



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**“Análisis cartográfico y metodológico de los mapas
climáticos de México y su aplicación en los
análisis de biodiversidad”**

TESIS

Que para obtener el grado de
Licenciado en Geografía

Presenta:

Germain Reyes Nolasco.

Asesor.

M. En G. Enrique Muñoz López



Noviembre de 2013.



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.

Este objetivo, este logro lo dedico a mis padres, gracias por alentarme y apoyarme siempre, gracias por todo, con admiración y amor para ustedes.

A Pamela por tu paciencia y amor, por permanecer a mi lado y seguir juntos en este camino, con la esperanza de mejorar nuestro mundo. Por las palabras de aliento cuando las cosas se ponen mal, por todos los momentos vividos, es maravilloso estar a tu lado.

A mi hermano y mejor amigo, Francisco, "Paco", gracias por todo, por los momentos que compartimos, has sido un gran hermano y sabes que siempre estaré para ti, por el cariño y amor que nos tenemos.

Para mi abuelo, Juan, tras un gran esfuerzo comparto con usted este proyecto, gracias por todo.

A mi abuela "mamá Tilas" y mi querido tío Jaime, sé que permanecen conmigo y desde las estrellas me vigilan.

A mis grandes amigos-hermanos de la Facultad, y los inolvidables Gallos verdes por todos los viajes y aventuras vividas.

A Enrique Muñoz por darme la confianza y la oportunidad de iniciar mi desarrollo profesional, por la paciencia y consejos brindados en la elaboración de este trabajo, gracias jefe.

A mis amigos y compañeros de Conabio.

A mis sinodales: Dra. Rosalía Vidal, Mtro. Gilberto Núñez, Dra. Leticia Gómez y Dr. Abraham Navarro, por sus valiosos comentarios.

A mis compañeros de la universidad.

ÍNDICE.

Introducción	4
Capítulo 1. Historia de la Climatología y Meteorología en México.	6
1.1. Las bases de la meteorología y climatología en México.	6
1.2. La meteorología en México en el siglo XIX.	8
1.2.1. Etapa de los precursores.	9
1.2.2. Los colegios y las primeras estaciones meteorológicas.	10
1.3. Institucionalización de la meteorología.	13
1.3.1. Creación del observatorio meteorológico central.	13
1.3.2. Instrumentos del observatorio meteorológico central.	14
1.4. Estudios meteorológicos y climatológicos en México al finalizar el siglo XIX y durante el siglo XX.	18
Capítulo 2. Características y elementos de los mapas climáticos.	23
2.1. Serie de mapas climáticos 1:500 000, Secretaría de la Defensa-UNAM, 1970.	23
2.1.1. Descripción General.	23
2.1.2. Método y proceso de elaboración.	32
2.1.3. Elaboración de los mapas nacionales en formato digital de la serie de mapas climáticos 1: 500, 000.	36
2.1.3.1. Antecedentes y descripción general.	36
2.1.3.2. Proceso de elaboración de la serie de mapas climáticos en formato digital "continuo nacional".	39
2.1.3.3. Descripción del proceso de elaboración de los mapas digitales nacionales de la serie climática 1: 500 000.	42
2.2. Serie de mapas climáticos 1:1, 000, 000, García-Conabio 1998.	48
2.2.1. Descripción General.	48

2.2.2. Método y proceso de elaboración.	56
2.2.2.1. Trazado de mapas de isotermas medias anuales.	56
2.2.2.2. Trazado de los mapas de isoyetas medias anuales.	57
2.2.2.3. Cálculo y trazo de los mapas de climas.	57
2.2.3 Formato digital de la serie de mapas climáticos 1:1, 000, 000, García-Conabio.1998	59
2.3. Serie de mapas climáticos 1:1, 000,000 INEGI 1980 (SERIE I).	59
2.3.1. Descripción general.	59
2.3.2. Método y proceso de elaboración.	66
2.3.2.1 Cartas de Temperaturas medias Anuales.	66
2.3.2.2. Carta de Precipitación total anual.	67
2.3.2.3. Cartas de Climas.	68
2.3.3. Formato digital de la serie de mapas climáticos 1:1, 000,000 INEGI 1980 (SERIE I).	69
Capítulo 3. Diagnóstico y evaluación de los elementos de las series de mapas climáticos.	73
3.1. La escala.	74
3.2 Datos climatológicos.	82
3.3. Representación cartográfica.	88
Capítulo 4. Aplicaciones de los mapas en estudios de biodiversidad.	107
Conclusiones.	112
Referencias.	114
Anexo1. Metadatos de las series climáticas en formato digital de acuerdo a las instituciones que los distribuyen.	117
Anexo 2. Series de mapas climáticos en formato digital (CD)	

Introducción.

En el presente trabajo, a través de los ejercicios de descripción y comparación, se dan a conocer las características cartográficas de tres series de mapas climáticos de México, elaboradas por distintas instituciones y que se consideran con una gran variedad de aplicaciones en el ámbito académico y científico. Los mapas climáticos que se analizan en la tesis son:

- Serie de mapas climáticos 1:500,000 Secretaría de la Presidencia –Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación (CETENAP), Instituto de Geografía UNAM, 1970.
- Serie de mapas climáticos 1:1, 000, 000 Enriqueta García –Conabio, 1998. Este mapa fue elaborado en conjunto por la Maestra en Ciencias Enriqueta García y por la Conabio. (Conabio 2009)
- Serie de mapas climáticos 1: 1, 000, 000 INEGI, 1980.

El proyecto tiene como objetivo principal la descripción y análisis de los aspectos cartográficos, temáticos y metodológicos de las series de mapas climáticos para evaluar y determina la cantidad de información brindada por cada una. La hipótesis que se plantea que el desarrollo y elaboración de los mapas climáticos está condicionado por una serie de procedimientos y métodos que permiten representar la serie de variables climáticas en un plano, el uso correcto de las técnicas permite contar con información confiable y representativa que pueda ayudar a explicar el comportamiento y las relaciones entre el clima y otros fenómenos. Algunos de estos procedimientos y requerimientos son analizados, para describir que serie de mapas contiene o cumple con la mayor cantidad de requisitos para ser considerado como confiable y con potencial para ser utilizado como fuente de consulta o apoyo de acuerdo a su cantidad y calidad de información.

Por otra parte, se consideran los siguientes objetivos particulares:

- Determinar la serie climática que brinda una mayor cantidad de información.
- Enlistar aplicaciones de los mapas climáticos en diferentes ámbitos.
- Dar difusión a las series de mapas climáticos para promover su uso académico por estudiantes y profesores.
- Justificar el uso de fuentes de información climática en análisis espacial.

Se analizan las series en sus dos formatos, el impreso y el digital, el impreso por considerarse (*todavía*) como fuente de información primordial al desarrollar alguna investigación o actividad académica y los digitales por el avance tecnológico y gama de oportunidades de análisis que representa contar con información espacial que puede ser manejada y procesada en algún programa computarizado, principalmente los SIG.

El trabajo está dirigido principalmente a los investigadores que llevan a cabo trabajos y estudios del medio físico donde se incluyan temáticas como el clima y regionalizaciones naturales. El producto generado de este trabajo de tesis pretende ser un documento que

sirva para dar a conocer las características de cómo se elaboraron los mapas climáticos en México y para poder justificar su uso de acuerdo a sus propiedades.

En segundo lugar, se espera que sirva a los estudiantes y al personal docente del Colegio de Geografía (*principalmente*) con el fin de que se comprenda adecuadamente el proceso de elaboración de los mapas climáticos y que se usen en sus investigaciones y tareas académicas. Para ello se brindan en formato digital en un disco compacto las series de mapas en formato *shapefile* para poder cargarse y utilizarse en cualquier SIG que reconozca este formato de representación.

Los mapas climáticos de las series descritos, utilizan la clasificación climática de Köppen de 1936 con las modificaciones hechas por Enriqueta García± para adaptarlo a las características climáticas de la República Mexicana. El sistema de clasificación climática de Köppen está basado en la fisonomía de los grandes grupos de plantas superiores. Sin embargo, este sistema no se adapta a las condiciones climáticas de nuestro país ya que fue concebido para amplias zonas climáticas del mundo que se extienden esencialmente en latitud y no en altitud. (García, 1996). Debido a la gran variedad de condiciones geográficas del país este sistema de clasificación fue modificado por la Maestra Enriqueta García en 1964.

En Geografía se considera a los mapas como información espacial básica, por tanto, se plantea que su contenido y aplicabilidad debe quedar claramente explicada ya que sus diferentes características y contenido son insumo para la producción de conocimiento y en su caso para la toma de decisiones con el fin de resolver problemas de orden nacional o regional.

En los últimos años el enfoque de los estudios atmosféricos ha sido encaminado a la simulación mediante modelos climáticos de escenarios futuros de cambio climático. Sin embargo los mapas; a pesar de tener unas décadas de antigüedad desde su elaboración siguen siendo utilizados y siguen brindando información útil.

El trabajo se divide en 4 capítulos: en el primero se hace una reseña histórica del desarrollo de las ciencias atmosféricas en el país, en la segunda, se describen los elementos de los mapas, las metodologías y las herramientas tecnológicas utilizadas para su realización. Posteriormente, en el tercer capítulo se presentan una serie de análisis de las series climáticas mediante sobre posición de mapas digitales con ayuda de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y tablas de comparación para encontrar las diferencias entre los diferentes mapas. En el último capítulo se describen algunas aplicaciones de la información climática, haciendo énfasis en estudios de regionalización y distribución de especies.

Capítulo 1. Historia de la Climatología y Meteorología en México.

En este capítulo, se hace una breve reseña histórica de los principales avances y desarrollo de la climatología y la meteorología en México, también se hace mención de los principales trabajos climáticos que antecedieron a los mapas que se analizan en el trabajo.

El desarrollo del capítulo se basa en fuentes documentales que recopilan la historia de la meteorología y climatología y los principales avances y personajes que permitieron el desarrollo del conocimiento del clima en el país. La información está presentada de manera cronológica para entender la evolución de las ciencias atmosféricas en México.

Algunas de las etapas en las que se divide la reseña, se tomaron de la tesis doctoral titulada: "*El clima de la República Mexicana en el siglo XIX*" (Carlos Contreras Servín, 1999).

1.1. Las bases de la meteorología y climatología en México.

Hasta los siglos XVII y XVIII, período en que se inventan los primeros termómetros, barómetros, pluviómetros e higrómetros, es que surge la posibilidad de medir los elementos del estado del tiempo. También en esa época aparecen las primeras teorías modernas sobre la composición y circulación atmosférica.

En el siglo XIX, sobre todo a partir de la segunda mitad, con la finalidad de avanzar en la explicación racional de los fenómenos atmosféricos, se establecen los primeros observatorios meteorológicos de manera permanente.

La posibilidad de cuantificar las variables meteorológicas por medio de los registros de los observatorios, hicieron pensar a los científicos del siglo antepasado que el acopio de datos haría factible conocer y determinar los cambios periódicos que experimenta el clima en un lugar determinado; razón por la cual se pensaba que conocer las leyes que lo regulaba, sólo era cuestión de intensificar la densidad de la red de observatorios en el mundo. Por ese motivo, surge en las últimas dos décadas del siglo XIX la primera red mundial integrada en un principio por 23 naciones a la cual se sumarían con el tiempo, casi todos los demás países del mundo. Este va a ser el origen de la actual Organización Meteorológica Mundial (WMO) por sus siglas en inglés.

Por otra parte, los primeros estudios realizados a partir de registros meteorológicos, permitió decir que el clima cambiaba dentro de períodos relativos de tiempo; los datos disponibles sólo permitían tener una visión muy parcial de lo que había ocurrido en el clima del pasado; por esa razón, surgió la necesidad de recurrir a nuevas fuentes de información, y con ello; los interesados en el clima recurrieron a nuevas disciplinas y técnicas tales como la Dendrocronología, Fenología, Glaciología, Palinología, entre otras.

En el caso de México, los estudios sobre el clima han despertado el interés de varios profesionales, destacando los trabajos realizados por los geofísicos, geógrafos, historiadores y biólogos. Con referencia a los estudios sobre la historia del clima, las investigaciones más importantes han sido realizadas por los científicos sociales.

Los geógrafos nacionales tradicionalmente han considerado a la climatología como parte de su campo natural de estudio. Sin embargo, se han olvidado de realizar investigaciones -salvo la publicación de pequeños artículos- dentro del área histórica climática, ya que su interés por esta área cuando mucho comprende los últimos 60 años del siglo pasado y los del presente (Contreras, 1999).

Los avances científicos del siglo XVII, como son la invención del termómetro (Galileo Galilei 1612), el barómetro (Evangelista Torricelli 1643) y el anemómetro (Robert Hooke 1667) permitieron efectuar con mayor exactitud las mediciones del estado del tiempo. En este siglo en la Nueva España se publica el opúsculo de Juan Ruíz titulado "*Discurso hecho sobre significación de dos impresiones meteorológicas que se vieron el año pasado de 1652*", la obra de corte aristotélico marca el inicio del estudio de los fenómenos meteorológicos en territorio novohispano.

En el siglo XVIII a la invención de los anteriores aparatos, se le suman la aparición de las escalas termométricas Fahrenheit (1714) y Celsius (1742), además de la creación del higrómetro de cabello por Orase Belledit (1783), lo cual permite que con el paso del tiempo, se instalen los primeros observatorios meteorológicos. En relación con la nueva España, se puede decir que desde la primera mitad de este siglo, los gabinetes de física de los colegios jesuitas contaban con termómetros, barómetros y anemómetros, permitiendo con ello, la enseñanza práctica de los fenómenos del estado del tiempo (Trabulse, 1985).

Por otra parte, el siglo XVIII es testigo del surgimiento de la ideología de la Ilustración, este acontecimiento permite que la meteorología incorpore postulados como:

- "El universo tiene una regularidad que lo hace racional"
- "La investigación crítica de los fenómenos"
- "Experimentación y observación como elementos fiables de la ciencia"

En la segunda mitad del siglo XVIII en la Nueva España destacan tres científicos, José Ignacio Bartolache (1739-1790), José Antonio Álzate y Ramírez (1737-1799) Y Antonio de León y Gama (1735-1802).

José Ignacio Bartolache, fue sustituto de Joaquín Velázquez de León en la cátedra de matemáticas de la Real Universidad de México en 1767. Dentro de esta cátedra, explicaba lo perteneciente a la construcción y funcionamiento del termómetro y el barómetro; los instrumentos que menciona en el curso consistían en rudimentarios vasos de cristal que se llenaban de azogue (mercurio) o del espíritu del vino (alcohol). Su obra más famosa es el periódico *mercurio volante*, del que alcanzó a publicar 16 números entre 1772 y 1773, en cuyos números 3 y 4, aparecen estudios del termómetro y el barómetro. En su artículo "*Noticia y descripción de los instrumentos de la buena física*", destacó el uso del termómetro y el barómetro como "los utensilios de los que no debe carecer un físico ni hombre curioso alguno; mucho menos a quien interese para su destino cuál es el estado de la Atmósfera cada día" (Moreno de los Arcos, 1994).

José Antonio Álzate y Ramírez Castellana fue ordenado como presbítero (sacerdote) pero su verdadera vocación fue la de periodista científico, gracias a lo cual pudo lograr la publicación de varias revistas y periódicos donde recogía todo el movimiento científico de la época.

Debido a sus observaciones sobre el clima, José Antonio Álzate es considerado como el iniciador de los trabajos de observación meteorológica en México. La primera noticia que se tiene de estos trabajos se remonta a 1769; en este año midió la temperatura del aire (durante 9 meses) en el exterior de su domicilio (a las 7, 12, 15 Y 19 horas), ubicado en lo que sería actualmente la calle de correo Mayor.

El lunes 4 de enero de 1773, publica el artículo intitulado “*Utilidad de las observaciones meteorológicas*”, en donde Álzate se refiere a los aparatos que sirven para la observación del estado del tiempo: barómetro, termómetro, higrómetro y la veleta. En su *Descripción Topográfica de México*, menciona que se tenía registro de lecturas de temperaturas de un período de 8 años (CNA, 2012).

Otro de los trabajos de Álzate se refiere al ascenso al Iztaccíhuatl el 1 de abril de 1781. Subió con un barómetro portátil fabricado según las reglas de la Real Academia de Ciencias de París. La finalidad del trabajo, fue la de establecer la altura y temperatura a las que se formaba la nieve en el volcán. En la *Gazeta de México* del martes 24 de marzo de 1789, Álzate publicó un pequeño artículo sobre el clima de la ciudad de México (Trabulse, *op. cit.*)

Contemporáneo de Álzate, Antonio León y Gama también se interesó por la meteorología. Este científico (1735- 1802), nació y murió en la Ciudad de México, fue catedrático de mecánica en el colegio de minería, colaboró con Joaquín Velázquez de León en la deducción de longitudes y latitudes, y en otros estudios matemáticos, astronómicos y geográficos. En la *Gazeta de México* del martes 13 de febrero de 1787, publicó un artículo sobre el clima de la ciudad de México.

Los trabajos de Antonio León y Gama y de Álzate, constituyen las primeras observaciones meteorológicas con una base científica que se tienen sobre el clima en el país (Contreras, *op. cit.*).

1.2 La meteorología en México en el siglo XIX.

La etapa más importante del desarrollo de la meteorología ocurre en el siglo XIX, la evolución de la ciencia puede dividirse en tres etapas durante este siglo: la primera se relaciona con los trabajos que realizaron un pequeño grupo de científicos en la primera mitad de ese siglo la cual puede ser denominada como *precursores*; la segunda va desde el establecimiento de los primeros observatorios en colegios de enseñanza superior, hasta la *institucionalización* de esta ciencia; y la tercer etapa, que abarca desde el establecimiento del *observatorio meteorológico central* en 1877, hasta la consolidación de una pequeña red de estaciones meteorológicas en el país al finalizar el siglo XIX (*ibíd.*).

1.2.1. Etapa de los precursores.

El iniciador de las observaciones meteorológicas en el país fue Alejandro de Humboldt (1769-1859), quien llegó a Acapulco el 23 de Marzo de 1803 y salió por Veracruz el 20 de enero de 1804. En los lugares que visitó de la Nueva España calculó las coordenadas geográficas e hizo observaciones astronómicas; clasificó especies de flora y fauna. También realizó un estudio sobre la climatología de la Nueva España, para ello utilizó los trabajos de diversos científicos de la época entre los que incluyó las observaciones de Álzate.

En su *Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España* se encuentra un cuadro meteorológico del puerto de Veracruz, con la temperatura media de los 12 meses del año. De particular interés es el apartado denominado "Influencia de las desigualdades del suelo en el clima, la agricultura, el comercio y la defensa militar del país", donde se describieron las diferentes regiones climáticas (CNA, 2012 *op. cit.*).

Después de la obra de Humboldt, existe una ausencia de trabajos meteorológicos durante los primeros veinte años del siglo; debido en gran parte al movimiento de independencia del país. Por esta razón, no va a ser sino hasta el 14 de junio de 1824 que los editores del periódico *El Sol*, comenzaron a publicar el resultado de las observaciones diarias, mismas que se prolongaron hasta el 14 de enero de 1828. Se desconoce el autor de las observaciones, los datos están referidos a la temperatura en grados centígrados, presión barométrica, precipitación media en pulgadas y líneas, higrómetro, electricidad y viento, las horas que se tomaron para realizar las observaciones fueron las 7 de la mañana, 3 de la tarde, y 11 de la noche. La publicación de estas observaciones constituye el primer reporte diario sobre el estado del tiempo que se publica en el país.

Los años de 1830 a 1840 se caracterizan por trabajos de observación meteorológica que realizan diversos viajeros que llegaron a la nación; por ejemplo, Francisco Geralt de 1833 a 1834 hizo observaciones sobre el estado del tiempo en la Escuela de Minas (González, 1911). Posteriormente, el Dr. Juan Luis Berlandier, botánico suizo naturalizado mexicano, entre 1830 a 1851, durante nueve años dos meses, practicó en Matamoros observaciones meteorológicas a las seis, ocho, nueve y diez horas de la mañana y a la una, dos, tres, cuatro y seis de la tarde, y ocho de la noche. (Bárcena, 1877).

El geólogo alemán Juan Burkart, realizó algunas observaciones en el año de 1826 al parecer en la capital. Posteriormente, hizo una serie de observaciones termométricas durante los años 1839-1840 en el mineral de Veta Grande, Zacatecas adoptando para ello las horas de 8:30 y 16:30. También publicó entre 1825 y 1834 el libro *Estancias y Viajes en México donde describe sus observaciones de diferentes temas del país entre ellas las referidas a aspectos meteorológicos (ibíd.)*.

De todas las observaciones meteorológicas mencionadas a partir de 1824, sólo se conservan las publicadas en el Diario *El Sol*, de las demás, solamente existen referencias bibliográficas y se desconoce el tipo de aparatos que se empleaban.

Durante los mismos años, existieron proyectos apoyados por el gobierno destinados a obtener datos exactos de las regiones para la elaboración de sus respectivos mapas, en ellos se incluyen estudios y observaciones del clima. Destacan los trabajos del Istmo de Tehuantepec (1823-1826), de los alrededores de la ciudad de México (1825) y de la frontera noreste de México y Estados Unidos (1827-1831).

En 1833 se crea la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística (SMGE), con una sección dedicada al estudio de la astronomía y la meteorología (CNA, 2012 *op. cit.*).

1.2.2. Los colegios y las primeras estaciones meteorológicas.

Esta segunda etapa abarca desde el punto de vista cronológico los años de 1841 a 1876; a nivel mundial, este período coincide con el inicio del registro diario de forma oficial, de los datos del estado del tiempo por parte del *Royal Greenwich Observatory* de Londres.

Dentro de esta etapa ocurren tres acontecimientos de suma importancia para el futuro desarrollo de la meteorología y la climatología en el país: el primero se relaciona con el establecimiento de las primeras estaciones meteorológicas, como parte de la enseñanza de la física en las escuelas superiores de México. En segundo término se crean en el interior de la nación una pequeña red de estaciones, lo cual demuestra el creciente interés por esta ciencia. Por último, durante este periodo se emiten los primeros decretos y reglamentos referentes a las observaciones meteorológicas, los cuales sirvieron de base para el posterior funcionamiento de los observatorios meteorológicos instalados en el país (Contreras, *op. cit.*).

Los primeros antecedentes históricos que se tienen en cuanto al establecimiento de redes de observación en México, se remontan al año de 1790, cuando se estableció con pocos y precarios instrumentos, un observatorio meteorológico en el islote de san Juan de Ulúa, que es el más antiguo en tierra firme del continente americano; estaba dirigido por el Ing. Daniel Lárraga y dejó de operar a finales de 1803, durante el período de 1790 a 1803, Don Bernardo de Orta reunió una serie de datos, que utilizó Humboldt para su estudio de la Nueva España; es el registro de observaciones más largo de esa época que se ha encontrado en América (CNA, 2010)

La enseñanza de la meteorología en la capital, se llevó a cabo en el Colegio de Minería, la Escuela de Agricultura y la Escuela Preparatoria. Dentro de cada una existía un observatorio meteorológico, los cuales permitían adquirir a los alumnos de la clase de física los conocimientos prácticos sobre la forma en que se debían de hacer las lecturas del estado del tiempo. Los registros fueron publicados en el Boletín de la Sociedad Mexicana de geografía y estadística.

Con respecto al Colegio de Minería, uno de los más destacados iniciadores del trabajo meteorológico en la escuela fue José Gómez de la Cortina (1799-1860); fue miembro fundador de la SMGE (1833) y realizó observaciones meteorológicas entre los años de 1841 a 1845, la primera vez que los datos de precipitación se publicaron aparecieron indicados en pulgadas, en 1877 se realizó la conversión a milímetros (mm) y se usaron en posteriores estudios sobre la lluvia en la capital.

En los años 1842-1843, 105 miembros de la sección geográfica de la plana mayor del ejército realizaron una serie de observaciones, las cuales fueron publicadas por el periódico *El Mexicano* (León, 1901). Posteriormente, se hizo otra serie de registros en el Colegio de Minería en los años de 1850, 1856, 1857 Y 1858.

Como se aprecia en lo anterior, corresponde al colegio de minería el papel principal en la enseñanza y la observación meteorológica de la época, las continuas interrupciones en la tarea de registro de datos, es un reflejo de los cambios políticos que vivió la nación en esos momentos.

Sobre los instrumentos empleados en las observaciones se desconoce con exactitud el tipo y marca de los mismos. En los boletines de la sociedad mexicana de geografía y estadística se publicaron en los años de 1850 y 1852, algunos artículos sobre el barómetro, termómetro e higrómetro.

Paralelamente a las observaciones que se hacían en el colegio de minería, se hicieron otras, en lugares entonces muy cercanos a la capital, como fueron las de la Hacienda de San Nicolás Buenavista, Xochimilco y las de la Escuela de Agricultura.

En los años de 1865 y 1866 el Ing. Ignacio Cornejo retomó las observaciones que se habían suspendido en el colegio de minería; para sus registros meteorológicos utilizó las 9, 14 y 18 horas.

Al establecerse la Escuela Nacional Preparatoria, el preparador de la cátedra de física, Juan Mier y Terán realizó el registro de observaciones meteorológicas en el observatorio del plantel durante el periodo de 1867-1875. Estos registros fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación, y constituyeron el reporte del estado del tiempo de la ciudad de México para esos años.

Dentro de la primera mitad del siglo XIX ocurrió un acontecimiento de relevancia mundial, como fue la invención del telégrafo electromagnético por parte del físico estadounidense Joseph Henry y puesto en marcha por Morse en 1844. Este instrumento con el tiempo se convertiría en el medio ideal para la transmisión de información meteorológica simultánea; por ese motivo, cuando se inaugura el Observatorio Central, el telégrafo va a ser incorporado como un instrumento indispensable en sus labores cotidianas (Azuela, 1995).

Por otra parte, durante los años 1844-1867 se establecieron 14 estaciones meteorológicas en diferentes partes del interior del país. Estos observatorios sirvieron de base para el posterior desarrollo de la red meteorológica nacional.

El observatorio más antiguo, fuera de la ciudad de México, fue el que se estableció en Tepic, Nayarit; donde Manuel Escudero realizó registros de la lluvia durante medio siglo, de 1844 a 1894.

En la Hacienda El Mirador de Orizaba, Carlos Sartorius realizó observaciones del clima durante 16 años (de enero de 1854 a diciembre de 1870). Las realizaba diariamente a las 7, 14 y 21 horas.

En Córdoba José Apolinario Nieto realizó observaciones a las 9, 12, 15, 18 Y 21 horas de enero de 1858 a diciembre de 1864, las cuales envió a diferentes sociedades científicas en Estados Unidos y Europa.

Miguel Ángel Velázquez de León en la Hacienda de Pabellón en Aguascalientes, realizó observaciones en 1969, las cuales prolongaría hasta su muerte.

Gregorio Barreto realizó observaciones en Colima de 1869 a 1880. En Querétaro el ingeniero José María Romero y el profesor de Física Pascual Alcocer, iniciaron una serie de observaciones en 1870.

Lázaro Pérez, químico que fundó y sostuvo el primer Observatorio Astronómico y Meteorológico de Guadalajara de 1874 a 1876, llevó a cabo una serie de observaciones meteorológicas. En Monterrey, Isidro Ipstein, periodista, cartógrafo, educador y escritor, en 1865 comenzó a realizar observaciones meteorológicas dentro del plantel del Colegio Civil del Estado, donde daba clases de matemáticas.

Entre los años de 1873, 1874 Y 1876 el ingeniero civil Vicente Reyes realizó observaciones en Cuernavaca. El ingeniero Joaquín Mendizábal Tamborrel, establece un observatorio meteorológico en donde llevo a cabo observaciones en los años de 1872 a 1873; en esos mismos años, el profesor Manuel Cházaro, hizo observaciones en San Juan Michapam, así como en 1876 en Puebla, Pedro Espina.

En 1862 se llevó a cabo la primera iniciativa para la regulación y establecimiento de observatorios meteorológicos en el país. Fue encomendada al Ing. Francisco Díaz Covarrubias, quien recomendó después de desarrollar un estudio de la evolución meteorológica internacional que el gobierno federal realizara las tareas siguientes:

1. Solicitar a los gobernadores de los estados por medio del ministerio de fomento, informar sobre los instrumentos meteorológicos que se hallen en los establecimientos científicos.
2. Solicitar al supremo gobierno la dotación de los instrumentos que falten.
3. Solicitar al gobierno que los directores de los establecimientos científicos comisionen a los individuos que residan en ellos, para realizar las observaciones.
4. Comunicar instrucciones extensas y uniformes a los observadores, respecto al modo de operar, corregir y usar sus aparatos.
5. Comisionar a los agentes de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística en los estados, para que recojan y le remitan las observaciones, cada período que fije la misma sociedad.
6. Formar una comisión permanente que clasifique, estudie y discuta las series de observaciones, publicar sus resultados y conservar las colecciones.

También recomendó Díaz Covarrubias, la adopción del modelo norteamericano, publicado por el instituto Smithsonian de Washington, el cual tenía un modelo de registro que establecía que las 7, 14 y 21 horas eran los momentos más adecuados para las observaciones.

El ministerio de Justicia, Fomento e Instrucción Pública, dirigió una circular a los gobernadores de los estados para que sigan las recomendaciones de Díaz Covarrubias; realizar las observaciones de acuerdo con las *"Instrucciones para hacer las observaciones meteorológicas adoptadas por el Instituto Smithsonian de Washington"*, las cuales fueron traducidas por la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.

Las disposiciones no se llevaron a cabo de manera inmediata pero sentaron las bases para la futura institucionalización de la meteorología.

1.3. Institucionalización de la meteorología.

El desarrollo e institucionalización de la meteorología en el país a finales del siglo XIX, está enmarcado por la llegada al poder del General Porfirio Díaz quien ordenó el establecimiento de observatorios, comisiones e institutos de investigación, los cuales transformaron la práctica y el pensamiento científico de México.

1.3.1. Creación del observatorio meteorológico central.

El antecedente sobre la creación de un observatorio central se encuentra en una circular emitida por el general Vicente Riva Palacio, secretario de Fomento el 18 de diciembre de 1876, en la que propone al Castillo de Chapultepec como sede de un observatorio astronómico y meteorológico, todo esto para que regulará la creciente red de estaciones en el país y ante la necesidad de mejorar la agricultura del país. A pesar de la importancia de la propuesta, está no prosperó; sin embargo, la Secretaría de Fomento conservó la idea y fue el Supremo Poder Ejecutivo quien emitió el decreto el 8 de febrero de 1877 para crear un Observatorio Meteorológico que sería atendido por la Primera Comisión Geográfico-Exploradora del Territorio Nacional; se nombró como jefe de esta comisión al Ingeniero Mariano Bárcena.

Dentro del decreto destacan además de lo referente a la creación del observatorio central (OMC), lo relacionado con la creación de la red meteorológica nacional, la formación del calendario botánico y los estudios agroclimáticos y de meteorología en general.

El salón sobre el que se instaló el Observatorio Meteorológico Central de México (sobre la azotea de Palacio Nacional), fue el salón que en la época del Imperio ocupó uno de los departamentos (posiblemente las galerías) del Teatro del Emperador. Las modificaciones y adaptaciones del local fueron encomendadas al Ingeniero Vicente E. Manero, Jefe de la Sección 1a. del Ministerio de Fomento. Los trabajos de observación e investigación científica comenzaron el 6 de marzo de 1877.

En los primeros años de vida del observatorio se realizaron cuatro actividades principales:

1. Observación directa de los instrumentos meteorológicos, hora por hora, de día y de noche.
2. Cálculo y discusión de los datos obtenidos, para su arreglo y publicación,
3. Recolección de datos de oficinas auxiliares, relativos a la meteorología, higiene y la Agricultura.
4. Trabajos administrativos y relaciones con los corresponsales del país del extranjero.

La inauguración del observatorio central ocurrió sólo 5 años después de que se fundó en 1872, el *Weather Bureau* (oficina meteorológica) de los Estados Unidos. Dicha oficina constituyó el modelo a seguir para la organización de la red meteorológica de nuestro país.

El 10 de abril de 1899 falleció el ingeniero Mariano Bárcena, después de permanecer 22 años al frente del observatorio. En julio del mismo año fue nombrado director del observatorio el ingeniero Manuel. E Pastrana.

1.3.2. Instrumentos del observatorio meteorológico central.

Los primeros aparatos con que contó el observatorio fueron: psicrómetro August, termómetro de máxima, termómetro de mínima, pluviómetro de observación directa, pluviómetro núm. 1049 de Negretti & Zamba, evaporímetros de artesa (atmómetros), anemómetro sistema Robinson y anemoscopio.

A los anteriores aparatos meteorológicos se agregó el meteorógrafo construido por el padre Ángel Secchi. El aparato era el único instrumento registrador automático con que contaba el observatorio; registraba simultáneamente, en curvas que abarcaban periodos de 24 horas, en un caso y de 6 días en otro, los elementos siguientes: Presión barométrica, temperatura ambiente, temperaturas dadas por el psicrómetro (termómetros seco y húmedo), diferencia psicrométrica para determinar la humedad relativa por ciento, cantidades de lluvia en milímetros de altura, dirección de los vientos (cuatro rumbos, N,E,S y W) velocidad de los mismos en kilómetros por hora. Con el paso del tiempo se agregaron nuevos y más sofisticados aparatos.

Los tres primeros años de vida del observatorio, se sostuvo con recursos económicos que provenían de la Primera Comisión Geográfica Exploradora del Territorio Nacional, debido a que el estudio climatológico del país estaba encomendado a ésta. Posteriormente, en 1880, al Observatorio se le asignó una partida especial de presupuesto Federal para su propio sostenimiento (Bárcena, 1882).

Una de las principales tareas encomendadas al observatorio fue el estudio horario de los fenómenos del estado del tiempo, se convino adoptar un modelo consistente en establecer un servicio de observaciones horarias que permitía darse cuenta de manera aproximada de la marcha diaria, mensual y anual de los principales elementos

meteorológicos tales como la presión, temperatura viento y lluvias; el sistema de observaciones horarias directas duró del 6 de marzo de 1877 hasta febrero de 1913. Posteriormente, el sistema de observación sufrió cambios debido a los trastornos políticos que vivía el país y se comenzó a una nueva serie de observaciones diurnas principiando a las 8 de la mañana.

En el año de 1879 existían sólo 21 estaciones distribuidas en el país de las cuales sólo 13 tenían registros de todos los días del año, a estas primeras estaciones foráneas, se les dotó de franquicia postal y telegráfica, para que sus registros y observaciones pudieran ser recibidas en el Observatorio central; se establecieron las primeras series de observaciones a las 7, 14, y 21 horas de acuerdo al folleto editado por el instituto Smithsonian de Washington.

Durante los primeros años de funcionamiento de las estaciones foráneas el observatorio central se convirtió en el principal proveedor de aparatos meteorológicos.

Existieron varias propuestas e iniciativas para expandir la red meteorológica (uno de los mayores precursores fue Mariano Bárcena); sin embargo, las principales limitantes eran la falta de presupuesto para el establecimiento de observatorios en el resto del territorio nacional. A pesar de éstas y otras limitaciones, la red creció, la temperatura y la precipitación fueron las variables a las que se dedicó más atención, pero definitivamente la lluvia y su periodicidad fueron el tema de mayor interés puesto que México en ese momento era un país agrícola, por lo que la Secretaría de Fomento le dio mayor importancia. Esto trajo como consecuencia que hasta 1880 la red de estaciones pluviométricas estuviera más desarrollada que el resto.

En cuanto a la difusión de las observaciones y de las tareas de observatorio, es importante señalar que se comenzó la publicación de los registros diarios en el *Boletín del Ministerio de Fomento*, esto sucedió del 3 de Julio de 1877 al 15 de julio de 1886. Posteriormente, en 1888 se comenzó a publicar el boletín mensual del observatorio central, en el se publicaban los datos sólo del observatorio central y los de las estaciones de provincia aparecieran a manera de resumen, los diarios de estas estaciones aparecerían con retraso en el *Diario Oficial de la Federación* de 1885 a 1900, año que dejan de ser publicados. El Boletín del observatorio central, fue la primera publicación especializada en meteorología en el país y el primer foro abierto donde se discutían los avances de esta ciencia a nivel nacional e internacional.

Con respecto a la enseñanza de la meteorología, en las últimas décadas del siglo XIX, se siguió impartiendo de manera semejante a la primera mitad del siglo, es decir, que estuvo ligada a los estudios de física en las preparatorias y en escuelas de enseñanza superior como el Colegio de Minería o la escuela de agricultura. La diferencia más importante es que los nuevos observatorios se vinculan a la enseñanza práctica de los fenómenos del estado del tiempo.

En el ámbito profesional, la escuela de agricultura o San Jacinto, es el plantel donde se le dio más peso a la Meteorología; de hecho, es el único lugar donde se impartió la

materia (también llamada Laboratorio de Meteorología). Los conocimientos meteorológicos estuvieron ligados a la carrera de agricultor (hoy ingeniero agrónomo). Por esta razón, la escuela contó con uno de los mejores observatorios meteorológicos del país.

En cuanto a los trabajos meteorológicos el único acontecimiento importante ocurrió cuando el director de Telégrafos Federales, el Ing. Agustín Chávez, propuso a la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas la creación de una serie de estaciones meteorológicas encargadas a los telegrafistas, los cuales debían enviar diariamente los resultados de sus observaciones a la Dirección de Telégrafos, para con ellos poder hacer una carta del tiempo y hacer estudios de prevención. En 1898 se inició la publicación de la *Carta del tiempo de los Telégrafos Federales*, cuyo primer resultado fue el poder hacer el pronóstico de los nortes en el Golfo de México (Torres, 1947).

Al finalizar el siglo XIX la red meteorológica varió muy poco en comparación con las que había en 1879; esto debido a que mientras unas estaciones se establecían, otras desaparecían o dejaban de funcionar; de los 37 observatorios que habían funcionado de manera más o menos continua, sólo los de Guadalajara, Guanajuato, León, México, Mazatlán, Oaxaca, Pabellón, Puebla (dos observatorios), Querétaro, San Luis Potosí, Saltillo, Tacubaya, Tuxpan y Zacatecas lo habían hecho por más de diez años.

Después de la muerte de Mariano Bárcena en 1899 se nombró director del observatorio central al Ing. Manuel E. Pastrana, cuya principal preocupación y meta era la de ampliar la red meteorológica en todo el país; sin embargo, la principal dificultad fue la falta de dinero. Para evitar gastos fuertes a la Federación, Pastrana dividió el naciente servicio meteorológico en secciones parciales organizando las estaciones de la siguiente manera:

- * 1 observatorio meteorológico central, centro y Dirección general del Servicio Meteorológico Mexicano, con residencia en la ciudad de México.

- * 27 secciones meteorológicas integradas cada una de ellas por un observatorio, centro parcial de la sección, y en cada caso, según los elementos disponibles, un determinado número de estaciones meteorológicas y termopluiométricas. Las 27 secciones quedarían repartidas en 27 estados.

- * 3 secciones meteorológicas que, en las mismas condiciones que las anteriores, quedarían repartidas en los territorios de Baja California, Tepic y Quintana Roo (*ibíd.*)

En los primeros años del siglo XX, el observatorio Meteorológico Nacional, clasificaba a las oficinas de la red meteorológica en: observatorios meteorológicos, estaciones meteorológicas de primera y segunda clase y estaciones termopluiométricas especiales de primera y segunda clase.

Las estaciones termopluiométricas, se dedicaban a la observación de temperatura y la lluvia. Las de segunda clase no comunicaban sus datos por telégrafo y usaban como instrumentos el pluviómetro y el termógrafo de Bellani. Las observaciones se realizaban cada 24 hrs, a las 6 hrs 23 min. A. M. del tiempo del centro de México, se tomaba registro

de: temperaturas, al abrigo, máximas y mínimas diurnas o del intervalo anterior de 24 horas, lluvias y aspecto a simple vista del día, fenómenos periódicos de la agricultura, paso de aves migrantes, aparición de insectos y todos los fenómenos que se creía tenían relación con los cambios atmosféricos. Las de primera tenían una veleta común además del termometógrafo y del pluviómetro, hacían dos observaciones al día, una a las 6 hrs 23 min. A. M. y la segunda a las 6 h 23min. P. M. tiempo de México, se comunicaban por telégrafo y en clave a la Oficina Central de la cual dependían, para que ella a su vez las transmitiera a su vez en un sólo telegrama al Observatorio Central de México. Se observaba la dirección y fuerza del viento, temperaturas, al abrigo, máxima y mínima del día y de la noche, el estado del tiempo y del cielo en el momento de la observación y durante las 12 horas anteriores, la lluvia caída en el mismo intervalo, y los fenómenos que ocurrían como en las de segunda clase.

Las estaciones termopluiométricas especiales eran las que hacían más de dos observaciones diariamente, simultáneas entre ellas, pero no con las del Servicio Meteorológico del país; las comunicaban por telégrafo a su Oficina Central, y cuyo objeto era el de suministrar datos para previsiones locales; tenían un psicrómetro al abrigo además de los instrumentos de las de primera clase, comunicaban los mismos datos que ellas y los necesarios para que se conociera la tensión del vapor de agua atmosférico y la humedad relativa del aire.

Las estaciones meteorológicas hacían las observaciones indispensables para conocer los valores de los principales elementos meteorológicos, y en las cuales los termómetros sólo se observaban al abrigo. En las de segunda se hacían observaciones a las 6 hrs 23 min A. M. y a las 6 hrs 23 min. P. M., los resultados se enviaban por telégrafo al Observatorio Meteorológico Central de México y a la oficina central de la cual dependían. Los instrumentos de observación eran un barómetro de mercurio o en su defecto un anerode, un psicrómetro, un termometrográfo de Bellani, un pluviómetro y una veleta y un anemómetro aunque este no era indispensable. Las de primera clase debían contar con: un barómetro de Renou de cubeta ancha y escala compensada, un psicrómetro, un termómetro de máxima de estrangulación de Negretti, un termómetro de mínima de sistema Rutherford, una veleta de indicación interior; un anemómetro de Salmoiraghi; un anemómetro veleta registrador, un heliógrafo de Campbell, un nefómetro, un nefoscopio de Marie Davy y un Pluviómetro. En estas estaciones se hacían además de las simultáneas de 6 hrs 23 min A.M. y P. M. tiempo de México, otras a las 7, 14 y 21 horas tiempo local.

En los observatorios además de efectuar todas las observaciones que se practicaban en las estaciones meteorológicas de primera clase, se observaban el psicrómetro y los termómetros de máxima y mínima a la intemperie, el ozono, la temperatura del suelo, y del agua cuando se localizaba a la orilla del mar o de algún lago o río y en ellos, o en dependencias directas suyas, se hacían observaciones sobre la electricidad atmosférica y el magnetismo terrestre.

Esta clasificación de las oficinas que integraban el servicio meteorológico se utilizó hasta los últimos años del Porfiriato.

1.4. Estudios meteorológicos y climatológicos en México al finalizar el siglo XIX y durante el siglo XX.

A finales del siglo XIX y principios del XX se llevaron a cabo, con la información recopilada por el observatorio central y las estaciones meteorológicas, los primeros estudios de la climatología del país. Fueron escritos en su mayoría por personal del observatorio central, ya que disponían de información amplia que se generaba en el momento.

Entre los científicos del observatorio central que escribieron trabajos climáticos o de meteorología del país están: Rafael Aguilar y Santillán, Mariano Bárcena, José Collazo L., Miguel Pérez, Guillermo B. Puga, Vicente Reyes, Ángel Zamora y José Zendejas.

Entre los observadores del interior del país que publicaron sus obras estuvieron: José Agustín Domínguez, Rómulo Escobar y Mariano Leal.

A principios del siglo XIX, la primera clasificación que buscó diferenciar los tipos de climas del Virreinato de la Nueva España la estableció Humboldt quien los dividió en tres grupos: Calientes, Templados y Fríos.

Esta división es de carácter muy general y no refleja la complejidad climática del territorio novohispano. Sin embargo, se siguió utilizando por muchos autores por varios años; incluso actualmente es usada en muchas regiones por los campesinos.

Rafael de Zayas realizó una clasificación muy parecida a la de Humboldt en 1893, en su obra "*Los Estados Unidos Mexicanos sus condiciones naturales y sus elementos de prosperidad*", la única diferencia es la inclusión de subdivisiones para los tres grupos de clima de Humboldt.

En los primeros años del siglo XX se comenzaron a cuestionar algunos sistemas de clasificación climática mundiales ya que no se adaptaban a las condiciones, elementos y factores que determinan el comportamiento del clima en el país.

José Guzmán, jefe de la sección de la Carta del Tiempo del Observatorio Meteorológico Central publicó en 1907 su obra "*Climatología de la República Mexicana*" basada en datos de finales del siglo XIX. En el documento, Guzmán dividió al país en 15 zonas las cuales a su vez pueden comprender de dos a cinco regiones climáticas más pequeñas. La clasificación divide al país en cuencas interiores y exteriores.

Para establecer los diferentes grupos de climas, Guzmán utilizó la información de un número pequeño de observatorios localizados principalmente en las capitales de los estados. A partir de los datos de los estados, el autor calculó cada uno de los índices de aumento o disminución de la temperatura según la altitud del lugar (la altura que se tomó como referencia puede variar de 100 a 250 metros); estos índices, a su vez, se corrigieron de acuerdo a la latitud y altitud. Con estos parámetros, Guzmán pretendió establecer las condiciones climatológicas de un lugar determinado y con ello, suplir la falta de observatorios en lugares donde no existen.

El principal acierto de Guzmán fue reconocer y establecer la diversidad y complejidad de climas del país, a pesar de contar con un número reducido de estaciones meteorológicas. Su obra fue el trabajo más importante que existe sobre clasificación de climas durante los primeros 30 años del siglo XX.

El factor que llamó más la atención a los hombres de ciencia del siglo XIX fue la precipitación; esto debido a que la cantidad de lluvia y su distribución a lo largo del año, eran el elemento determinante para las buenas o malas cosechas de ese año. La mayor parte de estudios sobre precipitación, se enfocaron a tratar de encontrar leyes que determinaban la periodicidad de las lluvias, los estudios permitieron tener una primera visión de la distribución de la misma en el país.

Existieron varios trabajos sobre las lluvias en México durante el siglo XX; sin embargo, el único que presentó en un mapa la distribución de lluvias fue Guillermo B. y Puga, quien en 1901 publicó el estudio: "*Consideraciones sobre la distribución general de la lluvia en la República Mexicana*" (Puga, 1901). El trabajo contiene las causas que determinan la distribución de la precipitación, las estaciones meteorológicas utilizadas para dividir al país en zonas (5 zonas con diferente cantidad de lluvia anual) y termina con un mapa sobre la distribución de lluvias.

Si se considera el pequeño número de estaciones meteorológicas que Puga utilizó para realizar este mapa, se puede apreciar que el esfuerzo que realizó fue bastante adelantado para la época. A pesar de que su división territorial tiene errores que en la actualidad resultan evidentes, es preciso decir que su carta fue un punto de partida importante para estudios posteriores sobre el comportamiento de la precipitación en México.

En 1924 estaban en servicio 45 observatorios, 12 estaciones meteorológicas, nueve estaciones de evaporación, 259 estaciones termopluviométricas y 354 estaciones de información pluvial (CNA, 2012 *op. cit.*).

En 1936 aparecieron los siguientes trabajos, el *Estudio de Climatología Comparada con Aplicaciones a la República Mexicana*, escrita por Pedro C. Sánchez, *El clima mexicano según Thormwaite* de Contreras Arias y, *El clima de México según Köppen* de Vivó y Riquelme.

En 1936, con el propósito de que formara parte de la Memoria del Distrito Federal, el servicio meteorológico preparó un trabajo relativo al clima de la capital con base en un periodo de observaciones de 60 años. Asimismo, a petición del Departamento de Turismo, se emprendió un estudio de las distintas regiones del país con el fin de determinar su "habitabilidad". Se elaboraron gráficos de precipitación pluvial mensual y temperatura media a través del año de las 20 principales ciudades del país (*ibíd.*).

Gracias al análisis y sistematización de los datos recabados por la red meteorológica nacional a lo largo del tiempo, se elaboró, en 1937, un Mapa de las Provincias Climatológicas de la República Mexicana, que dividió al país en regiones con características climatológicas similares.

Hacia 1939-1940 los datos generados por el Servicio Meteorológico eran ya ampliamente solicitados por diversas instituciones, entre ellas, el Departamento Central, la Dirección de Estadística, la Comisión Nacional de Irrigación, la Comisión Internacional de Aguas, el Departamento de Turismo, Petróleos Mexicanos y Servicios Meteorológicos de las Antillas. Todos los datos estadísticos de la sección, consignaba la Memoria de la dependencia, fueron utilizados para realizar 55 estudios sobre el clima, todos ellos solicitados por los gobiernos de los estados y por particulares. La información fue obtenida de las 437 estaciones que trabajaron entonces con regularidad, Por esos días quedó terminado el Atlas Climatológico para un periodo de 15 años, “conteniendo 73 cartas de los diversos elementos climatológicos, cuadros numéricos y prólogo explicativo”. (*ibíd.*). Los esfuerzos en esos años fueron dirigidos a completar la red de estaciones del país.

Por aquel entonces se publicó un atlas de nubes con el fin de distribuirlo en observatorios y estaciones. También se publicaron otros estudios meteorológicos: la lluvia y los bosques, la influencia de las masas forestales en la climatología regional y régimen de ríos y se editó un mapa de las provincias climatológicas de la República Mexicana.

En el período de 1942 a 1943 se instalaron 122 nuevas estaciones, elevando el total a mil 254.

La cooperación con estados unidos en los años 1940, se fortaleció y permitió al país mejorar en cuanto a instrumental y métodos de observación y transmisión de datos a través de radiodifusoras con el vecino del norte.

En 1964, se dio a conocer el trabajo sobre las *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* de Enriqueta García; obra que se convierte en el punto de referencia de los trabajos climatológicos del país a la actualidad.

En el Informe de Labores de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de 1965 se consigna que el servicio meteorológico formulaba un Informe Mensual del Tiempo en la República, el cual transmitía al *Weather Bureau* estadounidense y a Hamburgo, Alemania. Para 1967 se había instalado y puesto en marcha un nuevo observatorio meteorológico en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

En 1969 se realizó un estudio sobre la influencia de las manchas solares en el nivel de lluvias, tomando como base los datos obtenidos desde 1890 en el Observatorio Central de Tacubaya.

Para la década de 1970 la información es escueta, aunque se destaca la recepción de datos más precisos obtenidos desde 364 estaciones climatológicas y 10 observatorios en materia de temperatura, precipitación pluvial, frecuencia de vientos, así como máximas y mínimas de temperatura. También se seguía elaborando el Atlas Climatológico Nacional.

Entrada la década de los sesenta, el Servicio Meteorológico Nacional contaba con 62 observatorios de superficie, ocho estaciones de globos piloto, siete de radio sondeo viento y 503 estaciones climatológicas.

La Memoria de Labores de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, donde se inscribía la Subdirección General de Geografía y Meteorología, consignaba que en el periodo de 1971 a 1972 la red estaba formada por 74 observatorios meteorológicos, 570 estaciones climatológicas y ocho estaciones de radio sondeo viento para el estudio de la alta atmósfera (*ibíd.*).

Durante los últimos 40 años, en nuestro país se ha desarrollado un importante avance en las investigaciones en climatología y meteorología en lo teórico y en lo práctico y ha generado una extensa cartografía que se puede consultar. En la actualidad se desarrollan investigaciones en estos campos en facultades e institutos de universidades y dependencias gubernamentales. A continuación se mencionan algunos de estos sitios:

UNAM: institutos de Geofísica, Geografía, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Facultad de Ciencias, Facultad de Filosofía y Letras (Colegio de Geografía)

- Universidad Autónoma de Chapingo y Colegio de Posgraduados;
- UAM: Escuela de Arquitectura (Bioclimatología)
- Universidad de Guadalajara, Facultad de Geografía;
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Geografía,
- Universidad de Estado de México, Facultad de Geografía.
- Universidad Veracruzana en Jalapa, Escuela de Meteorología.
- Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Comisión Nacional del Agua: Servicio Meteorológico Nacional.
- IMTA.
- CENAPRED.
- Comisión Federal de Electricidad;
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- CONACYT.
- Colegio de Michoacán.
- Centro GEO- J. L. Tamayo.
- El Colegio de la Frontera Sur.
- Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- CICESE.

En cuanto a la Cartografía climática algunas obras realizadas en el país se enlistan a continuación:

- a) Serie climática 1:500 000, Secretaría de la Defensa-UNAM, 1970. Cubrimiento Nacional.
- b) Plan Nacional Hidráulico- SARH 1976. Atlas del Agua. Escala 1:4000 000.
- c) DETENAL-SPP (hoy INEGI).1980-83. Carta de climas, isoyetas e isotermas escala 1: 1000 000. Todo el país; 1984 Distribución de la precipitación mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, periodo lluvioso, periodo seco, distribución de la

función gamma, de la función beta, moda de la lluvia calculada, moda anual, Coeficiente de variabilidad de la lluvia. Escala 1:4000 000.

d) SIGSA, 1983. Carta de climas escala 1:2500 000.

e) INEGI. Evapotranspiración potencial y déficit de agua, humedad del suelo, topografía, fisiografía, uso del suelo y vegetación, escala 1: 1000 000, 1989. SERIE I.

f) INEGI. Mapas de climas, precipitación total anual y temperatura media anual, Escala 1: 1000, 000.

g) CONABIO 1998. Cartas de climas, isoyetas e isotermas escala 1:1000 000.

h) Conjunto de mapas climáticos contenidos en Atlas Nacional de México en sus versiones de 1990 y 2007, Instituto de Geografía. UNAM. Escala 1:4000, 000.

Capítulo 2. Características y elementos de los mapas climáticos.

Se describen a continuación las características cartográficas, temáticas, los procesos de elaboración y procesos metodológicos usados en la conformación de las tres series de mapas climáticos.

2.1. Serie de mapas climáticos 1:500 000, Secretaría de la Defensa-UNAM, 1970.

2.1.1. Descripción General.

Estos mapas proporcionan la clasificación climática de México según el sistema de Köppen (1936) modificado por la M. en C. Enriqueta García Amaro. Incluyen también, el trazo de isotermas e isoyetas medias anuales y la ubicación de estaciones meteorológicas. Los mapas están representados a una escala de 1: 500, 000 en proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), fueron elaborados por la Dirección de Planeación de la Secretaría de la Presidencia a través de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación (CETENAP) y por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); se imprimieron en el año de 1970 y cubren al país íntegramente con un total de 45 hojas (Figura 2.1).

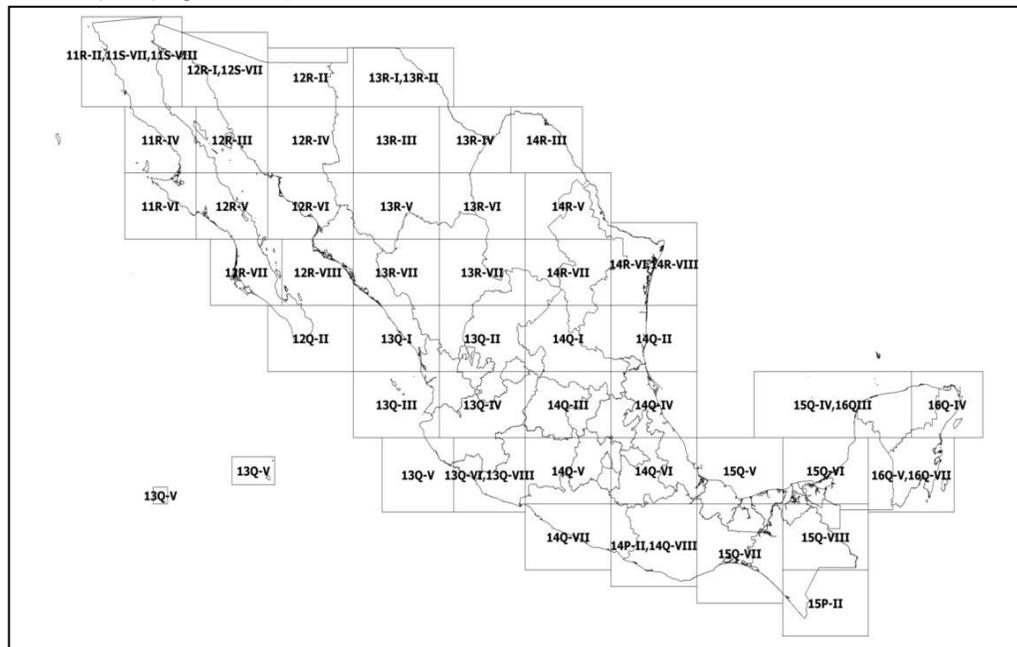


Figura 2.1 Índice de cartas escala 1: 500, 000.

Los mapas se elaboraron con datos meteorológicos de temperatura y precipitación registrados en el período comprendido entre 1921 y 1960 provenientes de alrededor de 1,600 estaciones meteorológicas (Figura 2.2) con un mínimo de 10 años de observación (INEGI, 1989). Están representados sobre la carta topográfica 1: 500, 000 de la Secretaría de la Defensa Nacional; sin embargo, los únicos rasgos incluidos de la topográfica son las poblaciones, representadas por círculos con su respectivo nombre y las vías de ferrocarril.

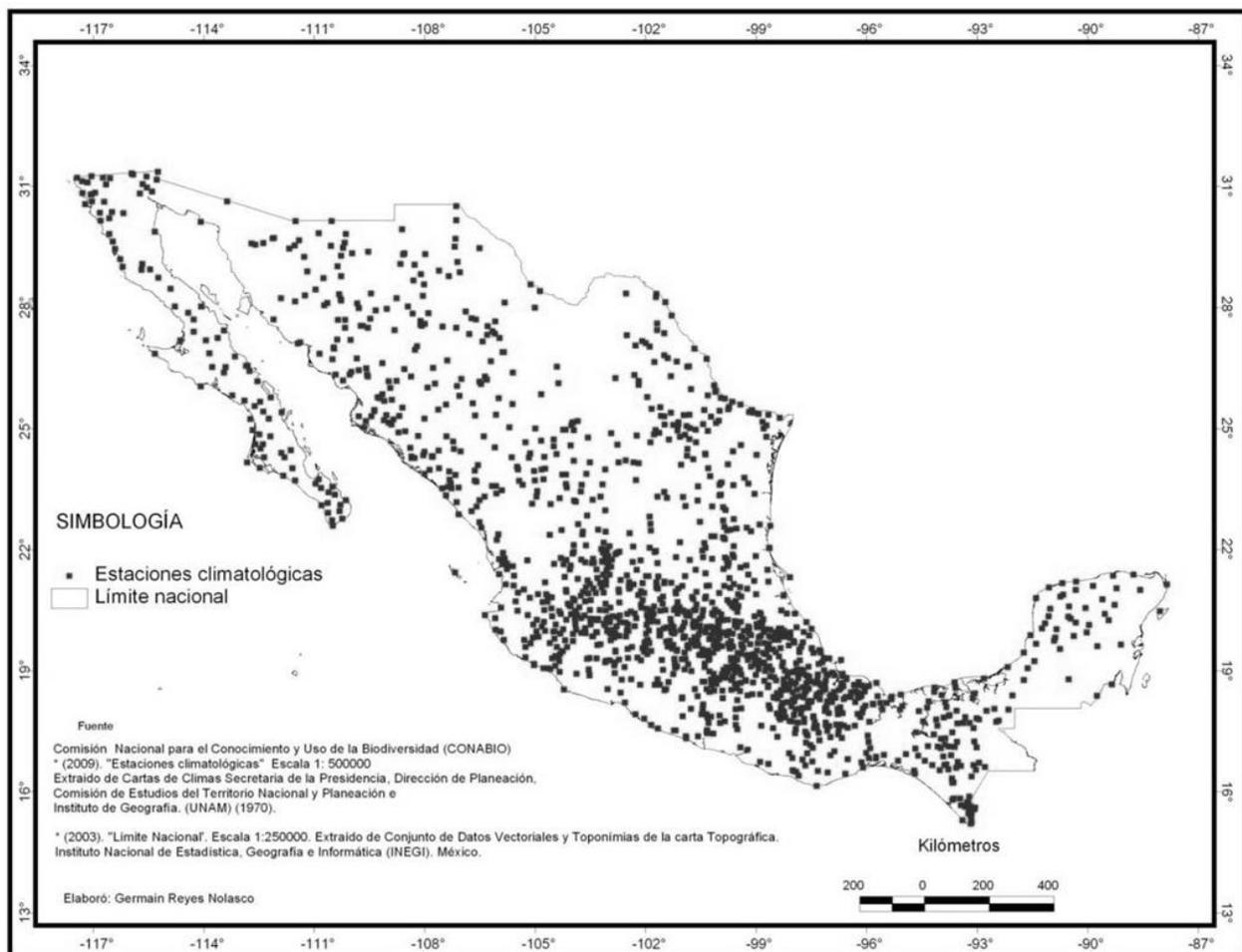


Figura 2.2 Mapa de estaciones meteorológicas usadas en las cartas climáticas.

Cada una de las 45 hojas que forman la serie puede ser identificada gracias a un nombre seguido de una clave, situados en el extremo superior derecho, también cuentan con una pequeña leyenda cercana a los márgenes extremos en la cual se indica el nombre de la carta o rasgo geográfico adyacente.

Debido a que la carta climática se elaboró sobre la base topográfica 1: 500, 000 de la Secretaría de la Defensa Nacional, presenta las mismas claves de identificación, basadas en la división del territorio nacional en la cuadrícula UTM.

Las hojas para la carta topográfica (y por tanto, para las climáticas) que forman la cobertura nacional, abarcan una zona geográfica de 2° de latitud por 3° de longitud, lo que representa una medida aproximada de 63 por 45 centímetros. Estas dimensiones permiten que cada “zona de cuadrícula” abarque ocho hojas, las cuales fueron numeradas de poniente a oriente y de Norte a Sur, con números romanos relativos. Además, a cada hoja se le puso el nombre de la población o accidente geográfico más relevante que se hallara comprendido en su representación (se tomaron las capitales de los estados más importantes o la población cuyo nombre fuera más conocido). De acuerdo con lo anterior, a cada hoja se le asignó una clave, que se conforma como sigue: zona UTM y franja latitudinal de la zona de Cuadrícula en que se halla comprendida y número (romano) de orden que le corresponde dentro de la misma; finalmente el nombre de la población o rasgo geográfico más representativo de la zona representada (Figura 2.3). De acuerdo a esta división, quedaban

algunas zonas con muy poco territorio a representar, por razones de economía en la publicación se agregaron a otras, de manera que al final resultaron 45 hojas en las cuales quedó comprendido todo el territorio nacional.

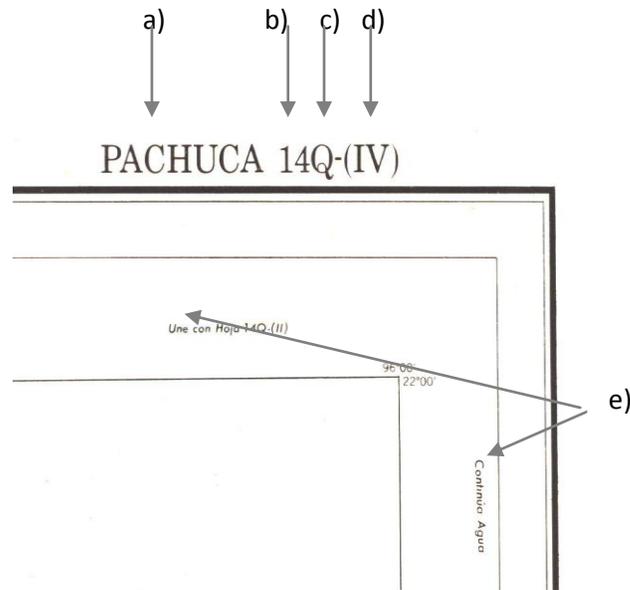


Figura 2.3 Nomenclatura para identificar las cartas en el margen superior derecho. a) Nombre de la localidad con mayor tamaño o importancia dentro de la carta, en el ejemplo, se tomó Pachuca, que es la capital del estado de Hidalgo, b) zona UTM y c) franja latitudinal donde se localiza la carta, d) orden dentro de la zona de cuadrícula, y e) leyenda que indica la carta o rasgo adyacente.

Las estaciones meteorológicas están representadas mediante un círculo de tamaño mayor que el de las localidades, acompañado de una clave numérica, presentan los valores de precipitación total anual en mm y temperatura media anual en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), estos últimos encerrados entre paréntesis para evitar confusión con el valor de precipitación así como la clave que indica el tipo de clima para cada estación (Figura 2.4). Las estaciones que registran únicamente la precipitación (pluviométricas) ó la temperatura (termométricas) aparecen en los mapas con el símbolo de localización de la estación acompañado del dato registrado, por tanto, no aparece la fórmula que indica el tipo de clima ya que se necesitan ambas variables para su obtención (Figura 2.5).

Los datos de temperatura, están representados por medio de isotermas medias anuales dibujadas en líneas color rojo, acotadas en $^{\circ}\text{C}$ y distribuidas cada 2°C de variación (Figura 2.6), las isotermas señalan hacia un lado de ellas valores mayores de temperatura y hacia el lado opuesto valores menores, son líneas que no se cortan (García, 1983).

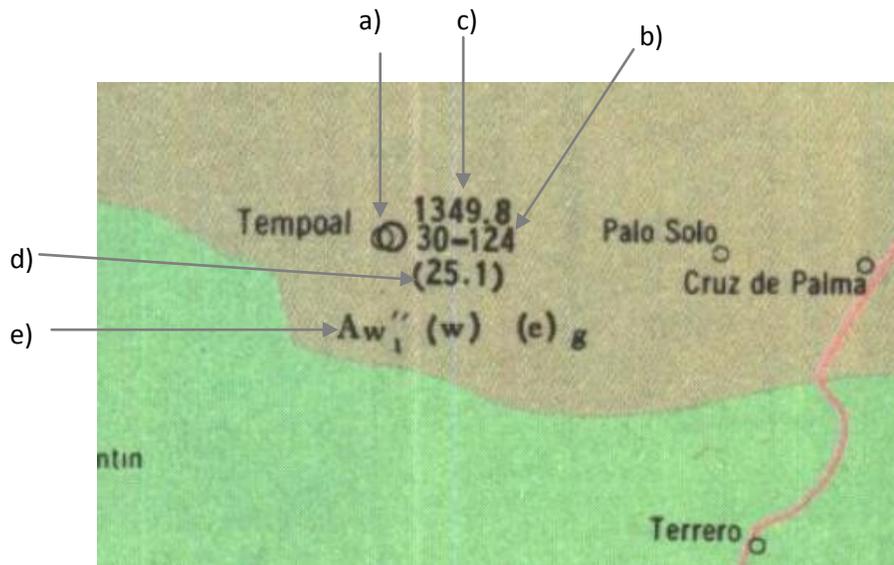


Figura 2.4 Representación y datos de las estaciones meteorológicas. a) Círculo que indica la ubicación de la estación b) Clave de la estación, el primer número indica la clave del estado y el segundo la clave de la estación c) Valor de la precipitación total anual registrada en la estación en mm d) Valor de la temperatura media anual en °C, e) Fórmula climática calculada para la estación.

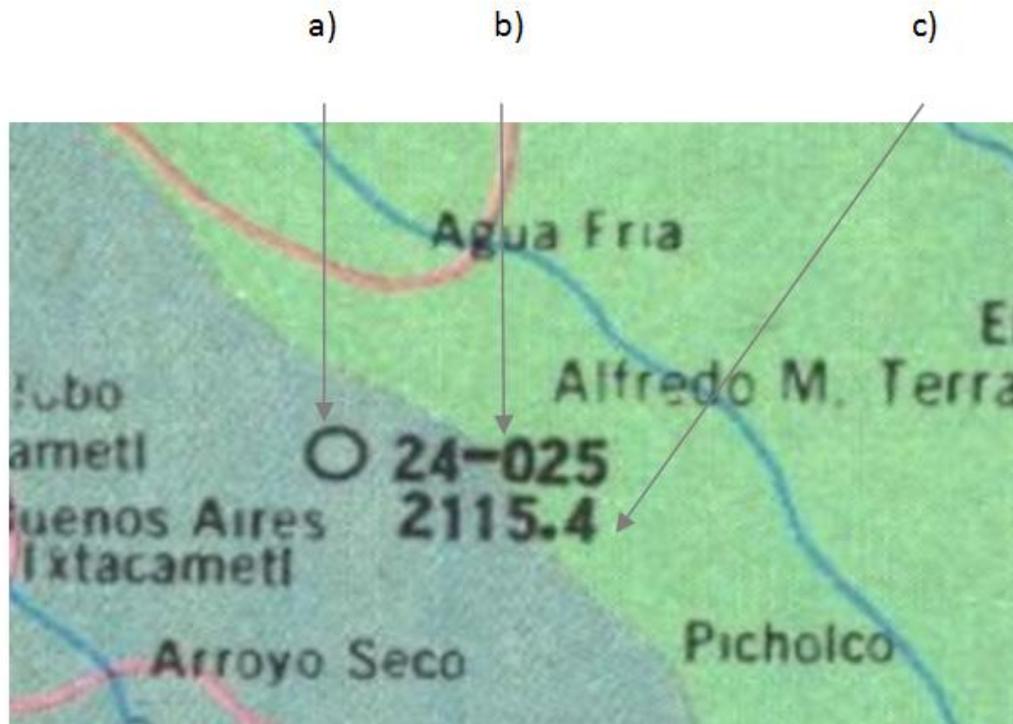


Figura 2.5 Estación pluviométrica. a) Círculo que indica la ubicación de la estación, b) Clave de la estación, c) Valor de precipitación en mm.

Las isoyetas están trazadas a partir de los datos de precipitación total anual en mm de cada estación, están representadas en color azul y distribuidas en intervalos variados, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500 mm. De la misma forma que las isotermas, señalan hacia el lado superior de la cota un aumento en los valores de precipitación y hacia el opuesto una menor cantidad de lluvia total anual (Figura 2.7)

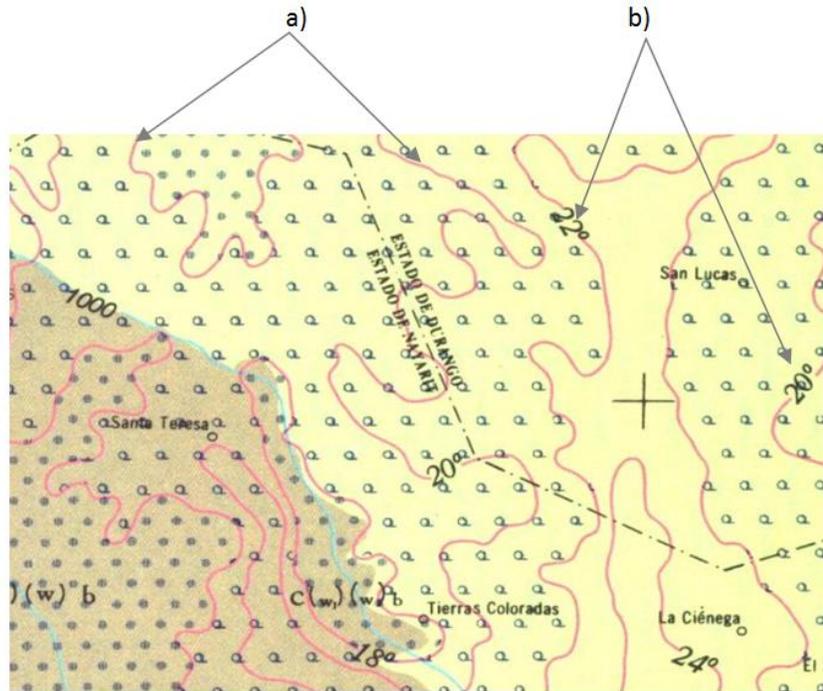


Figura 2.6 Isotermas medias anuales. a) Isotermas representadas en color rojo, b) Números ó “cotas” que indica el valor de la isoterma en °C, el sentido o posición del número indica que la temperatura aumenta en las regiones que se encuentran después (superiores) del valor de la cota y disminución de temperatura hacia el lado opuesto (inferior) del sentido de la cota.

En la parte posterior de cada carta, se presentan una serie de gráficas o climogramas (Figura 2.8), elaborados a partir de los datos de temperatura media y precipitación mensual de cada estación, en el margen derecho de las gráficas se localiza la escala que representa la precipitación en mm y en el margen izquierdo la temperatura en ° C, los datos de temperatura media mensual se unen por medio de una línea continua y la precipitación total mensual en forma de barras. Estas gráficas se identifican por la presencia de la clave de la estación en el margen superior izquierdo. Cabe mencionar, que hay gráficas que sólo muestran la línea de temperatura o las barras de precipitación por registrar sólo uno de tales datos climáticos (INEGI, 1989).

Los climogramas permiten conocer el comportamiento de la temperatura y precipitación a lo largo del año, al identificar los meses de máximos y mínimos valores, la identificación de la temporada de lluvias, los períodos de aridez, los porcentajes de lluvia de acuerdo a la temperatura, la marcha anual de la temperatura, entre otras (Aguiló, 1984).

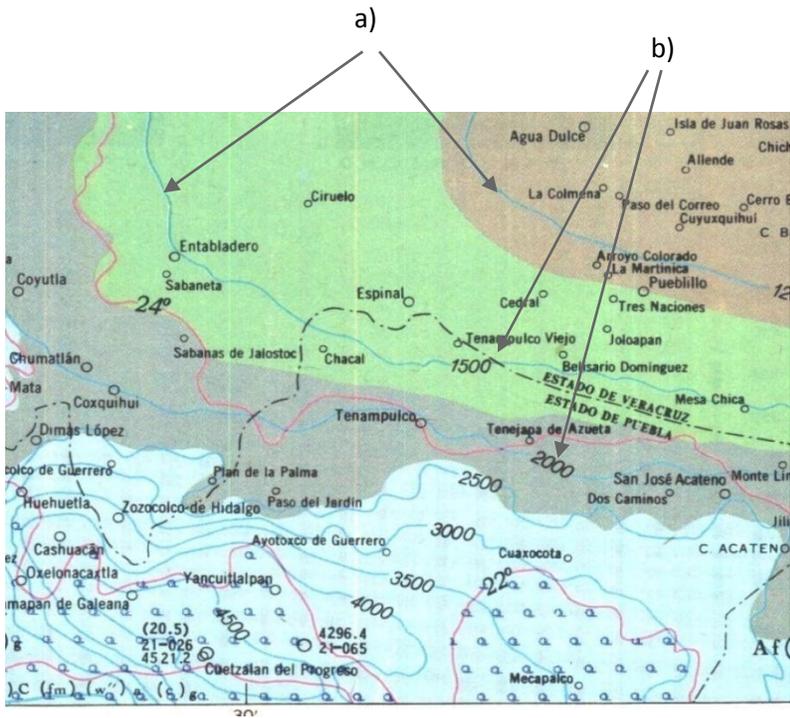


Figura 2.7 isoyetas medias anuales. a) isoyetas representadas en color azul, b) Cotas que indican el valor de la precipitación total anual en mm, el sentido indica la variación de la cantidad de lluvia entre una isoyeta y otra.

El régimen de lluvias se refiere a la temporada del año en la cual se concentra la mayor cantidad de precipitación; en los mapas, está representado mediante un rayado de color rojo en un recuadro titulado “Diagrama de situación y régimen de lluvias” (Figura 2.9), localizado en el extremo inferior derecho de la carta, el rayado puede ser diagonal (de izquierda a derecha) que representa el régimen de lluvias de verano, horizontal referido al intermedio ó vertical que indica un régimen de precipitación de invierno (Figura 2.10); pueden aparecer en el diagrama más de un régimen de lluvias por las diferencias y factores geográficos entre las zonas representadas en la carta, que causan un reparto de lluvia diferente a lo largo del año. El régimen de lluvias esta también indicado en las fórmulas climáticas mediante el uso de símbolos que completan las fórmulas climáticas.

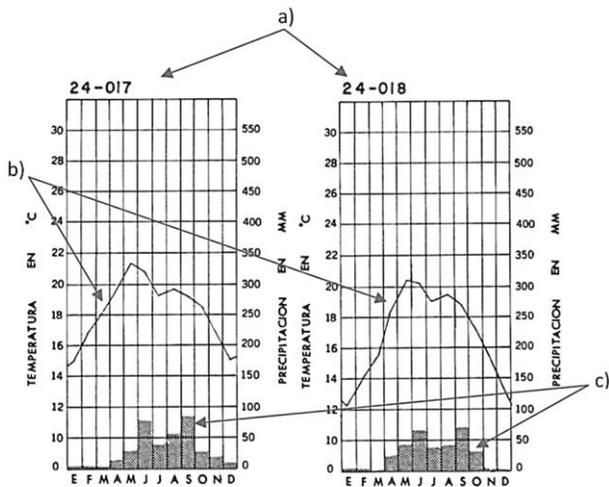


Figura 2.8 Climogramas representados en la parte posterior de los mapas. a) Clave de la estación meteorológica, b) Promedios de temperaturas mensuales, c) Precipitación total mensual.

DIAGRAMA DE SITUACION Y REGIMEN DE LLUVIAS

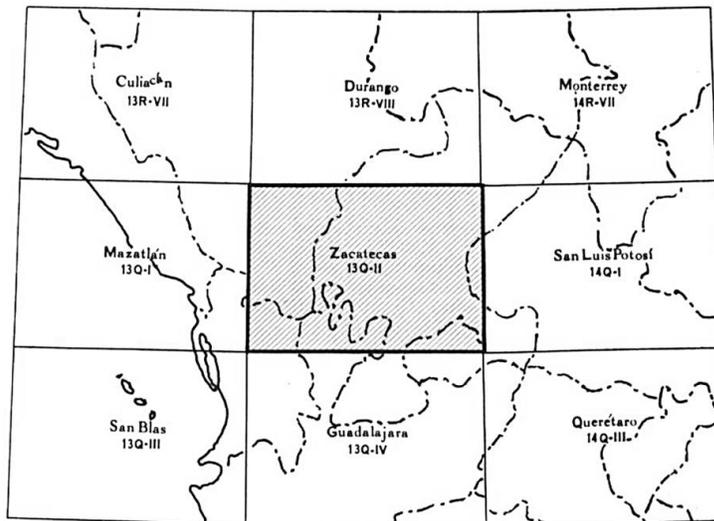


Figura 2.9 Representación del régimen de lluvias de verano en las cartas.

Por su régimen de lluvias		
	Verano	w, m $w(w), m(w)$
	Inter-medio	$w(x'), (x)$ $s(x')$
	Invierno	s

Figura 2.10 Dirección del rayado indica el régimen para la carta y las letras minúsculas son los símbolos que lo indican dentro de la fórmula climática.

En el ejemplo de la figura 2.9 se presenta el régimen de lluvias para la carta Zacatecas 13 Q-II, el rayado se presenta de manera diagonal lo que significa que la temporada con mayor cantidad de lluvia en las zonas comprendidas en la carta es en verano. En el régimen de lluvias de verano hay por lo menos diez veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el mes más seco (García, 2004).

Para demostrar de manera sencilla el régimen de lluvias del ejemplo, se tomaron y graficaron los datos de precipitación media mensual de la estación 32-037 (Figura 2.11) “Valparaíso” localizada en la carta Zacatecas 13 Q-II (Figura 2.11) del período 1921-1960 pertenecientes a la base de datos recopilada por Enriqueta García de los archivos de

Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Comisión Nacional del Agua y Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Al observar la gráfica, encontramos que el promedio del mes con mayor precipitación corresponde a julio con 156.1 mm y el mes con menor cantidad de lluvia (ambos dentro de la mitad caliente del año) es mayo con 8.9 mm; por lo tanto, el régimen de lluvias (para los datos que registra la estación) corresponde al período de verano; en la clave climática de la estación aparecen también los símbolos que indican que la mayor cantidad de lluvia se presenta en la zona en el verano (Figura 2.12).

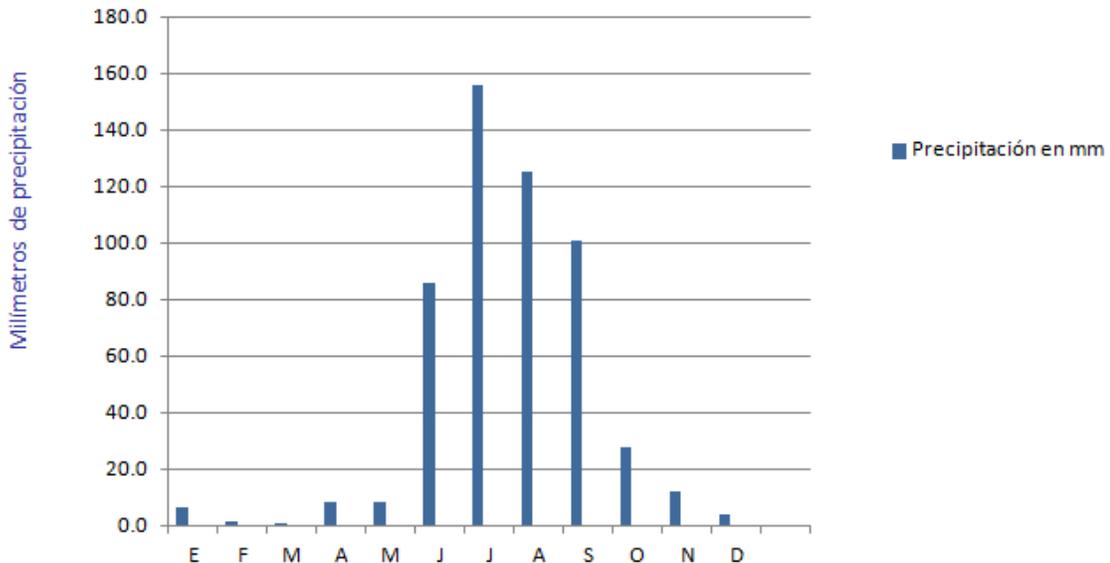


Figura 2.11 Cantidad de precipitación para la estación climatológica 32-037 Valparaíso Zacatecas.

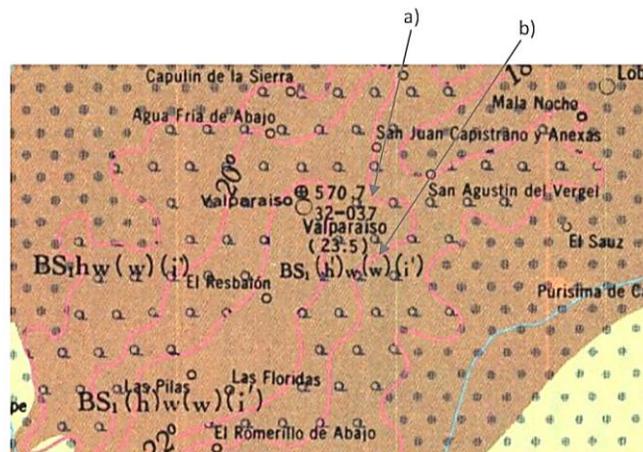


Figura 2.12 Estación meteorológica con régimen de lluvias de Verano. a) Clave y datos de la estación 32-037, b) Símbolos w(w) en la clave climática que indican el régimen de lluvias de verano.

Los tipos de climas de acuerdo a las modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Köppen están indicados en la leyenda por ocho colores más el blanco y por el uso de tres diferentes tramas (símbolos) superpuestas a los colores, quedando así clasificado el clima por su grado de humedad, mediante los diversos colores y por su temperatura, identificada a través de las diferentes tramas (Figura 2.13).

Por su grado de humedad Por su temperatura	Húmedos		Subhúmedos			Semisecos o Semiáridos BS ₁ BS ₀	Secos o áridos BW	Por su régimen de lluvias		
	Af	Am	w ₂	w ₁	w ₀			Verano	Inter-medio	Invierno
Cálidos y muy cálidos A, (h'), h' (h)	Af	Am	Aw ₂	Aw ₁	Aw ₀	BS ₁ h'w	BS ₀ h'w	BWh'w	Verano	w, m w(w), m(w)
	Afm	Amf	Aw ₂ x'	Aw ₁ x'	Aw ₀ x'	BS ₁ h'x'	BS ₀ h'x'	BWh'x'	Inter-medio	w(x'), (x) s(x')
							BS ₀ h's	BWh's	Invierno	s
Semicálidos A(C), (A)C h'(h), h	(A)Cf ^a	(A)Cm ^a	(A)Cw ₂ ^a	(A)Cw ₁ ^a	(A)Cw ₀ ^a	BS ₁ hw ^a	BS ₀ hw ^a	BWhw ^a	Verano	
	(A)Cfm ^a	(A)Cmf ^a	(A)C(w ₂)x' ^a	(A)C(w ₁)x' ^a	(A)C(w ₀)x' ^a	BS ₁ hx ^a	BS ₀ hx ^a	BWhx ^a	Intermedio	
							BS ₀ hs ^a	BWhs ^a	Invierno	
Templados Ca, Cb k, k'	Cf	Cm	C(w ₂)	C(w ₁)	C(w ₀)	BS ₁ kw	BS ₀ kw	BWkw	Verano	
	Cfm	Cmf	C(w ₂)x'	C(w ₁)x'	C(w ₀)x'	BS ₁ kx'	BS ₀ kx'	BWkx'	Intermedio	
							BS ₀ ks	BWks	Invierno	
Semifríos	Cfb ^b	Cmb ^b	C(w ₂)b ^b	C(w ₁)b ^b	C(w ₀)b ^b	BS ₁ k ^b w	BS ₀ k ^b w	BWk ^b w	Verano	
	Cfmb ^b	Cmfb ^b	C(w ₂)x'b ^b	C(w ₁)x'b ^b	C(w ₀)x'b ^b	BS ₁ k ^b x'	BS ₀ k ^b x'	BWk ^b x'	Intermedio	
							BS ₀ k ^b s	BWk ^b s	Invierno	
Fríos								ETHw	Verano	
Muy fríos								EFHw	Verano	

Figura 2.13 Cuadros con los tipos de climas separados por su grado de humedad y por la temperatura. Los colores indican los distintos tipos de clima, las claves dentro de los cuadros de color separan los climas por su temperatura, indicación del régimen de lluvias mediante cuadros de rayado y símbolos que complementan las fórmulas climáticas y las diferentes nomenclaturas que conforman y distinguen los tipos de clima.

En la parte posterior de cada carta se proporciona una explicación del sistema de clasificación climática de Köppen-García, con lo que se busca una mejor comprensión de los símbolos empleados.

Así, para conocer el clima de una región se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Color del área.
- Presencia o ausencia de pantallas superpuestas al color.
- Dirección de las rayas en el recuadro de situación.

- d) Fórmulas climáticas de las estaciones que se encuentran en la zona de interés.
- e) Análisis de las fórmulas con base en el significado de cada uno de los símbolos impresos al reverso de la carta.

La escala está representada de manera gráfica en la parte central inferior de la carta, en los márgenes se menciona las dependencias que la elaboraron, en la parte superior izquierda se da el título de la carta y en la superior central aparece como institución principal el nombre de La Secretaría de la Defensa. Debajo de la leyenda y del diagrama de situación y régimen de lluvias se explica de manera breve el contenido de la carta.

2.1.2. Método y proceso de elaboración.

Los datos de temperatura y precipitación mensuales del período 1921-1960 fueron tomados de los archivos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) dependiente de la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos, y de los correspondientes a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (INEGI, 1989).

Una vez recopilada la información, fue analizada y procesada en el Instituto de Geografía y el Centro de Cálculo de la Universidad Nacional Autónoma de México; de esta manera, se obtuvieron los promedios mensuales y anuales de temperatura y la precipitación total mensual y anual por estación meteorológica así como los climas de cada una de ellas mediante la aplicación de las fórmulas establecidas por García para obtener los tipos de climas por estación.

Para la elaboración de las cartas, se localizaron y representaron con un punto y su respectiva clave, las estaciones meteorológicas sobre una película transparente sobrepuesta al mapa topográfico de la región trabajada, a esta capa se agregó el valor de temperatura media mensual de cada estación para el trazo de isotermas.

El trazado de isotermas se realizó sobreponiendo la película de estaciones y temperatura media anual al mapa topográfico, debido a la relación que existe entre temperatura y la variación de altitud conocida como "gradiente térmico", el cual nos dice básicamente que a una mayor altitud existe una menor temperatura y viceversa, aproximadamente a cada 100 m de altitud, la temperatura desciende 0.6° C.

Se ha observado que a los 20° de latitud en México, existe aproximadamente la relación entre altitud e isotermas que se ve en la tabla (Tabla 2.1). Hacia el norte del país, a las mismas altitudes se encuentran menores temperaturas, y hacia el sur, existe la tendencia inversa (INEGI, 1989).

En una copia de la película con las estaciones, se agregó el valor de precipitación total anual para el posterior trazo de isoyetas.

El trazado de las isoyetas se realizó sobre la película de estaciones sobrepuesta al mapa topográfico y con el previo conocimiento de los factores que ocasionan las lluvias en

México, el tipo de lluvias y, desde luego los valores de precipitación que reportan las estaciones.

Con los mapas de isoyetas, isotermas y las estaciones meteorológicas con su respectivo clima se trazaron los límites climáticos; de las isotermas se toman la de 22°C, 18°C, 12°C, 5°C y -2°C que están consideradas como límites dentro del sistema de clasificación empleado, con las isoyetas se trazan los límites por humedad entre los diferentes tipos de clima.

Una vez terminada la elaboración de los tres mapas, sus originales fueron analizados, editados e impresos por la Dirección General de Geografía del INEGI, en los Talleres Gráficos de la Nación. De esta manera, se integraron en las 45 cartas los cuatro temas de la serie climática (INEGI, 1989).

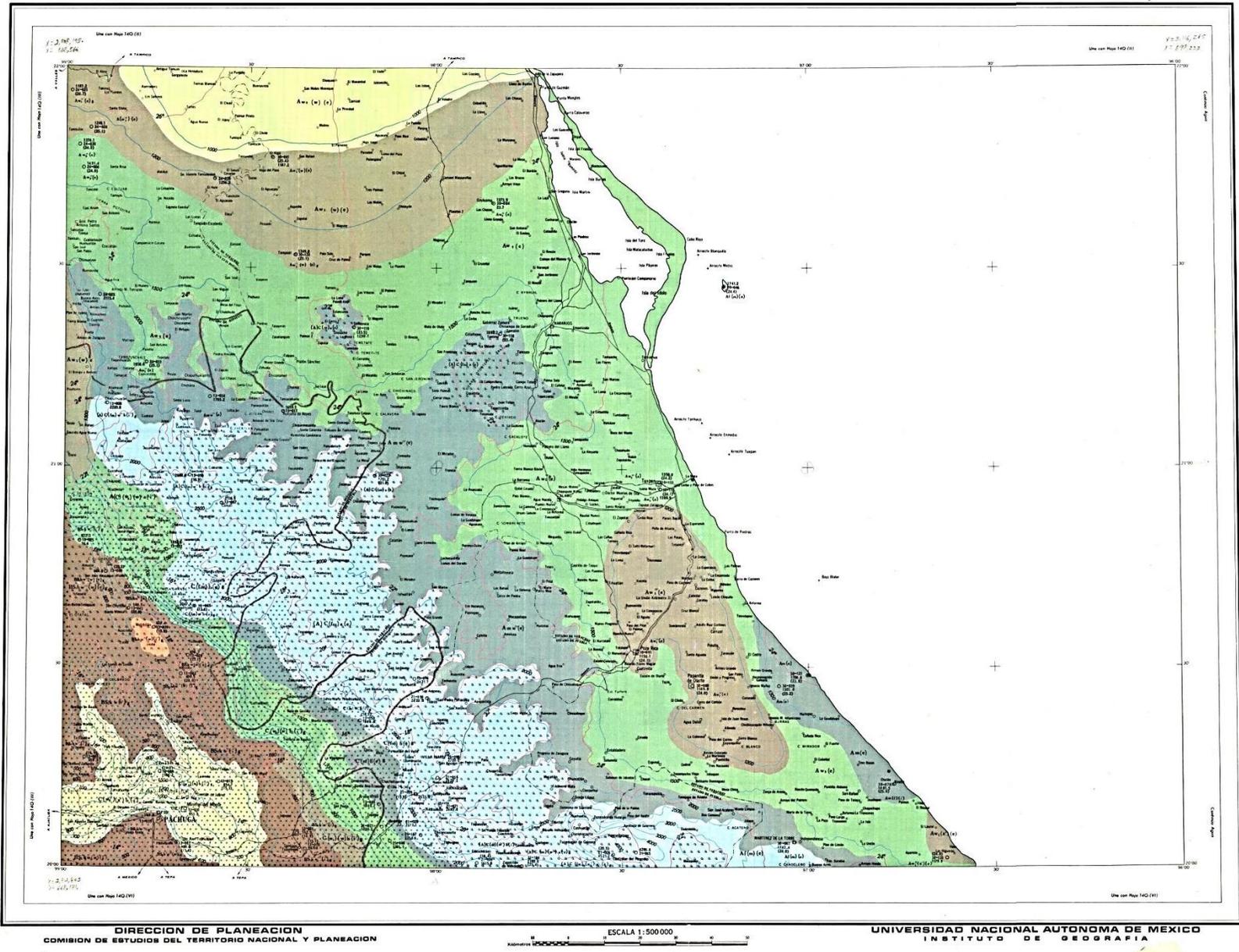
Altitud en m	Temperatura en ° C
300	26
700	24
1 100	22
1 500	20
1 800	18
2 200	16
2 500	14
2 900	12
3 200	10
3 600	8
3 900	6
4 200	4

Tabla 2.1. Relación entre la variación de altitud y temperatura aproximada en México a los 20° de latitud N (Fuente: INEGI, 1989).

En la figura 2.14 se sintetiza mediante un esquema de flujo el proceso de elaboración de los mapas y en la figura 2.15 se presenta una imagen de una de las cartas con la representación de las variables climáticas descritas y la localización de las estaciones.



Figura 2.14. Proceso de elaboración de los mapas impresos de la serie climática de 1970 (elaborado a partir de INEGI, 2005).



Por su grado Por su humedad	Húmedos					Subhúmedos				
temperatura	Af	Am	Aw	As	Aw	As	Aw	As	Aw	As
Cálidos y may cálidos	Af	Am	Aw	As	Aw	As	Aw	As	Aw	As
Además (A)										
Secuencias AIC(AIC)	AfAw	AmAw	AwAw	AsAw	AwAw	AsAw	AwAw	AsAw	AwAw	AsAw
Templadas Ca, Ch k, k'										
Secuías										
Fina										
May fina										

Por su grado Por su humedad temperatura	Semiáridos			Semiáridos			Por su régimen de lluvias		
	BS	BS	BW	BW	BW	BW	Verano	Inter-	Verano
Cálidos y may cálidos	BSA	BSA	BWA	BWA	BWA	BWA	Verano	Inter-	Verano
A, B, k, k'							Verano	Inter-	Verano
Secuencias AIC(AIC)	BSA	BSA	BWA	BWA	BWA	BWA	Verano	Inter-	Verano
Templadas Ca, Ch k, k'							Verano	Inter-	Verano
Secuías							Verano	Inter-	Verano
Fina							Verano	Inter-	Verano
May fina							Verano	Inter-	Verano

O Estación
 Intermedia
 Isoyetas
 Climas
 Precipitación en mm
 Temperatura en °C
GEOGRAFIA
 MAIPOTECA
 DIAGRAMA DE SITUACION Y REGIMEN DE LLUVIAS

CLASIFICACION DE CLIMAS SEGUN KOPPEN MODIFICADO POR E. GARCIA
 ISOETERMAS E ISOYETAS MEDIAS ANUALES.
 LAS INFORMACIONES OBTENIDAS SON DE ESTACIONES CON MAS DE DIEZ
 AÑOS DE OPERACION.
 LOS DATOS DE ESTA CARTA FUERON RECOLECTADOS Y PROCESADOS POR
 EL INSTITUTO DE GEOGRAFIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
 DE MEXICO Y FACIADOS SOBRE LAS HOJAS 1, 200 000 DE LA SECRETARIA
 DE LA DEFENSA NACIONAL.
 ENERO 1970

Figura 2.15. Vista de una de las cartas que forman la serie de mapas climáticos.

2.1.3. Elaboración de los mapas nacionales en formato digital de la serie de mapas climáticos 1: 500, 000.

2.1.3.1. Antecedentes y descripción general.

La Subdirección de Sistemas de Información Geográfica (SSIG) de Conabio realizó el proyecto de elaboración de las coberturas digitales de la serie climática 1: 500, 000. El trabajo fue llevado a cabo por estudiantes de la licenciatura en Geografía y Biología que realizaron su servicio social en la SSIG y por analistas de la institución.

Los mapas digitales de la serie climática 1: 500, 000 tienen como base las cartas impresas, las cuales fueron convertidas a formato digital a través de la digitalización de las cartas usando el programa *Arc/Info* y una tableta digitalizadora modelo *Calcomp 9100*. El objetivo del trabajo de digitalización fue la creación del mapa nacional de la serie climática escala 1:500, 000; para su uso en proyectos e investigaciones realizadas en la Conabio y del público en general.

Se realizó un inventario de las cartas impresas disponibles en la mapoteca de Conabio; de las 45 que cubren el territorio nacional se encontraron 38 en la institución (Figura 2.16). Con estas cartas inició la primera etapa del proyecto; la digitalización fue realizada por estudiantes que realizaron su servicio social en la SSIG y algunos analistas de la subdirección que apoyaron capacitando a alumnos; a cada uno correspondió la digitalización de una carta iniciando por la 11 R-11, 11S-VII, 11S-VIII Ensenada, Tijuana y Mexicali localizada en el extremo NW de México, a partir de esta carta el proceso se realizó hoja por hoja de izquierda a derecha de acuerdo al catálogo. A cada uno de los mapas digitalizados le correspondieron 4 coberturas digitales: climas, isoyetas, isotermas y estaciones meteorológicas. En esta primera etapa se crearon los mapas digitales de 24 cartas (cada una con los cuatro temas de la serie). Para identificar esta fase del proyecto y debido a que las cartas creadas son del norte del país se le denominó "etapa norte" (Figura 2.17).

Las cartas faltantes en la mapoteca de Conabio son las siguientes: Guadalajara 13Q-(IV), México 14 Q-V, Pachuca 14 Q-(IV), Querétaro 14 Q-III, San Blas 13Q-(III), San Luis Potosí 14Q-I, Veracruz 14Q-VI y Zacatecas 13 QII, todas ellas pertenecientes al centro del país (Figura 2.16).

Los analistas de la SSIG unieron los 24 mapas por tema formando un primer bloque al que se le denominará en la tesis para su mejor entendimiento como "bloque norte", este trabajo consistió sólo en la unión de las capas, no involucró edición ni corrección de la cartografía (Figura 2.18).

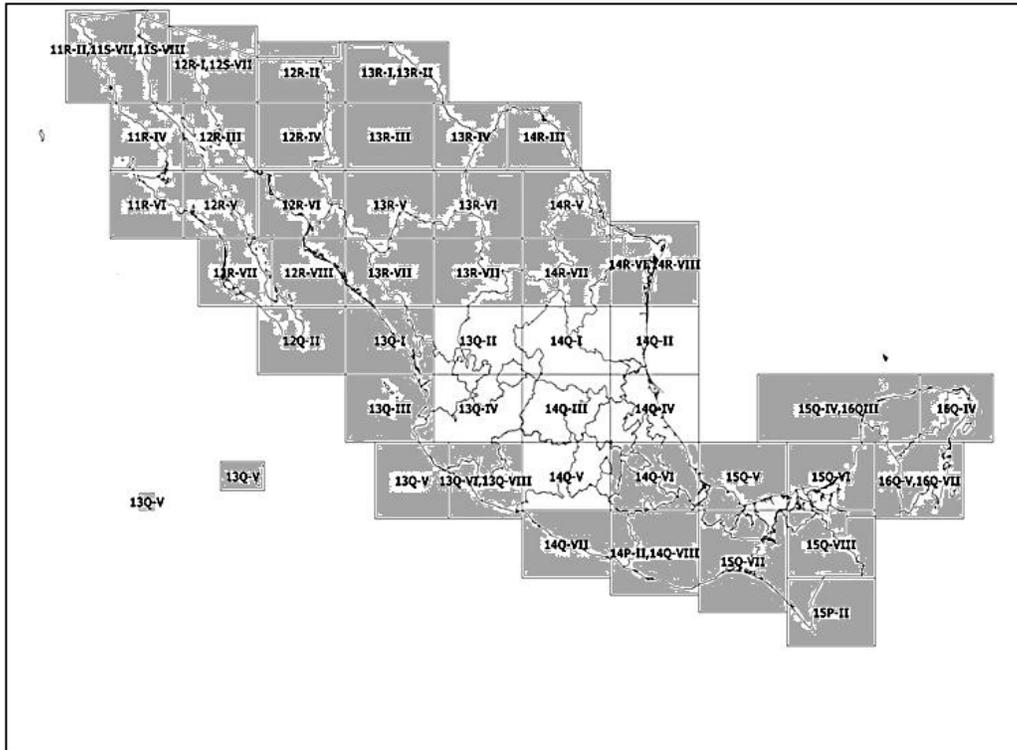


Figura 2.16. Las celdas sombreadas representan los mapas impresos de la serie existentes en la mapoteca de Conabio, los espacios en blanco fueron solicitados al Instituto de Geografía de la UNAM para contar con las series completas.

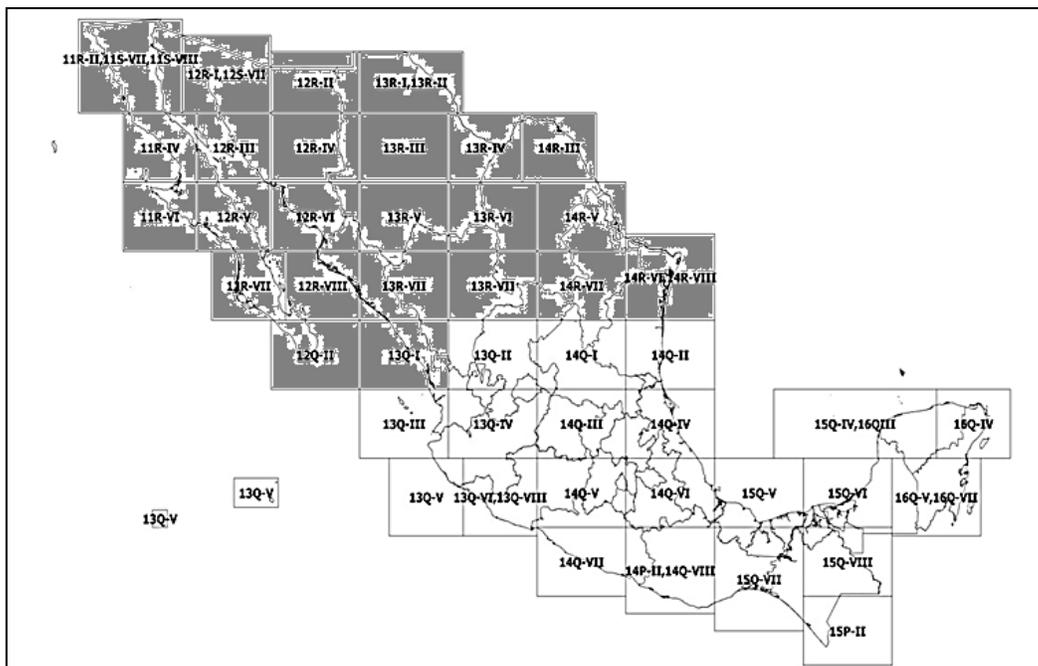


Figura 2.17 Mapas digitalizados durante la primera etapa del proyecto (etapa norte)



Figura 2.18 Unión de los mapas de isoyetas "bloque norte".

En la segunda etapa, a la cual se nombrará "etapa sur" se terminaron de digitalizar y crear las coberturas de los 14 mapas existentes en la institución. La tercera etapa "Etapa centro" consistió en la creación de los mapas no disponibles en el acervo de Conabio. Para poder contar con la información de las 7 cartas faltantes se realizó una solicitud de préstamo al Instituto de Geografía (IG) de la UNAM, la solicitud fue aprobada y el IG facilitó el material de manera temporal a la Conabio. Los mapas impresos se escanearon y almacenaron en formato *jpg* en un disco compacto. Las imágenes de los mapas se georreferenciaron en el SIG ARrcMap, y en el programa ArcInfo se crearon los mapas digitales por temas, de ellos.

Al tener completos los mapas digitales de las 21 cartas creadas en las etapas sur y centro del proyecto, se unieron por tema en un solo mapa formando el "bloque sur" (Figura 2.19).

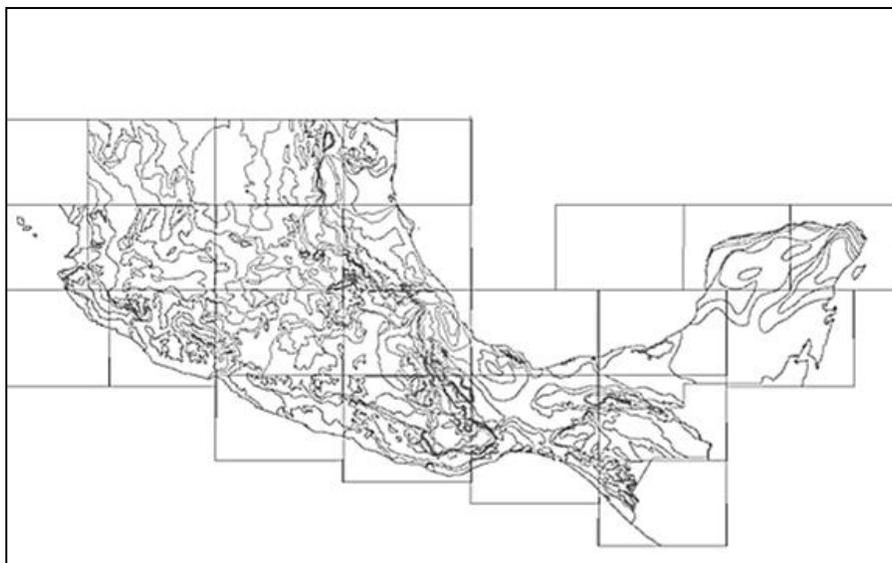


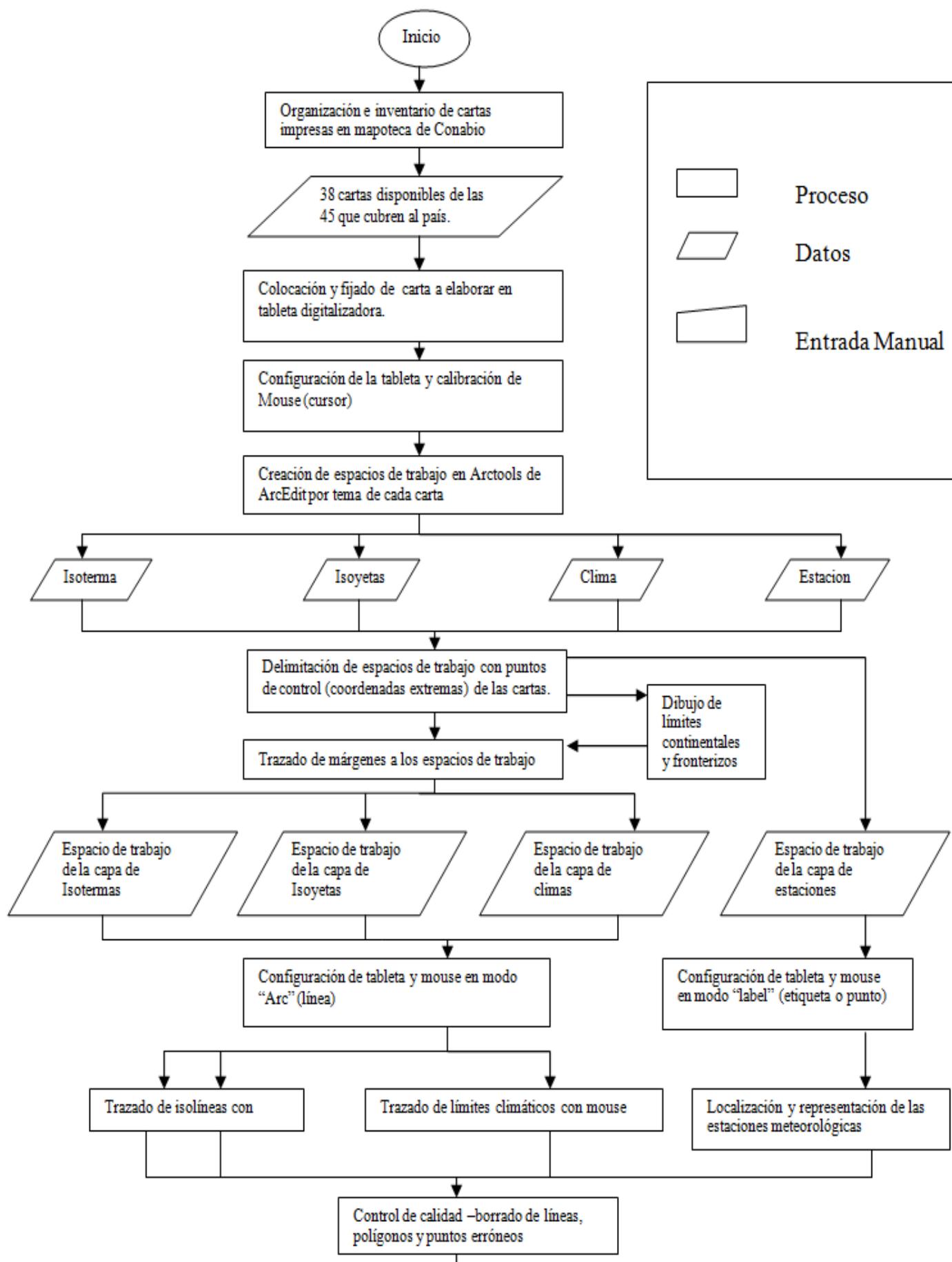
Figura 2.19 Bloque Sur del tema de isoyetas medias anuales.

Con los 45 mapas y sus respectivos temas inició la parte final del proyecto que consistió en la "creación del continuo nacional". En esta parte del proyecto se unieron los temas de los bloques norte y sur formando el "bloque final", el cual fue corregido y depurado en el programa ArcInfo, se editaron y asignaron los atributos en ArcView y se crearon finalmente las coberturas nacionales digitales de los cuatro temas de la serie 1: 500, 000.

Por último, los tres mapas digitales de las series y como complemento a la información, los de estaciones meteorológicas fueron convertidos al formato de representación geográfica *shapefile*. Se les asignó el datum horizontal WGS84, se creó el metadato correspondiente para cada mapa y las imágenes GIF requeridas para la incorporación de cartografía digital al acervo de la Conabio. Todo esto se hizo de acuerdo a los lineamientos cartográficos adoptados por la SSIG, que regulan el material cartográfico usado y producido en Conabio. Actualmente, la información es de uso interno en la institución. La publicación y disposición de la información para el público en general, se encuentra en el portal de geoinformación de la Conabio.

2.1.3.2. Proceso de elaboración de la serie de mapas climáticos en formato digital "continuo nacional".

En primer lugar se explican los pasos que se siguieron en la digitalización de cada una de las cartas que forman la serie climática, en la figura 2.20 se presenta un esquema donde se sintetiza el proceso que se realizó para obtener los mapas digitales de cada uno de los temas que forman la serie; posteriormente se describen los detalles del proceso de unión de todos los mapas para formar las coberturas digitales a nivel nacional.



.....continúa

.....continuación

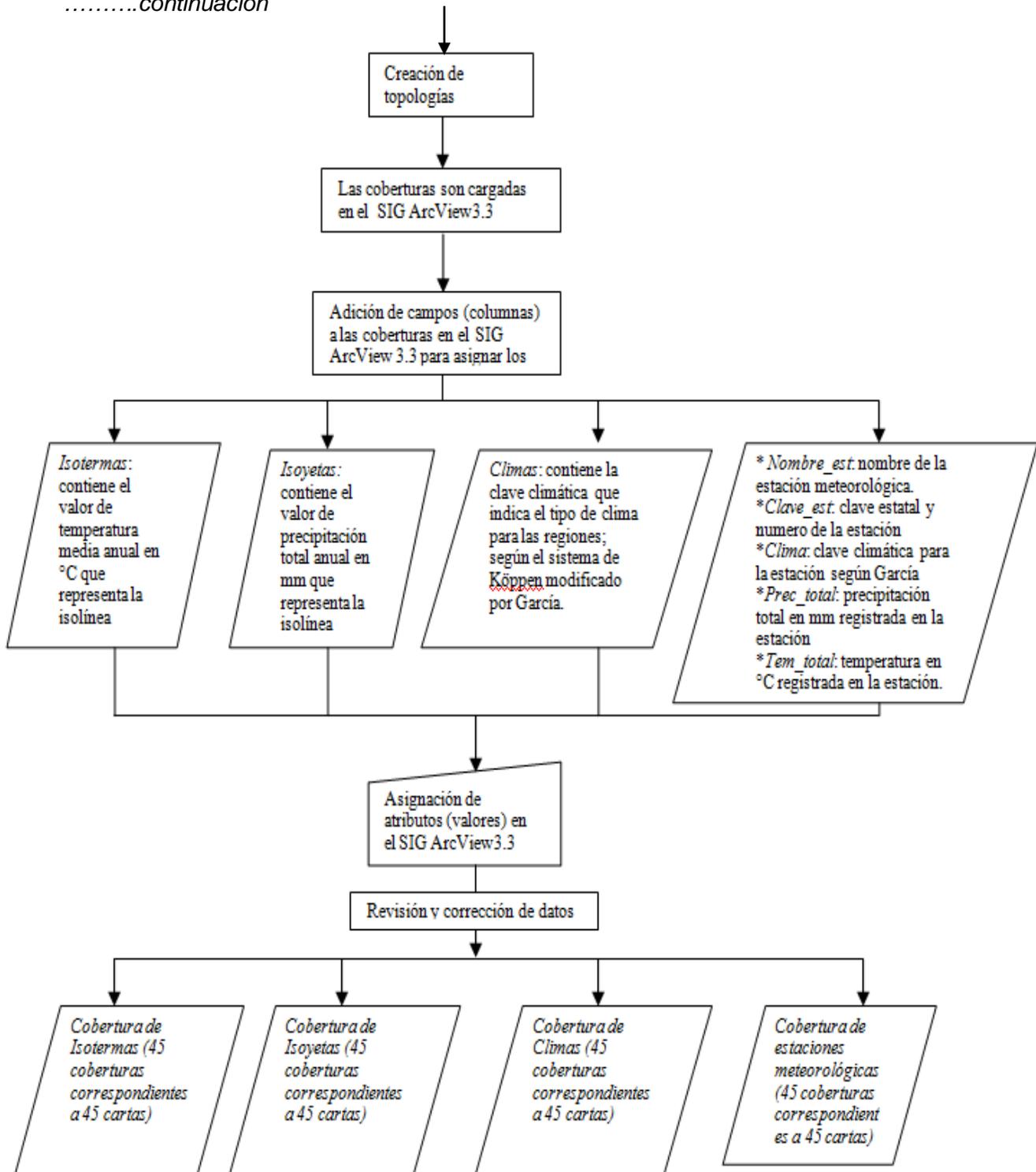


Figura 2.20 Diagrama del proceso para obtener las 45 capas digitales por temas de la serie de mapas climáticos del año 1970.

2.1.3.3. Descripción del proceso de elaboración de los mapas digitales nacionales de la serie climática 1: 500 000.

El proceso se elaboró en el módulo ARCEDIT perteneciente al programa ARCINFO a través de una tableta digitalizadora modelo Calcomp 9100 (Figura 2.21) y un cursor (ratón) de 16 botones (Figura 2.22) con el que se digitalizaron los elementos de los mapas.



Figura 2.21 Tableta digitalizadora usada para la creación de la serie en formato digital.



Figura 2.22 Cursor de 16 botones.

Para los mapas de la etapa "norte" y "sur" se siguieron los procedimientos que a continuación se describen:

- Se colocaron y fijaron con cinta adhesiva las cartas en la tableta digitalizadora.
- Se configuró la tableta y calibró el mouse cursor en el programa Arc/Info.
- En el módulo Arctools, se crearon los espacios de trabajo para cada carta con las coordenadas extremas (puntos de control o "Tics") de los mapas, introducidas al programa con el mouse en el sentido de las manecillas del reloj iniciando por el de la esquina superior izquierda.
- Se dibujó el margen que delimita la carta y los límites territoriales en los mapas que presentan frontera con otros países o con algún océano; este espacio de trabajo se repitió para las coberturas de isoyetas isotermas y climas; para la cobertura de estaciones sólo se introdujeron las coordenadas extremas de los mapas (Figura 2.23).

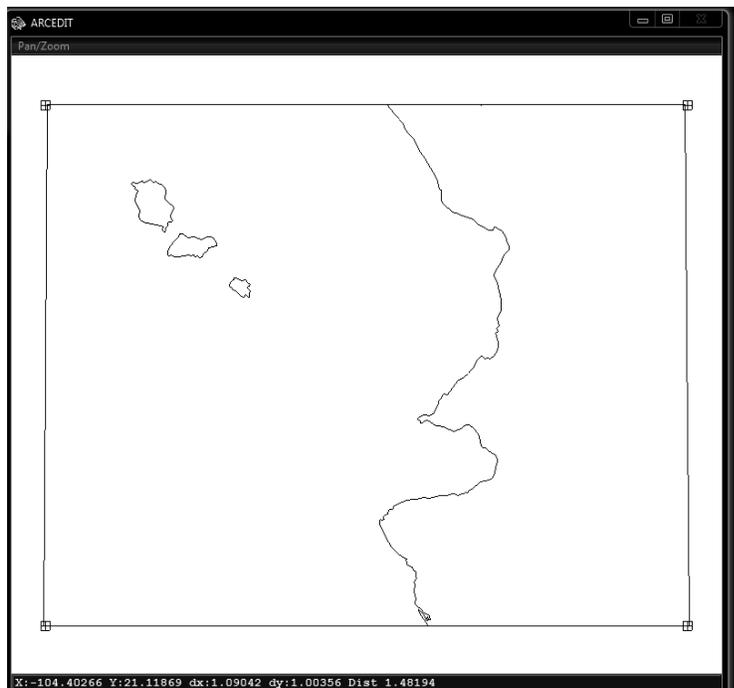


Figura 2.23 Margen de la cobertura digital y límite nacional.

Para las coberturas de climas, isoyetas e Isotermas se configuró la tableta en modo de arcos (líneas) y con el cursor (mouse) se dibujaron los mapas siguiendo sobre la carta colocada en la tableta las isolíneas (Figura 2.24) y los límites climáticos. Las estaciones fueron capturadas en modo de punto (*label*).

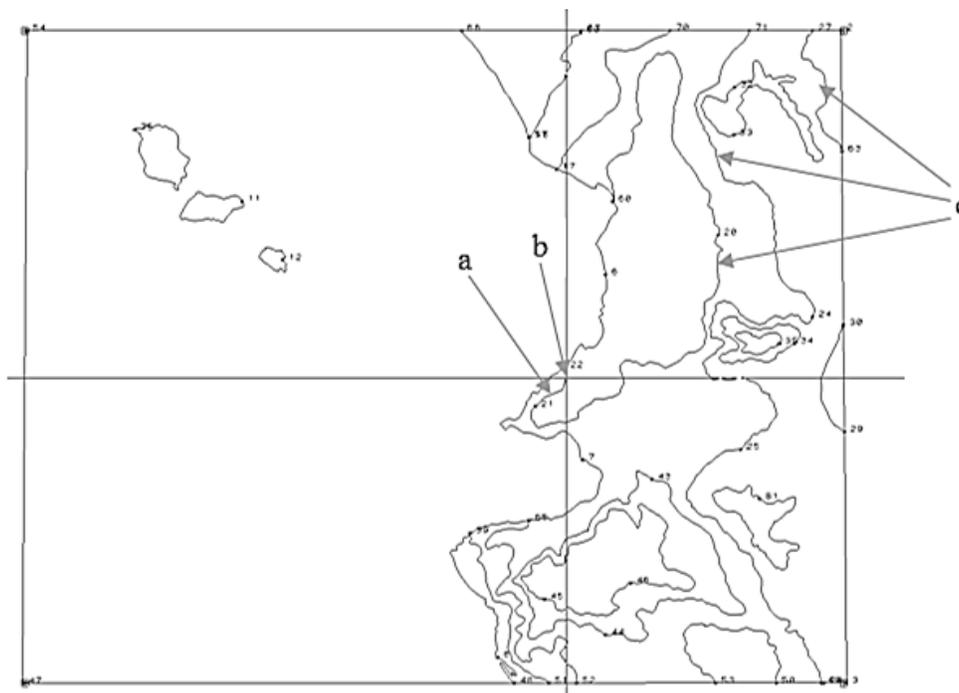


Figura 2.24 Digitalización de isotermas. a) Isotherma dibujada de acuerdo al mapa impreso colocado en la tableta, b) Cursor de la tableta que muestra en la pantalla del sistema el lugar y rasgo que se digitalizó, c) Isothermas terminadas.

- Cada cobertura fue sometida a un proceso de control de calidad, el cual consistió en la corrección en el trazado de arcos que crearon polígonos o líneas que no corresponden a la información (Figura 2.25), en la eliminación del exceso de nodos (uniones de arcos) y en la creación de topologías para cada cobertura, en modo de “punto” a las estaciones, en modo de “línea” a isoyetas e isotermas y modo “polígono” a la cobertura de climas.

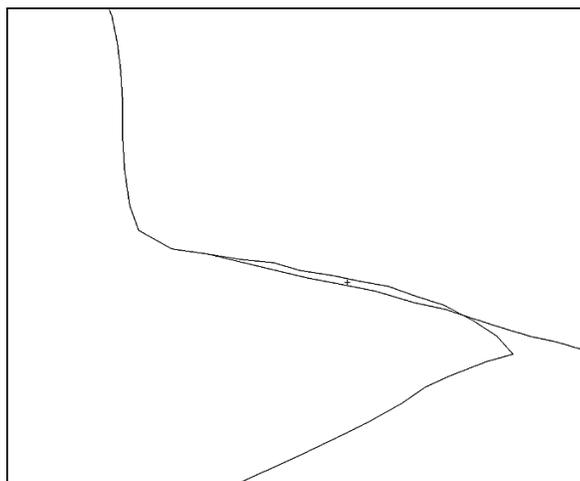


Figura 2.25 Errores de digitalización.

- Los cuatro archivos fueron guardados en carpetas con el nombre de cada carta y divididas en los 4 temas que incluyen los mapas.
- Las capas digitales fueron llevadas al SIG ArcView 3.3 para la asignación y edición de atributos y/o valores de cada tema.
- A cada cobertura de isoyetas se agregó un campo llamado “Isoyetas” de tipo “numérico” (*number*) donde se capturaron los valores de precipitación total anual en mm representados por las líneas.
- A las coberturas de isotermas se agregó el campo “Isotermas” de tipo “numérico” donde se asignó el valor de la temperatura media anual en °C.
- A las capas de climas se agregó el campo “Clima” de tipo “texto” (*string*) en el cual se introdujo la clave climática de cada polígono, según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García.
- A la cobertura de estaciones se agregaron los campos de “Nombre_est” tipo texto que se llenó con los nombres de las estaciones, “Clave_est” tipo numérico con la clave numérica de la estación, “Prec_total” tipo numérico con el valor de precipitación total anual registrado para cada estación, “Tem_tot” tipo numérico con la temperatura media anual de la estación y “Clima” tipo texto con la clave climática calculada para la estación meteorológica; cabe señalar que en algunos campos existe la carencia de algunos datos, el campo de Nombre_est aparece vacío cuando no se identificó el nombre de la estación, el que indica el tipo de clima aparece sin clave cuando no se tiene alguno de los dos valores que sirven para calcular la fórmula, ya que la estación sólo

registra la temperatura ó la precipitación. Las celdas en los campos de temperatura y precipitación donde no hay datos se asigno "99999".

Los mapas faltantes, correspondientes al centro del país fueron escaneados y almacenados en un disco compacto. Para su digitalización, las imágenes de las cartas fueron georreferenciadas a través del SIG ArcMap, el proceso general fue el siguiente: la imagen y una cartografía base que sirve de referencia se cargan en el programa, con la herramienta *Georeferencing* se seleccionan mínimo 4 puntos conocidos, iguales, tanto en la imagen como en la cartografía y se ajusta la imagen a su ubicación real de acuerdo a la referencia. El formato de la imagen se cambió de JPG a TIF para no perder resolución y propiedades de la imagen.

Con los mapas georreferenciados se procedió a su digitalización, el proceso fue básicamente el mismo que para los dos bloques previos. la diferencia fue, que estos mapas no fueron creados a través de la tableta. Las imágenes georreferenciadas se cargaron como fondo en el módulo ArcEdit y se trazaron las isotermas, isoyetas, límites climáticos y representación de estaciones meteorológicas con el mouse (cursor) de la PC.

Como se mencionó anteriormente, estos mapas digitales se unieron con el resto de la región sur del país formando el bloque final "sur"

Con las coberturas digitales de las 45 cartas y los bloques norte y sur se procedió a la unión por temas para crear los mapas nacionales.

Los primeros mapas fueron los de isotermas e isoyetas para ello se eliminaron los márgenes que separaban las cartas y se unieron las isolíneas que cruzaban dos o más cartas, para esto fue necesario colocar segmentos nuevos para completar el elemento en su totalidad (Figura 2.26).

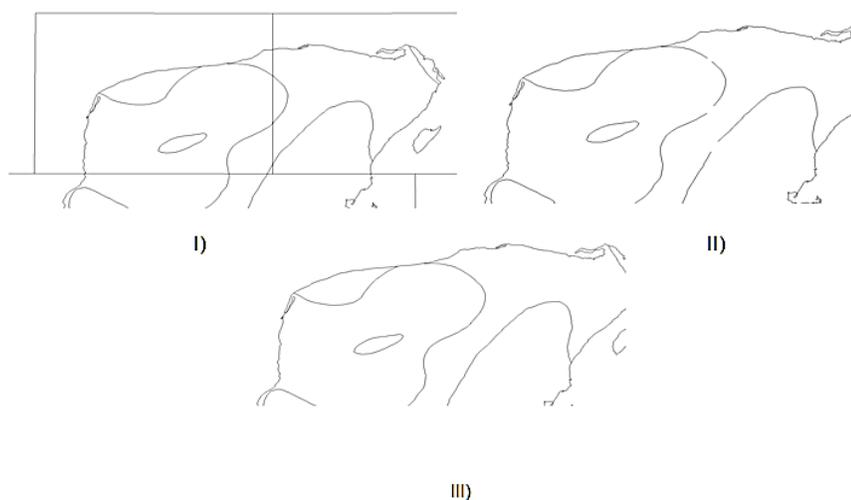


Figura 2.26 I) Mapas unidos que presentan el trazado de los márgenes, II) borrado de márgenes deja espacios entre las isolíneas, III) elementos unidos y eliminación de márgenes de los mapas.

Con las isóneas completas se editaron los valores correspondientes de temperatura y precipitación para cada una en el SIG ArcView: a los pequeños fragmentos que se crearon para unir las líneas se les asignó el valor en °C y mm correspondiente a la isoterma e isoyeta de la que forman parte. Al contorno del país se asignó un valor numérico (99999) para identificarlo y diferenciarlo de las isóneas (Figura 2.27).

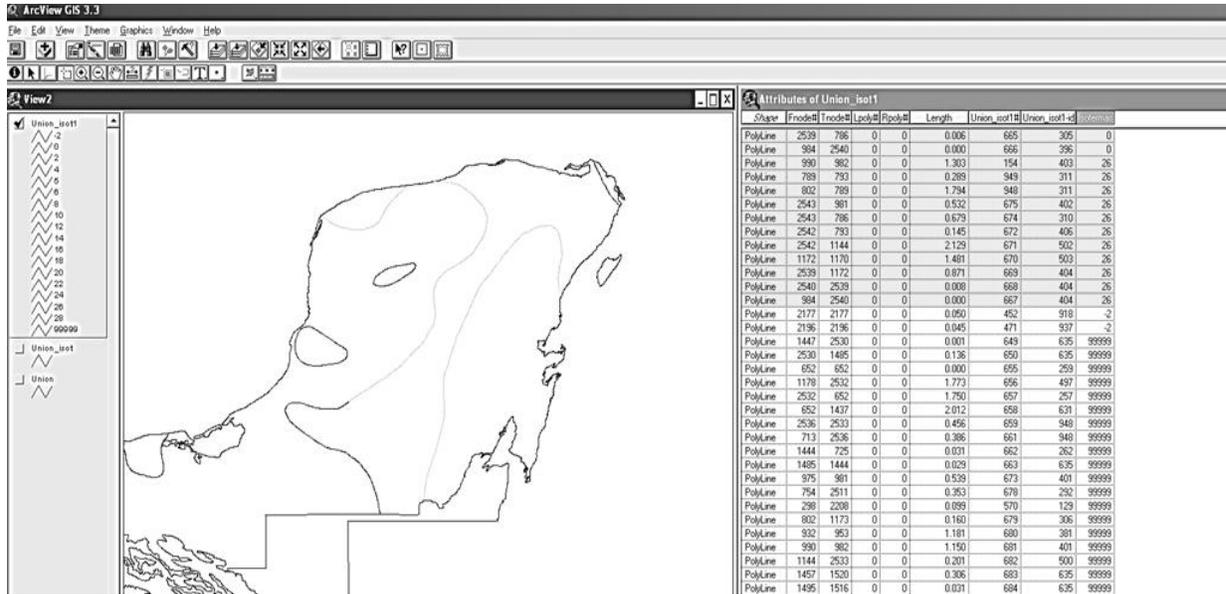


Figura 2.27 Edición y asignación de atributos para las isotermas.

Posteriormente se creó la topología de "líneas" para todo el mapa.

Para la unión y creación del mapa nacional de climas se siguió básicamente el mismo procedimiento. En el programa ArcInfo se realizó lo siguiente:

Se unieron las coberturas de los bloques norte y sur.

Se eliminaron los márgenes y se unieron las líneas que delimitan los polígonos con distinto tipo de clima para las partes norte y sur. Se identificaron y eliminaron etiquetas duplicadas que se crearon al momento de unir polígonos con un mismo tipo de clima pero que compartían más de una carta (Figura 2.28).

Se creó la topología de polígonos que requiere la cobertura.

En ArcView se revisaron los atributos y valores de las claves climáticas asignadas a cada polígono y se corrigieron errores ortográficos en las claves climáticas (Figura 2.29).

Para la creación de la cobertura nacional de estaciones meteorológicas el proceso fue más sencillo, debido a que no se dibujaron márgenes y límite nacional al momento de digitalizar las estaciones por lo que sólo fue necesario unir la cobertura correspondiente de cada carta en el programa ArcInfo, al igual que en el resto de las coberturas la edición de valores y atributos se realizó en ArcView.

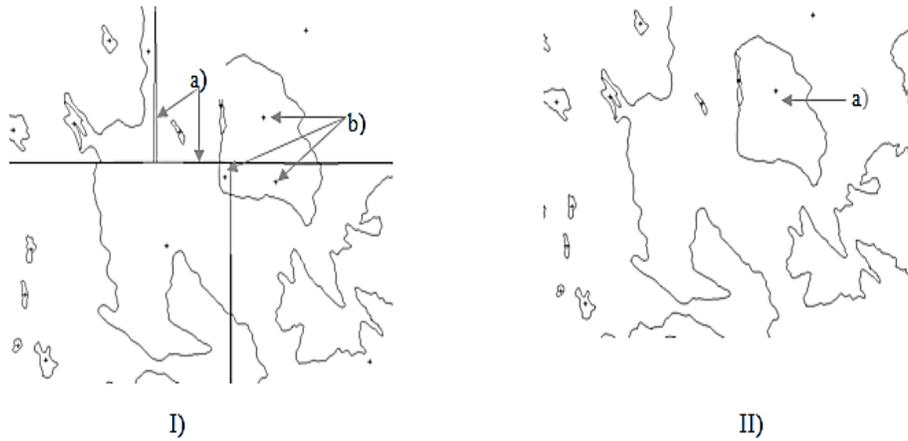


Figura 2.28 Edición y unión de bloques I) a) Márgenes que dividen los mapas, b) etiquetas repetidas para un mismo polígono climático. II) mapas unidos sin márgenes y con los polígonos climáticos bien definidos, a) solo se asignó una etiqueta para cada elemento.

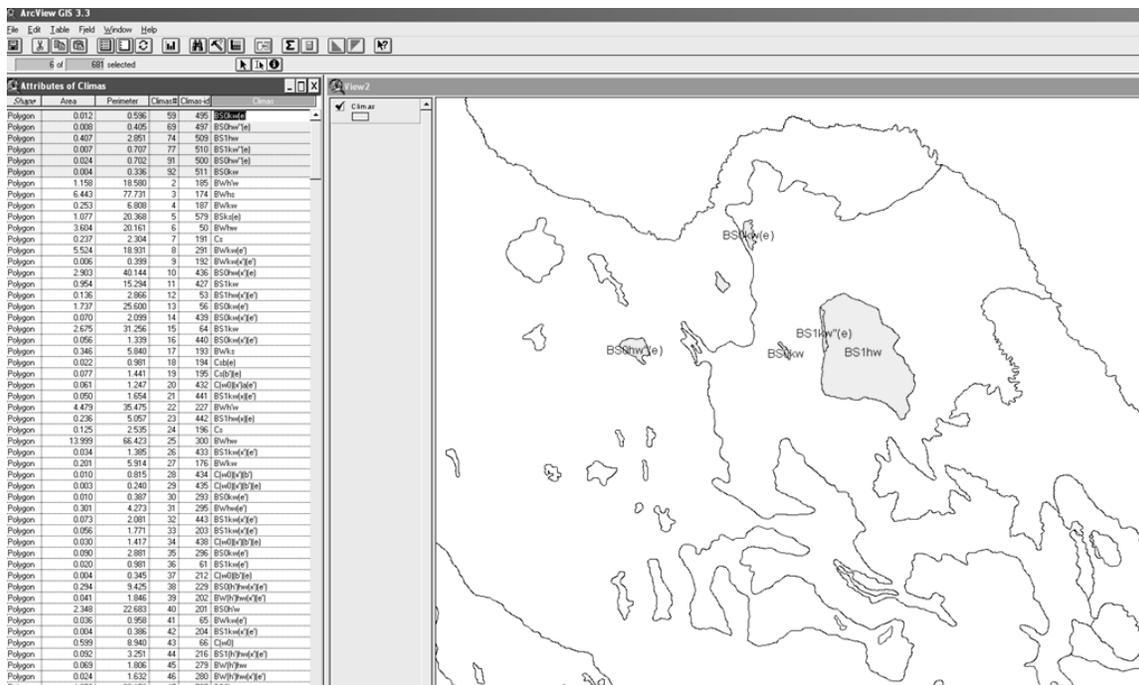


Figura 2.29. Los polígonos sombreados, son editados, las correcciones se hacen en la tabla de atributos asociada a la cobertura. En el campo *clima* se corrigen errores de captura de las claves climáticas.

Los cuatro mapas nacionales fueron convertidos a formato *shapefile*, se elaboró su respectivo metadato y se les asignaron los parámetros cartográficos considerados dentro de los lineamientos establecidos por Conabio.

Al final, la información quedó estructurada de la siguiente manera:

- Cobertura Nacional de Climas: con los diferentes polígonos que indican los tipos de clima.
- Cobertura Nacional de Isoyetas. Capa de líneas que muestra la cantidad de lluvia anual sobre el país.

- Cobertura Nacional de Isotermas. Con líneas que muestran las temperaturas medias anuales.
- Cobertura Nacional de Estaciones. Capa de puntos que contiene la ubicación de las estaciones meteorológicas hasta 1970.

2.2. Serie de mapas climáticos 1:1, 000, 000, García-Conabio 1998.

2.2.1. Descripción General

La serie de mapas climáticos realizados por la Maestra en Ciencias Enriqueta García Amaro y la empresa Estadigrafía, S.A. de C. V. son el resultado de un proyecto apoyado por Conabio (F047) en 1996 y que dieron como resultado tres series de mapas impresos y en formato digital divididos en los siguientes temas:

- Climas.
- Isotermas anuales.
- Isoyetas anuales.

La base cartográfica sobre la que se elaboraron los mapas son las cartas topográficas de INEGI escala 1: 1, 000, 000. Los mapas están elaborados a una escala de 1: 1, 000, 000 y cubren el territorio nacional con un total de 16 hojas de 6° de longitud por 4° de latitud (Figura 2.30) en Proyección Cónica Conforme de Lambert ajustada al elipsoide de Clarke 1877, con paralelos tipo en 17° 30' y 29° 30' N, la longitud de origen en 118° W y la latitud de Origen en 14° S.

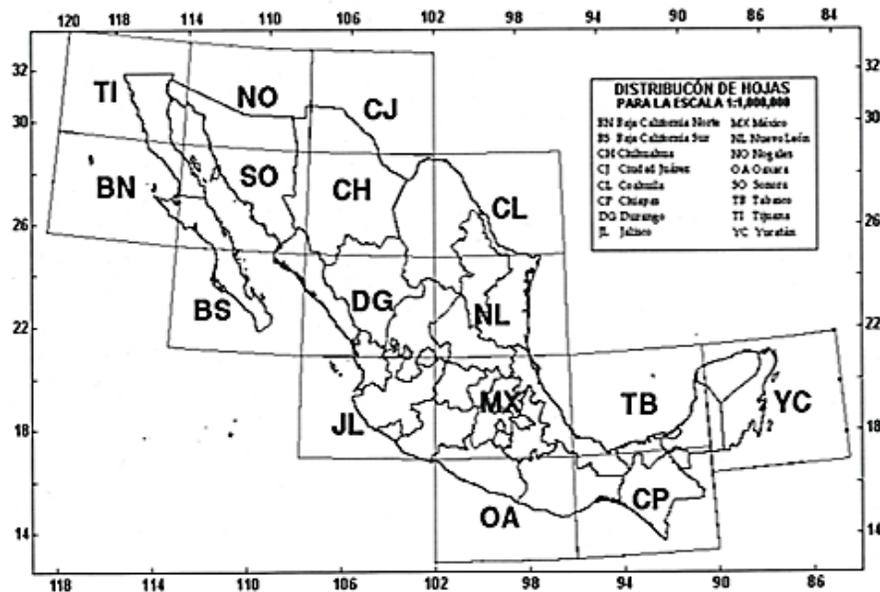


Figura 2.30 Catálogo y distribución de los mapas.

Se usaron datos meteorológicos de la base de estaciones pertenecientes al SMN con registros de más de 15 años integrados en la Conabio, datos de los mapas de climas escala 1: 1, 000, 000, y de las cartas de aguas superficiales 1: 250, 000 de INEGI con datos de menos de 15 años de registros, datos de estaciones manejadas por la CFE y de la península de Yucatán proporcionados por la CNA hasta 1994 con un total de 3037 estaciones (Figura 2.31).

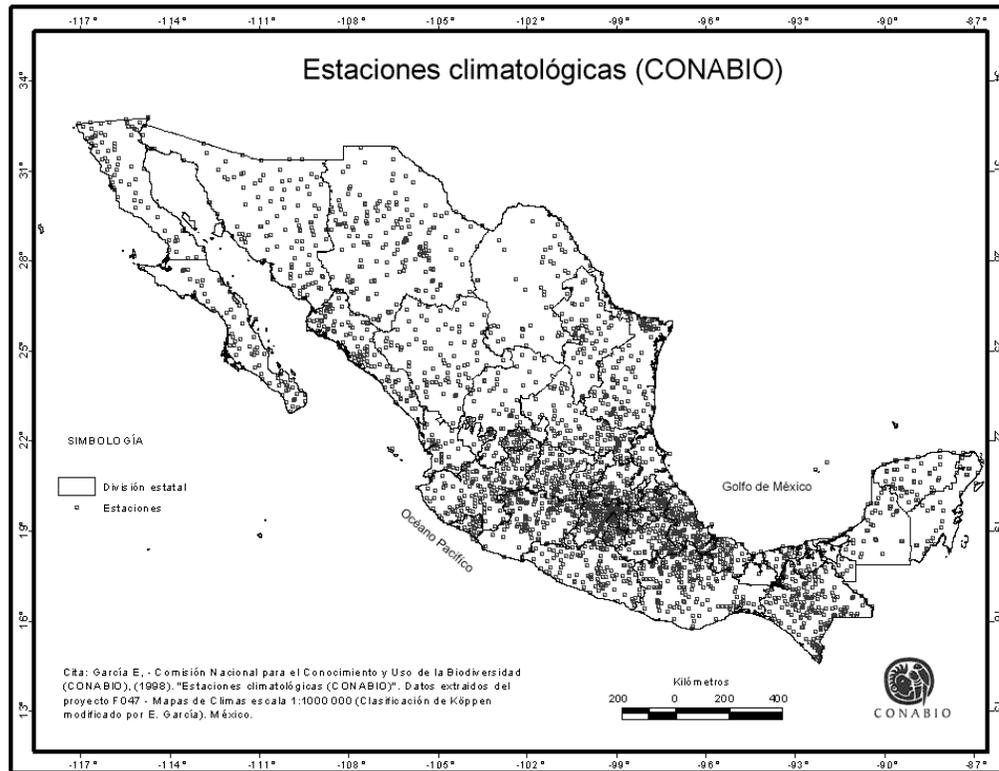


Figura 2.31 Mapa de estaciones meteorológicas utilizadas en la elaboración de los mapas.

Las tres series fueron elaboradas en el Sistema de Información Geográfica (SIG) *MICROMAP-SUPERBASE* y están disponibles en 3 series de mapas impresos con 16 hojas cada una. El formato de los mapas es de 0.50 m por 0.75 m.; también se encuentran en formato digital como archivos Shapefile en el portal de Geoinformación de la Conabio, con la posibilidad de visualizar y descargar las coberturas nacionales de cada tema, así como la consulta de atributos y la documentación completa del mapa contenidos en los metadatos de cada mapa.

Los mapas impresos se identifican por medio de una clave que representa la abreviatura del estado que ocupa mayor porción dentro de la celda del catálogo o la ciudad más importante contenida dentro de la zona representada (ver figura 2.30). Las tres series contienen la red de paralelos y meridianos calculados cada grado de latitud y longitud, representados por líneas (Figura 2.32).

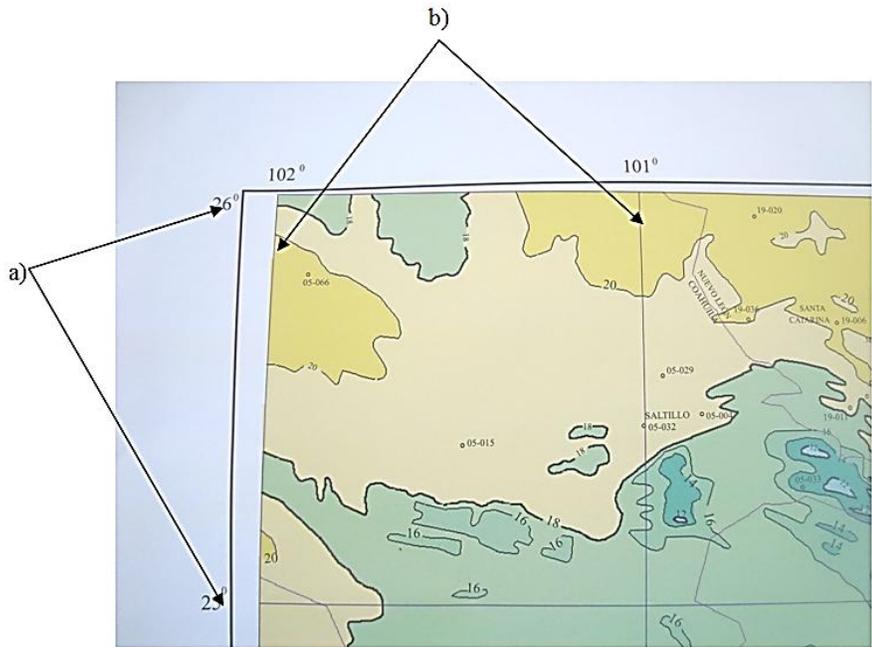


Figura 2.32 Representación de la red de paralelos y meridianos en líneas color azul. a) valores de latitud, y, b) valores de longitud.

En la parte posterior de los mapas impresos aparecen los datos de cada una de las estaciones meteorológicas utilizadas para la elaboración del mapa correspondiente.

La división política estatal aparece en líneas color morado, los nombres de los estados con letras negras y las fronteras internacionales con líneas negras.

Las estaciones meteorológicas por puntos con su respectiva clave numérica, aparecen de diferente color de acuerdo al número de años con registro de datos utilizados: las estaciones con datos de más de 15 años y provenientes principalmente del SMN en color negro, las de menos de 15 años con datos de cartas de climas y aguas superficiales de INEGI en color rojo, (Figura 2.33) y las de CFE y en Yucatán de la CNA hasta 1994 color azul.



Figura 2.33 Estaciones meteorológicas representadas por puntos con su respectiva clave.

Los cuerpos de agua se presentan con su respectivo límite y nombre en color azul (Figura 2.34).

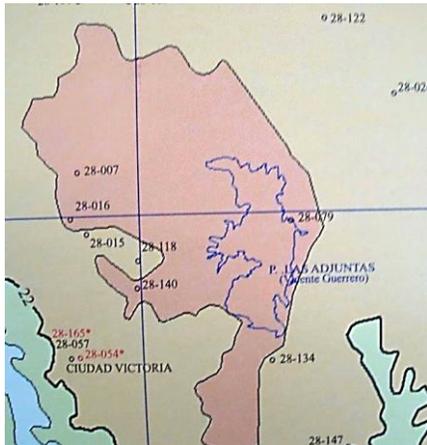


Figura 2.34 Los cuerpos de agua como presas y lagos aparecen con su límite en color azul para evitar confundirlos con zonas térmicas o climáticas en el mapa.

Los mapas de isotermas medias anuales muestran las zonas térmicas determinadas por rangos de temperatura de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (Figura 2.35). Las zonas están representadas por colores y divididas por isotermas maestras que determinan el límite entre ellas; las isotermas aparecen como líneas de color negro, las maestras de un mayor grosor que las secundarias, cada una con su respectivo valor de temperatura (cota) (Figura 2.36).

ZONAS TÉRMICAS	RANGOS DE TEMPERATURA	
MUY CÁLIDA T. media anual mayor de 26°C	[Color rojo oscuro]	mayor de 28°C
	[Color naranja]	de 26 a 28°C
CÁLIDA T. media anual de 22 a 26°C	[Color amarillo]	de 24 a 26°C
	[Color amarillo claro]	de 22 a 24°C
SEMICÁLIDA T. media anual de 18 a 22°C	[Color verde claro]	de 20 a 22°C
	[Color verde]	de 18 a 20°C
TEMPLADA T. media anual de 12 a 18°C	[Color verde oscuro]	de 16 a 18°C
	[Color verde muy oscuro]	de 14 a 16°C
	[Color verde casi negro]	de 12 a 14°C
SEMIFRÍA T. media anual de 5 a 12°C	[Color azul claro]	de 10 a 12°C
	[Color azul]	de 8 a 10°C
	[Color azul oscuro]	de 6 a 8°C
	[Color azul muy oscuro]	de 5 a 6°C
FRÍA T. media anual de -2 a 5°C	[Color gris]	de -2 a 5°C
MUY FRÍA T. media anual menor de -2°C	[Color gris]	menor de -2°C

Figura 2.35 Tabla de zonas térmicas y rangos de temperatura según el sistema modificado por García.

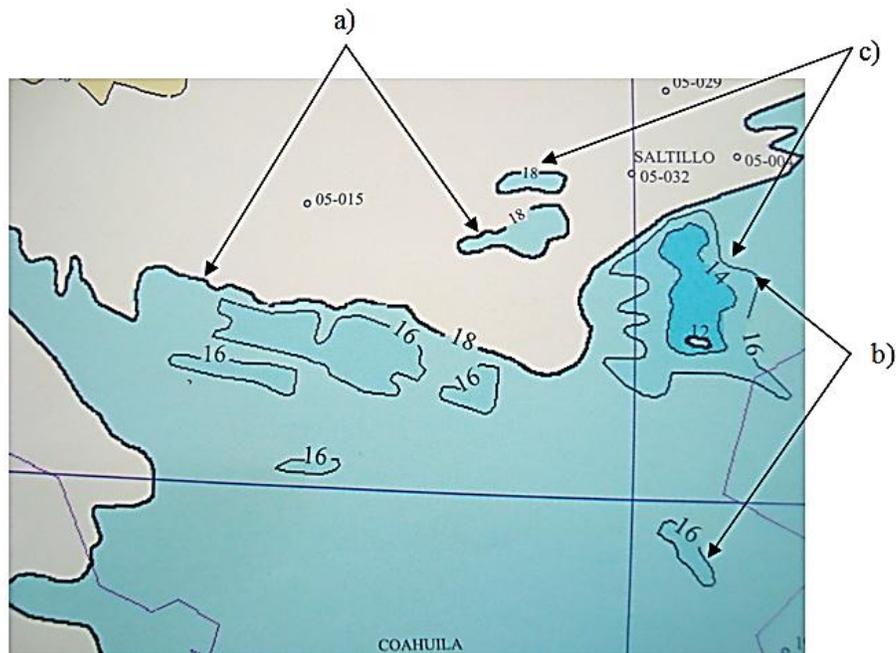


Figura 2.36 Representación de isotermas. a) Maestras que dividen las zonas térmicas, b) secundarias, c) valores que representan las isolíneas.

En la parte posterior de los mapas aparecen los datos de cada una de las estaciones meteorológicas usadas en cada hoja. Los datos están listados por estados y aparecen de cada estación: CLAVE, NOMBRE DE LA ESTACION, LATITUD, LONGITUD, ALTITUD, y los datos de temperatura media por mes y anual.

Debajo de la tabla de zonas térmicas aparece un recuadro con la leyenda del mapa (Figura 2.37) y en la parte inferior derecha aparece un cuadro con el título del mapa, el nombre de la carta, la escala gráfica, los parámetros cartográficos y las instituciones y proyecto del que forman parte los mapas.

SIMBOLOGIA	
	Isotermas maestras
	Isotermas secundarias
	División política estatal
	Frontera internacional
	Cuerpos de agua
	Estaciones con más de 15 años de datos, principalmente de SMN
	Estaciones con menos de 15 años de datos, cartas de climas y de aguas superficiales de INEGI
	Estaciones de la CFE y en Yucatán de la CNA, hasta 1994

Figura 2.37 Simbología de la serie de mapas de isotermas medias anuales.

Los mapas de isoyetas medias anuales muestran los rangos de precipitación total anual planteados por García, las regiones se representan por colores y están divididas por líneas que unen puntos con igual valor de precipitación (isoyetas). Las isoyetas se

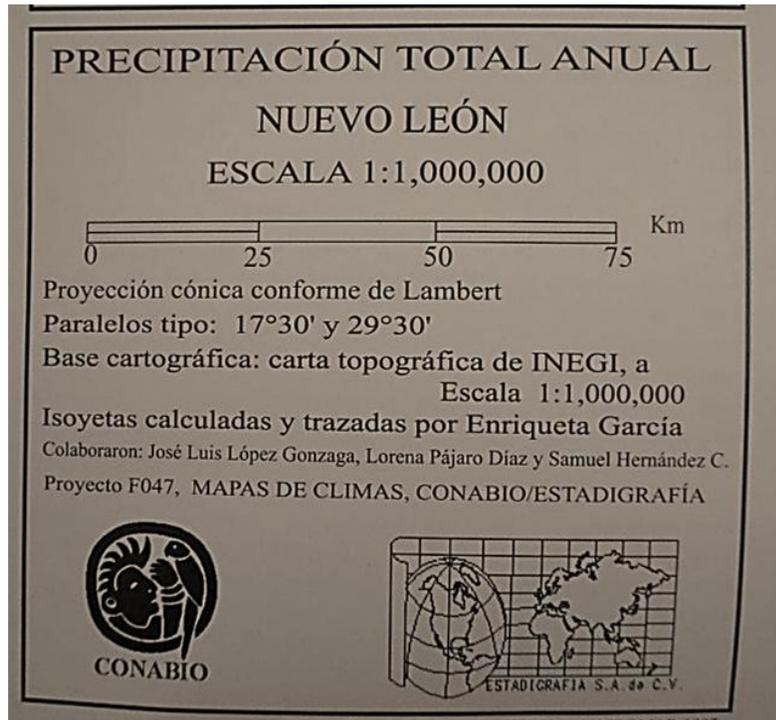


Figura 2.40 Datos generales y cartográficos de los mapas.

Los mapas climáticos representan la distribución de los diferentes tipos de climas de México de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García. Las áreas se presentan en cada mapa con colores y achurados diferentes para su identificación; además de su respectiva clave climática, el límite entre cada área ó tipo de clima está representado por líneas en color negro (Figura 2.41).

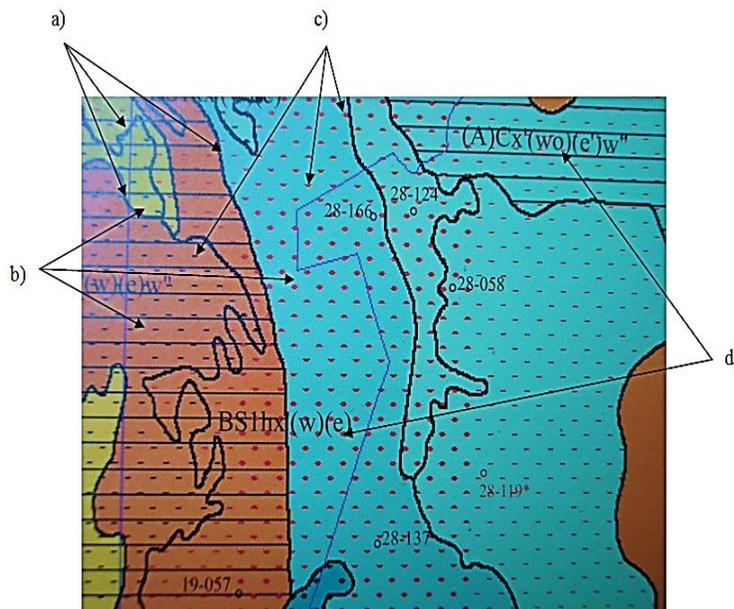


Figura 2.41 Representación de la distribución de los diferentes tipos de clima, a) límites de las regiones, b) colores que permiten la identificación de los tipos de clima, c) achures que diferencian las regiones de acuerdo clima, d) claves climáticas de las regiones de acuerdo al sistema modificado por García.

Aparecen las estaciones meteorológicas al igual que en las otras series de mapas, con el color de acuerdo con los datos de cada una y su respectiva clave. Los cuerpos de agua con el contorno y respectivo nombre en color azul, la división estatal y los nombres de los estados en los límites en color morado. En las cartas que tienen islas los nombres de cada una aparecen en color negro en letras mayúsculas y los nombres de los cuerpos de agua como océanos y bahías con letras color azul.

En la parte derecha del mapa se encuentran los cuadros con los tipos de clima, colores y achurados de acuerdo al grado de humedad y temperatura según el sistema modificado de García (Figura 2.42), debajo de estos cuadros aparecen las especificaciones generales de cada mapa.



Figura 2.42 Cuadros con los diferentes grupos climáticos clasificados por su temperatura y grado de humedad y con los colores y símbolos con que se representan en los mapas.

En un recuadro en la parte inferior de cada carta se muestra la simbología del mapa y un listado con los símbolos que completan las fórmulas climáticas según el sistema de clasificación hecho por García.

En la parte posterior aparecen por estado de la república los datos de cada estación meteorológica usada en la elaboración del mapa, los datos aparecen en tablas con información de cada estación: CLAVE, NOMBRE DE LA ESTACION (con su respectiva altitud), COORDENADAS, y los datos mensuales de temperatura y precipitación así como sus promedios (ANUAL), el coeficiente de la precipitación anual entre la temperatura media anual P/T, el porcentaje de precipitación invernal % P.I., la oscilación térmica anual OSC y la clave climática para cada estación CLIMA según el sistema modificado por García.

2.2.2. Método y proceso de elaboración.

Se elaboró la base de datos llamada CLIMA, con el sistema *MICROMAP-SUPERBASE* con las temperaturas y precipitaciones anuales de las 1867 estaciones con datos del SMN y que disponía Conabio en ese entonces (1998), se completó con las estaciones de la base de datos de Enriqueta García, los cuales están publicados en el libro de *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (2004)*, todas estas estaciones con un período de datos mayor a 15 años; se formó otra base de datos llamada CLIM2 con datos tomados de las cartas de climas y de aguas superficiales escala 1: 250, 000 del INEGI, estas estaciones se usaron como complementarias ya que su información era menor a 15 años de registros. Para diferenciarlas de las primeras fueron marcadas en los mapas iniciales con color rojo. Ambas bases hicieron un total de 2560 estaciones.

Además de estas bases se formó una tercera, Clim3 con los registros hasta 1989 de 247 estaciones manejadas por la Comisión Federal de Electricidad, los datos a 1994 se encontraban en papel, se capturaron en *Quattro Pro*, y se añadieron a los primeros, a esta base se agregaron las estaciones de la península de Yucatán con datos a 1992 que fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua de Yucatán.

Las bases de datos se depuraron, se corrigió la localización de las estaciones con base en la cartografía de INEGI escala 1: 250, 000, las nuevas coordenadas se capturaron por *MICROMAP* a las bases de datos.

2.2.2.1. Trazado de mapas de isotermas medias anuales.

Por medio de *MICROMAP* se localizaron las estaciones y vaciaron los datos de temperatura en hojas de papel transparente colocado sobre los mapas topográficos de INEGI para relacionar las isolíneas con la altitud, el trazo de las isotermas se realizó de manera manual a través del cálculo de gradientes térmicos y la consideraron de valles, mesetas, llanuras y sierras por su influencia en la distribución de la temperatura; se dio preferencia a los datos de la base CLIMA, los cuales se representaron en color negro, los de INEGI en color rojo y los de CFE en color verde. La equidistancia de las isotermas es de dos grados, las maestras que separan los climas de acuerdo a su temperatura en

zonas térmicas se marcaron de diferente color, una vez dibujadas las isotermas, fueron digitalizadas.

2.2.2.2. Trazado de los mapas de isoyetas medias anuales.

Con el sistema MICROMAP se localizaron las estaciones y se depuraron los datos de precipitación total anual, el trazo de isoyetas se realizó de manera manual en papel transparente colocado sobre la carta topográfica tomando en cuenta el relieve, la dirección principal del viento, y los efectos de barrera montañosa como son el efecto de sombra pluviométrica, el de embalsase y el de ascenso y descenso orográfico.

Se trazaron las isoyetas maestras de 50, 100, 200, 400, 600, 1000, 1500, 2000 , 3000 y 4000 mm, y las intermedias de 300, 500, 800, 1200, 1800, 2500, 3500 y 4500 mm anuales, considerando que la precipitación aumenta en proporción geométrica. Al finalizar el dibujo de las líneas se procedió a su digitalización.

2.2.2.3. Cálculo y trazo de los mapas de climas.

Los mapas de climas se trazaron con base en los mapas de isotermas e isoyetas. La empresa Estadigrafía, obtuvo los diferentes tipos de clima para las estaciones meteorológicas según el sistema mencionado; para ello se capturaron los doce datos de temperaturas medias mensuales y los doce de precipitación, con ello el software desplegó los parámetros utilizados para la clasificación derivados de los datos; éstos son: promedio anual de temperatura, precipitación total anual, porcentaje de la precipitación total anual respecto a la precipitación total anual, índice de Lang (cociente de precipitación total anual en mm/temperatura media anual en °C), oscilación térmica anual, y tipo de clima.

Los tipos de climas resultantes del cálculo de los parámetros climáticos se capturaron en una base de datos y localizaron en los lugares correspondientes de los mapas que ya contenían las isotermas maestras, esto es, las que separan desde el punto de vista térmico a los grupos y subgrupos climáticos: menor de -2 grados C muy frío, entre -2 y 5 frío, entre 5 y 12 semifrío, entre 12 y 18 templado, entre 18 y 22 semicálido, entre 22 y 26 cálido, y mayor de 26 muy cálido, el mapa se superpuso al de isoyetas, y de acuerdo a las temperaturas predominantes, se calcularon las precipitaciones que separan los tipos y subtipos climáticos, según las fórmulas adecuadas del sistema modificado. Una vez calculados estos parámetros se procedió al trazo manual y la digitalización de los límites entre climas.

Además, se generó una base de datos auxiliar llamada *clim1* en la que se dieron de alta las áreas con diferentes tipos de clima según su grado de humedad, éstos fueron 36 se achuraron en diferentes colores, y para establecer los subgrupos en cuanto a temperatura, se superpuso un achurado de puntos; rojos para los semicálidos y azul para los templados; los semifríos se señalaron digitalizando la curva de 12° C en color blanco, los climas cálidos y muy cálidos no llevan ningún achurado de puntos.

Los achures de todos los mapas, tanto de los de climas como los de temperatura y precipitación se hizo con la menor separación posible, así quedaron listos para generar

los archivos digitales (*PCX* es un formato de imagen digital, que permite usar una paleta de color indexada) que se usaron para la publicación.

Los mapas de climas contienen, además en cada sitio de observación la fórmula completa de la clasificación, esto es, las zonas térmicas y de humedad a las que pertenecen, el régimen pluviométrico por medio de símbolos, la oscilación térmica anual, la marcha de la temperatura y la presencia o ausencia de canícula.

Los regímenes pluviométricos aparecen en las formulas por medio de letras y símbolos (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Valores en porcentaje y símbolos de los diferentes regímenes pluviométricos que complementan las fórmulas climáticas

Clave	Régimen pluviométrico	% de lluvia invernal
s	Invernal	Mayor de 36
s (x')	Invernal con bajo % invernal	Menor de 36
x'(s)	Intermedio, máximo en invierno	
x'	Intermedio	Mayor de 18
f	Intermedio en muy húmedos	Mayor de 18
x'(w)	Intermedio, máximo en verano	Menor de 10.2
f (m)	Intermedio muy húmedo	Menor de 18
w (x')	De verano % alto en invierno	Mayor de 22.9
w	De verano	Entre 5 y 10.2
m	De verano en húmedos	Entre 5 y 10.2
w (w)	De verano con bajo % invernal	Menor de 5

FUENTE: elaboración propia a partir de García, 2004.

Las fórmulas climáticas indican también la oscilación térmica anual o sea la diferencia en temperatura entre el mes más frío y el más caliente, y clasifican los climas en:

- i isotermales con oscilación menor de 5°C
- (i') con poca oscilación entre 5 y 7°C
- (e) extremosos, con oscilación entre 7 y 14 °C
- (e') muy extremosos, con oscilación mayor de 14 ° C.

2.2.3 Formato digital de la serie de mapas climáticos 1:1, 000, 000, García-Conabio, 1998.

Los mapas fueron elaborados mediante el sistema cartográfico MICROMAP-SUPERBASE y se generaron para ArcInfo, la empresa Estadigrafía entregó a Conabio los archivos en formato digital para UNIX, en 38 diskettes con los archivos comprimidos con PKZIP; asimismo, la empresa dirigida por Enriqueta García realizó la unión de todos los mapas para formar la cobertura nacional por temas de la serie climática.

Actualmente las coberturas nacionales de la serie con sus respectivos metadatos están disponibles para visualización y descarga gratuita en el portal Web de Geoinformación de la Conabio, en formato *shapefile* con los parámetros establecidos por la SSIG de la institución.

2.3. Serie de mapas climáticos 1:1, 000,000 INEGI 1980 (SERIE I).

2.3.1. Descripción general.

La serie de mapas climáticos de INEGI fue elaborada por la Dirección General de Geografía (DGG) y está incluida dentro del Subsistema de Geografía y Medio Ambiente que forma parte del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG). Forman parte de la serie I, 1980. Contiene los siguientes temas generales:

- Temperaturas medias anuales.
- Precipitación total anual.
- Climas.

Los mapas están disponibles en formato digital e impreso y sus características técnicas son las siguientes: escala: 1: 1000, 000, proyección: Cónica Conforme de Lambert (CCL), Datum: ITRF92, Elipsoide: GRS80, Meridiano Central: -102°, Latitud Origen: 12°, Falso este: 2,500,000, Falso norte: 0, Formatos: impreso; 8 mapas por tema cubren el territorio nacional, la nomenclatura de las hojas corresponde al índice de INEGI y esta dado por el nombre de la ciudad más importante que abarca cada mapa; (Figura 2.43); digital: en archivos formato *shapefile* a nivel nacional por temas.

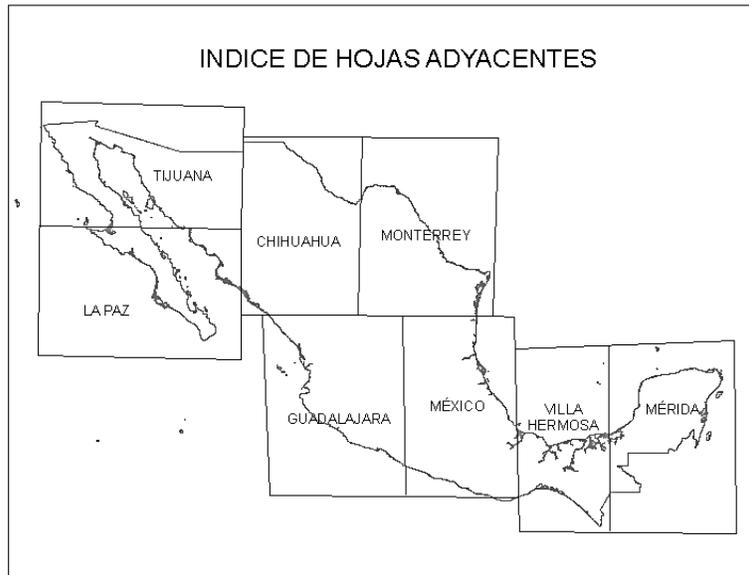


Figura 2.43 Índice de hojas para la serie climática 1: 1000 000 INEGI.

La base sobre la que están elaborados los mapas son las cartas topográficas a la misma escala, con curvas de nivel cada 200 m, y muestra la hidrografía de cada región, las poblaciones, carreteras principales y secundarias, líneas férreas y otros datos de infraestructura. Contienen la red de paralelos y meridianos dibujados cada grado de latitud y longitud con líneas color azul.

Los datos de temperatura y precipitación con los que se elaboraron los mapas provienen del Servicio Meteorológico Nacional y corresponden al período de 1921 a 1975. Se utilizaron todos los datos disponibles de las estaciones en dicho período. Contienen la ubicación de casi 4 000 estaciones meteorológicas, identificadas con un símbolo específico, según el número de años durante los cuales se hayan efectuado registros en cada una de ellas:

- de 5 a 9 años con datos
- ▲ de 10 a 19 años con datos
- de 20 a 29 años con datos
- ★ más de 30 años con datos

Cada estación lleva anotada su clave y su respectivo dato de precipitación, temperatura o tipo de clima según el tema (Figura 2.44).

Los tres conjuntos de mapas contienen además de la leyenda del tema que representan, la simbología de las cartas topográficas ya que fueron usadas como base para la elaboración de las isotermas isoyetas y límites climáticos. También contienen en la parte posterior de la carta listados estatales de las estaciones meteorológicas con los respectivos datos mensuales usados para la elaboración de las cartas, las tablas presentan la clave, nombre de la estación, organismo responsable de su funcionamiento,

sus coordenadas geográficas y los registros y promedios de temperatura, precipitación y/o climas de las estaciones.

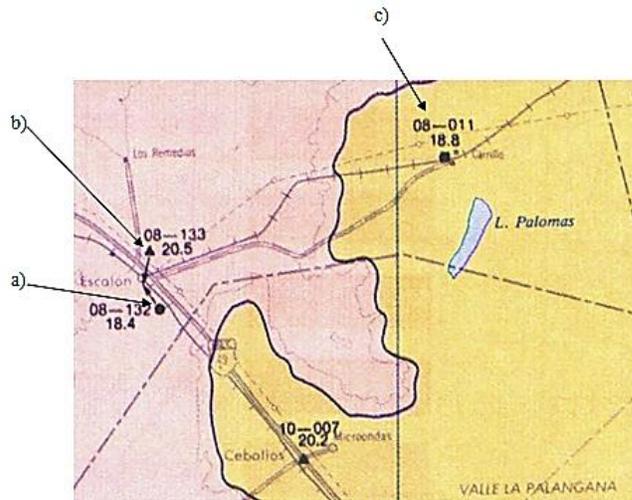


Figura 2.44 Representación de las estaciones meteorológicas según los años de registro, a) estación con registros de 20 a 29 años, b) estación con registros de 10 a 19 años y c) con registros de 5 a 9 años.

Debajo de las leyendas de los mapas aparece un recuadro con el índice de hojas de la serie con el recuadro sombreado de la carta correspondiente, así como sus adyacentes, debajo del recuadro se presentan las características y parámetros cartográficos de los mapas así como algunas leyendas aclaratorias y los nombres de las instituciones y direcciones encargadas de elaborar la cartografía.

Los mapas de temperaturas medias anuales presentan isotermas cada 2° C representadas con líneas en color negro con su respectiva cota o valor de temperatura y las regiones entre las isotermas con valores intermedios de temperatura con rangos de colores partiendo del blanco con las menores temperaturas hasta el rosa mexicano con las temperaturas más altas (Figura 2.45).

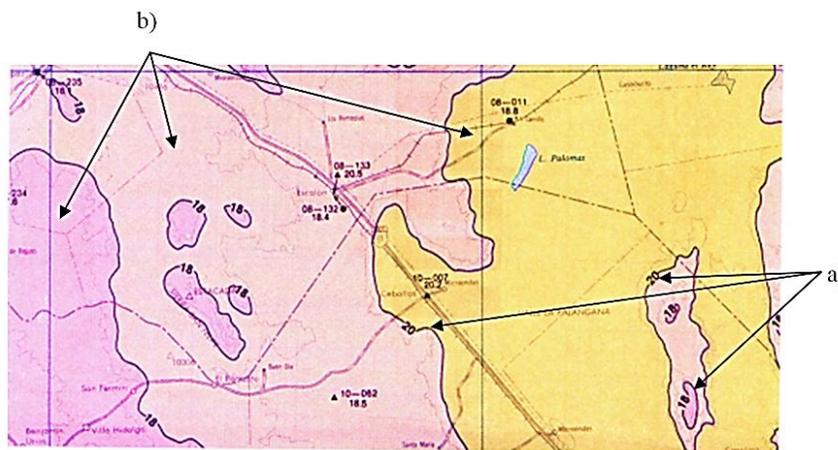


Figura 2.45 a) Isotermas con su respectivo valor de temperatura, b) regiones intermedias que pueden presentar todos los valores del intervalo entre isotermas.

La simbología de los mapas de temperaturas medias anuales (Figura 2.52) y de las cartas topográficas base, así como la información cartográfica e institucional de los mapas aparecen en el margen izquierdo.

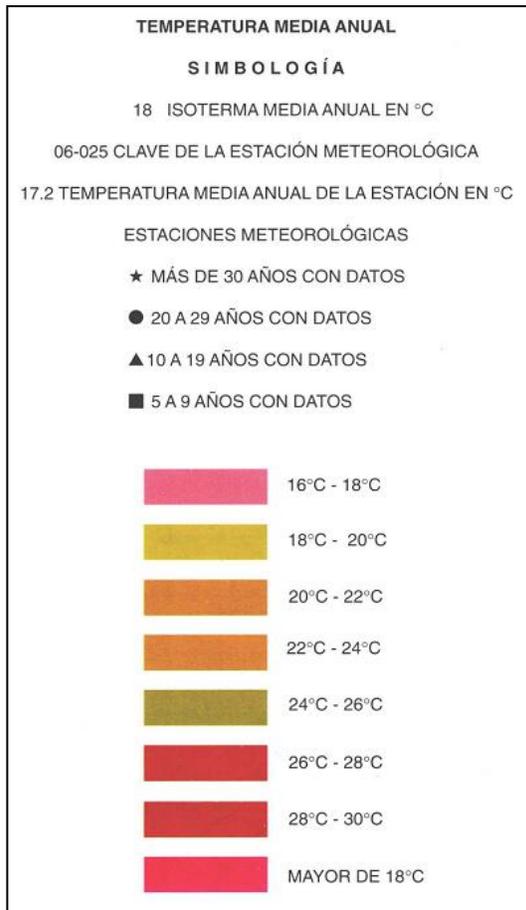


Figura 2.46 Simbología de las cartas de temperaturas medias anuales. En la imagen se muestran sólo algunos rangos de temperaturas que aparecen en los mapas.

Con la temperatura media anual de un lugar se saben las condiciones térmicas promedio que dominan en ese lugar, pero en ese promedio quedan ocultas variaciones de temperatura entre verano e invierno, que a veces son muy grandes; por ello, en la parte posterior se listan los datos de temperatura media mensual y anual de las estaciones que aparecen en el mapa.

Los mapas de precipitación total anual muestran la distribución y cantidad de lluvia total en el país a lo largo del año. Las regiones están divididas por isoyetas representadas por líneas en color negro con su respectivo valor en mm (la precipitación de 1mm en realidad significa 1litro/metro cuadrado), en cada área comprendida entre dos isoyetas existen precipitaciones intermedias. Estas regiones se identifican mediante un rango de colores que van del blanco en las regiones con menor precipitación al verde (Figura 2.47).

La simbología con los rangos de precipitación (Figura 2.48) y los símbolos de las cartas topográficas base, así como la información cartográfica e institucional de los mapas aparecen en el margen izquierdo de los mapas.

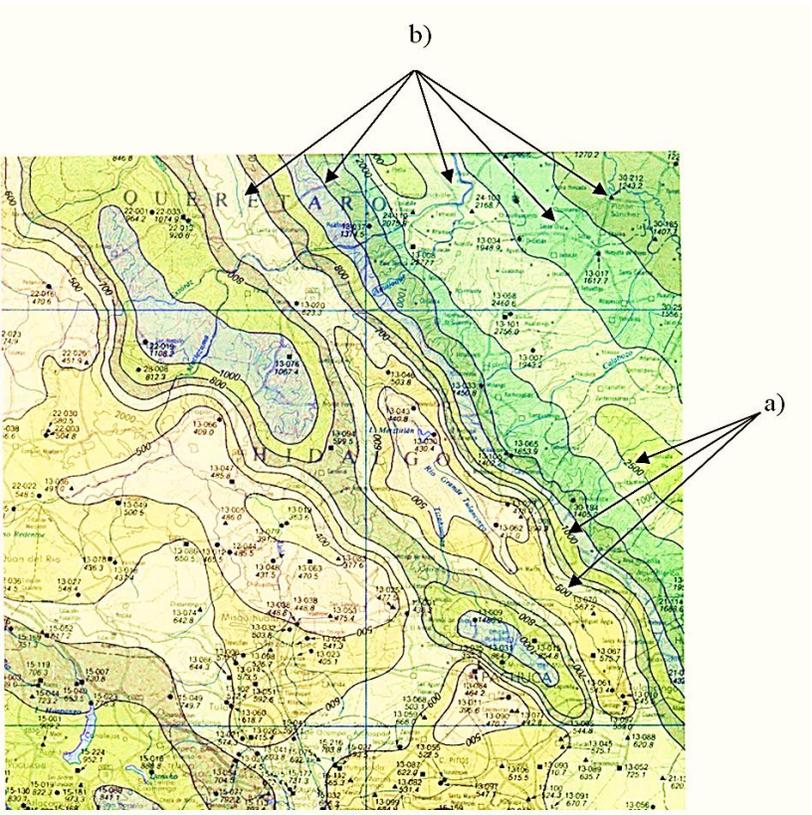


Figura 2.47 a) Representación de isoyetas con su valor de precipitación media anual, b) regiones con valores intermedios de precipitación entre las isoyetas.

Puesto que el dato de precipitación total anual es una suma de lluvias mensuales, no se puede saber la distribución que a lo largo del año tienen esas precipitaciones. Por ello es que en la parte posterior de la carta se proporcionan listados con los datos de precipitación de todas las estaciones meteorológicas, desglosados a nivel mensual. Con estos listados se está en posibilidad de determinar cuáles son las épocas lluviosas y secas del año, o si hay precipitaciones constantes a lo largo de él.

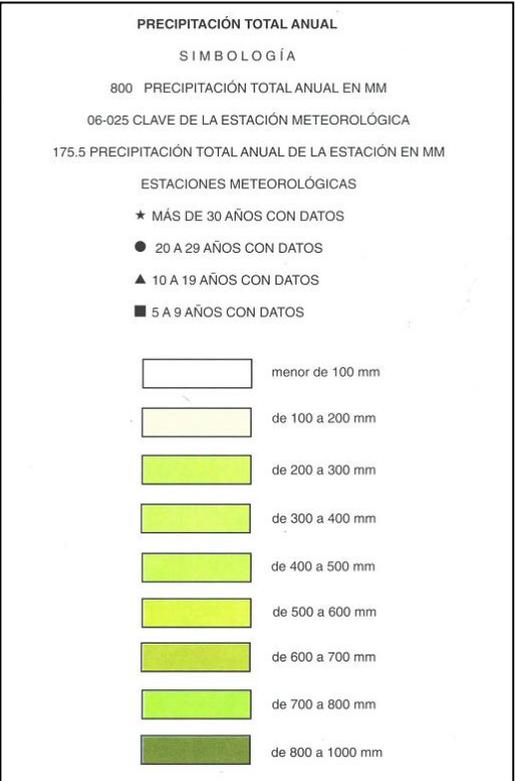


Figura 2.48 Leyenda con rangos de precipitación anual en mm. las regiones se diferencian por los tonos de color.

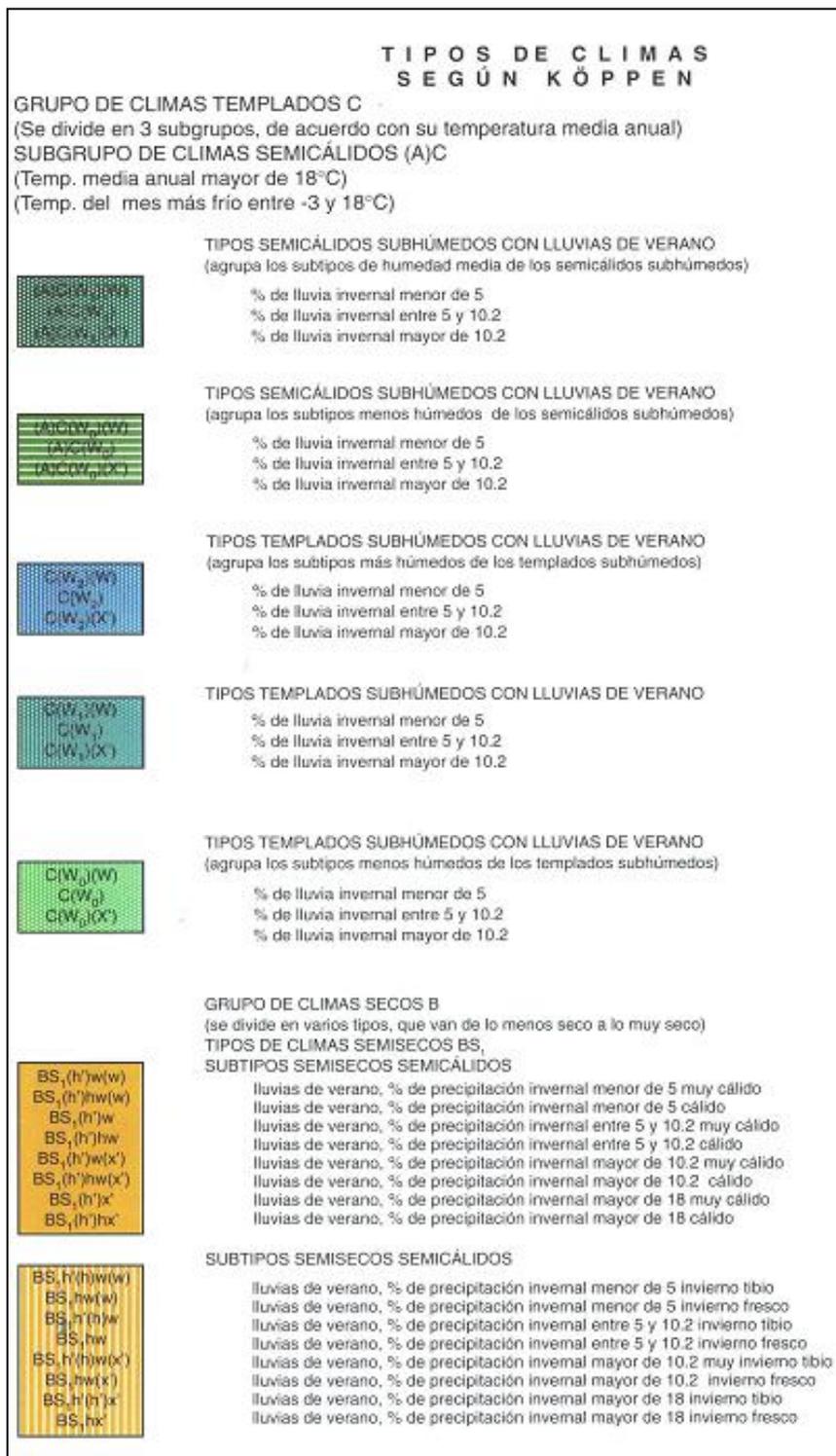


Figura 2.50
 Leyenda con los colores y claves que identifican los climas en el mapa. Sólo se presenta en la imagen una parte de la leyenda.

Un achurado de pequeñas cruces completa la leyenda, el cual indica si la región presenta condición de canícula (una pequeña temporada menos lluviosa dentro de la estación de lluvias).

En la parte posterior de las cartas aparecen, además, varios símbolos secundarios que se agregan a las claves climáticas que presentan ciertas características específicas. El significado de estos símbolos aparece en un pequeño recuadro en la parte posterior de los mapas. También se proporciona un listado de todas las estaciones empleadas con

clave, nombre de la estación, años de funcionamiento, medias de temperatura y precipitaciones mensual y anual, y la clasificación de su tipo de clima.

Están elaborados de la misma manera como los otros mapas sobre las cartas topográficas por lo que el contenido de los mapas base aparece en grises al fondo de los mapas. La leyenda de los topográficos aparece en el margen derecho del mapa debajo de la leyenda que indica los tipos climáticos.

2.3.2. Método y proceso de elaboración.

Con ayuda de las “Guías de interpretación de cartografía- Climatología” de INEGI ediciones de 1989 y 2005; se pudieron describir de manera general los procesos que se siguieron para elaborar los mapas de la serie. No se encontró información en otras fuentes que ayudará a complementar la descripción metodológica, se solicitó la información a personal especializado de INEGI; sin embargo, la respuesta recibida fue, que la información sobre la descripción completa y precisa de la metodología usada se perdió debido a los cambios que ha sufrido la institución y durante el sismo de 1985.

2.3.2.1 Cartas de temperaturas medias anuales.

La realización de los mapas tiene diferentes fases:

Fase 1. Recopilación de Datos.

En esta fase se recogen por estados de la República, los datos de temperatura media mensual de las estaciones y observatorios meteorológicos existentes en el país, para todos los años de funcionamiento de cada estación. La recopilación corresponde al periodo entre 1921 y 1975.

Los datos son revisados con el fin de detectar posibles errores, las carencias de información se cubren con métodos estadísticos y, finalmente, se otorga una clave a cada estación.

Fase 2. Procesamiento electrónico.

Una vez integrada la información, se procede a su digitación y computación. Los datos pasan a formar un archivo de datos meteorológicos, de entrada múltiple. El objetivo principal, actualmente, es la obtención de medias mensuales y anuales.

Fase 3. Vaciado de datos.

En una película transparente, sobrepuesta a los mapas topográficos base, se localizaron las estaciones meteorológicas con un símbolo correspondiente al número de años que tenga y se anota su clave. En otra película se anotan, sobre los puntos de localización marcados previamente, los valores de temperatura media anual calculados en la computadora.

Fase 4. Elaboración de cartografía.

En la película que tiene los valores de temperatura, sobrepuesta al mapa topográfico de la región que se trabaja, se trazan las isotermas medias anuales con variación cada 2° C.

El trazo de las isotermas resulta aproximadamente paralelo a las curvas de nivel, dado que la temperatura sigue muy de cerca las variaciones en altitud; a mayor altura menor temperatura y viceversa.

Para el trazo de isotermas se toma como base el hecho observado de que aproximadamente cada 100 m de altitud la temperatura desciende 0.6 °C, fenómeno conocido como gradiente térmico; aunque si bien esto ocurriría así en condiciones ideales, en la naturaleza se ve modificado por diversas causas: capas de aire frío, mantenimiento de más o menos la misma temperatura durante varios cientos de metros, calentamiento diferente de laderas norte o sur, etc. En el mapa, dado que las isotermas están marcadas cada 2°C, esto equivale a decir que hay una isoterma cada 300 o 400 m de altitud.

Fase 5. Preparación de originales y envío a edición.

Una vez terminada la elaboración de isotermas se hace una revisión final de los datos obtenidos en las fases anteriores, se prepara la información de la parte posterior, que consiste en listados de las estaciones empleadas, y gráficas de las estaciones con más de 30 años de funcionamiento. Finalmente, estos originales pasan a edición y de allí se mandan a impresión.

2.3.2.2. Carta de precipitación total anual.

La elaboración de la carta de precipitación total anual, cuyo objetivo primordial es la determinación y trazo de isoyetas se efectúa en cinco fases, y se procede en éstas de manera muy similar a como se explicó para el trazo de isotermas en la carta de temperaturas medias anuales.

El trazo de las isoyetas depende en parte de la densidad de estaciones que reportan datos, pues se trazan conforme a estos valores. Entre una isoyeta y otra pueden existir todos los valores intermedios.

La precipitación no muestra con la altitud una relación tan estrecha como la que sigue la temperatura, salvo en el caso de las lluvias orográficas, es decir, aquéllas que son producto de la elevación de masas de aire ante un obstáculo montañoso y su consiguiente condensación y precipitación. En estos casos, se producen lluvias, asociadas muchas veces con neblinas, en las laderas que quedan a barlovento (lado donde pega el viento), mientras que las laderas de sotavento (lado al abrigo del viento) reciben muy poca precipitación dado que hacia ese lado del sistema montañoso

descienden vientos secos y cálidos que ya han dejado atrás su humedad. Este fenómeno de sequedad en la ladera de sotavento se conoce como "sombra meteorológica". Del lado de barlovento las lluvias pueden ser intensas, sobre todo al iniciarse el ascenso de la ladera montañosa, aunque muchas veces, más allá de un determinado nivel de altitud, la cantidad de humedad contenida en el aire es ya tan pequeña, que aunque la masa de aire continúe enfriándose la precipitación empezará a descender. Las lluvias de esta clase son típicas de la ladera oriental de las sierras que bordean el Golfo de México; y en general se localizan lluvias con un componente orográfico en la mayoría de las sierras mexicanas.

No sólo el factor orográfico condiciona la distribución de lluvias en la República; también existen lluvias convectivas, típicas del verano, o sea, que son producto del calentamiento de masas de aire sobre una fuente local, lo que resulta en la creación de corrientes de aire que ascienden verticalmente, con gran nubosidad y lluvias intensas; y lluvias que resultan del choque de masas de aire con diferente temperatura, que desarrollan un movimiento ciclónico (lluvias ciclónicas), o, simplemente, a lo largo de un frente o superficie de contacto de ambas masas (lluvias frontales).

Las lluvias ciclónicas en verano y principios de otoño, están asociadas a la presencia de ciclones tropicales sobre los océanos Atlántico y Pacífico, que introducen masas de aire húmedo a las costas y laderas montañosas que bordean a estos océanos y, en menor medida, a la parte norte del Altiplano. Las lluvias de tipo frontal, también llamadas nortes en nuestro país, se producen durante el invierno y son producto de la invasión de masas de aire frío procedentes del norte, que ocasionan lluvias, e incluso nevadas, en la zona del Golfo de México y algunas partes del Altiplano. Las zonas más secas de México son la mayor parte de la Península de Baja California, las costas de los estados de Sonora y norte de Sinaloa, y el interior norte del país en los estados de Chihuahua, Coahuila, parte de Zacatecas, Durango y San Luis Potosí; estas áreas quedan sujetas a la circulación de vientos secos y alejadas de la influencia humidificadora de los océanos, por la presencia de obstáculos montañosos que impiden la llegada de masas de aire húmedo.

En el trazo de isoyetas se consideran el conocimiento de los factores que ocasionan las lluvias en México, el tipo de lluvias de que se trate y, desde luego, los valores de precipitación que reportan las estaciones meteorológicas.

2.3.2.3. Cartas de Climas.

Para la elaboración de la carta de climas se siguen cuatro etapas, similares a las explicadas en las cartas anteriores.

Fase 1. Clasificación de climas

Con base en los datos de temperatura y precipitación media mensual y anual recopilados por otras cartas de la serie climática, se realiza la clasificación de climas, mediante computadora y según el sistema ya explicado.

Fase 2. Vaciado de datos

La información se sobrepone a la información topográfica de la región de trabajo, se localizan las estaciones cuyo clima se clasificó. Cada estación se identifica con un punto y su clave respectiva. Sobre otra información topográfica se anotan, en los puntos de localización marcados previamente, la fórmula climática correspondiente a cada punto.

Fase 3. Elaboración de la información

Ya que se tienen anotadas las letras de los tipos de clima, y que está sobrepuesto a la información topográfica, se procede a delimitar los distintos tipos de clima.

Como hay varios tipos de clima que se distinguen por su temperatura media anual, se obtiene, del mapa de temperaturas medias anuales, el trazo de ciertas isotermas que sirven de límite entre algunos tipos climáticos, como son las isotermas de 22°C, para separar climas cálidos de los semicálidos; de 18°C, para separar climas semicálidos de los templados; de 12°C, para separar climas templados de los semifríos; y la isoterma de 5°C, para separar climas semifríos de los muy fríos.

Después de separar los tipos de clima, se trazan los diferentes límites por humedad, utilizando muy convenientemente la carta de precipitación total anual; de esta manera, para una temperatura conocida en el mapa, se calcula cuál es el límite seco-húmedo que le corresponde; una vez averiguado este límite en milímetros de precipitación, se procede a su trazo según los valores de las isoyetas. Estos límites, por milímetros de precipitación, se encuentran ya graficados, en relación con la temperatura, lo que facilita efectuar las correlaciones necesarias.

Fase 4. Edición.

Una vez delimitados los diferentes tipos de clima, se prepara la parte posterior de la carta, que incluye, clave y su nombre de las estaciones empleadas, su número de años con registros, sus datos de temperatura y de precipitación media mensual y anual y su clasificación de clima y se envía a su edición y, posteriormente, a su impresión.

2.3.3. Formato digital de la serie de mapas climáticos 1:1, 000,000 INEGI 1980 (SERIE I).

En el año 2000, la serie climática se convirtió a formato digital para formar parte de un Sistema de Información Geográfica, por lo que está estructurada en conjuntos de datos que se integran en distintas cubiertas o capas. Los mapas están disponibles para su descarga gratuita en el portal WEB del INEGI en formato *shapefile* lo que permite su visualización y consulta de atributos en cualquier SIG.

La estructura de las capas es la siguiente:

* Información de Temperatura media anual. Capa de líneas que contiene el valor de las isotermas medias anuales cada 2 °C. (Figura 2.51).

* Información de Precipitación Total Anual. Capa de líneas que contiene el valor de las isoyetas (Figura 2.52).

* Información de unidades climáticas. Mapa de polígonos que indica el tipo de clima (Figura 2.53).

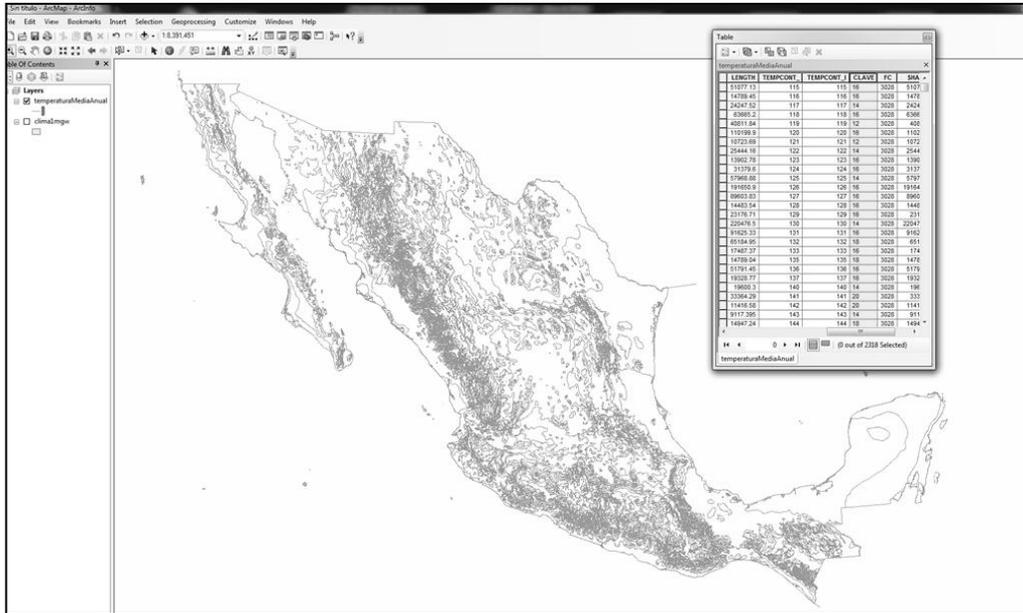


Figura 2.51 Estructura vectorial (líneas) del mapa de temperatura media anual, en la tabla de atributos del archivo se tienen las propiedades de las isotermas incluyendo el valor de temperatura media anual en °C en el campo "CLAVE".

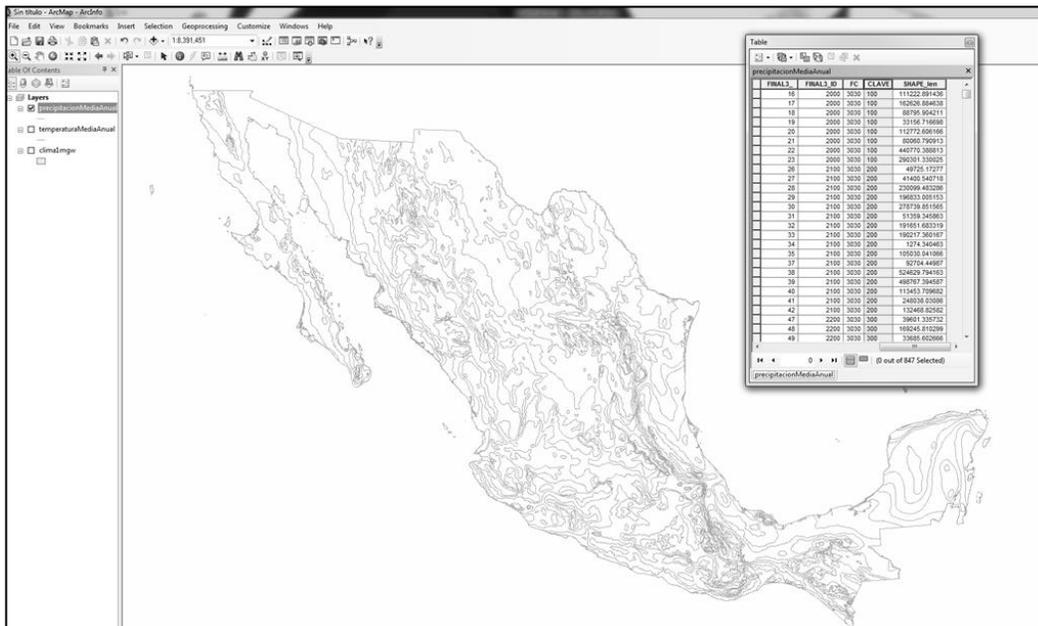


Figura 2.52 Mapa de isoyetas, los valores de precipitación en mm de cada una se pueden consultar en la base de datos del archivo digital en el campo "CLAVE".

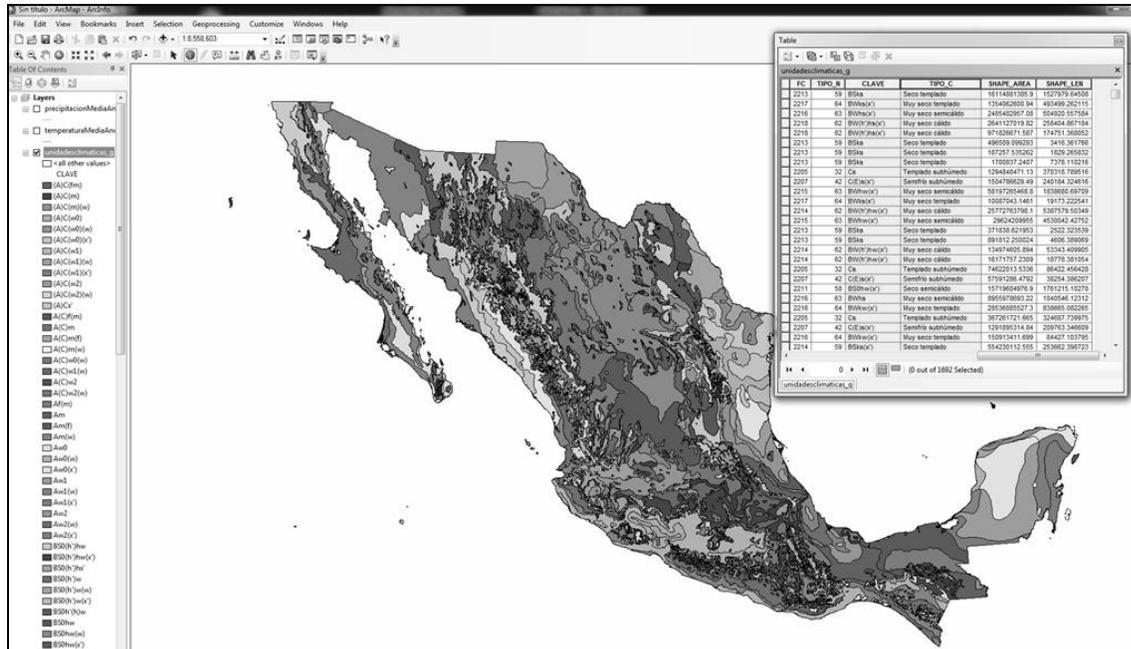


Figura 2.53 Mapa digital de climas. La clave climática y el tipo de climas están contenidos en la tabla de atributos

En la tabla 2.3 Se brindan las especificaciones de los datos usados para elaborar los mapas de las tres series y, en la tabla 2.4 se resumen las características generales y temáticas de las mismas.

Tabla 2.3 Características de las estaciones meteorológicas usadas para cada serie climática.

Serie	Número de estaciones	Período general de datos	Fuente de los datos	Especificaciones en mapa impreso	Símbolo en mapa impreso por cantidad de años y fuente
Secretaría de la Defensa. 1970	1606	1921-1960 39 años	SMN CFE	Un solo símbolo para todas las estaciones	○ Para todas las estaciones
E. García-Canabalo. 1998	3037	1921-1990 69 años	CFE SMN CNA INEGI	Símbolos diferencian a las estaciones de acuerdo a cantidad de años de observación reportada y a la fuente de los datos.	○ Con más de 15 años, principalmente del SMN ○ Con menos de 15 años de las cartas de INEGI ○ Hasta 1994 de la CFE, y en la península de Yucatán de CNA.
INEGI-serie 1	2824	1921-1975 54 años	SMN	Símbolos diferencian a las estaciones de acuerdo a cantidad de años de observación reportada.	■ de 5 a 9 años con datos ▲ de 10 a 19 años con datos ● de 20 a 29 años con datos ★ más de 30 años con datos

Fuente: elaboración propia con base en las series de mapas climáticos.

Tabla 2.4 Resumen de características de las series de mapas climáticos.

Nombre del mapa	GENERALES				TEMATICAS		
	Escala.	Proyección	Base cartográfica	Formatos	Temas	Representación temática	Sistema de Clasificación climática.
Secretaría de la Defensa. Elaboró: CETENAP-UNAM 1970.	1: 500,000 Quinientos mil	Universal Transversa de Mercator (UTM)	Mapas topográficos 1: 500,000, Secretaría de la Defensa Nacional.	Impreso: 45 mapas por tema	Precipitación media anual	Isoyetas de precipitación (líneas)	Sistema de clasificación climática de Köppen modificado por Enriqueta García para adaptarlo a las condiciones de México.
				Digital 4 coberturas nacionales, una para cada tema	Temperaturas medias anuales	Isotermas de temperatura (líneas)	
					Climas	Regiones con la claves de los diferentes tipos de climas (Polígonos climáticos).	
Enriqueta García-Conabio. Elaboró: M. en C. Enriqueta García Amaro-Conabio, 1998.	1: 1000,000 Un Millón	Cónica Conforme de Lambert (CCL)	Mapas topográficos 1: 1000,000 INEGI, Serie I	Impreso: 16 mapas por tema	Precipitación total anual	Isoyetas de precipitación (líneas)	Sistema de clasificación climática de Köppen modificado por Enriqueta García para adaptarlo a las condiciones de México.
				Digital: 3 coberturas nacionales, una para cada tema	Temperaturas medias anuales	Isotermas de temperatura (líneas)	
					Climas	Regiones con la claves de los diferentes tipos de climas (Polígonos climáticos).	
INEGI. (I). Elaboró: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1980, Serie I	1: 1000,000 Un Millón	Cónica Conforme de Lambert (CCL)	Mapas topográficos 1: 1000,000 INEGI, Serie I	Impreso: 8 mapas por tema	Precipitación media anual.	Isoyetas de precipitación (líneas)	Sistema de clasificación climática de Köppen modificado por Enriqueta García para adaptarlo a las condiciones de México (con modificaciones de INEGI)
				Digital: 3 coberturas nacionales, una para cada tema	Temperaturas medias anuales	Isotermas de temperatura (líneas)	
					Climas	Regiones con la claves de los diferentes tipos de climas (Polígonos climáticos)	

Fuente: elaboración propia con base en las series de mapas climáticos.

Capítulo 3. Diagnóstico y evaluación de los elementos de las series de mapas climáticos.

Se realizó una selección de las características principales de los mapas con base en el método de jerarquización analítica propuesto por Saaty en 1980. El primer paso según el método es la “representación del problema”, en este caso el problema y/u objetivo de la comparación (y de la tesis) es la evaluación y determinación del nivel de información de cada serie climática, en otras palabras, la determinación de la “mejor” cartografía de acuerdo a todos sus elementos y características; posteriormente cada característica o elemento de los mapas es comparada entre sí y se obtiene una matriz de valores para cada una.

En la figura 3.1 se representa el objetivo (problema) principal de la tesis y sus tres factores básicos: las alternativas que serán valoradas (características y/o elementos cartográficos de las series), el objetivo que se pretende alcanzar (determinar la cartografía más adecuada) y los criterios de valoración para caracterizar las alternativas.

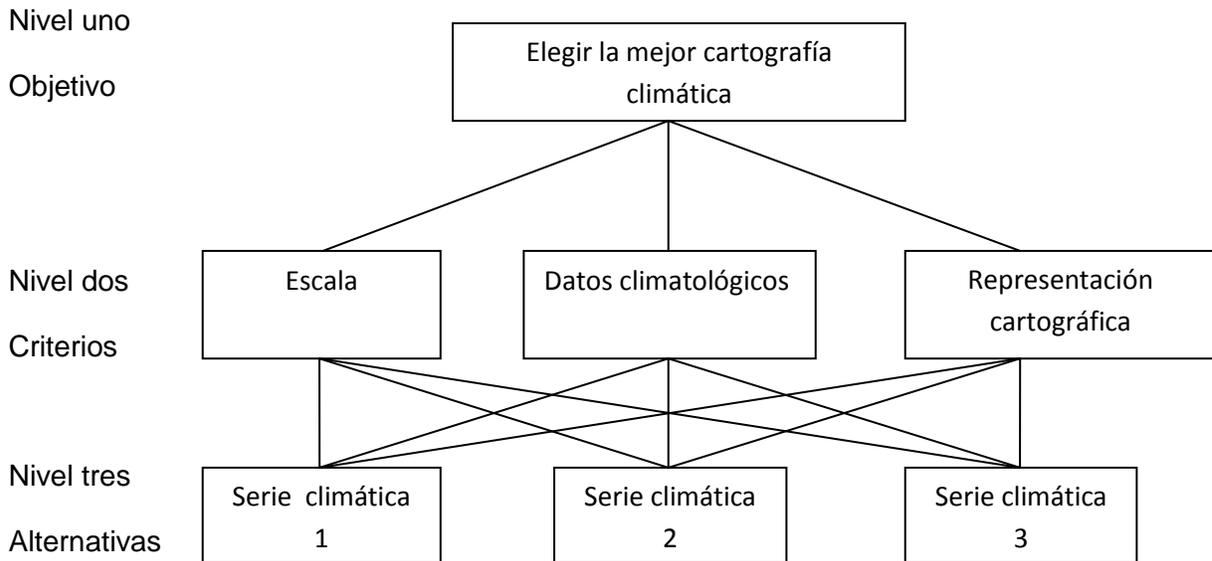


Figura 3.1 Representación jerárquica del problema de elección de la mejor cartografía climática.

La elección de los criterios se realizó de acuerdo a la importancia que cada uno de ellos representa en la composición y calidad de los mapas y que se refleja en el contenido de cada serie. Cada criterio (con todos sus elementos) es explicado a continuación de manera más detallada.

3.1. La escala.

La escala de los mapas, es la relación que existe entre la representación gráfica del mapa con la representación real en la superficie terrestre y puede ser determinada de varias formas, una de las cuales es comparar una distancia medida en el mapa con su correspondiente en el terreno. Es uno de los elementos fundamentales de un mapa, está directamente relacionada con el contenido, propósito, objetivos, dimensiones y precisión del mapa (Caire, 2002).

Las escalas a las que se puede estudiar el clima son las siguientes:

- **Macroclima.** Este es el clima a gran nivel, o de escala planetaria. Las escalas que se usan generalmente para este nivel de detalle son pequeñas a partir de la 1: 1, 000, 000 donde es posible representar países, continentes, hemisferios e incluso todo el planeta.
- **Mesoclima.** Es el clima a escala de franjas latitudinales. Las variaciones climáticas a una misma latitud varían de acuerdo con la distribución de océanos y continentes, así como la orografía y en la distribución de los seres vivos corresponde a los biomas. El mesoclima se identifica en cuanto a escala a la clasificación climática de Köppen modificada por García, se usan también escalas pequeñas a partir de la 1: 1, 000, 000.
- **Clima regional.** Es el clima resultante de la interacción de las condiciones regionales de latitud, altitud, relieve y continentalidad. El mesoclima se corresponde con la distribución de los tipos de vegetación. Se usan escalas grandes donde sea posible representar regiones; entre estas tenemos por ejemplo; las 1: 1, 000, 000, 1: 500, 000 y la 1: 250 000.
- **Clima local.** Este nivel abarca una escala de clima aún menor a la de mesomicroclima y depende de la exposición en relación con el relieve. Corresponde a las asociaciones vegetales de enclaves en concreto. En el clima local se usan escalas muy grandes para poder elaborar mapas climáticos de carácter regional e incluso local como la 1: 50, 000 y mayores.

Las series climáticas descritas en la tesis presentan dos escalas de representación: 1: 1, 000, 000 y 1: 500, 000 las generalidades de estas escalas se resumen en la tabla 3.1.

De acuerdo a los niveles de análisis espacial y a las características cartográficas determinadas por la escala, se demuestra que las de las series climáticas están dentro del grupo de pequeñas y medianas escalas, por tanto, presentan patrones que se adaptan a un nivel de análisis de mesoclima y clima regional permitiendo representar las condiciones climáticas a nivel nacional, estatal o regional.

Tabla 3.1. Características de los mapas de acuerdo a su escala

Escala	Formato (latitud por longitud)	1 cm corresponde a:	1cm ² en la carta corresponde a:	1 km real corresponde a:	Distancia mínima real observada	Número de hojas para cubrimiento nacional
1: 500 000 1970	2 ° x 3° aprox.	5 km	25 km ²	2 mm	125 m	45
1: 1000 000 (INEGI)	6° x 8°	10 km	100 km ²	1 mm	250 m	8
1: 1000 000 (García-Conabio)	6° x 4°	10 km	100 km ²	1 mm	250 m	16

Fuente: elaboración propia a partir de Caire, 2002 e INEGI, 2005.

La escala 1: 500 000 presenta los detalles cartográficos al doble de tamaño que la 1: 1000, 000; con base en esto podemos decir que la serie de mapas 1: 500 000, sería más adecuada para análisis climáticos regionales, sin embargo intervienen otros factores como la cantidad y calidad de los datos, la representación cartográfica de las variables y la metodología utilizada.

Relacionado con la escala, el área mínima cartografiada es el principio que indica que a partir de determinada área espacial, los polígonos y sus correspondientes contenidos deben ser generalizados; de lo contrario, dificultarían la distinción por parte del usuario cuando se lea en formato analógico (Salitchev 1979, *citado por* Priego, 2008).

El principio de área mínima cartografiada permite lograr coherencia en la representación espacial y eficiencia en la lectura y manejo del mapa en formato impreso.

Las áreas mínimas cartografiadas para las dos escalas en las que se representan las tres series son resumidas en la tabla 3.2. En México se considera que un área de 4x4 mm garantiza operabilidad cartográfica y una adecuada lectura de los mapas.

Tabla 3.2 Características de representación de los objetos según el área mínima cartografiada.

Escala	1cm igual a		1mm igual a		Área mínima cartografiada (4 x 4mm)	
	m	km	m	km	m ²	Km ²
1: 500 000	5 000	5	500	0.5	4, 000, 000	4
1: 1000, 000	10 000	10	1000	1	16, 000, 000	16

Fuente: (INE, 2008).

Para demostrar la variación en cuanto al contenido de la información se elaboraron una serie de análisis sencillos con ayuda de un SIG, en la región central del país.

Con base en el catálogo de cartas 1: 500 000 se seleccionó la carta "México" que incluye porciones de los estados de Morelos, Distrito Federal, Estado de México, Michoacán, Puebla, Hidalgo, Guerrero y Guanajuato; se elaboraron recortes con esta sección del catálogo para cada serie climática y cada cobertura temática; posteriormente,

se realizaron una serie de análisis visuales basados principalmente en la sobreposición de mapas vectoriales para encontrar diferencias en cuanto al contenido de los mapas.

Para los mapas de climas se identificó una región climática, correspondiente al nevado de Toluca, se superpusieron los mapas con los tipos de climas de las tres series y se identificó que las delimitaciones de regiones climáticas alrededor del volcán son similares en cada mapa; sin embargo, presentan diferencias en cuanto a la clave climática, la cual explica a través de los símbolos, las condiciones particulares de cada región, esto se observa en la figura 3.2, los polígonos cuyos límites y claves son de color naranja corresponden a la serie de García- Conabio, los azules a los mapas de INEGI y los verdes a los mapas de 1970.

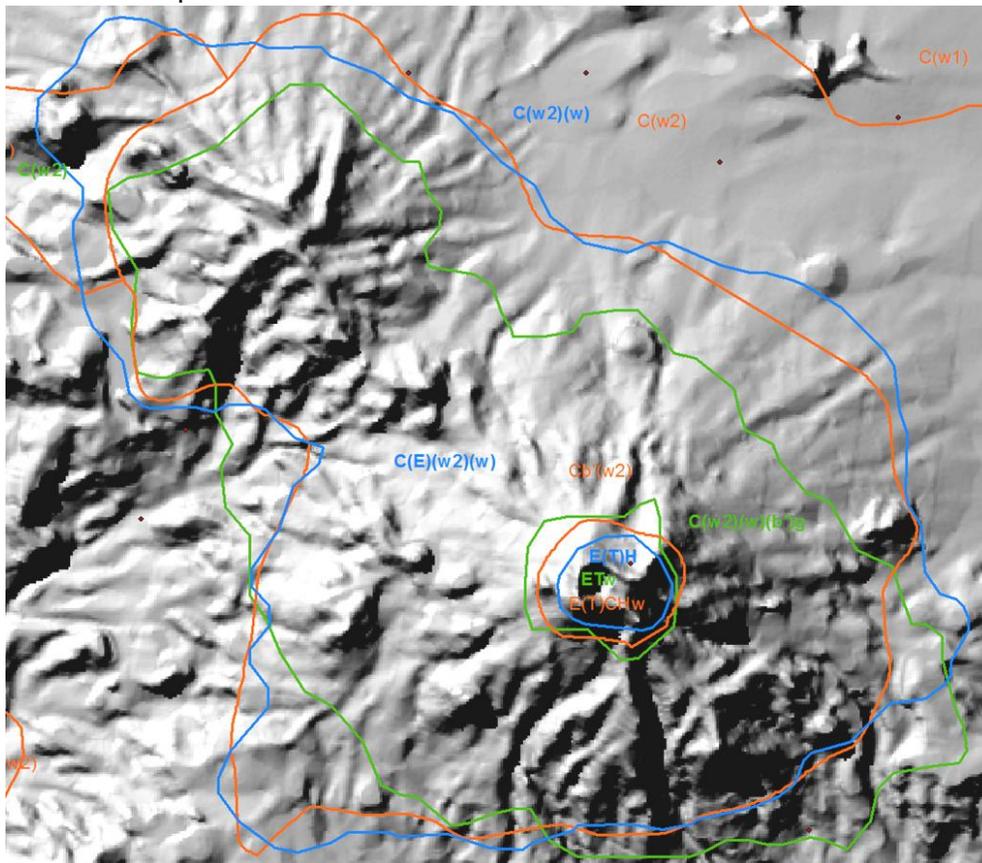


Figura 3.2 Región del nevado de Toluca con claves climáticas diferentes.

Las claves para los polígonos de mayor tamaño que rodean el volcán mostrados en la figura y la descripción completa de los respectivos tipos de clima se presentan en la tabla 3.3.

Para los polígonos pequeños que corresponden a la parte más alta del volcán también existen diferencias en las claves, las cuales se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.3 Claves climáticas de las regiones representadas en la figura 3.2 correspondientes a la región que rodea el volcán y su respectivo tipo de clima.

Mapa	Clave climática	Tipo de clima
Serie de mapas de 1970, color azul	C(w ₂)(w)(b')g	Templado, semifrío, con verano fresco largo temperatura media anual entre 5°C y 12°C, subhúmedo con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal < a 5 y marcha de la temperatura tipo ganges
Serie de mapas García-Conabio, color Rojo	Cb'(w ₂)	Templado, semifrío, con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C , subhúmedo, precipitación anual entre 200 y 1,800 mm y lluvias de verano del 5 al 10.2% anual.
Serie de mapas INEGI, color verde	C(E)(w ₂)(w)	Semifrío subhúmedo, temperatura media anual entre 5° y 12° C, lluvias de verano.

Tabla 3.4 Claves climáticas de las regiones pequeñas correspondientes a la parte alta del volcán mostrado en la figura 3.2

Mapa	Clave climática	Tipo de clima
Serie de mapas 1970, color azul	ETw	Frío, temperatura media anual entre -2 °C y 5 °C, lluvias de verano
Serie de mapas García- Conabio, color Rojo	E(T)CHw	Frío, temperatura media anual entre -2°C y 5°C, temperatura del mes más frío sobre 0°C y temperatura del mes más caliente entre 0°C y 6.5° C; con lluvias de verano.
Serie de mapas INEGI, color verde	E(T)H	Frío de altura con marcado invierno, temperatura media anual entre -2 °C y 5 °C

Las variaciones en las claves climáticas hacen que la información que brindan los mapas sea diferente a pesar de utilizar la misma clasificación. Se observa con el ejemplo anterior, como para regiones particulares, las series de mapas nos brindan tres alternativas de información, cada una con determinadas características relacionadas y derivadas directamente del proceso de elaboración, de la cantidad y sobre todo calidad de los datos y de la certeza en los métodos y el conocimiento aplicado al elaborar los mapas; por lo anterior, se considera y plantea en este trabajo que la información de la serie García- Conabio es la más completa y de mayor calidad por los datos climatológicos usados, por el conocimiento pleno del sistema de clasificación, por la serie de correcciones que sufrieron los mapas en determinadas regiones con características

particulares y en general por el amplio conocimiento de la autora sobre el tema. Sin embargo, también es necesario destacar que la información de los otros dos mapas es confiable y si se dispone de ella se puede utilizar y complementar con la de las otras series.

En el siguiente análisis se sobrepuso para la misma región, la información digital de isotermas medias anuales y un modelo digital de elevación escala 1: 250, 000, para determinar de manera visual el nivel de detalle representado y diferencias entre los mapas.

El primer mapa (Figura 3.3) muestra las isotermas para el mapa de 1970, representadas por líneas rojas. Es posible observar que la tendencia de las isolíneas sigue las formas del relieve y con base en esto, se puede concluir que la información es confiable.

Las isotermas medias anuales del mapa de E. García-Conabio (Figura 3.4) presenta una diferencia respecto a los dos mapas referidos en este trabajo; la información no se presenta como líneas, sino como polígonos que definen zonas térmicas entre dos valores de temperaturas, estas zonas fueron determinadas a través de un trazo manual considerando el relieve y su influencia en la distribución de la variable en el territorio, el mapa presenta de manera acertada la información; además, de acuerdo al reporte del proyecto y al testimonio de la maestra Enriqueta García, estos mapas sufrieron una corrección por topografía en regiones particulares con características particulares.

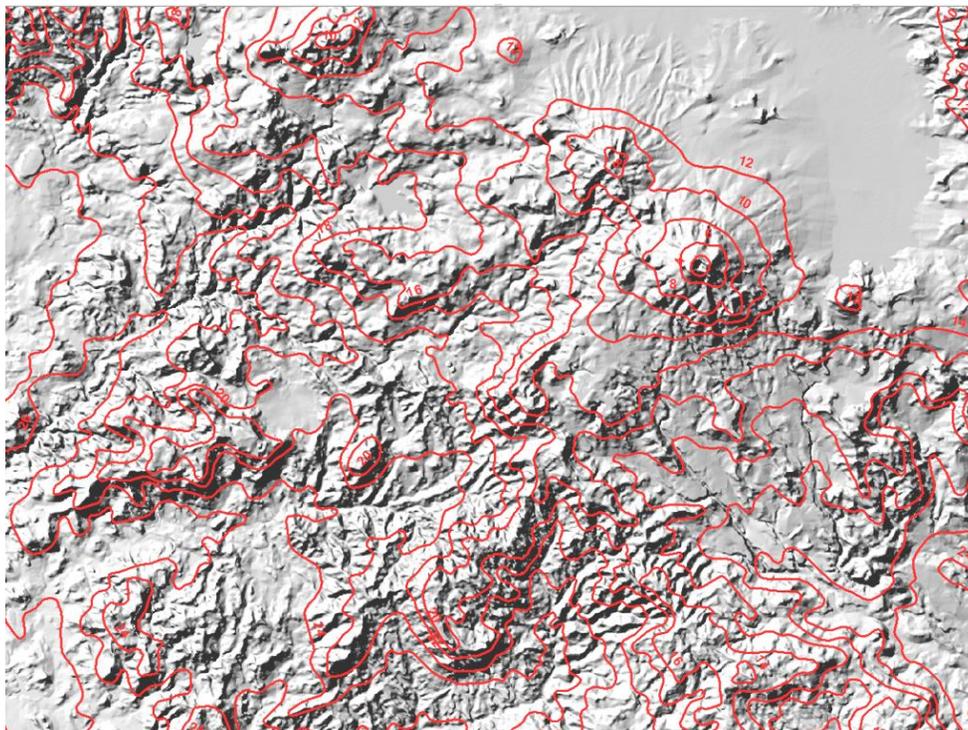


Figura 3.3. Serie de mapas de 1970, mapa de isotermas medias anuales de la región centro del país.

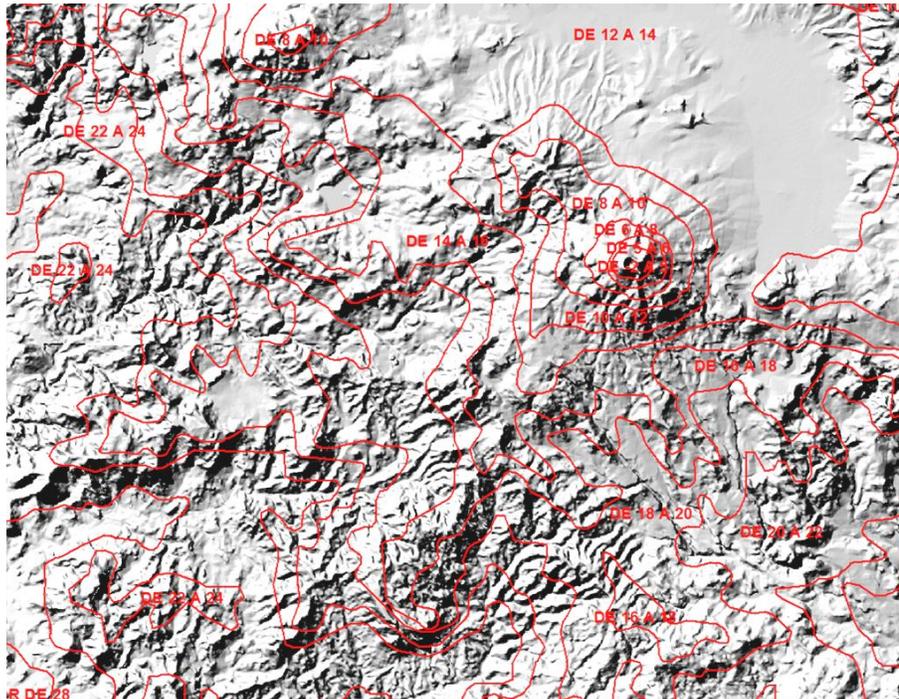


Figura 3.4 Mapa de Isotermas medias anuales García-Conabio, las líneas dividen regiones con intervalos de temperaturas, el mapa se trazo tomando en cuenta la influencia del relieve con base en el mapa topográfico

Para la serie de mapas de INEGI, los mapas de isotermas (Figura 3.5) son similares a los de E García Conabio, siguen las formas del relieve y demuestran gráficamente el comportamiento de la temperatura y su relación con las variaciones de la altitud.

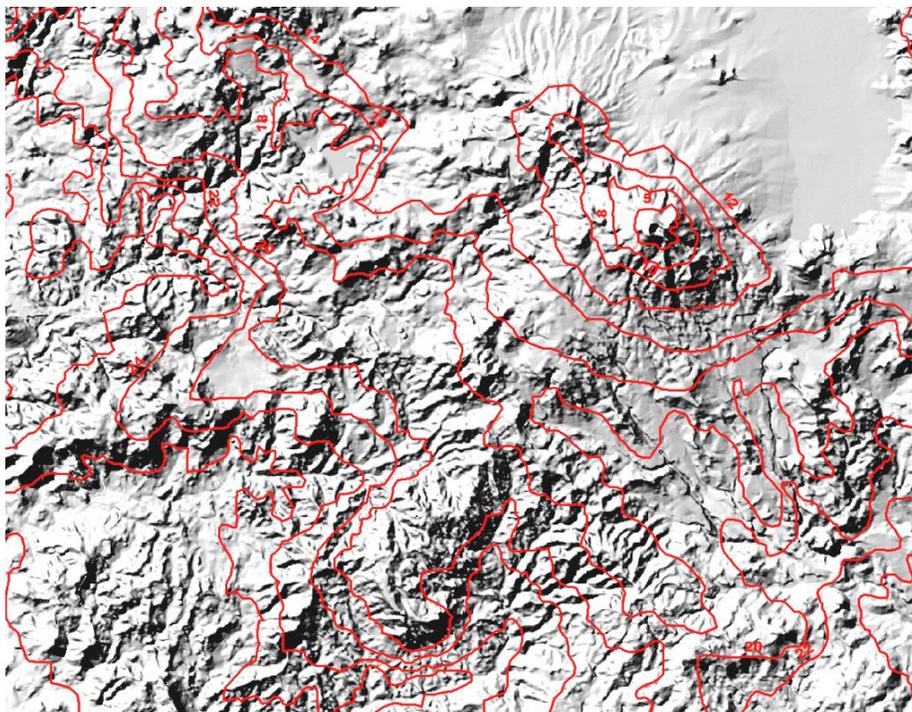


Figura 3.5. Mapa de isotermas medias mensuales INEGI. Las isolíneas siguen patrones definidos por el relieve.

Con los mapas digitales de isoyetas medias anuales se elaboró el mismo ejercicio de visualización y sobreposición; sin embargo, es importante destacar que la precipitación no muestra patrones de relación tan directos con la topografía como la temperatura (salvo algunas excepciones particulares), por tanto; depende más de la cantidad de datos disponibles y del conocimiento particular de las características y factores que tienen influencia en la distribución de precipitación en las diferentes regiones del país.

En la Figura 3.6 se observan las isoyetas del mapa de 1970 para una región particular del centro del país, se observa que los trazos son generales y suavizados, esto, está directamente relacionado con la cantidad de datos usados ya que es necesario tomar en cuenta que esta serie climática fue la que uso un menor número de estaciones con datos para su elaboración.

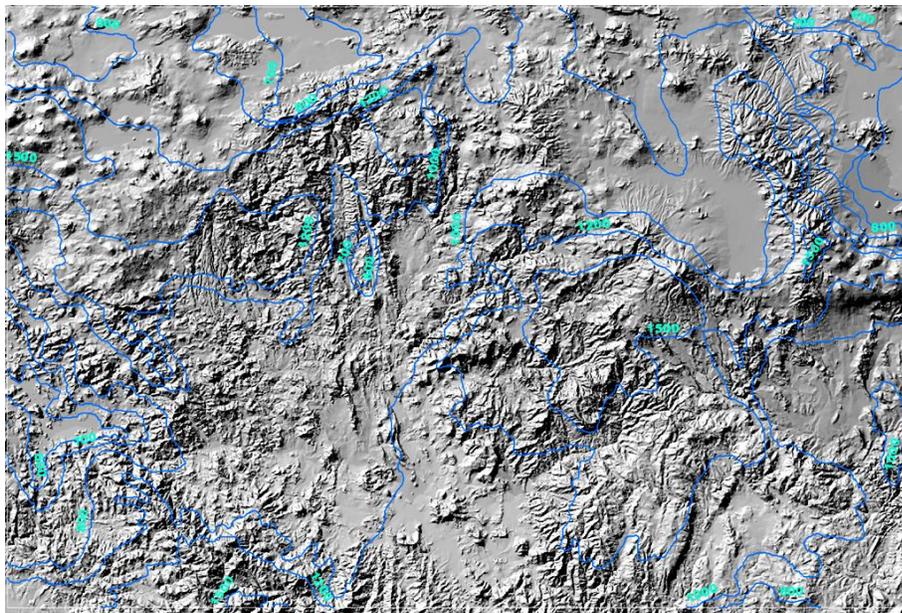


Figura 3.6 Porción del mapa de isoyetas de la serie de mapas climáticos del año 1970

En el segundo mapa, correspondiente a la serie García-Conabio, (Figura 3.7) se observan las isoyetas como límites entre regiones con valores diferentes de precipitación, el trazo es más detallado y es posible identificar regiones regidas por condiciones particulares, se debe considerar que se trazo tomando en cuenta algunos factores, como son la dirección del viento, el relieve y su influencia a través de sombras pluviométricas, el efecto de embalse y el ascenso y descenso orográfico.

En el tercer mapa, correspondiente a la precipitación total anual elaborado por INEGI (Figura 3.8) las isoyetas fueron trazadas y calculadas con base en los factores que influyen la distribución de lluvias en el país.

Con los análisis visuales anteriores se obtuvieron las siguientes conclusiones y planteamientos respecto a las tres series climáticas:

- La escala más grande de representación correspondiente a la serie climática de 1970 no contiene información más detallada o precisa respecto a las otras dos series a pesar de las características cartográficas determinadas por el tamaño de representación.
- El nivel de información está directamente relacionado y depende en gran medida del conocimiento de los elementos y los factores que tienen influencia en la distribución de los diferentes elementos climáticos en el país.
- Las diferencias en las claves climáticas en las mismas regiones para las tres series demuestra la variación en cuanto a los métodos y disponibilidad de información al momento de elaborar los mapas. Los mapas nos brindan en general clasificaciones similares y de acuerdo al conocimiento de los lugares y los datos climatológicos disponibles se profundiza agregando información característica a la clave climática.
- Los mapas de isotermas, reflejan en las tres series el comportamiento general de la temperatura y su relación con factores como la altitud y la complejidad topográfica. De manera general se consideran los tres como fuentes de información confiable.
- En los mapas de isoyetas no se observa una relación o similitud espacial entre las tres series de mapas, como la hay entre los de temperatura y climas, esto por el complejo comportamiento de las lluvias en México.

3.2 Datos climatológicos.

En sentido estricto, se suele definir el clima como 'promedio del estado del tiempo' o, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades de interés durante períodos de tiempo que pueden ser de meses a miles o millones de años. El período normal es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Dichas cantidades son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento), aunque en un sentido más amplio el 'clima' es una descripción (incluso una descripción estadística) del estado del sistema climático (IPCC, 2002).

En la tabla 3.5, se muestran los períodos óptimos para distintos elementos y regiones (Orellana, *et. al.* en Bautista, *et. al.*, 2004).

Las variables que comúnmente se utilizan son la temperatura media del aire y la humedad, expresada en cantidad de precipitación pluvial. Estadísticamente se ha

considerado que veinte años de lecturas son suficientes para que se tenga un promedio estandarizado (al que se le denomina normal climatológica) (*ibíd.*).

Tabla 3.5 Número de años de observación, según rasgo del relieve.

Elemento del clima	Islas	Costas	Llanuras	Montañas
Temperatura	10	15	15	25
Humedad	3	6	5	10
Nubosidad	4	4	8	12
Visibilidad	5	5	5	8
Precipitación	25	40	40	50

Fuente: Orellana, *et. al.* en Bautista, *et. al.*, 2004.

Hay dos tipos de sitios de observación: las estaciones meteorológicas y los observatorios. Los tipos de aparatos y las formas de lecturas están dados de forma convencional en todo el mundo de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial OMM.

Los estudios referentes al clima dependen de datos observacionales históricos obtenidos de fuentes adecuadamente distribuidas por todo el país. En particular, es de la mayor importancia que los datos obtenidos en ubicaciones y momentos diferentes sean o puedan ser comparables (*ibíd.*).

La serie de mapas que utilizó más estaciones fue la de García-Conabio, y la que tuvo un menor número fue la serie de 1970; por tanto, se considera que la serie de 1998 es superior en cuanto a información por el hecho de contar con un número mayor de datos reportados en puntos sobre la superficie del país, también es importante resaltar que dicha serie climática fue la que utilizó la mayor cantidad de estaciones con períodos de observación más largos lo que fortalece la premisa de que es un mapa de mayor nivel de información. Se debe tomar en cuenta que los mapas se elaboraron en períodos de tiempo diferentes y por lo tanto la información disponible de los sitios de observación meteorológica es también diferente.

De acuerdo con el reglamento técnico de la OMM (WMO No. 49, 1988) la densidad de las estaciones debe ser la siguiente:

- Las estaciones terrestres principales no deberán distar entre sí más de 150 km.
- Las estaciones terrestres de observación en altitud no deberán distar entre sí más de 300 km.

Para analizar la calidad de la información de cada serie es importante analizar también la distribución de las estaciones utilizadas; para describir esta cuestión se elaboraron (a partir de los mapas digitales de estaciones de cada serie), mapas que muestran la densidad de los centros de observación usados para las diferentes series climáticas. Según la OMM las estaciones meteorológicas deben estar localizadas en sitios

donde los cambios en el uso de suelo y la vegetación no sean tan significativos en una distancia de entre 30-50 km en torno a la estación (*ibíd.*); con base en este criterio se elaboraron mapas con una cuadrícula de 30km x 30km que cubren todo el país, se sobrepusieron los archivos digitales de estaciones de cada serie, posteriormente se calculó la densidad para cada sección de la malla (cuadro), esto es, la cantidad de estaciones que se ubicaron dentro de cada celda; finalmente, se creó un mapa nacional para cada serie con los resultados de las sumas de las estaciones, los cuales fueron establecidos en un campo (*count*) de la tabla de atributos de cada archivo digital.

Para representar la variación en cuanto al número de estaciones se asignaron intervalos de valores con los campos que contienen la densidad, a cada intervalo se le asignó un color para facilitar la identificación de regiones con densidades diferentes.

Los intervalos se unificaron para los tres mapas de densidades, con el fin de facilitar la comparación entre ellos, se tomó como base el mapa 1: 500, 000 cuyo máximo valor es 8 estaciones por celda, por tanto, los rangos y colores para ese mapa quedaron asignados como lo muestra la figura 3.9.

Los mapas de E-García y de INEGI presentan valores de hasta 35 y 36 estaciones respectivamente, sin embargo, el último rango se generalizó con valores mayores a 7 estaciones, para poder comparar los mapas con el de 1970, los intervalos para los dos mapas 1:1000 000 se asignaron como se observa en la figura 3.10

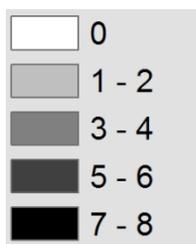


Figura 3.9. Rangos de valor para las estaciones de los mapas de 1970.

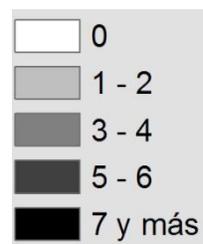
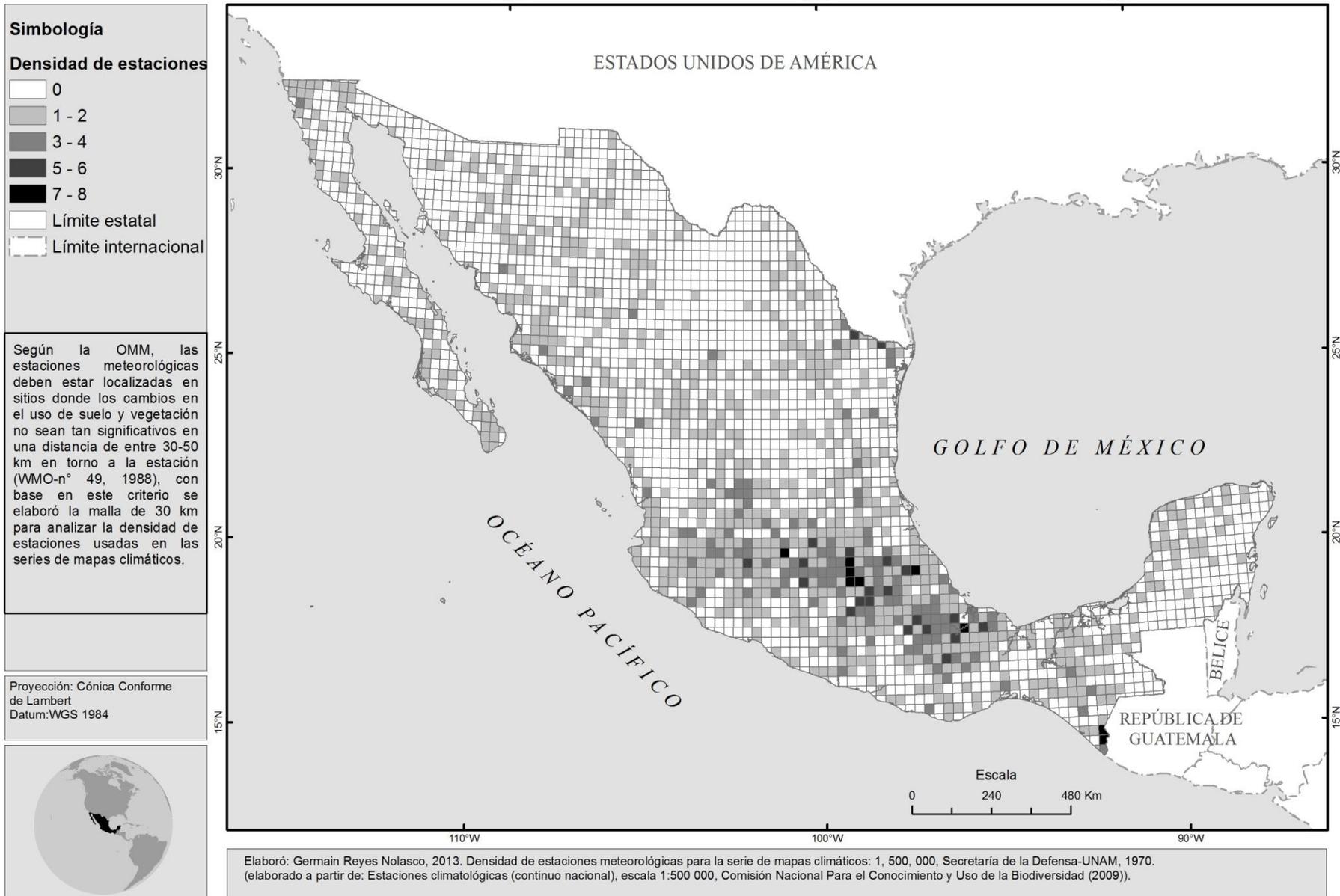


Figura 3.10. Rangos de valores para los mapas García Conabio e INEGI.

A continuación se presentan los mapas de densidades de estaciones para los mapas de la serie Secretaría de la Defensa-UNAM 1970 figura 3.11, para la serie García-Conabio figura 3.12 y para la serie de INEGI figura 3.13.

Densidad de estaciones meteorológicas para la serie de mapas climáticos: 1, 500, 000, Secretaría de la Defensa-UNAM, 1970



Elaboró: Germain Reyes Nolasco, 2013. Densidad de estaciones meteorológicas para la serie de mapas climáticos: 1, 500, 000, Secretaría de la Defensa-UNAM, 1970. (elaborado a partir de: Estaciones climatológicas (continuo nacional), escala 1:500 000, Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2009)).

Figura 3.11. Densidad de estaciones meteorológicas, mapas de la Secretaría de la Defensa-UNAM 1970.

Densidad de estaciones meteorológicas para la serie de mapas climáticos: 1, 1000, 000, Enriqueta García-Conabio, 1998

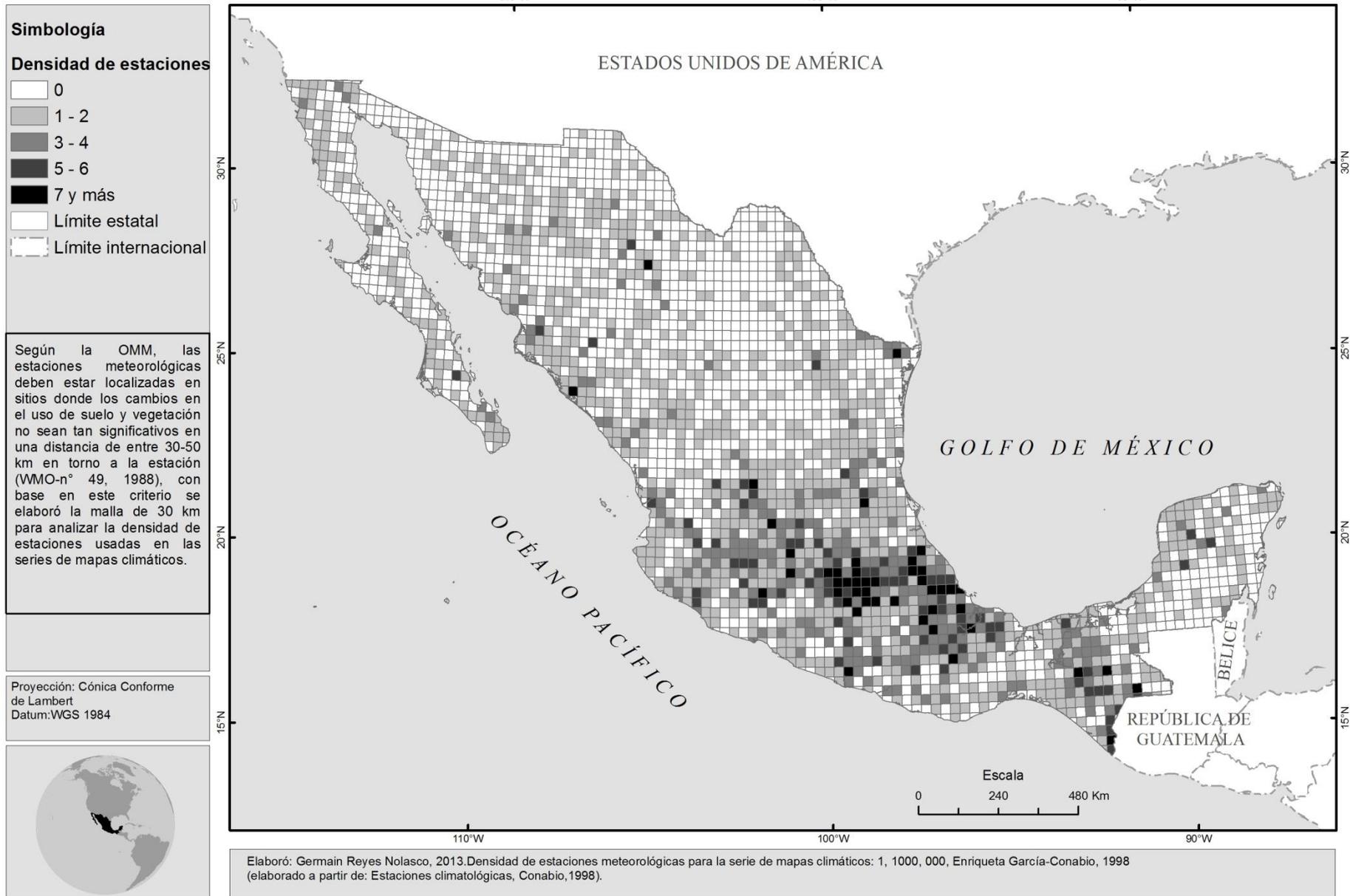


Figura 3.12. Densidad de estaciones meteorológicas usadas en el mapa García- conabio.

Densidad de estaciones meteorológicas para la serie de mapas climáticos: 1, 1000, 000, INEGI 1980 (SERIE I)

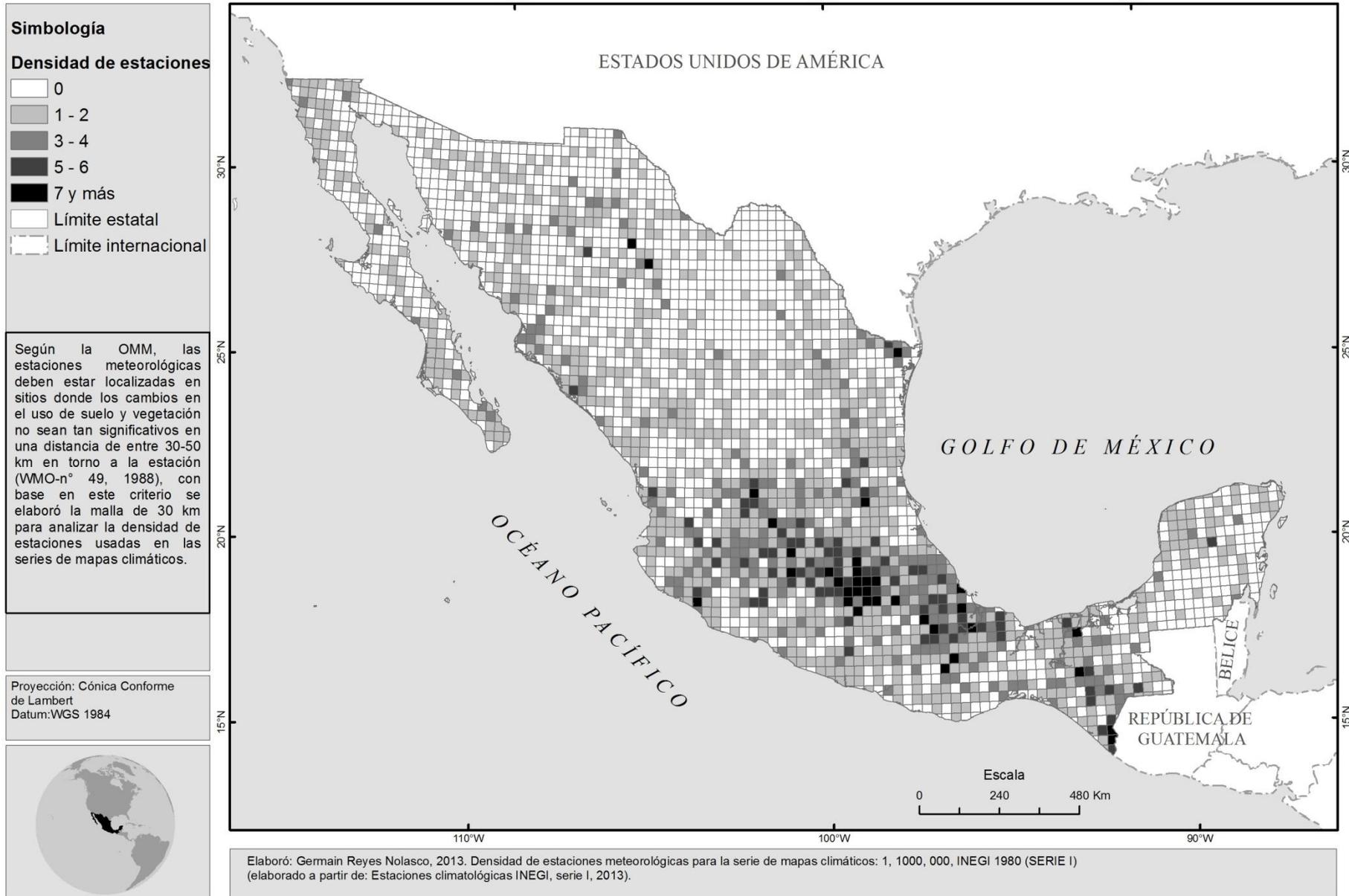


Figura 3.13. Densidad de estaciones meteorológicas, mapa INEGI.

Como se observa en los mapas, el patrón de distribución en México de las estaciones ha sido generalmente el mismo, se han concentrado en la región central del país y las regiones de menos accesibilidad han quedado rezagadas, por dificultad geográfica para establecer centros de observación en lugares con condiciones extremas como el desierto de Sonora y en regiones montañosas tanto de la sierra madre oriental como la occidental.

Con estos mapas es posible identificar regiones con un mayor nivel de calidad en cuanto a los datos, ya que en regiones con una densidad alta de estaciones se dispone de mayor información que facilita el cálculo de los valores necesarios para elaborar los mapas y da a estas regiones una mayor respaldo y certeza a la información.

A partir de los mapas de densidades se elaboró una gráfica Figura 3.14 para mostrar la concentración de valores de acuerdo a cada uno de los rangos y la superficie aproximada del territorio nacional con los valores de densidad de las estaciones.

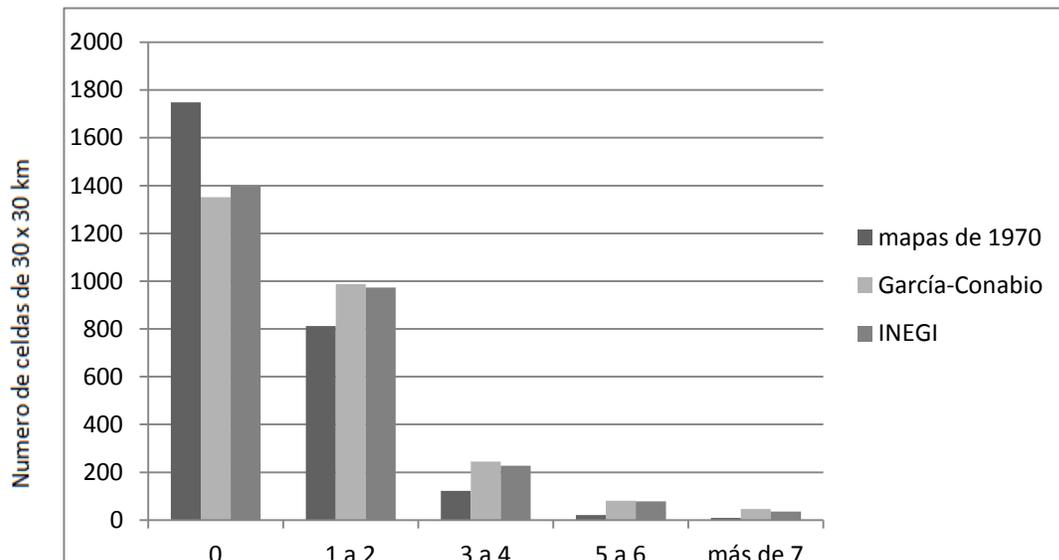


Figura 3.14. En el eje de las y se presenta la cantidad aproximada de celdas y en las x los rangos de los valores de cada serie climática.

3.3. Representación cartográfica.

En este tema se profundiza sobre las formas de representación de las variables atmosféricas en las tres series de mapas y la manera en que dicha representación influye en la calidad y cantidad de información que brinda cada una.

En primer lugar se analizan los mapas impresos de las tres series; posteriormente los mapas digitales que actualmente han tomado una enorme importancia en los estudios geográficos debido a las ventajas que representa poder manipular y analizar información espacial a través de los SIG. Es importante señalar que en el presente trabajo se anexan los archivos digitales de las series descritas y analizadas en formato *Shapefile*; además, el anexo 1 contiene los metadatos de las coberturas temáticas en formato digital.

Los mapas impresos tienen características particulares de representación, las cuales se resumen y enlistan en la tabla 3.6; en el capítulo 2 se describe de manera profunda las peculiaridades de los mapas impresos y en los análisis posteriores se profundiza en las características de los mapas digitales.

Tabla 3.6 Características de representación de las series de mapas climáticos.

SERIE	NÚMERO DE SERIES TEMÁTICAS	FORMA DE REPRESENTACIÓN	
1970- Secretaría de la Presidencia- UNAM	1 serie de mapas impresos (45 hojas) con coberturas temáticas de isotermas medias anuales, isoyetas medias anuales, regiones climáticas y la representación de estaciones con símbolos puntuales.	Impreso por hojas.	Digital
		Isotermas con líneas color rojo	Mapa nacional de isotermas medias anuales en formato vectorial (shapefile) con geometría tipo línea.
		Isoyetas color azul	Mapa nacional de isoyetas medias anuales en formato vectorial (shapefile) con geometría lineal
		Regiones climáticas definidas por colores y símbolos (achure)	Mapa nacional de regiones climáticas en formato vectorial geometría de polígonos
		Estaciones con símbolos puntuales	Mapa nacional de estaciones meteorológicas en formato vectorial con geometría tipo punto
García- Conabio, 1998	3 series de mapas impresos, 16 hojas cada una. <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura media anual (isotermas) • Precipitación total anual (isoyetas) • Climas En las tres series aparecen las estaciones representadas con símbolos puntuales.	Impreso por hojas.	Digital.
		Isotermas con líneas color negro diferenciadas por grosor, maestras y secundarias.	Mapa nacional de isotermas medias anuales con valores de temperatura en rangos, en formato vectorial (shapefile), con geometría tipo polígono, que definen las regiones térmicas
		Isoyetas con líneas color negro diferenciadas por grosor, maestras y secundarias.	Mapa nacional de isoyetas con valores de precipitación total en rangos, en formato vectorial (shapefile), con geometría tipo polígono.
		Regiones climáticas definidas por colores y símbolos (achure)	Mapa nacional de regiones climáticas en formato vectorial geometría de polígonos
		Representación de estaciones meteorológicas con símbolos puntuales	Mapa nacional de estaciones meteorológicas en formato vectorial con geometría tipo punto
Serie INEGI 1980.	3 series de mapas impresos, 8 hojas cada una. <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura media anual (isotermas) • Precipitación total anual (isoyetas) • Climas En las tres series aparecen las estaciones representadas con símbolos puntuales.	Impreso por hojas	Digital
		Isotermas con líneas color negro y regiones entre isotermas en colores de acuerdo a rango de temperatura.	Mapa nacional de isotermas medias anuales en formato vectorial (shapefile) con geometría tipo línea.
		Isoyetas con líneas color negro y regiones entre isoyetas en colores de acuerdo a rango de precipitación.	Mapa nacional de isoyetas medias anuales en formato vectorial (shapefile) con geometría lineal
		Regiones climáticas definidas por colores y símbolos (ashure)	Mapa nacional de regiones climáticas en formato vectorial geometría de polígonos
		Representación de estaciones meteorológicas con símbolos puntuales	Mapa nacional de estaciones meteorológicas en formato vectorial con geometría tipo punto

Fuente: elaboración propia con base en las series de mapas climáticos.

Mapas de Estaciones meteorológicas.

La serie climática de 1970 tiene la gran ventaja de representar en un sólo documento impreso los tres mapas temáticos y la cobertura de estaciones con las que se elaboraron los mapas, las otras dos series están separadas en coberturas temáticas, de hecho; están complementadas con otros mapas temáticos que no se describen en el presente trabajo pero que completan las series referidas a temas climáticos.

La representación de las estaciones meteorológicas en los mapas, sirve como base para efectuar el trazo de los límites climáticos y las isolíneas sobre los mapas topográficos base, en realidad no se considera como una cobertura temática, sino como la fuente de la información para elaborar los mapas, sin embargo; contar con la información de las estaciones y sus valores de temperatura y precipitación pueden servir para análisis posteriores o complementar información de determinada región.

En los mapas impresos como se mencionó en el capítulo 2, se representan las estaciones con símbolos que las diferencian de acuerdo al periodo de años con datos con que ese elaboraron los mapas, la clave numérica de cada estación y los valores promedio de temperatura y precipitación de cada estación. Como información complementaria, en la serie de mapas de INEGI y de 1970 se presentan en la parte posterior los valores promedio de las estaciones que aparecen en cada mapa en forma de histogramas por si es necesario obtener información más detallada de alguna región en particular.

Las coberturas digitales de estaciones de las tres series de mapas, fueron obtenidas por diferentes medios y sus tablas de atributos (*archivos dbf*) contienen campos con información diferente. En el anexo 1 (metadatos de los mapas climáticos digitales) se profundiza sobre las características detalladas de los campos de los archivos digitales.

Mapa digital de estaciones 1:500 000, 1970.

Fue obtenido a través de la digitalización de los mapas, se creó la cobertura de puntos como una capa temática más, las estaciones localizadas en cada carta se digitalizaron y se creó un archivo digital shapefile de puntos, en el archivo de base de datos *dbf* se capturó la información de las estaciones. Como se describió en el capítulo 2 al final del proceso se unieron los archivos digitales para crear una sola cobertura nacional.

El proceso de captura de los puntos que representan las estaciones no siguió un orden determinado, y fue elaborado por diferentes personas en diferentes periodos temporales, por lo que presenta algunos errores, principalmente la omisión de la captura de algunas estaciones, debido en parte a la similitud de los símbolos que las representan y los que a su vez identifican a las localidades. (Figura 3.15).

digital y su correspondiente base de datos son producto de la unificación, y depuración de diferentes bases de datos.

Los campos del archivo digital contienen la información siguiente:

EDO. Clave numérica del estado donde se localiza la estación.

CLAVE. Clave de la estación y del estado.

NOMBRE. Nombre de la estación.

ALTITUD. Elevación sobre el nivel del mar de la estación.

ANUAL_T. Temperatura anual reportada por la estación.

ANUAL_P. Precipitación total anual registrada por la estación.

P_T. Cociente conocido como índice de Lang. La precipitación total anual entre la temperatura media anual.

ZPI. Porcentaje de precipitación invernal.

OSC. Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales.

CLIMA. Clave climática de la estación meteorológica.

LONG. Grados de longitud

LONM. Minutos de de longitud

LONS. Segundos de longitud

LONGITUD. Longitud en coordenadas decimales

LATG. Grados de latitud.

LATM. Minutos de latitud

LATS. Segundos de latitud.

LATITUD. Latitud en coordenadas decimales.

HOJA. Abreviatura de la hoja donde se localiza la estación.

FUENTE. Letra para diferenciar las fuentes de los datos: a, n, r.

DESP_FUENTE. Descripción completa de la fuente y período de datos de cada estación.

a: Estaciones de la CFE, y en Yucatán de la CNA, hasta 1994.

n: Estaciones meteorológicas con más de 15 años de datos principalmente del SMN.

r: Estaciones con menos de 15 años de datos, cartas de climas 1:1000000 y cartas de aguas superficiales de 1:250000 de INEGI.

Mapa digital de estaciones serie 1:1000 000 INEGI.

La información fue solicitada de manera directa al INEGI y proporcionada por el Departamento de Regionalización Climática de Aguascalientes.

El archivo de estaciones se recibió en formato *pdf*, con las coordenadas en grados y minutos y con datum NAD27, se realizó una transformación a coordenadas decimales y a datum WGS84 para homogeneizar la información digital de las series climáticas.

El archivo se convirtió a *dbf* y posteriormente a *shapefile*, con la información siguiente:

Figura 3.17. Los campos con información de las estaciones aparecen sombreados.

ID_ESTADO. Clave numérica del estado donde se ubica la estación.

ID_ESTACIO. Clave numérica de la estación

NOM_ESTACI. Nombre de la estación.

LATITUD_GR. Grados de ubicación de la estación.

LATITUD_MN. Minutos de latitud de ubicación de la estación.

LONG_GR. grados de longitud de ubicación de la estación.

LONG_MN. Minutos de longitud de ubicación de la estación.

ALTITUD. Altitud metros sobre el nivel del mar de la estación.

CLASE_EST. Tipo de estación climatológica:

AGRO-CLIMATOLOGICA, OBSERVATORIO, PLUVIOMETRICA, TERMO-PLUVIO, TERMO-PLUVIO-EVAP.

ORGANISMO. Institución encargada de la estación: CAAES, CEAF, CFE, CFE-SRH, CILA, CILA-CMN, CILA-SRH, FCSP, FCSP-SRH, FFCC, SMN, SMN-CFE, SMN-FCSP, SMN-SRH, SMN-UG, SRH.

LATDD. Fueron agregados en el proceso de elaboración de esta tesis y corresponde a la latitud en grados decimales de la estación.

LOG_DD. Fueron agregados en el proceso de elaboración de esta tesis y corresponde a la latitud en grados decimales de la estación.

Los mapas de isolíneas impresos han sido descritos en el capítulo 2 y se considera que la forma en cómo fueron trazadas es la ideal para representar las

diferentes regiones con patrones similares de la distribución de lluvias y temperatura, a continuación se explican las diferencias de la información en los mapas digitales.

Existen diferentes tipos de isolíneas basadas principalmente en el período y cantidad de datos utilizados para definirlos; así, para el caso de las temperaturas: isotermas medias diarias, isotermas medias mensuales ó isotermas medias anuales, y las isoyetas medias mensuales e isoyetas medias anuales.

Isoyetas e isotermas medias anuales, serie 1: 500 000.

Estas dos capas vectoriales fueron digitalizadas para obtener los archivos *shapefile* a nivel nacional. Contienen como información principal el valor de cada isolínea; en el caso de las isoyetas los valores de precipitación en mm y en las isotermas, los de temperaturas en °C. Como se mencionó anteriormente, las isolíneas permiten la delimitación de regiones con características particulares, así; con los mapas digitales, es posible seleccionar las líneas de interés de determinada área y sobreponer esta información o realizar procesos para obtener la información deseada.

La información de cada línea se capturó de forma paralela al proceso de digitalización en la tabla asociada al archivo digital en los siguientes campos; para las isotermas medias anuales:

ISOTERMAS: El campo contiene los valores de las isolíneas con un intervalo de 2 ° C excepto entre los 4 y 6 grados donde existe un valor intermedio de temperatura de 5 °C, las líneas con valores 9999 representan el contorno del país.

La cobertura digital de isoyetas contiene la información de la precipitación en el campo:

ISOYETAS: Los valores de precipitación se presentan en valores de mm de lluvia y parten de la isolínea con el valor más bajo correspondiente a 50mm, la siguiente de 100mm, se mantiene un intervalo constante de 100mm hasta los 1500mm; posteriormente el intervalo se incrementa a 500mm teniendo como máximo 4500mm, al igual que las isotermas los valores de 9999 corresponden al contorno del país.

Isoyetas e isotermas medias anuales, 1:000 000 García-Conabio.

Estos mapas digitales tienen un formato diferente que el de las otras series climáticas; la información no se presenta como líneas con su respectivo valor, sino que se delimitan áreas con rangos de valores de temperatura y cantidades de precipitación anual en forma de polígonos.

Esta es una diferencia importante y significativa, ya que la información presentada de esta manera facilita la identificación, delimitación y selección de zonas con patrones de temperatura y precipitación definidos. Para las isotermas, existen dos campos que contienen información temática de la capa:

TA_RANGO: Contiene los valores de las zonas delimitadas por las líneas, los rangos están divididos cada 2° C, excepto para el rango de temperatura que va de los -2°C a los 5°C, el de 5°C a 6 °C y el rango mayor que corresponde a temperatura mayores de 28°C.

TA_ZONA_T: Contiene la correspondencia de zona térmica para las regiones delimitadas por las isolíneas. Son: Muy frío, frío, semifrío, Templado, semicálido, cálido y muy cálido.

El mapa digital de isoyetas presenta la información de rangos de precipitación en el siguiente campo:

PRECI_RANG: las isoyetas que definen regiones presentan 19 intervalos diferentes de precipitación.

Isoyetas e isothermas medias anuales, serie 1:1000 000 INEGI.

Los mapas digitales están a disposición del público en general en el sitio web de INEGI, se descargan en formato *shapefile* y contienen los valores de temperatura y precipitación de las isolíneas trazadas con los datos climatológicos.

Los mapas de isothermas contienen la información de temperatura en el archivo *dbf* asociado al *shapefile* en el siguiente campo:

CLAVE: Los valores de las isothermas se presentan cada 2°C, inician en 2°C, y terminan en 30°C, también contiene la clave H2O para los cuerpos de agua y P/E para los límites internacionales del país.

Los mapas de isoyetas medias anuales contienen:

CLAVE: Con valores de precipitación con rangos de 100mm hasta la isoyeta de 800, posteriormente se incrementan en 200m hasta 1000, después cada 100mm hasta la de 1500 y al final se mantiene un rango de diferencia de 500mm hasta la isoyeta de 4500mm, las claves de cuerpos de agua y país extranjero se presentan igual que la cobertura de isothermas.

Los mapas digitales de climas, son los más importantes de las series, resumen en un mapa las condiciones regionales del comportamiento del clima. Los *shapefile* contienen los datos en formato tipo polígono y brindan información diferente como se explica a continuación.

Mapa digital de climas serie 1: 500 000.

Como ya se ha dicho, estos mapas digitales se obtuvieron por un proceso de digitalización y asignación de atributos y características al archivo *shapefile*, el mapa es de polígonos y contiene la información en el siguiente campo:

CLIMAS: Contiene la clave climática según el sistema modificado por García, que define las características climáticas de cada polígono.

Mapa digital de climas, 1:000 000 García-Conabio.

Como parte del proyecto conjunto con Conabio, se entregó el mapa digital de climas con la siguiente información en el archivo *dbf* del *shapefile*:

CLIMA_TIPO: Contiene la clave climática presente en el área del polígono.

DES_TEM: Descripción del clima, de acuerdo a las características de temperatura.

DES_PREC: Descripción del clima, de acuerdo a las características de precipitación.

Mapa digital de climas, serie 1:1000 000 INEGI.

El conjunto de mapas que forman la serie climática de INEGI están disponibles para descargar en formato *shapefile* en el sitio web de la institución, el mapa digital brinda la siguiente información:

CLAVE: abreviatura del tipo de clima presente en la región.

TIPO: Características del clima de acuerdo a patrones de temperatura y humedad.

En la representación cartográfica de las variables climáticas es muy importante tomar en cuenta el período temporal de elaboración de los mapas, así como la cantidad y calidad de información y las herramientas tecnológicas con las que se llevó a cabo el proceso de creación de las series; así, se plantea que las tres series cumplen la función de los mapas temáticos basada principalmente en la expresión de la información de manera legible clara y precisa, sin embargo, de acuerdo a los años en que se elaboró cada serie se encuentra que la información que presentan las series de INEGI y García Conabio son por los métodos tecnológicos (usos de SIG) y correcciones de las bases de datos de manera semiautomática; más completas y con una mayor cantidad de información que la serie de 1970.

Los mapas impresos son complementarios en cada serie y poseen la posibilidad de comparar con otros para hacer análisis temporales o ante la necesidad de corroborar y/o complementar información; presentan algunas diferencias en cuanto al uso de colores y símbolos pero de manera general siguen el mismo patrón de representación y, por tanto, dichos signos, datos explicativos, así como leyendas y cuadros complementarios se consideran como completos y adecuados en todos las series.

Respecto a la información digital, la facilidad de manipular y combinar información a través de los SIG los hace poseer muchas ventajas respecto a los impresos, con lo descrito de los mapas digitales en secciones anteriores se observa que las capas digitales escala 1: 1000 000 brindan una cantidad mayor de información que las de la serie de 1970, y entre ellos, los pertenecientes a la serie García-Conabio se presentan como una fuente completa de información.

Actualmente la ventaja del manejo de información digital amplía el abanico de oportunidades de aplicación de la información sin embargo, los mapas impresos

permanecen como una fuente confiable de información, pero presentan la desventaja y dificultad de poder obtener los ejemplares completos de las series, para ello es necesario acudir a centros de documentación e información especializados o lugares de consulta de cartografía con el riesgo de que las series no cuenten con todos los ejemplares.

La base topográfica sobre la que se elaboraron permite la relación directa de los factores climáticos con sus factores modificadores como el relieve, en este sentido se considera que la serie de INEGI por representar el contenido temático con un porcentaje de transparencia sobre el mapa topográfico integro, permite encontrar de manera más clara y sencilla estas relaciones , las otras dos series solo presentan de manera general algunas características tomadas de los mapas base, como poblados y rasgos hidrológicos importantes.

La información adicional que cada mapa aporta es de suma importancia ya que puede ser utilizada como fuente de consulta o como complemento de la información representada en el mapa. El disponer de los datos climáticos de las estaciones puede complementar bases de datos propias ó servir para hacer análisis climáticos temporales de determinadas regiones. En este sentido, las tres series de mapas contienen en sus formatos impresos datos complementarios del sistema de clasificación utilizado, información explicativa para comprender el mapa y datos adicionales de las estaciones que aparecen en cada carta, como climogramas para los mapas de 1970, y gráficas con los datos respectivos de temperaturas precipitación y climas para las series escala 1:1000000.

Siguiendo el proceso de jerarquización de características de los mapas para determinar un diagnóstico de cada serie, se recurrió a una evaluación de los criterios (características y/o elementos). En esta etapa se construyó una tabla de comparación donde se estima el nivel de información de acuerdo a criterios y estándares cartográficos. La tabla fue elaborada a partir de una escala de valor (Tabla 3.7) donde los valores más cercanos al número 1 representan niveles de información adecuada y completa por un correcto cumplimiento de normas cartográficas y de representación temática.

Tabla 3.7 Escala de valor para construir la matriz de comparación de los elementos de las series de mapas climáticos.

Escala de valores	Definición
1	Mayor cantidad de información por cumplimiento adecuado de normas cartográficas y contenido.
0.75	Satisfactorio. Cumple con la mayoría de normas, y transmite una buena cantidad de información
0.5	Intermedio, los criterios son cumplidos de manera parcial y la información se puede utilizar como fuente auxiliar.
0.25	Mínimo, la calidad de la información y los requerimientos son cumplidos en un porcentaje muy bajo.
0	Malo. No cumple con estándares cartográficos y la cantidad de información transmitida es de mala calidad.

Con la escala de valores se elaboró la tabla de comparación de cada una de las características (criterios) que definen el nivel de información de cada serie climática (tabla 3.8).

Tabla 3.8 Tabla de comparación entre series de mapas climáticos.

INFORMACIÓN IMPRESA	SERIE DE MAPAS DE 1970	SERIE DE MAPAS GARCÍA-CONABIO 1998	SERIE DE MAPAS INEGI 1980
ESCALA			
Área mínima cartografiable	1	1	1
Nivel de Detalle de la información	1	1	0.75
DATOS CLIMATOLÓGICOS			
Número de estaciones con datos	0.5	1	0.75
Número de estaciones con datos con más de 20 años de registros (Normales climatológicas)	0.5	1	0.75
REPRESENTACIÓN CARTOGRAFICA			
Uso de símbolos y colores	1	1	1
Información complementaria	0.5	0.75	1
Distribución de la información complementaria (leyenda; cuadros; esquemas, graficas etc.)	0.75	1	1
INFORMACIÓN DIGITAL			
Representación de variables climáticas	1	1	1
Cantidad de atributos con información en las coberturas	0.5	1	0.75
Nivel de detalle de acuerdo a la escala	0.5	1	1
Total	6.25	9.75	9

Se analizaron y clasificaron 3 criterios fundamentales divididos en 7 sub elementos para las series impresas y 3 para las series digitales, en total son 10 características que en este trabajo se presentan como las más importantes y las que determinan el grado de utilidad, de contenido y de certeza de la información presentada en cada serie.

La calificación más alta (suma de valores) la presenta la cartografía de García-Conabio de 1998, por tanto es considerada en este trabajo como la serie más completa y la más recomendable para usar en estudios a nivel regional, la serie de INEGI se presenta también como una fuente completa de información, cumpliendo con la mayoría de criterios cartográficos y con una mayor cantidad de información complementaria en la cartografía impresa. Los mapas de 1970 presentan un valor que la coloca como una fuente de consulta y de complemento de información pero con algunas carencias de información sobre todo en los atributos de los mapas digitales, es de suma importancia esta serie y la información temática es confiable, ciertamente la evolución en cuanto a tecnologías, disponibilidad y cantidad de datos fuente, profundización e información complementaria con que se elaboraron las series 1:1000, 000, la colocan como la de menor contenido y aplicación en este análisis.

Comparación a escala de regiones climáticas.

Para finalizar el diagnóstico y como complemento al análisis, se elaboró, con base en el trabajo "Las regiones Climáticas de México" (Rosalía Vidal Zepeda, UNAM, 2005), donde se plantean 11 regiones con similitudes en los tipos climáticos, (Figura 3.16) y los mapas de densidades de estaciones de cada serie (Figuras 3.11, 3.12, 3.13), una serie de análisis visuales por cada zona para definir el nivel de confiabilidad (coherencia de la información de acuerdo a disponibilidad de fuentes de información) que la información de cada serie de mapas posee de acuerdo a la cantidad de datos que se usaron y su distribución en el territorio; así, se plantea que una mayor cantidad de datos da un respaldo mayor a la información que cada mapa aporta.



Figura 3.16 Regiones Climáticas de México. 1. Noroeste, 2. Golfo de California, 3. Pacífico Central, 4. Norte, 5. Centro, 6. Noreste, 7. Golfo de México, 8. Cuenca del Balsas y Valles de Oaxaca, 9. Pacífico Sur, 10. Sureste, 11. Península de Yucatán. Para profundizar en las características de cada zona ver (Las Regiones climáticas de México, Rosalía Vidal Zepeda, UNAM, 2005).

Región 1. Noroeste

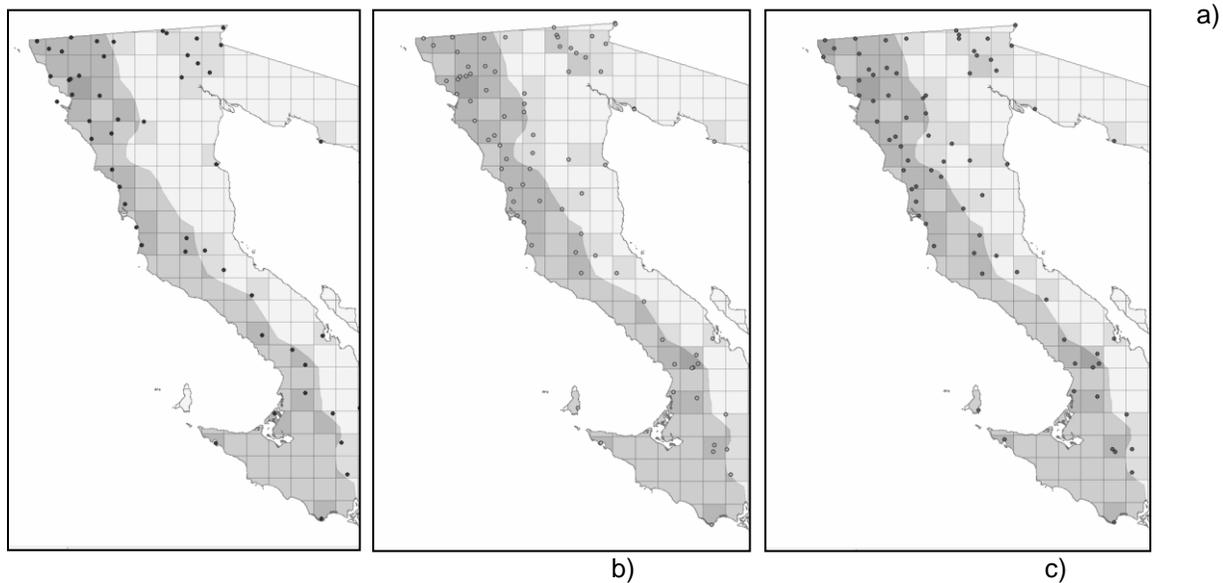


Figura 3.17 a) mapas de 1970, b) serie E- García-Conabio c) serie INEGI.

Región 2. Golfo de California.

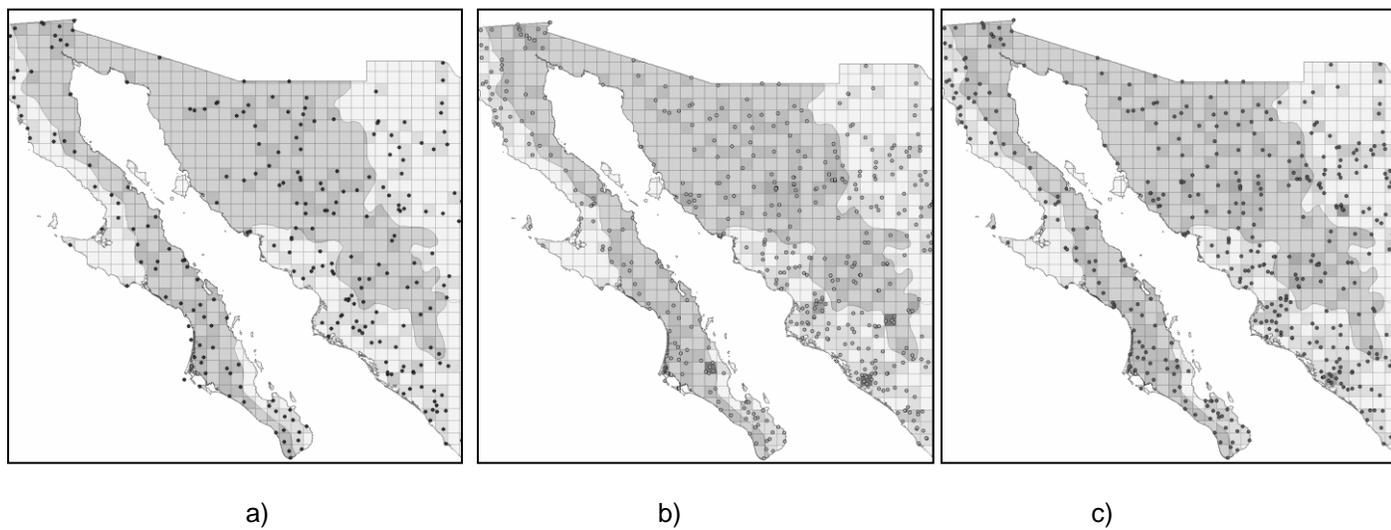


Figura 3.18 a) mapas de 1970, b) serie E- García-Conabio c) serie INEGI.

Región 3. Pacífico Central.

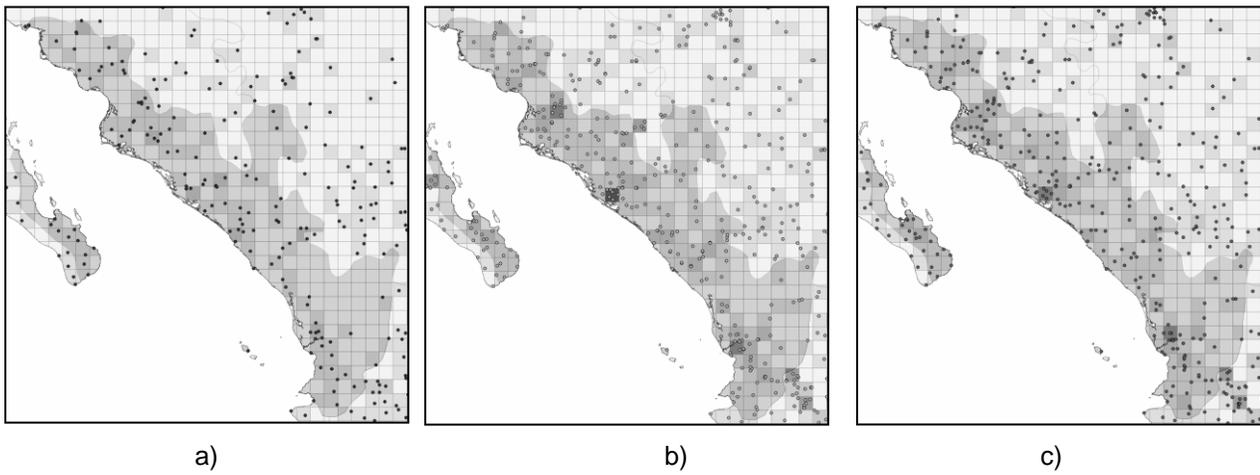


Figura 3.19 a) mapas de 1970 b) serie E- García-Conabio c) serie INEGI.

Región 4. Norte

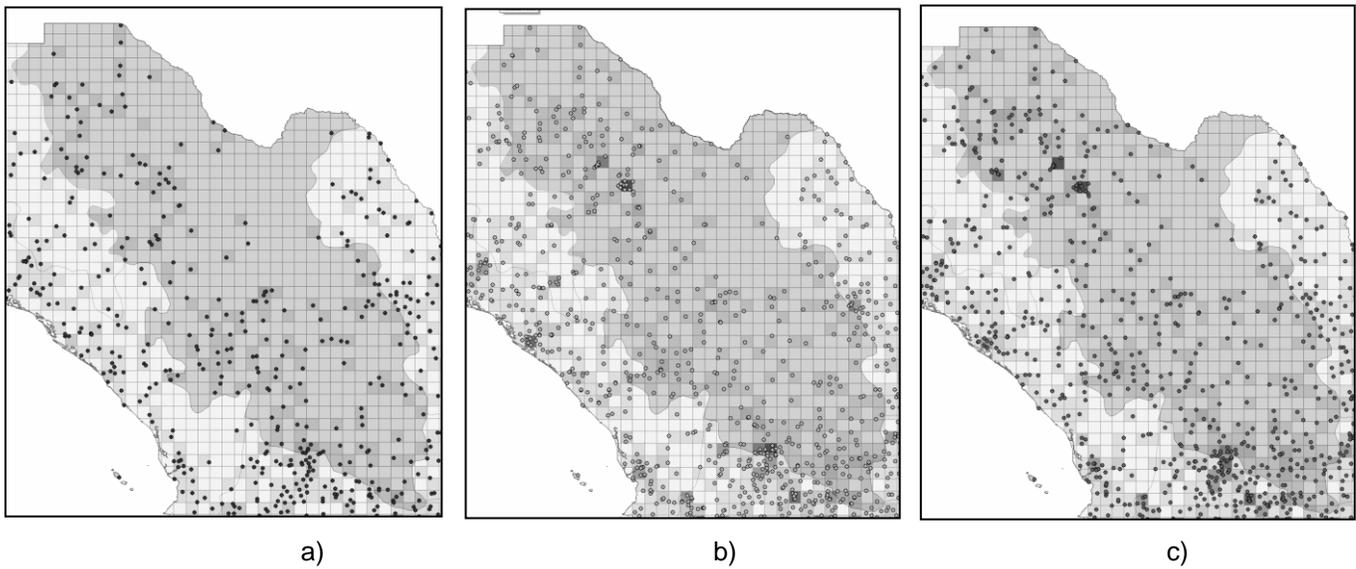


Figura 3.20 a) mapas de 1970 b) serie E- García-Conabio c) serie INEGI

Región 5. Centro.

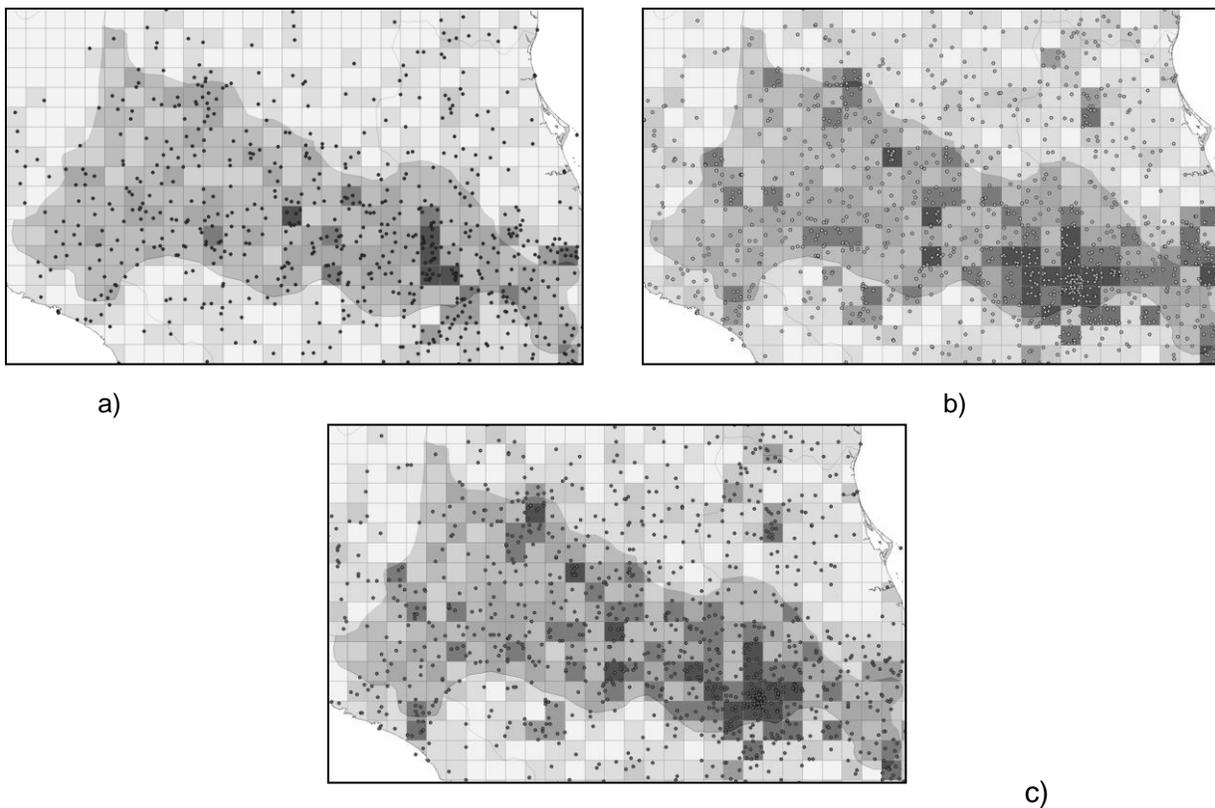


Figura 3.21 a) mapas de 1970 b) serie E- García-Conabio c) serie INEGI.

Región 6. Noreste

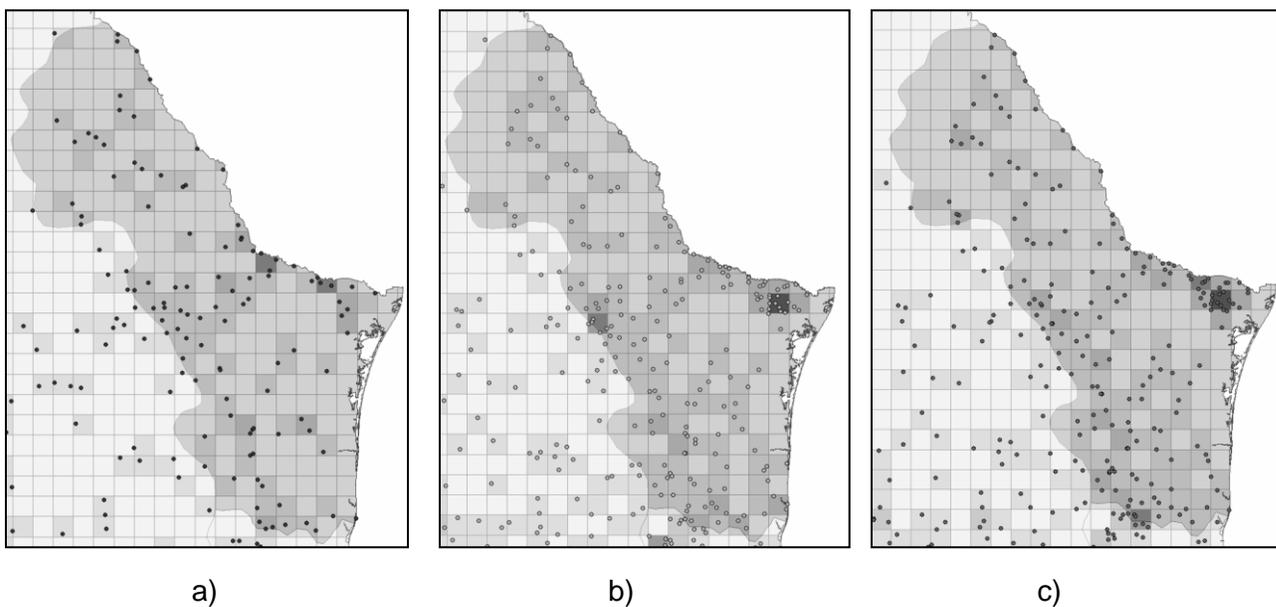


Figura 3.22 a) mapas de 1970 b) serie E- García-Conabio c) serie INEGI.

Región 7. Golfo de México

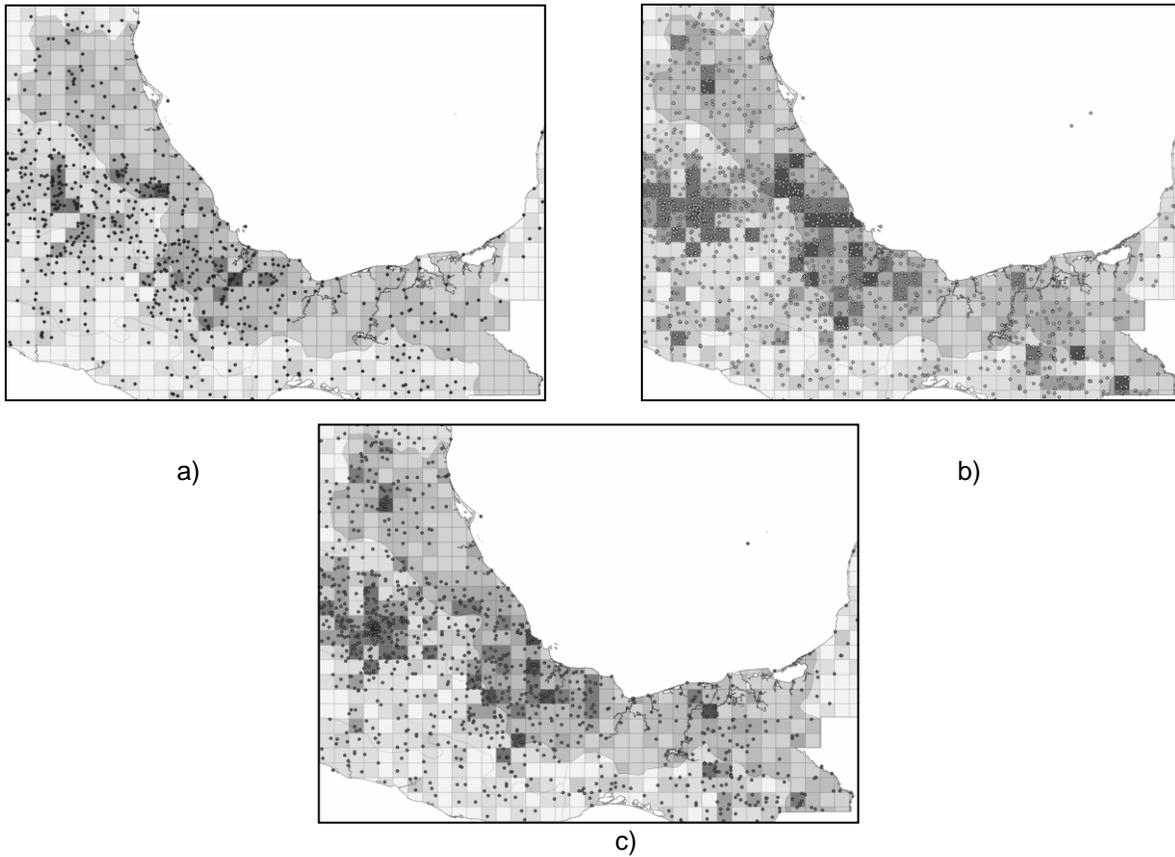


Figura 3.23 a) mapas de 1970 b) serie E- García-Conabio c) serie INEGI.

Región 8. Cuenca del Balsas y valle de Oaxaca

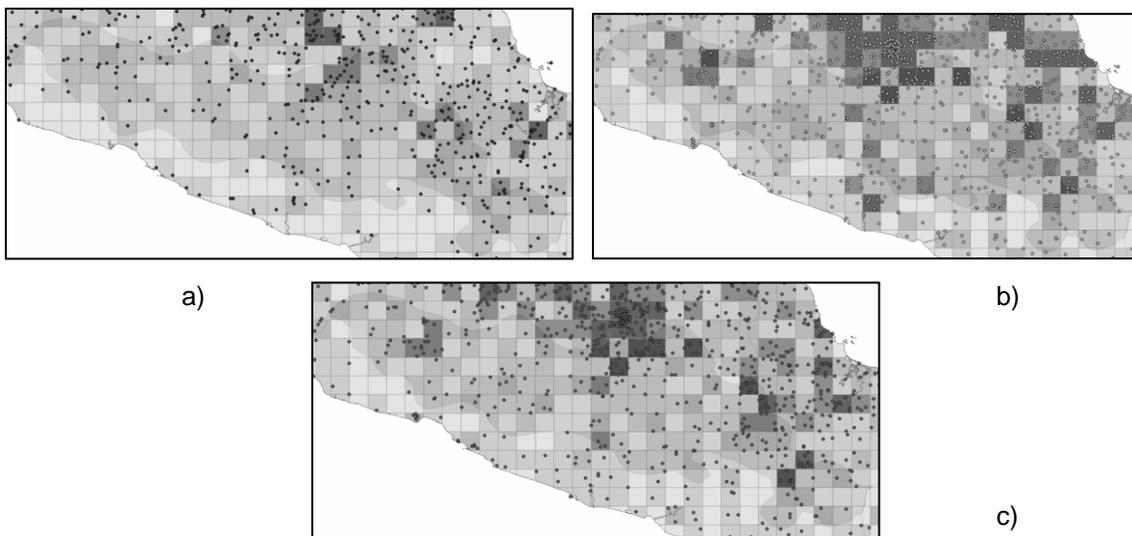


Figura 3.24 a) mapas de 1970 b) serie E- García-Conabio c) serie INEGI.

Región 9. Pacifico Sur.

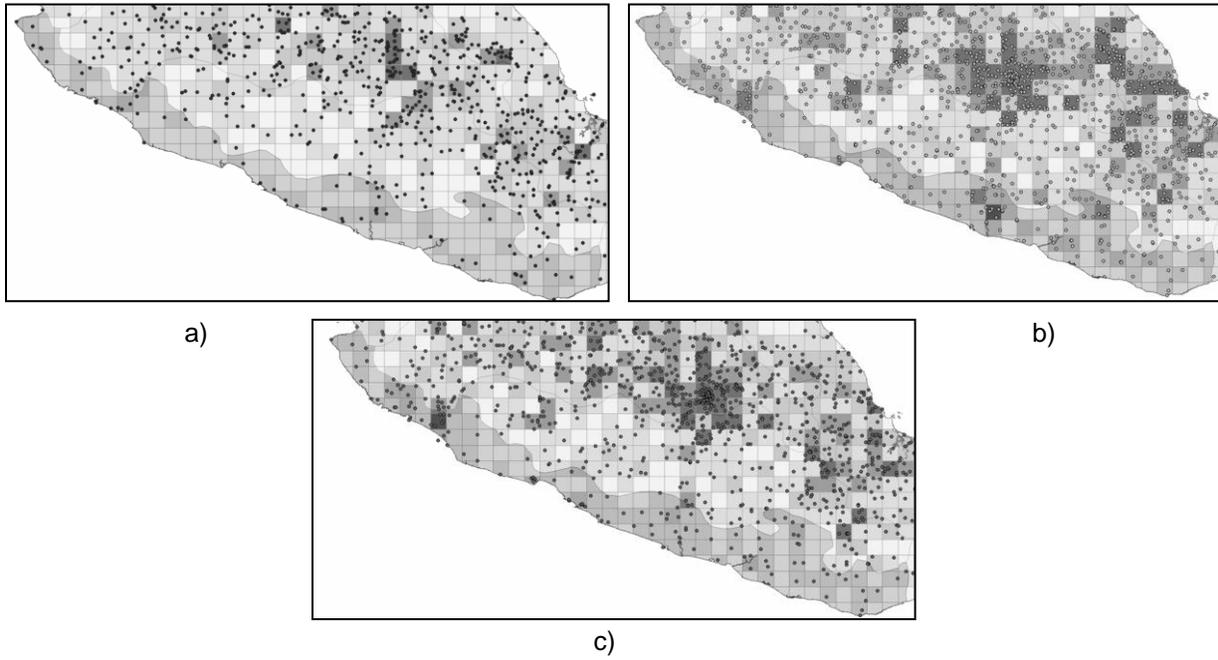


Figura 3.25 a) mapas de 1970 b) serie E- García-Conabio c) serie INEGI.

Región 10. Sureste.

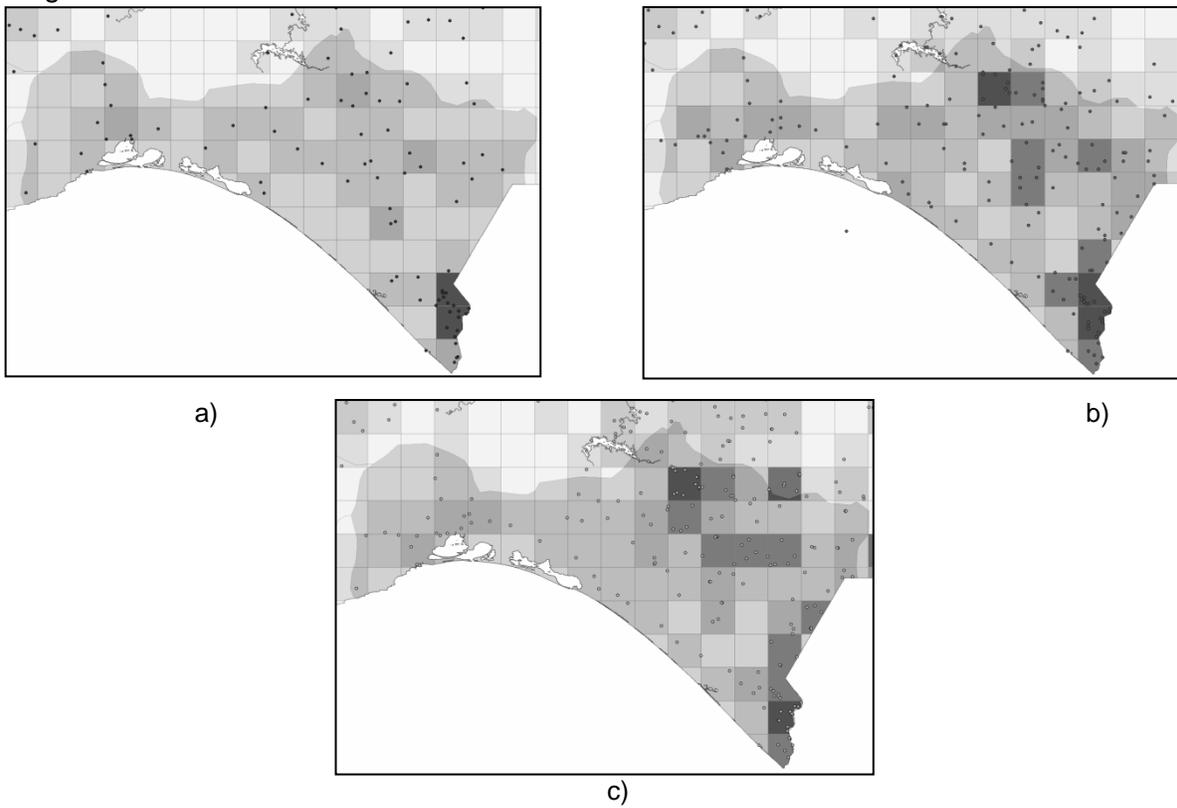


Figura 3.26 a) mapas de 1970 b) serie E- García-Conabio c) serie INEGI.

Región 11. Península de Yucatán.

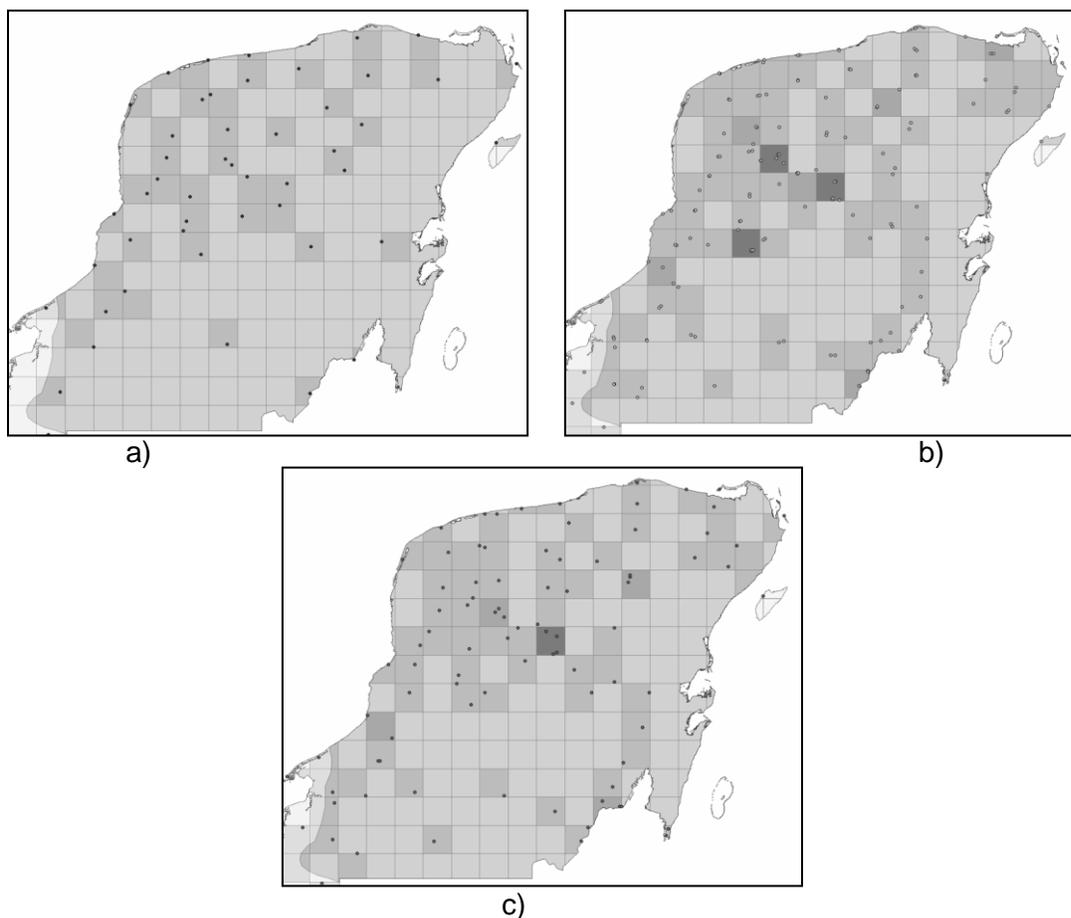


Figura 3.27 a) mapas de 1970 b) serie E- García-Conabio c) serie INEGI.

Con las figuras anteriores se muestra un panorama de cada región con su distribución de puntos de observación sobre el territorio; es posible también identificar las zonas donde hay necesidad de instalar estaciones meteorológicas (hay sitios que por accesibilidad o condiciones orográficas o extremas no es posible o dificultan el establecimiento y toma de datos de manera periódica). Así, al desarrollar algún proyecto o tema de investigación de un área definida, se puede identificar la abundancia o carencia de información y tomar decisiones sobre las fuentes de consulta y análisis para utilizar.

La mayoría de regiones en el territorio necesitan de la instalación de sitios de observación debido a que estas se han concentrado en las regiones pobladas; existe una ausencia notable en sierras, desiertos, islas y lugares de difícil acceso; durante la elaboración de las series climáticas analizadas en el presente documento se recurrió a métodos estadísticos para compensar la carencia de datos en los sitios mencionados, y el propio conocimiento que tienen los factores del clima sobre el comportamiento de las variables. En la tabla 3.9 se presenta una valoración entre las series climáticas de acuerdo a la cantidad de

estaciones que se localizaron en cada una de las regiones climáticas según Vidal (*op. cit.*). Se consideran las áreas con menor cantidad de estaciones con datos, como de baja confiabilidad en la información, los valores intermedios entre las series de mapas con confiabilidad media y las regiones con mayor cantidad de estaciones por región con una alta confiabilidad.

Tabla 3.9 Regiones climáticas categorizadas de acuerdo a la cantidad de estaciones meteorológicas con registro de datos, utilizadas en la elaboración de los mapas de cada serie climática.

Región	Mapas de 1970	Mapas de García-Conabio. 1998	Mapas de INEGI 1980
1. Noroeste	MEDIA 27	ALTA 47	ALTA 47
2. Golfo de California	BAJA 118	ALTA 211	MEDIA 202
3. Pacífico Central	BAJA 106	ALTA 217	MEDIA 210
4. Norte	BAJA 188	MEDIA 360	ALTA 372
5. Centro	BAJA 404	ALTA 691	MEDIA 689
6. Noreste	MEDIA 117	ALTA 176	MEDIA 175
7. Golfo de México	BAJA 258	ALTA 520	MEDIA 442
8. Cuenca del Balsas y Valle de Oaxaca	BAJA 187	ALTA 328	MEDIA 276
9. Pacífico Sur	BAJA 56	ALTA 151	MEDIA 127
10. Sureste	BAJA 73	ALTA 166	MEDIA 154
11. Península de Yucatán.	BAJA 41	ALTA 137	MEDIA 85

Capítulo 4. Aplicaciones de los mapas en estudios de biodiversidad.

En este capítulo final se explican dos aplicaciones importantes de la información climática en estudios de diversidad y distribución biológica de organismos, en primer lugar las regionalizaciones naturales y, posteriormente los estudios de distribución de especies, en particular los modelos de distribución potencial. La descripción de aplicaciones se concentra en el tema de la biodiversidad por la importancia que juega en el conocimiento científico, aprovechamiento y cuidado del capital natural del país. Se pretende justificar la importancia y potencialidad de uso que posee la información climática en estudios de patrones territoriales de los diferentes grupos de organismos. Se plantean también, algunas relaciones entre el clima y biodiversidad y en la parte final se enlistan una serie de aplicaciones de los mapas tratados en la tesis y de la información climática en general para diferentes áreas de conocimiento.

El concepto de diversidad ecológica, o biótica, que hoy se conoce más bien como biodiversidad, es uno de los conceptos fundamentales en el estudio del medio ambiente, desde el punto de vista ecológico y biogeográfico. A menudo, la diversidad se iguala al número de especies presentadas en un ambiente dado. Sin embargo, la biodiversidad no corresponde al número de especies (o, por lo menos corresponde de manera muy aproximada). Un ambiente –o un sistema- tiene un alto nivel de biodiversidad si está integrado por un alto número de especies, y todas ellas tienden a ser igualmente abundantes (Zunino y Zullini 2003).

Los mapas temáticos (como los climáticos), pueden ayudar a analizar la posición, el estado, los cambios y las relaciones que sufren los ecosistemas, a través del tiempo, así como hallar leyes o patrones que puedan ayudar al mejor entendimiento de la distribución de los fenómenos sobre determinado territorio (Carrascal, 2007).

La gran diversidad biológica de México se expresa como un complejo mosaico de distribución de especies y ecosistemas, en el que se observan tendencias geográficas de su riqueza de especies y patrones de acumulación. Esta complejidad biológica está relacionada con la heterogeneidad del medio físico mexicano, que, a su vez, es producto de una historia geológica y climática muy compleja (Conabio, 2008).

En el contexto actual, el país presenta una serie de problemas ecológicos importantes como la destrucción de la variedad biológica y la sobreexplotación de los recursos naturales. En el ámbito mundial, México ocupa el 14 lugar en extensión territorial, y en él habita la cuarta biota más rica del mundo –octavo lugar en aves, quinto en flora vascular y anfibios, tercero en mamíferos y primero en reptiles- que contribuye, en promedio, con un 10% de la riqueza global de cada grupo (*ibíd.*).

Para entender la influencia del clima en la biodiversidad es necesario conocer las relaciones que se dan entre ambos; a partir del entendimiento de este estrecho vínculo, se comprenderá de mejor manera el uso de la información climática en los estudios de los patrones territoriales de los ecosistemas.

El clima es un factor importante que afecta o determina la distribución de los organismos; por tal motivo, los análisis de las variables climáticas ayudan a entender por qué una especie crece en un sitio y en otro no, cada especie tiene su propio perfil bioclimático, por lo que el análisis de las variables que determinan dicho perfil puede servir para cuantificar las diferencias en los dominios climáticos (es decir, el nicho climático o espacio en el cual se considera que una especie vegetal sobrevive bajo condiciones naturales) que tienen diferentes especies (Villaseñor y Telléz Valdés 2004).

El área de distribución de una especie, de un grupo sistemático o de cualquier asociación biótica está sometida en el tiempo a variaciones (externas como el clima e internas como la dispersión) que afectan su posición geográfica, el desarrollo de sus fronteras y su extensión (Zunino, *op. cit.*).

Las plantas son indicadores fiables del clima, sobre todo de la humedad y de la temperatura, el tipo de suelo y otros factores ambientales más. Su distribución, en el nivel de especie o de taxones superiores, proporciona una información ecológica que con mucha frecuencia resulta más atendible que la precedente de la distribución de los animales, en especial de los vertebrados superiores. La distribución geográfica de una especie vegetal está determinada, entre otros factores, por los efectos que el frío –o mejor dicho, el hielo- y la sequía provocan en sus partes más sensibles: los brotes. En muchas especies, como las arbóreas, las yemas están localizadas en las ramas y, por ende, están sometidas a las variaciones climáticas.

La distribución geográfica de los climas determina también la velocidad de crecimiento de las plantas, así como su temporada de reproducción. Así es que la floración y maduración de las frutas se dan en momentos diferentes en las distintas regiones. Todo ello se refleja en los animales, cuya actividad esta más estrictamente relacionada con los ritmos de vegetación: insectos polinizadores, mamíferos, aves frugívoras y seminívoras etc. Desde el punto de vista agronómico es interesante la temporada en que se cosechan cultivos: cuanto más fría es una región, más temprano se ubica la temporada de cosecha en la buena estación. El clima, y por lo tanto también la ubicación geográfica de un cultivo, determinan la calidad y cantidad de un producto (*ibíd.*).

Con base en lo anterior se plantea el uso de información climática como una fuente fundamental de información en el desarrollo de investigaciones biológicas.

La gran variedad de climas presentes en el territorio mexicano y su relación con la distribución de organismos ha servido para llevar a cabo estudios de regionalizaciones de ecosistemas. La regionalización implica la división de un territorio en áreas menores con características comunes y representa una herramienta metodológica básica en la planeación ambiental, pues permite el conocimiento de los recursos para su manejo adecuado. Algunos ejemplos de estudios que han realizado regionalizaciones apoyados en información climática son los siguientes: la obra de Humboldt 1820, donde propone una división del territorio

mexicano en tres "regiones" botánicas, basadas en una división altitudinal de las formas de vida, las cuales denominó como tierra caliente, templada y fría. Martens y Galeotti 1842, adoptaron la clasificación de Humboldt, pero crearon ocho subdivisiones teniendo en cuenta la elevación, datos climatológicos, tipos de vegetación y presencia de algunos géneros endémicos de helechos. Fournier 1821, reconoció con base en datos climatológicos seis patrones de distribución geográfica de helechos mexicanos (Conabio, 2009).

En general, las regionalizaciones fisiográficas, bióticas y biogeografías usan la información climática como elemento determinante de las condiciones diferentes entre los territorios. La importancia de regionalizaciones de tipo ambiental estriba en que se consideran análisis basados en ecosistemas, cuyo objetivo principal es incluir toda la heterogeneidad ecológica que prevalece dentro de un determinado espacio geográfico para, así, proteger hábitats y áreas con funciones ecológicas vitales para la biodiversidad, las cuales no hubiesen sido consideradas con otro tipo de análisis (*ibíd.*).

En los últimos años se ha generalizado una nueva herramienta que permite analizar objetivamente los patrones espaciales de presencia de organismos: los modelos de distribución de especies. Estos modelos se basan en procedimientos estadísticos y cartográficos que partiendo de datos reales de presencia permiten inferir zonas potencialmente idóneas en función de sus características ambientales. Los datos de colecciones de historia natural pueden ser utilizados para este fin adquiriendo así una nueva utilidad (Mateo, *et. al.*, 2011).

Los modelos de distribución potencial de especies tiene como objetivo la estimación de la distribución geográfica de los organismos. La mayoría de modelos que predicen la presencia probable de una especie en un sitio no explorado, generalmente correlacionan los sitios ya conocidos donde la especie prospera con un conjunto de factores ambientales, especialmente los climáticos. (Villaseñor, *op. cit.*)

Definimos un modelo como una representación parcial de la realidad que refleja algunas de sus propiedades. Los modelos son, por tanto, simplificaciones, debidas tanto a la necesidad de reducir la complejidad del objeto real como a nuestro desconocimiento de muchas de sus propiedades. Los modelos de distribución de especies son por tanto representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación. La idoneidad no es más que la relación matemática o estadística entre la distribución real conocida y un conjunto de variables independientes que se usan como indicadores. Estas variables suelen ser geológicas, topográficas o climáticas, y se espera que con algunas de ellas, individualmente o en combinación, se puedan definir los factores ambientales que delimiten las condiciones favorables para la presencia de la especie (Guisan & Zimmermann 2000, en Mateo, *et. al. op. cit.*).

Algunos modelos utilizan métodos estadísticos, los más comunes son, el de regresión múltiple o los multivariados. Otros hacen uso de los Sistemas de Información Geográfica,

como son los análisis de discrepancias y otros utilizan los registros de presencia de las especies y la información ambiental (datos climáticos y de relieve principalmente) para generar perfiles bioclimáticos (Villaseñor, *op. cit.*).

La construcción de modelos de distribución de especies se realiza en una serie de pasos (Figura 4.1), cada uno de los cuales presenta múltiples alternativas de ejecución que influyen en la calidad del resultado final. En un primer paso, los datos conocidos sobre la distribución del organismo se asocian matemática o estadísticamente con diferentes variables independientes que describen las condiciones ambientales. De existir, esta relación se extrapola al resto del área de estudio y se obtiene un valor en cada lugar que suele interpretarse como la probabilidad de presencia de la especie en ese punto. En realidad, sólo señalan la similitud ambiental de cada punto del terreno con las zonas de presencia actual de la especie. La “probabilidad de presencia” es, por tanto, una interpretación exagerada de la medida de similitud ambiental que debería ser interpretada, como mucho, como un valor de idoneidad para el desarrollo de la especie. Así, por ejemplo, es posible que el modelo delimite zonas potenciales muy alejadas geográficamente de las actuales; la probabilidad de encontrar la especie en ellas no es *a priori* alta, aunque potencialmente las condiciones ambientales fueran favorables. (Mateo, *et. al. op. cit.*).

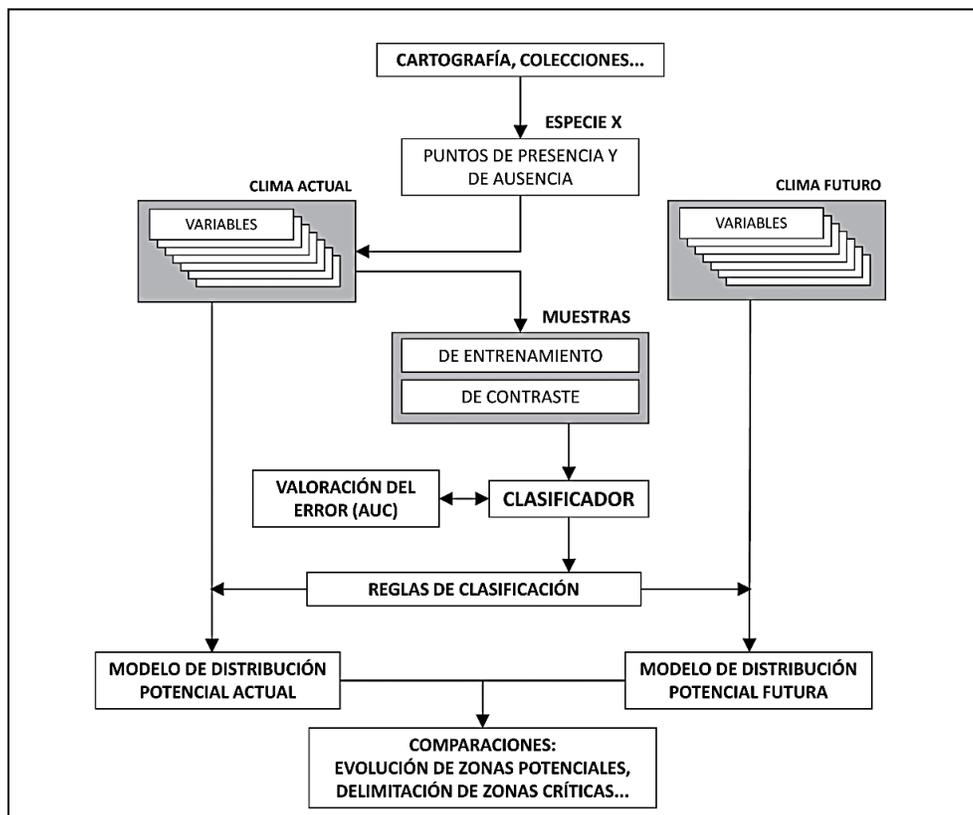


Figura 4.1. Esquema de flujo y trabajo para la realización y validación de modelos de distribución de especies (Fuente: Mateo, *et. al.* 2011).

Tanto en las regionalizaciones como en los modelos de distribución de especies, la información climática juega un papel decisivo, las variables atmosféricas funcionan como variables independientes, que al relacionarse con los demás factores se obtiene un patrón

territorial de comportamiento de un fenómeno. Algunas otras aplicaciones de la información climática en el ámbito de la ecología y biodiversidad son:

Influencia del cambio climático en la biodiversidad.

Riqueza de especies.

Determinación y conservación de aéreas naturales protegidas

Grados de afectación de los hábitats

Determinación de regiones prioritarias para conservación.

En el ámbito humano el clima influye también en las actividades y desarrollo de las poblaciones, en este sentido, en la tabla 4.1 se enlistan algunas aplicaciones dónde la información climática puede servir como fuente de información.

Tabla 4.1. Diferentes campos de aplicación de la información climática (Fuente: INEGI, 2005).

Tema	➤ Aplicaciones
Actividades Agropecuarias	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planeación de uso de suelo ➤ Pestes agrícolas, enfermedades, virus ➤ Probabilidades y periodos libres de heladas. ➤ Frecuencia de precipitación. ➤ Programación de cosechas. ➤ Probabilidad de incendios forestales. ➤ Actividades pesqueras ➤ Índices de productividad óptima para animales y plantas
Actividades industriales y comerciales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Operación industrial. ➤ Abastecimiento de agua. ➤ Dispersión de contaminación ➤ Diseño del producto ➤ Planeación de ventas. ➤ Almacenamiento y transporte.
Salud y bienestar humanos.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Respuestas fisiológicas ➤ Mortalidad, morbilidad y enfermedades. ➤ Índices de bienestar ➤ Actividades deportivas.
Diseño urbano y planeación.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diseño arquitectónico ➤ Refrigeración y calentamiento. ➤ Planeación de abastecimiento de agua. ➤ Diseño y planeación de viviendas. ➤ Dificultades de tránsito.
Energías renovables	<ul style="list-style-type: none"> ➤ instalaciones de energía solar, eólica o hidroeléctrica.

Conclusiones.

El desarrollo de la meteorología y climatología en México ha pasado por varias etapas de consolidación. Posteriormente, el establecimiento de la enseñanza de las ciencias atmosféricas en las universidades contribuyó a la consolidación de los métodos de observación y estudio de la atmósfera. Después, los mayores esfuerzos estuvieron encaminados a fortalecer la red de observación con el establecimiento de observatorios y estaciones en el territorio nacional.

Los mapas climáticos impresos permanecen como una fuente confiable de información, pero presentan la desventaja y dificultad de poder obtener los ejemplares completos de las series, para ello es necesario acudir a centros de documentación e información especializados o lugares de consulta de cartografía con el riesgo de que no cuenten con todos los ejemplares.

La base topográfica sobre la que se elaboraron los mapas impresos permite la relación directa de los factores climáticos con sus factores modificadores como el relieve, en este sentido, se considera que la serie de INEGI por representar el contenido temático con un porcentaje de transparencia sobre el mapa topográfico íntegro, permite encontrar de manera más clara y sencilla estas relaciones, las otras dos series sólo presentan de manera general algunas características tomadas de los mapas base, como poblados y rasgos hidrológicos importantes.

Respecto a la información digital, la facilidad de manipular y combinar información a través de los *SIG* los hace poseer muchas ventajas respecto a los impresos, con lo descrito de los mapas digitales, se observa que las capas digitales escala 1: 1000 000 brindan una cantidad mayor de información que las de la serie de 1970 y, entre ellos, los pertenecientes a la serie García-Conabio se presentan como una fuente más completa de información.

La información adicional que cada mapa aporta es de suma importancia ya que puede ser utilizada como fuente de consulta o como complemento de la información representada en el mapa. El disponer de los datos climáticos de las estaciones puede complementar bases de datos propias ó servir para hacer análisis climáticos temporales de determinadas regiones. En este sentido, las tres series de mapas contienen en sus formatos impresos datos complementarios del sistema de clasificación utilizado, información explicativa para comprender el mapa y datos adicionales de las estaciones que aparecen en cada carta, como climogramas para los mapas de 1970, y gráficas con los datos respectivos de temperaturas precipitación y climas para las series escala 1:1000000.

La escala más grande de representación correspondiente a la serie climática de 1970 no contiene información más detallada o precisa respecto a las otras dos series de mapas, a pesar de las características cartográficas determinadas por el tamaño de representación.

Por escala, las tres series de mapas pueden ser utilizadas en estudios a nivel nacional o regional como, por ejemplo, estados o áreas de captación de carácter regional. En referencia a la escala se concluye que se pueden usar en rangos que van hasta la 1: 250 000.

Las tres series de mapas fueron elaboradas por investigadores y especialistas en la materia; sin embargo; el conocimiento experto de Enriqueta García hacen que los mapas que elaboró junto a Conabio se consideren como más confiables, debido en parte a la cantidad y calidad de datos que se usó para la elaboración del material cartográfico, así como el respaldo que su extensa producción científica, con estudios específicos de algunas regiones del país, otorga a la información presentada en la serie de mapas.

Las diferencias en las claves climáticas en las mismas regiones para las tres series demuestra la variación en cuanto a los métodos y disponibilidad de información al momento de elaborar los mapas. Los mapas brindan en general clasificaciones similares y de acuerdo al conocimiento de los lugares y los datos climatológicos disponibles se profundiza agregando información característica a la clave climática.

Los mapas de isotermas, reflejan en las tres series el comportamiento general de la temperatura y su relación con factores como la altitud y la complejidad topográfica. Para análisis regionales y/o estatales se consideran los tres como fuentes de información confiable.

En los mapas de isoyetas no se observa una relación o similitud espacial entre las tres series de mapas, como la hay entre los de temperatura y climas, esto por el complejo comportamiento de las lluvias en México.

La serie climática que utilizó datos de observaciones de un mayor número de estaciones fue la serie García-Conabio, y la que tuvo un menor número fue la serie de 1970, también es importante resaltar que dicha serie de mapas climáticos fue la que utilizó la mayor cantidad de estaciones con períodos de observación más largos lo que fortalece la premisa de que es un mapa de mayor nivel de información.

Los análisis por regiones de la distribución de estaciones muestran los sitios con mayor disponibilidad de datos y también, los sitios donde es necesaria la instalación de estaciones meteorológicas o sitios de observación para ampliar la red nacional.

La representación temática en los tres mapas impresos es similar, el manejo de colores para delimitar tipos climáticos sigue los mismos patrones, las isolíneas que dividen zonas térmicas y de precipitación se consideran como la forma ideal para representar los datos climatológicos.

Las comparaciones cartográficas permiten tomar decisiones sobre el uso de acuerdo a las características y calidad de la información que presenta cada mapa.

REFERENCIAS

- Aguiló, A. M. *et al.* 1984. *Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente (CEOTMA). Madrid España.
- Azuela, Luz Fernanda. 1995. *La institucionalización de la meteorología en México a finales del siglo XIX*. México, UNAM. Instituto de Investigaciones Sociales.
- Bárcena, Mariano. 1877. *Boletín meteorológico del observatorio central de México*. México, Anales del Ministerio de Fomento, imprenta de F. Díaz de León, Vol. III.
- Bárcena, Mariano. 1882. *Memoria del ministerio de fomento. 1877-1882*. México, Secretaría de Fomento. Tomo1.
- Caire, L.J. 2002. *Cartografía Básica*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras. México.
- Carrascal, G. I. E. 2007. *Metodología para el análisis e interpretación de los mapas*. Colección: Temas Selectos de Geografía de México, sección III Métodos y Técnicas para el Estudio del Territorio. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Castro, Fonseca Enrique, compilador. 2008. *Manual de procedimientos para las estaciones meteorológicas*. Organización para Estudios Tropicales, departamentos científicos de la selva y manejo de información Sarapiquí Costa Rica.
- Colín J, et al. 2006. *Análisis espacial de riqueza de especies*, en Biodiversitas, número68, México.
- Comisión Nacional del Agua. 2012. *Servicio Meteorológico Nacional: 135 años de historia en México*. CNA. México.
- Comisión Nacional del Agua. 2010. *Manual Teórico Práctico del Observador Meteorológico de Superficie*. CNA, México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *Capital Natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la Biodiversidad*. Conabio, México.
- Contreras, Servín Carlos. 1999. *El clima de la república mexicana en el siglo XIX*. Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México., Facultad de Filosofía y Letras. México.
- García, E. 1996. *Apuntes de Climatología*. Offset Larios. México, D.F
- García, E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, Instituto de Geografía UNAM, México.
- Gómez E. Ma. del Consuelo. 2004. *Métodos y Técnicas de la Cartografía Temática*. Colección: Temas Selectos de Geografía de México, sección III Métodos y Técnicas para el Estudio del Territorio. Instituto de Geografía, UNAM, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2005. *Guía para la interpretación de Cartografía: Climatológica*. México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2005. *Guía para la interpretación de Cartografía: Topográfica*. México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2006. *Norma Técnica NTG-012 2006 Datos Medios de Temperatura y Precipitación para Clasificación Climática*.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2000. *Diccionario de datos climáticos escalas 1:250 000 y 1:1 000 000 (vectorial)*.

IPCC, 2002. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. *Cambio Climático y Biodiversidad*. Documento Técnico V del IPCC.

León, Luis G. 1901. *Historia de la meteorología en México en el siglo XIX*. México, Boletín mensual del observatorio meteorológico de la escuela normal para profesoras n°1.

Mateo, Rubén G. et. al. 2011. *Modelos de distribución de especies: Una Revisión Sintética*. Artículo de revisión en: *Revista Chilena de historia Natural* 84: 217- 240.

Moreno de los Arcos, Roberto 1994. *Científicos mexicanos del siglo XVIII*. México, CONACYT, revista de Ciencia y Desarrollo, n° 115.

Orellana Lanza Roger, et. al. Capítulo "Clima". en Bautista, Zúñiga Francisco, editor general. 2004. *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Yucatán, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto Nacional de Ecología, México.

Priego, Ángel, et al. 2008. *Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes, fundamentos y métodos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Puga, Guillermo 1901. *Consideraciones sobre la distribución general de las lluvias en la República Mexicana*. México, Memorias de la sociedad científica "Antonio Álzate", tomo XVI.

Sala, S. Ma, y Batalla V. R. J. 1996. *Teoría y Métodos en Geografía Física*. Colección: Espacios y Sociedades, Serie General n° 1. Editorial Síntesis. España.

Sánchez, Guerrero Gabriel de las Nieves. 2003. *Técnicas participativas para la planeación, procesos breves de intervención*. Fundación ICA. AC., México.

Torres, José.1947. *El observatorio meteorológico magnético central de México*. México, MCAA.

Trabulse, Elías. 1985. *Historia de la ciencia en México. Siglos XVI-XVIII*, México, CONACYT-FCE, Vol I.

Vidal, Zepeda Rosalía. 2005. *Las regiones climáticas de México*. Colección Temas selectos de geografía de México. Instituto de Geografía UNAM.

Villaseñor, J. L., Tellez-Valdés O. 2004. *Distribución Potencial de especies del género Jefea (Asteraceae) en México*. Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica, Julio-diciembre, vol. 75, número 002, UNAM. Pp 205-220.

Zunino M. y Zullini A. 2003. *Biogeografía. La dimensión espacial de la evolución*. Fondo de Cultura Económica, México.

World Meteorological Organization. 2011. *Guide to Climatological Practices, No 100*, Ginebra.

World Meteorological Organization. 2003. *Manual on the Global Observing System VOLUME I (Annex V to the WMO Technical Regulations)*. Ginebra.

World Meteorological Organization. 1988. *Technical regulations volume I, General Meteorological Standards and Recommended Practices Manual on the Global Observing System VOLUME I (Annex V to the WMO Technical regulations)*. No 49. Ginebra.

Referencias electrónicas.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html>.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). <http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/metadatos.pl>

Instituto nacional de estadística y Geografía (INEGI). <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/cartcat/convencion/menu/12.pdf>.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). <http://smn.cna.gob.mx>

Anexo 1

Metadatos de las series climáticas en formato digital de acuerdo a las instituciones que los distribuyen.

Serie de mapas climáticos 1:500 000, Secretaría de la Defensa, UNAM, 1970.

ISOTERMAS MEDIAS ANUALES.

Isotermas (continuo nacional), escala 1:500000

DATOS GENERALES DEL MAPA

CITA DE LA INFORMACIÓN: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2009). "Isotermas (continuo nacional), escala 1:500 000". México, D.F. Obtenido de la serie de cartas climáticas 1: 500 000 de la Secretaria de la Presidencia, Dirección de Planeación-Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Instituto de Geografía.(1970). México.

RESUMEN: El mapa presenta la variación de temperatura media anual representada a través de isolíneas. Se elaboró a partir de la digitalización de 45 cartas que forman el continuo nacional. Las cartas tienen una fecha de edición, de 1970.

OBJETIVOS: Conocer las variaciones de temperatura, representada a escala 1:500 000.

DATOS COMPLEMENTARIOS: El mapa presenta isotermas con valores de: -2, 0, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 y 28 grados centígrados. Los datos se tomaron de aproximadamente 2000 estaciones meteorológicas con un mínimo de 10 años de observación, dentro del lapso 1921-1960. Los datos fueron tomados de los archivos del SMN, SRH y CFE. El mapa fue elaborado por: Germain Reyes Nolasco.

FORMATO DEL DATO GEOESPACIAL: Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf, prj)

TIEMPO COMPRENDIDO: En la elaboración del mapa: Noviembre 2008- Febrero 2009

NIVEL DE AVANCE: Completo

MANTENIMIENTO: No planeado

TAMAÑO EN BYTES: 10.1

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

ÁREA GEOGRÁFICA: República Mexicana

COORDENADAS EXTREMAS: OESTE: 117.115918 ESTE: -86.702594 NORTE: 32.708152 SUR: 14.545129

RESTRICCIONES

ACCESO: Con Restricciones

USO: Sin Restricciones

RESTRICCIONES PARA INTERNET: No disponible. De uso interno

AMBIENTE DE TRABAJO

SOFTWARE Y HARDWARE: SIG ARC-INFO, versión 9.3.1 y SPARCstation, SUN OS versión 5.5.1

SISTEMA OPERATIVO: UNIX

RUTA Y NOMBRE ARCHIVO: /export/home/usuarios/sig/cartografia/estructura/climatologia/temperatura/ISOT500KCW

REQUERIMIENTOS TECNICOS: Arc-Info, Arcview o sistemas compatibles

CALIDAD DE LOS DATOS

METODOLOGÍA: Gabinete

DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA: Para mantener un control de calidad en la información, se llevó a cabo lo siguiente: 1) Verificación de la información con las cartas impresas (rasgo geográfico y atributos), 2) Trabajo de edición y 3) Continuo Nacional

DESCRIPCION DEL PROCESO: La información que fue digitalizada se validó con las cartas impresas (45) verificando el

rasgo geográfico (líneas) y las etiquetas (cotas con valores de temperatura). Se unieron en el SIG Arc/Info para obtener el Continuo Nacional. La revisión y edición de etiquetas se realizó en el SIG ArcView.

El proceso de digitalización de las cartas fue realizado por los siguientes estudiantes de la Licenciatura en Geografía: Germain Reyes Nolasco, José Alberto Zúñiga Cerino, Juan Carlos Aguilar Galindo, Felipe Ortiz Soto, Shareni Lara Ramos, Alfonso Daniel López, Lluvia Joya Torres, Rita Parra Tovar, Arturo Guerrero Araiza.

REFERENCIA DEL DATO: Secretaria de la Presidencia, Dirección de Planeación-Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Instituto de Geografía. (1970).Nombre y clave da las cartas. Escala 1:500 000. México.

ESCALA ORIGINAL: 1:500000

FORMATO ORIGINAL: Impreso

CARACTERISTICAS TAXONIMIA

INFORMACIÓN DE LOS DATOS ESPACIALES

ESTRUCTURA DEL DATO: Vector

TIPO DEL DATO: Líneas

NUMERO TOTAL DEL DATO : 2008

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

SISTEMA DE COORDENADAS: Plana

NOMBRE DE LA PROYECCIÓN: Cónica Conforme de Lambert

PARÁMETROS DE LA PROYECCIÓN

PARALELOS ESTÁNDAR: PRIMER PARALELO 17.50000 SEGUNDO PARALELO 29.50000

LONGITUD DEL MERIDIANO CENTRAL: -102

LATITUD DE LA PROYECCIÓN DE ORIGEN: 12

FALSO ESTE EN METROS: 2500000

FALSO NORTE EN METROS: 0

INFORMACIÓN GEODÉSICA

DATUM HORIZONTAL: WGS84

NOMBRE DEL ELIPSOIDE: WGS84

ATRIBUTOS DEL MAPA

NOMBRE DE ENTIDAD (TABLA): ISOT500KCW.DBF

DESCRIPCION DE LA ENTIDAD: Variación de la temperatura media anual, a escala 1.500 000.

NOMBRE DEL ATRIBUTO : LENGHT

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Representa la longitud de cada arco

TIPO DE DATO : Numérico

UNIDADES DE MEDIDA: Metros

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Calculado por Arc/info

NOMBRE DEL ATRIBUTO : TMA

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Valor de temperatura media anual. El valor 99999 representa el contorno del país e islas

TIPO DE DATO : Numérico

UNIDADES DE MEDIDA: Grados centígrados

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Instituto de Geografía

ISOYETAS MEDIAS ANUALES

Isoyetas (continuo nacional), escala 1:500000

DATOS GENERALES DEL MAPA

CITA DE LA INFORMACIÓN:	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2009). "Isoyetas (continuo nacional), escala 1:500 000". México, D.F. Obtenido de la serie de cartas climáticas 1: 500 000 de la Secretaría de la Presidencia, Dirección de Planeación-Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Instituto de Geografía. (1970). México.
RESUMEN:	El mapa representa la precipitación total anual a través de isolíneas. Se elaboró a partir de la digitalización de 45 cartas que forman el continuo nacional. Las cartas tienen una fecha de edición de 1970.
OBJETIVOS:	Conocer las variaciones de la precipitación, representada a escala 1:500 000
DATOS COMPLEMENTARIOS:	El mapa presenta la precipitación con valores de: 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000 y 5500 mm. Los datos se tomaron de aproximadamente 2000 estaciones meteorológicas con un mínimo de 10 años de observación, dentro del lapso 1921-1960. Los datos fueron tomados de los archivos del SMN, SRH y CFE. El mapa fue elaborado por: Germain Reyes Nolasco.
FORMATO DEL DATO GEOESPACIAL:	Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf,prj)
TIEMPO COMPRENDIDO:	Elaboración del mapa: Noviembre- Febrero de 2009
NIVEL DE AVANCE:	Completo
MANTENIMIENTO:	No planeado
TAMAÑO EN BYTES:	6.2

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

ÁREA GEOGRÁFICA:	República Mexicana
COORDENADAS EXTREMAS:	OESTE: -117.115918 ESTE: -86.702594 NORTE: 32.708152 SUR: 14.545129

RESTRICCIONES

ACCESO:	Con Restricciones
USO:	Sin Restricciones
RESTRICCIONES PARA INTERNET:	No disponible. De uso interno

AMBIENTE DE TRABAJO

SOFTWARE Y HARDWARE:	SIG ARC-INFO, versión 9.3.1 y SPARCstation, SUN OS versión 5.5.1
SISTEMA OPERATIVO:	UNIX
RUTA Y NOMBRE ARCHIVO:	/export/home/usuarios/sig/cartografia/estructura/climatologia/precipitacion/ISOY500KCW
REQUERIMIENTOS TECNICOS:	Arc-Info, Arcview o sistemas compatibles

CALIDAD DE LOS DATOS

METODOLOGÍA:	Gabinete
DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA:	Para mantener un control de calidad en la información, se llevo a cabo lo siguiente 1) Verificación de la información con las cartas impresas (rasgo geográfico y atributos), 2) Trabajo de edición. Y 3) Continuo Nacional.
DESCRIPCION DEL PROCESO:	La información que fue digitalizada se validó con las cartas impresas (45) verificando el rasgo geográfico (líneas) y las etiquetas (cotas con valores de precipitación). Se unieron en el SIG Arc/Info para obtener el Continuo Nacional. La revisión y edición de etiquetas se realizó en el SIG ArcView. El proceso de digitalización, de las cartas, fue realizado por los siguientes estudiantes de la licenciatura en Geografía: Germain Reyes Nolasco, José Alberto Zúñiga Cerino, Juan Carlos Aguilar Galindo, Felipe Ortiz Soto, Shareni Lara Ramos, Alfonso Daniel López, Lluvia Joya Torres, Rita Parra Tovar, Arturo Guerrero Araiza

REFERENCIA DEL DATO: Secretaria de la Presidencia, Dirección de Planeación-Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Instituto de Geografía. (1970). Nombre y clave de las cartas. Escala 1:500 000. México.

ESCALA ORIGINAL: 1:500000

FORMATO ORIGINAL: Impreso

CARACTERÍSTICAS TAXONOMIA

INFORMACIÓN DE LOS DATOS ESPACIALES

ESTRUCTURA DEL DATO: Vector

TIPO DEL DATO: Líneas

NUMERO TOTAL DEL DATO : 1344

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

SISTEMA DE COORDENADAS: Plana

NOMBRE DE LA PROYECCIÓN: Cónica Conforme de Lambert

PARÁMETROS DE LA PROYECCIÓN

PARALELOS ESTÁNDAR: PRIMER PARALELO 17.50000 SEGUNDO PARALELO 29.50000

LONGITUD DEL MERIDIANO CENTRAL: -102

LATITUD DE LA PROYECCIÓN DE ORIGEN: 12

FALSO ESTE EN METROS: 2500000

FALSO NORTE EN METROS: 0

INFORMACIÓN GEODÉSICA

DATUM HORIZONTAL: WGS84

NOMBRE DEL ELIPSOIDE: WGS84

ATRIBUTOS DEL MAPA

NOMBRE DE ENTIDAD (TABLA): ISOY500KCW.DBF

DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD: Precipitación total anual, a escala 1.500 000

NOMBRE DEL ATRIBUTO : LENGHT

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Representa la longitud de cada arco

TIPO DE DATO : Numérico

UNIDADES DE MEDIDA: Metros

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Calculado por Arc/info

NOMBRE DEL ATRIBUTO : PTA

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Valor de precipitación total anual. El valor 99999 representa la línea de costa, así como de islas

TIPO DE DATO : Numérico

UNIDADES DE MEDIDA: mm

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Instituto de Geografía

CLIMAS

Climas (continuo nacional), escala 1:500000

DATOS GENERALES DEL MAPA

CITA DE LA INFORMACIÓN: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2009). "Climas (continuo nacional), escala 1:500 000". México, D.F. Obtenido de la serie de cartas climáticas 1: 500 000 de la Secretaría de la Presidencia, Dirección de Planeación-Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Instituto de Geografía. (1970). México.

RESUMEN: El mapa representa los distintos tipos de climas de acuerdo a la clasificación de Koppen modificada por García, escala 1:500 000. Se elaboró a partir de la digitalización de 45 cartas que forman el continuo nacional. Las cartas tienen una edición de 1970.

OBJETIVOS: Tener información de climas escala 1:500 000

DATOS COMPLEMENTARIOS: El mapa presenta los tipos de climas de acuerdo a las claves y símbolos del sistema de clasificación climática de Koppen modificado por E. Gracia en 1964, para adaptarlo a las condiciones particulares de la república mexicana. Los datos se tomaron de aproximadamente 2000 estaciones meteorológicas con un mínimo de 10 años de observación, dentro del lapso 1921-1960. Los datos fueron tomados de los archivos del SMN, SRH y CFE. El mapa fue elaborado por: Germain Reyes Nolasco.

FORMATO DEL DATO GEOESPACIAL: Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf, prj)

TIEMPO COMPRENDIDO: En la elaboración del mapa. Noviembre-Febrero de 2008

NIVEL DE AVANCE: Completo

MANTENIMIENTO: No planeado

TAMAÑO EN BYTES: 10.9

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

ÁREA GEOGRÁFICA: República Mexicana

COORDENADAS EXTREMAS: OESTE: -117.115918 ESTE: -86.702594 NORTE: 32.708152 SUR:14.545225

RESTRICCIONES

ACCESO: Con Restricciones

USO: Sin Restricciones

RESTRICCIONES PARA INTERNET: De uso interno

AMBIENTE DE TRABAJO

SOFTWARE Y HARDWARE: SIG ARC-INFO, versión 9.0 y SPARCstation, SUN OS versión 5.5.1

SISTEMA OPERATIVO: Windows

RUTA Y NOMBRE ARCHIVO: /export/home/usuarios/sig/cartografia/estructura/climatologia/climas/CLIM500KCW

REQUERIMIENTOS TECNICOS: Arc-Info, Arcview o sistemas compatibles

CALIDAD DE LOS DATOS

METODOLOGÍA: Gabinete

DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA: Para mantener un control de calidad en la información, se llevo a cabo lo siguiente: 1) Verificación de la información con las cartas impresas (rasgo geográfico y atributos), 2) Trabajo de edición y 3) Continuo Nacional

DESCRIPCION DEL PROCESO: La información que fue digitalizada se validó con las cartas impresas (45) verificando el rasgo geográfico (polígonos) y las etiquetas (Claves y símbolos climáticos). Se unieron en el SIG Arc/Info para obtener el Continuo Nacional. La revisión y edición de etiquetas se realizó en el SIG ArcView. El proceso de digitalización de las cartas fue realizado por los siguientes estudiantes de la licenciatura en Geografía: Germain Reyes Nolasco, José Alberto Zúñiga Cerino, Juan Carlos Aguilar Galindo, Felipe Ortiz Soto, Shareni Lara Ramos, Alfonso Daniel López, Lluvia Joya Torres, Rita Parra Tovar, Arturo Guerrero Araiza.

REFERENCIA DEL DATO: Secretaría de la Presidencia, Dirección de Planeación-Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Instituto de Geografía. (1970). Nombre y clave de las cartas. Escala 1:500 000. México.

ESCALA ORIGINAL: 1:500000

FORMATO ORIGINAL: Impreso

CARACTERISTICAS TAXONIMIA

INFORMACIÓN DE LOS DATOS ESPACIALES

ESTRUCTURA DEL DATO: Vector

TIPO DEL DATO: Polígonos

NUMERO TOTAL DEL DATO : 681

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

SISTEMA DE COORDENADAS: Plana

NOMBRE DE LA PROYECCIÓN: Cónica Conforme de Lambert

PARÁMETROS DE LA PROYECCIÓN

PARALELOS ESTÁNDAR: PRIMER PARALELO 17.50000 SEGUNDO PARALELO 29.50000

LONGITUD DEL MERIDIANO CENTRAL: -102

LATITUD DE LA PROYECCIÓN DE ORIGEN: 12

FALSO ESTE EN METROS: 2500000

FALSO NORTE EN METROS: 0

INFORMACIÓN GEODÉSICA

DATUM HORIZONTAL: WGS84

NOMBRE DEL ELIPSOIDE: WGS84

ATRIBUTOS DEL MAPA

NOMBRE DE ENTIDAD (TABLA): CLIM500KCW.DBF

DESCRIPCION DE LA ENTIDAD: Distribución de los tipos de clima en la República Mexicana.

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Area

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Representa el área de los polígonos asociados a un tipo de clima

TIPO DE DATO : Numérico

UNIDADES DE MEDIDA: Metros cuadrados

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Calculado por Arc/info

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Perimeter

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Representa el perímetro de los polígonos asociados a un tipo de clima

TIPO DE DATO : Numérico

UNIDADES DE MEDIDA: Metros

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Calculado por Arc/info

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Climas_

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Clave del tipo de clima

TIPO DE DATO : Carácter

UNIDADES DE MEDIDA:

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Instituto de Geografía

ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS.

Estaciones climatológicas (continuo nacional), escala 1:500000

DATOS GENERALES DEL MAPA

CITA DE LA INFORMACIÓN: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2009). "Estaciones climatológicas (continuo nacional), escala 1:500 000". México, D.F. Obtenido de la serie de cartas climáticas 1: 500 000 de la Secretaría de la Presidencia, Dirección de Planeación-Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Instituto de Geografía. (1970). México.

RESUMEN: El mapa presenta la red de estaciones climatológicas del país .Se elaboró a partir de la digitalización de 45 cartas que forman el continuo nacional. Las cartas tienen una edición de

OBJETIVOS: Tener información de estaciones climatológicas, con más de diez años de observación

DATOS COMPLEMENTARIOS: La información que contiene cada estación es: nombre de la estación, clave, precipitación total anual, temperatura total anual, y clima. Los datos se tomaron de aproximadamente 2000 estaciones meteorológicas con un mínimo de 10 años de observación, dentro del lapso 1921-1960. Los datos fueron tomados de los archivos del SMN, SRH y CFE. El mapa fue elaborado por: Germain Reyes Nolasco.

FORMATO DEL DATO GEOESPACIAL: Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf,prj)

TIEMPO COMPRENDIDO: Elaboración del mapa: Noviembre 2008 -Febrero de 2009

NIVEL DE AVANCE: Completo

MANTENIMIENTO: No planeado

TAMAÑO EN BYTES: 0.4529

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

ÁREA GEOGRÁFICA: República Mexicana

COORDENADAS EXTREMAS: OESTE: -117.0237 ESTE: -86.75797 NORTE: 32.686504 SUR: 14.618987

RESTRICCIONES

ACCESO: Con Restricciones

USO: Sin Restricciones

RESTRICCIONES PARA INTERNET: No disponible. De uso interno

AMBIENTE DE TRABAJO

SOFTWARE Y HARDWARE: SIG ARC-INFO, versión 9.3.1 y SPARCstation, SUN OS versión 5.5.1

SISTEMA OPERATIVO: UNIX

RUTA Y NOMBRE ARCHIVO: /export/home/usuarios/sig/cartografia/estructura/climatologia/climas/EST500KCW

REQUERIMIENTOS TECNICOS: Arc-Info, Arcview o sistemas compatibles

CALIDAD DE LOS DATOS

METODOLOGÍA: Gabinete

DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA: Para mantener un control de calidad en la información, se llevó a cabo lo siguiente: 1) Verificación de la información con las cartas impresas (rasgo geográfico y atributos), 2) Trabajo de edición y 3) Continuo Nacional.

DESCRIPCION DEL PROCESO: La información que fue digitalizada se validó con las cartas impresas (45) verificando el rasgo geográfico (líneas) y las etiquetas (cotas con valores de temperatura). Se unieron en el SIG Arc/Info para obtener el Continuo Nacional. La revisión y edición de etiquetas se realizó en el SIG ArcView.El proceso de digitalización de las cartas fue realizado por los siguientes estudiantes de la licenciatura en Geografía: Germain Reyes Nolasco, José Alberto Zúñiga Cerino, Juan Carlos Aguilar Galindo, Felipe Ortiz Soto, Shareni Lara Ramos, Alfonso Daniel López, Lluvia Joya Torres,

REFERENCIA DEL DATO: Secretaría de la Presidencia, Dirección de Planeación-Comisión de Estudios del Territorio

Geografía. Nacional y Planeación, y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Instituto de

(1970). Nombre y clave de las cartas. Escala 1:500 000. México.

ESCALA ORIGINAL: 1:500000

FORMATO ORIGINAL: Impreso

CARACTERISTICAS TAXONIMIA

INFORMACIÓN DE LOS DATOS ESPACIALES

ESTRUCTURA DEL DATO: Vector

TIPO DEL DATO: Puntos

NUMERO TOTAL DEL DATO : 1606

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

SISTEMA DE COORDENADAS: Plana

NOMBRE DE LA PROYECCIÓN: Cónica Conforme de Lambert

PARÁMETROS DE LA PROYECCIÓN

PARALELOS ESTÁNDAR: PRIMER PARALELO 17.50000 SEGUNDO PARALELO 29.50000

LONGITUD DEL MERIDIANO CENTRAL: -102

LATITUD DE LA PROYECCIÓN DE ORIGEN: 12

FALSO ESTE EN METROS: 2500000

FALSO NORTE EN METROS: 1970. Rita Parra Tovar, Arturo Guerrero Araiza. 0

INFORMACIÓN GEODÉSICA

DATUM HORIZONTAL: WGS84

NOMBRE DEL ELIPSOIDE: WGS84

ATRIBUTOS DEL MAPA

NOMBRE DE ENTIDAD (TABLA): EST500KCW.DBF

DESCRIPCION DE LA ENTIDAD: Distribución de las estaciones climatológicas, con datos de 192-1960

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Nombre_est

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Nombre de la estación

TIPO DE DATO : Carácter

UNIDADES DE MEDIDA:

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Instituto de Geografía

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Clave_est

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Clave que identifica a la estación

TIPO DE DATO : Carácter

UNIDADES DE MEDIDA:

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Instituto de Geografía

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Prec-tot

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Precipitación total anual. Dato de la estación

TIPO DE DATO : Numérico

UNIDADES DE MEDIDA: mm

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Instituto de Geografía

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Tem-tot
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Temperatura media anual. Dato de la estación
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA: Grados centígrados
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Instituto de Geografía

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Clima
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Tipo de clima. Dato de la estación
TIPO DE DATO : Carácter
UNIDADES DE MEDIDA:
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Instituto de Geografía

Serie de mapas climáticos 1:1, 000, 000, Enriqueta García-Conabio.1998.

PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL

Precipitación total anual

DATOS GENERALES DEL MAPA

CITA DE LA INFORMACIÓN: García, E. - CONABIO, (1998). "Precipitación total anual". Escala 1: 1000000. México.

RESUMEN: El trazo de isoyetas se realizó tomando en cuenta el relieve, la dirección principal del viento y los efectos de barrera Montañosa como son: el efecto de sombra pluviométrica, el de embalse y el descenso y ascenso orográfico. En la construcción de las isoyetas quedaron como líneas maestras las de 50, 100, 200, 400, 600, 1000, 1500, 2000, 3000 y 4000 mm y como intermedias las de 300, 500, 800, 1200, 1800, 2500, 3500, y 4500 mm anuales. Lo anterior considerando que la precipitación aumenta en proporción

OBJETIVOS: Conocer la distribución espacial de las áreas de igual precipitación en México.

FORMATO DEL DATO GEOESPACIAL: Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf,prj)

NIVEL DE AVANCE: Completo
MANTENIMIENTO: No planeado
TAMAÑO EN BYTES: 6.2829446

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

ÁREA GEOGRÁFICA: República Mexicana
COORDENADAS EXTREMAS: OESTE: -119.04101502 ESTE: -86.068085317 NORTE:
40.11391484222 SUR: 7.1409851364 9932 4 1372

RESTRICCIONES

ACCESO: Sin Restricciones
USO: Sin Restricciones
RESTRICCIONES PARA INTERNET: Apoyado por Conabio. Fecha de restricción vencida

AMBIENTE DE TRABAJO

SOFTWARE Y HARDWARE: SIG ARC-INFO, versión 9.2 y SUNW,Sun-Fire-V890; sparc; sun4u
SISTEMA OPERATIVO: UNIX
RUTA Y NOMBRE ARCHIVO: /export/home/usuarios/sig/cartografia/estructura/climatologia/precipitacion/ISOYT1MCW
REQUERIMIENTOS TECNICOS: Arc-info, Arcview o sistemas compatibles

CALIDAD DE LOS DATOS

METODOLOGÍA: Laboratorio

DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA: Mediante el sistema Micromap se localizaron las estaciones y se depuraron los datos de precipitación total anual.

DESCRIPCION DEL PROCESO: Conversion de Micromap a Arcinfo

REFERENCIA DEL DATO:

ESCALA ORIGINAL: 1:1000000

FORMATO ORIGINAL: Digital

CARACTERISTICAS TAXONIMIA

INFORMACIÓN DE LOS DATOS ESPACIALES

ESTRUCTURA DEL DATO: Vector

TIPO DEL DATO: Polígonos

NUMERO TOTAL DEL DATO : 532

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

SISTEMA DE COORDENADAS: Plana

NOMBRE DE LA PROYECCIÓN: Cónica Conforme de Lambert

PARÁMETROS DE LA PROYECCIÓN

PARALELOS ESTÁNDAR: PRIMER PARALELO 17.50000 SEGUNDO PARALELO 29.50000

LONGITUD DEL MERIDIANO CENTRAL: -102

LATITUD DE LA PROYECCIÓN DE ORIGEN: 12

FALSO ESTE EN METROS: 2500000

FALSO NORTE EN METROS: 0

INFORMACIÓN GEODÉSICA

DATUM HORIZONTAL: WGS84

NOMBRE DEL ELIPSOIDE: WGS84

ATRIBUTOS DEL MAPA

NOMBRE DE ENTIDAD (TABLA): ISOYT1MCW.DBF

DESCRIPCION DE LA ENTIDAD: Contiene rangos de precipitación geométrica.

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Area

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Área de los polígonos asociados a un rango de precipitación.

TIPO DE DATO : Numérico

UNIDADES DE MEDIDA: Metros cuadrados

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Calculada por arc-info

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Perimeter

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Perímetro de los polígonos asociados a un rango de precipitación.

TIPO DE DATO : Numérico

UNIDADES DE MEDIDA: Metros

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Calculada por arc-info

NOMBRE DEL ATRIBUTO : AP1

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Identificador numérico del rango de precipitación

TIPO DE DATO : Numérico

UNIDADES DE MEDIDA:

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Determinada por el responsable del proyecto

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Preci-rang

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Rango de precipitación asociado con un polígono.

TIPO DE DATO : Carácter

UNIDADES DE MEDIDA: mm

ORIGEN DEL ATRIBUTO: Datos del proyecto.

ISOTERMAS MEDIAS ANUALES.

Isotermas Medias Anuales

DATOS GENERALES DEL MAPA

CITA DE LA INFORMACIÓN: García, E. - CONABIO, (1998). "Isotermas Medias Anuales". Escala 1:1000000, México.

RESUMEN: Se calcularon gradientes térmicos según las diferentes vertientes de las sierras, así mismo se calcularon las altitudes a las que pasan las isotermas y se procedió a su trazo. La equidistancia de isotermas es cada dos grados y de acuerdo a la temperatura se presentan las siguientes zonastérmicas: muy cálida, semicalida, templada, semifría, y muy fría.

OBJETIVOS: Conocer las diferentes temperaturas que hay en el país a escala 1:1000000

DATOS COMPLEMENTARIOS: Los mapas de isotermas se hicieron con el detalle de los mapas a escala 1:1000000 de INEGI, su aplicación puede ser muy amplia; ya que se consideraron para su trazo valles, mesetas, llanuras y sierras.

FORMATO DEL DATO GEOESPACIAL: Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf,prj)

NIVEL DE AVANCE: Completo

MANTENIMIENTO: No planeado

TAMAÑO EN BYTES: 16.7538671

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

ÁREA GEOGRÁFICA: Republica Mexicana

COORDENADAS EXTREMAS:	OESTE: -119.37074432	ESTE: -85.738356020	NORTE:
40.44364366244	SUR: 6.8112553625	9351	49
			1841

RESTRICCIONES

ACCESO: Sin Restricciones

USO: Sin Restricciones

RESTRICCIONES PARA INTERNET: Apoyado por Conabio. Fecha de restricción vencida

AMBIENTE DE TRABAJO

SOFTWARE Y HARDWARE: SIG ARC-INFO, versión 9.2

SISTEMA OPERATIVO: UNIX

RUTA Y NOMBRE ARCHIVO: /export/home/usuarios/sig/cartografia/estructura/climatologia/temperatura/ISOTM1MCW

REQUERIMIENTOS TECNICOS: Sistemas compatibles con archivos Shapefile

CALIDAD DE LOS DATOS

METODOLOGÍA: Laboratorio

DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA: El trazo de las isotermas es resultado de un Modelado climático, a partir de la recopilación de información de estaciones climáticas.

DESCRIPCION DEL PROCESO: Conversion de Micromap a Arcinfo

REFERENCIA DEL DATO: Mapas de INEGI.

ESCALA ORIGINAL: 1:1000000

FORMATO ORIGINAL: Digital

CARACTERISTICAS TAXONIMIA

INFORMACIÓN DE LOS DATOS ESPACIALES

ESTRUCTURA DEL DATO: Vector
TIPO DEL DATO: Polígonos
NUMERO TOTAL DEL DATO : 1006

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

SISTEMA DE COORDENADAS: Plana
NOMBRE DE LA PROYECCIÓN: Cónica Conforme de Lambert

PARÁMETROS DE LA PROYECCIÓN

PARALELOS ESTÁNDAR: PRIMER PARALELO 17.50000 SEGUNDO PARALELO 29.50000
LONGITUD DEL MERIDIANO CENTRAL: -102
LATITUD DE LA PROYECCIÓN DE ORIGEN: 12
FALSO ESTE EN METROS: 2500000
FALSO NORTE EN METROS: 0

INFORMACIÓN GEODÉSICA

DATUM HORIZONTAL: WGS84
NOMBRE DEL ELIPSOIDE: WGS84

ATRIBUTOS DEL MAPA

NOMBRE DE ENTIDAD (TABLA): ISOTM1MCW.DBF
DESCRIPCION DE LA ENTIDAD: Contiene rangos de temperatura y zona térmica

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Area
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Área del polígono asociado a una isoterma.
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA: Metros cuadrados
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Calculada por Arc-Info

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Perimeter
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Perímetro del polígono asociado a una isoterma.
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA: Metros
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Calculado por Arc-Info

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Ap1
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Identificador numérico del rango de temperatura.
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA:
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Asignado por el responsable del proyecto

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Ta_rango
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Rangos de temperatura en °C
TIPO DE DATO : Carácter
UNIDADES DE MEDIDA: °C
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Resultado del modelado climático

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Ta_zona_t
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Característica de temperatura media.

TIPO DE DATO : Carácter
UNIDADES DE MEDIDA:
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Asignado por el responsable del proyecto
ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS.

Estaciones climatológicas (CONABIO)

DATOS GENERALES DEL MAPA

CITA DE LA INFORMACIÓN: García, E. - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). "Estaciones climatológicas (CONABIO)". Datos extraídos del proyecto F047 Mapas de Climas escala 1:1000000 (Clasificación de Koppen modificado por García). México.

RESUMEN: El mapa representa las estaciones climatológicas presentes en el País, con un total de 3037. El trabajo se realizó con el apoyo de la CONABIO, financiado en 1995. Los datos de las estaciones tienen como fuente el Sistema Meteorológico Nacional, Comisión Federal de Electricidad y Comisión Nacional del Agua. Son datos con más de 10 años de registros. La información que se presenta en el mapa es: Estado, Clave de la estación, Nombre, Altitud, Temperatura total media anual, Precipitación total anual, Clima, Longitud en grados, Longitud en minutos, Longitud en segundos, Latitud en grados, Latitud en minutos, Latitud en segundos.

OBJETIVOS: Dar a conocer datos de más de 10 años de temperatura y precipitación tanto anual como mensual.

DATOS COMPLEMENTARIOS: Como una información complementaria, se tienen los datos mensuales promedio de precipitación y temperatura total por cada estación climatológica.

FORMATO DEL DATO GEOESPACIAL: Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf, prj)

TIEMPO COMPRENDIDO: 1995 - 1997

NIVEL DE AVANCE: Completo

MANTENIMIENTO: No planeado

TAMAÑO EN BYTES: 2.1000003

LIGA A OTROS SITIOS EN WWW : <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-bin/datos.cgi?Letras=F&Numero=47>

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

ÁREA GEOGRÁFICA: República Mexicana

COORDENADAS EXTREMAS: OESTE: -117.02753 ESTE: -86.750516 NORTE: 32.714407 SUR: 14.621916

RESTRICCIONES

ACCESO: Con Restricciones

USO: Sin Restricciones

RESTRICCIONES PARA INTERNET: Elaborado en Conabio, solo uso interno.

AMBIENTE DE TRABAJO

SOFTWARE Y HARDWARE: SIG ARC-INFO, versión 8.0 y SPARCstation, SUN OS versión 5.5.1

SISTEMA OPERATIVO: UNIX

RUTA Y NOMBRE ARCHIVO: /export/home/usuarios/sig/cartografia/estructura/climatologia/climas/ATLASCW

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS: Sistemas compatibles con archivos Shapefile

CALIDAD DE LOS DATOS

METODOLOGÍA: Gabinete

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA: Captura y depuración de datos.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: Captura y depuración de datos con la finalidad, de dejar únicamente las estaciones que

tenían registros con más de 10 años. Los datos se manejaron en formato ASCCI. La información fue vaciada a una SUPERBASE.

REFERENCIA DEL DATO: Sistema Meteorológico Nacional (CLICOM)
ESCALA ORIGINAL: 1:1
FORMATO ORIGINAL: Base de Datos

REFERENCIA DEL DATO: Comisión Federal de Electricidad
ESCALA ORIGINAL: 1:1
FORMATO ORIGINAL: Base de Datos

REFERENCIA DEL DATO: Comisión Nacional del Agua
ESCALA ORIGINAL: 1:1
FORMATO ORIGINAL: Base de Datos

CARACTERISTICAS TAXONIMIA

INFORMACIÓN DE LOS DATOS ESPACIALES

ESTRUCTURA DEL DATO: Vector
TIPO DEL DATO: Puntos
NUMERO TOTAL DEL DATO : 3037

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

SISTEMA DE COORDENADAS: Plana
NOMBRE DE LA PROYECCIÓN: Cónica Conforme de Lambert

PARÁMETROS DE LA PROYECCIÓN

PARALELOS ESTÁNDAR: PRIMER PARALELO 17.50000 SEGUNDO PARALELO 29.50000
LONGITUD DEL MERIDIANO CENTRAL: -102
Fuente y Descripción de la fuente.
FALSO ESTE EN METROS: 2500000
FALSO NORTE EN METROS: 0

INFORMACIÓN GEODÉSICA

DATUM HORIZONTAL: WGS84
NOMBRE DEL ELIPSOIDE: WGS84

ATRIBUTOS DEL MAPA

NOMBRE DE ENTIDAD (TABLA): ATLASCW.DBF
DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD: Estaciones climatológicas del Atlas 1:1000000.

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Zpi
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Porcentaje de precipitación invernal
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA:
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Osc
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales.
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA: °C
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Edo
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Clave única de la Entidad Federativa
TIPO DE DATO : Numérico

UNIDADES DE MEDIDA:
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Clave
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Clave de la estación climatológica
TIPO DE DATO : Carácter
UNIDADES DE MEDIDA:
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Altitud
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Datos de altitud (msnm)
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA: Metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido a partir del MDT

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Anual_t
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Datos de temperatura total media anual
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA: °C
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Anual_p
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Datos de precipitación total anual
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA: mm cuadrados
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Clima
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Tipo de clima en donde se ubica la estación climatológica
TIPO DE DATO : Carácter
UNIDADES DE MEDIDA:
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Long
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Longitud en grados de la coordenada de la estación climatológica
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA:
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Lonm
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Longitud en minutos de la coordenada de la estación climatológica
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA:
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Lons
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Longitud en segundos de la coordenada de la estación climatológica
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA:
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)

NOMBRE DEL ATRIBUTO : Latg

DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO:	Latitud en grados de la coordenada de la estación climatológica
TIPO DE DATO :	Númérico
UNIDADES DE MEDIDA:	
ORIGEN DEL ATRIBUTO:	Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)
NOMBRE DEL ATRIBUTO :	Latm
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO:	Latitud en minutos de la coordenada de la estación climatológica
TIPO DE DATO :	Númérico
UNIDADES DE MEDIDA:	
ORIGEN DEL ATRIBUTO:	Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)
NOMBRE DEL ATRIBUTO :	Lats
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO:	Latitud en segundos de la coordenada de la estación climatológica
TIPO DE DATO :	Númérico
UNIDADES DE MEDIDA:	
ORIGEN DEL ATRIBUTO:	Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)
NOMBRE DEL ATRIBUTO :	Fuente
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO:	Fuente de los datos de la estación climatológica
TIPO DE DATO :	Carácter
UNIDADES DE MEDIDA:	
ORIGEN DEL ATRIBUTO:	Definido por la SSIG
NOMBRE DEL ATRIBUTO :	Desp_fuent
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO:	Descripción del tipo de fuente de los datos de la estación climatológica
TIPO DE DATO :	Carácter
UNIDADES DE MEDIDA:	
ORIGEN DEL ATRIBUTO:	Definido por la SSIG
NOMBRE DEL ATRIBUTO :	Nombre
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO:	Nombre de la estación climatológica
TIPO DE DATO :	Carácter
UNIDADES DE MEDIDA:	
ORIGEN DEL ATRIBUTO:	Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)
NOMBRE DEL ATRIBUTO :	Longitud
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO:	Longitud en grados decimales de la coordenada de la estación climatológica
TIPO DE DATO :	Númérico
UNIDADES DE MEDIDA:	
ORIGEN DEL ATRIBUTO:	Definido por la SSIG
NOMBRE DEL ATRIBUTO :	Latitud
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO:	Latitud en grados decimales de la coordenada de la estación climatológica
TIPO DE DATO :	Númérico
UNIDADES DE MEDIDA:	
ORIGEN DEL ATRIBUTO:	Definido por la SSIG
NOMBRE DEL ATRIBUTO :	Hoja
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO:	Clave de la hoja escala 1:1000000 donde se ubica de la estación climatológica
TIPO DE DATO :	Carácter
UNIDADES DE MEDIDA:	
ORIGEN DEL ATRIBUTO:	Definido por la SSIG

NOMBRE DEL ATRIBUTO : P_t
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO: Cociente conocido como índice de Lang. La precipitación total anual entre la temperatura media
TIPO DE DATO : Numérico
UNIDADES DE MEDIDA:
ORIGEN DEL ATRIBUTO: Definido por la responsable del proyecto (Dra. Enriqueta García)

Serie de mapas climáticos 1:1, 000,000 INEGI 1980 (SERIE I).

NOTA: Para esta serie de mapas sólo fue posible obtener el metadato de los mapas climáticos.

SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DEL CONJUNTO DE DATOS ESPACIALES O PRODUCTO

1.1 Título del conjunto de datos espaciales o producto: Mapa Raster de Climas, Escala de Referencia 1:1 000 000 (Resolución Espacial 250 m)

1.2 Propósito: Proporcionar al usuario información actualizada del clima, ya que este es un factor que incide directamente sobre planificación de programas de protección ambiental, actividades agrícolas, ganaderas, urbanísticas y de salud pública entre otras. Esta información puede servir de base para realizar diferentes tipos de estudios sobre el calentamiento global, fenómenos hidrometeorológicos extremos, como apoyo a la toma de decisiones encaminadas a la mitigación y adaptación al cambio climático. La información está estructurada de tal manera que se garantiza la consistencia geométrica y la continuidad de los datos de tipo raster, lo que permite su adecuación en diversos tipos de paquetes informáticos de aplicación, en Sistemas de Información Geográfica para la generación de cartografía asistida por computadora. La referencia geográfica de la información permite que los datos se integren con otros grupos de datos vectoriales o de tipo raster (MDE, Imágenes de Satélite; Ortofotos Digitales).

1.3 Descripción del conjunto de datos espaciales o producto: El Mapa Raster de Climas, Escala de Referencia 1:1 000 000 (Resolución Espacial 250 m), contiene información actualizada de los diferentes tipos de climas que existen en México, el Sistema de Clasificación Climática utilizado es el de Köppen (1936), modificado por Enriqueta García (1973) y por INEGI (1976), para adaptarlo a las condiciones de México. La información geográfica digital contiene datos estructurados.

LOS METADATOS ESTÁN SIENDO ACTUALIZADOS CONFORME A LA NORMA TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN DE METADATOS GEOGRÁFICOS (NTM).

1.4 Idioma del conjunto de datos espaciales o producto: ES - Español.

1.5 Categoría del tema del conjunto de datos espaciales o producto: 1. Agricultura/Ganadería: Cultivo de plantas o cría de animales

1.6 Palabra clave: Clima&Fórmula climática&Grupo&Porcentaje de lluvia invernal&Precipitación del mes más seco&Régimen de lluvia&Subgrupo&Subtipo&Temperatura del mes más caliente&Temperatura del mes más frío&Tipo&Unidades climáticas

1.7 Tipo: 5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.&5. Tema: La palabra clave que identifica un tema o materia particular.

1.8 Nombre del tesoro: Ninguno

1.9 Edición: 1a.

1.10 Forma de presentación de los datos espaciales:

1.11 Enlace en línea:

1.11.1 URL del recurso: <http://www.inegi.org.mx>

1.11.2 Descripción del acceso al recurso:

1.12 Frecuencia de mantenimiento y actualización: 10. Desconocido: La frecuencia de mantenimiento de los datos no se conoce.

1.13 Conjunto de caracteres: 6. 8859parte1: ISO/IEC 8859-1, Tecnologías de la Información - Conjuntos de caracteres gráficos codificados de 8-bit por byte - Parte 1: Alfabeto Latino No.1.

1.14 Nombre del archivo gráfico: Mapa_Ras_Climas_Esc_1M_(Res_Esp_250m)

1.15 Uso específico: Ejemplo ilustrativo gráfico del Mapa Raster de Climas

SECCIÓN 2: FECHAS RELACIONADAS CON EL CONJUNTO DE DATOS ESPACIALES O PRODUCTO

2.1 Fechas y eventos:

2.1.1 Fecha de referencia del conjunto de datos espaciales o producto:

2.1.2 Tipo de fecha: 2. Publicación: Indicador de la fecha que especifica cuando el recurso fue publicado.

2.2 Fechas de los insumos tomados para la elaboración del producto o conjunto de datos espaciales:

2.2.1 Fecha de creación de los insumos:

2.2.2 Fecha de inicio de verificación de campo: 1950-01-01

2.2.3 Fecha final de verificación de campo: 2000-01-01

2.2.4 Nombre del insumo:

SECCIÓN 3: PARTE RESPONSABLE DEL CONJUNTO DE DATOS ESPACIALES O PRODUCTO

3.1 Nombre de la persona de contacto:

3.2 Nombre de la organización: Instituto Nacional de Estadística y Geografía - INEGI.

3.3 Puesto del contacto: Departamento de Atención a Usuarios y Comercialización.

3.4 Teléfono: (449)9105300 Ext. 1406, 1407 y 1408. Lada 01 800 111 46 34.

3.5 Fax:

3.6 Dirección: Av. Héroe de Nacozari Sur Núm. 2301. Fracc. Jardines del Parque.

3.7 Ciudad: Aguascalientes.

3.8 Área administrativa: Aguascalientes.

3.9 Código postal: 20276.

3.10 País: México.

3.11 Dirección de correo electrónico del contacto: atencion.usuarios@inegi.org.mx

3.12 Enlace en línea (dirección de internet de referencia): <http://www.inegi.org.mx>

3.13 Rol: 5. Distribuidor: Parte que distribuye el recurso

SECCIÓN 4: LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL CONJUNTO DE DATOS ESPACIALES O PRODUCTO

4.1 Localización geográfica del conjunto de datos espaciales o producto:

4.1.1 Coordenada límite al oeste: -119

4.1.2 Coordenada límite al este: -85

4.1.3 Coordenada límite al sur: 12

4.1.4 Coordenada límite al norte: 35

4.2 Tipo de representación espacial:

SECCIÓN 5: SISTEMA DE REFERENCIA

Definición del sistema de referencia horizontal:

5.1 Coordenadas geográficas:

5.1.1 Resolución de latitud: 0.00000001

5.1.2 Resolución de longitud: 0.00000001

5.1.3 Unidades de coordenadas geográficas: Grados decimales.

5.2 Coordenadas planas:

5.2.1 Sistema de coordenadas de malla:

5.2.1.1 Universal transversa de mercator:

5.2.1.1.1 Número de zona UTM:

5.2.1.1.2 Factor de escala en el meridiano central:

5.2.1.1.3 Longitud del meridiano central:

5.2.1.1.4 Latitud del origen de proyección:

5.2.1.1.5 Falso este:

5.2.1.1.6 Falso norte:

5.2.2 Proyección cartográfica:

5.2.2.1 Cónica conforme de lambert:

5.2.2.1.1 Paralelo estándar:

5.2.2.1.2 Longitud del meridiano central:

5.2.2.1.3 Latitud del origen de proyección:

5.2.2.1.4 Falso este:

5.2.2.1.5 Falso norte:

5.2.3 Información de coordenadas planas:

5.2.3.1 Método codificado de coordenada plana:

5.2.3.2 Resolución de abscisa:

5.2.3.3 Resolución de ordenada:

5.2.3.4 Unidades de distancia plana:

5.3 Modelo geodésico:

5.3.1 Nombre del datum horizontal: ITRF92 época 1988.0.

5.3.2 Nombre del elipsoide: WGS_198

5.3.3 Semieje mayor: 6378137.0

5.3.4 Factor de denominador de achatamiento: 298.257224

Definición del sistema de referencia vertical:

5.4 Definición del sistema de altitud:

5.4.1 Nombre del datum de altitud:

5.4.2 Resolución de altitud:

5.4.3 Unidades de distancia de altitud:

5.4.4 Método codificado de altitud:

5.5 Definición del sistema de profundidad:

5.5.1 Nombre del datum de profundidad:

5.5.2 Resolución de profundidad:

5.5.3 Unidades de distancia de profundidad:

5.5.4 Método codificado de profundidad:

SECCIÓN 6: CALIDAD DE LA INFORMACIÓN

6.1 Alcance o ambito:

6.1.1 Nivel: 1. Atributo: Información aplicada al valor de atributo

6.2 Reporte:

6.2.1 Completitud:

6.2.1.1 Nombre del subcriterio de calidad evaluado:

6.2.1.1.1 Nombre de la prueba:

6.2.1.1.2 Descripción de la prueba:

6.2.1.1.3 Resultado:

6.2.1.1.3.1 Resultado cuantitativo:

6.2.1.1.3.1.1 Unidad de valor:

6.2.1.1.3.1.2 Valor:

6.2.2 Consistencia lógica:

6.2.2.1 Nombre del subcriterio de calidad evaluado:

6.2.2.1.1 Nombre de la prueba:

6.2.2.1.2 Descripción de la prueba:

6.2.2.1.3 Resultado:

6.2.2.1.3.1 Resultado cuantitativo:

6.2.2.1.3.1.1 Unidad de valor:

6.2.2.1.3.1.2 Valor:

6.2.3 Exactitud posicional:

6.2.3.1 Nombre del subcriterio de calidad evaluado:

6.2.3.1.1 Nombre de la prueba:

6.2.3.1.2 Descripción de la prueba:

6.2.3.1.3 Resultado:

6.2.3.1.3.1 Resultado cuantitativo:

6.2.3.1.3.1.1 Unidad de valor:

6.2.3.1.3.1.2 Valor:

6.2.4 Exactitud temporal:

6.2.4.1 Nombre del subcriterio de calidad evaluado:

6.2.4.1.1 Nombre de la prueba:

6.2.4.1.2 Descripción de la prueba:

6.2.4.1.3 Resultado:

6.2.4.1.3.1 Resultado cuantitativo:

6.2.4.1.3.1.1 Unidad de valor:

6.2.4.1.3.1.2 Valor:

6.2.5 Exactitud temática:

6.2.5.1 Nombre del subcriterio de calidad evaluado:

6.2.5.1.1 Nombre de la prueba:

6.2.5.1.2 Descripción de la prueba:

6.2.5.1.3 Resultado:

6.2.5.1.3.1 Resultado cuantitativo:

6.2.5.1.3.1.1 Unidad de valor:

6.2.5.1.3.1.2 Valor:

6.3 Linaje:

6.3.1 Enunciado: El Mapa Raster de Climas se elaboró procesando los respectivos mapas raster de temperatura y precipitación media mensual del Atlas Climático Digital de México del Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM, obteniendo la información derivada necesaria para la generación de la fórmula climática en cada pixel, además se validó utilizando información digital de vegetación primaria y del Modelo Digital de Elevación. Los mapas raster utilizados por el Centro de Ciencias de la Atmósfera (UNAM) provienen de la base de datos Worldclim, la cual se obtuvo por el método de interpolación desarrollado por Hijmans et al (Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas, 2005). El equipo del Worldclim utilizó el método de thin-plate smoothing splines a través del programa ANUSPLIN, que ha sido ampliamente utilizado para realizar estudios similares. Todas las estaciones fueron examinadas para corroborar la correspondencia entre la altitud reportada por el país de origen y la obtenida en el raster de elevación, en donde aquellas que presentaron grandes discrepancias se eliminaron; los datos de

elevación utilizados provienen del Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). También se eliminaron estaciones que presentaban otro tipo de errores: coordenadas erróneas, uso de diferentes unidades (°F vs °C), entre otros. Los datos de temperatura media mensual se obtuvieron a partir del promedio de las temperaturas máximas y mínimas. Se generaron archivos de tipo raster de los datos medios mensuales de temperatura y precipitación, igualmente, archivos del mismo tipo de temperaturas medias mensuales máximas y mínimas. Los mapas obtenidos se compararon con los mapas generados por PRISM Climate Group (Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model) y Daymet (Daily Surface Weather and Climatological Summaries), para regiones de los Estados Unidos. Las diferencias encontradas entre los tres métodos, se observaron particularmente en la precipitación en áreas montañosas y en regiones con baja densidad de estaciones. El Centro de Ciencias de la Atmósfera realizó una validación del método mediante diversos parámetros estadísticos de los valores obtenidos de la base de datos climáticos WorldClim contra datos observados en 1900 y estaciones meteorológicas del país que cuentan con más de 30 años de registros. El Mapa Raster de Climas elaborado presenta algunas anomalías en la geometría debido al mismo proceso de interpolación y a que en nuestro país hay regiones en donde las estaciones se encuentran muy dispersas, esto se agudiza más en áreas donde el relieve es abrupto.

6.3.2 Pasos del proceso:

6.3.2.1 Descripción: Fuente?

1. Recopilación de los mapas de temperatura y precipitación media mensual de la página de internet del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Autónoma de México.?
2. Elaboración de un diagrama de flujo para clasificar el clima de acuerdo a la clasificación de Köppen-García (1973); Modificado por INEGI (1980). ?
3. Validación del diagrama de flujo.?
4. Elaboración de un programa para obtener la fórmula climática de manera automatizada.?
5. Validación del programa.?
6. Elaboración de un programa que asigne la fórmula climática a cada pixel.?
7. Procesamiento de los mapas medios mensuales de precipitación y temperatura para generar el mapa raster de climas.?
8. Verificación de congruencia de unidades climáticas conjugando la información de tipo de clima de cada estación, vegetación primaria y topográfica (modelo digital de elevación).?
9. Correcciones al mapa raster.?
10. Elaboración de la tabla de atributos.

6.3.3 Fuente:

6.3.3.1 Descripción:

SECCIÓN 7: ATRIBUTOS

7.1 Descripción general de entidades y atributos: La definición de entidad es de tipo raster, donde la forma digital de los elementos son celdas o puntos, del componente descriptivo de un intervalo, un área o de un fenómeno geográfico.

7.2 Cita del detalle de entidades y atributos: Base de datos Geográficos de la Dirección General de Geografía y Medio Ambiente INEGI

SECCIÓN 8: DISTRIBUCIÓN

8.1 Restricciones de acceso: 8. Acceso con costo al público a través de los centros de venta del Instituto Nacional de Estadística y Geografía - INEGI.

8.2 Restricciones de uso: 8. Otras Restricciones.

8.3 Responsabilidad de distribución: A pesar de que estos datos han sido procesados exitosamente en un sistema de cómputo del Instituto, no existe garantía expresa en cuanto a la utilidad de los datos en cualquier otro sistema en general o a propósitos?

científicos, la acción de disponerlos para consulta no constituye alguna otra garantía. El Instituto no será responsable por el uso incorrecto de los datos descritos o contenidos en el producto. Estos datos y gráficos relacionados no son documentos legales y no deben ser usados como tal. La información contenida es dinámica y puede cambiar con el tiempo. Es responsabilidad del usuario utilizar los datos apropiada y consistentemente, según las características de los mismos. El Instituto no garantiza, de ninguna manera la precisión, integridad y completitud del conjunto de datos según las necesidades particulares de cada usuario. Esta cláusula aplica tanto para el uso individual de los datos, como para su uso en conjunto con otros datos. Se recomienda consultar los productos y/o conjuntos de datos generados por el Instituto, directamente en sus sistemas de consulta y no indirectamente, a través de otras fuentes que podrían haberlos modificado de alguna manera.

8.4 Formato de distribución:

8.4.1 Nombre del formato:

8.4.2 Versión del formato:

SECCIÓN 9: INFORMACIÓN DE METADATOS

9.1 Nombre del estándar de metadatos: ISO 19115 Información Geográfica - Metadatos (Norma Técnica para Metadatos).

9.2 Versión de la norma de metadatos: 2003 (1.0).

9.3 Idioma de los metadatos: ES - Español.

9.4 Punto de contacto para los metadatos:

9.4.1 Nombre de la persona de contacto: Lic. Rafael Arrijo Urzúa.

9.4.2 Nombre de la organización: Instituto Nacional de Estadística y Geografía - INEGI.

9.4.3 Puesto del contacto: Jefe del Departamento de Administración de Metadatos

9.4.4 Teléfono: (449)9105300 Ext. 1750 y 5631.

9.4.5 Fax: (449)4424145.

9.4.6 Dirección: Av. Héroe de Nacozari Sur Núm. 2301. Fracc. Jardines del Parque.

9.4.7 Ciudad: Aguascalientes.

9.4.8 Área administrativa: Aguascalientes.

9.4.9 Código postal: 20276.

9.4.10 País: México.

9.4.11 Dirección de correo electrónico del contacto: rafael.arrijo@inegi.org.mx

9.4.12 Rol: 7. Punto de contacto: Parte que puede ser contactada para informarse sobre el recurso o adquisición del mismo.

9.5 Fecha de los metadatos: 2010-12-03

9.6 Conjunto de caracteres: 6. 8859parte1: ISO/IEC 8859-1, Tecnologías de la Información - Conjuntos de caracteres gráficos codificados de 8-bit por byte - Parte 1: Alfabeto Latino No.1.