

## Zonificación agroecológica del cerezo (*Prunus avium L.*) en la región manzanera del estado de Chihuahua

**Natalia Aidé Chávez Gutiérrez<sup>1</sup>**

[Nachgtz98@outlook.com](mailto:Nachgtz98@outlook.com)

<https://orcid.org/0009-0001-1916-3710>

Universidad Autónoma Chapingo  
Texcoco De Mora, Estado de México

**Job Alfonso López de Santana Pimienta**

[Jobalfonso@outlook.com](mailto:Jobalfonso@outlook.com)

<https://orcid.org/0009-0002-8292-1366>

Universidad Autónoma Chapingo  
Texcoco De Mora, Estado de México

**Juan Juárez Méndez**

[jjuarezm@chapingo.mx](mailto:jjuarezm@chapingo.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-7940-0079>

Universidad Autónoma Chapingo  
Texcoco De Mora, Estado de México

### RESUMEN

El cerezo (*Prunus avium L.*) es un cultivo con baja superficie plantada en México, durante el año 2019 se produjeron 92 toneladas y existe una demanda de 1,249 toneladas que se abastece mediante importaciones provenientes de Chile y Estados Unidos (FAOSTAT, 2022). La zonificación agroecológica es una herramienta que se utiliza para determinar zonas potenciales para el establecimiento de cultivos. El objetivo principal de la investigación fue determinar la zona potencial de producción para el cerezo en la región manzanera del Estado de Chihuahua desde un punto de vista agroecológico, esta determinación se realizó mediante el uso de un sistema de información geográfica (SIG), el cual facilitó la manipulación y sobreposición de capas de información, correspondiente a factores climáticos, edáficos y biológicos. Se utilizaron datos diarios de información climática de 10 estaciones meteorológicas durante un periodo de 20 años (2000 – 2021), con el uso de ésta información se desarrollaron las unidades calor, horas frío y unidades frío y precipitación en la región manzanera; para la información edafológica y biológica se utilizaron cartas edafológicas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Se generó la zonificación agroecológica mediante una clasificación de las variables: pendiente, textura, pedregosidad, uso de suelo y vegetación, unidades frío, unidades calor, horas frío y precipitación en función de los requerimientos del cultivo y su importancia para el desarrollo del cerezo para obtener las zonas aptas potenciales del cerezo.

**Palabras clave:** *sistemas de información geográfica; zona potencial; requerimientos; climáticos; edáficos.*

---

<sup>1</sup> Autor Principal

## **Agro-ecological zoning for cherry (*Prunus avium L.*) in the apple region of state of Chihuahua**

### **ABSTRACT**

The cherry (*Prunus avium L.*) is a crop with a low area planted in Mexico. During 2019, 92 tons were produced and there is a demand for 1,249 tons that is supplied by imports from Chile and the United States. Agro-ecological zoning is a tool used to determine potential areas for the establishment of crops. The main objective of the research was to determine the potential production area for cherry trees in the apple region of the State of Chihuahua from an agroecological point of view, this determination was made through the use of a geographic information system (GIS), which facilitated the manipulation and overlapping of information layers, corresponding to climatic, edaphic and biological factors Daily climate information data from 10 weather stations were used over a period of 20 years (2000 – 2021), with the use of this information, the chill hours, heat units, chill units and precipitation in the apple region were developed; for soil and biological information soil charts from the National Institute of Statistics (INEGI), Geography and Informatics were used. Agro-ecological zoning was generated through a classification of the variables of slope, texture, stoniness, land use and vegetation chill hours, heat units, chill units and precipitation based on the requirements of the crop and its importance for the development of the cherry tree for obtain the potential suitable areas of the cherry.

*Key words:* geographic information systems; potential area; requirements; climatic; edaphic.

*Artículo recibido 01 abril 2023*

*Aceptado para publicación: 15 abril 2023*

## INTRODUCCIÓN

Se considera que el cerezo es originario del Oriente Próximo, en la región comprendida entre las costas del Mar Negro y el Mar Caspio (Asia Menor, Irán, Iraq y Siria). (Lemus, 2005). El cerezo (*Prunus avium* L.) es la especie más importante cultivada del subgénero *Cerasus* (García, 2013). Es diploide ( $2n=16$ ), de porte erguido y gran vigor pudiendo alcanzar 25 metros de altura. El fruto es una drupa roja o granate, globosa o con forma de corazón que contiene un solo hueso. Los órganos fructíferos predominantes son los ramilletes de mayo que presentan varias yemas florales agrupadas y una vegetativa (Alburquerque, et al, 2008). En México la producción de cerezo (*Prunus avium* L.) es mínima, en el año 2019 se tuvo una producción de 92 toneladas a nivel nacional, participando únicamente los estados de Puebla con una superficie cosechada de 28 hectáreas y Chihuahua con una superficie de 20 hectáreas, colocándonos a nivel internacional como el sexagésimo primer país productor de cereza de 67 países productores en todo el mundo. Turquía tiene el primer lugar en producción con 664,224 toneladas, seguido de Estados Unidos con 321,420 toneladas y Chile con 233,929 toneladas en el año 2019 (FAOSTAT, 2022). En México importamos alrededor de 1,249 toneladas de cereza fresca en el año 2020 proveniente de Estados Unidos y Chile durante los meses abril – agosto y noviembre – enero (FAOSTAT, 2022). Aumentar la producción de cereza incrementado la superficie cosechada puede lograr un ingreso de divisas al país y garantizar el abasto nacional. Los estudios de zonificación agroecológica son una eficiente forma para lograr esas metas, según Suárez, G., et al. (2013) mediante éstos es posible definir los factores agroecológicos afectan positiva o negativamente el desarrollo biológico de los cultivos, según el caso, estableciendo zonas donde la oferta climática, edáfica y de relieve es apta para el mismo, siendo estos determinantes al momento de garantizar el éxito económico y ambiental. Gómez, et al., (2013) mencionaron que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son sistemas automatizados con procedimientos diseñados para realizar la obtención, el almacenamiento, la manipulación, el análisis y son una solución de problemas complejos de planificación y gestión (Harvey, 2008). Han permitido mejorar la calidad de muchos proyectos y procesos de zonificación, manejo y monitoreo, con una expresiva reducción de costos acompañados por una mejor precisión cartográfica y temática. Mediante los sistemas de

información geográfica los usuarios pueden comprender y conocer el comportamiento espacial de una región de una manera fácil y precisa (Suárez, 2014)

Existen diversos factores que condicionan la producción de cerezo dentro de estos se destacan las características edafológicas, la acumulación de frío invernal y la acumulación térmica durante la etapa productiva de flor a fruto. Soto et al. (2007), menciona que el crecimiento, desarrollo y la productividad de los cultivos están estrechamente relacionados y dependen completamente del clima. Wang (2016) demostró que el frío invernal está en directa relación con el desarrollo de los órganos florales femeninos durante el receso invernal, retrasándose el desarrollo de óvulos y saco embrionario cuando hay carencia de este. Joublan Millán y Claverie (2014) mencionan que el cerezo dulce posee un alto requisito de frío para salir del letargo, se han reportado en la literatura entre las 1100 a 1300 horas bajo 7°C, sin embargo, nuevas variedades han sido reportadas con requisitos que van desde los 400 a 1500 horas bajo 7°C. Según Fadón et al., (2015) las temperaturas durante la temporada de crecimiento vegetativo y reproductivo repercuten en la dinámica fenológica de la especie durante ese periodo el crecimiento puede ser activo o pasivo en función de la esta misma, la temperatura base del cerezo es de 7°C y requiere de 300 a 700 unidades calor, dependiendo la variedad. Arriaga (2020) menciona que la acumulación de unidades calores importante desde floración hasta cosecha utilizando el método del promedio de la temperatura máxima y mínima diaria, considerando la temperatura base. Las condiciones climáticas como las bajas temperaturas, un déficit hídrico y el fotoperiodo pueden inducir a diversas etapas del cerezo (Urbina, 2001). Existen diversos estudios para determinar la acumulación térmica durante la temporada. La radiación es primordial en el cerezo ya que está involucrada todas las funciones del árbol; por ejemplo, sobre la coloración de los frutos y la fotosíntesis (Ellena, 2012). La precipitación durante la etapa productiva del cerezo puede generar la partidura en el fruto, más cuando esta ocurre cerca del periodo de cosecha, donde más de mitad de la producción puede perderse cerca de la cosecha (Khan et al., 2014), por lo que es recomendable proporcionar de manera moderada este factor climático con un riego controlado. Iglesias, et al. (2016) menciona que el cerezo requiere suelos bien drenados como suelos francos, debido a su sensibilidad a la asfixia radicular en suelos arcillosos, también existen otras variables en el suelo medianamente

limitantes, como la pedregosidad y la pendiente de 6 – 10%, si la pendiente es mayor al 10% se considera limitante para el establecimiento del cultivo.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la zona potencial de producción para el cerezo (*Prunus avium L.*) en la región manzanera del estado de Chihuahua mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio se llevó a cabo en la región manzanera del estado de Chihuahua, México, ubicada entre los 108° 06' 36" y 106° 28' 48" de longitud oeste y 28° 00' 00" y 29° 34' 12" de latitud norte, la cual comprende los municipios de Namiquipa, Bachiniva, Cuauhtémoc, Guerrero y Cusihuirachi.

El estudio comprendió tres etapas: a) caracterización edafológica y biológica de la región manzanera (tipo de suelos, pendiente, pedregosidad y uso de suelo y vegetación), b) caracterización climática de la región (determinación de unidades frío, horas frío y unidades calor para la región manzanera), c) mapeo de las zonas aptas para el cultivo del cerezo.

Las principales limitantes edafoclimáticas para el cerezo (*Prunus avium L.*) se presentan a continuación (Cuadro 1), las cuales guiaron la investigación para determinar la zona potencial donde se puede establecer el cerezo.

Cada tipo de factor se clasificó en distintos niveles y a cada nivel se le asignó un valor numérico de limitación para realizar las operaciones matemáticas y definir los rangos de aptitud, siendo el número 1 sin ninguna limitación hasta el número 5 altamente limitante.

### ***Caracterización edafológica de la región***

La información edafológica se representó en mapas temáticos para cada una de las variables utilizando diversas herramientas de análisis espacial del software ArcGis versión 10.8 (versión de prueba).

### ***Suelos***

Se utilizó la carta de suelos de INEGI con una escala 1:1,000,000 en formato vectorial para trabajaron las variables de fase física y textura de suelos georeferenciadas al Datum WGS\_1984\_UTM\_Zona\_13N y delimitadas a la carta a la región manzanera.

Se obtuvo la distribución de las texturas (media, fina y gruesa) de la región manzanera, posteriormente se reclasificó para asignarle un valor a cada tipo de textura (Cuadro 2).

Mediante el uso de la capa de suelos del INEGI se obtuvo la distribución de la fase física del suelo que se encuentra en la región manzanera, posteriormente se reclasificó asignándole un valor a cada tipo de fase física (Cuadro 2.)

### ***Pendiente***

Se utilizó el Modelo de Elevación Digital (MED) proporcionado por INEGI para el estado de Chihuahua, posteriormente recortado para los municipios en cuestión, con un tamaño de pixel de 15 m x 15 m, se georreferenció al Datum GCS\_WGS\_1984 se generó un mapa de pendiente en porcentaje utilizando herramientas de análisis espacial. Posteriormente se reclasificó la capa para obtener los valores y realizar las operaciones matemáticas (Cuadro 2).

### **Caracterización biológica de la región**

#### ***Uso de suelo y Vegetación***

Se utilizó la capa de uso de suelo y vegetación 2018 a escala 1:250,000 de la página oficial del INEGI en formato vectorial para trabajar la variable de uso de suelo y vegetación, georreferenciando la capa al Datum WGS\_1984\_UTM\_Zona\_13N y se delimitó la carta a la región manzanera. Se identificaron los usos de suelos uniendo los similares y reclasificando la capa para darle el valor a cada uso de suelo y vegetación (Cuadro 3).

#### **Caracterización climática de la región**

La información climática se obtuvo de 10 estaciones meteorológicas de la Unión Regional Agrícola de Fruticultores del Estado de Chihuahua (UNIFRUT) distribuidas en la región manzanera (Cuadro 4). Se utilizaron las variables de temperatura media mensual, temperatura mínima mensual, temperatura máxima mensual y precipitación mensual para determinar horas frío, unidades calor y la incidencia de precipitación durante los meses de febrero – abril en un periodo de 20 años.

#### ***Horas frío***

Se calcularon las Horas Frío acumuladas en la región manzanera durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero para los años 2000 – 2021 de las 10 estaciones meteorológicas mediante el método de Da Mota:

$$Y = 485.1 - 28.5 X \quad (1)$$

**Donde:**

Y= número de horas frío

X= temperatura media mensual de noviembre, diciembre, enero y febrero.

Posteriormente se realizó la suma de las horas frío acumuladas en los meses mencionados y se promediaron los 20 años de acumulación de frío en cada estación meteorológica (Cuadro 7).

Las operaciones se realizaron mediante el programa de Excel 2010, los resultados se importaron al software ArcGIS 10.8 (versión de prueba) donde se realizó una interpolación de puntos por el método IDW, posteriormente se realizó una reclasificación para agrupar las horas frío y asignarle valor numérico a cada grupo (Cuadro 6).

#### **Unidades Calor**

Se calcularon la Unidades Calor para el periodo productivo del cerezo que comprende los meses de febrero (inicio de floración) al mes de abril (cosecha), para un periodo de 20 años del año 2000 al 2021 de las 10 estaciones meteorológicas, utilizando el método de Arnold (1959):

$$\sum_1^{12} = (T - Tb)Nm \quad (2)$$

**Dónde:**

T= temperatura media diaria (°C)

TB = temperatura umbral

Nm = número de días del mes.

Posteriormente se realizó la suma de los meses mencionados para conocer las unidades calor acumuladas en la región manzanera durante el periodo productivo del cerezo (*Prunus avium L*) y se obtuvo el promedio de las unidades calor acumuladas en los 20 años (Cuadro 7).

Las operaciones se realizaron mediante el programa de Excel 2010, los resultados se importaron al software ArcGIS 10.8 donde se realizó una interpolación de puntos por el método IDW, posteriormente se elaboró una reclasificación de la capa para agrupar las unidades calor y asignarle un valor numérico a cada grupo (Cuadro 6).

### ***Unidades frío***

Las unidades frío se obtuvieron mediante una investigación en UNIFRUT donde realizan este cálculo con el método de Richardson (1974). Se realiza mediante una correlación de temperaturas como se muestra en el cuadro 5.

La aplicación de este modelo requiere un registro detallado de las temperaturas a través del día, o por lo menos cada hora. Este modelo no ha sido muy utilizado debido a la recopilación de datos debido a que una mayor precisión y a un más amplio criterio en la valoración del frío. Se realizó una colecta de datos en la página oficial de UNIFRUT para obtener las unidades frío acumuladas de noviembre a febrero durante 20 años en el periodo del 2000 – 2001 para las 10 estaciones, posteriormente se promedió los 20 años por estación (Cuadro 7), el resultado se importó a ArcGIS 10.8 (versión de prueba) donde se realizó una interpolación de puntos por el método IDW posteriormente se reclasificó el resultado y se le asignó un valor a cada grupo (Cuadro 6).

### ***Precipitación***

La variable de precipitación se determinó mediante el promedio de la incidencia de ésta durante los meses de febrero a abril (Cuadro 7), donde ocurre la etapa productiva del cerezo (*Prunus avium L.*), dicha etapa es sensible a altas precipitaciones que producen “cracking” un desorden fisiológico caracterizado por la partidura del fruto causado principalmente por desórdenes morfológicos, genéticos y ambientales, donde altas precipitaciones tienen una fuerte influencia para que este desorden fisiológico se presente, por eso se recomienda mantener un riego controlado para moderar este factor en las huertas establecidas.

### **Mapeo de las zonas aptas para el establecimiento y producción del cerezo.**

Las zonas de aptitud fueron determinadas mediante un análisis de superposición ponderada que nos permite identificar las mejores zonas para el establecimiento del cerezo (*Prunus avium L.*), analizando las distintas variables trabajadas (textura, uso de suelo y vegetación, pedregosidad, pendiente, unidades frío, unidades calor, horas frío y precipitación durante los meses febrero – abril) tomando los valores asignados, siendo el valor 1 “muy apto” y el valor 5 “poco apto”, además ponderando cada capa según su nivel de limitación (cuadro 1).

## DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Los resultados de las características edáficas nos indican que existe un 94% de suelo de la región manzanera con clase textural media, 2.8% de suelo con clase textural fina y un 3.2% de suelo con clase textural gruesa (Figura 2) teniendo 1,114,563.3 hectáreas de suelo con la clase textural adecuada para el establecimiento del cerezo (*Prunus avium L.*). Además, solo el 2% del suelo presenta pedregosidad en los suelos, un pequeño porcentaje que afecta el desarrollo radical del cerezo, el 18% tiene una fase física gravosa y el 79% del suelo tiene una fase física lítica (figura 3). El 10% del territorio de la región manzanera está utilizado para asentamientos humanos, el 30% se utiliza para la agricultura de riego y temporal, el 43% se dedica a pastizales y bosques y 16% tiene cualquier otro tipo de vegetación, sin uso específico (figura 4); El 73% de la región manzanera, equivalente a 865,565.1 puede adaptarse al cultivo del cerezo (*Prunus avium L.*) ya que pertenece a la agricultura, ganadería y bosques, y estos terrenos pueden utilizarse para el establecimiento de huertas, si así se desea, aunque lo ideal es utilizar los suelos que están desprovistos de vegetación o que tienen otro tipo de ésta (189,712.9 hectáreas). La pendiente es un factor que afecta el establecimiento de los cultivos más que el desarrollo de estos, entre más inclinadas sean las pendientes más trabajos de nivelación o curvas a nivel se tienen que realizar, lo que representa un gasto económico mayor, sin embargo, la región manzanera posee 521,710.5 hectáreas con una pendiente menor al 2% y 237,141.1 hectáreas con una pendiente entre el 6% y el 10%, entre estos dos parámetros se abarca un 64% del territorio de la región manzanera, 1185705.72 hectáreas tienen una pendiente de 6% a 10%, 189712.9 hectáreas de la superficie tiene una pendiente de 10% a 20% y el resto una inclinación mayor al 20%.

Los resultados de las variables climáticas nos indican que se presentan las suficientes unidades calor para que los procesos fisiológicos que se ven involucrados en el periodo de floración a fruto ocurran, el 35% del territorio de la región manzanera (414,997 hectáreas) presenta una acumulación mayor de 400 unidades frío, en el resto de la región manzanera se acumulan de 200 a 400 unidades calor (Figura 6). Las Horas Frío acumuladas en la región durante el periodo de noviembre a febrero son favorables para que exista una brotación adecuada, en el 98% de la región manzanera (1,161,991.6 hectáreas) se acumulan más de 1000 horas frío y en el otro 2% se acumulan de 800 a 1000 horas frío (Figura 7). En

cuanto a las Unidades Frío, la región presenta un 18% del territorio (213,427 hectáreas) con una acumulación mayor a las 1000 unidades frío, un 64% de territorio (758,851.6 hectáreas) con una acumulación de 800 a 1000 unidades frío y un 18% con una acumulación de 600 a 800 unidades frío (Figura 8), no se identifican región donde la acumulación de frío, tanto en unidades como en horas sea menor al requerimiento del cerezo (*Prunus avium L.*). La precipitación es un factor que puede ser importante, ya que altas precipitaciones están asociadas a que se presente un desorden fisiológico llamado “cracking” que consiste en la partidura del fruto, esto ocurre tras una cadena de eventos genéticos, fisiológicos y ambientales, generando grandes pérdidas económicas por el deshecho de la fruta que presenta “cracking”. De acuerdo a los registros históricos e interpolaciones, la incidencia de la precipitación durante los meses de febrero a abril en la región manzanera no se rebasan los 10 milímetros de precipitación en ningún punto de la región manzanera (Figura 9), por lo que esta variable no genera mucho problema, sin embargo, es importante recalcar que para la producción de cerezo en la región se debe de contar con un sistema de riego para poder satisfacer sus necesidades hídricas de manera eficiente y constante.

El resultado de la sobreposición de mapas nos muestra que en la región manzanera existen 414,997 hectáreas que tiene un nivel muy apto para el establecimiento del cerezo, lo que representa el 35% del territorio, donde nuestras variables de unidades calor, unidades frío, horas frío, textura, uso de suelo y vegetación, pendiente, pedregosidad y precipitación interactúan con sus valores altamente adecuados, donde se acumulan las más altas unidades frío, calor, horas frío, la textura es la ideal, baja pedregosidad y poca inclinación de pendiente, siendo las zonas con mayor potencial para el establecimiento del cultivo del cerezo (*Prunus avium L.*); 248,998.2 hectáreas con un nivel moderadamente apto, que equivale al 21%, donde la acumulación de frío tanto con unidades, como horas es adecuada para que se presente la brotación de yemas, ya que se acumulan más de 800 unidades y horas frío, la acumulación de calor también es adecuada ya que se acumulan entre 200 y 400 unidades, la textura del suelo, pedregosidad y pendiente aún son aptas para el establecimiento y el uso de suelo y vegetación puede adaptarse por ya que estas zonas tienen pastizales, bosques y el suelo es usado para la agricultura; el 44% restante de la región, equivalente a 521,710.5 hectáreas corresponde a un nivel poco apto, principalmente porque existe pedregosidad, pendientes más

inclinadas y los suelos son ocupados por la urbanización, sin embargo, estas zonas tienen pocas limitaciones climáticas, ya que en toda la región manzanera se cumplen los requisitos de frío, calor y la precipitación no es altamente limitante, en cuanto a la edafología estas zonas pueden adaptarse mediante labores culturales, lo cual representa un costo económico mayor (Figura 10).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos concluimos que en la región manzanera del Estado de Chihuahua existen zonas que tienen un alto potencial para el establecimiento del cerezo (*Prunus avium L.*) zonas que no requieren labores culturales extras para acondicionar el suelo para el desarrollo apropiado del cerezo, para cumplir los requerimientos hídricos será necesario contar con algún tipo de sistema de riego, donde se suministre de manera constante para evitar problemas de “cracking”. También existen zonas donde las condiciones climáticas son adecuadas, aunque en menor intensidad, siendo medianamente aptas, en total en el 56% de la región manzanera se puede establecer el cerezo (*Prunus avium L.*), donde se deben adaptar las distintas variedades de cerezo que poseen diferentes requisitos climáticos; el restante de la región manzanera posee buenas condiciones climáticas para el desarrollo fisiológico del cerezo, sin embargo, el suelo es menos favorable para su desarrollo, pero se puede solucionar mediante el uso de portainjertos y labores culturales para adaptar el suelo, en las zonas donde la pendiente es más alta, el establecimiento de huerto se entorpece, pero puede realizarse mediante curvas a nivel, método que incrementará el costo de establecimiento.

Las zonas “muy aptas” para el establecimiento del cerezo se encuentran distribuidas en los 5 municipios que conforman la región manzanera del estado de Chihuahua (Bachíniva, Cuahutémoc, Cusihuriachi, Guerrero y Namiquipa), solamente el municipio de Cusihuariachi tiene como resultado de la zonificación zonas “muy aptas” y “poco aptas”, sin embargo sigue siendo una superficie mayor la que posee zonas muy aptas, en comparación a las zonas poco aptas para el establecimiento del cerezo (*Prunus avium L.*).

## REFERENCIAS

- Albuquerque, N. (2008). Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. AGRIS: International Information System for the Agricultural Science and Technology. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301537528>
- Arriaga, B. (2020) Caracterización fenológica, reproductiva y de calidad de fruta de distintas variedades de cerezo (*Prunus avium*) en la zona central de Chile. <https://postgrado.agronomia.uc.cl/ver-mas-noticias/302-tesis-de-magister-caracterizacion-fenologica-reproductiva-y-de-calidad-de-fruta-de-distintas-variedades-de-cerezo-prunus-avium-l-en-la-zona-central-de-chile> Chihuahua. Obtenido de <https://www.unifrut.com.mx/horas-y-unidades-frio/>
- Correia, S., Schouten, R., Silva, A. P. & Gonçalves, B. (2018). Sweet cherry fruit cracking mechanisms and prevention strategies: A review. *Scientia Horticulturae*, 240, 369-377. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.042>
- Ellena D., Miguel (ed.) (2012) Formación y sistemas de conducción del cerezo dulce [en línea]. Temuco: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 247. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7500> (Consultado: 22 febrero 2023).
- Fadón, E., Herrero, M. & Rodrigo, J. (2015). Flower development in sweet cherry framed in the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 192, 141-147. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.05.027>
- FAOSTAT. (29 de 03 de 2022). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- García, F. M. (2010). Análisis de diversos factores biológicos que influyen en el proceso de floración, producción y calidad del fruto en variedades de cerezo (*Prunus avium* L.) cultivadas en la Región de Murcia. [Tesis doctoral, UNIVERSIDAD MIGUEL

HERNÁNDEZ].<https://conocimientoabierto.carm.es/jspui/bitstream/20.500.11914/1061/1/Tesis%20Garc%C3%ADa%20Montiel.pdf>

- Gómez Lora, W., Zamora Talaverano, N., Cabrel La Rosa, C. & Rosales Vidal, J. (2013). Zonificación agroclimática de la quinua y kiwicha en la cuenca del río Cañete, utilizando los sistemas de información geográfica. *Cátedra Villarreal*, 1(2). <https://doi.org/10.24039/cv2013118>
- Harvey, F. (2008). *Primer of GIS: Fundamental geographic and cartographic concepts*. 1era ed: New York, The Guilford Press. 310 pp. ISBN-10: 1-59385-565-6.
- Iglesias, I., Peris, M., Ruiz, S., Rodrigo, J., Malagón, J., García, F., López, G., Bañuelos P., Manzano, M., López, M., Rubio, J. (2016). El cultivo del cerezo en España: producción, consumo e intercambios comerciales. *Revista de fruticultura*, 48, 6-39. <http://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/6731>
- INEGI. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua*.
- Joublan Millán, J. P., y Claverie, J. (2014). *El Cerezo: guía técnica*. Chillán: Fundación para la Innovación Agraria.
- Lemus S., Gamalier (ed.) (2005) *El cultivo del cerezo [en línea]*. Santiago, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 133. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7061>
- SIAP-SIACON. (29 de 12 de 2020). *Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Soto, F., Hernández, A., Vantour, A., Morales, M., Lopetegui, C. M., Hernández, O., Garea, E., Morales, D., Leyva, Á., Bertolí, M., Moreno, I., Ramírez, A., Renda, A., & Pérez, A. (2007). ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE LA CORDILLERA DE GUANIGUANICO. *Cultivos Tropicales*, 28(1), 41-55. Tukey, L. D. (1981). Plant growth regulators and fruit tree physiology. pp. 51-62 in: *Proceedings of Tree Fruit Growth Regulators and chemical thinning shortcourse*. Washington State University.
- Suárez Venero & M Gicli. (2014). APUNTES SOBRE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE LOS CULTIVOS. PARTICULARIDADES EN CUBA. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 36-44. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr05414.pdf>

Suárez Venero, G. M., (2014). APUNTES SOBRE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE LOS CULTIVOS. PARTICULARIDADES EN CUBA. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 36-44.

UNIFRUT. (31 de enero de 2021). Unión Agrícola Regional de Fruticultores del Estado de Chihuahua.

Urbina Vallejo, Valero. *Morfología y desarrollo vegetativo de los frutales*. Paperkite Editorial.

<http://hdl.handle.net/10459.1/47019>. Qadir, G, M.A. Cheema, F. Hassan, M. Ashraf and M.A.

Wahid. (2007). Relationship of heat units accumulation and fatty acid composition in sunflower. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 44(1): 24-29.

Wang, L., Zhang, L., Ma, C., Xu y W., Ping. (2016). Impact of chilling accumulation and hydrogen cyanamide on floral organ development of sweet cherry in a warm region. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(11), 2529-2538. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(16\)61341-2](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(16)61341-2)

Figura 1. Ubicación de la región manzanera del Estado de Chihuahua.

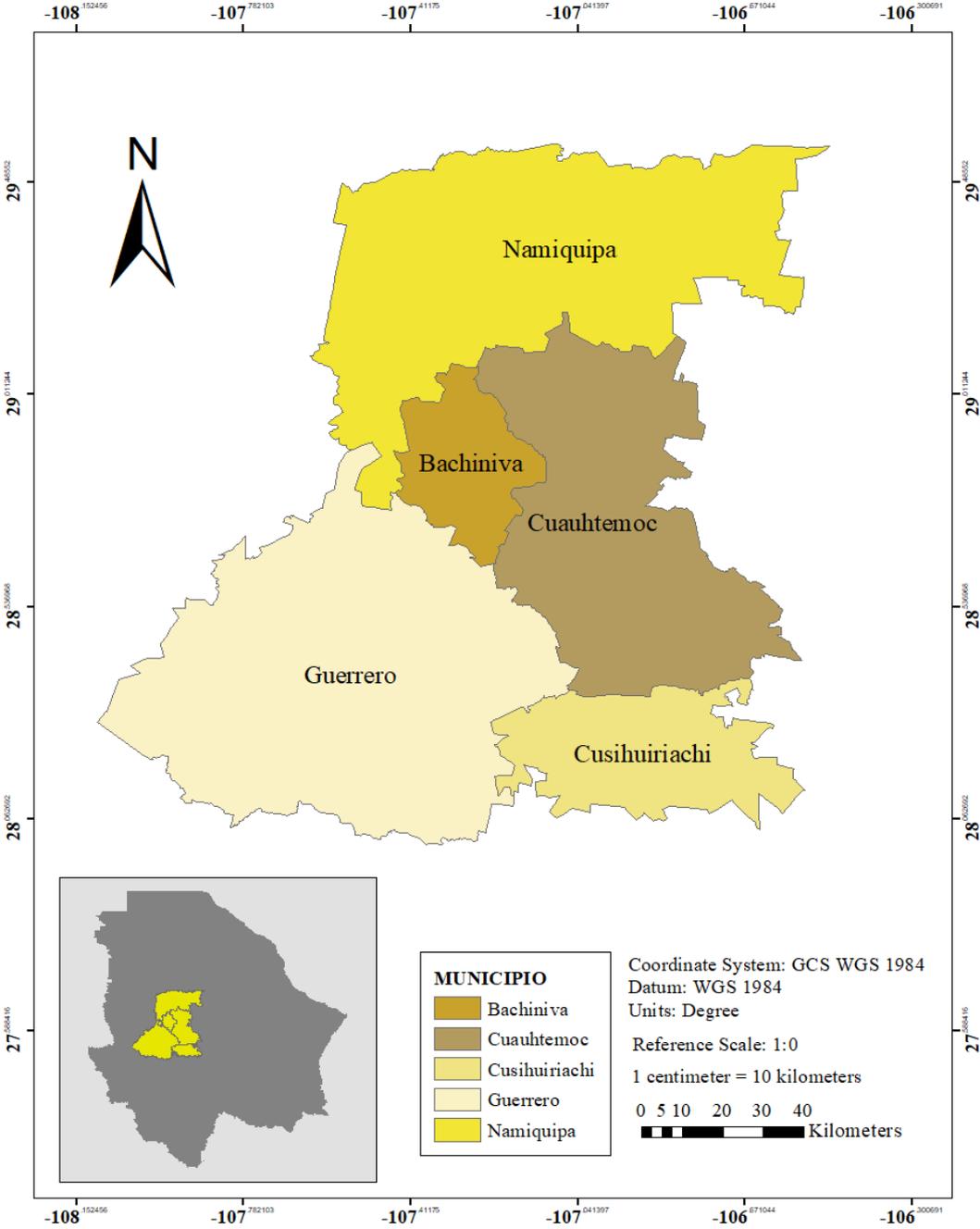


Figura 2. Distribución de la textura en la región manzanera.

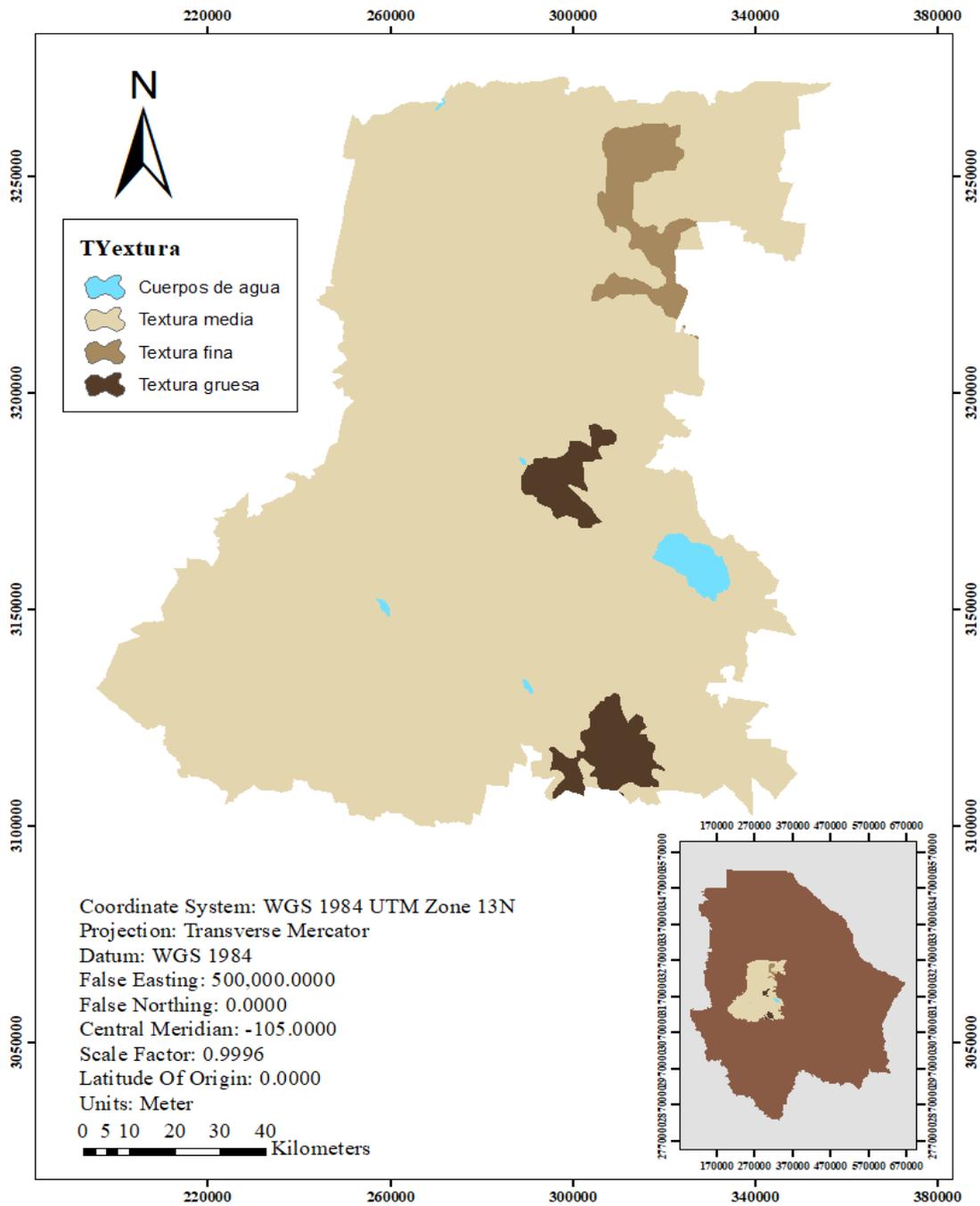
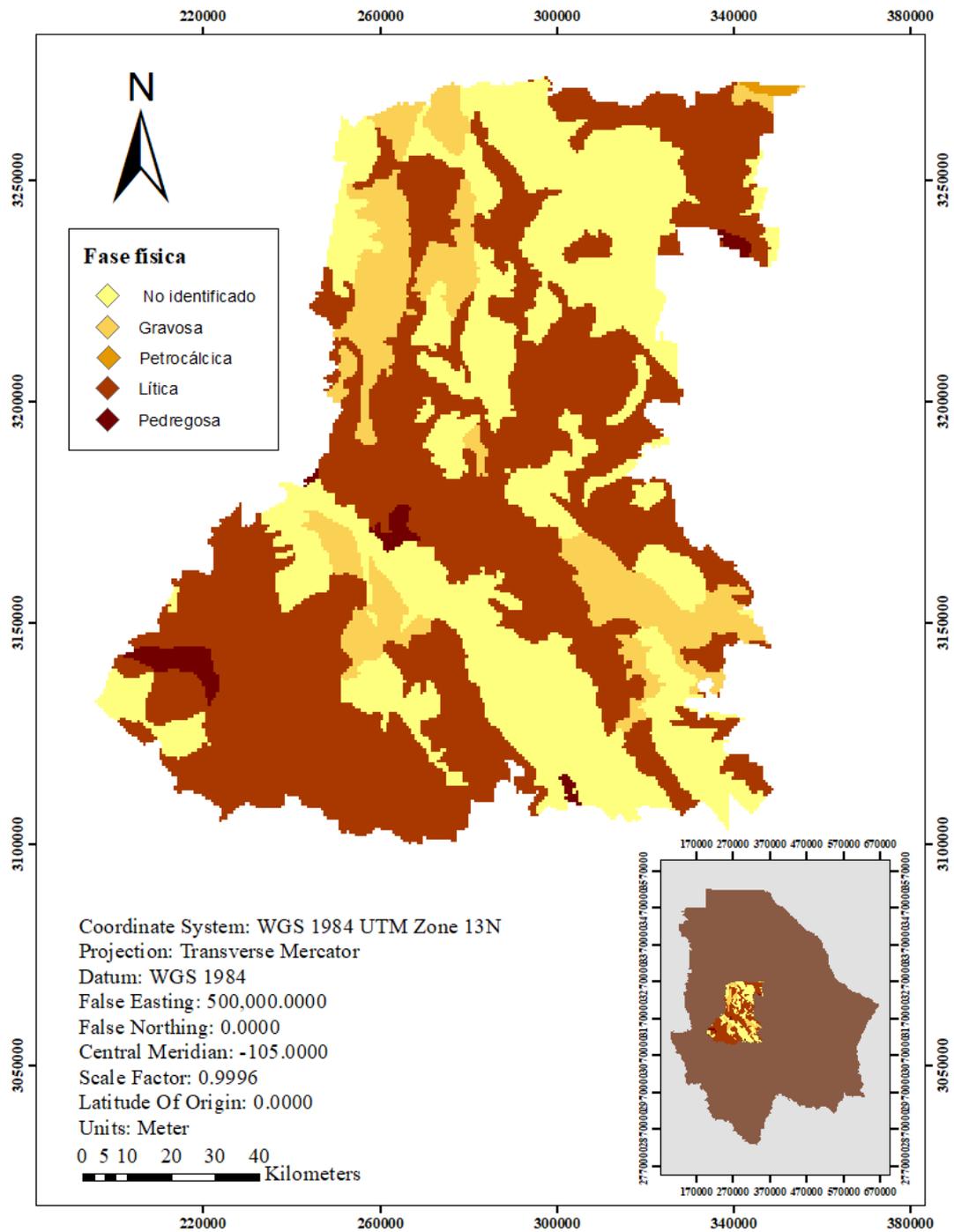


Figura 3. Distribución de la fase física en la región manzanera.



**Figura 4.** Distribución del Uso del Suelo y Vegetación en la región manzanera.

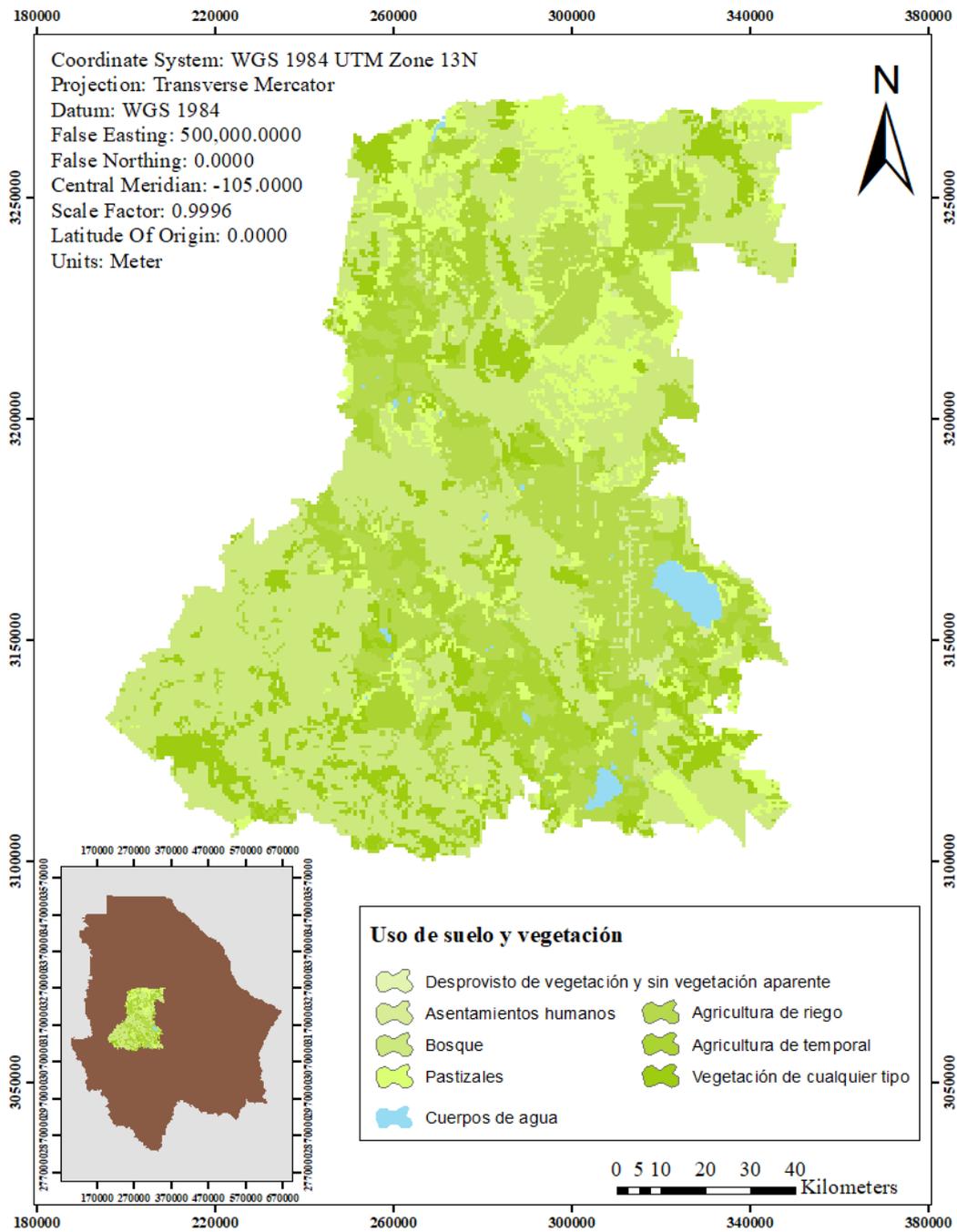


Figura 5. Distribución de las pendientes en la región manzanera.

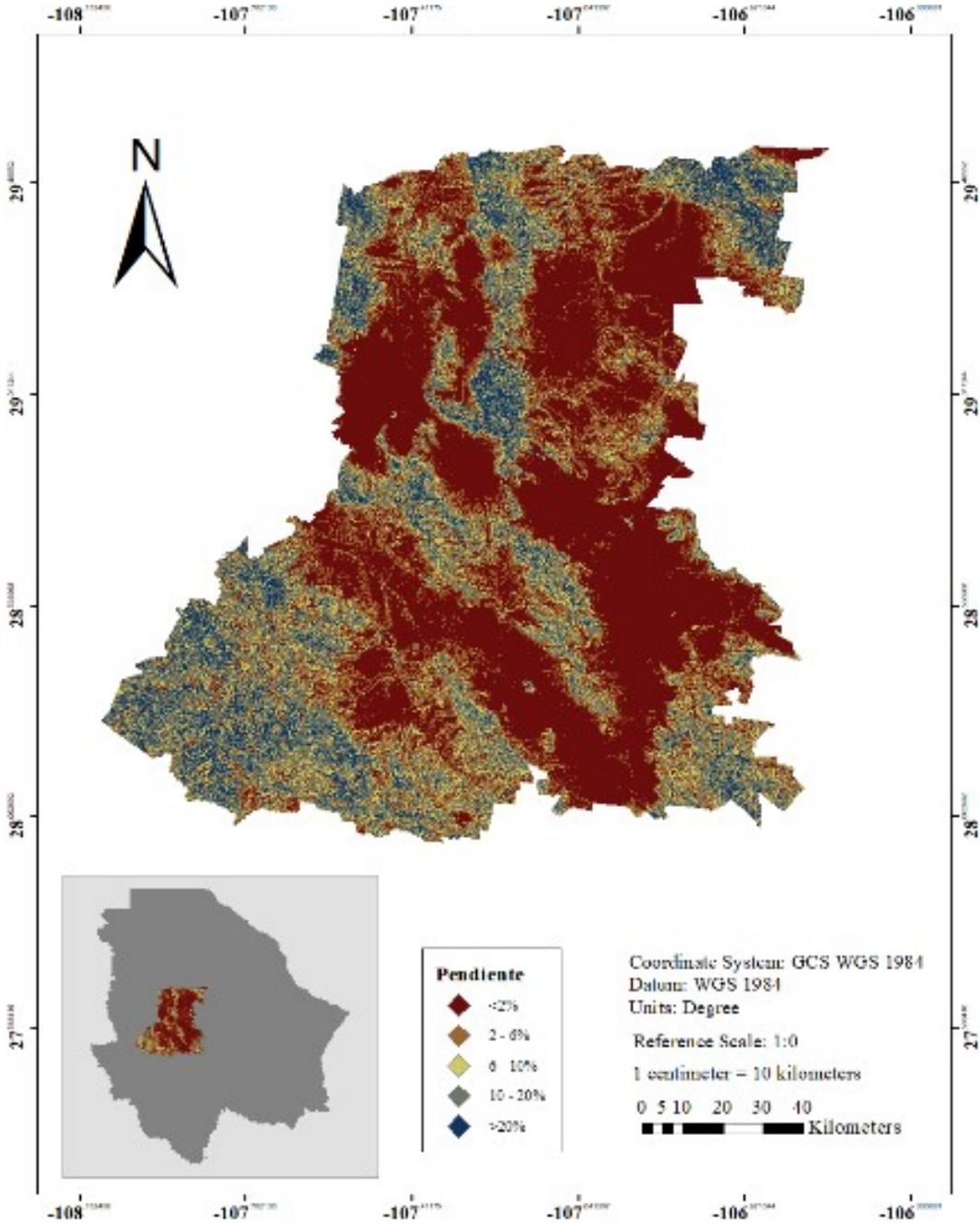


Figura 6. Acumulación de unidades calor en la región manzanera.

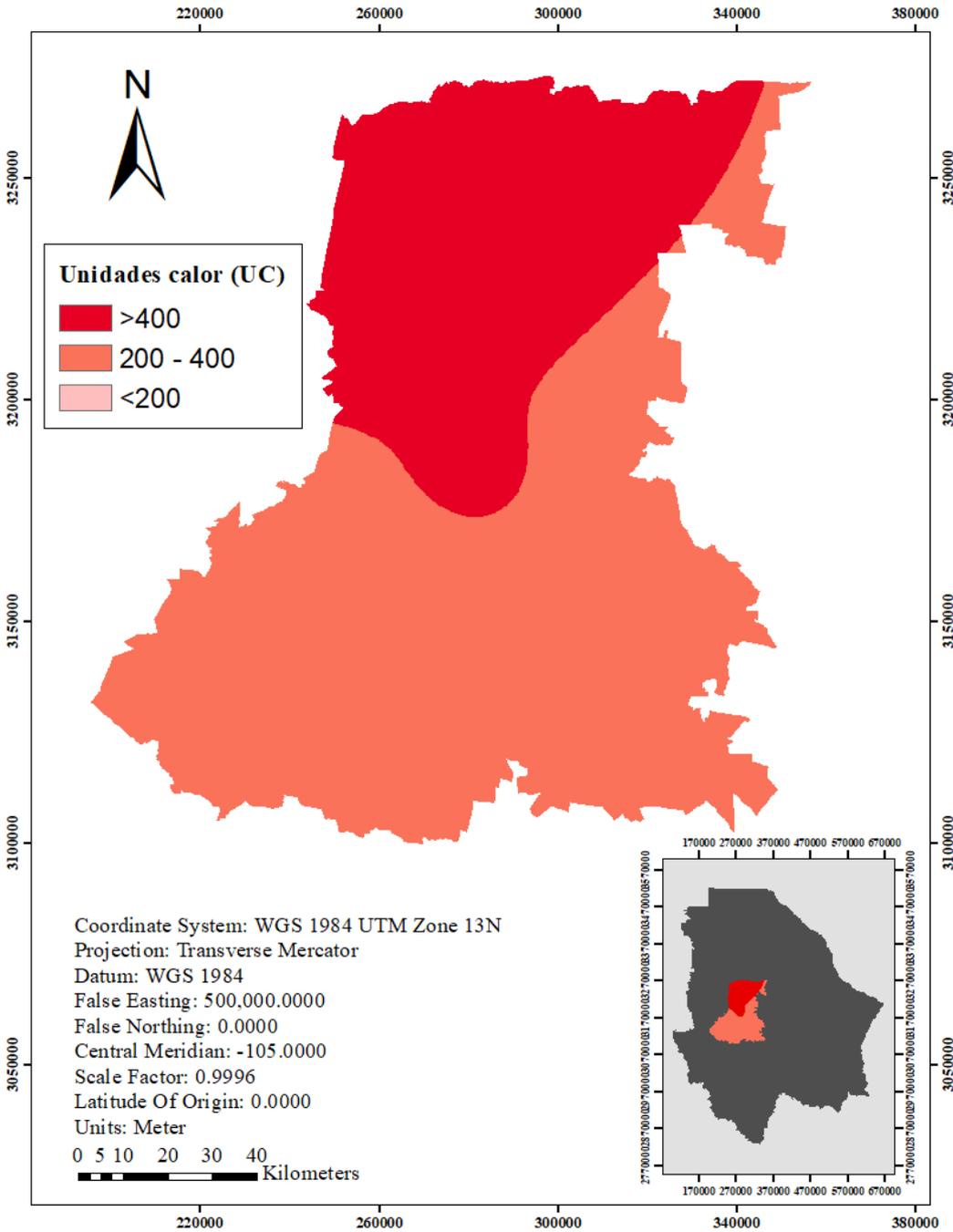


Figura 7. Acumulación de horas frío en la región manzanera.

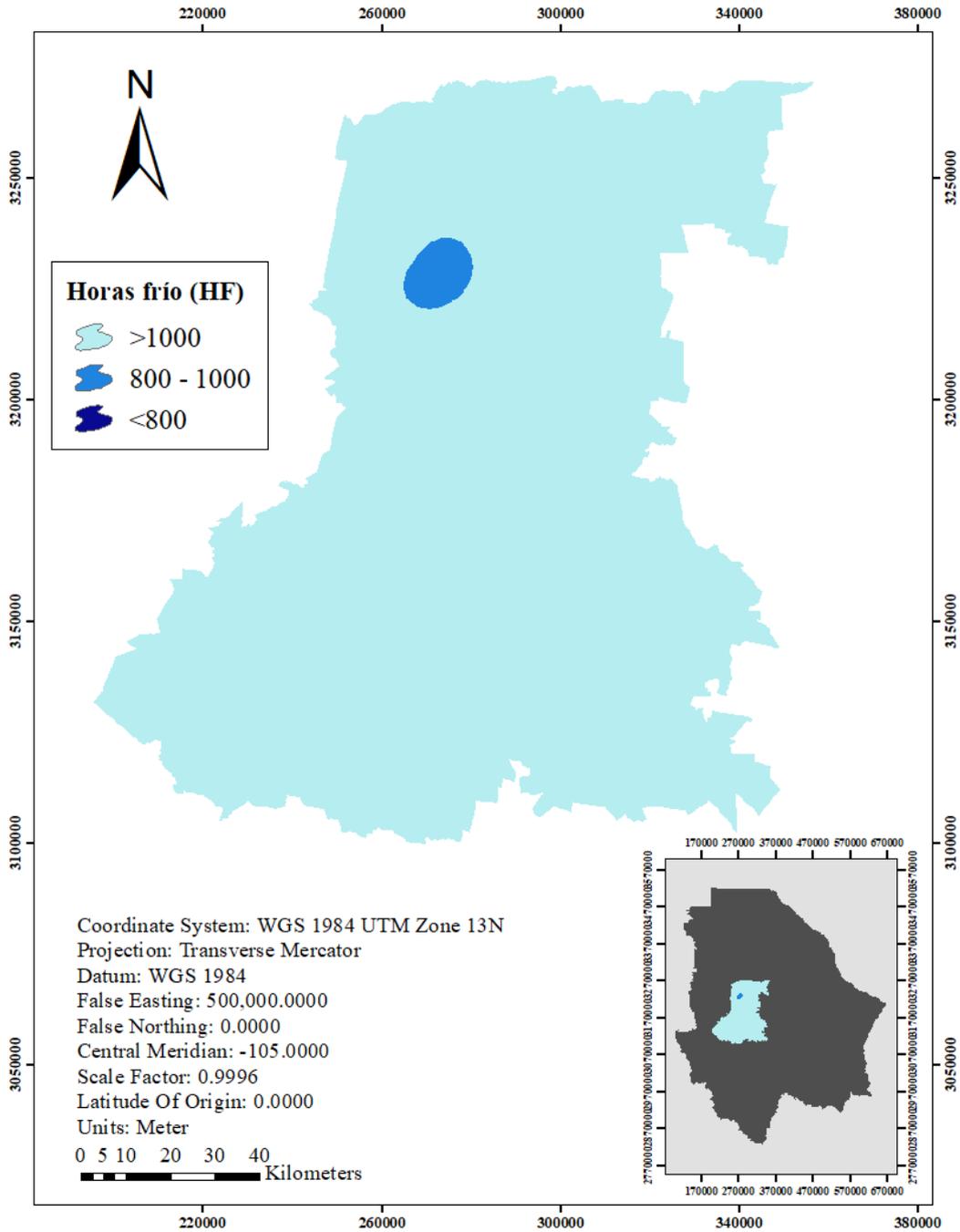


Figura 8. Acumulación de unidades frío en la región manzanera.

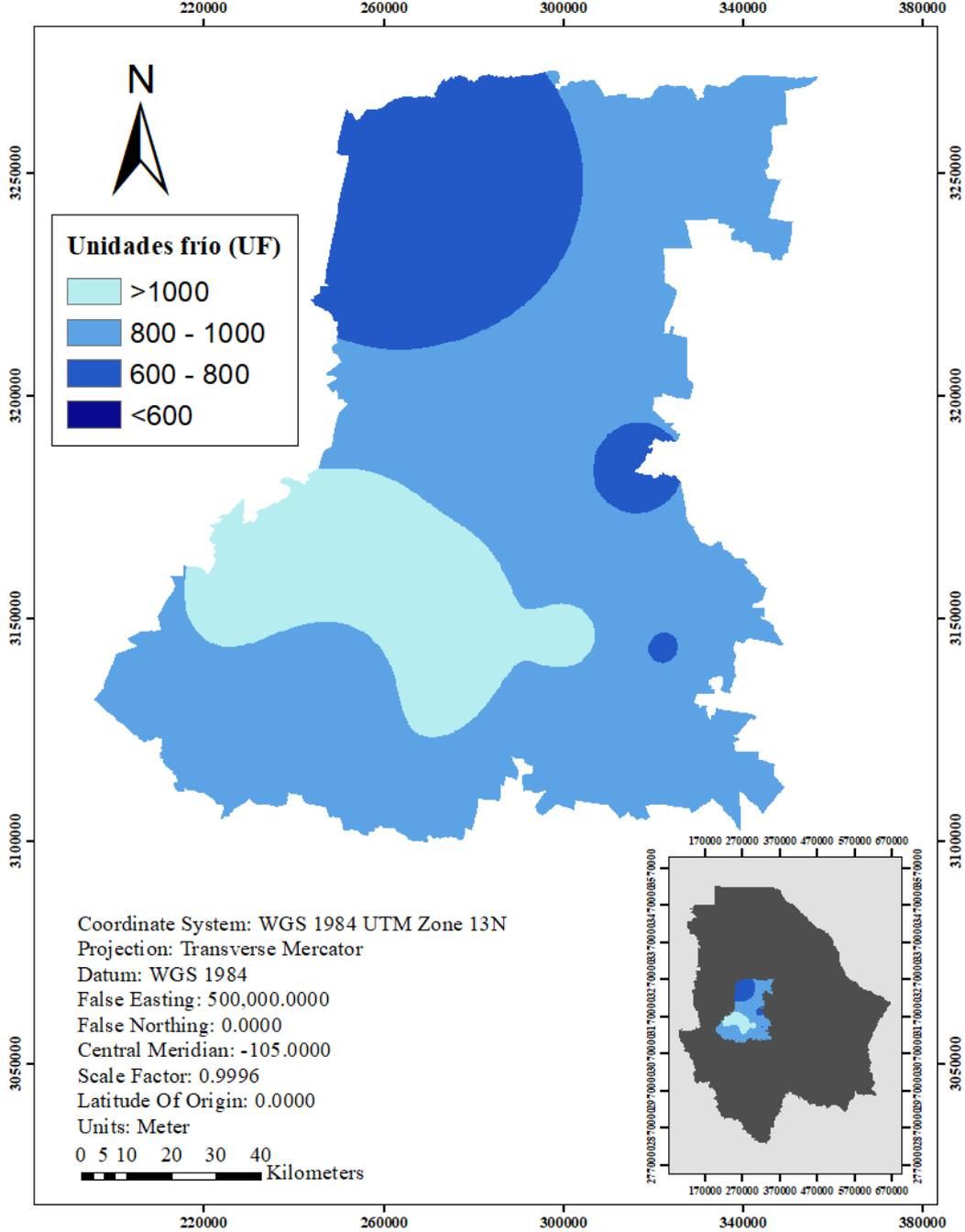


Figura 9. Distribución de la precipitación durante los meses febrero – abril en la región manzanera.

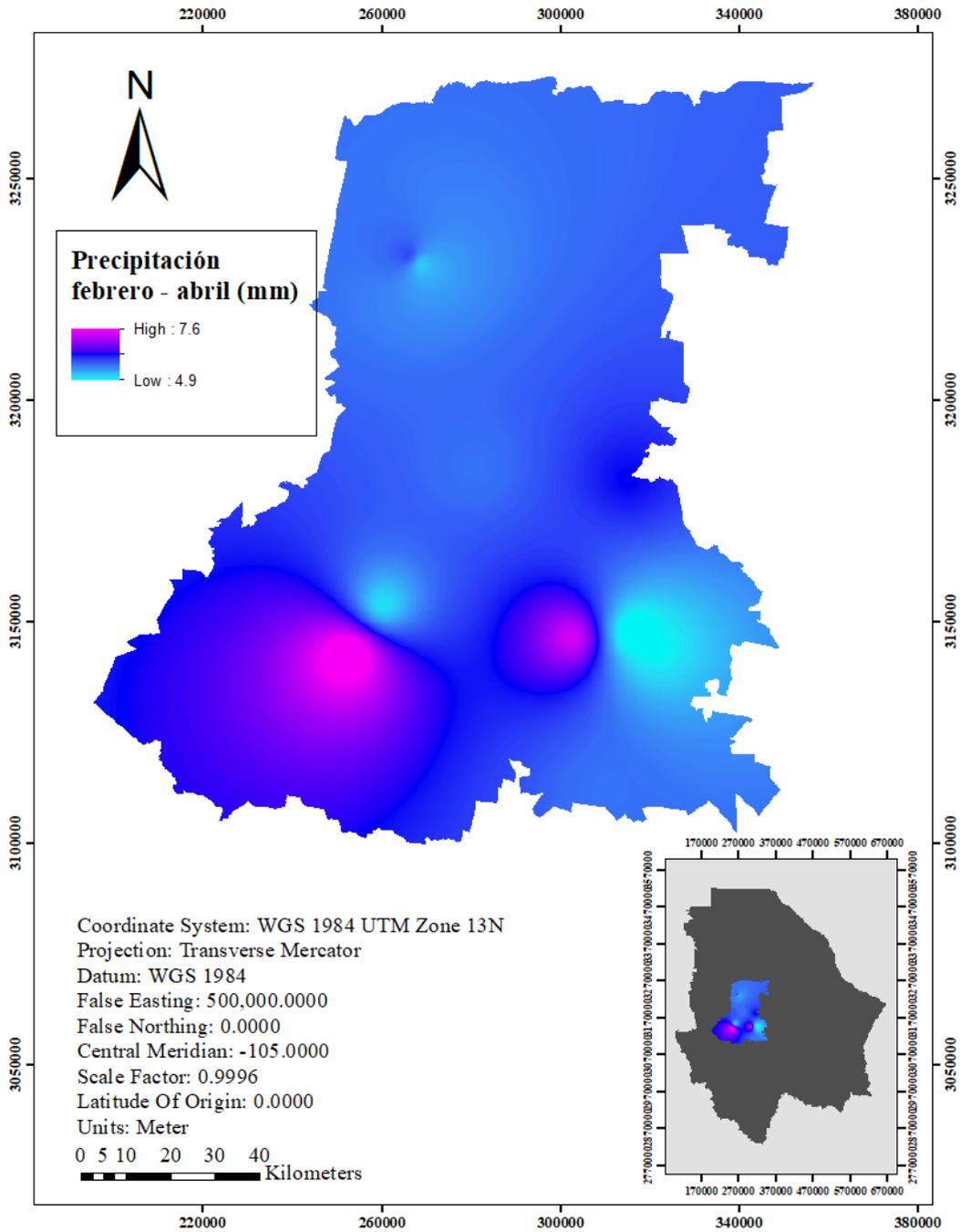
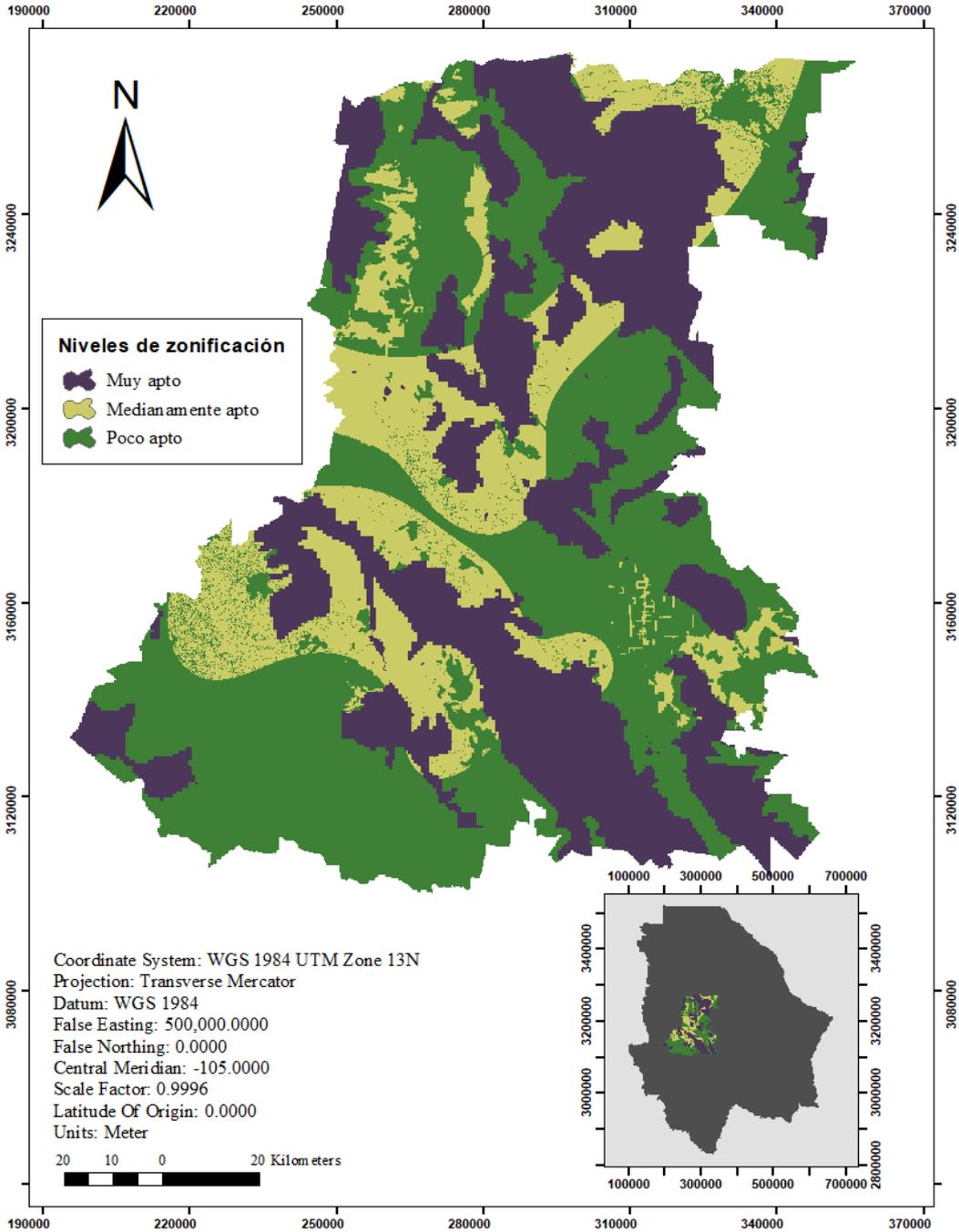


Figura 10. Zonificación agroecológica del cerezo (*Prunus avium L.*) en la región manzanera del estado de Chihuahua.



**Cuadro 1.**

*Factores agroecológicos limitantes para el establecimiento y producción del cerezo (Prunus avium L.)*

Factores agroecológicos	Tipo	Nivel de limitante
Edafológico	Pendiente	Ligeramente limitante (5%)
	Textura	Medianamente limitante (10%)
	Pedregosidad	Mediamente limitante (10%)
Climático	Precipitación	Ligeramente limitante (5%)
	Unidades frío	Altamente limitante (20%)
	Unidades calor	Altamente limitante (20%)
	Horas frío	Altamente limitante (20%)
Biológico	Uso de suelo y vegetación	Medianamente limitante (10%)

**Cuadro 2.**

*Valores de limitación del factor edafológico.*

Factor	Tipo	Clasificación	Valor
Factor edafológico	Pendiente	< 2%	1
		2-6%	2
		6-10%	3
		10-20%	4
		>20%	5
	Textura	Media	1
		Gruesa	2
		Fina	3
	Fase física	Gravosa	1
		Petrocálcica	2
		Lítica	3
		Pedregosa	4

**Cuadro 3.** Valores de limitación del factor biológico

<b>Factor</b>	<b>Uso de suelo y vegetación</b>	<b>Valor</b>
Factor biológico	Desprovisto de vegetación y sin vegetación aparente	1
	Bosque (todo tipo de bosque)	2
	Pastizales	3
	Agricultura de riego	4
	Agricultura de temporal	5
	Vegetación de cualquier tipo	6
	Asentamientos humanos	7
	Cuerpo de agua	-1

**Cuadro 4.** Estaciones meteorológicas de la región manzanera.

<b>Municipio</b>	<b>Nombre</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
Bachiniva	Bachíniva, Chih.	-107.246478	28.775066
Namiquipa	"El Terrero"	-107.376996	29.183503
	"El Molino"	-107.411685	29.20442
Cuauhtémoc	Quinta Lupita	-106.87776	28.444819
	Col. Álvaro Obregón	-106.897001	28.757285
	San José de la Herradura	-107.021229	28.432555
	Zona Dorada	-106.828192	28.413292
Cusihuariachi	La Capilla	-106.936902	28.125863
Guerrero	Mesa Miñaca	-107.449153	28.494582
	Tonachi	-107.524454	28.388655

**Cuadro 5.** Escalas propuestas para el modelo de Richardson.

<b>Unidades Frío</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
0	<1.4
0.5	1.5 – 2.4
1	2.5 – 9.1
0.5	9.2 – 12.4
0	12.5 – 15.9
-0.5	16 – 18
>-1	>18

**Cuadro 6.** Valores de limitación del factor climático.

Factor	Tipo	Clasificación	Valor
Factor climático	Unidades frío	<600	3
		600-800	2
		800-1000	1
		>1000	1
	Unidades calor	<200	3
		200-400	2
		>400	1
	Precipitación acumulada en los meses de producción	<10 mm	1
		10-20 mm	2
		30-50 mm	3
		> 50 mm	4
	Horas frío	<800	3
		800-1000	2
>1000		1	

**Cuadro 7.** Resultados promedio de las variables climáticas de la región manzanera.

Nombre	Longitud	Latitud	Método de Arnold (UC)	Método de Da Mota (HF)	Método de Richardson (UF)	Precipitación feb -abr (mm)
Bachíniva, Chih.	-107.24648	28.775066	438.90	1072.01	926.83	5.77
Namiquipa Alto "El Terrero"	-107.377	29.183503	553.75	925.68	767.20	5.31
Namiquipa Bajo "El Molino"	-107.41169	29.20442	440.06	1085.93	625.76	5.95
Col. Álvaro Obregón	-106.897	28.757285	307.44	1167.44	752.50	6.25
San José de la Herradura	-107.02123	28.432555	342.15	1137.24	1054.12	7.1
Zona Dorada	-106.82819	28.413292	397.55	1096.90	774.34	5.1
La Capilla	-106.9369	28.125863	327.04	1176.32	976.59	5.7
Mesa Miñaca	-107.44915	28.494582	277.45	1205.25	1520.34	5.2
Tonachi	-107.52445	28.388655	291.81	1109.27	812.20	7.6
Quinta Lupita	-106.87776	28.444819	369.41	1270.65	863.48	4.9