



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,
A.C.
México

Villa C., Ma. Magdalena; Inzunza I., Marco A.; Catalán V., Ernesto A.
Zonificación agroecológica de hortalizas involucrando grados de riesgo
Terra Latinoamericana, vol. 19, núm. 1, enero-marzo, 2001, pp. 1-7
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319101>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ZONIFICACION AGROECOLOGICA DE HORTALIZAS INVOLUCRANDO GRADOS DE RIESGO

Agro-ecological Regionalization of Vegetable Crops Involving Levels of Risk

Ma. Magdalena Villa C.¹, Marco A. Inzunza I.¹ y Ernesto A. Catalán V.¹

RESUMEN

Se analizó información de clima y suelo con el fin de ubicar las áreas agrícolas más propicias para el cultivo de melón, sandía, tomate y chile en la Región Lagunera. Se utilizaron datos diarios de clima de 22 estaciones climáticas, cartas edafológicas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y programas de cómputo para determinar las condiciones de clima y suelo de la región y estimar los rendimientos potenciales de los cultivos con un nivel de riesgo de 20% ($\alpha = 0.20$). Se usó el sistema de información geográfica IDRISI y un modelo digital de elevación para obtener y sobreponer imágenes y para delimitar áreas con rendimientos potenciales similares. Los resultados indican que existen superficies con condiciones de clima y suelo favorables para la obtención de altos rendimientos potenciales de los cultivos. El melón y la sandía tienen las mayores superficies aptas, donde es posible obtener rendimientos potenciales de cuando menos 34 y 37.5 t ha⁻¹, respectivamente. Para el chile y el tomate se obtuvieron las menores superficies aptas, con rendimientos potenciales superiores a 26 y 24 t ha⁻¹, respectivamente.

Palabras clave: Regionalización, rendimiento potencial, melón, sandía, tomate, chile, sistema de información geográfica.

SUMMARY

Climate and soil data were analyzed in order to locate the most suitable agricultural areas for the cultivation of cantaloupe, watermelon, tomato, and chili crops in the Lagunera Region. Daily data from

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA. Km 6.5, Margen Derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Durango, México. (mvillaca@NMSU.Edu)

22 climatic stations, soil maps from INEGI, and computer programs were used to determine the availability of climate and soil resources for the region and to estimate the potential yield of the studied crops at a level of risk of 20% ($\alpha = 0.20$). A geographic information system (IDRISI) and a digital elevation model served to obtain and overlap images and delimit areas with similar potential yields. Results indicate that in some areas of the Lagunera Region climate and soil conditions are favorable for high potential yield of the studied crops. Cantaloupe and watermelon showed the largest suitable areas with minimum potential yield of 34 and 37.5 t ha⁻¹, respectively. Chili and tomato had the smallest suitable areas with potential yield above 26 and 24 t ha⁻¹, respectively.

Index words: Regionalization, potential yield, cantaloupe, watermelon, tomato, chili, geographic information system.

INTRODUCCION

En México, la producción de hortalizas es una actividad importante por la significativa captación de divisas que aporta a la economía nacional. Lo anterior se tomó en cuenta al dedicarle apartados especiales en los acuerdos alcanzados en el Tratado del Libre Comercio de América del Norte. México es el principal país exportador de hortalizas frescas a Estados Unidos; en los últimos cinco años, estas exportaciones han representado una ganancia de 1 234 312 000 dólares (<http://www.fas.usda.gov>).

El fortalecimiento de la producción de hortalizas mediante el uso más eficiente de los recursos naturales para incrementar la productividad de éstas es esencial, tanto para lograr el ingreso al país de divisas, como para garantizar el abasto nacional. Los estudios de zonificación de cultivos juegan un papel importante en el logro de estas metas, ya que mediante éstos es posible definir qué cultivos tienen

mayor potencial de producción en una región determinada (Seeman *et al.*, 1979; Romo, 1985). Esto se obtiene a través del análisis de clima y suelo de la región de interés, el conocimiento de las demandas de clima y suelo de los cultivos y la relación que existe entre estos dos factores.

En la Región Lagunera, los principales cultivos hortícolas son: tomate, chile, melón y sandía cuya superficie cultivada se ha incrementado en los últimos años (SARH, 1994). En 1993, el área cultivada con los cultivos mencionados se incrementó 6.7% y la producción obtenida fue de 184 969 t. El rendimiento promedio regional de melón, sandía, tomate y chile es de 16.3, 14.9, 15.4 y 6.7 t ha⁻¹, respectivamente (SARH, 1993), los cuales pueden ser mayores si se les ubica en las condiciones óptimas de suelo y clima para su desarrollo. Es por esto que en este estudio se analizó información de suelo y clima a través del espacio y tiempo para definir niveles de riesgo y delimitar las áreas con mayor rendimiento potencial de los cultivos de melón, sandía, tomate y chile en la Región Lagunera.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA), localizado en Gómez Palacio, Durango. El área de estudio fue la Región Lagunera que comprende los municipios de Torreón, San Pedro, Matamoros, Viesca y Francisco I. Madero del estado de Coahuila, y los municipios de Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo, Mapimí, Nazas, Rodeo, San Juan de Guadalupe, San Pedro del Gallo, San Luis del Cordero y Simón Bolívar del estado de Durango.

El estudio se fundamentó en la regionalización agroecológica de los cultivos de tomate, chile, melón y sandía. Se realizó un análisis probabilístico de las variables de clima consideradas para determinar niveles de riesgo. También se usó el sistema de información geográfica IDRISI que junto con programas interpoladores ayudaron a la delimitación de áreas con similar rendimiento potencial. El estudio comprendió tres etapas: a) caracterización edafoclimática de la región, b) obtención de los requerimientos climáticos de los cultivos, y c) estimación de rendimiento potencial y delimitación de áreas con similar rendimiento potencial.

Caracterización Edafoclimática de la Región

El soporte de esta etapa fue la información de clima y suelo de la región, por lo que fue necesario la recopilación y captura de ésta. Los datos de clima se obtuvieron de 22 estaciones climatológicas, ubicadas dentro y en la periferia de la región. Estos datos fueron a nivel diario y comprendieron un período de 15 años. La información de suelo se consiguió de las cartas edafológicas, editadas por el INEGI, a escala 1:250 000.

Las variables climáticas analizadas fueron: la temperatura máxima y mínima; con éstas se generaron las series históricas de la radiación solar diaria para cada estación climática mediante la ecuación calibrada por Villa (1993), para las condiciones de la Región Lagunera.

$$RS = 0.179 (T_{max} - T_{min})^{0.495} RA \quad (1)$$

Donde: RS es la radiación solar global en cal cm⁻² día⁻¹, T_{max} y T_{min} son las temperaturas máxima y mínima en °C y RA es la radiación solar teórica en cal cm⁻² día⁻¹ que se estima con la latitud del lugar y con el día del año (Torres, 1983).

Con los datos de las temperaturas máxima y mínima y las temperaturas cardinales de cada cultivo estudiado, se estimaron las unidades térmicas disponibles mediante el método de la curva seno modificada (Allen, 1976). Las fechas de la primera y última helada se determinaron mediante el análisis de las temperaturas mínimas con la metodología de la frecuencia acumulada, propuesta por Ortiz (1987). Se consideró helada cuando la temperatura fue igual o menor que 0 °C. Se determinó el período libre de heladas (PLH) con una probabilidad de 80%. También se estimó el régimen de radiación solar medio, la disponibilidad de unidades térmicas y la temperatura media esperada a una probabilidad de ocurrencia de 80%, o bien, a un nivel de riesgo de 20% ($\alpha = 0.20$), tomando como base la función de distribución de cada una de estas variables climáticas. Los datos de suelo analizados fueron: textura, pendiente, profundidad, salinidad, asentamientos humanos (ciudades, pueblos, etc.) y cuerpos de agua (ríos, presas, lagos, etc.).

Obtención de los Requerimientos Climáticos de los Cultivos

En estudios de investigación, generados en el CENID RASPA y CIFAP Laguna, se obtuvo información de cinco años de fechas de siembra y cosecha de los cultivos estudiados. Con esos datos y con la información de las temperaturas máxima y mínima durante esos períodos, se estimaron las unidades térmicas así como las necesidades promedio de este parámetro en cada uno de los cultivos. Los requerimientos de radiación solar y temperatura promedio óptimo se obtuvieron de la literatura.

Estimación de Rendimientos Potenciales y Delimitación de Areas con Similares Rendimientos Potenciales

El cálculo del rendimiento potencial se hizo mediante un programa de cómputo, utilizando la metodología de zonas agroecológicas (Ortiz, 1987; Colegio de Postgraduados, 1990). Los datos de entrada al programa son: latitud del lugar, nombre del cultivo, tipo de cultivo (leguminosa o no), cadena fotosintética (C₃ ó C₄), índice de área foliar, duración del ciclo del cultivo, índice de cosecha, temperatura media y radiación solar.

La información de la temperatura media y la radiación solar fue el promedio anual esperado durante el período libre de heladas a un nivel de riesgo $\alpha = 0.20$. Se estimó el rendimiento potencial para cada uno de los cultivos estudiados durante 15 años y, con el análisis de estos datos, se determinó el rendimiento potencial a una probabilidad de 80%.

La delimitación de las áreas con similar rendimiento potencial se realizó mediante el Sistema de Información Geográfica IDRISI para así manejar la base de datos conjunta (modelo digital de elevación, clima y suelo), hacer sobreposiciones, delimitar áreas potenciales para la producción de los cultivos y cuantificar sus superficies. La base de datos estuvo georreferenciada y constó fundamentalmente de tres componentes:

Modelo de elevación digital. El modelo de elevación digital procede del INEGI y está disponible por grado de latitud-longitud. Este modelo tiene un dato de altitud cada tres segundos de arco (aproximadamente una cuadrícula de 90 por 90 m). Se cargaron al equipo de cómputo los grados del modelo con un programa, se unieron los grados necesarios para cubrir la Región

Lagunera. Sin embargo, debido a las limitaciones del equipo de cómputo, se utilizó sólo 1% de los datos (aproximadamente un dato de elevación cada 900 m). A partir de este modelo de elevación digital, se generaron imágenes de altitud (m) y pendiente al 4%.

Base de datos de clima. Partiendo de la base de datos de clima, citada anteriormente, se realizaron las pruebas de normalidad para cada variable en cada estación climática, se caracterizaron sus parámetros probabilísticos (media y varianza) y se estimó un valor esperado a un nivel de riesgo de $\alpha = 0.20$. Con esta información y con la ayuda de programas interpoladores, se generaron imágenes de las siguientes variables: período libre de heladas (PLH), primera y última helada, temperatura media, unidades térmicas y radiación solar.

Base de datos de suelo. Se utilizó la base de datos de suelo digitalizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); ésta se obtuvo de las cartas edafológicas de INEGI, escala 1:250 000, utilizando el SIG ARC/INFO para obtener información georreferenciada y las imágenes de unidades de suelo dominantes, fases físicas, fases químicas, texturas, litosoles, cuerpos de agua y principales zonas urbanas.

La delimitación de áreas potenciales se hizo, tomando en cuenta las necesidades de los cultivos, para manifestar su máximo potencial productivo. Se consideraron las restricciones por pendiente, altitud (m), temperatura media óptima, radiación solar, unidades térmicas, profundidad, textura y sales del suelo.

Con los datos del rendimiento potencial estimado para cada uno de los cultivos, se generaron las imágenes correspondientes y se sobrepusieron a las diversas imágenes resultantes de la reclasificación de los mapas de los recursos disponibles en la región y los requerimientos de los cultivos.

Cuadro 1. Requerimientos de altitud, unidades térmicas, radiación solar y temperaturas óptimas para fotosíntesis de los cultivos estudiados.

Cultivo	Altitud m	Unidades térmicas	Radiación solar cal. cm ⁻² d ⁻¹	Temperatura óptima °C
Tomate	0 a 2500	1595	475 a 864	18 a 27
Chile	0 a 2500	1230	475 a 864	18 a 27
Sandía	0 a 2000	1060	662 a 1152	22 a 30
Melón	0 a 2000	1320	662 a 1152	22 a 30

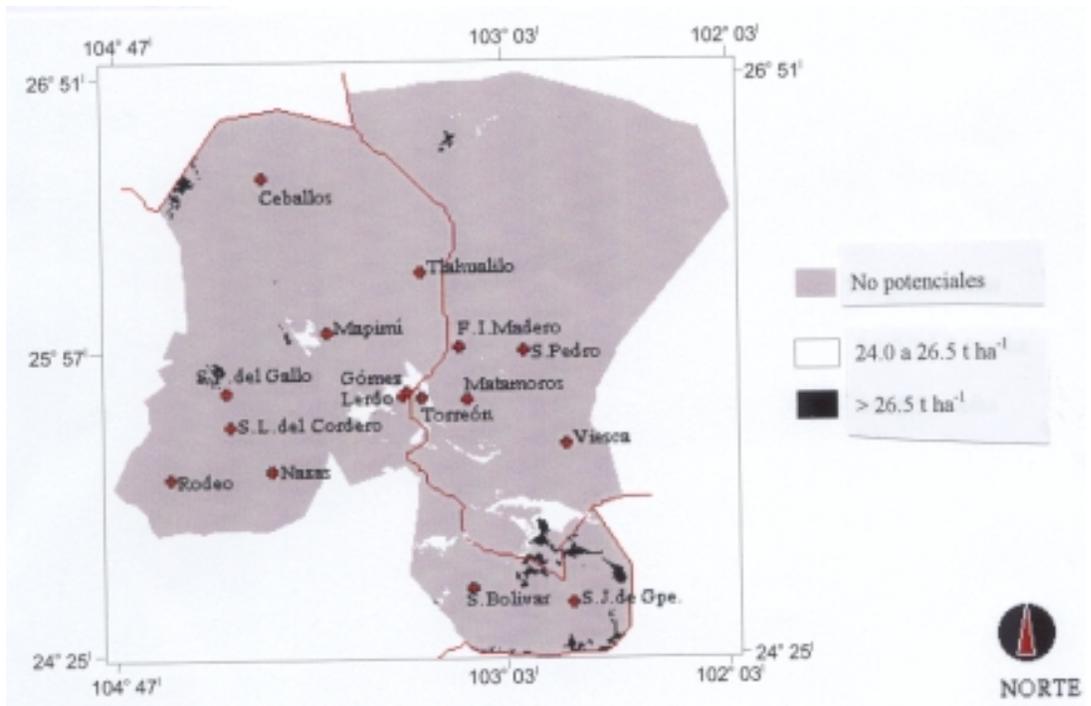


Figura 1. Areas y rendimientos potenciales esperados a un nivel de probabilidad de 80% para el cultivo de tomate.

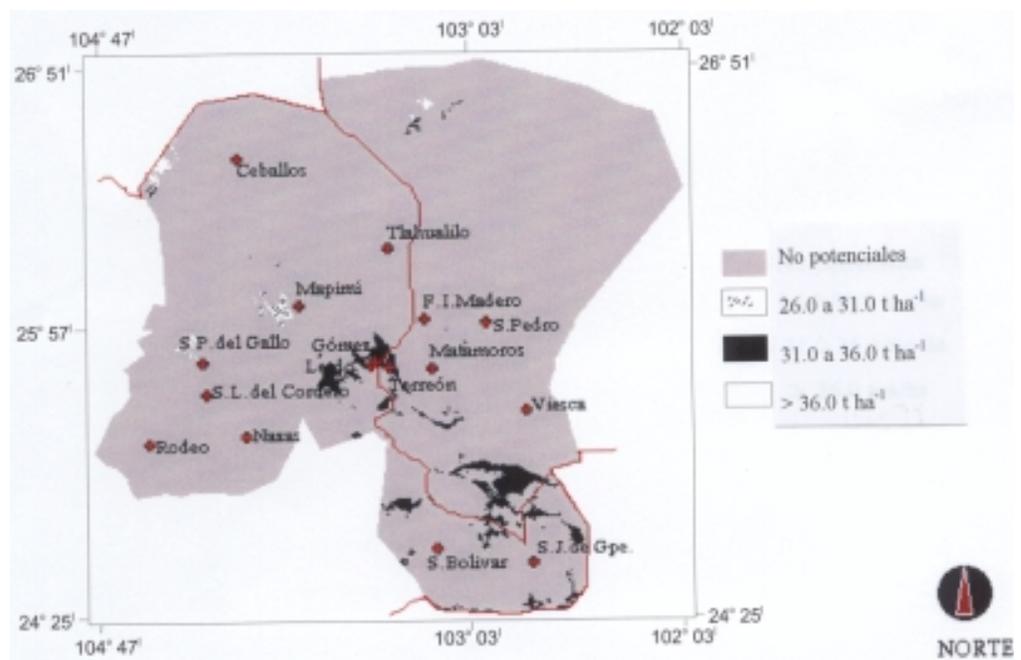


Figura 2. Areas y rendimientos potenciales esperados a un nivel de probabilidad de 80% para el cultivo de chile.

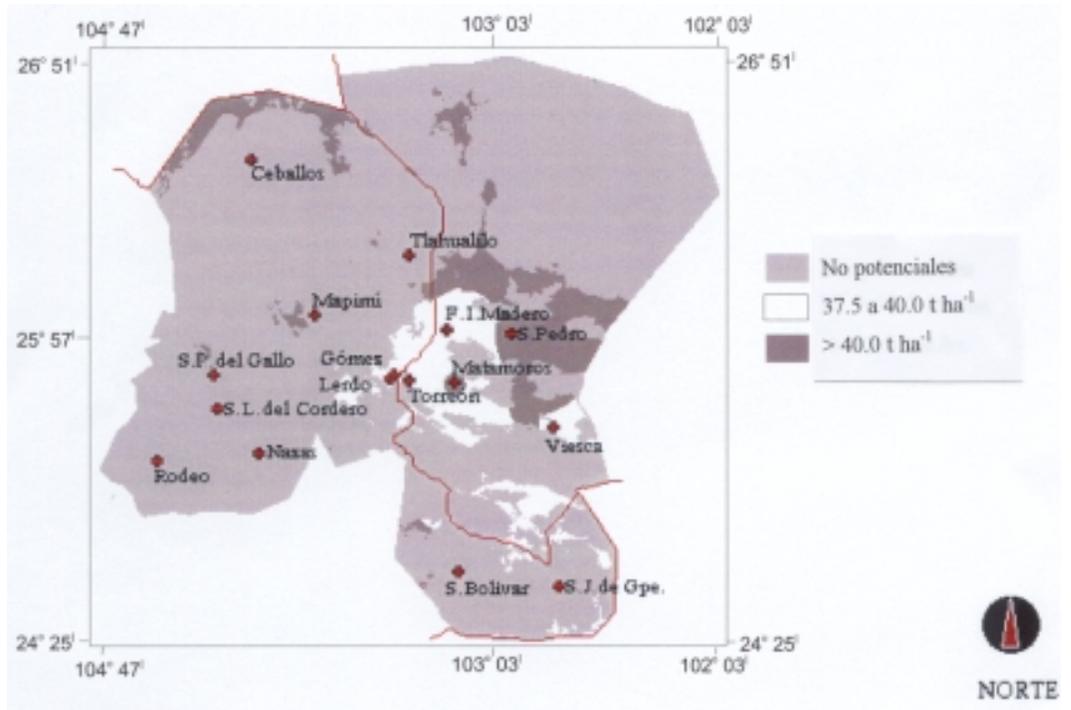


Figura 3. Areas y rendimientos potenciales esperados a un nivel de probabilidad de 80% para el cultivo de sandía.

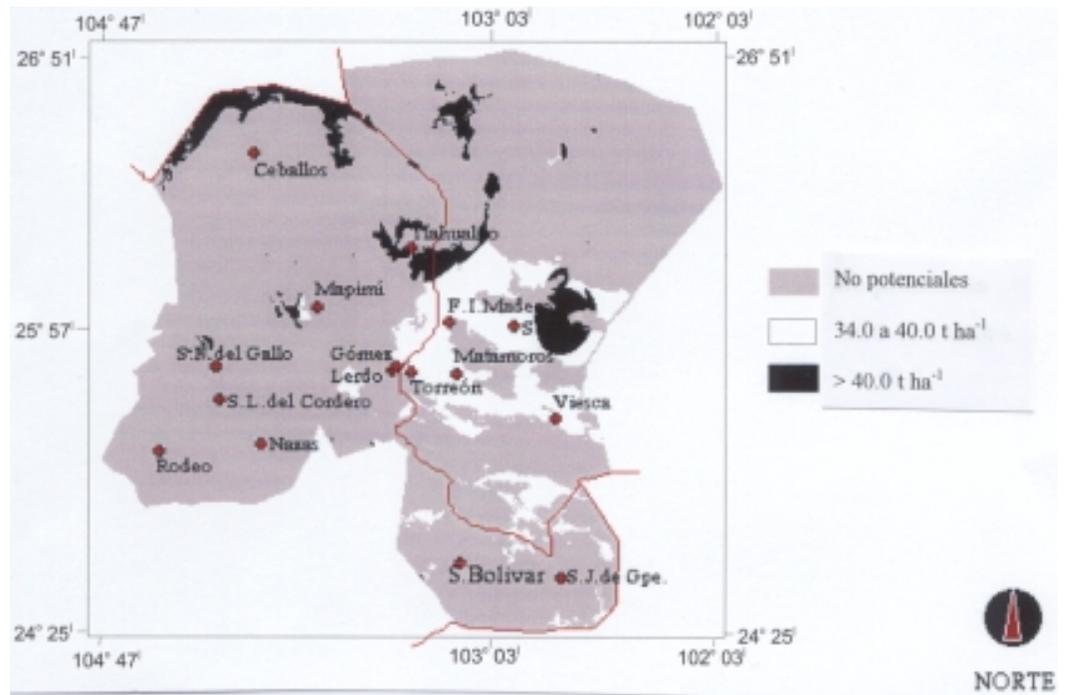


Figura 4. Areas y rendimientos potenciales esperados a un nivel de probabilidad de 80% para el cultivo de melón.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, se presentan los resultados de los requerimientos de unidades térmicas obtenidos del análisis de estudios anteriores, así como las necesidades de altitud, radiación solar y temperatura óptima para el proceso de fotosíntesis máxima, adquiridos de la literatura (Guenkov, 1974; Salisbury y Ross, 1978; Ortiz, 1987; SARH, 1993).

El resultado de la sobreposición de imágenes correspondientes a las características de suelo seleccionadas indica que existen en la región 863 680 ha con disponibilidad edáfica para la producción potencial de tomate, chile, melón y sandía. Los municipios de Rodeo, San Luis del Cordero y Nazas no poseen recursos edáficos requeridos para la obtención de rendimiento potencial de los cultivos estudiados.

En las Figuras 1 a 4, se muestran los mapas de las áreas con potencial edafoclimático para la producción de los cultivos estudiados. En ellas, se señalan las áreas por municipio y rango del rendimiento potencial a un nivel de probabilidad de 80%. Las áreas aptas para el desarrollo del cultivo de tomate (Figura 1) suman un total de 157 383 ha, que representa 18% de la superficie con condiciones de suelo favorable para el crecimiento de este cultivo. Esto indica que el factor clima contribuyó en forma considerable en esta delimitación. El rendimiento esperado en esas áreas puede ser 56% arriba del rendimiento promedio regional.

La distribución de las áreas potenciales para el cultivo de chile fue muy similar a la del tomate (Figura 2). Es decir, éstas se localizan en los municipios de San Juan de Guadalupe, Simón Bolívar, Viesca, Torreón, Gómez Palacio, Lerdo, Mapimí y pequeñas áreas en Francisco I. Madero y San Pedro del Gallo. Esto se debe, en gran parte, a la similitud que tienen estos cultivos en sus requerimientos de clima. La temperatura fue la variable que presentó mayor restricción debido a que ésta es muy superior a la óptima requerida durante el ciclo vegetativo de este cultivo. El rendimiento potencial esperado puede ser al menos 288% más que el rendimiento promedio regional; el área total fue de 157 383 ha.

Referente al comportamiento del cultivo de sandía (Figura 3), la mayor área potencial se concentra en la parte central este de la región. Esta comprende principalmente la parte sur de San Pedro, Francisco I.

Madero, Tlahualilo y Matamoros, el norte de Viesca, este de Gómez Palacio y norte de Torreón. La superficie total es de 789 183 ha y representa 91% del total con condiciones de suelo disponible. El rendimiento potencial puede ser superior en 152% al rendimiento promedio regional.

La Figura 4 indica los sitios donde se puede lograr el rendimiento potencial del cultivo de melón ($> 34.0 \text{ t ha}^{-1}$). Este puede ser mayor que el promedio regional en 108%. Los municipios con las áreas aptas fueron: Mapimí, Tlahualilo, San Pedro del Gallo, Lerdo, Gómez Palacio, Simón Bolívar, San Juan de Guadalupe, Viesca, Torreón, Matamoros, San Pedro y Francisco I. Madero. La superficie total de estos lugares es de 817 047 ha y equivale a 95% del total de la superficie con disponibilidad edáfica, lo que significa que, en esta área, el clima es propicio para el crecimiento óptimo del cultivo de melón.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y al propósito del presente trabajo se concluye lo siguiente:

Existen en la Región Lagunera áreas con condiciones de clima y suelo para lograr un rendimiento potencial de melón, sandía, tomate y chile, siendo mayor la superficie para los dos primeros cultivos.

Las mejores áreas para la producción de chile y tomate se encuentran en los municipios de San Juan de Guadalupe, Simón Bolívar, sur de Viesca y Gómez Palacio, Torreón, parte central de Lerdo, norte de Francisco I. Madero, y pequeñas áreas de Mapimí y San Pedro del Gallo.

La zonificación de los cultivos de melón, sandía, tomate y chile indica que es posible obtener un rendimiento superior al rendimiento promedio regional en 108, 152, 56 y 288%, respectivamente.

Condiciones de suelo, como: pendiente (mayor que 4%), presencia de litosoles y sales son desfavorables en los municipios de Nazas, San Luis del Cordero y Rodeo, para la obtención del rendimiento potencial de los cultivos analizados en este estudio.

LITERATURA CITADA

Allen, J.C. 1976. A modified sine wave method for calculating degree days. *Env. Ent.* 5: 388-396.

- Colegio de Postgraduados. 1990. Manual de la metodología para evaluar la aptitud de las tierras para la producción de cultivos básicos en condiciones de temporal. Programa de Agrometeorología. Montecillo, México.
- Guenkov, G. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba.
- <http://www.fas.usda.gov>. US imports of fresh vegetables fy 1995-1999 and year to date comparisons.
- Ortiz S., C.A. 1987. Elementos de agrometeorología cuantitativa. 3a ed. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Romo G., J.R. 1985. Zonas con potencial agroclimático para la producción de cinco oleaginosas bajo temporal en la República Mexicana. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Salisbury, B.F. y C.W. Ross. 1978. Plant physiology. 2a ed. Belmont, California, USA.
- SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1993. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el distrito de desarrollo rural 91, Durango-Laguna.
- SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1994. Anuario estadístico de la producción agropecuaria y forestal 1993. Cd. Lerdo, Durango.
- Seeman, J., Y.I. Chirkov, J. Lomas y B. Primault. 1979. Agrometeorology. Springer-Verlag, New York.
- Torres R., E. 1983. Agrometeorología. Diana. México
- Villa C., M. 1993. Calibración de modelos para estimar la radiación solar. Informes de Investigación 1990. CENID RASPA Vol. 5: 19-32.