



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE RIESGO AGROCLIMÁTICO PARA EL
DESARROLLO DE *Diaphorina citri* EN LA ZONA CITRÍCOLA DE NUEVO LEÓN.

TESIS

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE

MAESTRA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:

HELGA CECILIA PENÉLOPE BARBA MEDINA

TUTORA: DRA. GUADALUPE REBECA GRANADOS RAMÍREZ

Instituto de Geografía

COMITÉ TUTOR

Dra. Laura Elena Maderey Rascón Instituto de Geografía

Dra. María Teresa de Jesús Reyna Trujillo Instituto de Geografía

Dra. María Engracia Hernández Cerda Instituto de Geografía

Dr. Víctor Luis Barradas Miranda Instituto de Ecología

MÉXICO, D.F. AGOSTO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hoja de datos

Datos de la alumna

Barba Medina Helga Cecilia Penélope

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Filosofía y Letras

Maestría en Geografía

Datos de la tutora

Dra. Guadalupe Rebeca Granados Ramírez

Instituto de Geografía

Datos del sinodal 1

Dra. Laura Elena Mederey Rascón

Instituto de Geografía

Datos del sinodal 2

Dra. María Teresa de Jesús Reyna Trujillo

Instituto de Geografía

Datos del sinodal 3

Dra. María Engracia Hernández Cerda

Instituto de Geografía

Datos del sinodal 4

Dr. Víctor Luis Barradas Miranda

Instituto de Ecología

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, al Posgrado en Geografía, a la Facultad de Filosofía y Letras y al Instituto de Geografía, por brindarme las herramientas para conseguir este posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada.

Al proyecto multidisciplinario: Complejidad espacial de la región citrícola de Nuevo León en el entorno global, a partir del cual se realizó este estudio.

A mi incondicional familia. A mis papás, hermano, sobrinos, abuelitos, tíos, primos, por estar ahí.

A mi maestra Rebeca Granados Ramírez por todo el apoyo que he recibido.

A la generación 2012 de la Maestría en Geografía y amigos del Instituto de Geografía: (en orden alfabético) Alberto López, Ana Muñoz, Asael Sanabria, Erika Jasso, Mario Ordoñez, Marlén González, Mayelli Hernández, Mónica Chico, Pablo Leautaud, Racie Hernández, Rafael Guajardo, René Álvarez, Rogelio Santacruz, Verónica Totolhua, Víctor Gómez, Yazmín Sahagún. Pues si no hubiera sido por ustedes quienes me aportaron ideas, me enseñaron procesos, me echaron porras o simplemente por su apoyo moral creo que esta tesis no hubiera salido.

Al Ing. en C. Israel Trujillo, por ayudarme a filtrar los datos, porque si no creo que aún estaría haciéndolo, y mis mapitas nunca habrían estado listos a tiempo. También gracias por acompañarme todo este tiempo, en todos mis estados de ánimo. Por recorrer conmigo este camino pavimentado o lleno de baches, tramos de terracería y puentes caídos. TAH MUCHO MU IS.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN (2)

Resumen (1)

Antecedentes (7)

Planteamiento del Problema (9)

Hipótesis (12)

Objetivo general (12)

Objetivos particulares (12)

CAPITULO II. ZONA EN ESTUDIO (14)

Condiciones físico-climáticas del área en estudio (14)

Dinámica de los fenómenos meteorológicos (17)

Grupos Climáticos (18)

Hidrología (21)

Geología (23)

Orografía y Vegetación (25)

Región citrícola (25)

Producción Citrícola Nacional (28)

Limón (29)

Naranja (31)

Toronja (33)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA (35)

Prueba de homogeneidad (37)

Prueba de recorrido (37)

Selección de estaciones (39)

Índice de Generaciones Potenciales. (42)

Índice de Días con Condiciones Favorables de Temperatura Promedio. (43)

Índice de Días con Precipitaciones Favorables Promedio. (44)

Índice de Superficie Agrícola. (44)

Índice de Riesgo. (45)

Interpolación de Datos Puntuales (45)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS (48)

CAPÍTULO V DISCUSIÓN	(67)
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES	(71)
APÉNDICE	(71)
LITERATURA CITADA	(77)
LITERATURA ELECTRONICA	(82)
CARTOGRAFÍA UTILIZADA	(83)

RESUMEN

El huanglongbing (HLB) enfermedad de origen bacteriano, es la más devastadora de los cítricos, representa un riesgo serio para la citricultura mexicana por la posibilidad de que especímenes infectados de *Diaphorina citri* migren a las diversas zonas cítricas del país como detonantes del establecimiento de epidemias de la enfermedad. Puede afectar las 526 mil hectáreas establecidas con cítricos en 23 estados, que representa una producción de 6.7 millones de toneladas anuales con un valor de \$8,050 millones de pesos, situando a México en el cuarto lugar mundial en producción. En este estudio se determinaron las áreas de riesgo agroclimático para el huanglongbing propicias para el desarrollo del vector *D. citri* mediante indicadores agroclimáticos, y el promedio de cuatro índices: índice de generaciones potenciales, índice de días con condiciones favorables promedio, índice de días con precipitaciones favorables promedio e índice de superficie sembrada, así como los valores de humedad relativa para poder establecer normas de control para la toma de decisiones e implementación de estrategias estatales para prevenir que esta plaga se disemine tanto en el estado de Nuevo León como a nivel nacional.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El Huanglongbing o enverdecimiento de los cítricos se originó en China en 1890. Hoy en día esta enfermedad se conoce con el nombre de Huanglongbing o HLB (Graca, 1991; López-Arroyo *et al.*, 2012; Alanís, 2013).

En la actualidad existen enfermedades causantes de pérdidas económicas en las plantaciones cítricas alrededor del mundo y México no es la excepción. El HLB es una amenaza latente, por ser una plaga cuarentenaria, es decir, plaga de importancia económica potencial para el área en peligro cuando aún la plaga no está presente o, si existe, no está extendida y se encuentra bajo control oficial y sus efectos dependen más de las condiciones agrícolas locales que de las características biológicas específicas de las plagas (FAO, 2005).

El HLB se disemina mediante material propagativo, por lo que es necesario producir las yemas y plantas bajo malla antipsílidos, para evitar llevar a campo plantas infectadas (SIAP, 2006). Esta enfermedad representa un riesgo serio para la citricultura mexicana debido a que existe la posibilidad de que especímenes infectados del vector migren a las diversas zonas cítricas del país (López-Arroyo, 2009).

México por ser el cuarto productor de cítricos a nivel mundial (Gómez *et al.*, 1997), ha centrado la atención en la *Diaphorina citri*, psílido asiático de los cítricos, insecto vector del HLB, el cual se ha distribuido en el país desde 2002. El primer registro de la enfermedad se dio a conocer en 2009 en los estados de Yucatán y Quintana Roo; derivado de esto se han generado diversas investigaciones en las zonas cítricas del país, para el control y manejo de la enfermedad y su vector (Hernández-Landa *et al.*, 2011).

Para entender la enfermedad del HLB es necesario tomar en cuenta el tetraedro del patosistema (Fig.1), donde intervienen principalmente cuatro factores: el hospedero susceptible a la enfermedad, en este caso los cítricos; el patógeno causante *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas), un vector eficiente: *Diaphorina citri* y las condiciones ambientales adecuadas para el establecimiento y reproducción del vector (Freitas, 2011, com. pers.).

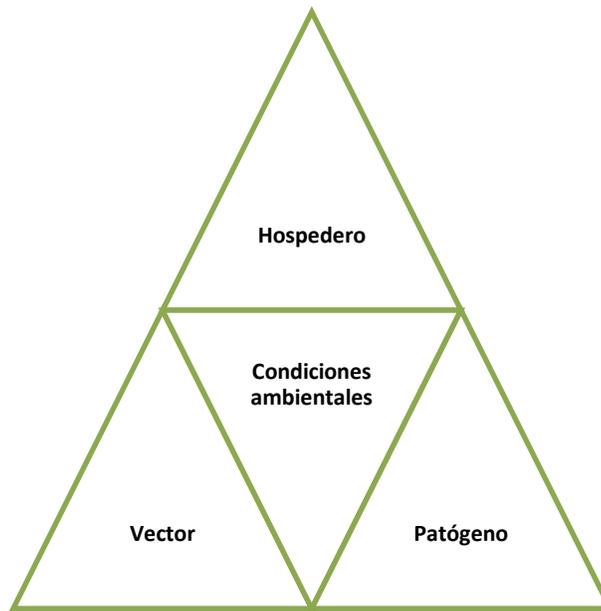


Figura 1 Tetraedro del Patosistema

El Patógeno: El causante de esta enfermedad es la bacteria gramnegativo no cultivable *in vitro*, limitado al floema de los cítricos (Batool *et al.*, 2007; Trujillo-Arriaga *et al.*, 2008), perteneciente al género *Liberibacter* de Asia y África que contiene las especies: *L. candidatus asiaticus* (Fig. 2) y *L. candidatus africanum*, que están ampliamente distribuidas a nivel mundial; y recientemente las especies encontradas en Brasil se denominan como *L. americans* (Bové, 2005; Batool *et al.*, 2007).

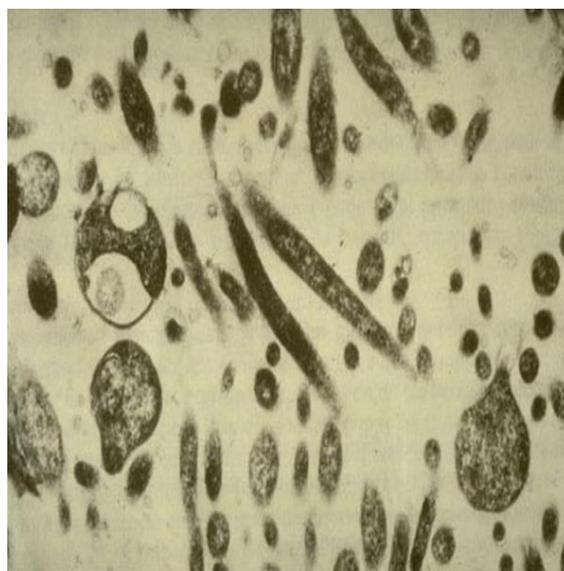


Figura 2 *Candidaus Liberibacter asiaticus*

El Vector: El psílido *Diaphorina citri* (Fig. 3) es el vector de la bacteria llamada *Candidatus Liberibacter spp.* Agente causal del Huanglongbing. En México se detectó desde el año 2002 (Bové, 2005; Díaz *et al.*, 2010 López–Arroyo, 2009), está presente en todos los estados, excepto en Baja California y el norte de Sonora (Trujillo–Arriaga *et al.*, 2008). Este patógeno ocasiona la disminución del vigor de los árboles, amarillamiento o clorosis de las hojas, disminución del tamaño y deformación de frutos, y la muerte de árboles de 5 a 8 años (Hernández–Landa, *et al.*, 2011; Bové, 2005; SIAP, 2006; Batool *et al.*, 2007).



Figura 3 *Diaphorina citri*

El psílido *Diaphorina citri* presenta una duración del período embrionario que varía de 9,7 días a 15°C a 3–5 días a 28°C, la oviposición está condicionada a la presencia de brotes tiernos, la hembra alcanza a poner alrededor de 800 huevos en toda su vida, posteriormente nacen las ninfas, que son sedentarias, éstas se establecen sobre las ramitas tiernas y sobre los pecíolos, formando colonias con un gran número de individuos; las ninfas excretan una sustancia blanca cerosa a manera de hilos que se deposita sobre las hojas (García, 2009; Díaz *et al.*, 2010).

Los adultos tienen poca capacidad para sostener vuelos muy largos, cuando son perturbados dan grandes saltos y pueden ser transportados a grandes distancias por las corrientes de aire. Respecto a la duración del ciclo biológico (huevo–adulto) varía de 14,1 a 49,3 días, a 28 y 15°C, respectivamente, con

una longevidad de tres a cuatro meses, dependiendo de las condiciones climáticas, siendo las temperaturas de 25 a 28°C las más adecuadas para su desarrollo. El psílido no se desarrolla a temperaturas mayores a 33°C y menores a 10°C. La bacteria infecta en el cuarto y quinto estadio ninfal al adulto al succionar la savia de una planta enferma, no transmite la enfermedad a la descendencia, solamente a los cultivos hasta el final de su vida (García, 2009; Díaz *et al.*, 2010).

Este insecto presenta un máximo poblacional al final de la primavera e inicios del verano (coincidente con el período de brotación de los cítricos) (García, 2009; Graca, 2008); y un decremento en la misma en los periodos faltos de brotación, debido a que esta especie no presenta diapausa, que es el periodo de inactividad en el desarrollo larvario de algunos insectos, durante el cual se produce una disminución del metabolismo y, como consecuencia, la interrupción del proceso embrionario (Moschini, 2010). No obstante, existen condiciones agroclimáticas que favorecen su presencia e incidencia y tanto las altas como las bajas temperaturas son perjudiciales para el incremento de la densidad poblacional (Díaz *et al.*, 2010).

Diaphorina citri está ampliamente distribuido en las regiones tropicales y subtropicales de Asia, y también se encuentra difundido en el continente americano; incluye norte, centro y sur: Argentina, Bahamas, Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guadalupe, Guatemala, Hawái, Honduras, Islas Caimán, Jamaica, México, Paraguay, Puerto Rico, República Dominicana, Uruguay, USA (Texas, Luisiana, Florida) y Venezuela (García, 2009; Graca, 2008).

El Hospedero: Los cítricos pertenecen a la clase Angiospermae, subclase dicotiledónea, orden Rutae, familia Rutaceae y al género *Citrus* y cuenta con más de 145 especies (Fig. 4), entre las que se destacan: naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*), limón (*Citrus limón*), lima (*C. aurantifolia*) y toronja (*C. paradisi*). El área general de origen de los cítricos es el suroeste de Asia incluyendo desde Arabia Oriental hacia el este hasta Filipinas y desde el Himalaya hacia el sur hasta Indonesia y Australia; el movimiento de

dispersión de los diferentes tipos de cítricos ocurrió dentro del área general de origen desde antes de que existiera registro histórico (Albrigo y Devices, 1999).



Figura 4. a) Síntomas en cítricos, b) Cítricos sanos

El género *Citrus* consta de 16 especies de árboles de tamaño moderado a grande de hoja perenne. La forma de los árboles varía desde la copa erecta de algunos mandarinos a la extendida como la de los pomelos. Las hojas son unifoliadas con bordes de formas variadas y de tamaño muy grande, moderado o pequeño. El tamaño del pecíolo también varía con la especie generalmente de manera similar al tamaño de la hoja. Las flores nacen individualmente o agrupadas en las axilas de las hojas y pueden ser perfectas o estaminadas (Albrigo y Devices, 1999).

Desempeñan un papel destacado en la alimentación de muchas personas en el mundo entero. Una característica del género es la presencia, en todos los

órganos de la planta de un aceite esencial que le da su olor característico. Las especies que engloba este grupo proporcionan notables cantidades de vitamina C, además de minerales como calcio y fósforo (Albrigo y Devices, 1999; Bové, 2005).

Ambiente: Aguilar y Contreras (2009) subrayan que el ambiente designa las relaciones de interdependencia que existen entre el hombre, las sociedades y los componentes físicos, químicos y bióticos del medio; igualmente integra aspectos económicos, sociales y culturales. Está dominado por la racionalidad económica que mueve a la globalización capitalista. Para realizar este tipo de estudios es necesario tener conocimiento de las condiciones termopluviométricas que tienen como principal objetivo realizar la captura, análisis e interpretación de los datos procedentes de las estaciones meteorológicas y después de su análisis y estudio estadístico relacionarlos con la influencia que presentan los diferentes elementos y factores climáticos sobre las actividades agrícolas.

Dicho análisis resulta de gran importancia para el uso y manejo de los recursos naturales, así como para la planificación de las diferentes actividades agropecuarias y forestales. La información climatológica se emplea para determinar, analizar y fijar los factores que son adversos a la agricultura, tales como: heladas, sequías, temperaturas extremas, granizo, vientos, o lluvias torrenciales. Otro de los aspectos a considerar son los diferentes requerimientos bioclimáticos y la incidencia que éstos presentan sobre el crecimiento y desarrollo de los vegetales. La comparación de los requerimientos con las condiciones climáticas presentes permitirá el desarrollo de las metodologías adecuadas para determinar las zonas aptas potenciales para los cultivos (Albrigo y Devices, 1999).

Antecedentes

Investigadores de diferentes instituciones nacionales e internacionales preocupados por la situación de la citricultura han hecho diversos estudios para poder prevenir las infecciones, generar y perfeccionar las técnicas de muestreo y control de las enfermedades de los cítricos.

Chiou–nan Chen (2000), analizó la ecología del psílido asiático de cítricos (*Diaphorina citri*) en relación a las epidemias de la enfermedad del enverdecimiento de los cítricos, junto con las medidas de control contra los vectores. El boletín que resume su investigación describe la tecnología de control, la importancia de la mano de obra calificada, el aporte financiero, el apoyo de la legislación del gobierno y la implementación de programas de control.

Batool *et al.*, (2007), hicieron un estudio en Pakistán en el que revisaron la enfermedad del enverdecimiento de los cítricos tomando en cuenta su historia, la patogenicidad, el origen, la sintomatología del huésped, su asociación e identificación y detección, transmisión y gestión.

López–Arroyo (2009), propuso una iniciativa en la que se desarrollaron alternativas para el manejo del complejo Huanglongbing–*Diaphorina citri* en entidades, como la organización de investigadores, la interacción con citricultores y la coordinación con las diversas entidades con potencial de financiamiento para su investigación en México, así como la cooperación internacional, de manera que se establezca la viabilidad de desarrollo de un plan rector de la investigación nacional en HLB–*D. citri* y se generen la tecnología para el manejo del problema en el corto y largo plazo.

Moschini *et al.*, (2010), delimitaron zonas de riesgo agroclimático para la presencia y abundancia de *Diaphorina citri* en las principales regiones citrícolas de Argentina. Destacaron que esta información podría ser de utilidad a fin de establecer zonas de riesgo epidemiológico por elevada abundancia del vector y para la consecuente planificación de estrategias de prevención tendientes a evitar el ingreso y posterior establecimiento del Huanglongbing en Argentina.

Díaz *et al.*, (2010), plantearon una metodología para delimitar espacialmente, mediante el uso de SIG y técnicas geoestadísticas, las zonas de riesgo de incidencia del vector: *Diaphorina citri*, transmisor de la enfermedad conocida como Huanglongbing, Greening o dragón amarillo, considerada en la actualidad como la enfermedad más devastadora de los cítricos a nivel mundial.

Hernández–Landa *et al.*, (2011), estudiaron la distribución espacio–temporal de *D. citri* en *M. paniculata*, en la zona urbana de Cuitláhuac, Veracruz, analizando y contabilizando individuos capturados del psílido, con los conteos se realizaron mapas de isodensidades con SAGA (System for Automated Geoscientific

Analyses) y se construyó cartografía en Google Earth que presentan la disposición espacio-temporal de las poblaciones del insecto para cada fecha de muestreo. Se puede decir que *D. citri* está presente en *M. paniculata* durante todos los meses y que las mayores abundancias se presentan en plantas ubicadas en la periferia de la localidad, lo cual representa una amenaza para las plantaciones de cítricos cercanas a la zona urbana de Cuitláhuac.

Xia *et al.*, (2011) revisaron y analizaron la información, y sugirieron que las altas temperaturas en el verano aparentemente son un factor que restringe la distribución y la presencia de HLB. Los estudios señalaron que las temperaturas de verano son acompañadas de títulos bajos del patógeno en cítricos afectados, así como en los Psílicos Asiáticos de los Cítricos (ACP). También se observó que la distribución y severidad de HLB en el mundo aparentemente se ve afectado por las altas temperaturas, el HLB es más severo en las regiones tropicales y subtropicales con temperaturas máximas moderadas. La temperatura máxima elevada puede causar la lenta dispersión de la enfermedad o disminución en el impacto en regiones como Texas y California en los Estados Unidos, Oriente Medio y la cuenca del Mediterráneo.

Contreras-Servín e Ibarra (2011), mencionaron que en México el vector *Diaphorina citri* se ha establecido en climas cálidos subhúmedos Aw. Sin embargo, se ha podido observar una mayor expansión de la plaga en épocas en que el clima Aw registra una menor precipitación anual o periodos de sequía anómala, comportándose el clima en forma parecida a un clima semiárido BS, como ha ocurrido durante los años de 2009 a 2011, en que el país ha registrado sequías anormales. Esta investigación demostró que el fenómeno de la sequía permite una mayor expansión de *D. citri* y el HLB.

Planteamiento del Problema

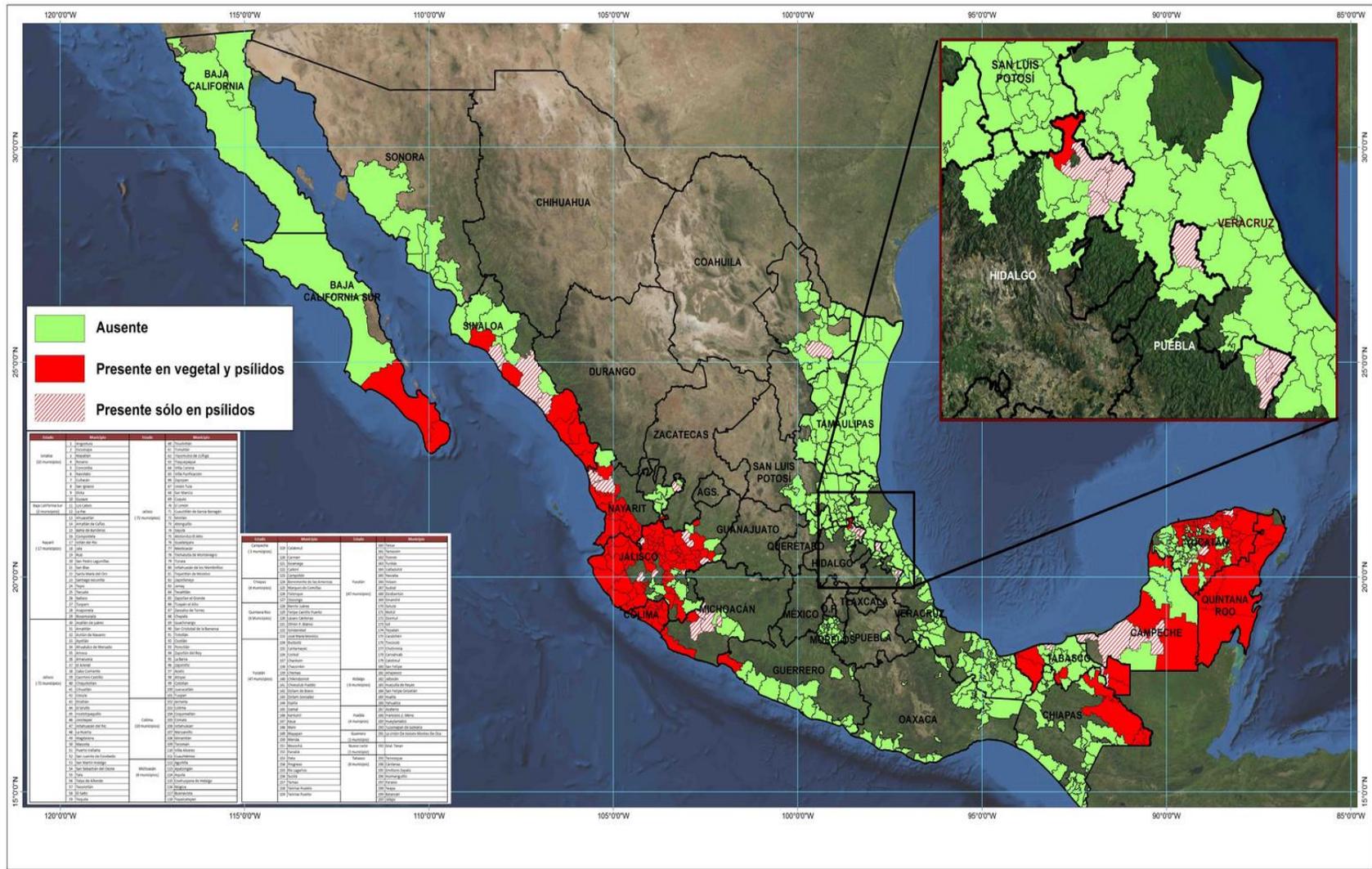
La investigación va dirigida a establecer las bases desde el punto de vista agroclimático para el manejo de la problemática Huanglongbing-*Diaphorina citri*, pues en el país la información al respecto es escasa y aislada. De tal forma que hasta el momento se carece de un plan rector de la investigación para este complejo que permita su control, pues hasta el año 2002 esta plaga no existía. No hay precedente de entidad o institución con recursos económicos suficientes para investigaciones al respecto (López-Arroyo, 2009). En la

actualidad, instituciones diferentes como el INIFAP y SENASICA se han dado a la tarea de organizar diversas reuniones a nivel nacional e internacional para exponer diversos trabajos sobre esta problemática. En los últimos dos años, se ha mostrado la importancia de las repercusiones en los cultivos y en el área económica de cualquier parte de México así como las diferentes medidas que se deben establecer para controlar la infección por HLB a continuación listadas (Sánchez, 2007; Ramos, 2008; SAGARPA, 2010; SENASICA, 2010; INIFAP, 2011, SENASICA, 2013).

Análisis de riesgo por región agroecológica cítrica, acorde a la incidencia del vector.

- Técnicas de muestreo específicas a las condiciones agroecológicas y de fenología del cultivo.
- Validación, armonización y transferencia de técnicas de diagnóstico para la detección del HLB.
- Medidas de manejo del vector y del HLB.
- Técnicas para la remediación de la enfermedad en campo.
- Sistema informático para la vigilancia epidemiológica del HLB y su vector.
- Material para la capacitación y divulgación sobre el manejo del HLB y su vector.

Estas técnicas son importantes pues se debe abordar la enfermedad por todos los flancos posibles por la creciente infección. A pesar de que el vector de la enfermedad *D. citri* ya se encuentra en el país, la bacteria causante de la enfermedad *Candidatus Liberibacter spp.*, que se detectó en 2009 (SENASICA, 2010; SAGARPA, 2010; SINAVEF, 2014), se encuentra en los estados de Campeche (un municipio infectado), Quintana Roo (cinco municipios), Yucatán (22 municipios); Sinaloa (tres municipios), Nayarit (12 municipios), Jalisco (17 municipios), Colima (seis municipios) y Michoacán (tres municipios), y con presencia de psíidos infecciosos pero sin presencia del HLB en los estados: Michoacán, Veracruz, Morelos, Chiapas, Sonora, Baja California Sur, Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí y Guerrero (Fig. 5) (SINAVEF, 2010; López-Arroyo *et al.*, 2012(a); SINAVEF, 2013; SENASICA, 2013; SINAVEF, 2014).



LABORATORIO NACIONAL DE GEOPROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN FITOSANITARIA
COORDINACIÓN PARA LA INNOVACIÓN Y LA APLICACIÓN DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Figura 5 Estatus fitosanitario en México de las detecciones de *Candidatus Liberibacter asiaticus* con base en el monitoreo a nivel municipal acumulados al mes de febrero de 2013. Los colores representan ausencia (verde), presencia en la planta y psílidos (rojo) y presencia solo en psílidos (rosa).

Dado el impacto potencial de dicha bacteria a la citricultura, es importante aportar alternativas desde el punto de vista climático para que la bacteria siga restringida y evitar que su diseminación cause cuantiosas pérdidas económicas.

Hipótesis

La presencia y el posible aumento poblacional de *Diaphorina citri* regulado por las condiciones climatológicas además de una mayor superficie sembrada de cítricos, se reflejará en un mayor riesgo de incidencia de la enfermedad del HLB en la zona citrícola de Nuevo León.

Objetivo general

Zonificar el riesgo de la presencia de *Diaphorina citri* en la zona citrícola del estado de Nuevo León con base en las condiciones termopluviométricas propicias para su desarrollo.

Objetivos particulares

Con base en el análisis de las condiciones termofluviométricas de la zona de estudio saber si éstas son determinantes en el desarrollo del vector.

Comparar las condiciones termopluviométricas y de humedad relativa de las zonas citrícolas de los estados infectados con HLB con las de Nuevo León, para identificar cuantitativamente si las temperaturas, precipitaciones y humedad relativa presentes en los primeros son similares a las determinadas en la zona citrícola de Nuevo León.

Realizar un climograma a nivel estatal para analizar el comportamiento de las normales climatológicas (temperaturas máximas, mínimas, medias y precipitación) en Nuevo León.

Determinar las condiciones de confort para que el vector pueda propagarse en la zona citrícola de Nuevo León.

Determinar índices agroclimáticos a partir de datos de estaciones climáticas para identificar las zonas más adecuadas para el desarrollo del psílido *Diaphorina citri*.

Generar mapas con la delimitación espacial de las principales zonas de riesgo del vector, empleando los sistemas de información geográfica y técnicas de interpolación espacial.

Sugerir los resultados como material de apoyo a las campañas de detección, muestreo, control y monitoreo del psílido para confrontar de manera eficiente la presencia del insecto en el territorio neoleonés.

Aportar bases para la toma de decisiones e implementación de estrategias estatales de control.

CAPÍTULO II ZONA EN ESTUDIO

La agricultura es una actividad económica de vital importancia; proporciona materias primas que se transforman en bienes materiales, las cuales son beneficiadas o favorecidas por los factores físicos como el clima, el régimen térmico, la profundidad y características de los suelos en relación con el material geológico y la topografía, y el aprovechamiento de las aguas tanto superficiales, como de los mantos freáticos.

Condiciones físico-climáticas del área en estudio

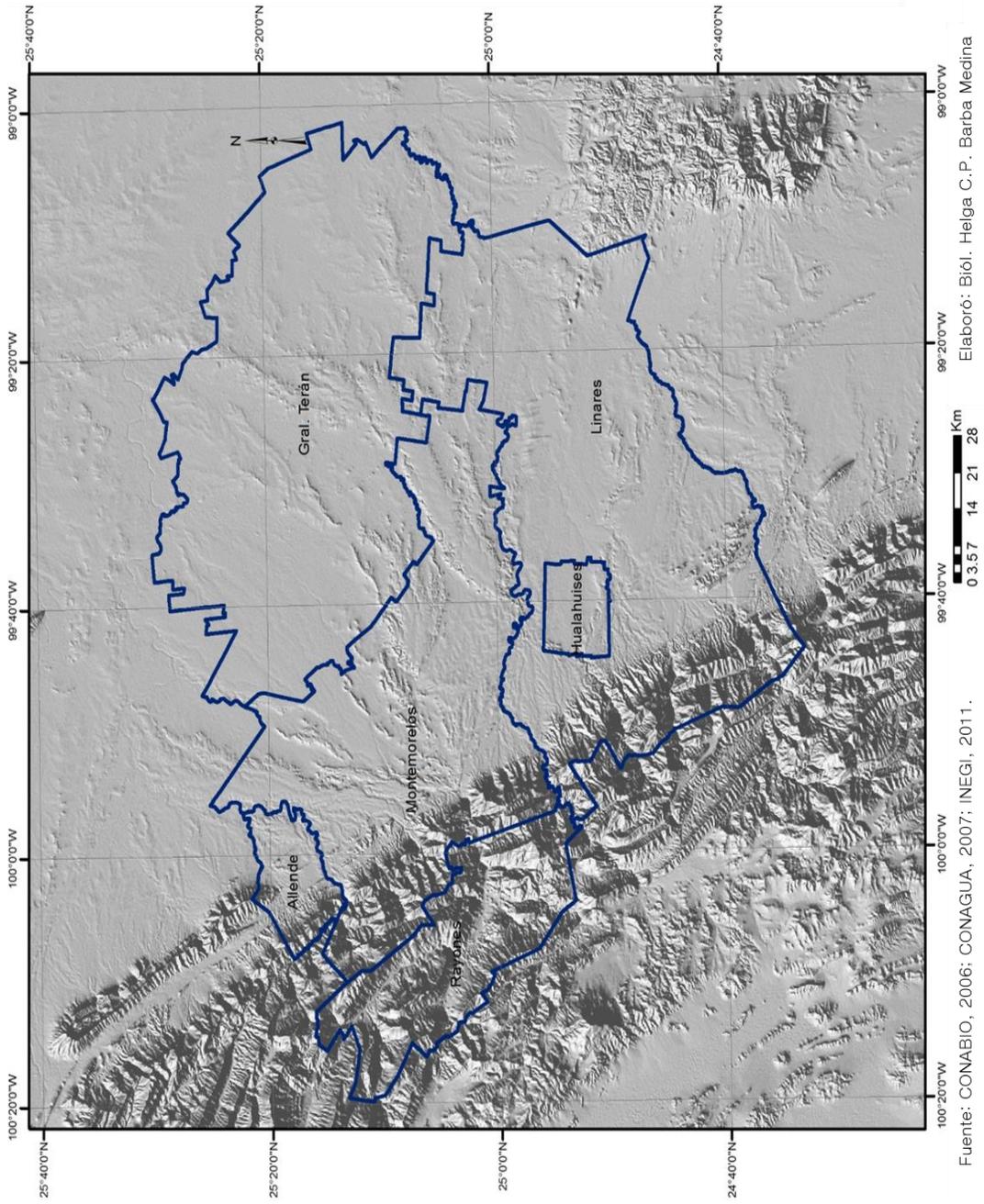
La región citrícola como espacio físico geográfico se encuentra conformada por tres unidades morfológicas: la Sierra Madre Oriental, las Planicies de Piedemonte de la Llanura Costera del Golfo Norte y una porción de la Gran Llanura Norteamericana.

La porción occidental de la región citrícola corresponde a la Gran Sierra Plegada que corre longitudinalmente en dirección NO-SE y se caracteriza por tener pendientes mayores a 25°. Aquí se origina la mayoría de los ríos que irrigan la zona por el predominio de rocas calizas permeables que permiten la recarga de los mantos freáticos (Orozco y Olivera, 1985).

Las planicies de piedemonte se extienden al centro y al este de la zona, formando un área plana con características de lomeríos suaves con una extensión considerable. Es en esta zona donde se concentra el recurso agua y se dan las condiciones topográficas adecuadas para el desarrollo de actividades agropecuarias.

La región citrícola de Nuevo León es reconocida en México por ser cuna de este cultivo. Desde principios de siglo se explota comercialmente por lo que el desarrollo y crecimiento actual de los seis municipios que la integran se debe a esa actividad (FIDECITRUS, 2008). Los municipios que forman esta región son: Linares, Hualahuises, Montemorelos, General Terán, Allende y Rayones. De los casi 65,000 km² que tiene Nuevo León como extensión, la región citrícola ocupa 8,000 km² que representa el 12% de la superficie estatal, cuenta con una población de poco más de 174 mil habitantes que equivale al 4.54% de la

población del estado, se concentra el 32% de las aguas, genera un Producto Interno Bruto de alrededor de 4,200 millones de pesos. Esta zona citrícola se ubica entre las coordenadas extremas: 25° 30' Norte, 99° Oeste y 25° 30' Norte, 100° 20' Oeste; 24° 30' Norte, 99° Oeste, y 24° 30' Norte, 100° 20' Oeste, y a una altitud media de 500 metros sobre el nivel del mar (Fig. 6) (INEGI, 2010).



Simbología
 Municipios



Fuente: CONABIO, 2006; CONAGUA, 2007; INEGI, 2011.
 Elaboró: Biol. Helga C.P. Barba Medina

Figura 6 Localización de la región cítrica de Nuevo León

Dinámica de los fenómenos meteorológicos

Las fluctuaciones de los fenómenos meteorológicos tienen su origen en el desplazamiento de la faja subtropical de alta presión a lo largo del año y los vientos alisios. Generalmente, desde noviembre y en los primeros meses del año se presentan condiciones secas y frías, cuando la Zona Intertropical de Convergencia se ubica al extremo sur y coincide aproximadamente con el ecuador geográfico, dominando entonces los vientos del oeste e influyen los frentes provenientes del norte de Estados Unidos y sur de Canadá, que dan lugar a lluvias, descensos de temperatura y frecuentes heladas.

La época cálida y húmeda se inicia cuando las zonas subtropical de alta presión e intertropical de convergencia se trasladan al norte del ecuador geográfico. La región citrícola se encuentra bajo el dominio de los vientos alisios que tienen su origen en la margen sur de la celda de alta presión Bermuda-Azores, localizada en el Océano Atlántico; esto sucede comúnmente a partir de mayo y hasta octubre, que es la estación húmeda. La época húmeda se intensifica en septiembre y se prolonga hasta parte del otoño por la influencia de las ondas del este y los ciclones tropicales.

Cabe mencionar que la región por encontrarse al norte del Trópico de Cáncer, la curva anual de la temperatura presenta un solo máximo, durante el mes de julio. Por sus valores de temperatura media anual, la mayor parte de la región queda incluida en la zona térmica semicálida, con temperaturas entre 18 y 22°C. En la porción nororiental, hacia la Llanura Costera del Golfo, se presentan condiciones cálidas (entre 22 y 24°C) y finalmente se localiza una zona reducida que posee condiciones templadas, entre 12 y 18°C (Vidal y Gómez, 2007 a y b).

En la región se registran precipitaciones anuales de 400 a 1200 mm, el rango de 800 a 1200 mm ocupa sólo una pequeñísima parte del municipio de Linares, mientras que una gran extensión de los municipios de Montemorelos, Linares, Allende, General Terán y Hualahuises recibe de 600 a 800 mm. A fines del verano y parte del otoño, los ciclones tropicales suelen invadir la región y producen lluvias y, en ocasiones destrucción.

La región citrícola se encuentra ubicada en la gran región climática noreste (Vidal, 2005), por su latitud al norte del Trópico de Cáncer (23° N), en el verano imperan los vientos alisios del NE cargados de humedad, y en invierno se destacan masas de aire polar seco produciendo bajas temperaturas, se presentan regímenes de lluvias en verano, con fuerte oscilación térmica ocasionando climas extremos y muy extremos que favorecen el desarrollo de una agricultura comercial de importancia regional, nacional e internacional (García, 1990).

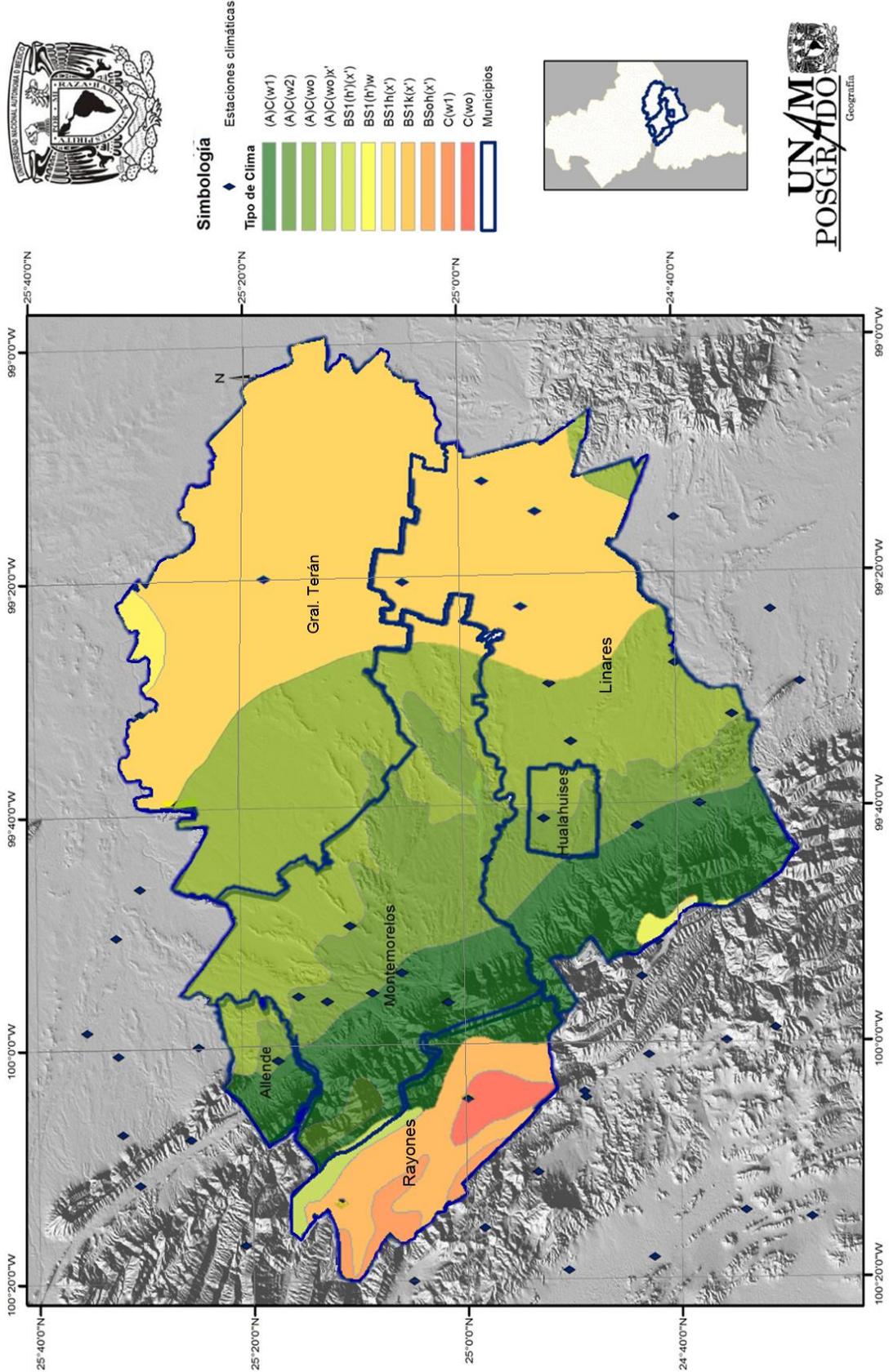
Por su temperatura, precipitación y altitud, en la región citrícola predominan los climas semicálidos del grupo de los templados y semiáridos (García, 2004) (Cuadro 1 y Figura 7).

Cuadro 1. Grupos climáticos

Grupo Climático A	Clima
(A)Cx'(w ₀)	Semicálidos subhúmedos del grupo de los templados, con lluvias escasas todo el año; lluvias de verán y porcentaje de lluvia invernal mayor a 10.2% del total anual.
(A)C(w ₀)	Semicálidos subhúmedos del grupo de los templados, el más seco de los subhúmedos; régimen de lluvias en verano con índice P/T menor de 43.2, y porcentaje de lluvia invernal entre 5% y 10.2% del total anual.
(A)C(w ₁)	Semicálidos subhúmedos del grupo de los templados, el intermedio de los subhúmedos; régimen de lluvias en verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal entre 5% y 10.2% anual.
(A)C(w ₂)	Semicálidos subhúmedos del grupo de los templados, el más húmedo de los subhúmedos; régimen de lluvias en verano. Precipitación del mes más seco menor a 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal entre 5% y 10.2% del

	total anual.
Grupo Climático B	
BS,(h´)hx´	Semiárido semicálido, con lluvias escasas todo el año, porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.
BS,hw	Semiárido semicálido, régimen de lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.
BS,kx´	Semiárido templado, régimen de lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.
Grupo Climático C	
C(w ₀)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal entre 5% y 10.2% del total anual.
C(w ₁)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal entre 5% y 10.2% del total anual.

(Fuente: García, 2004. Hernández, 2004; ArcGis 10.0, 2010)



Fuente: CONABIO, 1998; 2006; CONAGUA, 2007; INEGI, 2011. Elaboró: Biól. Helga C.P. Barba Medina

Figura 7 Climas de la región citrícola de Nuevo León

La disponibilidad de agua en cantidad y calidad es importante para el desarrollo agrícola. En la zona citrícola se aprovechan tanto los escurrimientos superficiales como los subterráneos y mantos acuíferos. En Nuevo León se definen ocho cuencas hidrológicas que corresponden a los ríos más importantes que lo atraviesan. Entre ellas destaca la cuenca del río San Juan, con una superficie de 20,212 km². El río nace en el municipio de Santiago, en la Presa Rodrigo Gómez (La Boca) y desemboca en el río Bravo. En él se construyó la presa El Cuchillo, en el municipio de China. La región citrícola se encuentra entre las cuencas del río San Juan y del río San Fernando (FIDECITRUS, 2008).

La zona cuenta con varios ríos de escasa potencialidad, algunos perennes y otros erráticos e intermitentes, ninguno de ellos navegable (Fig. 8). Los escurrimientos en las cuencas hidrológicas de la región citrícola han sido aprovechados básicamente en dos grandes presas dentro y fuera de su territorio: La de Cerro Prieto, en Linares, y la del Cuchillo, en China. Las grandes presas de Nuevo León se utilizan principalmente para abastecer de agua potable al Área Metropolitana de Monterrey, cada vez desde distancias mayores, y en contrapendiente, con capacidad total de almacenamiento de más de 2200 km³ (FIDECITRUS, 2008).

En la zona citrícola se cuenta con 137 fuentes de abastecimiento de agua potable y un volumen promedio diario de extracción de 32,391.9 m³. En la región se localizan seis plantas de tratamiento de aguas residuales con una capacidad instalada de 260.8 l/s, el volumen tratado en promedio es de 6'868,541 m³/año (FIDECITRUS, 2008).

La geología (Fig. 9) de la región muestra el origen y desarrollo de los materiales predominantes. Esto es importante para la agricultura, ya que al establecerse la relación clima-geología, se concibe el concepto de suelos, que surgen a partir de las características físico-químicas del material parental, en función de la composición, textura, grado de estructura y permeabilidad del suelo que advierte la presencia de aguas subterráneas.

El origen geológico de la región citrícola data de las eras Mesozoica y Cenozoica, la primera caracterizada por la presencia de rocas sedimentarias como: pizarras, margas, calizas y caliza arcillosa; formadas a partir de sedimentos depositados mecánicamente como lodo, arena y grava a partir de la acción del intemperismo y la erosión; y que evolucionaron sobre un basamento Paleozoico y Precámbrico (INEGI, 2012).

En la era Cenozoica se originaron las deformaciones orogénicas que dieron lugar a la Sierra Madre Oriental. A finales del Mesozoico y principios del Cenozoico se dio la apertura del Golfo de México, que formó en el NE un mar que durante el Eoceno y Oligoceno experimentó un proceso de sedimentación resultado de la precipitación química en cuerpos de agua superficiales, tanto de ambientes marinos como continentales que causaron que el mar se retirara hacia el este. A finales del Mioceno y principios del Plioceno este mar se convirtió en tierra firme dando lugar a la Llanura Costera del Golfo Norte la cual ascendió hasta encontrarse con la sierra (Orozco y Olivera, 1985).

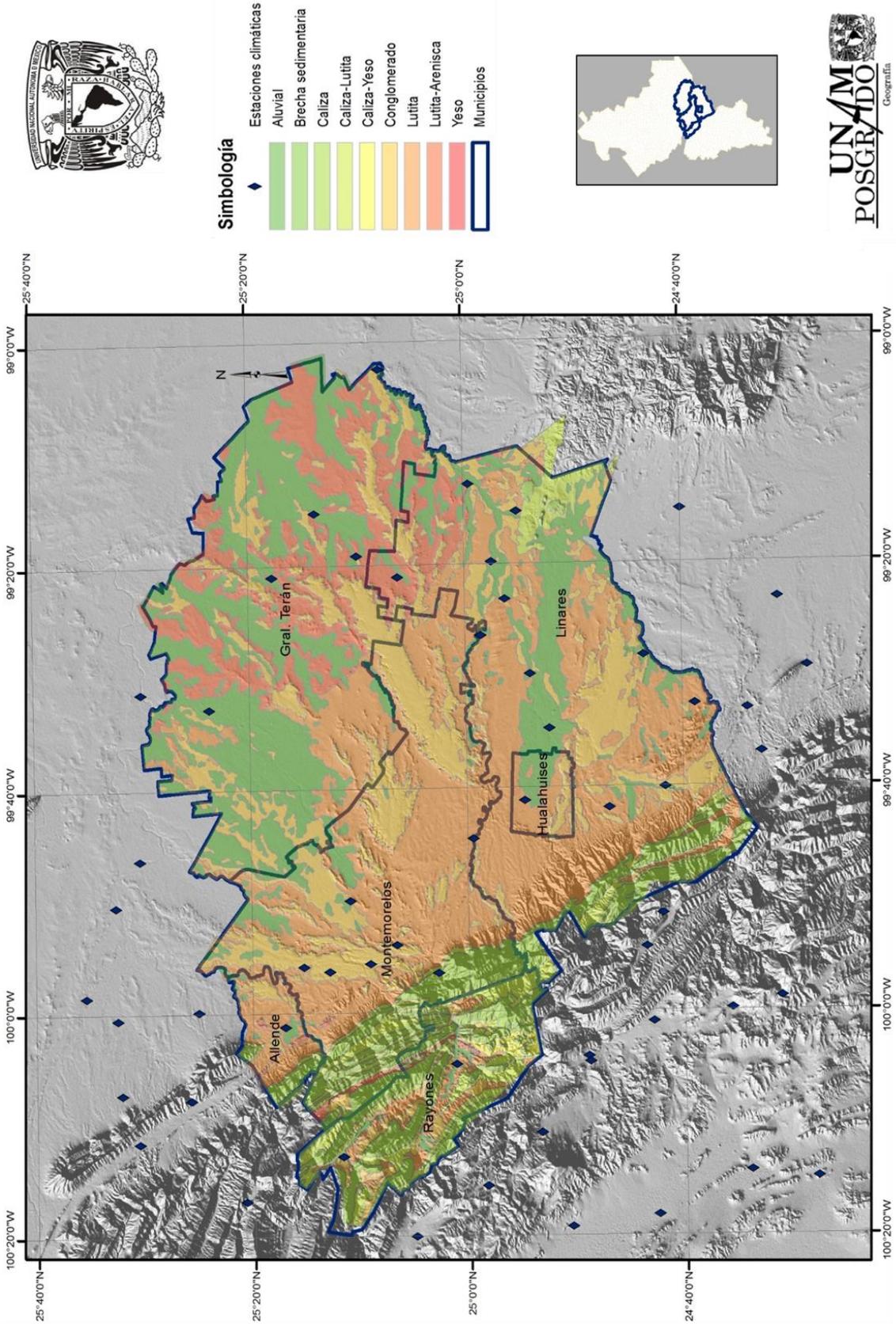


Figura 9 Geología de la región citrícola de Nuevo León.

La orografía de esta región está conformada principalmente por elevaciones o lomeríos que son bifurcaciones de la Sierra Madre Oriental, entre las principales lomas están: Prieta, Graniza, Amole, Las Flores, Alta, Olmo, Tres Lomas, La Campana, La Loma del Muerto. También se encuentran depresiones, como el Cañón de Santa Rosa en el municipio de Linares.

Respecto a la vegetación, en Nuevo León existen seis subprovincias en las que se divide el tipo de vegetación, la región citrícola abarca cuatro de éstas:

Subprovincia de Llanuras y Lomeríos compuesta principalmente por matorral submontano; otro tipo de vegetación común es el matorral espinoso tamaulipeco. También se presentan algunos bosques de encino, encino-pino y pino en los sitios más altos de la subprovincia; pastizales cultivados e inducidos en el lomerío suave; algunos mezquiales y manchones pequeños de selva baja caducifolia espinosa y de selva baja caducifolia (INEGI, 2012).

En las subprovincias de las Sierras Transversales y de las Sierras y Llanuras Occidentales, predominan climas secos y se desarrolla el matorral desértico micrófilo y el matorral desértico rosetófilo. Las especies más frecuentes son: gobernadora, hojasén, mezquite y nopal (INEGI, 2012).

En la subprovincia de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León predominan el matorral espinoso tamaulipeco y el mezquital. Se presentan en forma alternada sobre suelos del tipo del vertisol o del xerosol. También existen el matorral submontano, el matorral desértico micrófilo, vegetación halófila y pastizal natural (INEGI, 2012).

Región citrícola

En el área denominada región citrícola se realizan actividades agrícolas de riego y de temporal. Las áreas dedicadas a la agricultura de riego, que se encuentran distribuidas en la sierra plegada, el valle intermontano con lomeríos, la sierra compleja con lomeríos, y el sistema de lomeríos con llanuras, hay suelos profundos, fértiles, de poca pendiente y no tienen problemas de pedregosidad. Aquí se producen cereales, frutas y hortalizas: maíz, sorgo, trigo, cebada, frijol, chícharo, tomate, chile, repollo, papa alfalfa, zanahoria, lechuga, pera, naranja,

toronja y mandarina, manzana, granada, membrillo, nogal, aguacate y durazno (INEGI, 2012).

La agricultura de temporal se practica fundamentalmente en zonas del noroeste en sistema de lomeríos suaves con llanuras, sobre suelos profundos mayores a 35 cm. La distribución de la precipitación permite cosechas de medianas a buenas. Se produce avena, cebada, maíz sorgo, trigo, sorgo forrajero, frijol, calabaza, naranja, manzana, melón, pera, aguacate y durazno. (INEGI, 2012).

La población total para el quinquenio 1995–2000 presentó un ligero incremento de tal forma que para este último año, la población fue de 174,220 habitantes, que representa el 4.5 % de la población estatal. La población económicamente activa (PEA) alcanzó los 60,154 habitantes, el 35% de la población total y el 47.2% de la población mayor de 12 años (INEGI, 2000).

La evolución de la población económicamente activa (PEA) es similar a lo que sucede en cualquier región de la zona norte del país, la participación de la PEA en actividades agropecuarias disminuye de manera consistente, asimismo, los sectores de transformación, construcción, comercio y sobre todo los servicios muestran fuertes tasas de crecimiento (FIDECITRUS, 2008).

La generación de riqueza en la región citrícola se basa en los servicios, los cuales constituyen el 37.6% en el PIB estatal, las actividades comerciales aportan el 29.3% y la industria manufacturera participa con el 25.7%.

El Programa de Regularización de la Tenencia de la Tierra (PSVRTT, 2004), implementado por el Gobierno del Estado y el Instituto de la Vivienda de Nuevo León, orienta los esfuerzos de todas las dependencias y entidades involucradas a nivel Estatal en estrecha coordinación con los Municipios, para lo cual se han creado dos instancias de coordinación:

- Comisión Metropolitana para la regularización de la Tenencia de la Tierra, y
- Comisión Interinstitucional para la Regularización de la Tenencia de la Tierra Rural, integrada: fue instalada el 17 de junio del 2004, con el propósito de promover la solución de los conflictos en materia de la tenencia de la tierra rural en Nuevo León, mediante la implementación de acciones o programas

que dentro del marco legal vigente y conforme a las atribuciones que cada uno de los Organismos y Dependencias participantes tienen señaladas, permitan brindar certeza jurídica a los ocupantes de los predios, mediante la expedición de los títulos de propiedad que les correspondan (PSVRTT, 2004).

La región citrícola de Nuevo León ha desarrollado un Fideicomiso para el desarrollo de la región citrícola (FIDECITRUS), el cual ha creado un Plan de Desarrollo Sustentable para la Región Citrícola que pretende posicionar a la región citrícola como una región líder; siendo un polo de desarrollo económico, preservando su medio ambiente, sus estructuras históricas y culturales, fortaleciendo los recursos ya existentes logrando aprovechar sus ventajas competitivas, propiciando así el equilibrio regional y una mejor calidad de vida en la región (FIDECITRUS, 2008).

Principales Rubros de Acción de FIDECITRUS:

- Equilibrio Regional y Creación de Polos de Desarrollo.
- Innovación Tecnológica, Conocimiento y Competitividad Empresarial.
- Rescate Productivo al Campo
- Aprovechamiento del Turismo como Riqueza del Estado

Equilibrio Regional y Creación de Polos de Desarrollo impulsado con el apoyo de la FAO y la Universidad de Monterrey. Tiene por objetivo el de propiciar que esta región cuente con las herramientas que le permitan desarrollarse económica, social y culturalmente convirtiéndola en una región líder en México, un polo de desarrollo que potencie los recursos existentes y fortalezca sus ventajas competitivas a través de la implementación de una cartera de proyectos que prioricen líneas de acción y conjunten esfuerzos (FIDECITRUS, 2008).

Innovación Tecnológica, Conocimiento y Competitividad Empresarial: se encarga de la modernización de empacadoras de cítricos, gracias a la vinculación de FIDECITRUS con otras dependencias del Gobierno Federal, Estatal e instituciones internacionales de financiamiento se logró la renovación de las empacadoras de cítricos más representativas en la Región y que contaban con instalaciones que datan de los años 40, estas empacadoras adoptaron una tecnología española que funciona a través de un mecanismo

automatizado y es capaz de procesar hasta 90 toneladas de fruta por hora (FIDECITRUS, 2008).

Rescate Productivo del Campo. Se celebró un convenio de colaboración Científico-Tecnológico y Académico con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey que tiene por objetivo el de desarrollar en conjunto un sistema o proyecto, mediante el uso de tecnología satelital, capaz de proporcionar información sobre estudios geológicos, climáticos, estadísticas de producción y demás que se utilicen para poder determinar los volúmenes de producción de cítricos de las zonas citrícolas de Nuevo León y Tamaulipas.

Aprovechamiento del turismo como riqueza natural del estado: la Ruta de la Naranja. Es un plan maestro de mercadotecnia para promocionarla como producto turístico integral, además de propiciar la inversión pública en este tipo de proyectos (FIDECITRUS, 2008). Pocas regiones tienen tanto potencial turístico como la región citrícola. Por ello, FIDECITRUS busca impulsar esta actividad económica estratégica con base en el posicionamiento como región de alto atractivo y foco de inversión pública y privada en esta materia (FIDECITRUS, 2008).

El factor clave del desarrollo económico de la región fue la citricultura, la economía entró en una etapa expansiva desde los años cuarenta por lo menos hasta 1970, las actividades relacionadas con el cultivo, que incluyen la comercialización y emparadoras, por ejemplo, se incrementaron de manera considerable, sin embargo, el efecto sobre el nivel de empleo fue muy relativo ya que nunca se logró superar su carácter estacional condicionado por la naturaleza de la producción citrícola (Gómez *et al.*, 1997; Sánchez, 2007; FIDECITRUS, 2008, SAGARPA, 2013).

Producción Citrícola Nacional

El HLB es una amenaza seria que puede afectar gravemente las 526 mil hectáreas establecidas con cítricos distribuidas en 23 entidades federativas, lo que representa una producción de 6.7 Mg/año con un valor de \$8,050 millones de pesos, que sitúa al país en el cuarto lugar mundial en producción de cítricos. (SIAP, 2006; Gómez, *et al.*, 1997; Trujillo-Arriaga *et al.*, 2008; SAGARPA, 2013).

De la superficie establecida, el 68.5% corresponde a naranja, 20.5% a limón mexicano, 5.2% a limón persa, y el resto a toronjas, mandarinas y tangerinas (Trujillo–Arriaga *et al.*, 2008). En beneficio de 67,000 productores; esta actividad genera 70,000 empleos directos y unos 250,000 indirectos (Dirección General de Fomento a la Agricultura, 2007). Es evidente que el HLB se ha convertido en una amenaza potencial grave para la producción de cítricos en todos los países de cultivo de cítricos del mundo (Batool *et al.*, 2007).

La producción citrícola en México está representada por cultivos de limón, naranja, toronja, mandarina y tangerina, de las cuales se resaltan diversos datos:

Limón.

México es el primer productor de limón a nivel mundial y ha consolidado su presencia en el mercado internacional de cítricos, incursiona en el mercado norteamericano y europeo (Holanda y Reino Unido) (SAGARPA, 2013).

La producción promedio de limón (Fig. 10), de los últimos 12 años en el país fue cercana a los 2'000,000 Mg. de toneladas. En 2012, el volumen de producción superó en 9.4% dicho promedio, donde tres de cada cinco limones fueron cosechados bajo la modalidad de riego. Entre mayo y noviembre se cosecha el 85% de la producción (SAGARPA, 2013).

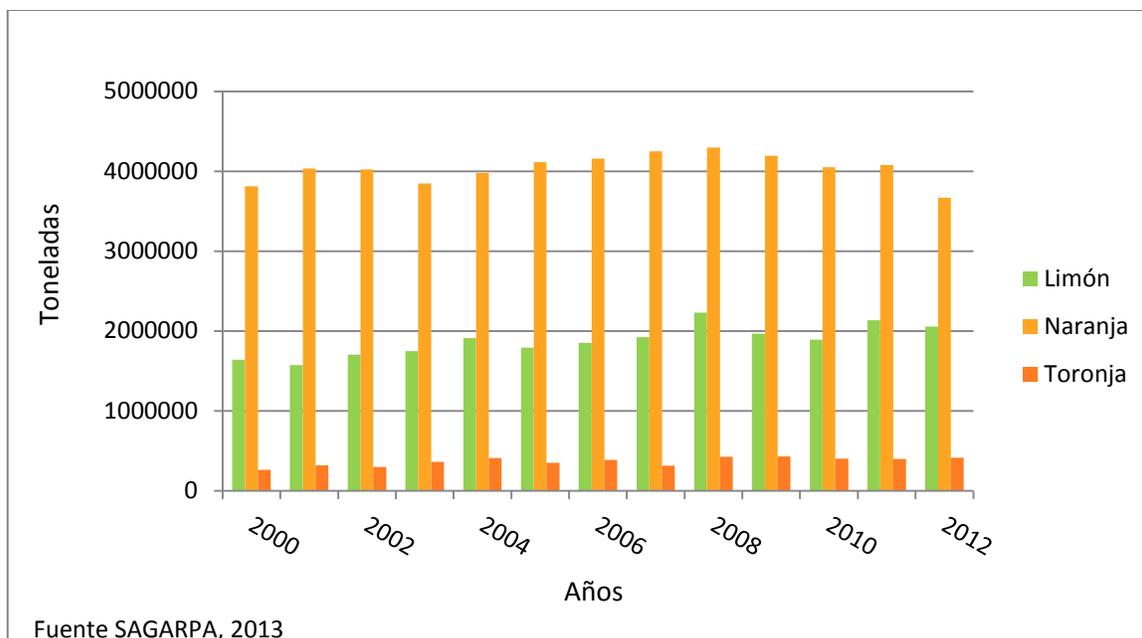


Figura 10. Volumen total de la producción de cítricos a nivel nacional.

Las características geográficas adecuadas a nivel nacional (Fig. 11), para el óptimo desarrollo del limón son:

Altitud de 0 a 1500 msnm,

Precipitación de 900 a 2500 mm,

Temperatura de 20 a 30°C.

Edafología, suelos francos, franco-arenosos, y una profundidad con buena humedad, pH de 6.0 a 8.3 (SAGARPA, 2013).



Figura11 Características adecuadas para el cultivo de limón.

Las zonas con mayor potencial se concentran en el Eje Neovolcánico y en la Llanura costera del Golfo de México. En Baja California y Sonora existen regiones con buen rendimiento aunque no tienen aptitud natural. Debido a la inversión en infraestructura y mejoras agrarias permiten altos rendimientos (SAGARPA, 2013).

Los datos de producción citrícola a nivel nacional fueron obtenidos a través del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, en la base de datos de superficie sembrada de cítricos (SIAP, 2013).

Cuadro 2. Datos de Producción de Limón a nivel Nacional.

Datos 2012 para Limón a Nivel Nacional	
Superficie sembrada	166,516 ha
Superficie cosechada	149,194 ha
Superficie siniestrada	No aplica

Volumen	2,055,209 t
Valor	4,909 mdp
Rendimiento	13.8 t/ha
Precio medio rural	2,389 \$/t

Naranja

El cultivo de naranja prevalece en casi todo el país; destacan los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz que concentran más del 70% de la producción. De febrero a junio son cosechadas dos de cada tres naranjas. La menor producción de la década se registró en 2012, sin embargo ocho entidades marcaron un incremento (SAGARPA, 2013).

México es el quinto productor a nivel mundial de naranja, exporta principalmente a Norteamérica y Europa, menos del 1% de su producción nacional (SAGARPA, 2013). Las características geográficas adecuadas (Fig. 12) para el óptimo desarrollo de la naranja son:

Altitud: 0 a 750 msnm

Precipitación: 1200 a 2000 mm

Temperatura: 20 a 25°C

Edafología: suelos permeables y poco calizos, pH de 5.5 a 6.0. Casi el 85% de las naranjas cosechadas se obtiene de zonas con características geográficas adecuadas, sin embargo, la mayoría de las entidades federativas reúne las condiciones idóneas para la producción (SAGARPA, 2013).



Figura 12 Condiciones adecuadas para el cultivo de naranja.

Cuadro 3. Datos de Producción de Naranja a nivel Nacional

Datos 2012 para Naranja a Nivel Nacional	
Superficie sembrada	333,074 ha
Superficie cosechada	323,357 ha
Superficie siniestrada	No aplica
Volumen	3,666,790 t
Valor	6,024 mdp
Rendimiento	11.3 t/ha
Precio medio rural	1,643 \$/t

Toronja

México es el cuarto productor a nivel mundial. Las exportaciones de toronja han crecido a tal grado que el valor generado en 2012 fue nueve veces superior al registrado en 2003 (Fig. 13) (SAGARPA, 2013).

Seis de cada diez hectáreas destinadas a la producción de toronja se ubican en superficie de riego, lo cual favorece los rendimientos. En 2012, el volumen de producción de toronja fue 4.6% superior al de 2011. En el último trimestre del año se recolectan poco más de dos quintas partes del total de este cítrico (SAGARPA, 2013).

Las características geográficas adecuadas (Fig. 9) para el óptimo desarrollo de la toronja son:

Altitud: 1000 msnm

Precipitación 1000 a 2000 mm

Temperatura 23 a 30°C

Las regiones costeras del país con mayores condiciones, alojan la mayor producción; Morelos presenta condiciones para el incremento productivo que aún no han sido explotadas (SAGARPA, 2013).



Figura 13. Características adecuadas para el cultivo de toronja.

Cuadro 4. Datos de producción de toronja a nivel Nacional

Datos 2012 para Toronja a Nivel Nacional	
Superficie sembrada	18,224 ha
Superficie cosechada	17,082 ha
Superficie siniestrada	No aplica
Volumen	415,471 t
Valor	718 mdp
Rendimiento	24.3 t/ha
Precio medio rural	1,727 \$/t

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

Mediante una revisión de literatura referente a este tópico Chiou–nan Chen (2000, Batool *et al.*, (2007), López–Arroyo (2009), Moschini *et al.*, (2010), Díaz *et al.*, (2010), Hernández–Landa *et al.*, (2011). Xia, *et al.* (2011) Contreras–Servín e Ibarra (2011), se integró una metodología para delimitar espacialmente, mediante el uso de SIG y técnicas geoestadísticas, áreas de riesgo de incidencia del vector *Diaphorina citri*, transmisor de la enfermedad conocida como Huanglongbing, Greening en la zona citrícola de Nuevo León.

Se realizaron procesos para la reestructuración, depuración, validación y selección de información climática para delimitar áreas de riesgo agroclimático en la zona citrícola del estado (Díaz *et al.*, 2010; SIAP, 2008).

El procesamiento de la información climática se obtuvo de la base de datos del Sistema Clima Computarizado (CLICOM) 2012 del Servicio Meteorológico Nacional actualizados hasta el año 2011.

Cuadro 5. Elementos de los datos diarios de la base.

Clave	Elemento
1	Temperatura ambiente 08 horas. °C
2	Temperatura máxima. °C
3	Temperatura mínima. °C
5	Precipitación. 24 horas. mm

La base de datos mensual está conformada por los siguientes elementos:

Cuadro 6. Elementos de los datos mensuales de la base.

Clave	Elemento
201	Temperatura máxima promedio °C
202	Temperatura mínima promedio °C
203	Temperatura media mensual °C

Los formatos en que se presentan los datos en CLICOM diario y mensual son los siguientes:

Cuadro 7. Conformación de los datos diarios y mensuales de CLICOM.

Clave	Descripción
Dataset-Id	clave de la entidad federativa
Station-Id	clave de la entidad federativa correspondiente
Element-Code	clave del elemento
Year-Month	en la base diaria corresponde al año y mes
Year	en la base mensual corresponde al año
Value-#	en la base diaria indica el día del mes, va del 1 al 31
Value-#	en la base mensual indica el mes del año, va del 1 al 12

Las normales climatológicas registradas para Nuevo León son precipitación, temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y humedad relativa; las cuales fueron graficadas para conocer su comportamiento normal en el año. Estas normales fueron obtenidas de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2012).

Para seleccionar las estaciones ubicadas dentro y cerca de la zona citrícola se utilizó el SIG ArcGis 10 que permite realizar análisis complejos de la realidad espacial, que además supone una ventaja no sólo cualitativa sino también cuantitativa en la búsqueda de soluciones geográficas en cualquier contexto en el que se apliquen (CEA 2013); donde se modificó la información a nivel de estados, a partir de datos del INEGI y la CONABIO de municipios y de estaciones climáticas, y se seleccionó Nuevo León, y los municipios que conforman la zona citrícola y las estaciones climáticas con la herramienta *Select Features by Rectangle*, donde al activar cualquiera de las capas y al formar un rectángulo que seleccione el estado, los municipios, las estaciones que se encuentran alrededor de la zona deseada, se iluminan, y se puede proceder a convertirlo en shape con la herramienta *export* del menú *file*.

Una vez que se obtienen los *shapes* de las diferentes capas (topográfica de estados y municipios, geología, hidrología, clima), de la zona de estudio, se

exportan las bases de datos con la herramienta *export* que se encuentra en el menú de las propiedades de la tabla de la capa de estaciones. Se elige el directorio donde quedará guardado el archivo para su posterior uso, con una extensión de formato .dbf.

En el programa Excel se abre la tabla de las estaciones seleccionadas previamente, esto para obtener la matriz de datos con el nombre y la clave de las estaciones que se encuentran contenidas en la zona de estudio, y poder filtrar los elementos requeridos para el estudio. Al obtener una matriz de datos se procede por medio de análisis estadísticos a elegir las estaciones con los datos a nivel mensual más completos, con un periodo mínimo de 30 años. Para tal fin se requirió homogeneizar las estaciones con una prueba de recorrido y de homogeneidad, para tener una mayor calidad en los datos y por tanto un estudio más confiable.

Prueba de homogeneidad

Esta técnica, pertenece a la clasificación de la prueba de bondad de ajuste, con ella se puede probar si hay una diferencia significativa entre los datos esperados o teóricos y los datos observados. Los datos esperados o teóricos deben ir en igual proporción para cada categoría, de esta situación es que toma el nombre de prueba de homogeneidad.

Procedimiento general para la prueba de homogeneidad (Cuadro 5)

1. Definir claramente los datos observados, colocados en categorías. Cada observación debe pertenecer a una y solamente a una categoría.
2. Definir los supuestos, en ellos se definen los requisitos del objetivo y el tipo de prueba que se va a realizar.
3. Hipótesis: Se plantean un solo tipo de hipótesis.
 - a. H_0 : todas las categorías tienen iguales frecuencias: Homogéneas
 - b. H_1 : no todas las categorías tienen iguales frecuencias: Heterogéneas

Prueba de recorrido

La aplicación de la prueba del recorrido a una serie, es útil para conocer sobre la distribución de la serie y comprende las siguientes etapas:

- 1) Estimación del valor medio de la serie.
- 2) Cálculo de los desvíos de cada elemento respecto al valor medio. Se asigna a cada valor de la serie el signo correspondiente, (+) si está el valor de la serie por encima de la media y (-) si está por debajo.
- 3) Cálculo del número de cambios de signo que presenta la serie, según tabla siguiente (Cuadro 5), si el número de cambios está dentro del intervalo admitido, la serie analizada es homogénea, en caso contrario no es homogénea.
- 4) Graficar los valores de la media y la mediana.

Cuadro 8 Criterio de Doorembos

Nº observaciones (años)	Intervalo	Nº observaciones	Intervalo
12	5-8	34	14-21
14	5-10	36	15-22
16	6-11	38	16-23
18	7-12	40	16-25
20	8-13	50	22-30
22	9-14	60	26-36
24	9-16	70	31-41
26	10-17	80	35-47
28	11-18	90	40-52
30	12-19	100	45-57
32	13-20		

Consideraciones a la aplicación de esta prueba:

- Si al aplicar la prueba de recorrido se valora que la serie no es homogénea, debe buscarse la causa y ya no se aplica ninguna otra prueba.
- Las pruebas no son condiciones necesarias y suficientes para afirmar que una serie sea homogénea.
- Mientras no haya una prueba que diga que una serie no es homogénea, será homogénea.
- Las pruebas paramétricas son más robustas que las no paramétricas, pero presuponen cierta distribución de la serie.

Selección de estaciones

Conociendo las estaciones cuyas series de datos fueron homogéneas y con la mayor cantidad de datos, se procedió a hacer un filtro a las mismas para dejar solo aquellas que cumplieran con los criterios necesarios para obtener los mejores resultados posibles, en este caso aquellas que contaran con el mayor número de años del periodo 1980 a 2011, para los elementos de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media y precipitación.

Para trabajar los datos en el SIG las coordenadas deben transformarse en formato decimal para que se ubiquen los datos, la transformación se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{Lat} = (\text{grados} + (\text{minutos}/60) + (\text{segundos}/3600))$$
$$\text{Long} = (\text{grados} + (\text{minutos}/60) + (\text{segundos}/3600)) * -1$$

Una vez que se tiene la base georreferenciada con sus respectivos atributos (temperatura máxima, mínima y media y precipitación), se procede a elegir el elemento climático que se va a analizar.

Antes de proceder con la interpolaciones se deben establecer las condiciones ambientales que requiere el vector para desarrollarse, por lo que se procedió a

elaborar un esquema de confort (Fig. 16), el cual en particular para este caso, se basó en la adaptación del Climograma de Thornthwaite que es un gráfico de doble entrada en el que se presentan resumidos los valores de precipitación y temperatura recogidos en una estación meteorológica. Se presentan los datos medios de cada mes del año, teniendo en cuenta la precipitación y la temperatura media a lo largo de todos los años observados.

Este gráfico se modificó al utilizar datos de humedad relativa, temperatura media y precipitación, provenientes del observatorio de Nuevo León, en lugar de utilizar solo temperatura y precipitación; esto con el fin de encontrar una confluencia que permitiera descubrir los valores a los cuales el vector puede desarrollarse favorablemente, basándonos en los datos bibliográficos de la biología de *Diaphorina citri* de temperatura, para poder extrapolar hacia precipitación y humedad relativa, y estos valores a su vez cotejarlos con los datos obtenidos de los índices calculados.

Junto con el esquema de confort y datos de temperatura media, precipitación y humedad relativa a nivel estatal, obtenidos a partir datos del observatorio de Nuevo León, se elaboró un climograma (Fig. 15), para observar cómo se comportan estos elementos a lo largo de un año.

Los climogramas tienen un eje de abscisas donde se encuentran los meses del año, un eje de ordenadas a la izquierda donde se encuentra la escala de las temperaturas y un eje de ordenadas a la derecha donde se encuentra la escala de las precipitaciones (SEPOR, 2013).

Es de primordial importancia para la ecología y para la agricultura de un país el conocimiento de las condiciones climáticas mes por mes. Entre los elementos del clima que influyen más en la vegetación se encuentran la temperatura y la precipitación.

Köppen toma en cuenta la precipitación total anual en mm y la temperatura media anual en °C, relacionándolas con fórmulas empíricas, con las que calcula los límites entre las zonas húmedas y secas; fórmulas que son diferentes según el régimen pluviométrico: $P=2T$ si la lluvia se presenta en invierno; " $P=2T+14$ si se distribuye en todos los meses del año, y $P=2T+28$ si cae en la estación caliente (García, 2005).

Los datos empleados para calcular los límites entre las zonas secas y las húmedas son datos anuales, pero es necesario delimitar los climas también a nivel mensual.

Se elaboraron de dos gráficos en los que se compararon datos de humedad relativa con temperatura media y de humedad relativa con precipitación, y datos de normales climatológicas de los observatorios del SMN, de estados que presentan la infección por HLB, para determinar si Nuevo León presenta los mismos niveles de humedad relativa, temperatura y precipitación, y saber si la zona citrícola corre riesgo de infección por HLB. También se realizó una prueba de análisis de varianza (ANOVA), el cual se fundamenta en el estudio de las varianzas. Como establece diferencia entre las medias poblacionales; es un método matemático creado para probar la hipótesis de que las medias aritméticas de más de 2 grupos poblacionales son iguales. Las hipótesis nula y alternativa son las siguientes:

H_0 = Las medias de temperatura, precipitación y humedad relativa de los estados infectados con HLB y Nuevo León son iguales.

H_1 = Las medias de temperatura, precipitación y humedad relativa de los estados infectados con HLB y Nuevo León son diferentes.

Con los datos ya homogeneizados se procede a obtener el promedio mensual por cada año del periodo establecido, (30 años). En cuanto a la precipitación, también se hace el mismo procedimiento de calcular los promedios por mes y por año para el periodo, con la diferencia que en este elemento se obtiene la sumatoria total para obtener el acumulado de la lluvia del periodo.

Conseguido el promedio de cada año del periodo para cada elemento, se procedió a agrupar los datos en una hoja de cálculo en Excel por elemento, conformada por la clave de la estación, el nombre y los años del periodo (1980 a 2011), y en la última columna se hace un promedio del periodo por estación al que se le llamó histórico. Lo anterior para obtener una interpolación por cada elemento y observar y cuantificar los cambios espaciales de los elementos a lo largo del año al interpolar, o una distribución global si se toma en cuenta la columna histórica.

La obtención de áreas de riesgo, se integra por el promedio de cuatro índices: índice de generaciones potenciales, índice de días con condiciones favorables para el desarrollo del psílido; índice de días con precipitaciones favorables e índice de superficie agrícola.

Índice de Generaciones Potenciales.

Este índice permite conocer el número de generaciones que se pueden producir con base en información bibliográfica de la biología del vector. Considerando la temperatura media diaria de cada estación, se realizó el cálculo del número de generaciones potenciales de cada año, partiendo de que una generación de *D. citri* requiere acumular 211 grados día para completar su desarrollo con una temperatura umbral de 13.5°C. (Moschini *et al.*, 2010; Díaz *et al.*, 2010; SEPOR, 2013).

El valor de los grados día es la suma de la diferencia entre una temperatura fija o base y la temperatura media de todos los días de ese periodo de tiempo, cuando esa temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base. La temperatura máxima es cerrada a 30°C porque muchas plantas e insectos no crecen más rápido por encima de esa temperatura.

Este índice es importante porque permiten conocer la relación que existe entre la planta y su entorno; igualmente fundamental para realizar un manejo técnico adecuado de un cultivo. Este método también es aplicable a los ciclos de vida de otros seres vivos como los insectos, que responden principalmente a los cambios en las variables ambientales tales como la temperatura, la humedad relativa y la luminosidad, generando respuestas como salir del receso de invierno. Esta información permite planificar los controles fitosanitarios, como la liberación de especies utilizadas como control biológico y los periodos de abundancia entre otros.

Se calcula con la expresión:

$$GD_i = GD_{i-1} + (tmed_i - 13.5)$$

donde:

GD = se calcula tomando el promedio diario de cada día de la temperatura máxima y mínima comparada con una base (en este caso 13.5°C). Con la ecuación: $GD = (\text{Max} + \text{min}) / 2 - \text{Base}$.

$$tmed_i = (t \min_i + t \max_i) / 2 .$$

Una vez calculado el número de generaciones potenciales para cada estación se realizará el cálculo del índice de generaciones potenciales aplicando la fórmula:

$$IGP_i = GP_i / \text{Max}(GP),$$

dónde:

IGP_i , es el índice de generaciones potenciales para la i -ésima estación;

GP_i , representa las generaciones potenciales calculadas para la i -ésima estación y $\text{Max}(GP)$, es el valor máximo de generaciones potenciales observado en todas las estaciones (Díaz *et al.*, 2010).

Índice de Días con Condiciones Favorables de Temperatura Promedio.

Este índice representa el número de días con temperaturas favorables a las que los huevos, ninfas y adultos de *Diaphorina citri* se desarrollan más rápido. Considerando la información de temperaturas de cada estación, se identificarán los días en que se cumpla la condición de temperatura mínima mayor a 15°C y temperatura máxima menor a 32°C , estos valores son descritos por Moschini *et al.*, (2010) como temperaturas confort para el desarrollo del vector. Después, se hará un promedio histórico a partir del cálculo de días con condiciones favorables.

Para el cálculo del índice de días con condiciones favorables se aplica la fórmula:

$$IDPF_i = IDCF_i / \text{Max}(DCF),$$

dónde:

$IDCF_i$, es el índice de días con condiciones favorables en la i -ésima estación;

DCF_i , representa el número de días con condiciones favorables en la i -ésima estación y

$Max(DCF)$, es el valor máximo de días favorables observado en todas las estaciones.

Índice de Días con Precipitaciones Favorables Promedio.

Se definió a partir del índice de condiciones favorables, en el que se adaptó tomando la información de precipitación de las estaciones y la información del esquema de confort del vector, propuesto en el presente estudio, para identificar los días en que se cumpla la condición de precipitación por encima de los 50 mm.

Se realizó un promedio histórico a partir del cálculo días con precipitaciones favorables con la fórmula:

$$DPF_i = IDPF_i / Max(DPF),$$

dónde:

$IDPF_i$, es el índice de días con precipitaciones favorables en la i -ésima estación;

DPF_i , representa el número de días con condiciones favorables en la i -ésima estación y

$Max(DPF)$, es el valor máximo de días favorables observado en todas las estaciones.

Índice de Superficie Agrícola.

Representa el valor máximo de la superficie sembrada con cítricos observado en todas las estaciones climatológicas. Dado que el estudio se enfoca a la delimitación de áreas de riesgo en zonas citrícolas de Nuevo León, se consultó la información correspondiente a la variable superficie sembrada sin hacer distinción de especies y variedades pues la *D. citri* en nuestro país no ha mostrado preferencia por alguna especie (SIAP, 2008; Díaz *et al.*, 2010). A partir de la localización de superficies sembradas de cítricos a nivel municipal y con base a operaciones geoespaciales, se delimitó espacialmente a los municipios productores de cítricos en un mapa espacial con su superficie

sembrada, posteriormente dicha distribución mapa sirvió para caracterizar al mapa de estaciones seleccionadas y finalmente se calculó el índice de superficie sembrada en base en la siguiente relación:

$$ICS_i = Cs / Max(SC),$$

dónde:

ICS_i , es el índice de superficie sembrada con cítricos registrada en la i -ésima estación;

SC_i , representa la superficie sembrada con cítricos registrada en la i -ésima estación y

(SC) , describe el valor máximo de la superficie sembrada de cítricos observado en todas las estaciones.

Índice de Riesgo.

Este índice se calculó a partir del promedio de los índices calculados de Generaciones Potenciales, Índice de Días con Condiciones Favorables Promedio, Índice de Días con Precipitaciones Favorables Promedio, Índice de Superficie Agrícola y permite observar la concentración de las diferentes variables que muestran las zonas más susceptibles a la infección por HLB. Aplicando la siguiente relación:

$$IR_i = IGP_i + IDCF_i + IDPF_i + ISC_i / 4$$

dónde:

IGP_i , es el índice de generaciones potenciales para la i -ésima estación

$IDCF_i$, es el índice de días con condiciones favorables en la i -ésima estación

$IDPF_i$, es el índice de días con precipitaciones favorables en la i -ésima estación;

ISC_i , es el índice de superficie sembrada con cítricos registrada en la i -ésima estación; (Díaz *et al.*, 2010)

Interpolación de Datos Puntuales

Antes de realizar las interpolaciones de los índices calculados se procedió a formar combinaciones de los diferentes elementos necesarios como la temperatura mínima y máxima combinados con la precipitación favorable, con el fin de obtener visualmente una aproximación de lo que serían las zonas más susceptibles a contraer la infección por HLB, antes de obtener los mapas definitivos. Estas combinaciones se presentan en el Apéndice A.

Los productos de los índices calculados se agruparon en una base de datos asociada a las estaciones climáticas, las cuales se encuentran georreferenciadas. Estos datos se exportaron a un Sistema de Información Geográfica (SIG) que para este estudio se utilizó el software ArcGis 10 el cual permite asociar la base de datos a un mapa digital, el software contiene el módulo *Geostatistical Analyst* cuya función es realizar procesos de interpolación espacial.

La interpolación es un proceso matemático que se utiliza para predecir el valor de una condición en una ubicación precisa a partir de valores del atributo obtenidos de puntos vecinos ubicados al interior de la misma región (ArcGis 10.0). Se entiende como un proceso para generar una superficie continua de información contenida dentro de un espacio geográfico a partir de un grupo de puntos distribuidos en ese mismo espacio (Johnston et al., 2001; Díaz *et al.*, 2010).

Existen dos métodos de Spline: regularizado y de tensión. El método regularizado crea una superficie suave que cambia gradualmente con los valores que pueden estar afuera del rango de datos de muestra. El método de tensión controla la rigidez de la superficie de acuerdo al carácter del fenómeno modelado. Crea una superficie menos suave con valores que están más restringidos por el rango de datos de la muestra distinguiendo las discontinuidades codificadas tanto en las barreras de entrada y como en los datos de punto de entrada (CEA, 2013).

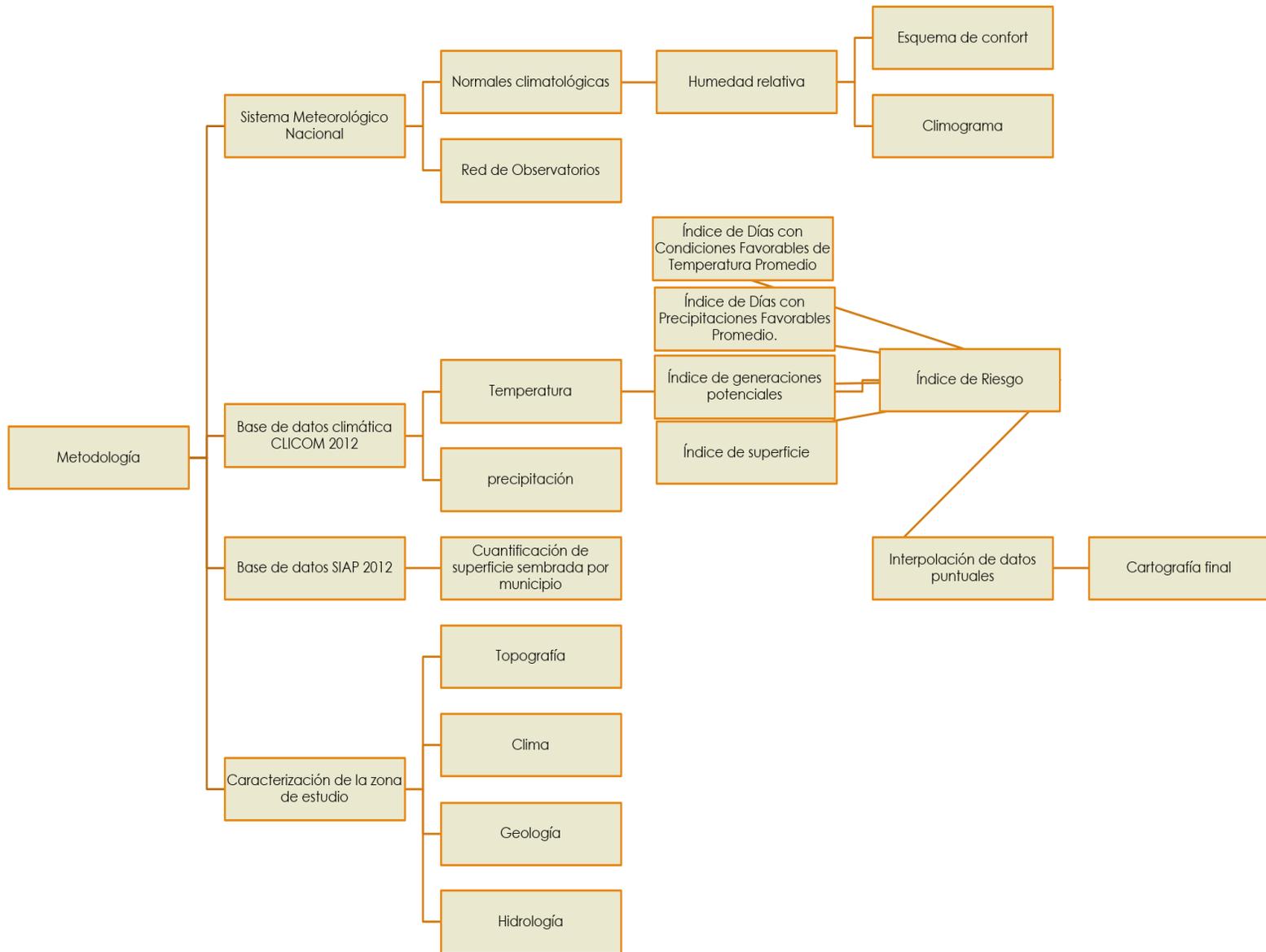


Figura 14. Esquema metodológico

CAPITULO IV RESULTADOS

Uno de los insumos más importantes para la realización de esta investigación fue el que se obtuvo a partir de los datos climatológicos de las 65 estaciones climáticas, ubicadas en los seis municipios que comprenden la zona citrícola de Nuevo León a continuación listadas (Cuadro 9).

A partir de los datos de las estaciones se obtuvieron los mapas de distribución de las estaciones climáticas de la zona citrícola, así como los concernientes a los respectivos índices con los cuales se establecieron criterios de riesgo agroclimático para el desarrollo del vector del HLB.

Se realizaron mapas de distribución de precipitación combinado con temperatura mínima y máxima, con el fin de establecer un patrón preliminar de estas variables antes de elaborar los índices definitivos; los cuales se anexaron en el Apéndice Mapas.

También se construyeron índices que señalan los valores necesarios de precipitación y humedad relativa en los que el vector puede establecerse y proliferar en mayor cantidad y más rápido en la zona citrícola de Nuevo León.

Cuadro 9. Estaciones climáticas de la zona citrícola de Nuevo León.

Clave	Nombre	Municipio	Latitud			Longitud		
			G	M	S	G	M	S
19003	Allende	Allende	25	17	1	-100	1	13
19007	Cabezones	Montemorelos	24	59	28	-99	44	31
19008	Cadereyta	Cadereyta Jiménez	25	35	25	-99	58	30
19009	Casillas	Rayones	25	11	47	-100	12	51
19011	Cerro prieto	Linares	24	56	17	-99	23	7
19013	Ciénega del toro	Galeana	25	5	5	-100	20	0
19015	El cerrito	Santiago	25	30	36	-100	11	36
19018	El pajonal	Santa Catarina	25	29	23	-100	23	20
19019	El Realito	General Terán	25	17	49	-99	20	56
19020	El Potosí	Galeana	24	50	36	-100	19	15
19027	Iturbide	Iturbide	24	43	31	-99	54	17

19033	Laguna de Sánchez	Santiago	25	20	46	-100	16	48
19035	Camacho	Linares	24	52	19	-99	34	44
19039	Las enramadas	Los ramones	25	30	5	-99	31	17
19047	Mimbres	Galeana	24	58	26	-100	15	31
19048	Montemorelos	Montemorelos	25	10	55	-99	49	56
19050	San José de Raíces	Galeana	24	34	0	-100	14	18
19053	Rayones	Rayones	25	1	15	-100	4	38
19056	San Juan	Cadereyta Jiménez	25	32	36	-99	50	25
19064	Vaquerías	General Terán	25	7	42	-99	2	25
19069	La boca	Santiago	25	25	46	-100	7	44
19073	Galeana (smn)	Galeana	24	49	0	-100	4	0
19085	Galeana (dge)	Galeana	24	48	52	-100	4	29
19091	Pablillo (dge)	Galeana	24	35	39	-99	59	49
19100	San Francisco la Carrera	Linares	24	41	39	-99	40	3
19101	San Diego	General Terán	25	13	49	-99	15	15
19106	La Pamona	Linares	24	59	33	-99	12	48
19108	San Cristóbal Purísima	Linares	24	55	8	-99	15	17
19112	Benítez	Linares	24	43	32	-99	28	16
19121	Gatos güeros	Linares	25	6	11	-99	21	4
19126	La laja	Hualahuises	24	54	39	-99	41	9
19128	Obregón	Galeana	24	42	3	-100	24	59
19130	Pobladores	China	25	22	39	-98	45	29
19136	San isidro	Linares	24	57	31	-99	19	47
19140	Tepehuaje	Cadereyta Jiménez	25	30	19	-99	46	15
19144	Cieneguitas y crucitas	Galeana	24	31	4	-99	58	47
19146	Congregación Calles	Montemorelos	25	12	53	-99	56	18
19148	Ejido 18 de marzo	Galeana	24	53	23	-100	10	49
19149	La granja	Linares	24	38	51	-99	32	39
19154	El popote	Linares	24	54	3	-99	29	51
19155	La poza	Galeana	24	42	57	-100	0	57
19171	Lampacitos	Montemorelos	25	6	38	-99	53	57
19173	Palmitos (ge)	Cadereyta Jiménez	25	25	2	-99	59	50

19174	San Bartolo	Cadereyta Jiménez	25	32	32	-100	0	31
19180	San Antonio el Salero	Galeana	24	27	49	-100	14	53
19182	San Roberto	Galeana	24	42	36	-100	18	12
19187	California	General Terán	25	18	23	-99	44	2
19188	El Carmen de los Elizondo	Linares	24	58	34	-99	26	22
19189	El pastor	Montemorelos	25	9	6	-99	55	36
19190	Guadalupe la joya	General Terán	25	9	57	-99	19	6
19193	Santa Rosa	Iturbide	24	42	1	-99	51	19
19197	La morita	Montemorelos	25	15	17	-99	55	50
19200	La Ciénega	Juárez	25	32	10	-100	7	15
28009	Burgos (dge)	Burgos	24	56	54	-98	47	49
28059	Magueyes	Mainero	24	34	0	-99	33	4
28060	Villa Mainero	Mainero	24	32	44	-99	37	0
28084	San Carlos	San Carlos	24	34	52	-98	56	49
28094	San Nicolás	San Nicolás	24	41	22	-98	49	47
28117	Villagrán (dge)	Villagrán	24	28	25	-99	29	25
28198	Garza Valdez	Villagrán	24	31	6	-99	23	13
28202	Lázaro Cárdenas	Burgos	24	52	0	-98	38	5
28209	Conrado Castillo	Villagrán	24	40	1	-99	15	14
28214	Lucio blanco	Villagrán	24	43	54	-99	24	10

La zona citrícola cuenta con 58 estaciones climáticas. Sin embargo, para el trazo de las isólineas fue necesario considerar una zona geográfica más extensa, razón por la cual se recurrió a un *buffer* o zona extendida de 25 kilómetros, alrededor del perímetro original de los municipios Allende, General Terán, Hualahuises, Linares, Montemorelos y Rayones. Por medio de un Sistema de Información Geográfica se incluyó un mayor número de estaciones y sus diferentes atributos. En total se analizaron 65 estaciones (Fig. 15).

-25°40'0"N

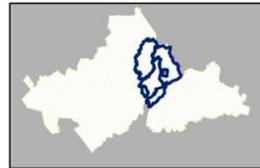


-25°20'0"N

Simbología

- ◆ Estaciones climáticas
- ▭ Municipios

-25°0'0"N



-24°40'0"N



Figura 15 Estaciones climáticas en operación en la zona citrícola de Nuevo León

Las normales climatológicas analizadas para la zona de estudio son precipitación, temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y humedad relativa; las cuales se obtuvieron promedios para cada variable de las 65 estaciones empleadas y se graficaron (Fig. 15).

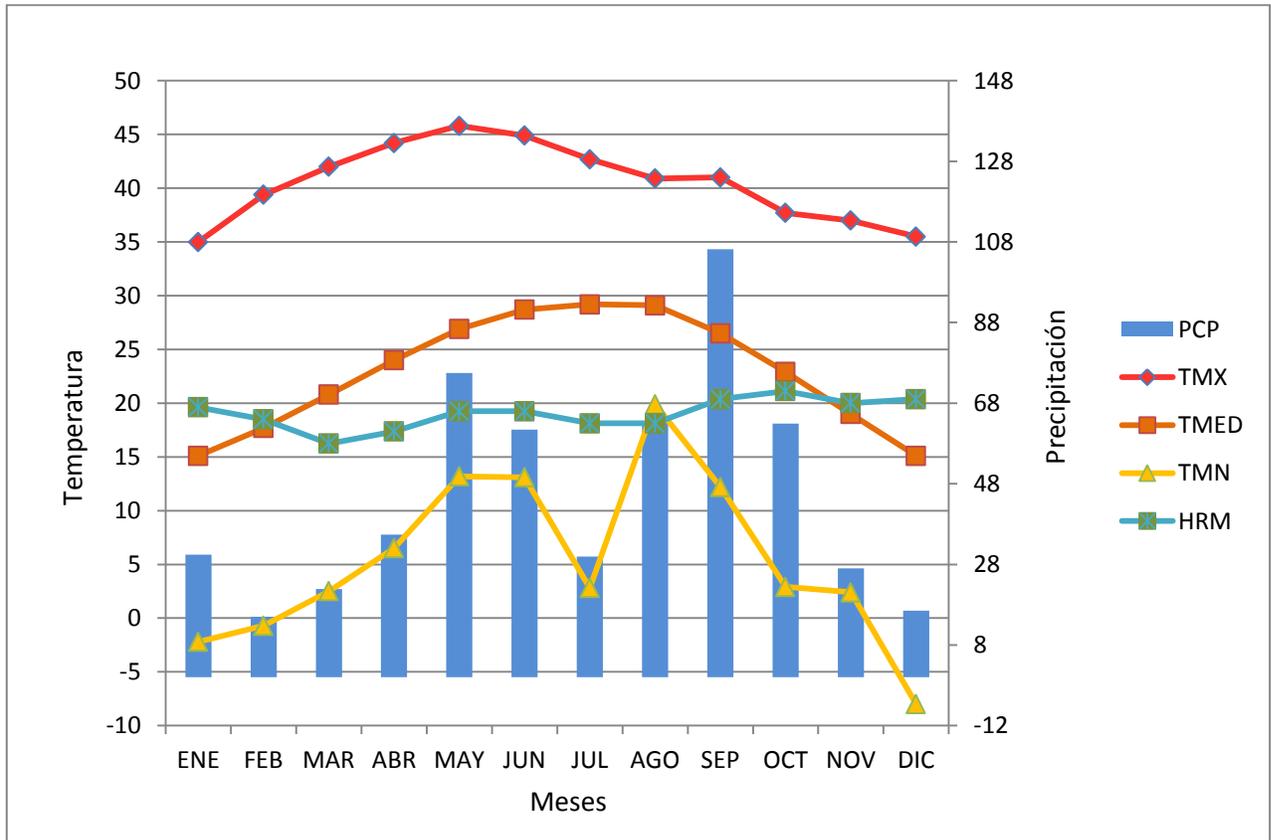


Figura 16 Comportamiento de las normales climatológicas promedio de Nuevo León. Donde se observa en azul la precipitación (PCP), en rojo la temperatura máxima (TMX), en anaranjado la temperatura media (TMED), en amarillo la temperatura mínima (TMIN) y la humedad relativa (HRM) en verde.

La distribución de la temperatura máxima promedio en el año, muestra altas temperaturas en los meses de febrero a julio, la máxima de 45°C, se registró en el mes de mayo (Fig. 16). Debido a los valores de las temperaturas máximas no es posible que el vector pueda reproducirse, debido la fisiología del insecto no se desarrolla en dichas condiciones extremas.

Las temperaturas mínimas promedio van de -2 a -8°C en los meses de octubre a febrero, de mayo a agosto las temperaturas mínimas aumentan hasta alcanzar los rangos necesarios para que el vector se desarrolle.

Las temperaturas medias óptimas que el vector prefiere oscilan de 15 a 29°C , se presentan a lo largo de todo el año, pero es hasta los meses de abril a octubre que las condiciones de humedad relativa de al menos 60% y precipitación de alrededor de 50 a 57% son las óptimas para el desarrollo del vector.

Con base a los datos climatológicos analizados de la zona citrícola de Nuevo León, las poblaciones de *Diaphorina citri* se han mantenido controladas de manera eficiente.

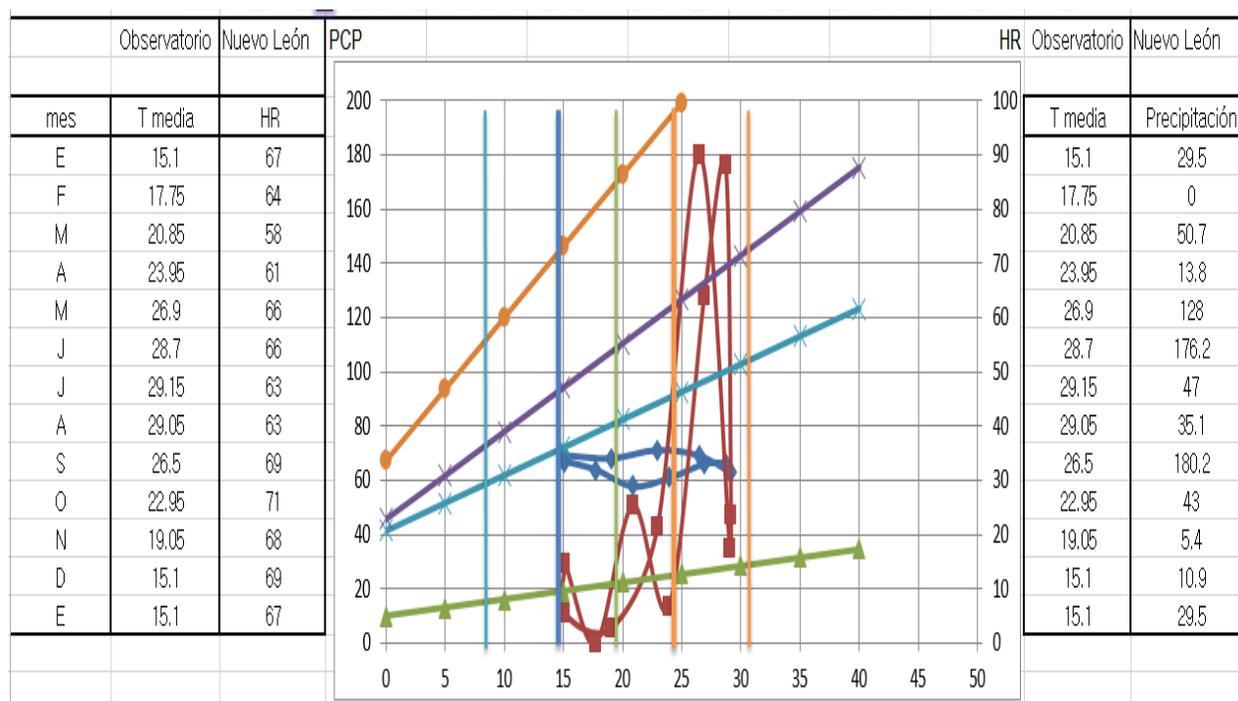


Figura 17 Esquema de Confort

En el esquema de confort (Fig. 17) se conjugan la temperatura media, la precipitación y la humedad relativa mínimas necesarias para que el vector pueda reproducirse y establecer nuevas generaciones; las condiciones térmicas mínimas y máximas presentes en la zona citrícola van de los -8 hasta los 45°C , la precipitación desde los 0 hasta los 180 mm; y la humedad relativa a partir del 58 al 80% . Las temperaturas medias necesarias para que el vector se desarrolle

de acuerdo a la literatura son de 13 a 29°C, en este estudio se establecen los valores de precipitación y humedad relativa mínimos necesarios para el desarrollo del vector: precipitación de al menos 50 mm y humedad relativa de 30 A 40%.

La producción de los municipios de la zona citrícola de Nuevo León, para el año 2012 fue de 204,750 ha de naranja y 26,426 ha de toronja (Cuadros 7, 8, 9, 10, y 11).

Cuadro 10 Datos de producción por municipios de naranja en la zona citrícola de Nuevo León.

Naranja	Allende	General Terán	Hualahuises	Linares	Montemorelos
Superficie Sembrada (ha)	7283.6	7256.3	7272.4	7270.8	7271.6
Superficie Cosechada (ha)	7283.6	7256.3	7272.4	7270.8	7271.6
Producción (Mg)	79582.8	75510.3	72961.5	76018.2	74489.8
Rendimiento (Mg/ha)	10.9	10.4	10.02	10.4	10.2
Precio Medio Rural	2990.3	3480.9	5834.7	4102	4968.3
Valor (Millones de pesos)	95039.06	88213.1	88184.1	90478.8	89331.4

En el cuadro 10, se presentan las producciones de naranja a nivel municipal donde se aprecia que los municipios que tienen una mayor superficie sembrada son Allende y Hualahuises, pero las mayores producciones se presentan en los municipios Allende y Linares.

Cuadro 11 Producción por municipios de toronja en la zona citrícola de Nuevo León

Toronja	Allende	General Terán	Hualahuisés	Linares	Montemorelos
Superficie Sembrada (ha)	6.1	824.65	99.5	67	528.15
Superficie Cosechada (ha)	6.1	824.65	99.5	67	528.15
Producción (Mg)	72.1	11584.1	1118.9	710.2	7759.5
Rendimiento (Mg/ha)	12.686	14.276	11.245	10.706	14.691
Precio Medio Rural (PMR)	956.029	896.35	1028.22	1012.5	1047.8
Valor (Millones de pesos)	68.093	11826	1177	1387.6	7894.8

En el cuadro 11, se presentan las producciones de toronja a nivel municipal donde se aprecia que los municipios que tienen una mayor superficie sembrada y una mayor producción son General Terán y Montemorelos, también presentan un rendimiento y valor monetario considerable.

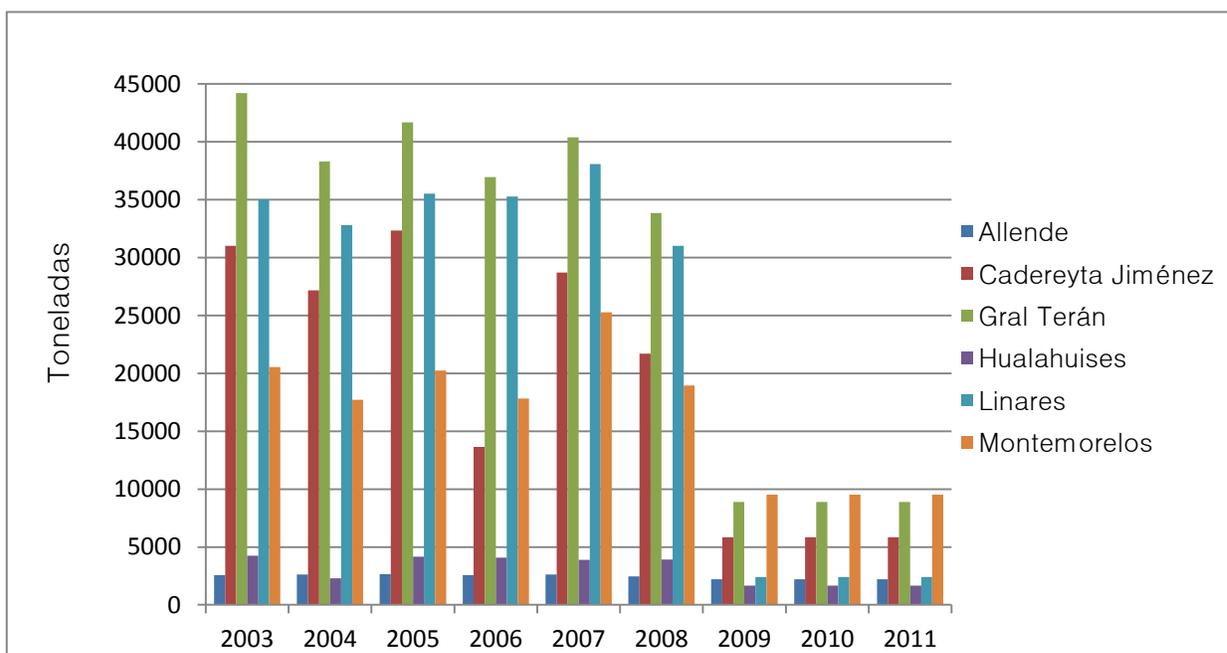


Figura 18 Producción agrícola total de los municipios de la zona citrícola de Nuevo León.

La producción agrícola a nivel municipal de Nuevo León (Fig. 18) ha tenido variaciones a lo largo de los años, y se puede apreciar que a partir del año 2009 hubo una baja importante en la producción de los cítricos, en parte debido a la implementación de medidas preventivas para controlar la dispersión de *Diaphorina citri*.

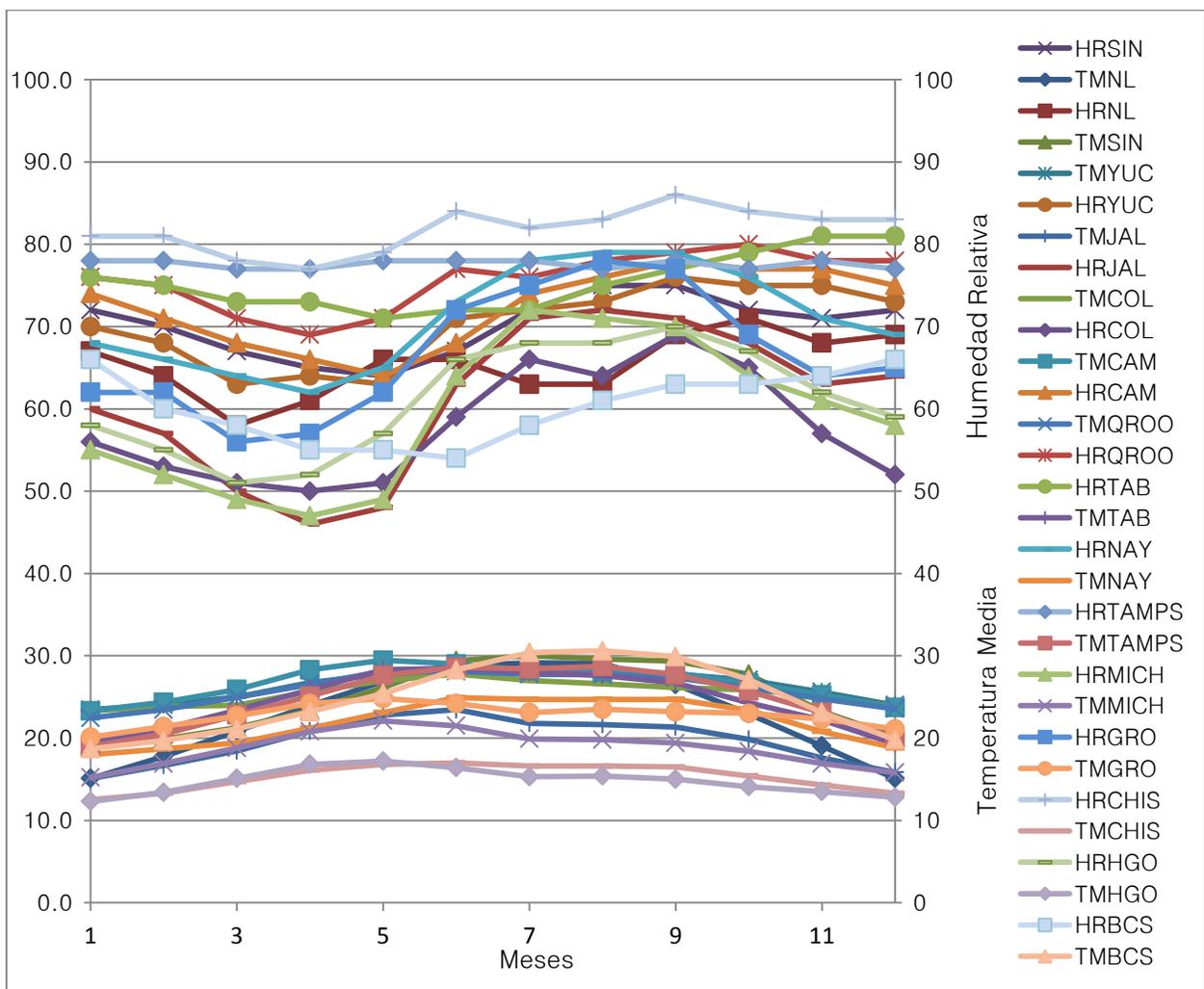


Figura 19 Relación entre humedad relativa y temperatura media.

La comparación de temperaturas, precipitaciones y humedad relativa presentes de los estados infectados con HLB y las condiciones climáticas de Nuevo León, fueron analizadas (Fig. 19 y 20).

Tomando en cuenta que los primeros registros de infección se dieron en los estados: Yucatán y Quintana Roo (2009), más tarde ese mismo año Nayarit y Jalisco, Campeche, Colima, Sinaloa y Michoacán (2010), Baja California Sur e Hidalgo (2011) y Tabasco, Chiapas, Guerrero, infectados en psílicos y tejido vegetal, Nuevo León presentando solo psílicos infectados y Tamaulipas por confirmarse su infección entre 2012 y 2013 (SIAP, 2013; SENASICA, 2014).

Se puede observar en la figura 19 que a medida que aumenta la temperatura también aumenta la humedad relativa, de igual manera cuando la temperatura es más baja también lo es la humedad. En cuanto a la figura 20, cuando la precipitación es baja la humedad relativa también es baja, y cuando la precipitación aumenta también lo hace la humedad relativa. Mostrando una relación directa entre estas tres normales climáticas.

Las condiciones de humedad relativa, temperatura y precipitación presentes en los estados infectados (Fig. 18 y 19), se observa que son prácticamente iguales en los años en los que se ven infectados; varían poco en temperatura 12 a 23°C en el rango inferior y 27 a 30 °C en el rango superior, pero siempre dentro del rango en que el vector se reproduce. En la Fig. 19, la precipitación presenta la mayor variación debido a que es la condición que se ve más influenciada por el clima presente en cada región. La humedad relativa presente en las diferentes zonas infectadas tiene muy poca variación en un rango que va del 47 al 77% en su rango inferior y 66 al 86% en su rango superior.

Estos datos contradicen al estudio de Moschini *et al.*, (2010) que maneja que las precipitaciones por encima de 150 mm disminuyen el desarrollo de nuevas generaciones, pero en México los estados infectados más agresivamente: Sinaloa, Jalisco, Colima, Campeche, Querétaro, Tabasco, Nayarit, Tamaulipas, Michoacán, Guerrero y Chiapas, presentan un mayor número de generaciones y presentan precipitaciones máximas mucho mayores a los 150 mm, en rangos de hasta 376 mm.

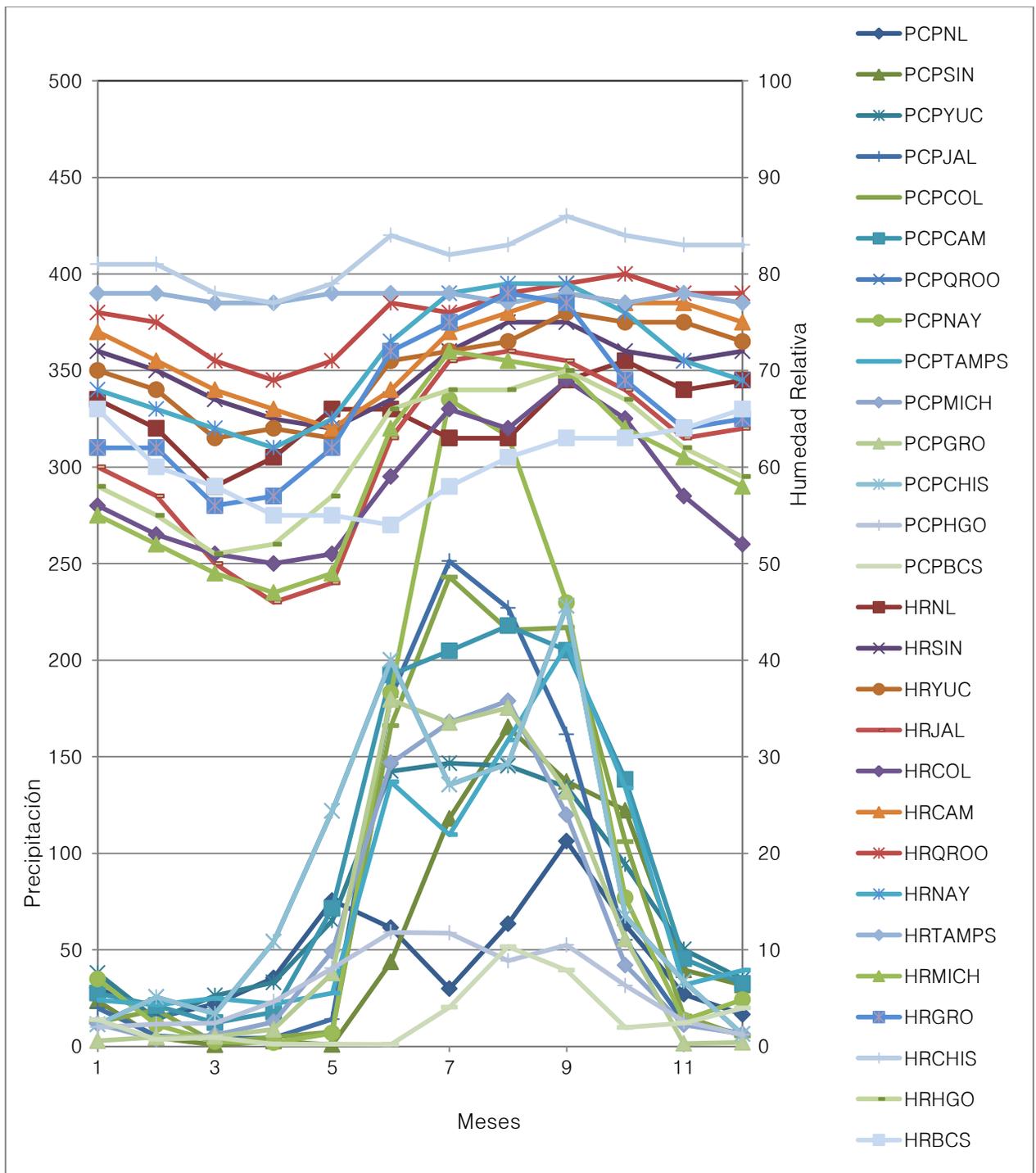


Figura 20 Relación humedad relativa y precipitación

Análisis de Varianza

Se realizó un ANOVA (Cuadros 12 y 13) para determinar si las medias de temperatura, precipitación y humedad relativa de los estados infectados con HLB y Nuevo León muestran diferencias.

H_0 = Las medias de temperatura, precipitación y humedad relativa de los estados infectados con HLB y Nuevo León son iguales.

H_1 = Las medias de temperatura, precipitación y humedad relativa de los estados infectados con HLB y Nuevo León son diferentes.

Cuadro 12 Análisis de varianza Temperatura–Humedad relativa

Temperatura

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	547.3427584	14	39.09591131	*1.256109294	0.33775542	2.48372574
Columnas	15770.0195	1	15770.0195	**506.6736495	2.154E-12	4.60010993
Error	435.7445335	14	31.12460954			

*Diferencia no significativa

**Diferencia significativa

Cuadro 13 Análisis de varianza Precipitación–Humedad relativa

Precipitación

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	16353.53502	14	1168.109644	1.374574431	0.27979026	2.483725741
Columnas	359.8403333	1	359.8403333	0.423442546	0.52576007	4.600109937
Error	11897.16224	14	849.7973029			

	28610.537		
Total	6	29	

*Diferencia no significativa

**Diferencia significativa

Al comparar el valor F de la fila muestra para el valor crítico F para la misma fila (Cuadro 12) el valor de $F=1.256109294$ es menor que el F crítico $2.154E-12$, esto significa que los cambios entre los factores en los ensayos tuvieron un efecto estadísticamente no significativo sobre los resultados de esas pruebas.

En el caso de comparar el valor F de la fila de columnas con el valor F crítico para esa fila. Esta vez, si el valor $F=0.27979026$ para esta fila supera el F crítico $=0.5257607$, significa que la variación de los niveles de los factores tenía un efecto significativo.

Al construir la tabla con los resultados, para la temperatura y humedad relativa, el valor de la probabilidad del valor F indica la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (Todas la medias son iguales). El nivel fijo de $\alpha=0.05$. Si la probabilidad es menor que 0.05 entonces se afirma que no se cumple la igualdad de medias entre los grupos, si la probabilidad es mayor que 0.05 no se puede rechazar la igualdad de medias entre grupos.

Al analizar los resultados del cuadro 12 se observa que hay una probabilidad mayor que alfa, afirmando que no se puede rechazar H_0 , debido a que se cumple la igualdad de medias entre los grupos. En el caso del cuadro 13 también se muestra una probabilidad mayor que alfa, afirmando la igualdad entre medias y no rechazando H_0 .

Los resultados arrojados del índice de generaciones potenciales (Fig.21) muestra que la mayor cantidad de generaciones potenciales de *Diaphorina citri* se presenta en el municipio de Montemorelos con un índice de 1.017, seguido de Rayones con 1.008, Linares con 1.005, General Terán 1.004, Allende con 1.003 y Hualahuises con 1.00.

Respecto al índice de días con condiciones favorables de temperatura media en la zona citrícola de Nuevo León se distribuye como sigue: el índice más alto está representado en el municipio de Montemorelos y General Terán, con un índice de 0.82 y 0.66 respectivamente, Linares con 0.74, Hualahuises con 0.71, Allende con 0.68 y al mismo tiempo las cifras más bajas en Montemorelos con un índice de 0.19 (Fig. 22).

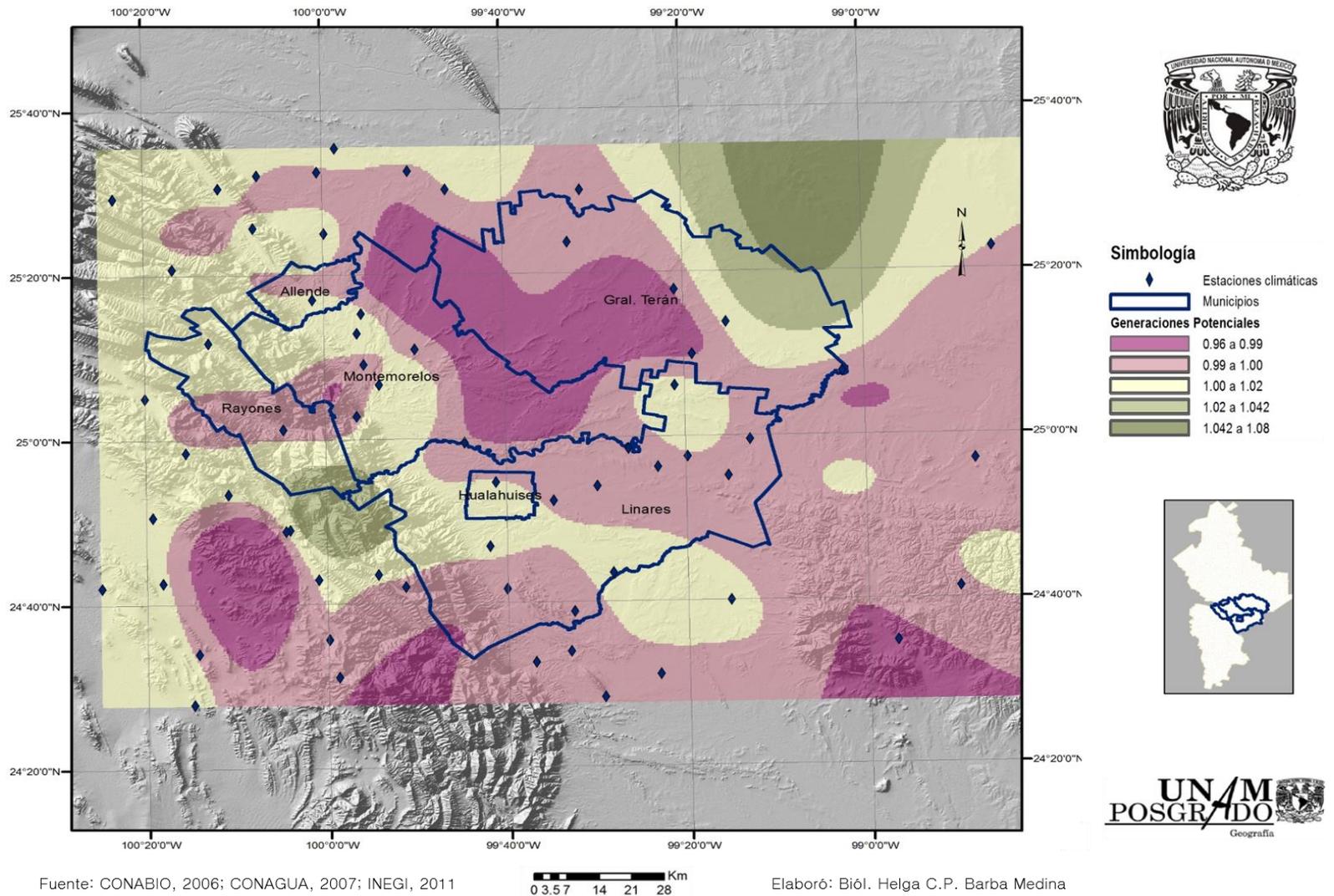
Las lluvias (Fig. 23) más favorables en la zona citrícola se encuentran en el municipio de Allende con un índice de precipitación de 0.80, Montemorelos con

0.71, Linares con 0.65, General Terán con 0.52, Rayones con 0.18 y Hualahuises con 0.12.

El municipio con una mayor superficie sembrada (Fig. 24) fue Montemorelos, con un 0.93, seguido de General Terán con 0.82, Hualahuises con 0.40, Linares con 0.3, Allende con 0.26 y Rayones con 0.10.

Y por último el índice de Riesgo (Fig. 25), mismo que indica la probabilidad de incidencia de la enfermedad de HLB en la zona citrícola. El municipio de Montemorelos posee un riesgo potencial alto con un índice de 0.83, General Terán con 0.75, Allende con 0.69, Linares con 0.66, Hualahuises con 0.55 y Rayones con 0.51.

Aunque esto no quiere decir que la infección pueda instalarse adecuadamente, debido a los valores que se encuentran en la zona citrícola no son tan altos como en otras regiones del país donde las condiciones presentes en estados como Colima o Yucatán son mucho más favorables.



Fuente: CONABIO, 2006; CONAGUA, 2007; INEGI, 2011

Elaboró: Biól. Helga C.P. Barba Medina

Figura 21. Índice de Generaciones Potenciales en la zona citrícola de Nuevo León.

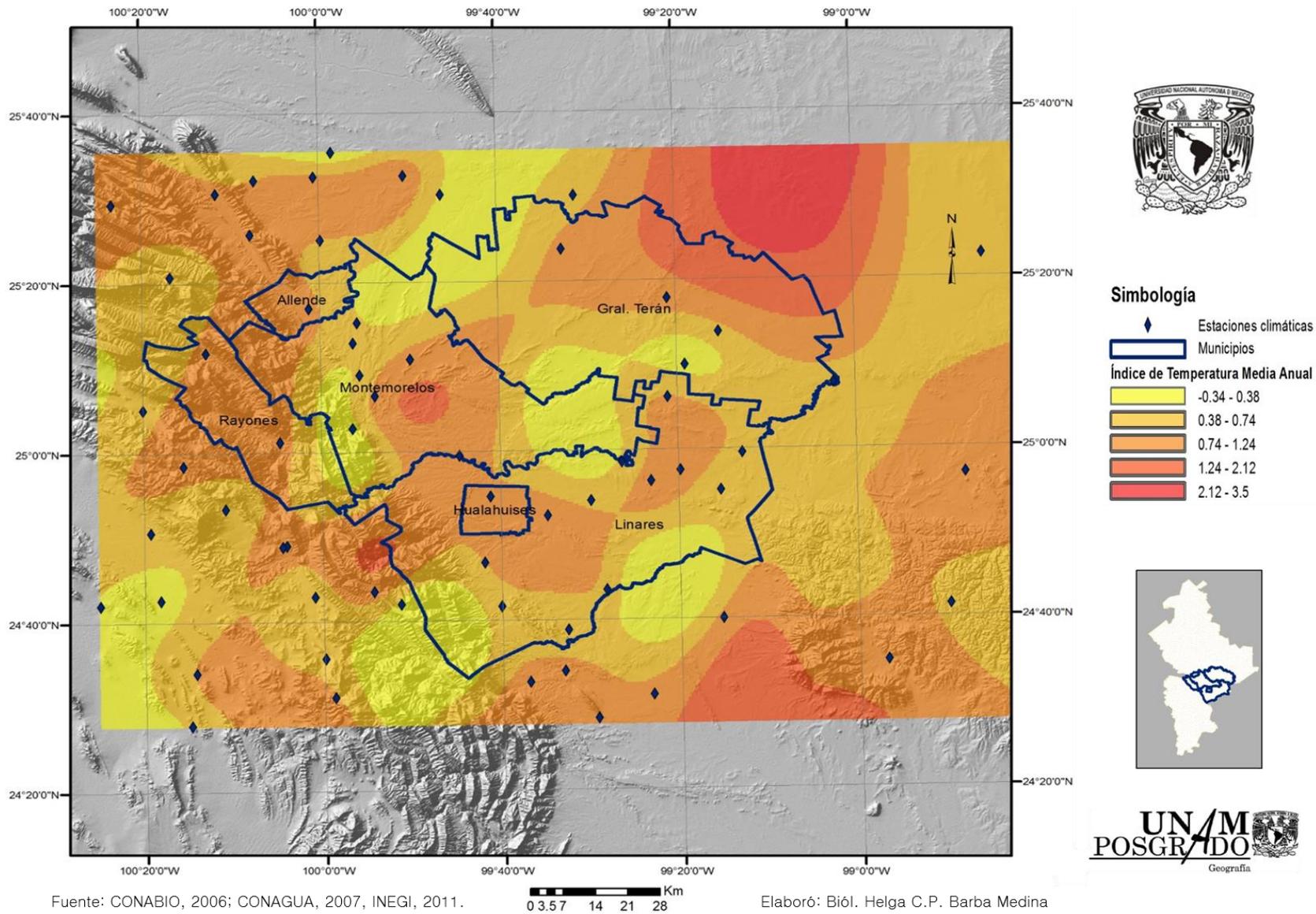


Figura 22 Índice de días con condiciones favorables de temperatura media anual de la zona cítrica de Nuevo León.

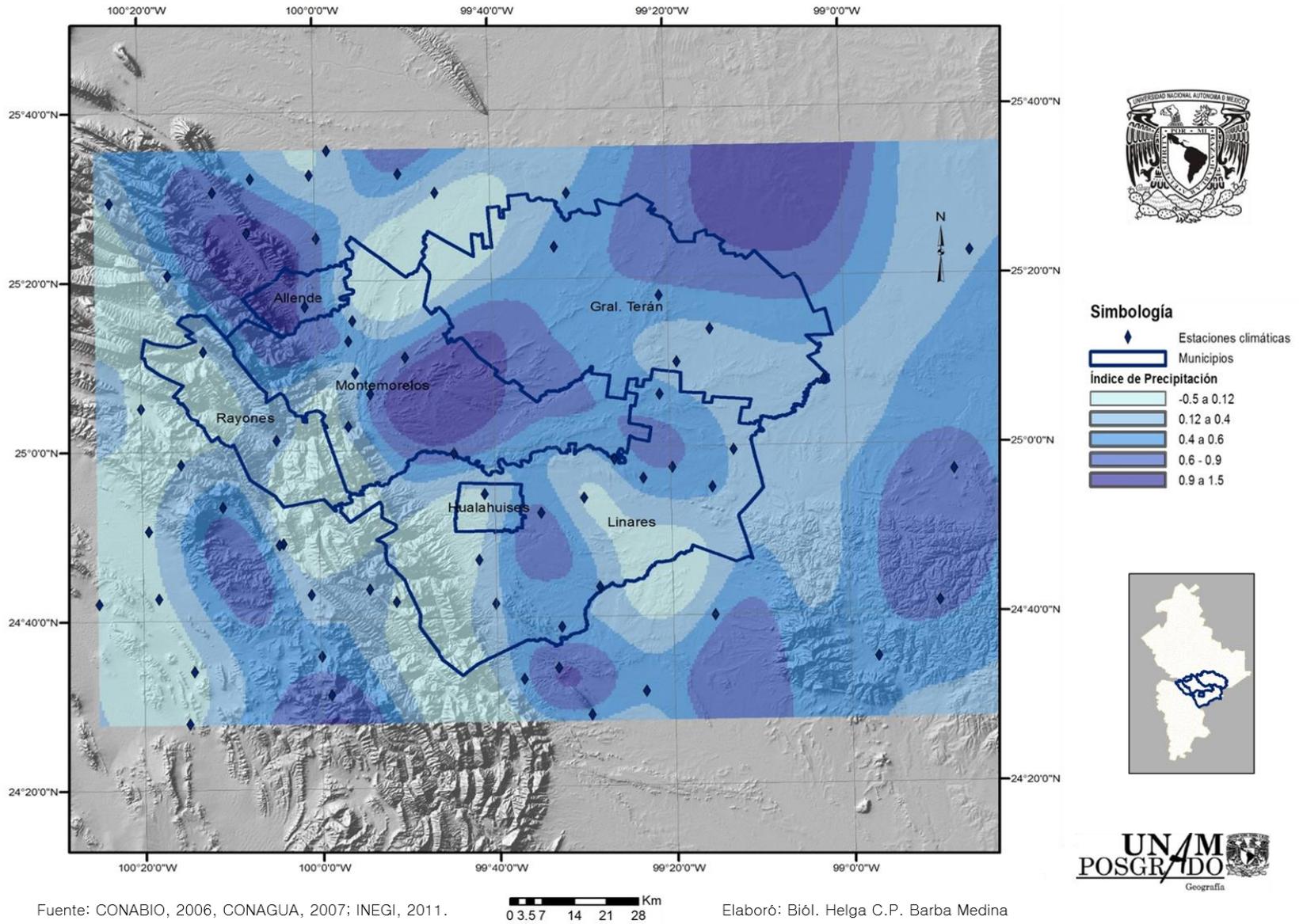


Figura 23 Índice de días con condiciones favorables de precipitación de la zona citrícola de Nuevo León.

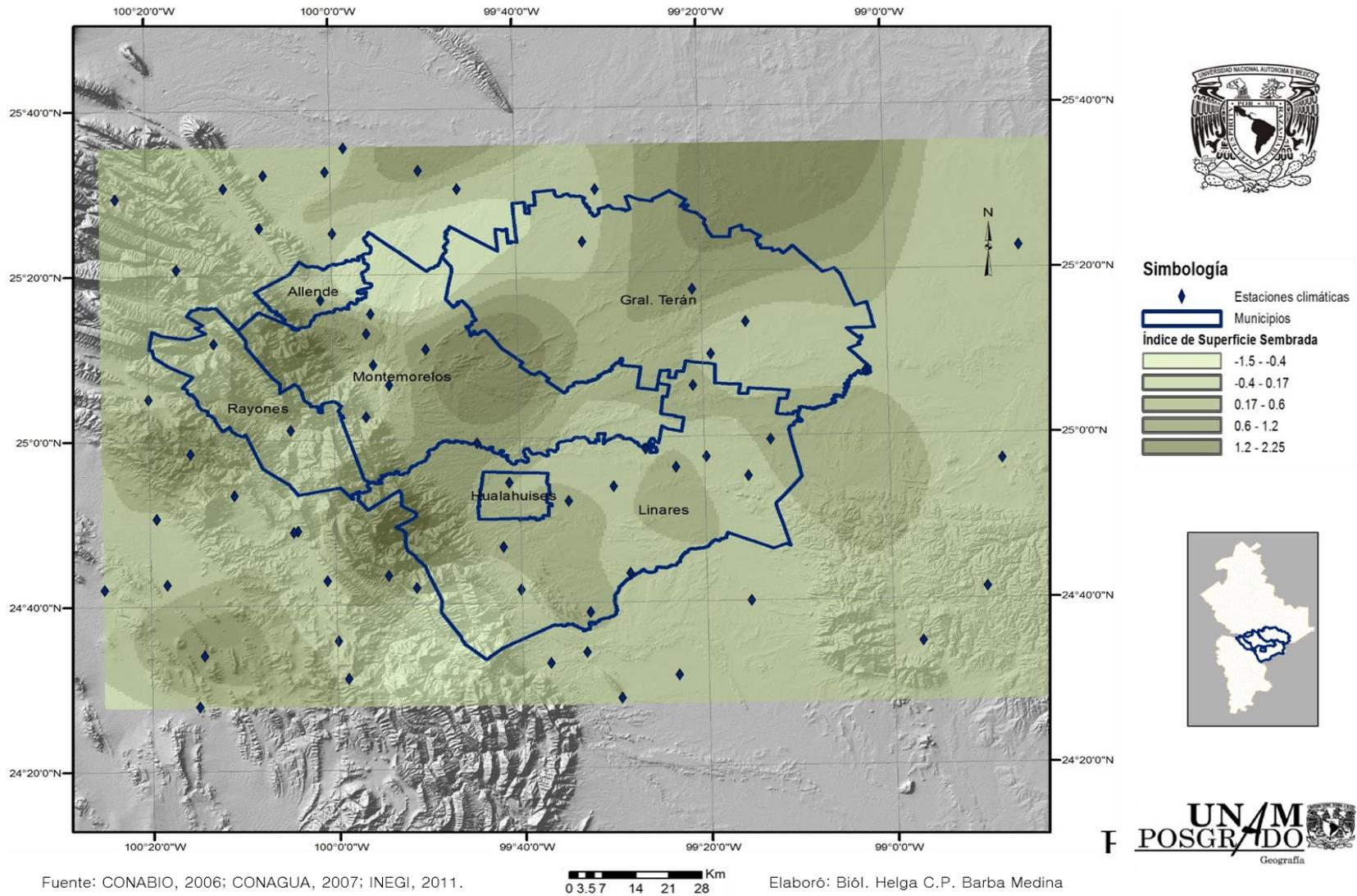


Figura 24 Índice de superficie sembrada de la zona cítrica de Nuevo León.

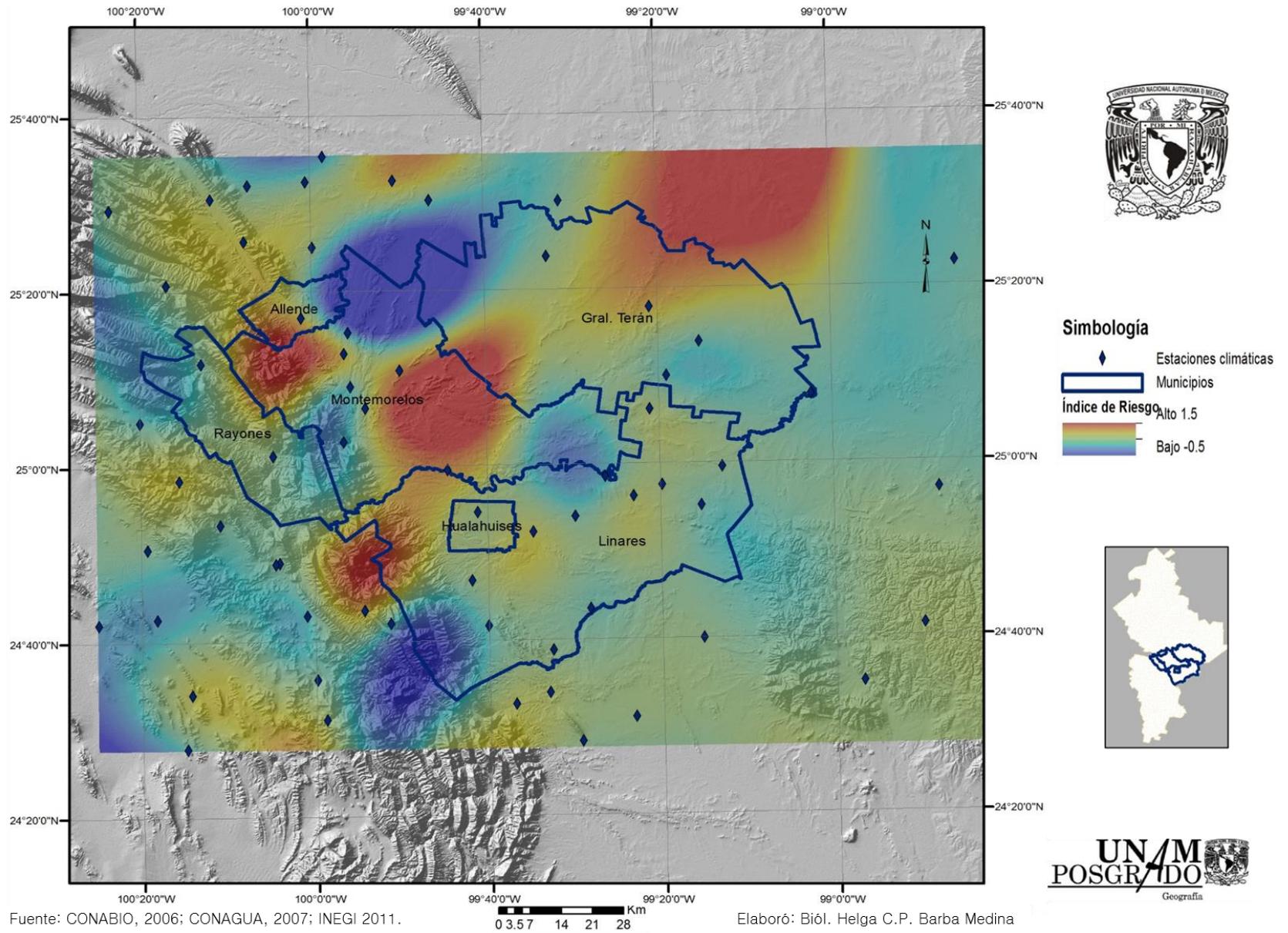


Figura 25 Índice de riesgo agroclimático para el desarrollo de *Diaphorina citri* en la zona citrícola de Nuevo León.

CAPÍTULO V DISCUSIÓN

Este trabajo fue una adaptación del estudio de Moschini (2010) y Díaz *et al.*, (2010) en el que se agregaron el índice de superficies sembradas en dos niveles de desagregación: nacional y estatal, lo que permitió delimitar con mayor detalle las zonas ideales para el establecimiento del vector. El presente estudio se adicionó el índice de días con precipitaciones favorables para conocer la cantidad de lluvia y humedad relativa mínimos necesaria para el desarrollo del vector.

La hipótesis planteada en el estudio parte del supuesto de que la sobrevivencia del psílido se encuentra relacionada con la abundancia de brotes tiernos, mismos que se dan de forma periódica en plantaciones compactas: tomando esta premisa se comprueba en un grado menor al que se esperaba, ya que a pesar de que la zona citrícola de Nuevo León presenta condiciones favorables para el desarrollo del vector, éstas se presentan en días aislados que dificultan que el ciclo de vida se lleve a cabo ya que la especie no muestra diapausa lo que explica el porqué del bajo número de generaciones potenciales.

Los datos de precipitación registrados para México no se apegan a las sugerencias aportadas en el estudio de Moschini *et al.*, (2010) que maneja que las precipitaciones por encima de 150 mm disminuyen el desarrollo de nuevas generaciones, pero en los estados de Sinaloa, Jalisco, Colima, Campeche, Tabasco, Nayarit, Tamaulipas, Michoacán, Guerrero, Chiapas, presentan un mayor número de generaciones y presentan precipitaciones máximas mucho mayores a los 150 mm, y en ocasiones de hasta 376 mm.

Se realizó un ANOVA (Cuadros 12 y 13) para determinar si las medias de temperatura, precipitación y humedad relativa de los estados infectados con HLB y Nuevo León. En el cuadro 12 el valor de F es menor que el F crítico, esto significa que hubo una diferencia no significativa sobre los resultados de esas pruebas. En el caso de la temperatura y humedad relativa, significaría que las medias de los estados infectados con HLB y Nuevo León son iguales lo que puede indicar que si no se toman las medidas necesarias para el manejo y control del psílido es muy probable que por contar con las condiciones iguales a las de los estado infectados el riesgo de contraer la infección no se descarta.

En el caso de comparar el valor F de la fila de columnas con el valor F crítico para esa fila (Cuadro 13). Esta vez, el valor F para esta fila supera el F crítico, muestra diferencia significativa. En el caso de la precipitación y humedad relativa, significaría que las medias de los estados infectados con HLB y Nuevo León no son iguales debido a que la gran mayoría de los estados infectados se encuentran en la costa y Nuevo León por otro lado se encuentra más continental y tiene un clima más seco en comparación.

Al analizar los resultados de probabilidad y alfa en el cuadro 12 se observa que hay una probabilidad mayor que alfa, en el caso del cuadro 13 también se muestra una probabilidad mayor que alfa, afirmando la igualdad entre medias y no rechazando H_0 .

El esquema de confort muestra la temperatura media, la precipitación y la humedad relativa mínimos necesarios para que el vector pueda reproducirse y establecer nuevas generaciones, que va de los 15 hasta los 30 °C, la precipitación hasta los 180 mm; y la humedad relativa mínima necesaria a partir del 47 hasta el 71%. Los valores óptimos necesarios son: temperatura media de 23 grados, precipitación de al menos 50–70 mm y humedad relativa de humedad relativa de 30 A 40%.

Las condiciones de humedad relativa, temperatura y precipitación presentes en los estados infectados, se observa que son prácticamente iguales en los años en los que se ven infectados; muestran una relación directa en cuanto al aumento o disminución de temperatura y precipitación con la humedad relativa. Varían poco en temperatura 10°C en el rango inferior y 3°C en el rango superior, pero siempre dentro del rango en que el vector se reproduce. La precipitación presenta la mayor variación debido a que es la condición que se ve más influenciada por el clima presente en cada región. La humedad relativa en las diferentes zonas infectadas tiene muy poca variación en un rango que va del 47 al 77%.

Al llevar a cabo los cálculos de los diferentes índices para obtener el de riesgo agroclimático, se puede apreciar claramente que el municipio de Montemorelos presenta la probabilidad más alta de contraer la infección por HLB, dentro de las reportadas para la zona en estudio, puesto que presenta el mayor número de

generaciones potenciales, días con temperaturas favorables, la cantidad de lluvia mínima suficiente para que se establezca el vector y la mayor superficie sembrada y por lo tanto el índice de riesgo más alto. El municipio con las segundas mejores condiciones es General Terán, pero debido a que las precipitaciones son escasas es difícil que el vector se reproduzca con facilidad. Allende presenta muy buenas condiciones de precipitación y temperaturas, aunque no son suficientes para la reproducción y establecimiento de generaciones, debido en parte al bajo índice de superficie sembrada.

Linares presenta índices adecuados de generaciones potenciales debido a que presenta lluvias y temperaturas, pero tiene un bajo índice de superficie sembrada, lo que puede limitar la disponibilidad de alimento para el vector. Hualahuises, presenta temperaturas adecuadas pero escasas de lluvia lo que impide el desarrollo del vector a pesar de que tiene una buena superficie sembrada. Por último el municipio de Rayones presenta los índices con los valores más bajos debido a que la mayor parte de la superficie del municipio se encuentra situado en la Sierra Madre Oriental, lo que dificulta el establecimiento del vector, debido a las bajas temperaturas, la escasez de lluvias y la poca superficie sembrada.

El que en otras regiones del país las condiciones termopluviométricas de estados como Colima o Yucatán sean mucho más favorables, comparadas con Nuevo León, no quiere decir que en el futuro la infección no pueda instalarse adecuadamente. Aunque en la región citrícola existe la presencia de psíldos positivos, y se toman al pie de la letra las medidas preventivas de manejo del vector, existe la posibilidad que las generaciones se adapten a las condiciones presentes y evolucionen en poblaciones más resistentes a las medidas de control establecidas.

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos y plasmados en la cartografía permitió considerar lo siguiente:

Determinar las áreas de riesgo para el desarrollo del vector *Diaphorina citri* en la zona citrícola de Nuevo León con base en la comparación de las condiciones termopluviométricas propicias para su desarrollo.

Con la aplicación del SIG ArcGis 10 se pudo manejar una gran cantidad de información climática, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica de las 68 estaciones que conforman la zona citrícola de Nuevo León.

Al analizar los resultados de probabilidad y alfa en el cuadro 12 se observa que hay una probabilidad mayor que alfa, en el caso del cuadro 13 también se muestra una probabilidad mayor que alfa, afirmando la igualdad entre medias y no rechazando H_0 .

Determinar las condiciones confort para que el vector pueda propagarse en la zona citrícola de Nuevo León, y conocer las condiciones de temperatura, precipitación y humedad relativa mínimas para el desarrollo de *Diaphorina citri* en la zona citrícola. Las temperaturas necesarias para que el vector se desarrolle de acuerdo a la literatura son de 13 a 29°C, en este estudio se establecen los valores de precipitación y humedad relativa mínimos necesarios para el desarrollo del vector: precipitación de al menos 50 mm y humedad relativa de 30 A 40%.

Tomando en cuenta que las condiciones agroclimáticas locales y el aumento de superficies sembradas con cítricos favorecen las características biológicas de las plagas, pueden resultar en un aumento poblacional de *Diaphorina citri*, y provocar un mayor riesgo de incidencia de la enfermedad, grandes pérdidas económicas para los citricultores, sus familias y en general para la sociedad mexicana.

Las condiciones agroclimáticas, (temperaturas extremas, humedad relativa media, y baja precipitación), presentes en el área de estudio no son las mejores para el desarrollo del vector, el contar con psíidos positivos en jardines de

zonas urbanas alejados de todo control de la plaga, no descarta la posibilidad de infección en un futuro con la plaga del HLB.

El municipio con una mayor superficie sembrada fue Montemorelos, seguido de General Terán, Hualahuises, Linares, Allende y Rayones. El índice de Riesgo indica que el municipio de Montemorelos posee un riesgo potencial alto con un índice de 0.83, General Terán con 0.75, Allende con 0.69, Linares con 0.66, Hualahuises con 0.55 y Rayones con 0.51. Aunque esto no quiere decir que la infección pueda instalarse adecuadamente, debido a los valores que se encuentran en la zona citrícola no son tan altos como en otras regiones del país donde las condiciones presentes en estados como Colima o Yucatán son mucho más favorables.

El aplicar la normativa implementando mecanismos que estimulen al productor a adquirir la planta solamente de viveros certificados, cubriéndoles cierta parte del costo de la misma, ayudara a reforzar los procesos de certificación de viveros.

Solicitar a las autoridades correspondientes el incremento presupuestal para ampliar la superficie citrícola a explorar dentro de la campaña contra el HLB, y para contratar personal a nivel central que atienda las funciones de supervisión técnica y de manejo presupuestal a los Comités Estatales de Sanidad Vegetal.

Hacer llegar a los productores las indicaciones de las autoridades fitosanitarias encargadas de la identificación y detección de las plagas en coordinación con las diversas entidades de investigación en México, así como la cooperación internacional, para establecer la viabilidad de desarrollo de un plan rector de la investigación nacional en HLB-*D. citri* y generar la tecnología para el manejo del problema en el corto y largo plazo.

Los resultados obtenidos les permiten a los citricultores conocer qué áreas son las más propensas para el desarrollo del vector, pues ellos son quienes tienen la labor de prevenir que surja la infección, tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Análisis de riesgo por región agroecológica citrícola, acorde a la incidencia del vector.
- Técnicas de muestreo específicas a las condiciones agroecológicas y de fenología del cultivo.
- Validación de las técnicas de diagnóstico para la detección del HLB.

- Medidas de manejo del vector y del HLB.
- Sistema informático para la vigilancia epidemiológica del HLB y su vector.
- Material para la capacitación y divulgación sobre el manejo del HLB y su vector.

APÉNDICE MAPAS

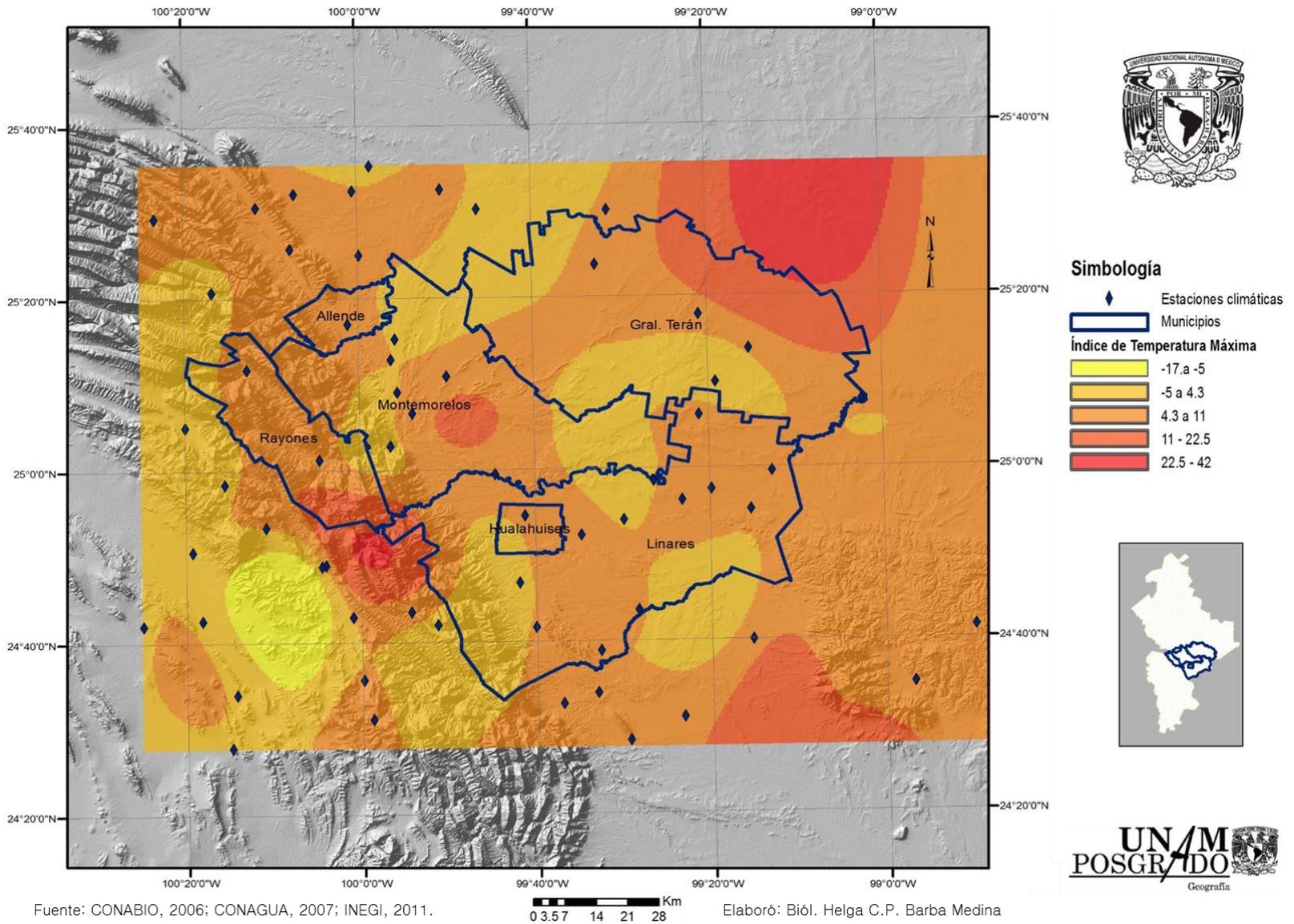


Figura 26 Índice de Días con Condiciones Favorables de Temperatura Máxima de la Zona citrícola de Nuevo

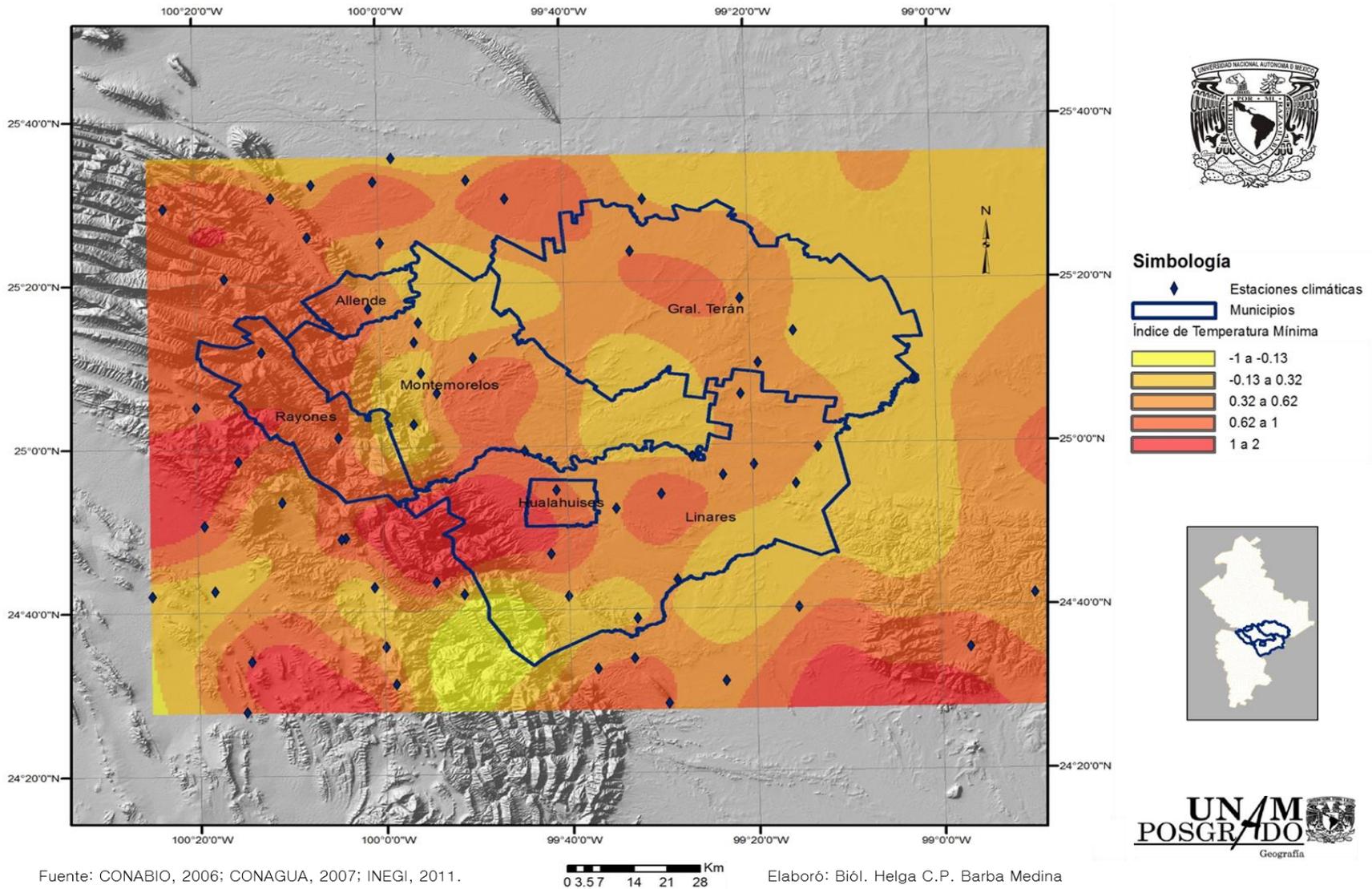


Figura 27 Índice de Días con Condiciones Favorables de Temperatura Mínima de la Zona

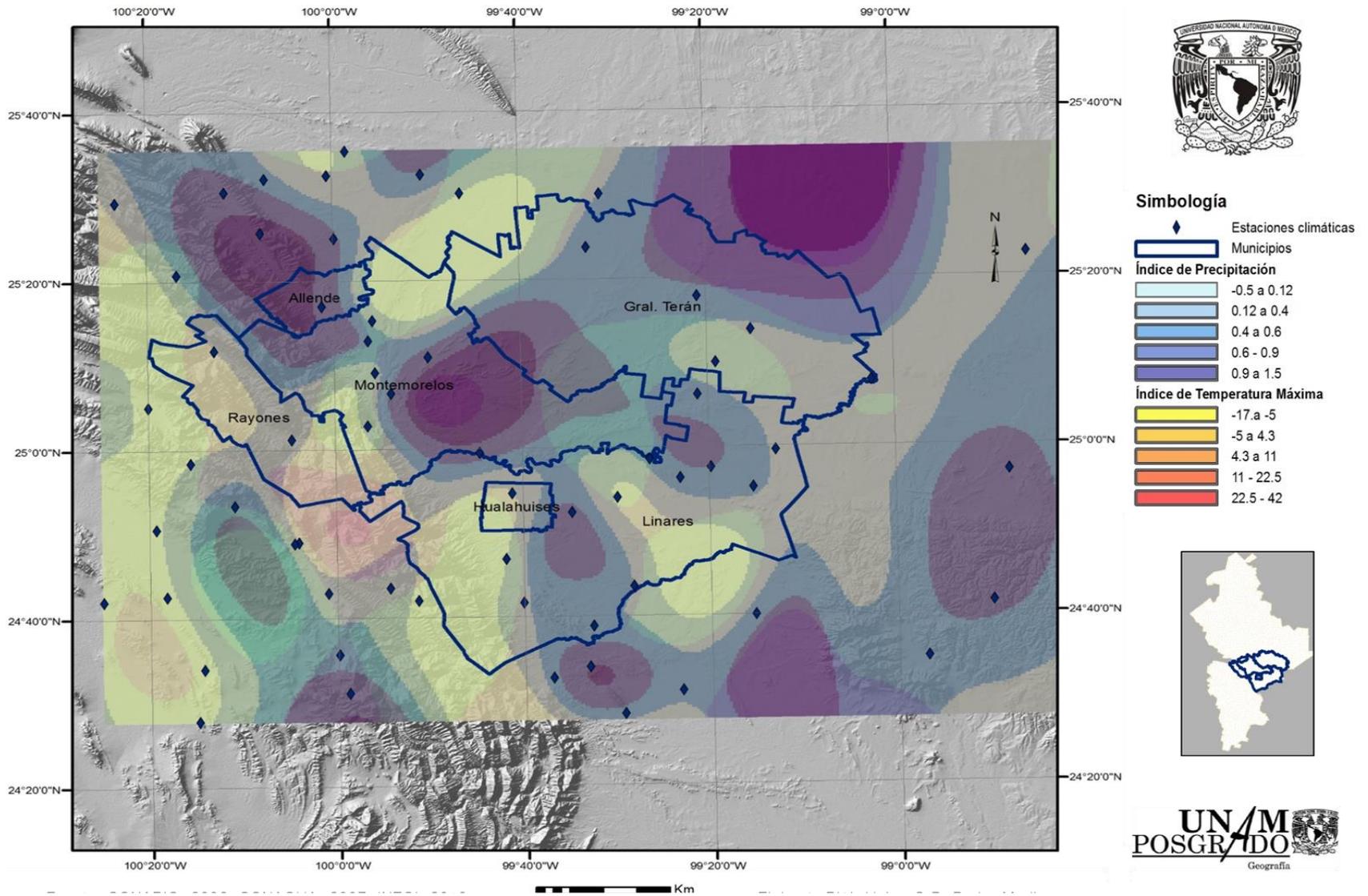


Figura 28 Índice de Días con Condiciones Favorables de Temperatura Máxima con Precipitación de la Zona cítrica de Nuevo León.

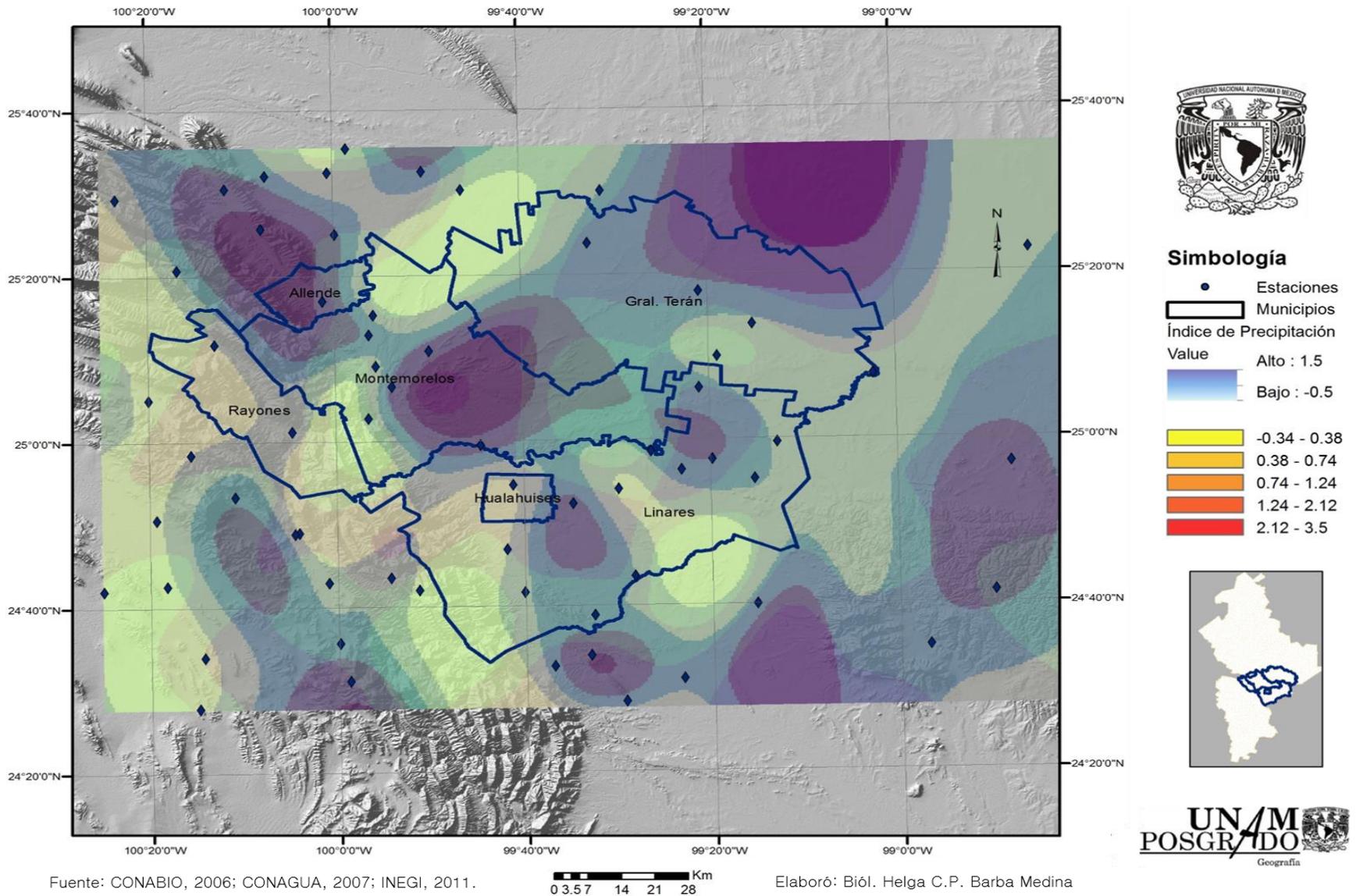


Figura 29 Índice de Días con Condiciones Favorables de Temperatura Media y Precipitación la Zona

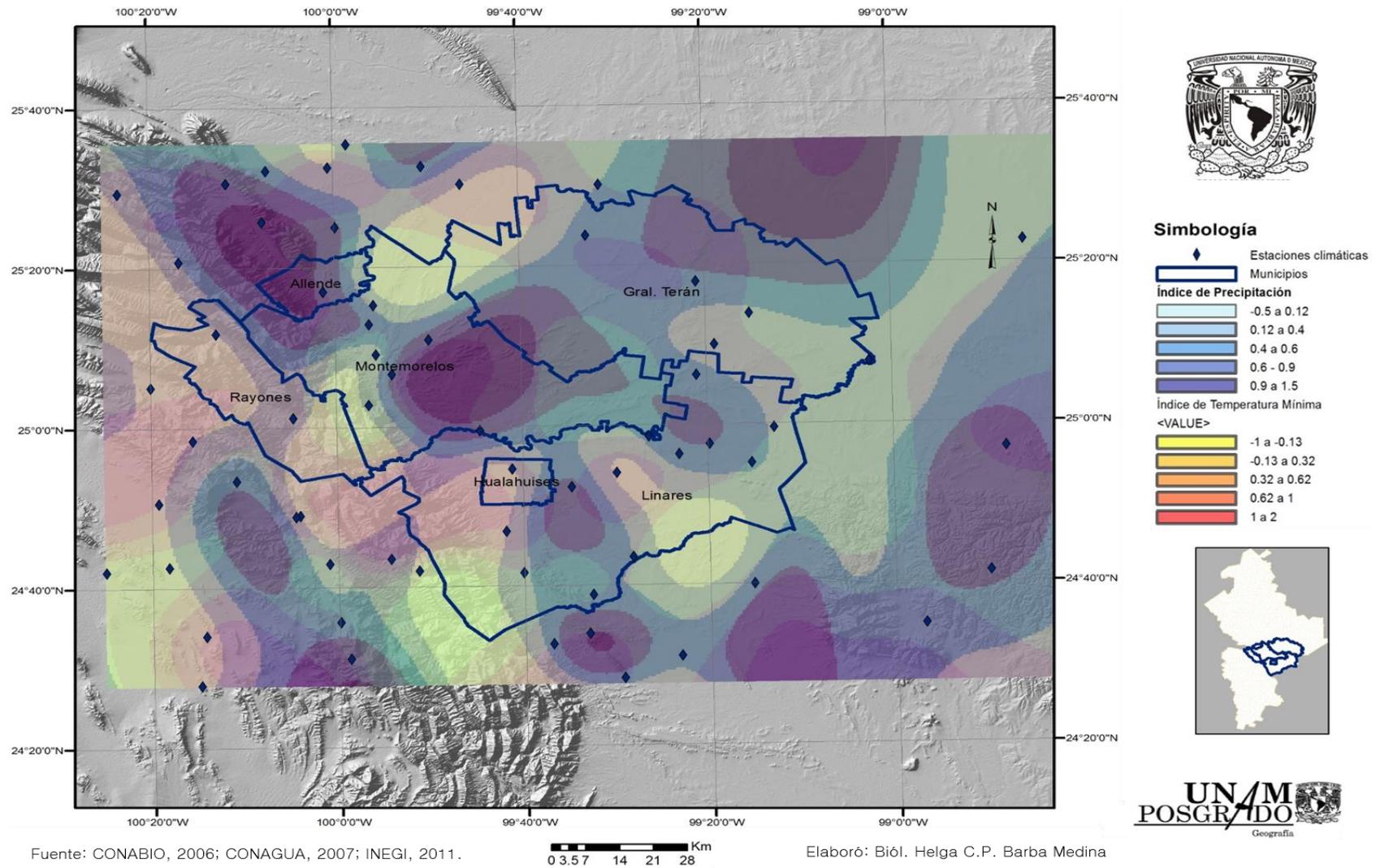


Figura 30 Índice de Días con Condiciones Favorables de Temperatura Mínima con Precipitación de la Zona citrícola de Nuevo León.

LITERATURA CITADA

- Aguilar R., M. A. y C. Contreras S. 2009. La Geografía ambiental: orígenes, ámbito de estudio y alcances, pp. 261–296, en: Chávez Torres, M., O. M. González Santana y M. del C. Ventura Patiño (Coords.) Geografía Humana y Ciencias Sociales, Una relación Reexaminada. El Colegio de Michoacán.
- Alanís Martínez, E. 2013. Toma y envío de muestras y diagnóstico del HLB. Estación Nacional de Epidemiología, Cuarentena y Saneamiento Vegetal. CNRF–DGSV–SENASICA.
- Albrigo, L, y Devices, F; 1999. Cítricos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Batool, A., Y. Iftikhar, S. M. Mughal, M. M. Khan, M. J. Jaskani, M. Abbas, I. A. Khan. 2007. Citrus Greening Disease. A major cause of citrus decline in the world. A Review. Hort. Sci. (Prague), 34, 2007 (4): 159–166.
- Contreras–Servín, C., E. Ibarra–Zapata. 2011. Condiciones climáticas asociadas al establecimiento y dispersión del huanglongbing (HLB) y su vector la *Diaphorina citri* en México. En: Memoria del 2do. Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el huanglongbing en México
- Chiou–nan Chen. 2000. Ecology of the insect vectors of citrus systemic diseases and their control in Taiwan. En: A. B. Molina, V. N. Roa, J. Bay–Petersen, A. T. Carpio and J. E. A. Joven. Editors. Managing banana and citrus diseases. Proceedings of a regional workshop on disease management of banana and citrus through the use of disease–free planting materials held in Davao city, Philippines. 14–16 October 1998. Department of Entomology, National Taiwan University Taipei, Taiwan, ROC.
- Díaz P., G., G. Mora A., J. I., López A., R. A., Guajardo P, I. Sánchez C. 2010 Modelación espacial de zonas de riesgo agroclimático para el desarrollo de *Diaphoria citri* en zonas citrícolas del estado de Veracruz. Caso de estudio: Naranja. En: Memorias del 2º Encuentro Internacional de Investigación en Cítricos. Martínez de la Torre, Veracruz, del 2 al 4 de agosto.

- FAO. 2005. Normas Internacionales para medidas fitosanitarias. Análisis de riesgo para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados. Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 49 pp.
- FIDECITRUS. Fideicomiso para el desarrollo de la zona citrícola de Nuevo León 2008. Informe de las actividades más relevantes efectuadas de 2004 a 2008.
- García, E. 1990. Climas. 1: 4000 000. IV.4.10 (A). Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- García, E. 2004 Modificaciones al sistema de clasificación climática Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, Instituto de Geografía, Serie Libros núm. 9, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- García, E. 2005. Las gráficas ombrotérmicas y los regímenes pluviométricos en la República Mexicana. Páginas 349–358. En: *Enriqueta garciae*. Antología. Roger Orellana Lanza y Rosalía Vidal Zepeda (Editores). México. 559 pp.
- García D., C. S. 2009. *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Psyllidae), vector de la bacteria que causa el Huanglongbing (HLB – Greening). Ministerio de la Producción Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Buenos Aires, Argentina.
- Gómez-Cruz, M. A., R. Schwentesius-Rindermann, A. Barrera-González, L. R., García-Chávez, F. Echánove-Huacuja, C. Steffen-Riedemann. 1997. La Agroindustria de naranja en México. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo. 181 pp.
- Graça, J. V. 1991. Citrus greening disease. *Annual Review of Phytopathology*, 29: 109–136.
- Graça, J. V. 2008. Biology, history and world status of Huanglongbing. Texas A & M University-Kingsville, Citrus Center, Weslaco TX 78596, USA

- Hernández-Landa, L., J. López-Collado, C. G. García-García, F. Osorio-Acosta y M. E. Nava-Tablada. 2011. Dinámica espacio-temporal de *Diaphorina citri* en limonaria (*Murraya paniculata*) en Cuitláhuac, Veracruz. 2º Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México.
- INEGI. 2000. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000
- INEGI. 2010. XIII Censo General de Población y Vivienda 2010.
- INEGI. 2012. XIII Censo General de Población y Vivienda 2012.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2011.
- Johnston, K, Ver Hoef, J. M., Krivoruchko, K. and Lucas, N. 2001. Using ArcGis geostatistical analyst. ESRI. New York, United States of America. 300 p.
- Larousse. 2007. Diccionario Manual de la Lengua Española Vox. Larousse Editorial, S.L.
- López-Arroyo, J. I., J., Jasso, M. A., Reyes, J. Loera-Gallardo, E., Cortés-Mondaca, M. A., Miranda. 2008. Perspectives for biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psilidae) in Mexico. En: Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing. Abstract 11.8. USDA, University of Florida. Orlando, Florida.
- López-Arroyo, J. I. 2009. Hacia la integración del plan rector para la investigación en Huanglongbing y psílido asiático de los cítricos en México. INIFAP, Campo Experimental General Terán. Gral. Terán, Nuevo León, México.
- López-Arroyo, J. I., G., Mora Aguilera, E., Cortez Mondaca, J., Velázquez Monreal. 2012 a). Aportaciones de la Investigación en México para el manejo del Huanglongbing en la citricultura nacional. Memorias del 3er Simposio Nacional Sobre Investigación para el manejo del psílido asiático

de los cítricos y el Huanglongbing en México. Veracruz, Veracruz, México, 10–12 de diciembre, 2012.

López–Arroyo, J. I. 2013. Avances y perspectivas en la Investigación Nacional sobre HLB y su vector. Memorias del 3er Taller Internacional sobre Plagas Cuarentenarias de los Cítricos. Manzanillo, Colima, México.

Moschini, R. C., G. E., Heit, H.A., Conti, G. Cazenave y P. L.Cortese. 2010. Riesgo agroclimático de las áreas cítricas de Argentina en relación a la abundancia de *Diaphorina citri*. SENASA. Argentina.

Orozco H., M. E. y R. S. Olivera C. 1985. Zona cítrica de Nuevo León. Análisi Geográfico–Económico de la Agricultura Comercial. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 179 pp.

Programa Sectorial de Vivienda y Regularización de la Tenencia de la Tierra (PSVRTT). 2004 – 2009. Gobierno del estado de Nuevo León. México. 82 pp.

Ramos, M. C. 2008. Huanglongbing (Citrus greening) y el psílido asiático de los cítricos, una perspectiva de su situación actual. México.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Simposio nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. Monterrey, Nuevo León.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2013. Atlas Agroalimentario. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Primera Edición, México, 194 pp.

Sánchez–Munguía, V. 2007. (Coordinador) México, gestión ambiental y de recursos naturales en México: los modos imperantes. Diez estudios de caso. El Colef / Red de Investigación Urbana, A.C., 274 pp.

Salcedo B., D., H., L. D. González Hernández, E. Ortega Arenas, E. Rodríguez Leyva, C. Vera Villagrán, Múzquiz Fragoso y A. Hurtado Arellano. 2011. Evaluación de la campaña contra El HLB en México de 2008 a 2011. Tercer

- Taller Internacional PCC, Manzanillo, Colima, México. 27–30 de Agosto, 2013.
- SENASICA Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2010. II Taller Internacional sobre Huanglongbing (HLB) y el psílido asiático de los cítricos. México
- SENASICA Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2013. Tercer Taller Internacional sobre Huanglongbing (HLB) y el psílido asiático de los cítricos. Manzanillo, Colima, México.
- SEPOR Servicio de Programación y optimización del uso del agua de riego. 2013. Cartilla de divulgación. Importancia del uso de registros agroclimáticos grados día. Chile. 8 pp.
- Trujillo–Arriaga, J., H. M. Sánchez–Anguiano, P. L. Robles–García. 2008. Situación actual y perspectivas del Huanglongbing y el psílido asiático de los cítricos en México.
- Vidal, R. 2005. Las Regiones climáticas de México, Temas Selectos de Geografía de México, vol. I, núm. 2, (edit.) Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Vidal, R.; Gómez, G. 2007a. Temperatura media anual, escala 1:8'000,000, carta NA IV.4, Nuevo Atlas Nacional de México, (edit.) Instituto de Geografía, UNAM.
- Vidal, R. 2007b. Precipitación total anual, escala 1:8'000,000, carta NA IV 5, Nuevo Atlas Nacional de México, (edit.) Instituto de Geografía, UNAM.
- Xia, Y., R. Sequeira, Y. Takeuchi, e I. Baez. 2011. Impacto de alta temperatura sobre el Huanglongbing y desarrollo de técnicas basadas en calor para el manejo de la enfermedad. 2º Simposio Nacional sobre Investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México.

LITERATURA ELECTRÓNICA

ArcGis 10.0. 2010. Resource Center.
<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/009z000007800000/>

Bové. 2005. Candidatus liberibacter asiaticus <http://www.forestryimages.org>

CEA Confederación de Empresarios de Andalucía. 2013. Sistemas de Información Geográfica, tipos y aplicaciones empresariales.
<http://sig.cea.es/ventajas>

FAO. 2001. Los efectos económicos de las plagas y enfermedades transfronterizas de los animales y las plantas. El estado mundial de la agricultura y la alimentación.
http://www.fao.org/docrep/003/x9800s/x9800s14.htm#P0_0

OIRSA Organismo internacional Regional de sanidad Agropecuaria.
<http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/CaracterizacionHLB.pdf>

SMN Servicio Meteorológico Nacional. 2012. 08/05/2012
http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=29&Itemid=93

SENASICA Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2014. Detecciones de HLB en México.
<http://www.senasica.gob.mx/?doc=9361>

SIAP. 2006. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Datos de superficie sembrada de cítricos. <http://www.siap.gob.mx/>.

SIAP. 2008. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Datos de superficie sembrada de cítricos. <http://www.siap.gob.mx/>.

SIAP. 2013. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Datos de superficie sembrada de cítricos. <http://www.siap.gob.mx/>.

CARTOGRAFIA UTILIZADA

Topografía

Estados

Información de referencia:

Autor: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad – CONABIO, (2006).¹

Título: Mapa base a nivel estatal y mapa general. Formato raster¹. Compilación cartográfica. México, D.F.

Fecha de publicación: 30-04-2009

Formato de representación geográfica: GEOTIFF. Formato raster

Escala: 1:250000

Acceso en línea: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Municipios

Información de referencia:

Autor: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Fecha de publicación: 04-07-2011

Título: Áreas Geoestadísticas Municipales, 2010

Formato de representación geográfica: Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf, prj)

Escala: 1:250000

Acceso en línea:

http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/municipios_igw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

Geología

Información de referencia:

Autor: Manzano–Camarillo M.G.F., Miranda–Salazar R., Peña–Mondragón , J. L., Salazar–Hernández, S. G. Castañeda–Vázquez R. (2006).

Título: Clasificación geológica. Cuenca de Burgos, zona II. Tecnológico de Monterrey. Extraído del Proyecto CJ070: 'Programa de restauración ecológica integral en la Zona II de la Cuenca de Burgos'. El proyecto fue financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Fecha de publicación: 03–12–2010

Formato de representación geográfica: Shapefile.

Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf, prj)

Acceso en línea: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Hidrología

Información de referencia:

Autor: Manzano–Camarillo M.G.F., Miranda–Salazar R., Peña–Mondragón, J. L., Salazar–Hernández, S. G. Castañeda–Vázquez R. (2006).

Título de contenido: Poligonal de Cuerpos de agua en el área de estudio. Cuenca de Burgos, zona II'. Tecnológico de Monterrey. Extraído del Proyecto CJ070: 'Programa de restauración ecológica integral en la Zona II de la Cuenca de Burgos'. El proyecto fue financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Fecha de publicación: 03–12–2010

Formato de representación geográfica: Shapefile.

Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf, prj)

Dato de proyección WGS84

Acceso en línea: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Estaciones climatológicas

Información de referencia

Título de contenido: Estaciones climatológicas de la República Mexicana

Publicador de contenido: CONAGUA

Fecha Publicación: 15–03–2007

Información de datos espaciales:

Tipo de dato: Vector

Dato de proyección: Lambert Conformal Conic

Escala: 1:250,000

Acceso en línea: <http://siga.cna.gob.mx/metadateexplorer/>

Climas

Información de referencia:

Autor: García, E.

Publicador de contenido: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998).

Título de contenido: 'Climas' (clasificación de Köppen, modificado por García).

Fecha de publicación: 11-05-2001

Información de datos espaciales:

Formato de representación geográfica: Shapefile.

Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf,prj)

Escala: 1:1000000

Acceso en línea: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>