

“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ZONIFICACIÓN DE PITAHAYA (*Hylocereus spp.*) EN PUEBLA”

Velázquez Juárez Yolanda¹, Ortiz Solorio Carlos Alberto¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, Méx.

E-mail: yolanda.velazquez@colpos.mx, ortiz@colpos.mx

RESUMEN

En este trabajo se utilizó la metodología de índices térmicos y datos de precipitación para determinar las áreas potenciales del cultivo de pitahaya en el estado de Puebla. Además, con el software Arc GIS 9.3, se desarrolló un modelo geoespacial automatizado con lenguaje de programación Visual Basic, para el procesamiento de la información de tipo vectorial y ráster. Se analizaron 138 estaciones normales del estado para el período (1951-2010), con las variables climáticas (temperatura máxima, mínima y precipitación) y geográficas (latitud, longitud, altitud), donde cada estación fue calificada por el modelo a través de un índice térmico mensual, con referencia a una estación productora. Se obtuvieron mapas para cada variable por el método de interpolación IDW de acuerdo con los requerimientos del cultivo (índice térmico, precipitación y altitud), mediante algebra de mapas se definieron las áreas potenciales estableciendo niveles de aptitud (Apta, Condicionada, Restringida, No apta). Las mejores condiciones para el establecimiento del cultivo de pitahaya de acuerdo con su nivel de aptitud se concentran en 19 municipios cercanos al estado de Oaxaca y en el Valle de Tehuacán, representando el 4.2% (145, 320 ha) de la superficie total del estado.

Palabras clave: Pitahaya (*Hylocereus spp.*), Índices térmicos, Model Builder.

1. INTRODUCCIÓN

La pitahaya pertenece al género *Hylocereus* que comprende alrededor de 27 especies de la familia de las cactáceas y es originaria del continente Americano. Se caracteriza por ser un cactus suculento, epífita, con tallos largos y delgados, con fruto globoso y de cáscara en colores roja o rosa (Castillo, 1995). Su distribución está restringida por las características climáticas, orográficas y ecológicas en la franja latitudinal de 25° L.N. y 10° L.S., siendo Latinoamérica la zona más propicia para su desarrollo (Sotelo *et al.*, 2005), y el mayor número de especies se concentra en México (12), Colombia (8), Guatemala y Panamá (6). En México, la pitahaya se distribuye en las selvas alta y baja perennifolia, así como en algunas zonas

semiáridas, a nivel de producción comercial o en los traspatios familiares como ornato o cercas vivas (Ortiz, 2000). La producción anual en México de acuerdo con el Servicio de Información Agropecuario y Pesquero (SIAP), en 2011 fue de 2,155.3 ton, concentrándose principalmente en los estados de Yucatán con 1,810.5 ton, Quintana Roo con 280.50 ton y Puebla con 57.2 ton, en los dos últimos, la producción se realiza con un nivel de inversión bajo de acuerdo con lo reportado por Bárcenas *et al.*, (2002). La parte de interés comercial en la pitahaya es el fruto, por sus niveles nutrimentales, particularmente en sodio (52-138 mg) y potasio (de 171 a 273 mg) por cada 100 gramos, su consumo es en fresco o en bebidas, en la industria se usa para la elaboración de jugos, jaleas, cervezas y vino, sin embargo, otras partes de la planta pueden ser destinadas como forraje, en la industria farmacéutica, colorantes y con fines medicinales. La producción en Puebla se concentra en 10 municipios, siendo solo 4 los que tienen la mayor superficie sembrada y cosechada, entre estos se encuentra por orden de importancia: Huiltiltepec (10 ton), Yehualtepec (9 ton), Coxcatlán (7.5 ton) y Xochitlán Todos Santos (7 ton) del total reportado. Sin embargo, en comparación con los principales productores del país, el cultivo en el estado no ha tenido gran auge en su distribución, a pesar de tener hallazgos de especies endémicas de este en la zona de Tehuacán.

De tal forma que existe un potencial tanto genético como de las condiciones climáticas en el estado que permitirían el establecimiento de la pitahaya, por su adaptabilidad a diversos climas y requerimientos de agua, así como por el incremento de su demanda en el mercado internacional, su alta rentabilidad y la necesidad de contar con cultivos alternativos, hacen que este cultivo pueda ser una opción para el desarrollo de zonas en condiciones económicas no favorables (Castillo, 2006).

Por otra parte, el uso de los sistemas de información geográfica para la zonificación de cultivos, tiene ventajas en la síntesis geográfica, relacionando distintas variables climáticas (temperatura, precipitación), a través de procedimientos matemáticos y estadísticos, lo cual permite identificar cambios en diferentes períodos de tiempo y utilizar información actualizada a diversas escalas y niveles de precisión, reduciendo el tiempo en la elaboración de este tipo de estudios (Bárcenas, 2002). Bajo este contexto el objetivo de este trabajo fue obtener áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones de pitahaya (*Hylocereus spp.*) mediante el uso de índices térmicos y datos de precipitación en el estado de Puebla.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estado de Puebla se ubica geográficamente en la región centro de la República Mexicana, entre las latitudes 17° 52' y 20° 50' N, y las longitudes 96° 43' y 99° 04' W, con una superficie de 34, 251 km² (Figura 1).

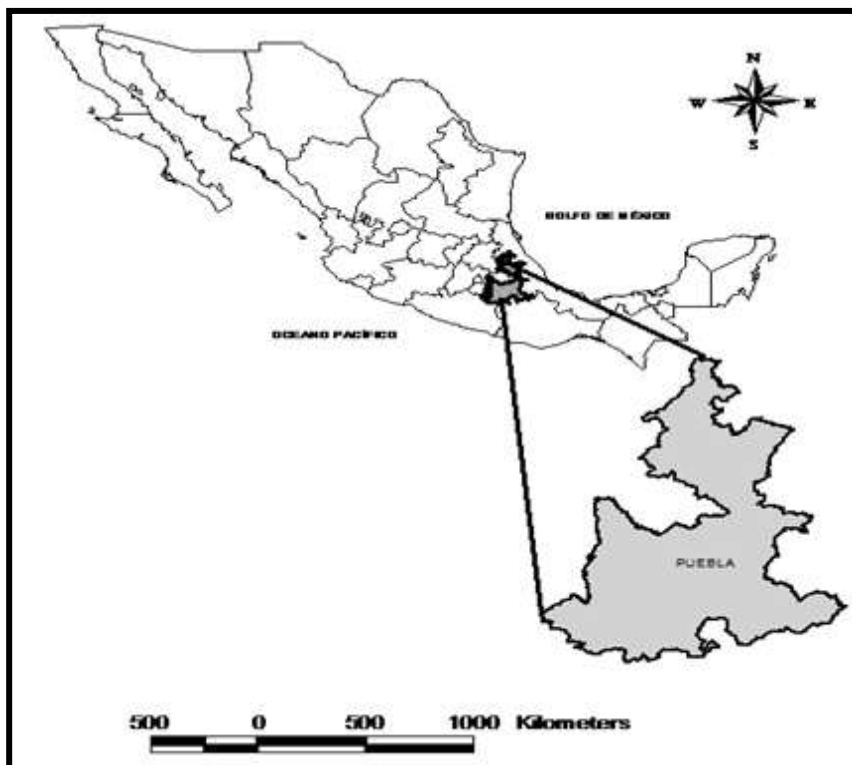


Figura 1. Ubicación geográfica del Estado de Puebla

Para la determinación de las zonas potenciales para el establecimiento de la pitahaya se tomaron como base los trabajos de Neild y Boshell(1976), así como los valores de oscilación de las temperaturas de adaptación de los cultivos propuestas por Doorembos y Kassam (1979), y la adaptación de índices térmicos realizada por Ortiz (2012). Se considerando los requerimientos de temperatura y precipitación óptima mínima del cultivo, disponibles en la base de datos de ECOCROP (2012), en este estudio se incorporó la variable altitud a la metodología de acuerdo con los valores reportados por Castillo y Cáliz (1995), obteniendo los requerimientos del cultivo de acuerdo con trabajos realizados en México y adaptados para la zona de estudio, los cuales se usaron como referencia y se muestran en el Cuadro 1:

Cuadro 1 .Requerimientos climáticos del cultivo de Pitahaya para el Estado de Puebla.

Variable	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Altitud (msnm)
Mínima	18	350	100
Máxima	28	1200	1800

Se analizaron 138 estaciones normales (1951-2010) del estado de Puebla reportadas por el SMN (2012), donde se consideraron las variables de temperatura máxima y mínima mensual, precipitación anual y datos de identificación de cada estación (No., nombre, latitud, longitud, altitud); la información recabada se concentró en una base de datos Excel.

Se definieron rangos de temperaturas máximas y mínimas para obtener los valores de calificación y evaluar cada estación, para ello se diseñó una hoja de cálculo donde se generaron dichos rangos como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rangos de calificación para índices térmicos con base a temperaturas máximas y mínimas para el cultivo de pitahaya.

Tmáx			Calificación	Tmin			Calificación
≥ 36	-----		0	≥ 22	-----		0
34	--	35.9	1	21	--	21.9	1
32	--	33.9	2	20	--	20.9	3
30	--	31.9	4	19	--	19.9	4
27	--	29.9	5	17	--	18.9	5
25	--	26.9	4	16	--	16.9	4
22	--	24.9	3	15	--	15.9	3
19	--	21.9	2	12	--	14.9	2
16	--	18.9	1				
< 16	-----		0	< 12	-----		1

Se obtuvieron los índices térmicos mensuales (Itm) para la estación 21102 Xochitlán Todos Santos como zona productora en el estado, de acuerdo con SIAP (2011), calificando sus temperaturas mensuales de acuerdo al Cuadro 2 para obtener el índice térmico del ciclo (ItCiclo), que resultó con un valor igual a 66, convirtiéndolo en el parámetro de referencia en la determinación de las áreas potenciales, la generación de los índices se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Índices térmicos mensuales y del ciclo para el cultivo de pitahaya en la estación productora de Xochitlán Todos Santos, Puebla.

VARIABLE	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
TMÁX	25.2	26	28	29	29.4	28	27	27.1	26.9	26.5	26.1	25.2
TMIN	5	5.5	6.6	8.2	8.9	10.3	9.5	9.6	9.8	8.7	6.7	5.7
CTMÁX	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
CTMIN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Itm	5	5	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5
ItCiclo	66											

Los índices térmicos para cada estación fueron evaluados de acuerdo con los rangos definidos en el Cuadro 2 y aplicando la fórmula 1:

$$Itm = CTmáx + CTmin \quad (1)$$

Donde CTmáx corresponde a la calificación en el rango de temperatura máxima para cada mes de la estación y CTmin es la calificación en el rango de temperatura mínima del mes correspondiente en la estación seleccionada.

El índice térmico del ciclo se calculó de acuerdo con la duración de la estación de crecimiento del cultivo, que fue de 12 meses según lo reportado por Castillo y Cáliz (1995), aplicando la fórmula 2, que se muestra a continuación:

$$ItCICLO = \sum_{i=1}^{12} It_m \quad (2)$$

Donde ItCiclo corresponde al índice térmico del ciclo en la estación n.

Desarrollo del modelo geoespacial

Se usaron los sistemas de información geográfica (SIG), específicamente el software Arc GIS 9.3 y su módulo "Model Builder", el cual es una herramienta de análisis que crea, edita y maneja modelos gráficos, mediante la automatización de procesos y el uso de conectores entre instrucciones (ESRI, 2012). Las herramientas utilizadas en la construcción del modelo fueron las contenidas en ArcToolbox desde la interfaz del propio programa, las cuales se adaptaron a la metodología.

El proceso se desarrolló considerando los pasos siguientes:

1. Creación de una base de datos

A partir de la información por cada estación normal se seleccionaron las herramientas dentro de la plataforma SIG y se realizó el modelo en la interfaz de Model Builder, para obtener un shape de puntos con información climática (temperatura, precipitación) y geográfica (latitud, longitud, altitud).

2. Calificación por índices térmicos

En el shape de las estaciones se agregaron los campos requeridos para evaluar y calificar de acuerdo al Cuadro 2, para ello se utilizó el lenguaje de Visual Basic (VB) indicando por medio de operaciones lógicas los rangos de calificación en la base de datos del shape y la opción "Field Calculator" en Arc Gis 9.3, con lo cual se obtuvo el ItCiclo correspondiente para cada estación.

3. Manejo de datos vectoriales y ráster

Se realizaron mapas para cada variable considerada (precipitación, índices térmicos y altitud) a partir de la ubicación de cada estación, interpolando los datos mediante el método de Inverso del Cuadrado de la distancia (IDW), efectuando una reclasificación de cada mapa en formato ráster de acuerdo a los requerimientos del cultivo y mediante el uso del sistema decimal (Cuadro 4):

Cuadro 4. Reclasificación de variables mediante codificación decimal

Variable	Condición	
	Apto	No apto
Precipitación	1	0
Índice Térmico	10	0
Altitud	100	0

Finalmente con el álgebra de mapas de las variables utilizadas (precipitación, índices térmicos y altitud) se obtuvieron las zonas potenciales para el establecimiento del cultivo por niveles de aptitud (Apta, Condicionada, Restringida y No apta) de acuerdo con el Cuadro 5:

Cuadro 5. Niveles de aptitud para el cultivo de pitahaya en el estado de Puebla

Nivel de aptitud	Descripción
<i>Apta</i>	Áreas que cumplen todos los requerimientos del cultivo
<i>Condicionada</i>	Áreas que no cumplen al menos una de las variables requeridas por el cultivo
<i>Restringida</i>	Áreas que no cumplen dos de las variable requeridas por el cultivo
<i>No apta</i>	Áreas que no cumplen requerimientos del cultivo

3. CONCLUSIONES

Las áreas con las mejores condiciones para el establecimiento del cultivo de pitahaya de acuerdo con su nivel de aptitud se concentran en la zona de la Mixteca Baja, principalmente en 19 municipios cercanos al estado de Oaxaca y en el Valle de Tehuacán (Cuadro 6), representando el 4.2% (145, 320 ha) de la superficie total del estado en comparación a la superficie sembrada actualmente que es menos del 0.01% (17 ha), los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Bárcenas (2002), quien identificó 14 municipios aptos en el estado de Puebla.

Cuadro 6. Municipios con mayor aptitud para el cultivo de pitahaya en el Estado de Puebla.

Acatlán	Coxcatlán	San Pablo Anicano
Acteopan	Guadalupe	San Pedro Yeloixtlahuaca
Ahuehuetitla	Huaquechula	Tecomatlán
Chietla	Huehuetlán el Grande	Tepexco
Chila de la Sal	Izúcar de Matamoros	Tulcingo
Chinantla	Piaxtla	
Cohuecan	San José Miahuatlán	

Como se muestra en la Figura 2, el Estado de Puebla tiene diferentes niveles de aptitud para la pitahaya, el 3.9% del estado no presenta condiciones aptas para el cultivo, principalmente en la parte Norte ya que se no cumplen los requerimientos mínimos para su desarrollo, en este caso, presenta altas precipitaciones, temperaturas bajas y una altitud superior a los 1800 msnm.

En un 91.9 % de la superficie tiene una aptitud condicionada por el exceso o baja precipitación anual, así como la variación de las temperaturas y posibles heladas, que aunque el cultivo pudiera adaptarse en las primeras etapas de desarrollo su crecimiento se vería limitado y el rendimiento se reduciría considerablemente.

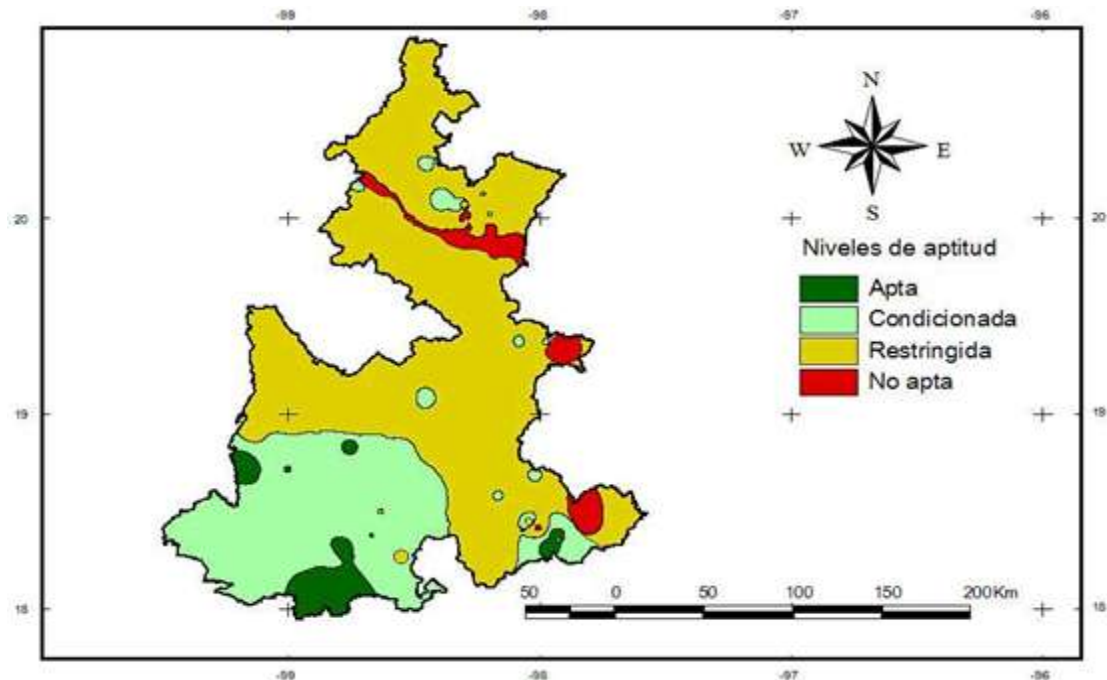


Figura 2. Zonas potenciales para el establecimiento del cultivo de pitahaya (*Hylocereus spp.*) en el estado de Puebla

Resulta importante señalar que los sistemas de producción en las áreas identificadas como aptas, deberán ser acordes a los recursos disponibles por el productor y para los fines que se requieran, de tal manera que puedan ser aprovechadas las ventajas que ofrece este cultivo.

Finalmente el modelo creado en el presente trabajo, es un acercamiento más para la automatización de procedimientos meteorológicos y el uso de los SIG's, cuyo fin es el manejo de grandes volúmenes de información y su respectivo análisis espacial, reduciendo el tiempo en la realización de estudios similares.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Bárceñas, A. P. 2002. Determinación de zonas potenciales para el establecimiento de plantaciones de pitahaya (*Hylocereus spp.*). Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 111 pp.
- Bárceñas, A. P., L. Tijerina, C., T. Olivera, F. y A. Larque, S. (2002). Características agronómicas de la pitahaya (*Hylocereus spp.*). 1ra. Ed. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 53 pp.

- Castillo, M.R. y H. Cáliz de D. 1995. Valores nutricionales del Género *Hylocereus* ("Pitahaya"). Memorias del Primer Simposium Internacional sobre Pitayas y Frutos Afines. Universidad Autónoma de Chapingo, México. p.56.
- Castillo, M.R. 1995. Primer curso teórico- práctico sobre el cultivo de Pitahaya. Memorias Curso. Universidad de Quintana Roo, México. 119 pp.
- Castillo, M.R. 2006. Aprovechamiento de la pitahaya: bondades y problemáticas. *Caos Conciencia* 1:13-18.
- Doorenbos, J. and A. H. Kassam. 1979. Efectos del Agua sobre el Rendimiento de los Cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje, 33. Roma.
- ECOCROP, 2012. FAO. Disponible en: <http://ecocrop.fao.org>. Consultado: (10/09/2012).
- ESRI, 2012. Model Builder. Geographic Information Systems. Disponible en: http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=An_overview_of_Mode_Builder. Consultado: (04/09/2012).
- Neild, R. E. and F. Boshell. 1976. An Agroclimatic procedure and survey of the Pineapple Production Potential of Colombia. *Agric. Meteorol.* 17: 81 – 92.
- Ortiz, H. Y.D. 2000. Hacia el conocimiento y conservación de la pitahaya (*Hylocereus spp*). IPN-SIBE-CONACYT-FMCN, Oaxaca, México. 113 pp.
- Ortiz, S. C.A. 2012. Elementos de Agrometeorología Cuantitativa: con aplicaciones a la república mexicana. 6ª Ed. Universidad Autónoma Chapingo, México. 213 pp.
- SIAP, 2011. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Agricultura. Producción anual. Cierre de producción agrícola por cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx> Consultado (06/09/2012).
- SMN. 2012. Servicio Meteorológico Nacional. Normales Climatológicas. Puebla. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx>. Consultado (28/09/2012).
- Sotelo, R.D.E., C. Ortiz, T. y M.I. Rizo, A. 2005. Áreas potenciales para el cultivo de Pitahaya (*Hylocereus undatus* (haw.) Britt. & rose) en el sur del estado de México. Nota técnica. *Rev. Ciencia Forestal en México*. Vol. 30- No. 98. pp 87-97