

## CLIMA, TEMPORADA INVERNAL E IMPACTOS EN LA AGRICULTURA

MARÍA DEL PILAR LONGAR BLANCO

**Instituto Politécnico Nacional (IPN).** Se agradece el apoyo brindado a través del Proyecto de Investigación SIP 20170784. Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales CIECAS. Lauro Aguirre 120, Col Agricultura, Del Miguel Hidalgo, México D.F. C.P. 11360. E-Mail: pilarlongar24@yahoo.com

REBECA GRANADOS-RAMÍREZ

Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria C.P. 04510. México, D.F. E-mail: rebeca@igg.unam.mx

MARÍA JOSÉ IBARROLA RIVAS

Posdoctorado en Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria C.P. 04510. México, D.F. E-mail: mariajose.ibarrola@gmail.com>

### RESUMEN

El clima ha presentado variaciones en el tiempo y espacio. En la agricultura dichas alteraciones se traducen en disminución en la productividad, e inclusive en ocasiones en una total pérdida de la producción. El objetivo de este trabajo fue integrar e interpretar los fenómenos meteorológicos dominantes y las variaciones de los elementos del clima, específicamente las “heladas”, como indicador de planeación, desarrollo agrícola, pecuario, forestal y la población misma por la interacción que juega el clima en cada uno de ellos. Esta investigación, se llevó a cabo en la Cuenca del Río Lerma, que se ubica en el interior de la Altiplanicie Mexicana, por sus condiciones de latitud y altitud, posee características climáticas diversas. La metodología incluyó revisión bibliográfica, consulta cartográfica disponible y análisis de bases de datos climáticos. El número de estaciones climáticas ubicadas dentro del área en estudio fue de 872 estaciones. Las regiones más afectadas por las bajas temperaturas y que dañan a la agricultura son la mesa central y las partes elevadas de las sierras, entre otras el Sistema Volcánico Transversal sobre el paralelo 19°N, tales como los Estados de México, Puebla y Tlaxcala que han registrado hasta más de 100 días al año con heladas. A partir de dicha información se genera conocimiento para dar alternativas de acuerdo a los diversos cambios que se producen en el entorno, económico, tecnológico, social o comercial, ya que se relacionan directamente con las capacidades de innovación para la disminución de las pérdidas en los cultivos por estos eventos meteorológicos, tales como la elección apropiada de especies y la implementación de innovaciones tecnológicas como agricultura protegida; relevantes para las empresas como una oportunidad ante dicha amenaza climatológica, para constituir alianzas estratégicas y la toma de decisiones, asimismo se requieren políticas públicas y financieras que apoyen a los productores agrícolas.

**Palabras clave:** Cuenca del Río Lerma, heladas, tipos de invierno, impacto en la agricultura.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El recurso clima ha pasado de estable a cambiante y ha presentado variaciones importantes en el tiempo y en el espacio. Particularmente en la agricultura, estas variaciones repercuten en la forma tradicional que tienen los productores agropecuarios temporales de llevar a cabo sus prácticas agrícolas. Estas alteraciones se traducen en disminución en la productividad, hasta la pérdida total de la producción, lo que trasciende en la seguridad alimentaria.

Hoy en día, los agricultores están desconcertados por los retrasos y/o adelantos y disminuciones de la precipitación. Todas estas modificaciones afectan el potencial productivo de las especies cultivadas al modificarse las condiciones de clima favorables para su desarrollo. Ante esta situación surge la pregunta ¿Cuál es la dinámica atmosférica en la cuenca del río Lerma? ¿Han variado los elementos del clima y cuales eventos extremos se han presentado?

La dinámica atmosférica que se presenta en la cuenca es resultado de su ubicación en el interior de la Altiplanicie Mexicana, respecto a la faja subtropical de alta presión y a la orientación general de las sierras que la limitan y la aíslan de los mares imprimiéndole características climáticas diversas.

El objetivo de este trabajo fue integrar e interpretar información de los fenómenos meteorológicos dominantes y las variaciones de los elementos del clima en la región, específicamente los ocurridos en la temporada invernal – las heladas – estudio básico y útil en el área de planeación, desarrollo agrícola, pecuario, forestal e incluso de la población misma, por la interacción que juega el clima en cada uno de ellos. Es importante conocer las generalidades de la circulación general de la atmósfera, recordando que esta dinámica varía regionalmente ya que los factores tales como: sombras meteorológicas, zonas de cañones, circulación regional de montaña-valle, proximidad a los litorales, amplitud de llanura costera y vegetación, originan un comportamiento particular en los elementos temperatura y precipitación.

## **2. METODOLOGÍA**

La investigación incluyó revisión bibliográfica, consulta de la cartografía disponible y análisis de bases de datos climáticos: CLICOM, 1993, CONABIO, 1998, García, 2004, INIFAP, 2006. Estas bases y productos se derivan de las fuentes meteorológicas originales que proporciona el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), organismo que tiene como objetivo básico el de concentrar la información de diversos parámetros de la atmósfera para identificar fenómenos meteorológicos que puedan perjudicar las actividades económicas y sobre todo para evitar pérdidas humanas. El SMN tiene también la función de coleccionar, comprobar, correlacionar y clasificar la información climática generando un banco de datos a nivel nacional, así como suministrar la información a dependencias académicas y de investigación.

## **3. RESULTADOS**

La cuenca del río Lerma abarca una superficie de 47 116 Km<sup>2</sup>. Vidal (2005) realizó la división de la república en 11 regiones climáticas, dicha regionalización se elaboró con base a la fisiografía del país y condiciones climatológicas. La cuenca del río Lerma se ubica casi en su totalidad en la

región climática 5 (Centro) y pequeñas áreas en las regiones 3 (Pacífico Central) y 4 (Norte) Figura 1 a).

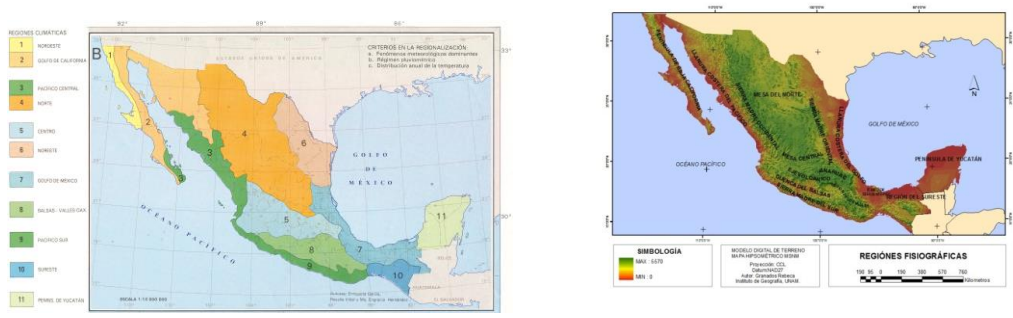


Figura 1 a) Regiones climáticas de México b) Regiones fisiográficas

La cuenca comprende el sur de la Altiplanicie Mexicana, sus límites son al sur con la Sierra Volcánica Transversal, al oeste con las sierras de Pinabete y de Quila, pertenecientes a la Sierra Madre Occidental, al este con las sierras de Zacualtipán, Zacapoaxtla, así como en la región del Cofre de Perote y Pico de Orizaba, mientras que al norte sus límites se encuentran en las sierras de Zacatecas, de Guanajuato, Pinal de Amoles y de Jalpan (Figura 1b).

En la porción sur de la cuenca comprende la llanura costera de Nayarit. Al norte comparte una porción del sur del estado de Zacatecas, así como norte de Aguascalientes y Guanajuato; parteaguas de las sierras de Zacatecas y Guanajuato.

La dinámica atmosférica que se presenta en la cuenca es resultado de su ubicación en el interior de la Altiplanicie Mexicana, respecto a la faja subtropical de alta presión y a la orientación general de las sierras que la limitan y la aíslan de los mares. Las condiciones climáticas, variaciones en la temperatura y precipitación están en función de la dinámica que ocurre en las capas inferiores de la atmósfera (Granados y Reyna, 2012). La República Mexicana se encuentra, dentro de las zonas tropical y subtropical del Hemisferio Norte, la parte sur está dentro de la zona de influencia de los vientos alisios y la norte se localiza dentro de la faja subtropical de alta presión, a lo largo de la cual se desarrollan los anticiclones oceánicos del Atlántico y del Pacífico del Norte.

Las fluctuaciones que presentan las temperaturas y precipitaciones, tienen su origen en el desplazamiento que sufren las zonas de los vientos alisios y la faja subtropical de alta presión a lo largo del año. Generalmente desde noviembre y en los primeros meses del año el país se caracteriza por tener condiciones secas y frías, época en que la Zona Intertropical de Convergencia (ITC) se ubica al extremo sur y coincide aproximadamente con el Ecuador Geográfico. La faja subtropical de alta presión y la zona de los alisios se desplazan hacia el sur, dominando los vientos del oeste, mismos que acarrear perturbaciones de las latitudes medias, como los vórtices fríos y depresiones ciclónicas que afectan las condiciones climáticas del norte del país (O´ Briend and Liverman, 1996).

El territorio nacional también se encuentra influenciado por frentes provenientes del norte del continente, que dan lugar a lluvias y tormentas a lo largo de su trayectoria, descensos de

temperatura y frecuentes heladas y nevadas en las sierras de los estados del norte (Granados y Reyna, 2012).

La época cálida y húmeda se inicia cuando la zona subtropical de alta presión y el (ITC) se traslada al norte del Ecuador Geográfico. El flujo de los vientos alisios aumenta en intensidad, latitud y altura, por lo que prácticamente todo el país queda bajo la influencia de estos vientos, que proceden del Golfo de México, con una dirección original de NE a SW en superficie, o de E a W en las alturas. Esto sucede comúnmente a partir de mayo hasta octubre, que es la estación de lluvias en México. 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 que se originan en el Mar de las Antillas y Océano Pacífico (Hernández *et al.*, 2001).

Para la cuenca del río Lerma se manipularon bases de datos del SMN, el número de estaciones climáticas que conforman el área en estudio son 634, para fines de interpolación de algunas isolíneas se consideraron estaciones vecinas, ampliando la zona con buffer de 20 kilómetros, de tal manera, que el total de información analizada fue de 872 estaciones (Figura 2).

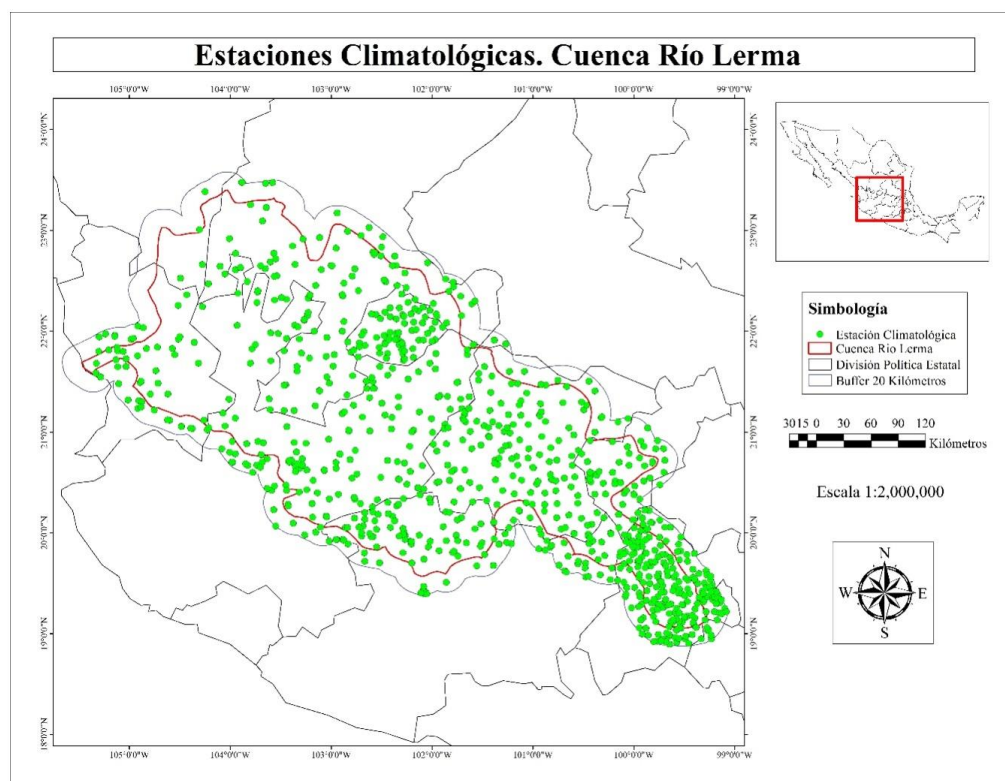


Figura 2. Distribución de las estaciones en la cuenca del río Lerma

### Temperatura Media Anual

Las temperaturas medias predominante en la cuenca varían desde 8 a  $> 26$  °C. Las mayores áreas son ocupadas por temperaturas  $> 22$ °C en los valles bajos, al oeste de la región, esto significa

que se ubican dentro del clima cálido, entre ellos se encuentran el Cañón de Bolaños, Juchipila y las cuencas bajas de los ríos Santiago y Armería. A alturas de 2000 metros como en los Altos y el valle de Guadalajara registran temperaturas entre los 18 y 22°C, lo cual indica un clima del tipo semicálido, condiciones que también se presenta en los valles de Tulancingo e Ixmiquilpan. En la meseta de Anáhuac, que oscila entre los 2000 y 2800 metros, se tienen condiciones templadas, debido a que las temperaturas medias fluctúan de los 12 a los 18°C. En las altitudes que van de 2800 a 4000 metros, en las serranías, la temperatura media anual registradas oscilan de 12°C o inferior; por tanto las sierras Ajusco, las Cruces, Nevada, Angangueo, Nevado de Toluca, la Malinche, entre otras, poseen condiciones semifrío (Figura 3).

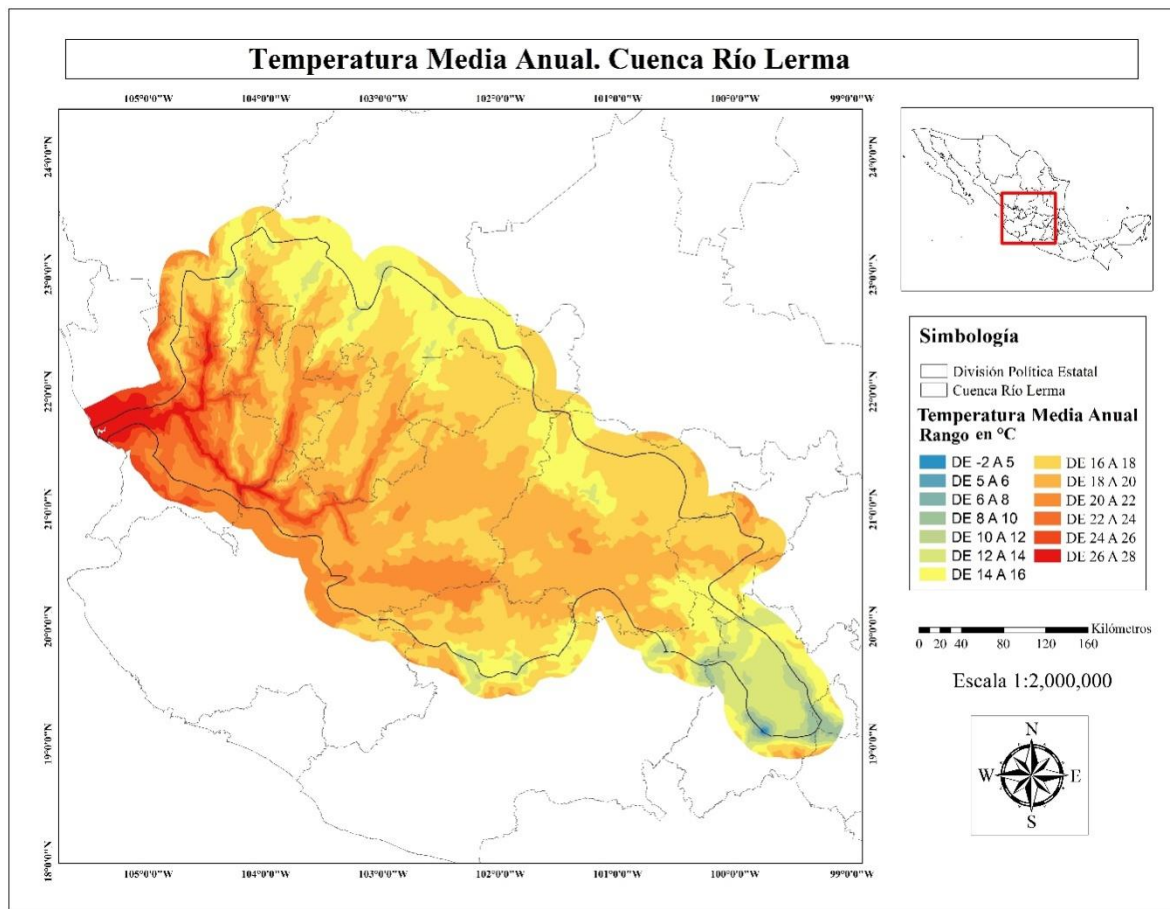


Figura 3. Temperaturas medias en la cuenca del río Lerma

Por otra parte, las condiciones frías, con valores que van de -2° a 5° se ubican en las cumbres de los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Nevado de Toluca y Malinche, con altitudes mayores de 4000 metros.

Por encima de ésta altitud es zona de hielos perpetuos cuya temperatura media anual está por debajo de los -2°C y únicamente se presenta en las partes más altas de los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl.

La temporada cálida del año, abarca desde abril hasta septiembre. Los meses de mayo y junio son los más cálidos, mientras que en los meses lluviosos (julio, agosto y septiembre) se observa una disminución en la temperatura.

La temporada fría se presenta de octubre-abril meses que, Vidal (2005) denomina como de transición, debido a que la temporada fría se ubica entre los meses de noviembre y marzo, es en diciembre y enero cuando se registran las temperaturas más bajas.

Respecto a la oscilación de la temperatura, las zonas altas presentan una oscilación del mes más cálido y el más frío menor a 5°C es decir de tipo isotermal (i). Dichas condiciones se presentan en sitios como las sierras de Tlapujahua, Ajusco, La Cruces, Monte Alto y Bajo, Nevada y Pachuca. Por otra parte en las cuencas ubicadas en el Eje Neovolcánico y vertiente interior de la Sierra Madre Oriental, presentan oscilación escasa (i') es decir, de entre 5° y 7°. En la porción noroccidental, la oscilación es de tipo extremoso (e) entre 7° y 14°C.

En cuanto a la marcha anual de la temperatura, la cuenca se caracteriza por tener dos máximos, propio de la zona intertropical, por lo que la marcha de la temperatura es tipo Ganges. Las temperaturas se mantienen altas durante los meses de julio.

### **Precipitación**

La cuenca es dominada por los vientos alisios del noreste y sufre modificaciones debido al relieve. Se presentan diferencias marcadas en cuanto a la humedad se refiere, entre valles y montañas, así como en las vertientes debido a la orientación, las que apuntan al noreste son las que reciben mayor cantidad de humedad.

En la mitad caliente del año, se presenta circulación monzónica del Golfo de México hacia la Altiplanicie, esto se debe a la alta temperatura que se presenta en el área continental, la mayor parte de la humedad transportada por dicha circulación, penetra por la parte occidental, ya que el relieve es más bajo. La presencia de ciclones tropicales incrementa la humedad en la troposfera media, que posteriormente es transportada por los vientos al interior del país.

Durante la temporada invernal, los vientos del oeste que ingresan a la región son secos, debido a que son corrientes de gran altura, por lo que se origina una ausencia de lluvias. Ocasionalmente, ondas frías y nortes del Golfo de México, logran superar las barreras que representan las sierras, con lo que disminuye la temperatura y se presentan precipitaciones en la parte más alta y oriental de la región.

El relieve es una pieza importante en la forma en que la lluvia se distribuye por el territorio. El valle de Ixmiquilpan, llanos de Apan y de San Juan, reciben menos de 400 mm. de lluvia al año, debido a que la Sierra Madre Oriental funciona como barrera a la humedad, situación similar ocurre con las sierras de Zacatecas y Guanajuato ya que en las laderas ubicadas en dirección a la Altiplanicie reciben menos de 600 mm. de precipitación.

En el Bajío y cuencas dentro del Eje Neovolcánico, la cantidad de lluvia que se presenta oscila de los 800 a 1000 mm. anuales. Con la altitud se incrementa la cantidad de lluvia, en la sierra del Ajusco, Las Cruces y Nevada, reciben hasta 1200 milímetros.

La temporada de lluvias se extiende desde mayo hasta octubre, las precipitaciones abundantes inician en las sierras, extendiéndose e incrementándose en cantidad progresivamente hasta tener su máximo en julio y agosto, los cuales pueden registrar 200 milímetros de precipitación; en octubre, las lluvias abundantes se concentran principalmente en las montañas del sur y sureste. La influencia de los ciclones tropicales se observa principalmente a principios del otoño, las lluvias en sitios elevados del Eje Neovolcánico superan > 200 mm. Las lluvias de mayo a octubre, representan el 90% del total de la lluvia anual.

Durante el período noviembre-abril, se presenta la temporada de sequía, siendo en los meses de febrero y marzo donde dicha condición es más aguda (menos de 4 mm.). En el mes de enero, ocasionalmente se registran nevadas en las partes altas de las montañas originadas por sistemas frontales, las lluvias en ésta época del año se producen debido a la influencia de los “nortes”, ya que cuando tienen la fuerza suficiente, rebasan las montañas y dejan precipitación durante dos o tres días. Estas lluvias invernales representan únicamente el 5% del total anual, aunque en la Sierra Madre Oriental, éste porcentaje puede ser mayor, debido a su cercanía con el Golfo de México (Figura 4).

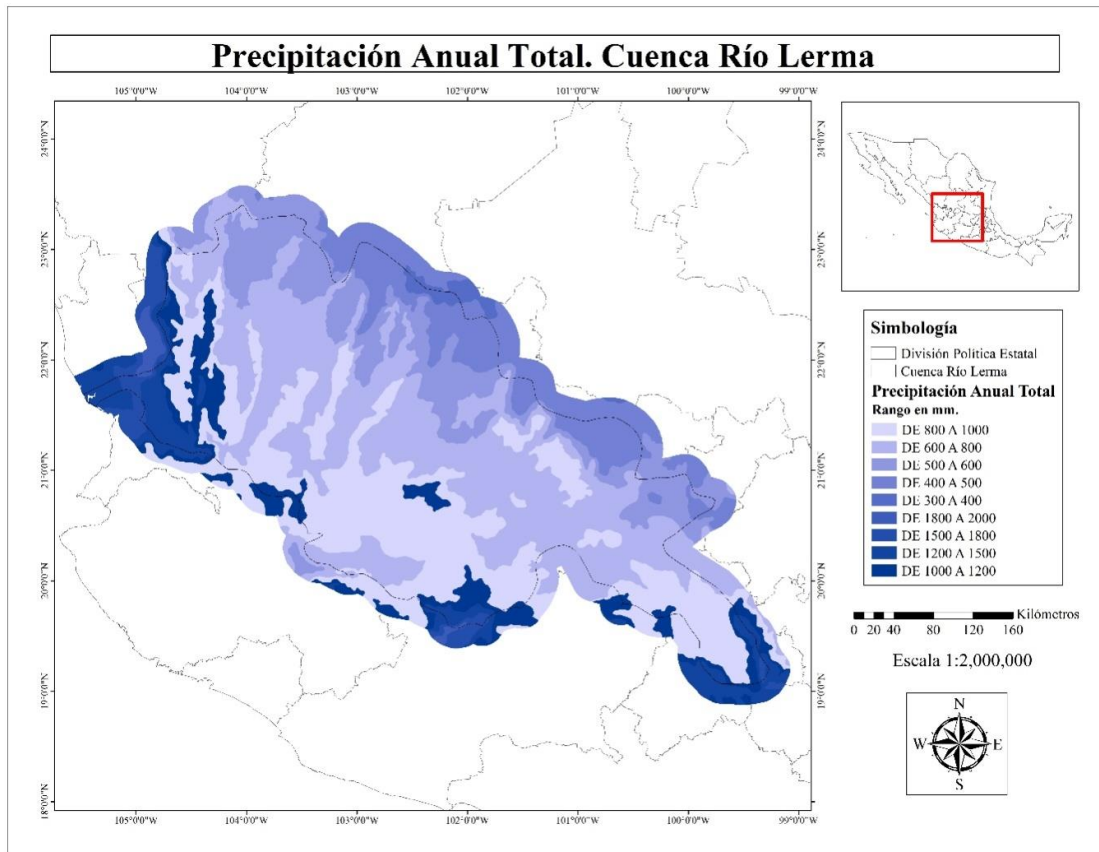


Figura 4. Precipitación Total anual

El sistema modificado de García señala los tipos de clima y su distribución (Figura 5).

De acuerdo con las estadísticas del SIAP (2014) la producción en la cuenca es variada; una gran proporción de las superficies agrícolas está destinada a la producción de maíz (grano) entre sus tres cultivos principales, seguido de la alfalfa verde y maíz forrajero en tercer lugar. La cuenca

posee 4 095 356 Ha. destinadas a la agricultura de temporal. Por otro lado, se han ampliado las superficies dedicadas a flores de ornato y áreas importantes de frutales ( Figura 6).

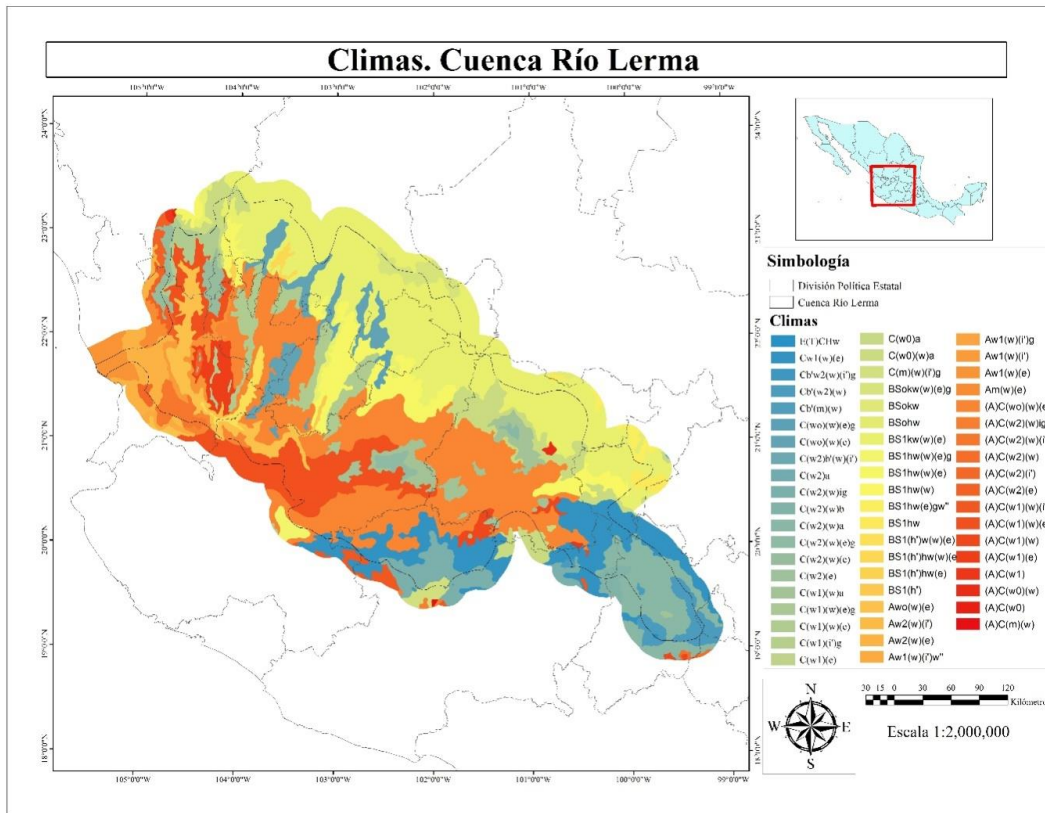


Figura5. Climas en la cuenca del río Lema



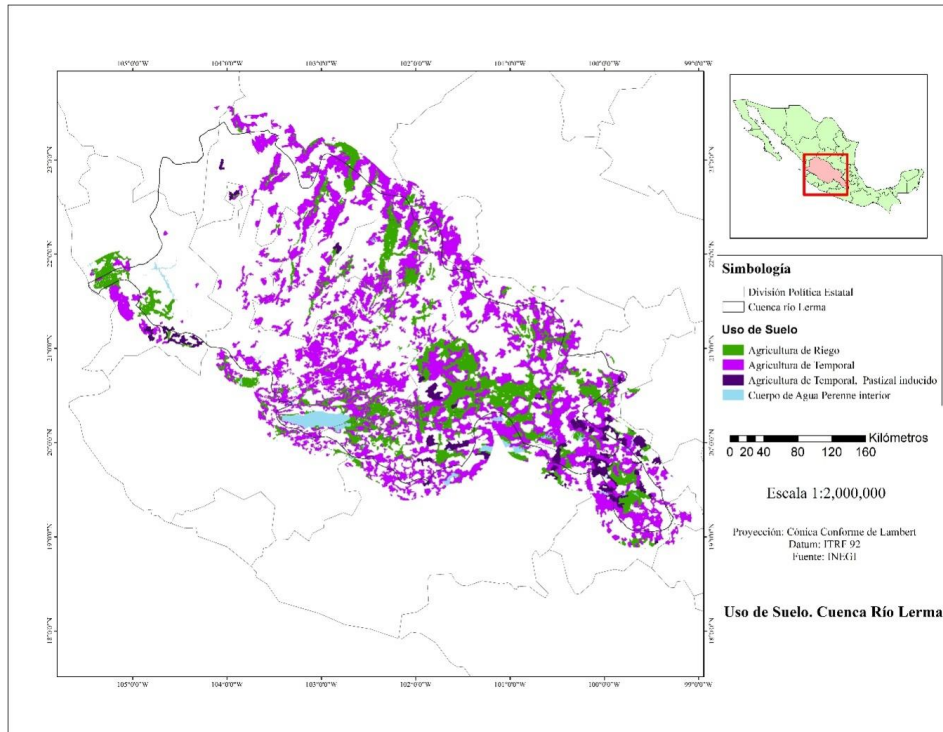


Figura 6. Distribución de la agricultura en la cuenca del río Lerma

### Fenómenos Meteorológicos e impactos en la agricultura

Diversos son los fenómenos meteorológicos que afectan en las actividades económicas de diversas regiones. Entre otros, producto de las masas polares las cuales invaden el territorio mexicano de aire frío procedente del norte de Estados Unidos y Canadá, que al combinarse con masas de aire húmedo procedente del Océano Pacífico, y frecuentemente alimentadas en altura por la corriente de chorro subtropical pueden ocasionar nevadas en las partes altas de las montañas y heladas en los valles intermontanos.

Ortiz y Vidal (2005) mencionan que de acuerdo al número de meses con temperatura bajo el umbral de 12° C, se establecen cuatro categorías de inviernos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipo de inviernos

Tipos de invierno	Categorías de invierno	Número de meses fríos
4	muy largo	de 9 a 12
3	largo	de 6 a 8
2	medio	de 4 a 5
1	corto	de 1 a 3
	sin invierno	ningún mes frío

Fuente: Ortiz y Vidal. 2005

En el área correspondiente a la cuenca, grandes extensiones se les ha clasificado con inviernos tipo 4 se localizan en la mitad oriental de la Sierra Volcánica Transversal y en sus numerosos valles altos, sobre el paralelo 19°N , altitudes superiores a 2 500 msnm y montaña con altitud > 2 800 msnm. Algunos ejemplos localizados en el Estado de México, en las laderas del Ajusco, La Marquesa, en la sierra de las Cruces, Río Frío y Campamento Hueyatlaco (en la Sierra Nevada).

También la cuenca participa de los inviernos tipo 3, denominados largos, con duración de 6 a 8 meses e inviernos medios o tipo 2, con duración de 4 a 5 meses (Figura 7) (Ortiz y Vidal 2005).

El fenómeno de la helada puede provocar pérdidas a la agricultura y afectar a la población de las zonas rurales. Una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0°C o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas. Desde el punto de vista agroclimático, es importante considerar a dicho fenómeno, dados sus efectos en el sector agrícola. La severidad de una helada depende de la disminución de la temperatura del aire y de la resistencia de los seres vivos a ella (Ortiz y Vidal, 2005).

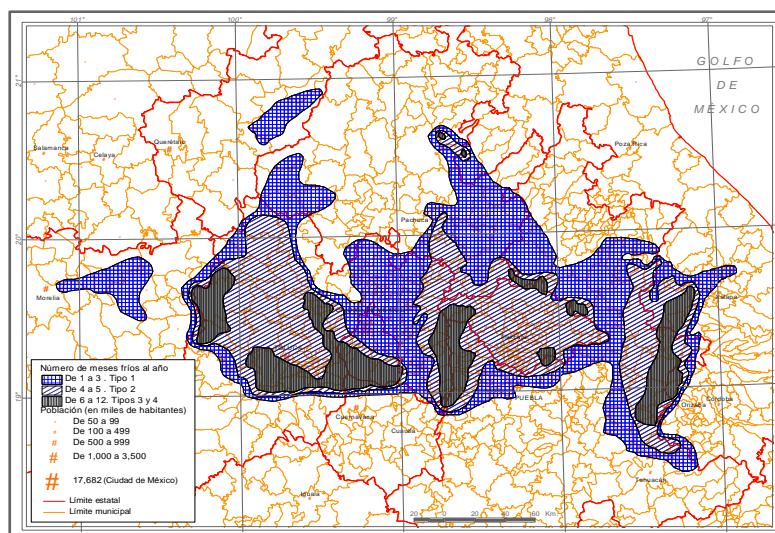


Figura 7. Inviernos fríos en el área central de México

Cenapred (2001) puntualiza que los cultivos son vulnerables a la helada, cuando la temperatura del aire desciende. El proceso de deterioro de las plantas depende de la fase fenológica en que se encuentre el cultivo. Los daños se ocasionan al interior (ruptura de la membrana de las células) y al exterior o visibles: muerte de las hojas y de tallos tiernos, daños a las flores, frutos y pérdida total de la planta.

La frecuencia e intensidad depende de las condiciones geográficas de la región tales como: latitud, altitud, el relieve circundante y las condiciones meteorológicas dominantes. Las heladas están asociadas a la presencia de masas polares que se desplazan de norte a sur del continente cubriendo nuestro país, generalmente a finales del otoño. Las heladas que ocurren en los meses del verano son las que causan fuertes daños a la agricultura.

En la cuenca del río Lerma las regiones más afectadas son la mesa central y las partes elevadas de las sierras, entre otras el Sistema Volcánico Transversal sobre el paralelo 19°N, tales como los Estados de México, Puebla y Tlaxcala que han registrado hasta más de 100 días al año con heladas (Figura 8).

Se distribuyen de 0 a más de 120 días con heladas, con diferentes rangos. La mayor extensión es ocupada por de 1 a 60 días con heladas, áreas que también se presentan impactos a la agricultura por este fenómeno.

Los agricultores año con año se preocupan, debido a las fuertes pérdidas económicas a causa de las heladas, prueba de lo anterior se resumen diversos eventos reportados en fuentes hemerográficas (Atlas Nacional de riesgos, 2014) y recientemente en La Jornada (2012) expresó “Las heladas ocurridas en septiembre afectaron alrededor de 380 mil hectáreas, principalmente de cultivos básicos como el maíz, el frijol, la cebada y el trigo. Los estados más afectados fueron Puebla, Hidalgo y Tlaxcala” (Cuadro2).

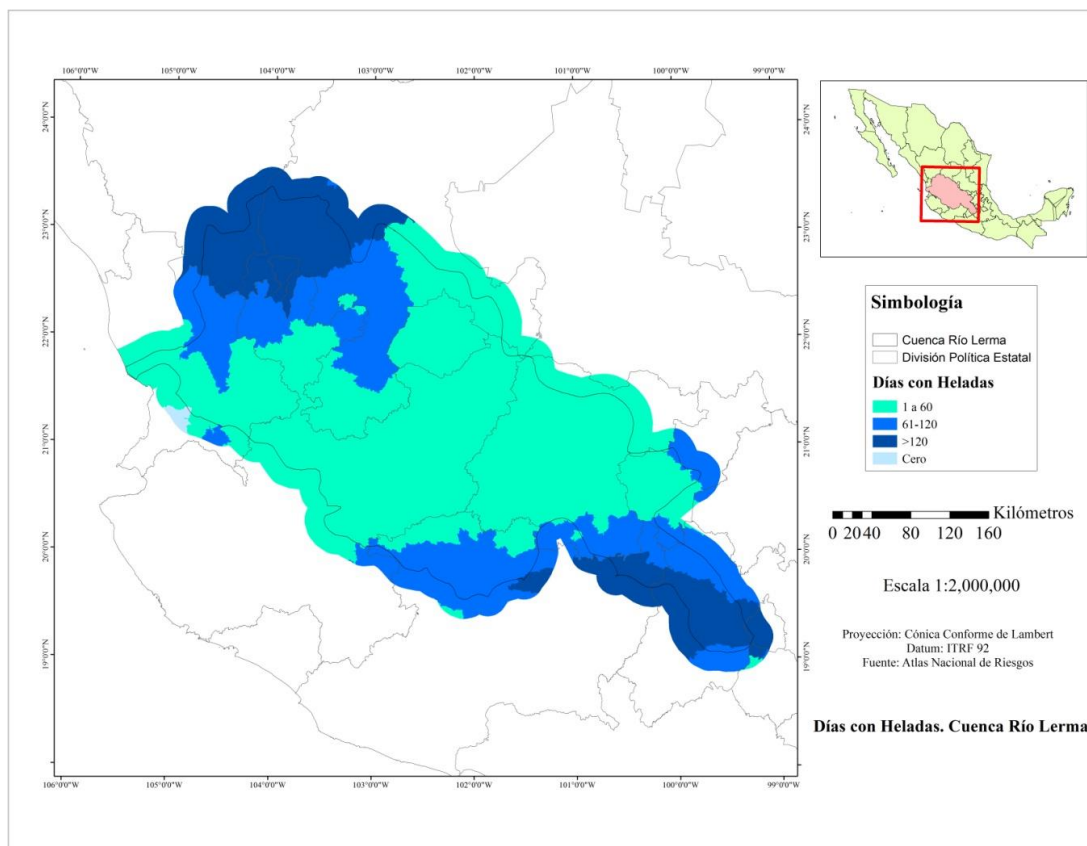


Figura 8. Días con heladas

Existen medios para disminuir las pérdidas por estos eventos meteorológicos: indirectos (o pasivos) elección apropiada de especies y directos (o activos) aplicación de innovaciones tecnológicas; los agricultores poseen reducidos recursos económicos.

Cuadro 2. Cronología del impacto de heladas 1967-2007.

FECHA	LUGAR DE AFECTACIÓN	COMENTARIOS/O DAÑOS
Enero 10 y 11 de 1967	El 50% del territorio mexicano fue afectado, desde la Ciudad de México hasta la región norte y en los lugares por encima de 2,000 metros sobre el nivel del mar.	La mitad de México se cubrió de nieve. El espesor de la capa de nieve alcanzó 20 cm en Zacatecas, en Colotlán, Jal. y en la Ciudad de México 5 cm,
Febrero 3 de 1998	Hidalgo, Tlaxcala	En Hidalgo la nevada provocó cortes de energía eléctrica en gran parte de los 84 municipios e incrementó los accidentes viales. En Tlaxcala una fuerte nevada dejó caminos intransitables. Algunas poblaciones afectadas se dieron en los municipios de Tlaxco y Huamantla. En Tlaxco se acumularon 50 cm de nieve.
Enero de 2002	Zacatecas	En los municipios de Sombrerete, Pinos y Saín Alto, la temperatura descendió hasta menos siete grados. La nieve alcanzó una altura de entre 28 y 40 cm.
Diciembre 5 de 2007	Edo. de México: volcán Xinantécatl	Debido a la llegada del Frente Frío número 10 y a las condiciones de humedad, se registró una nevada en las partes altas del volcán Xinantécatl, la nieve alcanzó más de seis centímetros de espesor.

Fuente: Matías *et al.*, 2001

## CONCLUSIONES

La cuenca estudiada, por su posición geográfica: latitud y altitudes área de dominio de las masas polares procedentes del norte del continente; y dan lugar a heladas y nevadas año con año.

El mayor número promedio de heladas al año, son aquéllas en las que ocurren las menores temperaturas mínimas promedio anuales, las cuales a su vez coinciden en diciembre y enero, meses en el que se presenta la mayor ocurrencia de heladas por ser los más frío. Estas zonas se localizan en la parte norte de la Sierra Madre Occidental y en la Mesa Central en los valles de México y Toluca, ya que son las de mayor altitud en la zona estudiada, con más de 2200 m.

Los fenómenos hidrometeorológicos (heladas) se caracterizan por su frecuencia y carácter recurrente año con año en los meses de diciembre y enero (65%) y 25% en febrero marzo y noviembre. Sin embargo son las heladas tempranas o tardías las que más afectan a la agricultura ya que al presentarse en octubre y abril de forma extrema, afectan alguna fase fenológica de los cultivos, generándose pérdidas considerables.

Las actuales variaciones del clima en general son impredecibles y no se pueden pronosticar en magnitud o intensidad, tiempo y espacio. Así tenemos que las heladas se han presentado más severas y con mayor frecuencia y permanencia o existiendo corrimiento en la temporalidad e

igualmente ocupando nuevos espacios; por lo que las instituciones de investigación agrícolas tienen el reto de: puntualizar en los estudios de los fenómenos meteorológicos para determinar el peligro (regionalizar los rangos de peligro) y por otro lado obtener mejoramientos tales como variedades o híbridos más tolerantes.

En México, los métodos que se utilizan son principalmente en árboles frutales en los estados del norte como en Chihuahua. El método principal son las estufas que usan gasoil o petróleo. Para combatir las heladas en los cultivos agrícolas los métodos se dividen en métodos pasivos y activos. Los métodos pasivos son aplicados antes de la helada y generalmente son menos costosos. Estos incluyen cobertura de los cultivos con árboles o plantas, poda adecuada de los cultivos, cobertura del suelo, instalación de riego, e invernaderos con calefacción. Estos últimos representan altos costos y generalmente se usan para hortalizas en países desarrollados. Los métodos activos son aplicados durante la noche de la helada para mitigar los efectos de las bajas temperaturas. Estos métodos incluyen estufas, ventiladores, aspersores entre otros (Snyder & Melo-Abreu, 2010).

La agricultura por su dependencia a la oportuna temporalidad y cantidad de los elementos del clima se encuentra asociada al riesgo y es la agricultura protegida (AP) un sistema que minimizaría los efectos que imponen estas variaciones climáticas. Existe una amplia gama de tecnologías de protección contra las heladas, las cuales se determinan acorde al costo, la disponibilidad en el área y el apoyo por parte del gobierno, además debe ser evaluado de forma económica para determinar la efectividad del método; según los medios pasivos se encuentra: la selección de emplazamientos para nuevas plantaciones, en suelos aptos y obtener difusividad térmica alta a través de alto contenido de agua en el suelo, control del drenaje de aire frío, cubrimiento de los cultivos bajo túneles de plástico, control de las concentraciones de bacterias activas en la nucleación de hielo (INA) pulverizando los compuestos de cobre; por otra parte los medios activos serían: aspersores sobre o debajo de la planta, uso de micro-aspersores y ventiladores convencionales, calentamiento de agua para riego a través de aspersores bajo plantas; estos métodos son propuestos para una futura valoración de acuerdo a cada cultivo presentado en esta investigación de la Cuenca del Río Lerma.

## REFERENCIAS

Atlas Nacional de Riesgos

Recuperado de

[http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55&Itemid=178](http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=178).

Consulta 29 abril 2014.

Cenapred, (2001). Serie fascículos Heladas. Recuperado de

<http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieFasciculos/heladas.pdf> Www Consulta 5 mayo 2014.

CLICOM (1993). *Manual versión 3.0*, Comisión Nacional del Agua

CONABIO (1998). “*Carta de climas de la República Mexicana*”, esc. 1: 1 000 000, Según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García, México.

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*, Serie Libros, núm. 9, Instituto de Geografía, UNAM, México.

Granados, R., R. y Reyna, T. T. (Coordinadoras). (2012). *Centro-Occidente de México. Variación climática e impactos en la producción agrícola*. Colección Geografía para el siglo XXI, serie Libros de Investigación, núm. 9, Instituto de Geografía, UNAM, México.

Hernández, C. M.E.; Azpra, E.; Carrasco, G y Villacañas, J. (2001). *Los ciclones tropicales de México*, Temas Selectos de Geografía de México (I.6.1), Instituto de Geografía, UNAM, México.

INIFAP (2006), *Estadísticas Climatológicas Básicas* (período 1960-2003). para los estados de: Aguascalientes, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Puebla, Querétaro, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México [<http://www.agromapas.inifap.gob.mx/>. 3 de agosto 2010].

La Jornada del campo. De heladas sequias y granizadas. No. 52 21 enero (2012). <http://www.jornada.unam.mx/2012/01/21/cam-heladas.html>. 15 abril 2014.

Matías, R. L. G.; Fuentes, M. O. y García, J. F. (2001). "*Heladas*. Serie Fascículos.", 2a Edición 2007, CENAPRED, México, ISBN: 978-970-821-003-4.

O' Briend K. and D. Liverman (1996). "Climate change and variability in Mexico in Climate Variability", in Ribot, J. C., A. Rocha Magalhaes and S. S. Panagides (eds.), *Climate Change and Social Vulnerability in the Semi-arid Tropics*, Cambridge University Press, pp. 55-70.

Ortiz, I. y R. Vidal. (2005). *Población e inviernos fríos en México*. Investigaciones Geográficas. No 59. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. México. Pp. 93-112. SIAP 2014.

SIAP. (2014) Servicio de información agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx/>

Snyder R.L. & de Melo-Abreu J.P. (2010). "Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía" Serie sobre el medio ambiente y la gestión de los recursos naturales. Vol. 1. FAO Roma, Italia. Traducción Villar-Mir, J.M. ISSN: 2071-0992

Vidal Z. R. (2005). *Las regiones climáticas de México*. Temas selectos de Geografía de México (I.2.2). Instituto de Geografía, UNAM. México.

