico de 68.80 mm, (Cuadro 1). El balance hidrológico para la región muestra un período de déficit hídrico que se extiende desde enero hasta mayo, y durante los meses de noviembre y diciembre; por su parte el diagrama ombrotérmico no muestra déficit hídrico, (Figuras 4 y 5). En lo que respecta a los índices de aridez el índice

de Martonne caracteriza a la región como no árida, el índice de Dantin-Revenga indica que se trata de una región húmeda y el índice de Gausson señala a los meses de diciembre, enero, febrero y marzo como meses secos ya que, en los mismos, la precipitación mensual es menor que el doble de la temperatura, también mensual, (Cuadro 2 y Figura 6).

Cuadro 1. Normales climatológicas de la Región de la Huasteca Potosina. Período 1951-2010.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	SUMAS Y MEDIAS
Temperatura máxima	24.60	26.60	29.80	32.80	34.70	35.10	34.00	34.60	32.75	30.65	27.75	24.70	30.67
Máxima mensual	27.80	30.95	33.95	36.60	39.30	39.85	38.70	37.95	36.45	32.60	32.10	27.60	34.49
Temperatura media	18.90	20.30	23.25	26.05	28.50	28.95	28.10	28.35	27.20	25.10	22.35	19.30	24.70
Temperatura mínima	13.15	14.05	16.75	19.35	22.25	22.75	22.30	22.10	21.65	19.50	16.95	13.90	18.73
Mínima mensual	9.80	11.50	13.40	14.45	19.65	20.15	19.30	16.25	18.65	15.85	14.15	10.75	15.33
Precipitación	32.45	35.65	38.00	64.60	104.40	177.60	196.85	194.70	275.60	162.85	65.85	31.25	1 379.80
Evaporación	62.00	73.60	110.60	134.80	159.00	151.30	139.60	143.10	118.10	95.10	67.70	56.10	1 311.00

Fuente: Elaboración propia con datos del SMN-EMA. 2023

Cuadro 2. Índices de aridez de la Región de la Huasteca Potosina.

Índices de aridez:

Martonne: 39.77

Más de 20: no áridos

Entre 5 y 20: áridos

Menos de 5: muy áridos

Dantín-Revenga: 1.79

Menos de 2: húmedo

Entre 2 y tres: semiárida

Entre 3 y 6: árida

Más de 6: subdesértica

Gausson:

Mes seco cuando precipitaciones son menos que el doble de las temperaturas

Elaboración propia a partir de datos del SMN-EMA. 2023.

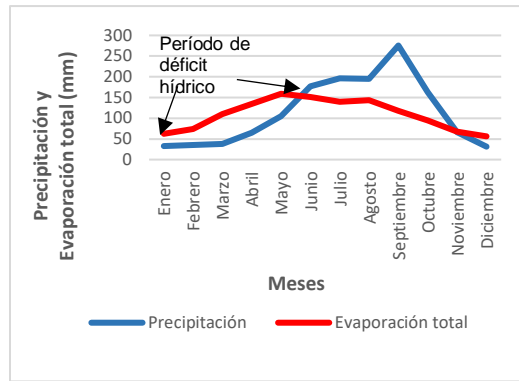


Figura 4. Balance hidrológico de la Región de la Huasteca Potosina. Período 1951-2010. Elaboración propia a partir de datos del SMN-EMA. 2023

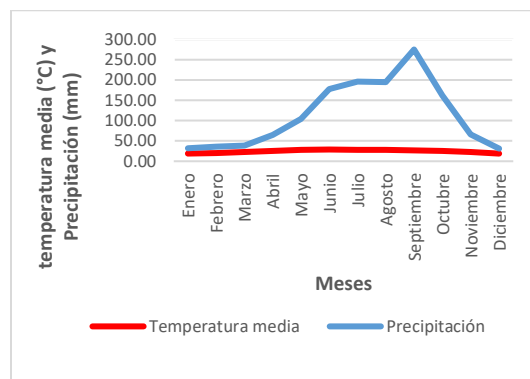


Figura 5. Balance ombrotérmico de la Región de la Huasteca Potosina. Período 1951-2010. Elaboración propia a partir de datos del SMN-EMA. 2023

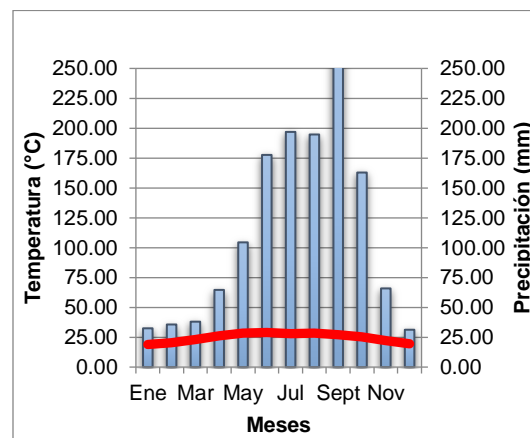


Figura 6. Diagrama ombrotérmico de la Región de la Huasteca Potosina. Período 1951-2010. Elaboración propia a partir de datos del SMN-EMA. 2023

De acuerdo a los registros históricos disponibles de normales climatológicas regionales (1951-2010), la Región del Totonacapan presenta una temperatura media de 25.61 °C, una precipitación de 1 341.08 mm y una evaporación total de 1 257.98 mm, con un superávit hídrico de 83.10 mm. El balance hidrológico para la región muestra un período de déficit hídrico que se extiende desde enero a julio, por su parte el diagrama ombrotérmico no muestra déficit hídrico. En lo que respecta a los índices de aridez el

índice de Martonne caracteriza a la región como no árida, el índice de Dantin-Revenga indica que se trata de una región húmeda y el índice de Gausson señala únicamente al mes de marzo como seco ya que, en el mismo, la precipitación mensual es menor que el doble de la temperatura, también mensual.

De la misma forma registros históricos disponibles de normales climatológicas regionales (1951-2010), la Región del Noreste de Oaxaca presenta una temperatura media de 25.88 °C, una precipitación de 2 178.80 mm y una evaporación total de 1 089.30 mm, con un superávit hídrico de 1,089.50 mm. El balance hidrológico para la región muestra un período de déficit hídrico que se extiende desde enero a mayo, por su parte el diagrama ombrotérmico muestra déficit hídrico en los meses de diciembre, febrero, marzo y abril. En lo que respecta a los índices de aridez el índice de Martonne caracteriza a la región como no árida, el índice de Dantin-Revenga indica que se trata de una región húmeda y el índice de Gausson señala a los meses de diciembre, febrero, marzo y abril como meses secos ya que, en los mismos, la precipitación mensual es menor que el doble de la temperatura, también mensual.

Estimación de las necesidades hídricas y de requerimientos de riego.

Método de Penman-Monteith

Conforme al método de Penman-Monteith, las necesidades hídricas de la vainilla para la Región de la Huasteca Potosina, son del orden de los 919.10 mm, (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cálculo de la evapotranspiración potencial (necesidades hídricas) de la vainilla por el método de Penman-Monteith, para la Región de la Huasteca Potosina.

Mes	No. de días del ciclo	Ajuste por Temperatura	Radiación neta (Rn) (cal/cm ² día)	Calor latente de vaporización (L) (cal/g)	Ajuste por Humedad	Temperatura promedio (T) (°C)	Velocidad del viento (u ₂) (m/s)	Déficit de presión de vapor (e _s - e _a) (mb)	ET _o (mm/día)	ET _o para mes completo (mm/mes)	Kc	ET _p para ciclo vegetativo (mm/mes)
Ene	31	0.675	161.50	585.40	0.24	18.90	1.04	2.25	2.00	62.00	0.65	40.30
Feb	28	0.659	241.40	584.60	0.23	20.30	1.44	2.81	3.00	84.00	0.67	56.30
Mar	31	0.656	261.10	583.10	0.22	23.30	1.69	5.04	3.50	108.50	0.69	74.90
Abr	30	0.671	310.20	581.70	0.22	26.10	1.57	6.90	4.30	129.00	0.70	90.30
May	31	0.667	323.30	580.50	0.21	28.50	1.81	8.48	4.70	145.70	0.71	103.40
Jun	30	0.657	344.50	580.30	0.20	28.90	2.07	10.23	5.20	156.00	0.72	112.30
Jul	31	0.682	323.90	580.60	0.21	28.20	1.48	7.90	4.60	142.60	0.72	102.70
Ago	31	0.681	306.00	580.50	0.21	28.40	1.51	7.14	4.30	133.30	0.71	94.60
Sep	30	0.695	288.60	581.10	0.22	27.20	1.15	6.25	3.90	117.00	0.70	81.90
Oct	31	0.679	233.50	582.20	0.22	25.10	1.34	8.64	3.50	108.50	0.68	73.80
Nov	30	0.689	190.00	583.60	0.23	22.40	1.00	4.23	2.50	75.00	0.67	50.30
Dic	31	0.686	147.30	585.20	0.24	19.30	0.87	2.73	1.90	58.90	0.65	38.30
			3 131.30			24.72	1.41		43.40	1 320.50		919.10

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, los requerimientos de riego, también por el método de Penman-Monteith son del orden de los 262.90 mm, éstos últimos también para la Región de la Huasteca Potosina, (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cálculo de los requerimientos de riego de la vainilla, en mm, por el método de Penman-Monteith para la Región de la Huasteca Potosina.

Mes	RH (mm/mes)	P (mm/mes)	Pe (mm/mes)	RR (mm/mes)
Ene	40.30	32.50	17.90	22.40
Feb	56.30	35.70	20.30	36.00
Mar	74.90	38.00	22.40	52.50
Abr	90.30	64.60	37.60	52.70
May	103.40	104.40	59.00	44.40
Jun	112.30	177.60	95.00	17.30
Jul	102.70	196.90	101.50	1.20
Ago	94.60	194.70	98.80	0.00
Sep	81.90	275.60	128.90	0.00
Oct	73.80	162.90	81.10	0.00
Nov	50.30	65.90	35.00	15.30
Dic	38.30	31.30	17.20	21.10
	919.10	1 380.10	714.70	262.90

Fuente: Elaboración propia.

RH = Requerimiento Hídrico

P = Precipitación promedio mensual

PE = Precipitación efectiva

RR = Requerimiento de Riego

De acuerdo al método de Penman-Monteith, las necesidades hídricas de la vainilla para la Región del Totonacapan, Veracruz, son del orden de los 958.00 mm. Por su parte, los requerimientos de riego, también por el método de Penman-Monteith son del orden de los 382.10 mm, éstos últimos también para la Región del Totonacapan, Veracruz. También de acuerdo al método de Penman-Monteith, las necesidades hídricas de la vainilla para la Región del Noreste de Oaxaca, son del orden de los 1,009.50 mm. Por su parte, los requerimientos de riego, también por el método de Penman-Monteith son del orden de los 308.30 mm, éstos últimos también para la Región del Noreste de Oaxaca.

Como se había mencionado anteriormente, algunos investigadores utilizan datos de radiación global en W/m^2 para calcular o estimar los requerimientos de riego de los cultivos. A manera de ejemplo se muestra en la (Figura 13), la radiación global registrada el día 11 de abril de 2009 en la estación climatológica de Papantla, Veracruz.

Datos climáticos en la estación Papantla, Veracruz

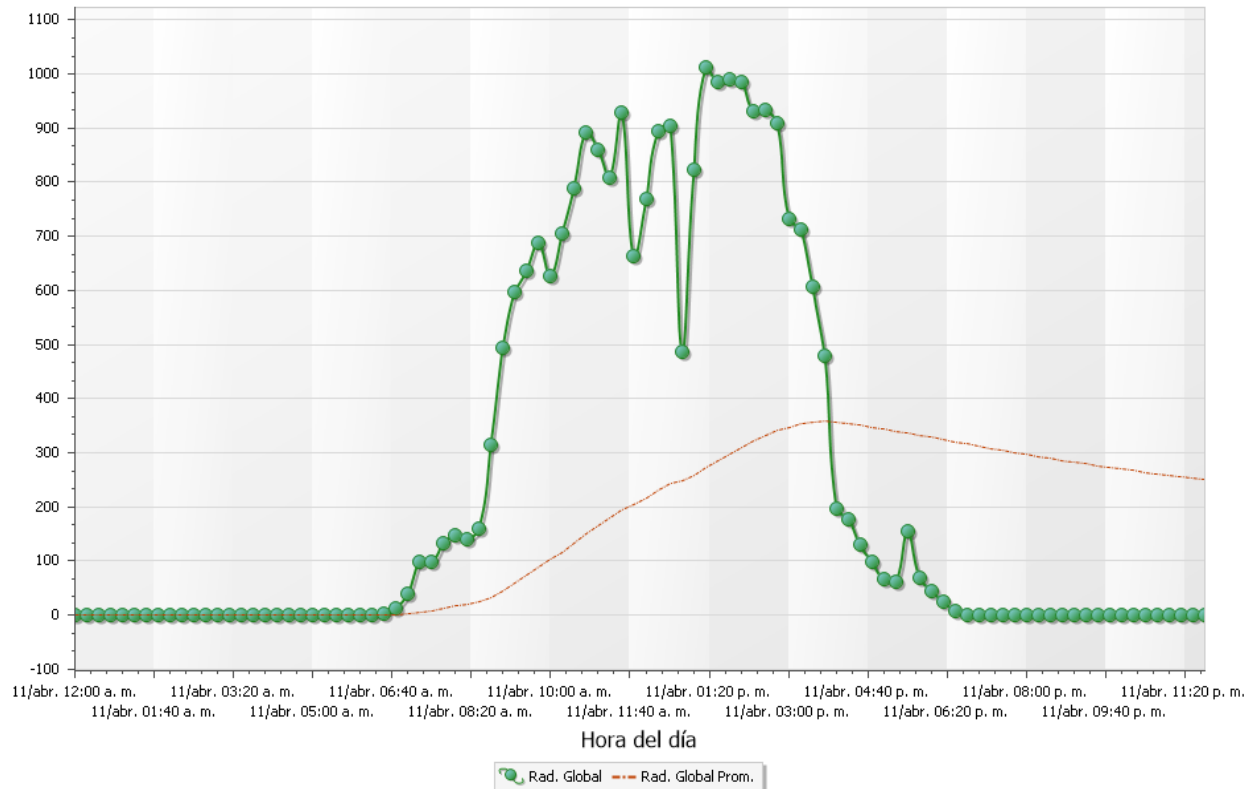


Figura 13. Radiación global en W/m^2 el día 11 de abril de 2009 en la estación climatológica Papantla, Veracruz.

La energía que alcanza la región cada período de una hora del día ($J\ cm^{-2}$), es el producto de la radiación solar global (W/m^2) por la constante de conversión 0.36. Así, se calcula o estima el número de riegos por hora, al dividir la energía entre $100\ J/cm^2$, resultando:

Cuadro 5. Número de riegos por hora para el cultivo de vainilla, conforme la radiación solar global en la Región del Totonacapan, Veracruz.

Hora	Radiación global (W/m ²)	Energía (Joules/m ²)	Número de riegos	Número de riegos por hora
6:45:00	12,70	4,57	0,05	
7:00:00	40,50	14,58	0,15	
7:15:00	97,20	34,99	0,35	
7:30:00	97,20	34,99	0,35	
7:45:00	132,40	47,66	0,48	1,32
8:00:00	147,00	52,92	0,53	
8:15:00	140,20	50,47	0,50	
8:30:00	160,70	57,85	0,58	
8:45:00	315,50	113,58	1,14	2,75
9:00:00	492,80	177,41	1,77	
9:15:00	596,30	214,67	2,15	
9:30:00	636,90	229,28	2,29	
9:45:00	688,60	247,90	2,48	8,69
10:00:00	626,10	225,40	2,25	
10:15:00	705,70	254,05	2,54	
10:30:00	789,30	284,15	2,84	
10:45:00	891,80	321,05	3,21	10,85
11:00:00	860,60	309,82	3,10	
11:15:00	807,80	290,81	2,91	
11:30:00	929,90	334,76	3,35	
11:45:00	663,20	238,75	2,39	11,74
12:00:00	768,70	276,73	2,77	
12:15:00	895,20	322,27	3,22	
12:30:00	905,00	325,80	3,26	
12:45:00	486,90	175,28	1,75	11,00
13:00:00	822,50	296,10	2,96	
13:15:00	1012,50	364,50	3,65	
13:30:00	986,60	355,18	3,55	
13:45:00	991,50	356,94	3,57	13,73
14:00:00	986,60	355,18	3,55	
14:15:00	930,40	334,94	3,35	
14:30:00	933,80	336,17	3,36	
14:45:00	908,40	327,02	3,27	13,53
15:00:00	732,60	263,74	2,64	
15:15:00	712,60	256,54	2,57	



Hora	Radiación global (W/m ²)	Energía (Joules/m ²)	Número de riegos	Número de riegos por hora
15:30:00	607,10	218,56	2,19	
15:45:00	480,10	172,84	1,73	9,12
16:00:00	195,90	70,52	0,71	
16:15:00	177,80	64,01	0,64	
16:30:00	129,40	46,58	0,47	
16:45:00	98,20	35,35	0,35	2,16
17:00:00	66,40	23,90	0,24	
17:15:00	62,50	22,50	0,23	
17:30:00	155,30	55,91	0,56	
17:45:00	68,90	24,80	0,25	1,27
18:00:00	44,00	15,84	0,16	
18:15:00	24,90	8,96	0,09	
18:30:00	8,30	2,99	0,03	
18:45:00	0,50	0,18	0,00	0,28
19:00:00	0,00	0,00	0,00	
19:15:00	0,00	0,00	0,00	
19:30:00	0,00	0,00	0,00	
19:45:00	0,00	0,00	0,00	
20:00:00	0,00	0,00	0,00	
20:15:00	0,00	0,00	0,00	
20:30:00	0,00	0,00	0,00	
20:45:00	0,00	0,00	0,00	
21:00:00	0,00	0,00	0,00	
21:15:00	0,00	0,00	0,00	
21:30:00	0,00	0,00	0,00	
21:45:00	0,00	0,00	0,00	
22:00:00	0,00	0,00	0,00	
22:15:00	0,00	0,00	0,00	
22:30:00	0,00	0,00	0,00	
22:45:00	0,00	0,00	0,00	
23:00:00	0,00	0,00	0,00	
23:15:00	0,00	0,00	0,00	
23:30:00	0,00	0,00	0,00	
23:45:00	0,00	0,00	0,00	
0:00:00	0,00	0,00	0,00	
Total	24 025,00	8 649,00	86,49	

Fuente: Elaboración propia

Aun cuando en la revisión bibliográfica realizada no se reportan datos sobre necesidades hídricas o requerimientos de riego para el cultivo estudiado, es posible realizar una estimación de los mismos, siguiendo los procedimientos y los métodos abordados en el presente estudio.

En general, y conforme a la descripción botánica de la vainilla, a los diferentes hábitos de esta orquídea y a sus también diferentes patrones de cultivo, ya como cultivo solo, asociado a cítricos (naranja), a acahuales, o en condiciones silvestres, tanto sus necesidades hídricas como sus requerimientos de riego, resultan similares para las tres regiones estudiadas

Agradecimiento

Al M.C. Jesús Enrique López Avendaño, Profesor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, por facilitar la hoja de cálculo utilizada en la estimación de las necesidades hídricas y los requerimientos de riego de los cultivos por el método de Penman-Monteith.

Conclusiones

En función de las condiciones hidroclimáticas de las tres regiones en estudio, y a las necesidades hídricas y a los requerimientos de riego de *V. planifolia*; se concluye que, las tres regiones presentan condiciones similares y aptitudes hidroclimáticas para el cultivo de vainilla, resaltando, la importancia económica, social y cultural que representa la *V. planifolia* en la Región del Totonacapan, Veracruz.

Se debe repetir el estudio con información climatológica actualizada y establecer lotes demostrativos y de validación de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en la Región Noreste del Estado de Oaxaca, además de validar la aptitud hidroclimática, agrológica y edafológica de la Región Noreste del Estado de Oaxaca

Referencias Bibliográficas

- Allen, R.G., Pereira, S.L., Raes, D. y Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje No. 56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- 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 Disponible en: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia->

[aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/clasificacionesclimaticas.](#)
Consultada el 30 de junio de 2017.

- Barrera, R. A., Herrera, C.B.E., Jaramillo, V.J.L., Escobedo, G.S., Bustamante, G.A. 2009. Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* A.) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 10 (2009): 199-212.
- Gobierno del estado de Veracruz 2020. Estudios Regionales para la Planeación. Edición 2020. Región Totonaca. Secretaría de Finanzas y Planeación. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Planeación y Evaluación. http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2020/12/SEFIPLAN-2020-EstudioRegionalPlaneaci%C3%B3n_Totonaca.pdf
- Hernández, R.J., Herrera, C.B.E., Delgado, A.A., Salazar, R. V.M., Bustamante, G.A. y Campos, C. J.E. 2016. Distribución potencial y características geográficas de poblaciones silvestres de *Vanilla planifolia*(*Orchidaceae*) en Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical* [online]. 2016, vol.64, n.1, pp.235-246. ISSN 0034-7744. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i1.17854>. Consultada el 17 de febrero de 2023.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. 2017. Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos. Red Nacional de Estaciones Automatizadas. Veracruz. Disponible en <http://clima.inifap.gob.mx/Inmysr/Estaciones/MapaEstaciones>. Consultada el 15 de julio de 2017.
- López, A. J.E. 2007. Unidad III Necesidades hídricas de los cultivos. Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía. p50-55. <https://calificaciones.weebly.com/uploads/1/0/6/5/10652/penman.pdf>. Consultado el 13 de enero de 2023.
- 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.
- Reyes H. H., Trinidad G. K. L. y Herrera C. B. E. 2018. Caracterización de los vainillales y área potencial para su cultivo en la Huasteca Potosina. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. Vol. XX, Número 3. Universidad de Sonora. México.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2017. Información climatológica. Normales climatológicas por estado. Veracruz. Disponible en <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=ver>. Consultada el 17 de julio de 2017.

Servicio Meteorológico Nacional. 2017. Información climatológica. Normales climatológicas por estado. Oaxaca. Disponible en <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=oax>. Consultada el 7 de febrero de 2022.

Servicio Meteorológico Nacional. 2023. Información climatológica. Normales climatológicas por estado. San Luis Potosí. Disponible en <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=slp>. Consultada el 2 de febrero de 2023.

UAEM. 2015. Cultivo de vainilla (*Vanilla planifolia* Jackson). Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario El Cerrillo.