



Precipitación y Recursos Hidráulicos en México

Agustín Felipe Breña Puyol



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Casa abierta al tiempo

ÍNDICE

Prefacio	1
Introducción	3
1. La lluvia en el mundo	5
1.1 Factores y procesos de la lluvia.	5
1.2 Clima en el ámbito mundial.	7
1.3 Distribución geográfica de la lluvia.	10
1.4 La lluvia en la República Mexicana.	20
Referencias.	36
2. Lluvia por entidad federativa	37
2.1 Conceptos generales.	37
2.2 Precipitación media pluvial por entidad federativa.	41
Referencias.	151
3. Lluvia ciclónica	152
3.1 Consideraciones generales.	152
3.2 Ciclones tropicales.	153
3.3 Ciclones que han penetrado al territorio mexicano durante el periodo 1980-2003.	169
3.4 Número total y frecuencia mensual de ciclones.	173
3.5 Frecuencia de valores máximos integrados por dos poblaciones.	177
Referencias.	193
4. Recursos hidráulicos por región administrativa	194
4.1 Conceptos generales.	194
4.2 Regiones administrativas.	195
4.3 Recursos hidráulicos por región administrativa.	200
Referencias.	271
Anexo A	272
Glosario	283
Enlaces a sitios de interés en Internet	312
Bibliografía	314
Colofón	

PREFACIO

El valor estratégico del recurso agua está presente en la mente de todos: los estadistas, los políticos, los gobernantes, los especialistas y la sociedad en su conjunto. Sin embargo, en ocasiones y ante la evidencia de nuestros sentidos, se considera que hay que hacer énfasis en que se realicen programas, proyectos y acciones sistemáticas y coordinadas para preservarlo.

Este libro es una contribución al conocimiento de la precipitación pluvial y los recursos hidráulicos en México. Su lectura nos ilustrará respecto al tema y proporcionará elementos para apoyar la toma de decisiones en el ámbito de nuestra responsabilidad.

A excepción de la sección 3.5, exclusiva para especialistas, el libro está dedicado a todo público interesado en la situación del agua en el país. Los estudiantes y los profesores de licenciaturas relacionadas con la hidrología y la hidráulica, tendrán una excelente introducción al tema. Los responsables de la planeación regional o de las entidades federativas encontrarán referencias e información valiosa para el diseño de planes de desarrollo. Los turistas y público en general tendrán la información de los meses de mayor o menor precipitación pluvial, en tanto que los estudiantes y profesores de primaria, secundaria y bachillerato apreciarán las características relevantes de la precipitación pluvial y de los recursos hidráulicos de la entidad o región en donde viven.

Este es el tercer libro del Dr. Agustín Breña que un equipo de tres especialistas (él es uno de los integrantes del equipo como experto en el contenido) edita en formato electrónico en la Universidad Autónoma Metropolitana. Con este libro demostramos que se puede comunicar el conocimiento (general o especializado) con publicaciones electrónicas de muy bajo costo y de cobertura mundial mediante Internet.

No es necesario esperar muchos meses para tener una edición impresa de alto costo, ni tener los recursos para su distribución nacional e internacional. Cualquier persona con acceso a la web puede consultar los libros en formato electrónico sin costo para ella, con lo que se logra el objetivo de difundir el conocimiento sin importar la ubicación geográfica o el perfil del lector.

Invitamos a lector a consultar el libro en www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/. Si tiene comentarios y recomendaciones con gusto las recibirá el Dr. Breña al correo bpfa@xanum.uam.mx o un servidor a rpa@correo.uam.mx.

Mtro. Raúl Placencia Amoroz
Coordinador de Proyectos Especiales
Coordinación General de Vinculación y
Desarrollo Institucional
Rectoría General
Universidad Autónoma Metropolitana

INTRODUCCIÓN

La importancia del recurso agua es compartida por todos y este libro tiene como fin ser una contribución al conocimiento de la precipitación y los recursos hidráulicos en México. El texto consta de cuatro capítulos, un anexo con gráficas y curvas de frecuencia de muestras de gastos máximos y lluvias máximas, el glosario de términos, una lista de direcciones de sitios en Internet relacionados con los temas tratados en el libro y la bibliografía utilizada.

En el primer capítulo, Lluvia en el Mundo, se presenta una visión general de los diversos factores y procesos de la lluvia en el mundo; así como, su distribución geográfica, con énfasis en América, Europa, Asia, África y Australia. Además, se indican los aspectos geográficos y orográficos de la lluvia en la República Mexicana y la distribución geográfica de la lluvia media: anual y por mes.

En el segundo capítulo, Lluvia por entidad federativa, se inicia con una breve conceptualización e inmediatamente se indica, para cada una de las 32 entidades federativas: la ubicación geográfica, superficie y límites con otras entidades; una breve historia, su descripción hidrológica, e indicadores socioeconómicos relevantes. Asimismo, se presenta la gráfica de la distribución de la lluvia media mensual en la entidad y se comentan sus rasgos predominantes.

Lluvia Ciclónica es el título del tercer capítulo cuyas cuatro primeras secciones tratan de los ciclones que se presentan en las costas de México. La quinta sección está dedicada a los especialistas y en ella se describe el método gráfico para segregar muestras en dos poblaciones estadísticas provenientes de fenómenos hidrológicos diferentes, que se apoya en el papel de probabilidad de Gumbel.

En el cuarto capítulo, Recursos Hidráulicos por Región Administrativa, se presentan las características relevantes de las 13 regiones hidrológico-administrativas en que se ha dividido el país. Para cada una se indica: su ubicación geográfica, superficie, entidades y/o municipios que la constituyen, precipitación media anual, indicadores socioeconómicos, y una descripción de la situación del recurso agua, que incluye los problemas más urgentes a los que se enfrenta.

El anexo contiene las gráficas de las muestras de gastos máximos anuales y lluvias máximas anuales registradas en seis estaciones hidrométricas y climatológicas; así como, las curvas de frecuencia relacionadas con los gastos y lluvias: registrado y teórico. En tanto que en el glosario se define o describe a los términos utilizados en el texto.

Concluye el libro con una lista de direcciones de sitios en Internet relacionados con los temas tratados en el libro y con la bibliografía utilizada.

La lectura del libro puede ser secuencial o consultar la sección o capítulo que le interese al lector. La sección 5 del capítulo 3 está dedicada a los especialistas y no es precedente de otras secciones, por lo que no es indispensable que las personas que no sean especialistas la consulten.

Para apreciar las características generales de la precipitación y de los recursos hidráulicos en México; así como, de los principales retos que enfrentamos, se recomienda la lectura de todos los capítulos, lo que nos brindará información para que, en el ámbito de nuestra responsabilidad, promovamos la preservación del agua en beneficio de las generaciones futuras.

Dr. Agustín F. Breña Puyol

Departamento de Ingeniería de
Proceso e Hidráulica.
UAM-Iztapalapa

1. La lluvia en el mundo

1.1. Factores y procesos de la lluvia

Los factores determinantes de la precipitación pluvial en cualquiera de sus formas (lluvia, nieve, granizo, escarcha o rocío), son la humedad atmosférica y la temperatura de condensación.

Ahora bien, la humedad atmosférica depende, a su vez, de la evaporación en la superficie del agua de océanos, mares, lagos, lagunas, ríos, arroyos y de los suelos húmedos, así como de la evapotranspiración de plantas y animales. La evaporación ocurre en todos los cuerpos de agua y es función de la diferencia entre la temperatura en la superficie del agua y de la atmósfera producida por el calentamiento debido a la radiación solar en las diversas latitudes principalmente en las comprendidas entre los Trópicos de Cáncer ($23^{\circ} 27' N$) y Capricornio ($23^{\circ} 27' S$), faja situada inmediatamente al norte y sur del ecuador terrestre, tal como puede observarse en la figura 1.1.



Figura 1.1. Localización geográfica de la faja intertropical

El transporte de la humedad atmosférica se realiza mediante la circulación del aire. Asimismo, dicha circulación se produce por las variaciones en el calentamiento por la radiación solar, motivadas por los movimientos de rotación y traslación terrestre que determinan respectivamente el día y la noche y las estaciones (invierno, primavera, verano y otoño).

La localización geográfica de una región, es determinante en la circulación del aire, o sean los vientos dominantes, y para que ocurra la lluvia se tienen que satisfacer las condiciones siguientes:

- Que las corrientes de aire lleven a la zona atmosférica situada sobre el lugar aire cargado de humedad.
- Que las condiciones topográficas o las masas de aire frío produzcan su ascenso hasta alturas que determinen el descenso en la temperatura de la masa de aire húmedo.
- Que dicho descenso de temperatura alcance el grado de condensación, determinando lluvias ligeras, prolongadas o intensas, según sea, la humedad, altura y temperatura de condensación.

1.2. Clima en el ámbito mundial

El clima presenta variaciones muy acentuadas en las diversas latitudes del planeta. Para que se tenga idea del grado de variación de los factores determinantes del clima, a continuación se indica un breve resumen de lo que se observa en los continentes y zonas geográficas de la Tierra.

1.2.1. Temperatura

La temperatura en el mundo depende de la energía que recibe del sol, que a su vez, depende fundamentalmente de la latitud del lugar, a veces modificada por los continentes y los cuerpos de agua marítimos, por los vientos dominantes, las corrientes marítimas, la topografía del lugar y por otros factores geofísicos menores.

1.2.2. Latitud

El efecto de la latitud se presenta de dos maneras, relacionadas entre sí, pero distintas en sus efectos: la inclinación (ángulo de incidencia) de los rayos solares, que es mayor en las latitudes altas que en las bajas; y la relación entre la duración del día y la de la noche, en la cercanía de los solsticios (21 de junio y 22 de diciembre), que varía tanto más, cuanto mayor es la latitud del lugar. Por supuesto que, cuanto más cercanos a la vertical, los rayos solares son más intensos.

En síntesis, dentro de los trópicos la radiación solar es intensa, pero sólo durante un corto lapso diurno; en cambio, a latitudes mayores, en general, la intensidad de la radiación solar en el verano es menor que en los trópicos, pero con una más larga duración.

1.2.3. Levantamiento forzado del aire húmedo

Son varios los efectos que una barrera o macizo montañoso produce en las grandes corrientes atmosféricas, sobresaliendo el proceso del levantamiento forzado del aire húmedo. Este tipo de proceso ocurre en todos aquellos lugares donde una vertiente montañosa se presenta como una rampa, cuya altura se va elevando gradualmente a modo de una cuesta o plano inclinado y es remontada por vientos húmedos.

En especial, es posible el levantamiento del aire si la masa aérea que sube es potencialmente inestable, pues entonces, la liberación de la inestabilidad con el propio ascenso contribuye al desarrollo extraordinario de las nubes sobre las vertientes de la barrera orográfica proporcionando así el vapor de agua la energía suficiente para que el flujo aéreo salve el obstáculo.

Por su parte, se tiene conocimiento que todo ascenso del aire dentro de la atmósfera ocasiona un enfriamiento del mismo por expansión adiabática (1° C por cada 100 m), cuyo contenido de humedad de esta manera alcanza su punto de saturación, provocando la formación consiguiente de las nubes y la eventual caída de lluvia a partir de las masas nubosas.

Análogamente, el calentamiento adiabático del aire por descenso se produce en el aire húmedo (saturado o no) a razón de 1° C por cada 100 metros. El calentamiento por compresión adiabática juega un papel muy importante en todas las zonas geográficas donde existen vientos soplando constantemente de una misma dirección (la faja de los Alisios, por ejemplo), pues el efecto citado da lugar a regiones áridas aún en plena zona tropical, a condición de encontrarse a sotavento* de un obstáculo extenso.

1.2.4. Efecto amortiguador de las aguas del mar

Con respecto a la distribución de las tierras y los mares, resalta el efecto amortiguador de las aguas del mar sobre las oscilaciones de la temperatura de la atmósfera. Este efecto es especialmente notable sobre las áreas costeras que bañan los océanos; por el contrario las regiones en el interior de los continentes presentan variaciones anuales de temperatura del aire mucho mayores que las regiones cercanas al mar, ya que el efecto termostático de los océanos se debe a la abundancia de vapor de agua sobre su superficie.

Es evidente que, si en algún punto del continente existe un golfo u otro gran cuerpo de agua interior, éste va a ejercer una marcada influencia moderadora en la variación anual de la temperatura del aire sobre las áreas terrestres adyacentes y, por el contrario, una extensión alargada de tierra, puede alterar el efecto moderador de la temperatura del aire.

* Sotavento. La parte opuesta a aquella de donde viene el viento con respecto a un punto o lugar determinado.

En resumen, por la acción que ejercen los vientos y las corrientes marítimas, las cuales se encargan de repartir el calor según su dirección, se logra disminuir la temperatura excesiva de las regiones intertropicales y aumentar la de las regiones polares. En este proceso de distribución de la energía térmica las corrientes marítimas, aunque lentas, juegan un papel muy importante debido a su enorme capacidad calorífica.

Finalmente, las perturbaciones (sistemas del mal tiempo) vienen a constituir una de las causas que influyen en la precipitación pluvial y por consiguiente en el clima.

1.3. Distribución geográfica de la lluvia

1.3.1. Factores fundamentales

La precipitación pluvial depende principalmente del clima y de la temperatura, la cual resulta influenciada en forma notable por los cambios de altitud más que por su latitud, como es el caso de los picos de montañas cubiertas por nieves y los glaciares existentes en la faja ecuatorial de Sudamérica y África.

La magnitud de la precipitación depende de la cantidad de vapor de agua en la atmósfera y del proceso dinámico de enfriamiento que determina la condensación de las masas de nubes. En efecto, cuando el aire caliente húmedo es forzado a subir a grandes alturas por el fenómeno de convección local, ocurren tormentas y trombas en las zonas tropicales y aún en las zonas áridas. Las masas de aire húmedo y caliente pueden ser también forzadas a subir por las laderas de las montañas, hasta altitudes que provocan la condensación del agua y la lluvia, principalmente en las laderas montañosas frente a los vientos cargados de humedad como sucede en la vertiente sur de los Montes Himalayas, frente a las masas de aire marítimo tropical conocidas con el nombre de "Monzones".

La disminución de la temperatura de las masas de aire húmedo y caliente puede ocurrir también por la intrusión en forma de cuña de masas de aire frío debajo de las masas de aire caliente, haciéndolas subir hasta provocar su condensación por enfriamiento. Las masas de aire frío, por ser más pesadas, tienen el mismo efecto dinámico de las montañas, determinando la precipitación pluvial cuando el enfriamiento llega a la temperatura de condensación.

Las regiones del mundo con la mayor precipitación pluvial se localizan en las zonas tropicales cercanas al Ecuador terrestre, debido a las altas temperaturas, a las grandes cantidades de vapor de agua existentes en la atmósfera, por la mayor evaporación y las condiciones favorables para su enfriamiento dinámico por los fenómenos de convección, por el efecto topográfico, por deslizamiento de masas de aire húmedo y caliente encima de las masas de aire frío, o bien, por la combinación favorable de estos factores.

A continuación, se presenta un resumen de la distribución geográfica de la lluvia en los cinco continentes, resaltando los factores que inciden en el proceso de la ocurrencia de la lluvia y de los efectos que éstos provocan en las cinco regiones.

1.3.2. La lluvia en América

El continente Americano cuenta con diversos tipos de clima debido al gran número de latitudes que abarca y a las características de su relieve. En América del Norte la presencia de cadenas montañosas del Oeste y las del Este, impiden la influencia Atlántica y permiten la penetración de los vientos provenientes del Ártico. La vertiente oeste de las Montañas Rocallosas detiene los vientos húmedos del Pacífico que, al chocar contra ellas, provocan abundantes lluvias que superan los 1500 mm anuales. El clima de esta costa desde las islas Aleutianas hasta el noroeste de Estados Unidos, se ve también moderado por la influencia de la corriente cálida de Kuro Shio. Más al Sur predomina el clima oceánico húmedo con escasas oscilaciones térmicas, es decir, veranos frescos e inviernos suaves.

En las costas de California el clima es del tipo continental. Contrariamente a lo que ocurre con su vertiente Oeste, el Este de las rocallosas, protegido de los vientos oceánicos por sus altas mesetas, tiene un clima seco y escasas precipitaciones, menos de 200 mm anuales, lo que explica la existencia de varios desiertos. La llanura central, por su relieve recibe la influencia de los vientos polares del norte y los tropicales del sur, lo que provoca grandes y bruscas oscilaciones de temperatura. Aunque ocasionalmente, las masas de aire frío se hacen sentir hasta el Golfo de México y presentan variaciones de norte a sur.

Al Norte, el clima predominante es el polar, con inviernos muy largos y fríos, suelos helados y fuertes nevadas. Va haciéndose gradualmente más cálido hacia el Sur, hasta convertirse en subtropical en el Golfo de México, con lluvia de tipo monzónico. La costa oriental recibe hacia el Norte la influencia de la corriente fría del Labrador y hacia el Sur, la de la corriente cálida del Golfo, mientras la costa Este de los Estados Unidos, de características oceánicas, tiene un clima más estable y abundantes lluvias. La parte norte de México es una continuación de las mesetas del sudoeste de Estados Unidos.

Desde las islas Aleutianas hasta el Norte de California y al poniente de las montañas de Estados Unidos hay una faja costera en la cual la lluvia media anual es superior a los 1 000 mm; en la Columbia Británica del Canadá, la lluvia media anual excede los 2 500 mm. Al oriente de esta faja se observa una reducción brusca en la lluvia a menos de 500 mm en el llamado Desierto Americano, situado en la zona sudoeste de Estados Unidos y noroeste de México hasta menos de 125 mm.

En la zona oriental de Estados Unidos desde la Florida hasta el límite con Canadá la precipitación media anual es superior a 1 000 mm. También es abundante en la faja costera de México en el Golfo de México y en el golfo de Honduras, siendo muy irregular al otro lado de las montañas.

El clima centroamericano presenta fuertes variaciones y se caracteriza por el avance del clima tropical húmedo en latitud, especialmente en la región oriental, a causa del relieve y la corriente cálida del Golfo que se extiende a lo largo de la costa de México y el Mar Caribe.

En la región occidental, el paso del clima continental de California a otro tropical es más notable y la cantidad de lluvias más escasas. Continuando hacia el Sur, el estrechamiento del continente hace que entre una y otra zona no haya mayores diferencias, actuando el relieve como único factor diferenciador. Las islas antillanas están bajo la influencia de los vientos Alisios, que producen fuertes lluvias en las vertientes de barlovento*, mientras que las de sotavento son muy secas. En la zona del mar Caribe y del Golfo de México, se producen los ciclones tropicales o huracanes.

América del Sur se extiende en su mayor parte entre los trópicos y su territorio no alcanza el Círculo Polar Antártico, por lo que no existen climas polares. Por su disposición y por su altura, los Andes, que actúan como pantalla a los vientos húmedos del Pacífico determinan variaciones de temperatura más relacionadas con la altitud que con la latitud. Así se distinguen las tierras cálidas, templadas y frías. Por ejemplo, en el Ecuador aparecen las nieves perpetuas que se presentan alrededor de los 5 000 m de altura. Al pie de los Andes, a la altura de Chile y Perú, existe un desierto costero, muy riguroso debido a la corriente fría del Perú. A partir de allí, hasta aproximadamente la altura de Santiago de Chile, es una zona de tipo estepario, cálida y de transición. Más hacia el sur el clima es más templado y húmedo, favorecido por las menores alturas de las cumbres andinas, con lluvias abundantes durante todo el año.

Desde los Andes al Atlántico y desde el Caribe al trópico de Capricornio se extiende la zona ecuatorial-tropical; goza de temperaturas uniformes y elevadas (promedio 20° C a 25° C) y lluvias muy abundantes (de 1 000 a 2 000 mm anuales). Las mayores precipitaciones se registran en el litoral de las Guayanas y la cuenca interior del río Amazonas (de 2 000 a 3 000 mm anuales). Desde el trópico de Capricornio y hasta el paralelo 40° de latitud Sur (a la altura aproximada de Bahía Blanca en la Argentina), se halla la zona templada con lluvias que van disminuyendo hacia el sur, hasta el clima

* Barlovento. Parte de donde viene el viento, con respecto a un punto o lugar determinado.

seco de la pampa. En la zona patagónica, el clima es suave y las lluvias escasas (no sobrepasan los 250 mm anuales), debido a la influencia de los vientos predominantes en la región, que por su dirección de Oeste a Este, son húmedos en la vertiente oriental.

1.3.3. La lluvia en Europa

Los climas de Europa están subordinados a dos influencias opuestas: la de su latitud geográfica, que abarca desde el paralelo 36° hasta el 71° de latitud Norte y la de su situación en el noroeste del continente asiático y en el sudeste de una región oceánica que es la más caliente de todos los mares.

Además, como los vientos del Oeste predominan sobre casi toda Europa, la influencia del océano se impone sobre la continental.

El clima europeo se caracteriza por su moderación. El predominio de llanuras, la distribución de las cadenas montañosas y la proximidad de los mares, así como su situación en la zona templada, favorecen la uniformidad climática. En casi toda Europa la lluvia es relativamente abundante y bien distribuida en el año. La característica principal del régimen pluvial de las costas del Mediterráneo es su abundancia a veces excesiva, de las lluvias de invierno y extremadamente reducida en los meses de verano.

Europa resulta el continente más marítimo, especialmente por lo recortado de sus costas que coloca muchos puntos a escasa distancia de los mares. Todo el occidente tiene un clima determinado por dicho factor, con inviernos suaves y frescos, veranos templados y lluvias durante todo el año. Hacia el centro y Este, el clima se hace cada vez más continental y gradualmente se acentúan las diferencias entre las temperaturas de invierno (frío y largo) y de verano (cálido y breve). También de Oeste a Este, las lluvias disminuyen y, en cambio, las heladas aumentan.

Generalmente la lluvia es más abundante en las costas occidentales, y excede en algunos lugares los 1 520 mm anuales; la lluvia disminuye hacia el Oriente, y en las partes altas de los Alpes y del Cáucaso la precipitación es menor de 500 mm.

Actúan como elementos moderadores del clima los vientos dominantes y las corrientes marinas. Los vientos variables del Oeste (del Océano Atlántico), que proporcionan clima húmedo y templado, influyen durante todo el año, mientras que la corriente cálida del Atlántico Norte actúa sobre la

temperatura, que debería ser más fría, de acuerdo con la latitud (como lo es por ejemplo, la de Noruega, donde no llega el influjo de dicha corriente). Existe una región lluviosa bien definida en la península de Escandinavia, donde se registran más de 1 520 mm anuales en la parte occidental de Noruega y otra relativamente seca al oriente de Suecia con 500 mm o menos.

La región mediterránea goza de un clima subtropical con estación seca. Los veranos son cálidos; los inviernos, templados y con mayor abundancia de precipitaciones; y durante todas las estaciones predominan los días de sol, factor que hace particularmente atractiva dicha región. El norte del continente es, en cambio, de clima frío; y lo mismo ha de decirse de las zonas de alta montaña. En el extremo sudoriental, el clima se hace a su vez desértico; hay diferencias extremas entre el invierno y el verano y las lluvias son escasas.

1.3.4. La lluvia en Asia

El clima asiático está condicionado por dos factores fundamentales: la gran variedad de latitudes que Asia ocupa y el carácter macizo y cerrado del continente. Por otra parte, el hecho de que las alineaciones montañosas están orientadas en dirección Este-Oeste, dificulta la penetración del aire húmedo de océanos y mares, lo que permite hablar de una parte interior árida y la otra parte extrema húmeda.

La característica relevante de los climas de Asia es la continentalidad; las oscilaciones térmicas medias anuales varían entre 30° C y 60° C en Asia central. Respecto a las temperaturas absolutas, la mínima registrada es de -67.7° C en Siberia (Verjoiansk) y la máxima registrada es de 48° C en Uzbekistán.

En síntesis, por todo lo dicho hasta ahora, podríamos clasificar los climas de Asia en cuatro grandes grupos: el ártico, el desértico, el monzónico y el mediterráneo.

El Asia ártica se caracteriza por tener un clima continental que manifiesta unas características acentuadas cuando más al Este y más al Norte. En esta misma graduación encontraríamos de sudoeste a noreste la estepa, la tundra y la taiga por lo que a los paisajes vegetales se refiere.

El Asia desértica puede considerarse, en principio, una prolongación del Sahara. Además, ocurre que las barreras montañosas impiden la penetración del aire húmedo hacia el interior y lo que sería un fenómeno que se situaría sobre los 28° de latitud, llega a alcanzar hasta los 50° en el Este del continente. Un rosario de desiertos se extiende desde el de Arabia hasta el de Gobi. En todos ellos las precipitaciones anuales son inferiores a 250 mm. Asimismo, hay que hacer constar que, en general, los desiertos de Asia son desiertos fríos salvo los de Arabia, Thar y parte baja de Irán. Únicamente al pie de las montañas, y donde las precipitaciones lo permiten, se dan algunos oasis, el resto es desierto.

En contraste con este tipo desértico encontramos el Asia monzónica, cuya característica fundamental la constituyen las lluvias. Hay que precisar que en el término "Asia monzónica" incluimos una amplia gama de climas que se extienden desde el Ecuador hasta los 50° de latitud Norte, por lo que distinguiremos, grosso modo, un monzónico tropical y otro templado, añadiendo que puede establecerse además una serie de matices y diferencias dentro de estos grupos.

El monzónico tropical comprende una zona que se extiende aproximadamente desde el Ecuador hasta el trópico de Cáncer y desde el río Indo hasta el Si-kiang. Se caracteriza por tener una alta temperatura media anual (superior a 25° C) y una oscilación inferior a 5° C. Salvo en las zonas más meridionales, con características claramente ecuatoriales, el resto tiene una estación lluviosa muy diferenciada y más acusada en las vertientes meridionales* que en las septentrionales*. La estación lluviosa coincide con el verano, salvo en la costa de Camiatic en la que, debido a la dirección de los vientos, lo hace con el invierno. A este tipo de clima corresponde un paisaje de selva que, por las especies que alberga, recibe el nombre específico de jungla.

Al alejarnos del trópico, la temperatura media desciende y aumenta su oscilación, por lo que entramos ya en dominios subtropicales en los que las lluvias siguen siendo factor definitorio. El monzón en estos lugares es de verano y ésta es, por lo tanto, la estación lluviosa. Esta zona, en cuanto al paisaje, es una zona de transición en la que, junto a las especies propiamente subtropicales, se dan también algunas mediterráneas.

* Meridional. Pertenece o relativo al Sur.

* Septentrional. Pertenece o relativo al Norte.

El resto del espacio monzónico comparte las características lluviosas de este tipo de clima con un régimen térmico templado continental. Esto quiere decir que sus temperaturas son muy variables en relación con su valor medio, especialmente en invierno. Las lluvias son moderadas, sin llegar a 1 000 mm anuales, presentando una media de unos 600 mm.

Además de la zona de clima mediterráneo, debemos señalar la situada propiamente en las orillas del mar Mediterráneo. Se caracteriza por tener lluvias invernales y unas temperaturas suaves en invierno y cálidas en verano. Los matorrales, las vides y los olivos constituyen el paisaje vegetal de esta zona.

1.3.5. La lluvia en África

La mayor parte de África goza de un clima cálido, salvo en las partes altas de las montañas, mesetas y altiplanicies, en donde las temperaturas disminuyen conforme a la altura, por lo que son la cantidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales las que determinan las distintas zonas climáticas. A grandes rasgos, en África se han clasificado la zona tropical lluviosa, la zona sahariana, la zona meridional y las zonas de transición.

En la zona tropical lluviosa, con un clima cálido húmedo en su mayor parte, caracterizada por la selva, el régimen termopluviométrico resulta afectado por las bajas presiones barométricas, cuya área de influencia se mueve alternativamente al Norte y Sur del Ecuador. Esta zona comprende de Este a Oeste desde la gran zona selvática de la Sierra Leona hasta la región del Lago Victoria, y se extiende hacia el Sur a lo largo de la costa occidental, hasta el grado uno de latitud Norte.

En el interior del continente llega hasta los 8° de latitud sur que incluye la cuenca del río Congo en el Oeste del lago Tanganica. La costa occidental no se incluye en esta región húmeda ya que, al ser bañada su litoral por corrientes frías (Banguela), la precipitación disminuye hasta los 300 mm anuales.

Regiones húmedas se encuentran también, en forma aislada, en las laderas de las montañas Usambaru oriental y en Konde; en las que se tienen precipitaciones que ascienden a más de 1 200 mm anuales e, inclusive, las máximas llegan a ser superiores a 2 000 mm anuales en la región que bordea la costa de Guinea.

La calurosa zona sahariana, en la que se incluye el sector mediterráneo, de temperatura moderada, se caracteriza por lluvias escasas y la vegetación se concentra en los oasis. El Sahara es una vasta región desértica con un área de 7 780 000 kilómetros cuadrados que se extiende desde las costas del Atlántico al mar Rojo y desde las praderas de la cordillera Atlas en Marruecos y el noroeste de Argelia, tocando el Mar Mediterráneo desde Argelia, Túnez, Libia, Egipto y comprende también Chad, Mali, Mauritania, Níger, Sahara Occidental, Sudán y parte de Etiopía, incluyendo los desiertos de Libia y Nubia.

En la zona meridional, cuya pluviosidad disminuye conforme se avanza del norte al sur, cuenta con amplias zonas desérticas como el Kalahari y el Namib. No obstante, el calor de esta zona es más moderado que el del Sahara, dada la elevada altitud y gracias a la influencia de la corriente fría de Benguela, en el Atlántico, y que se mueve hacia el Norte y las corrientes marítimas tropicales del Océano Indico. En esta región las precipitaciones medias anuales llegan a ser de 250 mm a 550 mm anuales; la zona realmente desértica es de poca extensión ya que no abarca más que la llanura costera (Namib) desde los 22° a los 32° de latitud Sur y de la región del río Orange hasta los 22° de longitud Este aproximadamente. Kalahari es una estepa que, aunque yace muerta durante la temporada de sequía, después de las primeras lluvias se cubre de verdor; la temperatura media anual llega a 18° C (debido a su altitud de 1 000 metros sobre el nivel del mar). Este clima también lo encontramos en Somalia y las costas de Kenia y Tanzania donde las precipitaciones sólo alcanzan los 250 mm anuales.

Finalmente, en el resto del continente, que comprende las zonas de transición de las regiones mencionadas anteriormente, se encuentran sabanas y praderas secas con poco arbolado donde se tienen precipitaciones medias anuales de 1 000 mm.

1.3.6. La lluvia en Australia

Atravesada en su centro por el trópico de Capricornio, Australia presenta diferencias climáticas que van desde lo tropical, hacia el Norte, hasta lo templado, hacia el Sur. La extensión del territorio influye aumentando estas diferencias. Además, hay una serie de factores atmosféricos que determinan una cierta unidad general climática en Australia: se trata de altas presiones subtropicales que dominan el Norte en invierno y se desplazan hacia el Sur en verano, con lo que en esta estación provocan lluvias de carácter monzónico en las costas norte y noreste y, en cambio, resecan aún más las zonas central y sur.

Ahora bien, tomando la pluviosidad como prototipo climático diferenciador, sólo en las costas norte, noreste y este (vertiente oriental de la Gran Barrera Divisoria), región de Melbourne y Oeste de Tasmania, las precipitaciones anuales son superiores a los 1 000 mm. En todo el centro y Oeste de Australia alcanzando incluso la costa meridional en la Gran Bahía Australiana, se da una región en la que dichas precipitaciones no alcanzan los 100 mm al año (no llegando ni a ellos en la zona del Lago Eyre y al este del Gran Desierto Victoria).

Las regiones septentrionales de los Kimberley, tierras de Tasman y de Arnhem y llanura costera del golfo de Carpentaria, las regiones orientales de toda la Gran Cordillera Divisoria y las meridionales de los estados Victoria y Tasmania, de los alrededores de Adelaida y del extremo sur occidental (del norte de Perth hasta el principio de la Gran Bahía australiana) reciben más de 500 mm de agua de lluvia al año. A excepción de las del Norte, las restantes regiones lluviosas son las únicas prácticamente habitadas de Oceanía (extremos oriental, centro sudoriental, y sudoccidental).

En la zona más árida de Australia las diferencias térmicas pueden ser debido al factor de continentalidad hasta tal punto extremas que, como sucede en Alice Springs (al Este del monte Ziel, casi en el centro geométrico de Australia), la máxima absoluta sea de 47° C y la mínima también absoluta de -5° C, siendo la media anual de 23° C. Algo parecido ocurre incluso en la misma costa occidental.

Donde reina la sequía cabe la posibilidad de que, aún lloviendo en las capas altas de la atmósfera, el agua no consiga llegar al suelo evaporándose a medio camino. En cuanto a las regiones no áridas, las del Norte se distinguen por su clima claramente tropical, mientras que a medida que se desciende hacia el sur, el clima y las temperaturas se suavizan gradualmente hasta llegar a un clima templado-cálido o mediterráneo en la región de Perth y en las del sudeste (alrededores de Adelaida y la región de Sydney) con medias de 22° C y 12° C en enero y en julio, región de Melbourne (19° C y 9° C) y región de Brisbane (25° C y 15° C).

También pluviométricamente hay diferencias relativas en regiones no áridas: las lluvias son más intensas al Norte (más de 2 000 mm anuales en la península de Cabo York) que al Sur (Brisbane apenas supera los 1 000 mm) y más al Este (Sydney presenta alrededor de los 1 200 mm) que al Oeste (Perth recibe unos 900 mm). Mención aparte merece Camberra y Melbourne (con sólo unos 600 mm anuales) cuya intermedia región montañosa

de los Alpes Australianos abunda en nieve durante el invierno austral y es conocida entonces con el nombre de Snowy Mountains y Adelaida (con unos 500 mm, prácticamente el único rincón no desértico de Australia Meridional).

1.4. La lluvia en la República Mexicana

1.4.1. Aspectos geográficos

En general, los factores geográficos y geofísicos determinan las condiciones del clima y de la lluvia en las diversas regiones geográficas que conforman la República Mexicana, sobresaliendo las zonas de tipo desértico que son de gran magnitud en nuestro país.

Al respecto se puede decir que en el ámbito mundial existen dos fajas desérticas simétricas con respecto al Ecuador terrestre, una en el hemisferio norte entre los paralelos $9^{\circ} 30'$ y $37^{\circ} 30'$ de latitud norte y la otra en el hemisferio sur entre los paralelos $9^{\circ} 30'$ y $37^{\circ} 30'$ de latitud sur. En estas regiones se localizan la mayor parte de los desiertos del mundo.

Ahora bien, al quedar México comprendido entre los paralelos $14^{\circ} 31'$ y $32^{\circ} 43'$ de latitud norte, toda su extensión se ubica dentro de una de las fajas de desiertos; se salva de esta fatalidad geográfica gracias a otros factores que propician la ocurrencia de la precipitación pluvial.

La República Mexicana, debido a su posición geográfica se encuentra ubicada, en su mayor parte, dentro de las zonas intertropical y subtropical del hemisferio norte, por lo que, climáticamente hablando, su porción meridional viene a quedar en la zona o faja de los vientos Alisios y por lo tanto disfruta de las características de las atmósferas barotrópicas existentes en las latitudes bajas, con su gran estabilidad meteorológica, al menos durante gran parte del año. El resto del país, al norte del Trópico de Cáncer, se encuentra bajo la influencia desecante de los movimientos descendentes del aire, característicos de la zona de las altas presiones subtropicales, que son la causa de los grandes desiertos del Globo.

1.4.2. Aspectos orográficos

La orografía desempeña un papel muy importante en la ocurrencia y distribución de la lluvia y en nuestro país este factor ha ocasionado la presencia de diferentes efectos cuya incidencia repercute de manera significativa en las cuencas hidrológicas de la República Mexicana.

En términos generales, se ha detectado un conjunto de nueve efectos relacionados con la orografía y a continuación se describen las características más relevantes de cada uno de ellos.

• El efecto de embalse o represamiento

Este efecto típico lo encontramos en las vertientes orientales de la Sierra Madre Oriental donde el aire polar continental, modificado a su paso por las aguas relativamente cálidas del Golfo de México, es detenido por dicha cordillera, impidiéndole entrar hacia el interior de la República durante la temporada fría del año. Además, en la mayoría de los casos esa masa de aire no alcanza un espesor mayor de 1 800 m, que es la altitud media del borde al Altiplano que colinda con el Golfo de México. Algo semejante tiene lugar en la porción ístmica de la República, comprendida entre el Istmo de Tehuantepec y la frontera con Guatemala, en donde las altas sierras de Chiapas se alzan como una barrera alargada que en muy pocas ocasiones es rebasada por el aire polar continental modificado.

El mismo fenómeno se observa en el noroeste del país donde las masas de aire polar marítimo provenientes del Océano Pacífico, son detenidas por la Sierra Madre Occidental o, en menor grado, por el sistema orográfico vertebral de la península de Baja California.

Asimismo, este efecto se deja sentir en otras porciones del país, pero en escala menor. La manifestación de este fenómeno es restringir la entrada al interior del país de masas húmedas acarreadas por el viento desde los mares adyacentes hacia las costas e impedir la consiguiente propagación hacia el interior de la República Mexicana de la materia prima de las precipitaciones: el vapor de agua.

- **El efecto de desviación o encañonamiento de los vientos por las montañas**

El efecto de desviación o encañonamiento de los vientos por las montañas se observa, en el verano, en la porción austral* del Golfo de México a partir de una desviación marcada del flujo aéreo. Este fenómeno se presenta hasta de 90° respecto a las isobaras, desde el nivel del mar a los 1 800 m aproximadamente, observable a 300 km al Este de las montañas, sobre el mar.

Por otra parte, este mismo flujo aéreo converge en el Istmo de Tehuantepec, aumentando asombrosamente la velocidad en su centro (efecto típico de Venturi), para descargar en el golfo del mismo nombre con fuerza de un huracán destacable hasta cientos de kilómetros mar afuera (vientos tehuanos).

El mismo efecto se observa más al norte hasta cerca de Nautla, Veracruz, en la costa del Golfo de México y explica los vientos de gran magnitud del norte, observados en el puerto de Veracruz aún en condiciones en que no hay una depresión atmosférica en el sur del Golfo de México o algún anticiclón al noroeste del mismo, caso frecuente en el invierno.

- **El levantamiento forzado del aire húmedo**

El caso típico de ascenso forzado se presenta en los flancos orientales del Altiplano Central, donde los vientos dominantes del Este (Alisios), soplan contra la Sierra Madre Oriental y son levantados orográficamente, condensando y precipitando su humedad sobre dichos flancos.

Asimismo, se sabe que todo ascenso del aire dentro de la atmósfera ocasiona un enfriamiento del mismo por expansión adiabática, cuyo contenido de humedad de esta manera alcanza su punto de saturación, provocando la formación consiguiente de las nubes y la eventual caída de lluvia a partir de las masas nubosas.

- **El calentamiento adiabático del aire por descenso**

En México es la causa de zonas áridas extensas en la parte montañosa del sur de México sometida al régimen de los Alisios y hasta donde no llega la

* Austral. Perteneciente o relativo al Sur.

influencia de los vientos del Oeste que, no obstante, se encuentran en las porciones más elevadas de la Altiplanicie Central, aún a latitudes considerablemente bajas, en virtud de la altitud del terreno al nivel del mar que coloca virtualmente a gran parte del territorio nacional dentro de la troposfera media.

- **Distribución de las tierras respecto a los mares**

Tomando en cuenta este tipo de distribución en nuestro país, con la forma alargada en latitud, angostándose hacia el sur en forma de un cuerno de toro, el efecto de la continentalidad se presenta con mayor fuerza, naturalmente, en las regiones fronterizas del norte del país, en forma de una oscilación anual muy considerable de la temperatura mientras que en el sur de México las oscilaciones anuales de temperatura son esencialmente del tipo marítimo.

- **Efecto termostático**

El efecto termostático de los océanos se debe a la abundancia de vapor de agua sobre su superficie. Es evidente que si en algún punto del continente existe un golfo u otro gran cuerpo de agua entrante, éste va a ejercer una marcada influencia moderadora en la marcha anual de la temperatura del aire sobre las áreas terrestres adyacentes.

- **Efecto de la península**

El efecto de la península (una extensión alargada de tierra) tal como la de Baja California, se manifiesta en las tremendas oscilaciones térmicas que presentan las regiones anexas a ella (tierras bajas de Sonora, Arizona y la faja costera oriental de la propia Baja California), en comparación con el grado de maritimidad que se observa al poniente del parteaguas peninsular. En efecto, en la primera región, las oscilaciones anuales de temperatura son las mayores que se observan en todo México; mientras que en la segunda, las oscilaciones son mucho menores que en aquella. Se ve claramente que la península de Baja California sustrae al Mar de Cortés de las influencias marítimas u oceánicas que operan en Tijuana y Ensenada

- **Corrientes marinas**

Tomando en cuenta las corrientes marítimas, dos son las que por su efecto sobre el clima merecen nuestra atención: la corriente cálida del Golfo de México y la corriente fría de California que, debido a la gran inercia térmica del agua que presentan, actúan como elemento amortiguador de las temperaturas del aire sobre la tierra.

- **Perturbaciones y frentes polares**

Las perturbaciones (sistemas del mal tiempo) vienen a constituir una causa de las lluvias y otros hidrometeoros que influyen en el clima de la República Mexicana, algunos de estos son: los nortes del Golfo de México, los vórtices fríos del noroeste del país, las ondas y los ciclones tropicales y los frentes polares.

Ahora bien, en nuestro país se tiene la influencia de los frentes polares, sumamente fríos, secos en su origen y con tendencia general hacia el sur.

Los que provienen del norte de Canadá pueden seguir una trayectoria continental sobre nuestro país y los Estados Unidos, afectando al norte de México con frío y lluvias relativamente escasas. Si la trayectoria de los frentes polares es por la costa oriental de los Estados Unidos, se humedecen y aumentan en temperatura a su paso sobre el Atlántico y el Golfo de México atacando las costas de este último en nuestro país y generando precipitación en dicha costa por efecto orográfico.

Además, los frentes polares con origen en el norte de Canadá en ocasiones siguen trayectorias por el oeste de este país y de los Estados Unidos, afectándose por modificaciones similares a los de trayectoria al oriente del continente y generan lluvias de tipo orográfico en California y el noroeste de México.

Los frentes polares originados en Siberia y con trayectoria sur-oriente a su paso sobre el Océano Pacífico sur, transportan grandes volúmenes de agua en forma de vapor que en ocasiones descargan en tierra firme al contacto con la misma y en otras debido a su gran radio de acción hacen sentir su influencia, provocando grandes precipitaciones.

1.4.3. Distribución espacial de la precipitación y régimen pluvial

Existen grandes diferencias en la distribución de la lluvia de unas regiones a otras. La zona más lluviosa, con precipitaciones superiores a 1 500 mm, se encuentra al sur del paralelo 22° de latitud norte y comprende las pendientes montañosas de las porciones central y sur del país que se inclinan al Golfo de México y que se encuentran directamente expuestas a los vientos húmedos del mar, asociados con los vientos Alisios, los nortes y los ciclones tropicales.

Durante el verano, con el desplazamiento hacia el norte del anticiclón del Atlántico septentrional, dominan los vientos Alisios que, con una dirección general de noreste a sudoeste en superficie o de este a oeste en las alturas, introducen una gran cantidad de humedad que han recogido al pasar sobre las aguas calientes del Golfo de México.

Al encontrarse con las laderas montañosas que se inclinan al Golfo de México, las masas del aire húmedo se ven obligadas a ascender, se enfrían adiabáticamente y descargan en forma de lluvia su abundante humedad.

La cantidad de lluvia aumenta aún más en esta estación por la presencia de las perturbaciones ciclónicas originadas en el mar de las Antillas. Estos ciclones son más frecuentes hacia fines del verano y principios del otoño y su influencia se pone de manifiesto en el aumento de la cuantía de la lluvia de los meses de septiembre y octubre.

Durante la mitad fría del año la influencia de los vientos Alisios queda relegada a algunas zonas bajas del sur del país, ya que la zona subtropical de alta presión se encuentra desplazada hacia el Ecuador y con ella la faja de los Alisios, lo que se traduce en una disminución de la lluvia en esta época. Sin embargo, durante el invierno, los nortes que se originan por el desplazamiento hacia el sur de la masa de aire polar, producen precipitaciones abundantes en el sur de Veracruz, Tabasco y Campeche debido a que recogen humedad del Golfo de México. La precipitación sobre esta vertiente aumenta localmente por la presencia de serranías con dirección normal a la de los vientos dominantes, de manera que hay grandes diferencias en los volúmenes de lluvia entre pendientes de opuesta orientación.

Hay cuatro áreas con precipitación mayor de 3 500 mm al año: la región situada inmediatamente al sur del paralelo 20° Norte (laderas de las sierras de Teziutlán y Zacapoaxtla); la situada al sur del paralelo 18° Norte (sierras de Ixtlán y Mixes); la parte de la sierra de los Tuxtlas que mira hacia el

Golfo de México; y la vertiente boreal* de las montañas del norte de Chiapas. El máximo de precipitación en esta zona no se presenta en el litoral, ni en la parte más alta de las montañas sino, en general, en un área de altitud comprendida entre 100 y 600 m.

Hay en esta vertiente dos pequeñas zonas con precipitación menor de 1 500 mm; su presencia se debe a que la Altiplanicie Central forma una saliente hacia el Golfo de México (Sierra de Naolinco), sobre la que divergen los vientos dominantes del norte, y la sierra de los Tuxtlas, situada en la llanura costera del golfo, que constituye un obstáculo que impide la penetración directa de los vientos húmedos (efecto de sombra pluviométrica).

La porción noreste de la llanura costera del Golfo de México recibe valores que oscilan entre 500 y 1 200 mm de lluvia al año; es considerablemente más seca que la parte sur de la misma debido a la naturaleza divergente del flujo aéreo que a menudo domina sobre el área, en virtud del rumbo norte que siguen los vientos reinantes.

La precipitación es más abundante, en general, en la zona del Golfo que en el lado del Pacífico. En efecto, mientras que la costa del Golfo tiene una gran extensión de precipitaciones mayores de 2 000 mm, en la del Pacífico no se recibe más de esta cantidad sino en sitios aislados. Hay, sin embargo, otra zona de lluvia muy abundante (mayor de 3 500 mm) situada en esta vertiente, la de la porción sudeste de la Sierra Madre de Chiapas; aquí la precipitación tan copiosa puede deberse, en parte, al elevado relieve, a la influencia de los ciclones tropicales tanto del Pacífico como del Golfo de México y a la presencia, en verano, de la zona intertropical de convergencia que alcanza a esta porción del país; cabe mencionar que el máximo de precipitación de la zona se presenta en septiembre.

Las cuencas interiores del Sur, tales como la depresión central de Chiapas, la cuenca del Balsas y las cuencas altas de los ríos Verde, Mixteco, Tlapaneco, Tehuantepec y Papaloapan, debido a su aislamiento de los vientos húmedos por las altas montañas que las rodean y al calentamiento adiabático del aire al descender por sus laderas, reciben menos de 1 000 mm de lluvia al año y en algunos sitios menos de 600 mm; la temporada lluviosa es en el verano, por lo que las lluvias son de carácter convectivo en su mayoría.

* Boreal. Perteneciente o relativo al Norte.

La parte sur del altiplano mexicano recibe en promedio 1 000 mm de lluvia al año; en general, son lluvias de convección, lo que sugiere la presencia de una lengua de humedad alimentada por los Alisios profundos en esta elevada meseta. Durante el invierno prevalecen condiciones de sequía, asociadas con la presencia de los vientos del oeste de las latitudes medias que se desplazan hacia el sur en las alturas junto con la faja subtropical de alta presión. Estos vientos, durante días aislados del invierno, acarrearán algunas perturbaciones de las latitudes medias, y producen fuertes vientos, descenso en la temperatura y alguna lluvia, que en las partes más elevadas puede ser nieve.

Ahora bien, cuando los nortes son muy profundos del lado del Golfo, suelen ejercer alguna influencia en la altiplanicie, originando descenso en la temperatura y alguna precipitación de tipo frontal que dura unos dos o tres días. A principios del otoño la precipitación es influida por la presencia de los ciclones tropicales tanto del Golfo como del Pacífico; la vertiente sur del eje volcánico presenta así de 1 200 a 1 500 mm de lluvia al año, con su máximo en septiembre, lo que pone de manifiesto dicha influencia.

La parte norte del altiplano mexicano es una zona enorme de escasa precipitación, cuya aridez se debe a su situación con respecto a la faja subtropical de alta presión y a la orientación general de las sierras que la limitan y la aíslan del Golfo de California y el Océano Atlántico. La zona más árida, con menos de 300 mm de lluvia al año, se extiende en la parte norte central de esa región y abarca desde la frontera con los Estados Unidos hasta las inmediaciones del paralelo 24° de latitud norte.

La mayor parte de las lluvias se presenta en verano, debido a los movimientos convectivos del aire; en el invierno, la poca precipitación que se presenta sobre las sierras más altas, generalmente en forma de nieve, está asociada con vórtices fríos propios de las latitudes subtropicales que viajan dentro de la corriente de los vientos del oeste y que dominan en esta época del año. También en esta época suelen invadir la región masas de aire polar originando las ondas frías y algunas precipitaciones.

La parte más seca del país es la porción noroeste de la llanura costera del Pacífico, pues se encuentra dentro de la faja subtropical de altas presiones. Tiene una altitud inferior a 200 m y sus vientos dominantes son descendentes y secos; hay áreas como la próxima al río Colorado con menos de 50 mm de lluvia al año. La escasa precipitación en esta zona es convectiva en el verano y se debe a las perturbaciones extratropicales que se forman frente a las costas occidentales de Norteamérica a finales del invierno y principios de la primavera (equipatas, de Sonora y Sinaloa).

La Península de Baja California es otra de las porciones del país con escasa precipitación, ya que tiene menos de 300 mm al año, exceptuando las partes más altas de las sierras que la recorren en toda su longitud, donde caen entre 400 y 600 mm al año. La temporada lluviosa en la costa occidental de la Península, al norte del paralelo 26° de latitud norte, es el invierno; la ocurrencia de lluvias en esta estación del año se debe, como hemos visto, a la presencia en esta época de vientos del oeste en el extremo noroccidental de la República Mexicana y a los vórtices fríos y depresiones que avanzan sobre la Península de Baja California.

Durante el verano, la corriente de California torna sumamente estable el aire, de manera que el tiempo es seco en esta estación, careciendo algunos lugares de lluvia durante uno o más meses del verano.

Sobre las partes más elevadas de las montañas del centro, oeste y sur del país, la lluvia es, en general, superior a los 1 000 mm al año, se presenta en verano y se debe a la presencia de una lengua de humedad, asociada con los movimientos convectivos del aire en esta estación caliente del año.

La Península de Yucatán desprovista casi totalmente de relieve, pues su máxima elevación no llega a 300 m, recibe menos precipitación que la parte de llanura costera del Golfo de México contigua a ella; su precipitación decrece de 1 500 mm en el sur, a 500 mm en el noroeste.

La figura 1.2 ilustra la distribución geográfica de la lluvia media anual en México, estimada a partir de registros de 60 años (1941-2000), utilizando para ello un código de colores con intervalos que varían de 50 mm a más de 2 500 mm. Por ejemplo, el intervalo de 50 a 100 mm representado con un color verde claro indica que las porciones de áreas con ese color la variación de la lluvia media anual oscila entre los 50 y 100 mm.

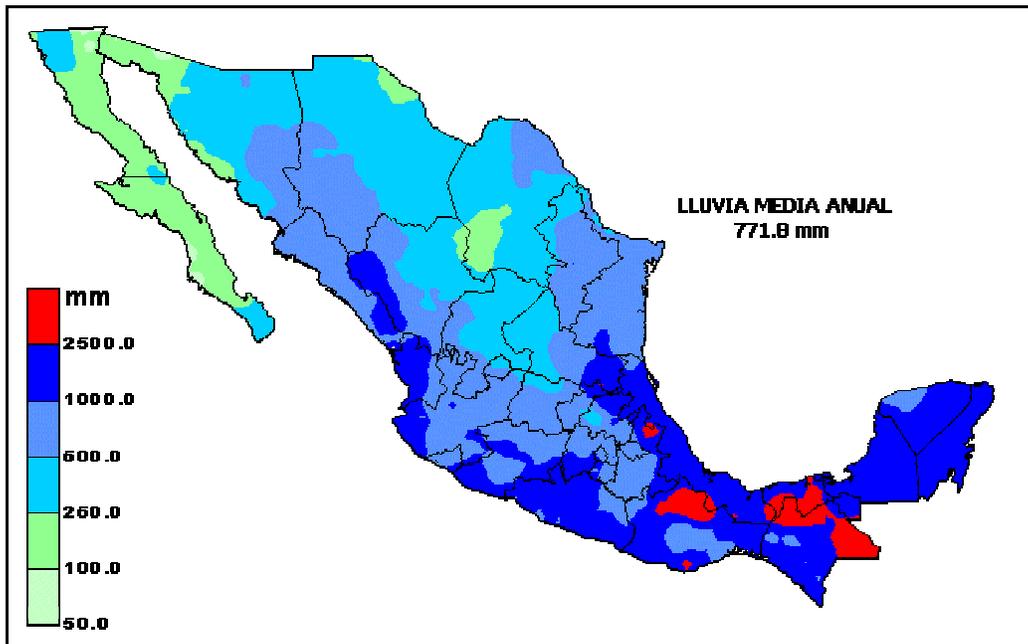


Figura 1.2. Distribución geográfica de la lluvia media anual en la República Mexicana

Por su parte, las figuras 1.3 a 1.14 indican la distribución de la lluvia media para cada uno de los meses del año. Es notorio observar las diferencias de la precipitación durante las épocas de estiaje (noviembre-abril) y de lluvias (mayo-octubre). Con el análisis secuencial de las figuras 1.3 a 1.14, se pueden detectar en una entidad federativa las variaciones que presenta la lluvia durante un periodo de un año.

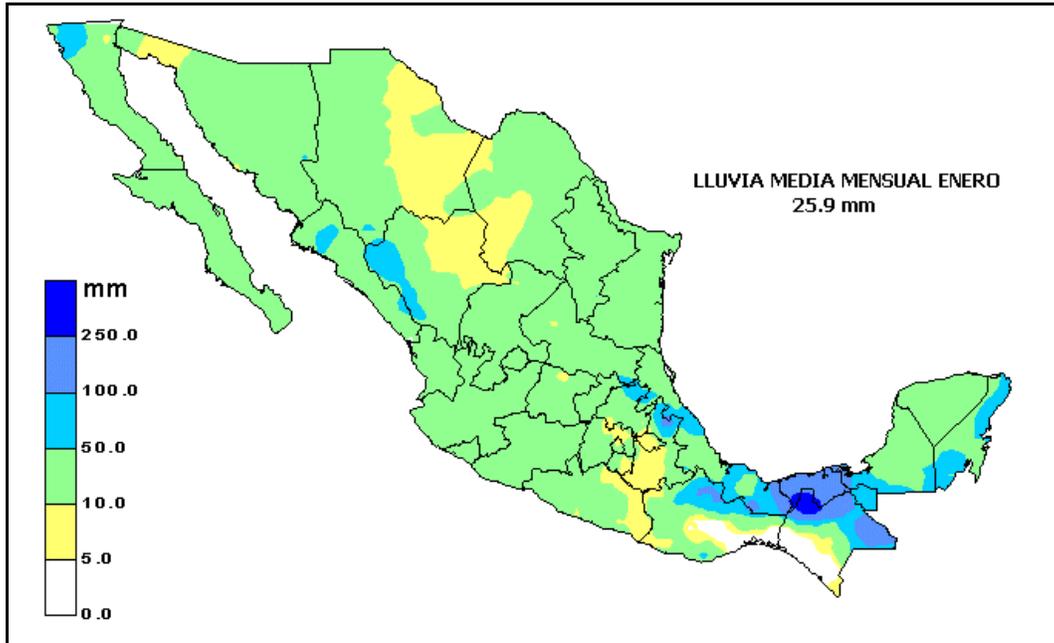


Figura 1.3. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de enero

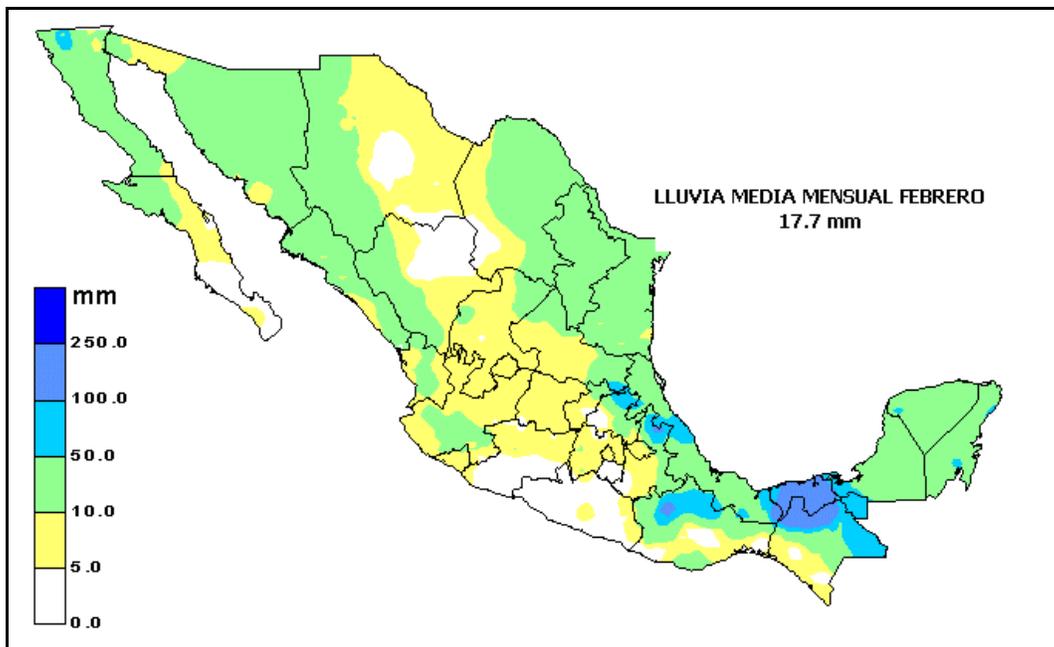


Figura 1.4. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de febrero

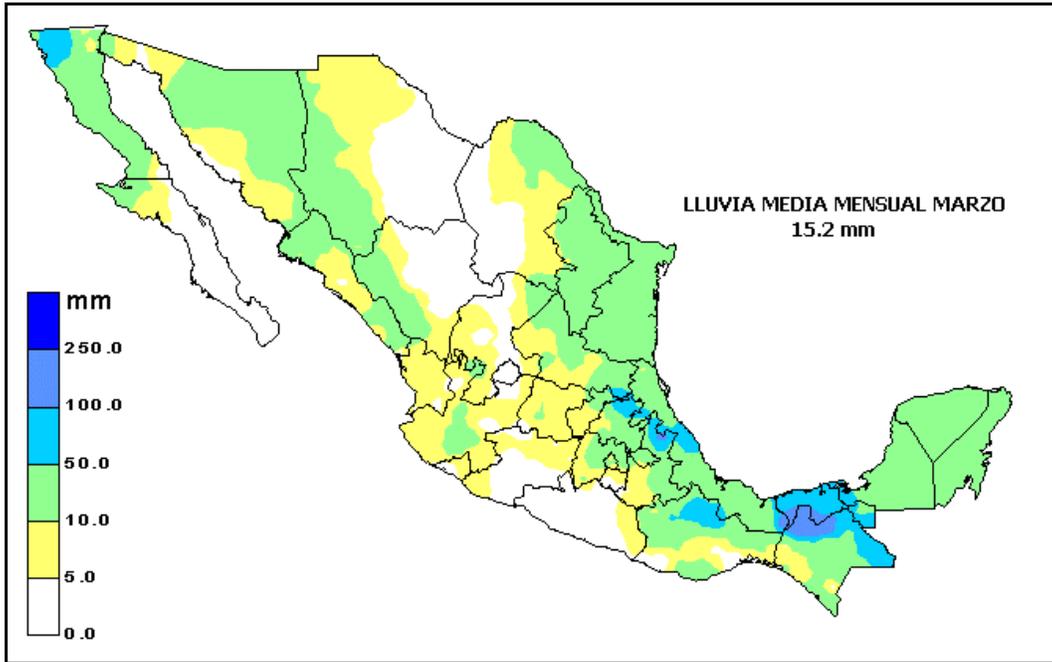


Figura 1.5. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de marzo

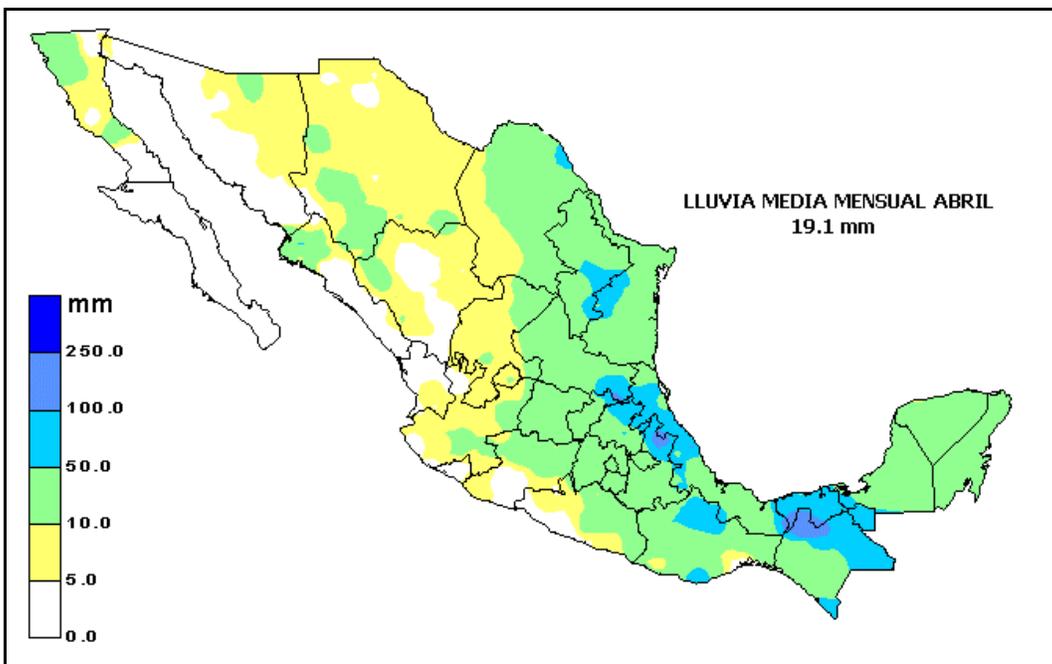


Figura 1.6. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de abril

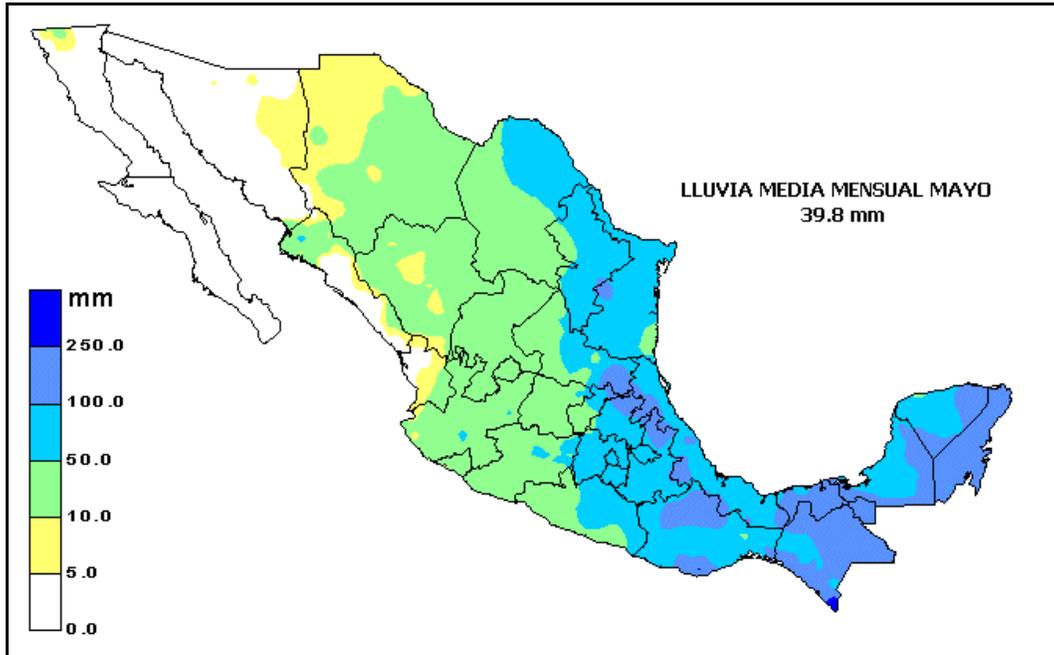


Figura 1.7. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de mayo

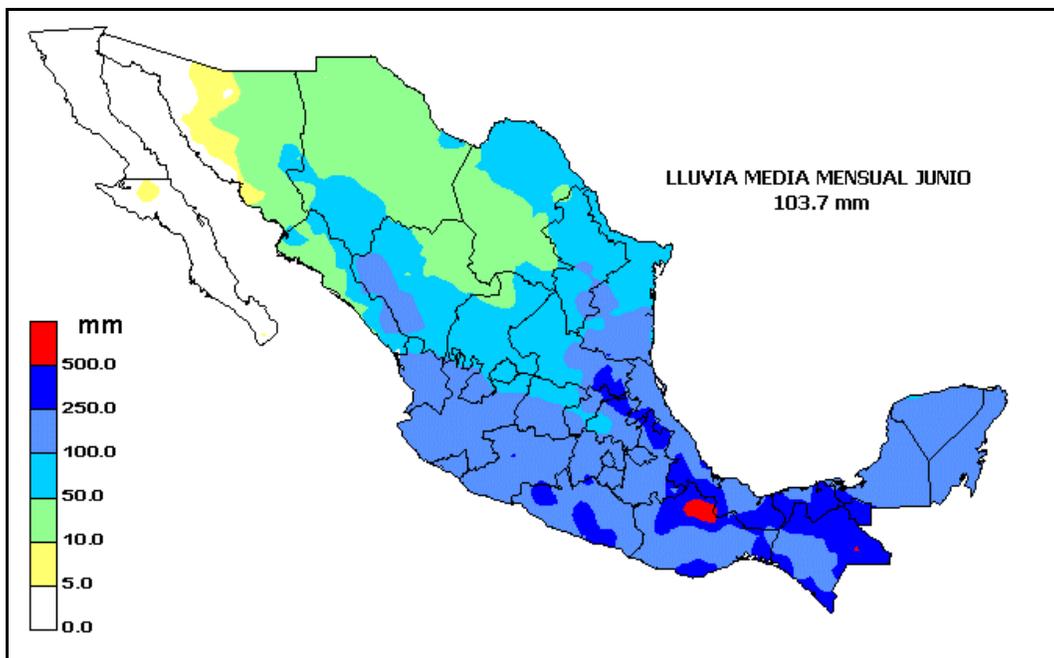


Figura 1.8. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de junio

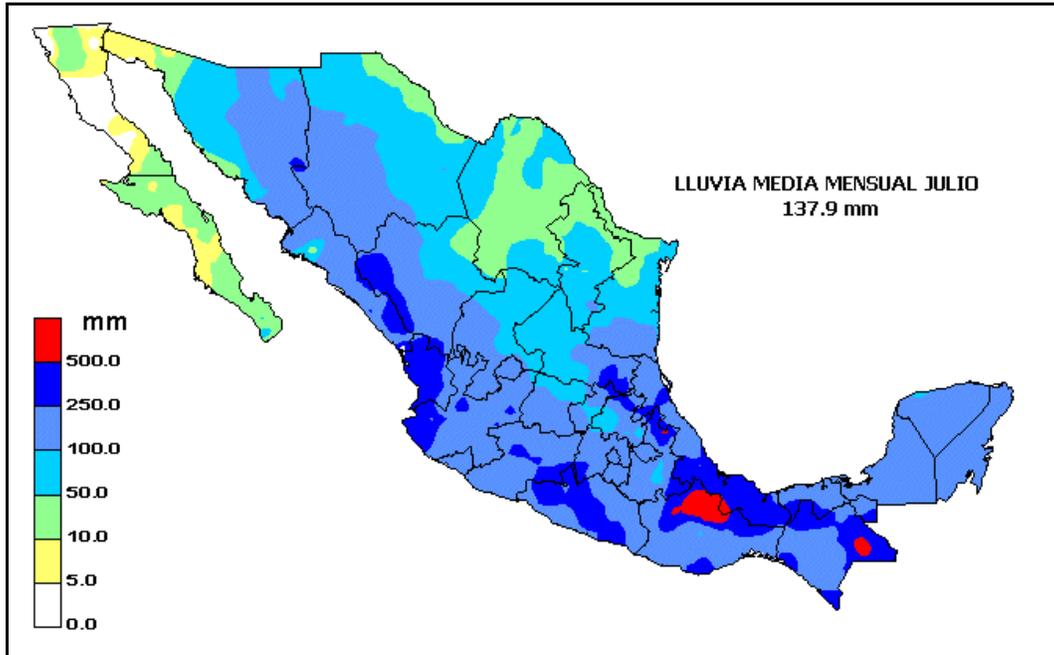


Figura 1.9. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de julio

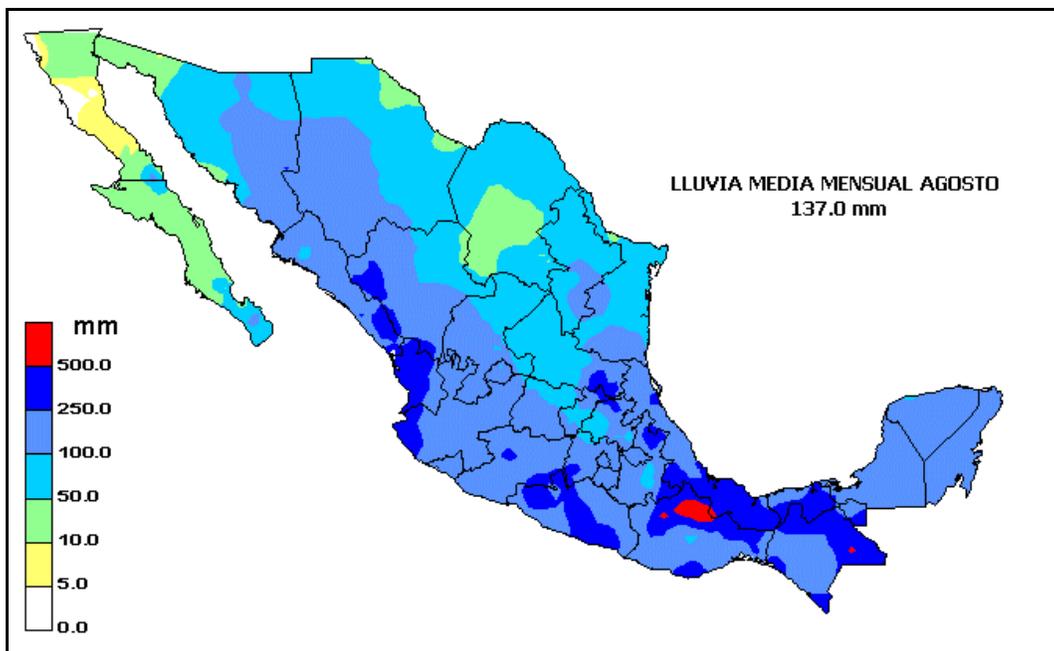


Figura 1.10. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de agosto

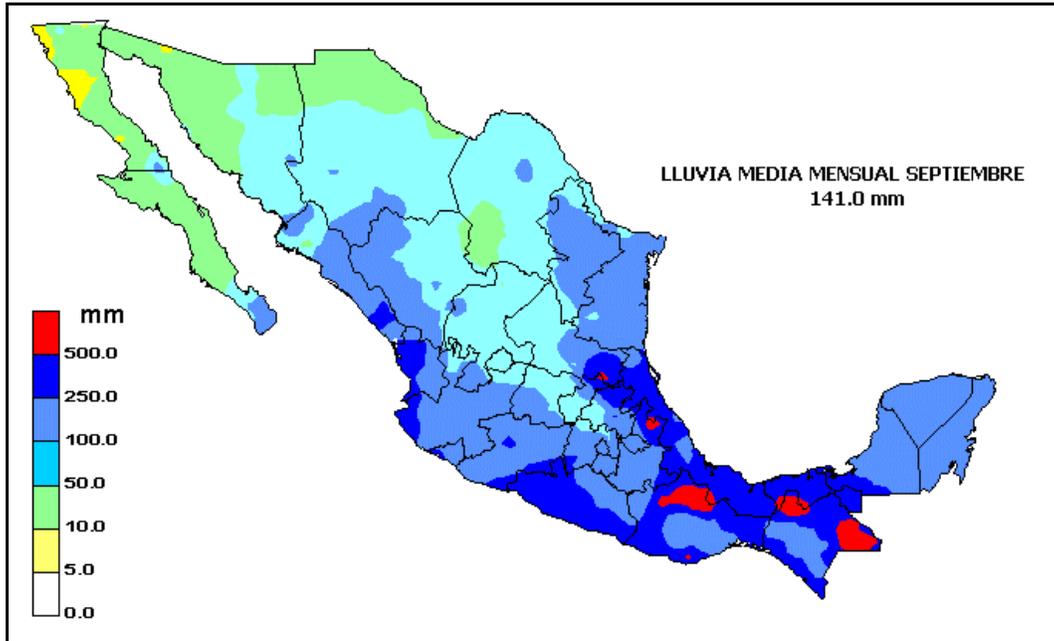


Figura 1.11. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de septiembre

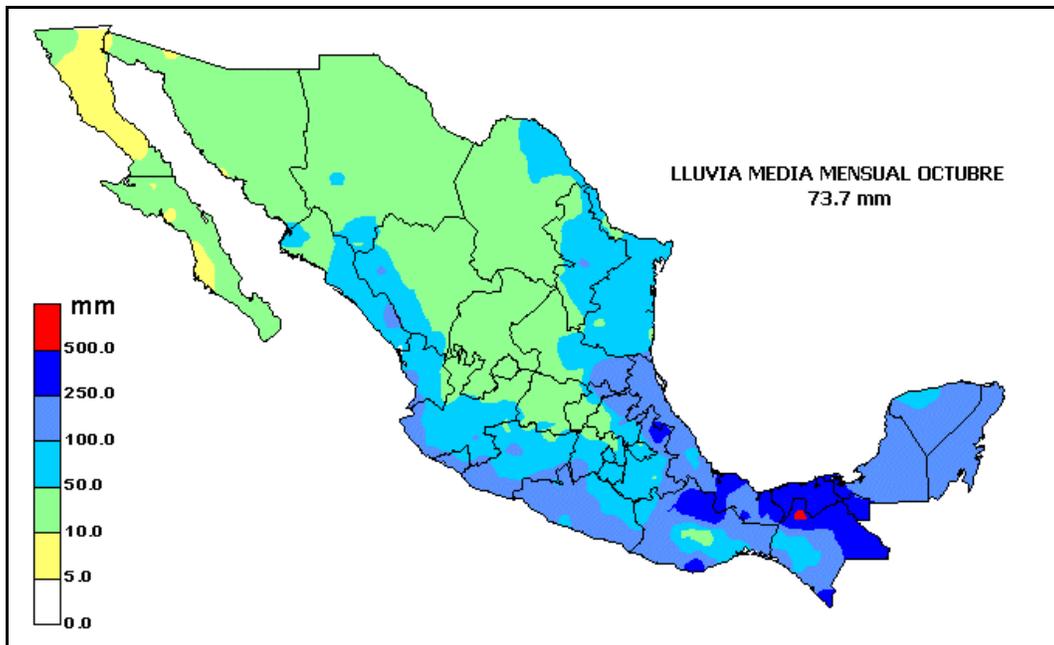


Figura 1.12. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de octubre

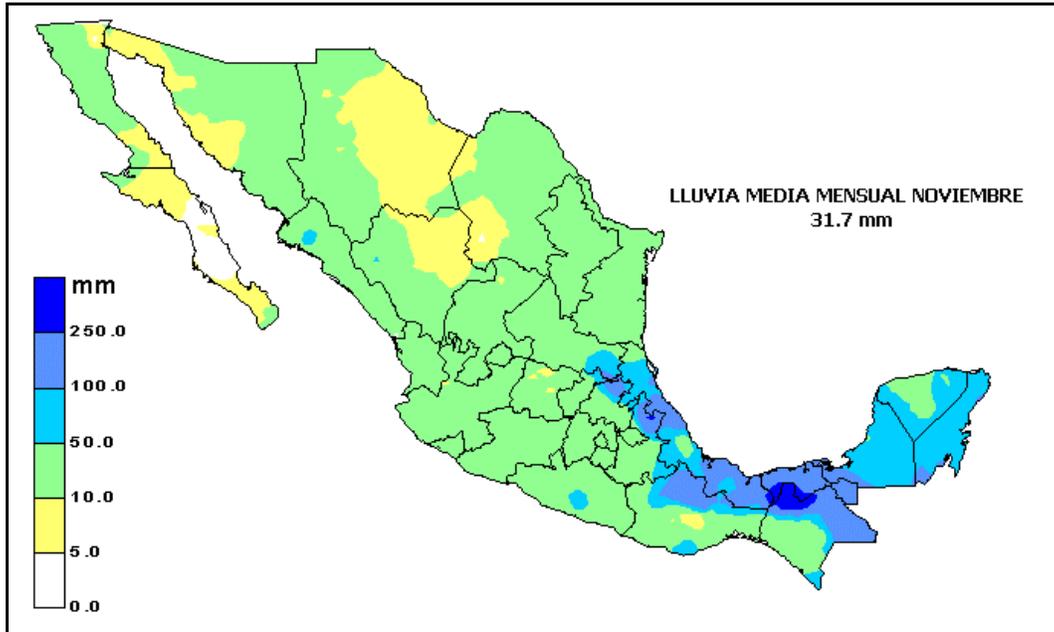


Figura 1.13. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de noviembre

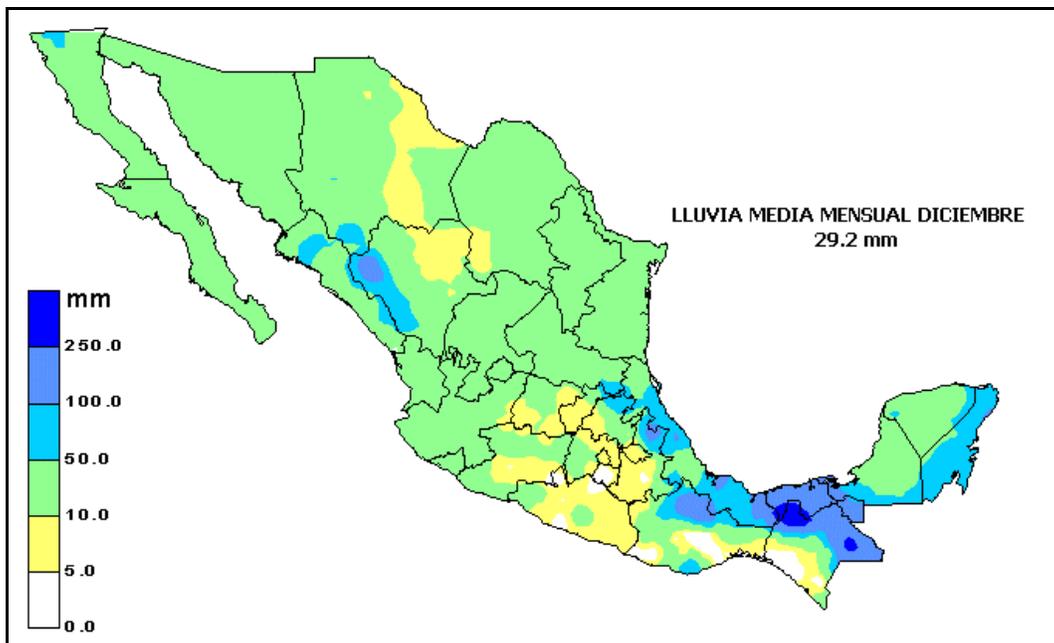


Figura 1.14. Distribución geográfica de la lluvia media durante el mes de diciembre

Referencias

CNA, Comisión Nacional del Agua (1994). *Integración de la Lluvia Normal Anual de la República Mexicana (Periodo 1931-1990)*. Subdirección General de Administración del Agua, México.

CNA, Comisión Nacional del Agua (1996). *Plan Nacional Hidráulico 1995-2000*. Comisión Nacional del Agua, México.

CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). *Documento del Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*. Comisión Nacional del Agua. Primera edición, Noviembre 2001, México.

CNA, Comisión Nacional del Agua (2002). *Compendio del Programa Nacional Hidráulico 2001-2006, Compendio Básico del Agua en México*. Subdirección General de Programación, Gerencia de Planeación Hidráulica, México.

Raudkivi, A. J. (1979). *Hydrology*. Pergamon Press, Oxford.

Wiesner, C. J. (1970). *Hydrometeorology*. Chapman and Hall, London.

2. Lluvia por entidad federativa

2.1. Conceptos generales

La magnitud de la precipitación pluvial desempeña un rol muy importante en el campo de la Hidrología, ya que es una de las variables de mayor relevancia para determinar la disponibilidad de agua superficial y subterránea requerida para satisfacer las demandas actuales y futuras de los diferentes grupos de usuarios de una región o cuenca hidrológica. Además, con el apoyo de la distribución de su disponibilidad se podrán elaborar estudios específicos del aprovechamiento del recurso agua o bien para hacer una planeación adecuada en el desarrollo de la infraestructura hidráulica de una región hidrológica específica y para determinar la población a satisfacer bajo un esquema de equilibrio.

Ahora bien, uno de los valores que con mayor frecuencia se utilizan son las magnitudes de la precipitación media mensual y anual que incide en una cuenca o región hidrológica en una entidad federativa o bien en una zona de análisis. Por su parte, para estimar este tipo de valores se pueden utilizar los métodos de los polígonos de Thiessen (Chow, 1964), el de las isoyetas o bien el de la media aritmética. Para el caso específico de las 32 entidades federativas se utilizó en este trabajo el método de las isoyetas.

Los valores de la lluvia media mensual y anual se estimaron con el auxilio de los datos que fueron registrados en las estaciones de la red climatológica del país durante el periodo 1931-1990 (CNA, 1994). Al respecto, es oportuno mencionar que algunas estaciones presentaron registros muy variables debido a causas tales como falla en los equipos de medición, a que la instalación y puesta en marcha de las estaciones iniciaron en diferentes años del periodo de análisis o bien por otras razones de diversa índole.

En el caso de registros incompletos se procedió a homogeneizar los datos de lluvia, durante el periodo de 1931-1990, utilizando para ello el criterio de promedios pesados el cual permite inferir los datos faltantes de las estaciones con registros parciales y cuyo procedimiento de cálculo se describe en el documento denominado "Integración de la Lluvia Normal Anual de la República Mexicana, Periodo 1931-1990" (CNA, 1994).

La estructura general del método consistió en seleccionar un grupo de estaciones base, definidas como aquellas estaciones con el mayor número de datos completos en el periodo de análisis y en una fase posterior. A partir del conjunto de estaciones base, se obtuvieron los datos faltantes en aquellas estaciones con registros incompletos.

Al finalizar el proceso de deducción de los datos de lluvia faltantes, se procedió a trazar las isoyetas en cada una de las entidades federativas, utilizando para ello los valores de la lluvia mensual y anual. En la fase final, a partir del método de las isoyetas, se calculó la lluvia media mensual y anual que se presenta en la superficie delimitada por cada una de las 32 entidades de la República Mexicana.

La tabla 2.1 presenta un resumen de los resultados obtenidos para cada entidad federativa la cual incluye superficie, magnitud de la lluvia media anual y volumen medio anual llovido entre 1931 -1990.

Tabla 2.1. Superficie, lluvia media anual y volumen medio anual llovido
1931-1990

Estado	Superficie, en km ²	Lluvia media anual, en mm	Volumen medio anual llovido, en 10 ⁶ m ³ (millones de metros cúbicos)
Aguascalientes	5 589	448	2 504
Baja California	70 113	203	14 233
Baja California Sur	73 667	176	12 967
Campeche	51 833	1 138	58 986
Coahuila	151 571	316	47 896
Colima	5 455	890	4 855
Chiapas	73 887	1 961	144 892
Chihuahua	247 087	423	104 518
Distrito Federal	1 499	721	1 081
Durango	119 648	509	60 901
Guanajuato	30 589	592	18 109
Guerrero	63 794	1 110	70 811
Hidalgo	20 987	814	17 083
Jalisco	80 137	824	66 033
Estado de México	21 461	893	19 165
Michoacán	59 864	803	48 071
Morelos	4 941	876	4 328
Nayarit	27 621	1 062	29 334
Nuevo León	64 555	589	38 023
Oaxaca	95 364	1 519	144 858
Puebla	33 919	1 261	42 772
Querétaro	11 769	555	6 532
Quintana Roo	50 350	1 249	62 887
San Luis Potosí	62 848	960	60 334
Sinaloa	58 092	793	46 067
Sonora	184 934	428	79 152
Tabasco	24 661	2 413	59 507
Tamaulipas	79 829	766	61 149
Tlaxcala	3 914	711	2 783
Veracruz	72 815	1 475	107 402
Yucatán	39 340	1 108	43 589
Zacatecas	75 040	516	38 721
Totales	1 967 183	772	1 518 665

Asimismo, para ilustrar la distribución de la lluvia en las entidades federativas, la figura 2.1 muestra un diagrama de barras en el cual cada una de ellas representa la magnitud de la lluvia media anual. De su análisis global se desprende que existe una variación muy grande entre los estados de la República Mexicana: por ejemplo, la lluvia media anual para el estado de Baja California Sur es de 176 mm, mientras que para la entidad federativa de Tabasco, este valor es de 2 413 mm.

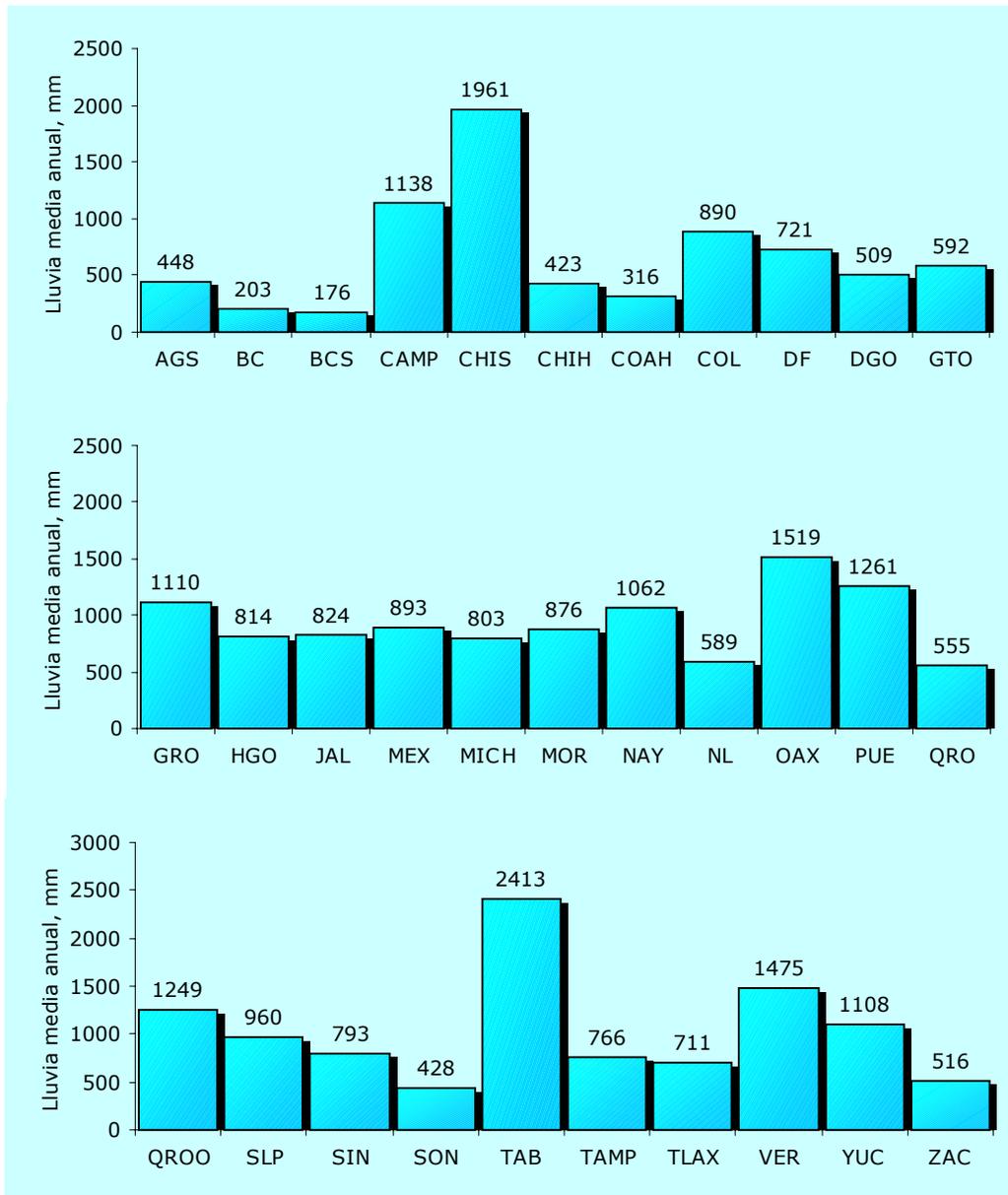


Figura 2.1. Precipitación media anual por entidad federativa en mm

2.2. Precipitación media pluvial por entidad federativa

La magnitud de la lluvia media anual que se ha determinado para las entidades federativas que conforman la República Mexicana presenta una variación muy acentuada, situación motivada fundamentalmente por aspectos de tipo geográfico y orográfico y, desde el punto de vista hidrológico, lo que interesa al ingeniero hidrólogo, es conocer la distribución espacial y temporal de la lluvia.

La distribución espacial se define a través de las isoyetas medias anuales (líneas de igual valor de lluvia) que se distribuyen en la zona de análisis, mientras que la variación temporal se define con un diagrama de barras cuyos valores medios mensuales, indican la distribución temporal de la lluvia durante un año.

La figura 2.2 indica la distribución de las isoyetas medias anuales en la República Mexicana (Tamayo, 1999), mientras que la figura 2.3 señala el comportamiento temporal de las lluvias medias mensuales, con el auxilio de un diagrama de barras.

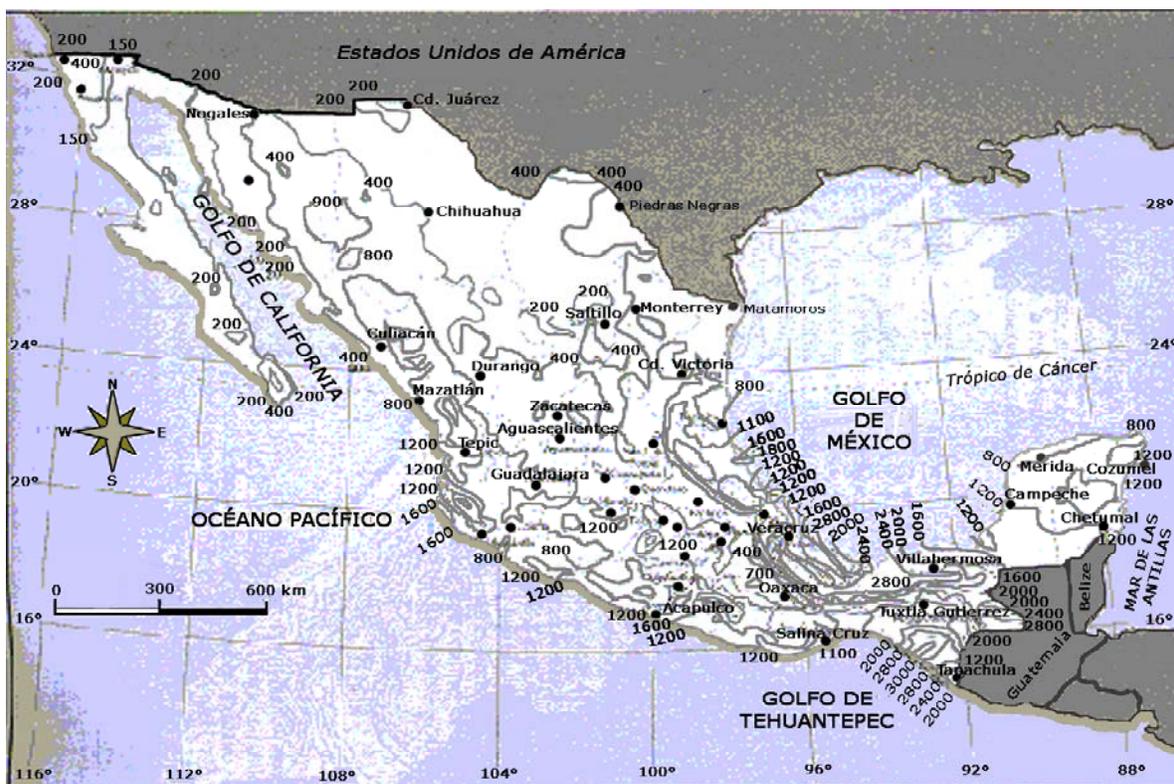


Figura 2.2 Isoyetas medias anuales en la República Mexicana en mm



Figura 2.3. Precipitación media mensual en la República Mexicana en mm

Por otra parte y para tener una idea más precisa sobre el papel que desempeñan los aspectos geográficos y orográficos en la ocurrencia de la precipitación pluvial en cada uno de los estados y el Distrito Federal, se presenta un resumen que incluye los elementos de mayor relevancia

El resumen de cada entidad federativa comienza con una descripción general de la entidad, la cual incluye coordenadas geográficas, superficie que abarca, así como el nombre de los estados colindantes y, en su caso, la extensión del litoral con el Océano Atlántico y/o Pacífico.

A continuación, se mencionan las características relevantes de los elementos fisiográficos que predominan, los ríos que conforman la red hidrográfica, las presas con su capacidad de almacenamiento, la magnitud de los escurrimientos medios anuales y el tipo de climas que ocurren en las diferentes regiones.

Posteriormente, se indica el número de localidades distribuidas en el ámbito municipal de acuerdo con el número de habitantes, características de la red de carreteras y ferroviaria y población total y económicamente activa clasificada según el sector de actividad.

La descripción finaliza enunciando los centros de población más importantes del estado y señalando la magnitud de la lluvia media anual y su distribución mensual, a partir de una gráfica de barras. Analizando el esquema de barras se pueden detectar los meses de mayor y menor precipitación y definir los periodos de lluvia y de estiaje.

2.2.1. Aguascalientes



El estado de Aguascalientes se encuentra situado en la región occidental de la Altiplanicie Mexicana, entre los meridianos $101^{\circ} 53' 13''$ y $102^{\circ} 52' 25''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $21^{\circ} 35' 24''$ y $22^{\circ} 24' 39''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 5 589 kilómetros cuadrados (0.28% del total nacional). Limita al Norte, Este y Oeste con el estado de Zacatecas y al Este y Sur con el de Jalisco. Corresponde a la cuenca alta del río Santiago, en la vertiente del Pacífico.

Aguascalientes fue fundada el 22 de octubre de 1575 con el nombre del pueblo de Nuestra Señora de la Asunción de las Aguascalientes. El 23 de marzo de 1835 se decretó la creación de Aguascalientes como Territorio Federal, separándolo de Zacatecas y más tarde fue reconocido legalmente como Estado por la Constitución de febrero de 1857.

Tiene extensas planicies en la parte oriental y terrenos muy accidentados hacia el poniente, por donde cruzan la Sierra Madre Occidental y la de Zacatecas. Estas forman las pequeñas serranías de Tepezala, La Fría, Pabellón, Del Pinal, Guajolotes y El Laurel. Las máximas elevaciones sobrepasan los tres mil metros de altura sobre el nivel del mar.

Los ríos principales son el Aguascalientes, el Calvillo y el Verde. El primero recoge las aguas del Pabellón, el Chicalote y el Morcinique, que surcan las regiones centro, Norte y oriente de la entidad. La región occidental está regada por el Calvillo, en el que descarga el Juchipila, formado a su vez por el de La Labor y el Texas. Todas estas corrientes tienen un escurrimiento medio anual del orden de 240 millones de metros cúbicos. Los recursos hidráulicos que se obtienen de mantos subterráneos se estiman en una cantidad de 240 millones de metros cúbicos.

La capital es Aguascalientes, forman la entidad 1 856 localidades distribuidas en 11 municipios, de los cuales, uno tiene de 5 mil a 10 mil habitantes; siete, de 10 mil a 50 mil habitantes; dos, de 50 mil a 100 mil habitantes; y uno, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y de caminos vecinales era de 1 934 kilómetros y la ferroviaria de 237 kilómetros. La entidad contaba con un aeropuerto internacional y un aeródromo.

Según el censo de 2000 la población total era de 944 285 habitantes (169 hab/km²) y la población económicamente activa de 335 042 habitantes (35.48%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura, pesca y servicios relacionados con estas actividades (7.28%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (34.90%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (54.12%); y actividades no especificadas (3.70%).

Los centros de población más importantes del Estado son: la Ciudad de Aguascalientes (capital del Estado), Calvillo, Jesús María, Rincón de Romos y Asientos.

En las serranías el clima es templado semiseco con temperaturas medias anuales que van de 12° a 18° C, mientras que en la planicie el clima es semicálido semiseco con temperaturas medias anuales de 18° a 22° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual se observa en la figura 2.4 y de su análisis es posible detectar los meses de mayor y menor precipitación y definir los periodos de lluvia y de estiaje. En el contorno estatal la precipitación media anual es de 448 mm y en general, las lluvias son escasas y se concentran en el verano.

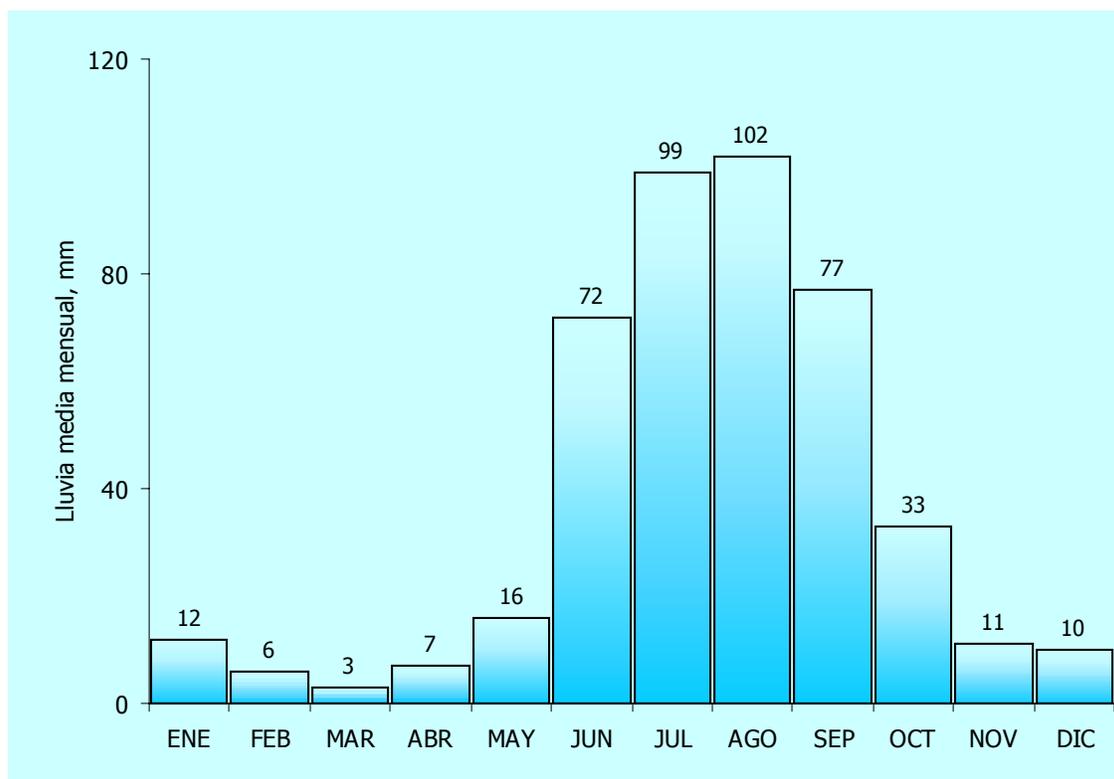
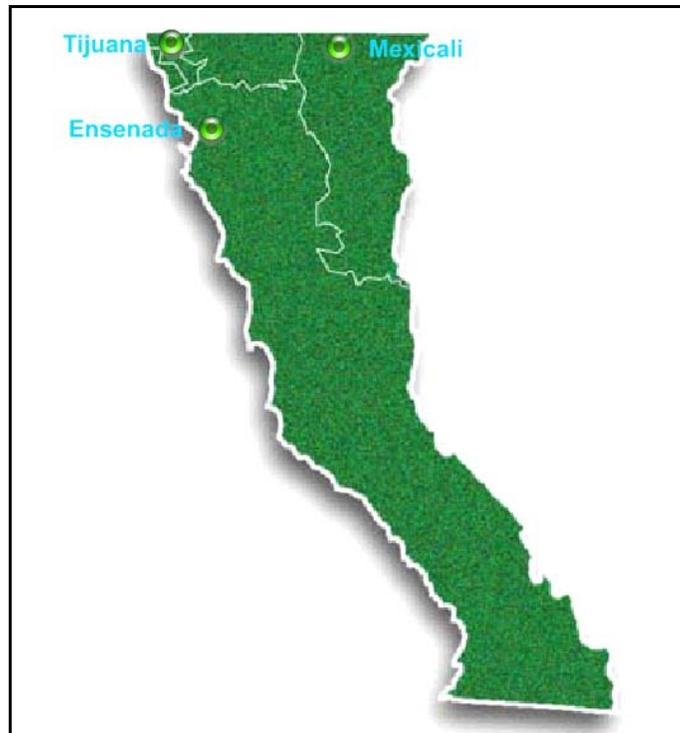


Figura 2.4. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Aguascalientes

2.2.2. Baja California



Baja California se encuentra situado en el extremo Noroeste del país, entre los meridianos $112^{\circ} 43' 13''$ y $117^{\circ} 07' 22''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $28^{\circ} 00' 00''$ y $32^{\circ} 43' 14''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 70 113 kilómetros cuadrados (3.56% del total nacional). Limita al Sur con el estado de Baja California Sur, al Norte con los Estados Unidos de América, al Noreste con Sonora, al Este con el mar de Cortés y al Oeste con el Océano Pacífico. Tiene una longitud de litoral en el Océano Pacífico de 880 kilómetros y de 675 kilómetros, en la costa del Golfo de California (Mar de Cortés).

Al consumarse la Independencia, ambas Californias, la Alta y la Baja quedaron incorporadas a la República en calidad de Territorio hasta 1848, año en que, en virtud del Tratado de Guadalupe Hidalgo, se perdió la Alta California. En 1888 fueron creados los territorios Norte y Sur de la Baja California y desde el 21 de noviembre de 1952 es Estado Libre y Soberano, de Baja California Norte.

Las sierras de Juárez, San Pedro Mártir, Calamajué, San Borja y Calmalli dividen a Baja California en tres grandes regiones: la occidental desértica, con lluvias escasas y abundantes nieblas, de clima mediterráneo y poblada por una vegetación de matorral; la centro-norte, formada por valles, suelos

negros y bosques aislados de pinos y árboles con hojas; y la oriental, estrecha y árida, salvo en el valle de Mexicali, drenado por el río Colorado.

En esta zona se concentra la actividad agrícola, en tanto que en la porción septentrional de las dos primeras regiones han prosperado el comercio y el turismo.

La única corriente de importancia es el río Colorado que aporta, conforme al Tratado Internacional de Límites y Aguas, 1 850 millones de metros cúbicos anuales, que ayudan a garantizar el riego en el valle de Mexicali. El resto de los recursos superficiales son arroyos torrenciales de cauce corto y abrupto. Los acuíferos subterráneos de Mexicali, El Maneadero y San Quintín se encuentran sobreexplotados y acusan la intrusión de aguas salinas. En el norte de la entidad se localiza la Laguna Salada, la principal y una de las pocas del estado. Las alturas mayores son los cerros La Encantada (3 070 m), Yubay (2 780 m) y Dos Picachos (1 550 m).

La capital es Mexicali, forman la entidad 4 086 localidades distribuidas en cinco municipios de los cuales, uno tiene de 10 mil a 50 mil habitantes; uno, de 50 mil a 100 mil habitantes; uno, de 100 mil a 500 mil habitantes; y dos, más de 500 mil habitantes.

Las vías de comunicación terrestres por la costa del Golfo de California de orografía difícil, han propiciado un mayor desarrollo por la costa del Pacífico, en donde están los centros de población y de actividad económica del Estado. En el año de 1998 (INEGI, 1999), la red de carreteras principales, secundarias y de caminos vecinales era de 10 891 kilómetros y la ferroviaria de 132 kilómetros.

La entidad contaba con 16 puertos marítimos (4 de altura y 6 de cabotaje). También contaba con cinco aeropuertos (4 internacionales y uno nacional) y 100 aeródromos.

Según el censo de población de 2000, la población total era de 2 487 367 habitantes (35 hab/km²) y la población económicamente activa de 914 853 habitantes (36.78%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (6.29%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (36.27%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (51.29%); y actividades no especificadas (6.15%).

Los centros de población más importantes del Estado son: Mexicali (la capital del Estado), Tijuana (uno de los principales centros turísticos del país, en el cual el número de cruces de la línea fronteriza sobrepasa los 30 millones de personas al año), Ensenada y Tecate.

En la entidad se pueden observar tres zonas térmicas: en la parte Oeste, Sudoeste y Sur existe un clima semicálido seco, con temperatura media anual de 18° a 22° C, mientras que en la parte de la costa del Golfo de California es cálido y seco con temperatura media anual mayor de 22° C; en el noreste del Estado encontramos un clima templado, semiseco con una temperatura media anual de 12° a 18° C; y en la zona montañosa alta se encuentra un clima templado subhúmedo con temperatura media anual de 8° a 12° C.

La distribución de la lluvia media mensual se observa en la figura 2.5 y a partir de su análisis es posible detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 203 mm y, en general, las lluvias son exiguas e irregulares.

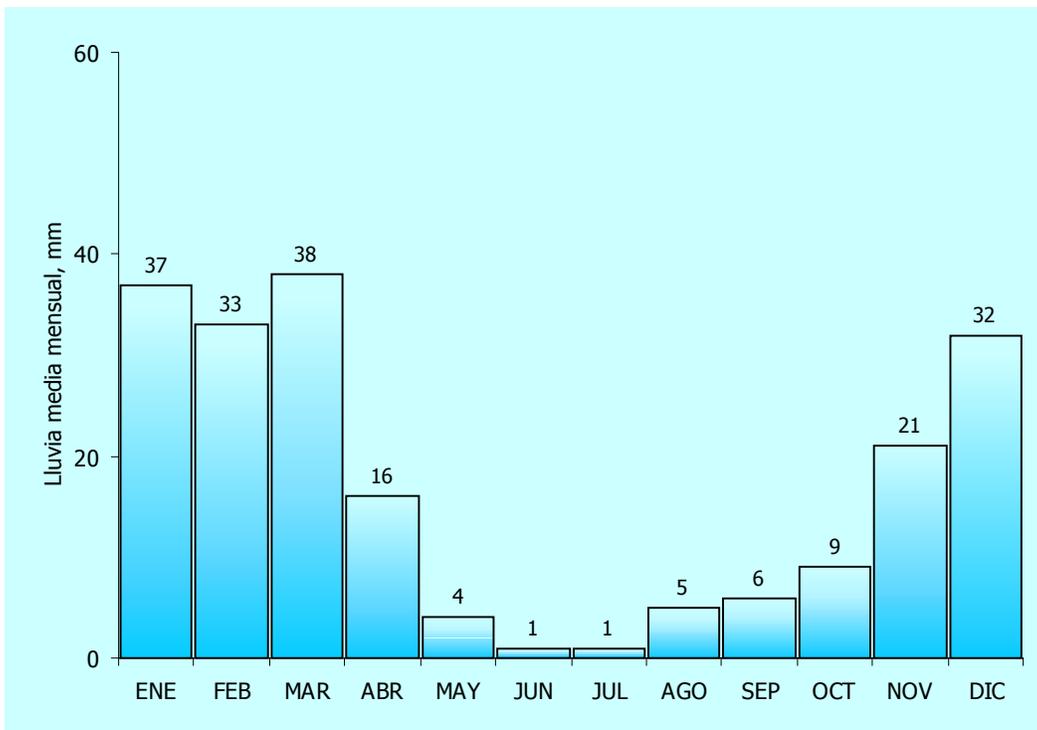


Figura 2.5. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Baja California

2.2.3. Baja California Sur



Baja California Sur se encuentra situado en la porción sur de la península de Baja California entre los meridianos $109^{\circ} 27' 24''$ y $115^{\circ} 04' 52''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $22^{\circ} 43' 14''$ y $28^{\circ} 00' 00''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 73 677 kilómetros cuadrados (3.74% del total nacional). Colinda al Norte con Baja California, al Este con el Golfo de California, y al Sur y al Oeste con el Océano Pacífico.

El antiguo Territorio Federal (desde 1888) fue erigido como Estado Libre y Soberano el 3 de octubre de 1974; en su jurisdicción quedaron comprendidas seis islas del Océano Pacífico y nueve del Golfo de California.

Está dividido por una cordillera longitudinal cuyas principales alturas son el Pico de San Lázaro (2 164 m), el volcán de las Tres Vírgenes (2 054 m) y el cono de La Giganta (1 738 m). La cadena montañosa corre próxima al litoral del Mar de Cortés, dejando una planicie estrecha hacia la costa y otra más amplia hacia el Océano Pacífico. Ocho décimas partes del territorio de la entidad son casi planas, ya que tienen pendientes menores del 15 por ciento. En el extremo noroeste se extiende el Desierto Vizcaíno y cuenta con un litoral bañado por el Océano Pacífico y el Golfo de California de 2 705 kilómetros de longitud.

Las corrientes existentes conforman una serie de ríos y arroyos secos, prácticamente durante todo el año. Las lluvias son muy escasas y solamente en el extremo sur de la península, en la zona de La Laguna, ocurren precipitaciones en forma de tormentas de poca duración, cuyas aguas se evaporan rápidamente sin originar corrientes de importancia. En el Valle de Santo Domingo se han perforado pozos para riego, pero cada vez son mayores los problemas de sobreexplotación e intrusión salina, debido a que parte del acuífero se localiza a 14 metros bajo el nivel del mar.

La capital es La Paz, forman la entidad 2 745 localidades distribuidas en cinco municipios de los cuales, uno, tiene de 5 mil a 10 mil habitantes; uno de 10 mil a 50 mil habitantes; dos, de 50 mil a 100 mil habitantes; y uno, de 100 mil a 500 mil habitantes.

Las comunicaciones terrestres tienen como eje principal la carretera transpeninsular; en 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales era de 4 219 kilómetros, sin red ferroviaria. La entidad contaba con 23 puertos (de los cuales, tres son de altura y 15 de cabotaje), los aeropuertos eran seis (tres internacionales y tres nacionales) y 58 aeródromos.

Los centros de población más importantes de la entidad son: La Paz (la capital), Santa Rosalía, Cabo San Lucas (una de las zonas turísticas más importantes del país), Guerrero Negro, San José del Cabo, Mulegé, Loreto, Ciudad Constitución, Comondú y Villa Insurgentes.

De acuerdo con el censo del año 2000, la población total era de 424 041 habitantes (6 hab/km²) y la económicamente activa de 170 514 habitantes, esto es, el 40.21%, distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (11.81%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (20.10%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (64.22%); y actividades no especificadas (3.87%).

En la entidad se pueden distinguir tres zonas térmicas: al noroeste, centro y en la costa del Océano Pacífico un clima semicálido seco con una temperatura media de 18° a 22° C; en la parte sur y en la costa del Golfo de California el clima es cálido seco con temperaturas mayores a 22° C, excepto en la Sierra de San Lázaro; y en la parte sur el clima es cálido semiseco.

La distribución de la lluvia media mensual se puede observar en la figura 2.6 y a partir de su análisis se detectan los meses de mayor y menor precipitación, así como se conocen los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 176 mm y, en general, las lluvias ocurren de forma irregular, a excepción de la región del Desierto de Vizcaíno donde éstas se presentan en invierno y en la parte sur de la entidad donde éstas ocurren en verano

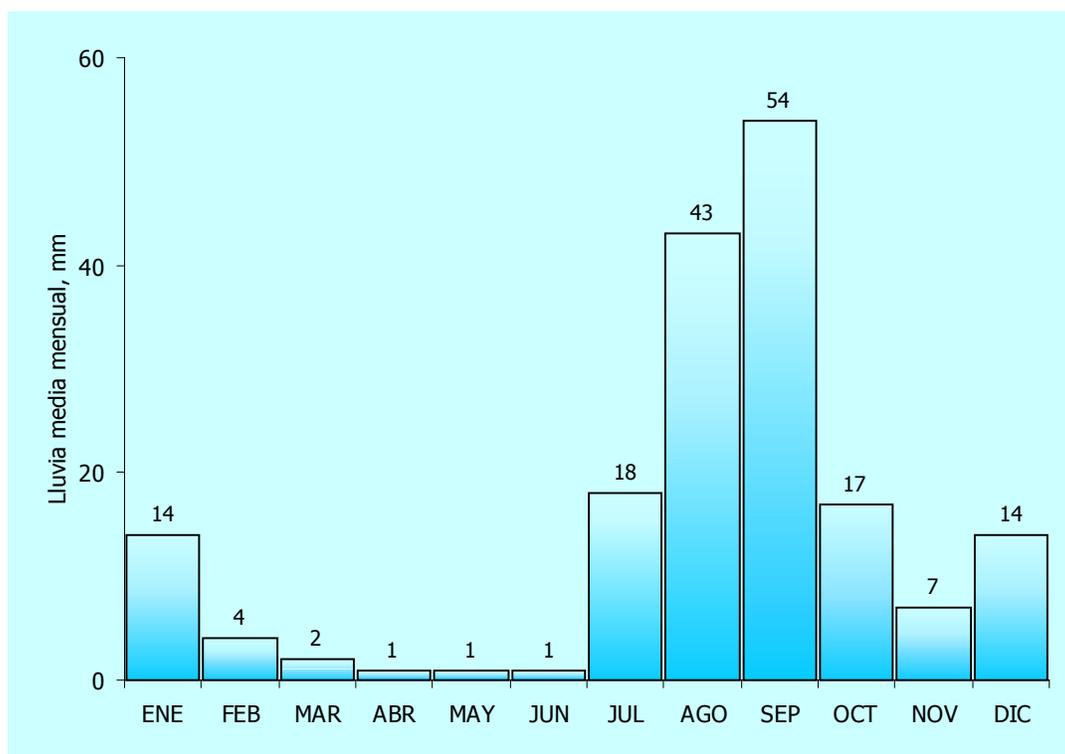
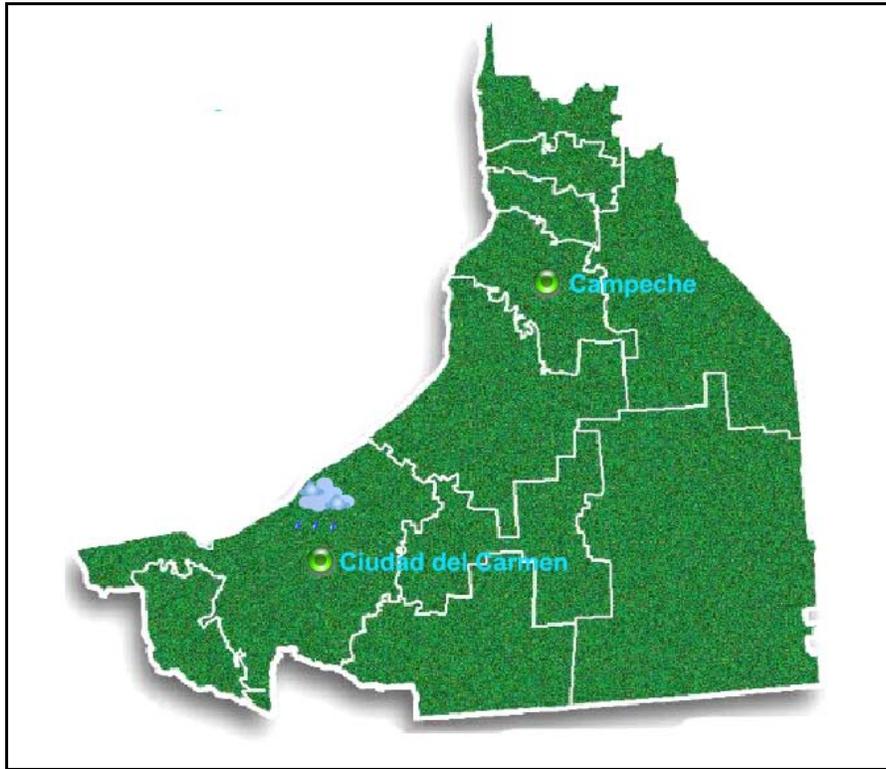


Figura 2.6. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Baja California Sur

2.2.4. Campeche



Estado situado en la zona Sudeste de la República, entre los meridianos $89^{\circ} 09' 05''$ y $92^{\circ} 28' 34''$ de longitud Oeste y los paralelos $17^{\circ} 48' 32''$ y $20^{\circ} 50' 43''$ de latitud Norte, tiene una superficie de 51 833 kilómetros cuadrados (2.63% del total nacional). Colinda al Norte con el Golfo de México, al Noreste con Yucatán, al Este con Quintana Roo, al Sur con Guatemala, al Sudoeste con Tabasco y al Oeste con el Golfo de México, con el que comparte un litoral de 523 kilómetros.

Campeche se separó de Yucatán en agosto de 1857 y posteriormente, quedó constituido en Estado Libre y Soberano el 18 de mayo de 1858. Su nombre es de origen maya; "Kam", culebra y "Pech", garrapata: lugar de culebras y garrapatas.

Su territorio es una planicie caliza con algunas elevaciones en los límites con Yucatán, Quintana Roo y Guatemala, en la llamada "La Sierrita". En dicha planicie aparecen lomeríos cuya mayor altura es de 300 metros. Al sur y sudoeste el relieve está formado por tierras bajas de origen aluvial.

La hidrografía está constituida por ríos divagantes, corrientes subterráneas y zonas pantanosas; lagunas y arenales en la costa del Golfo de México. Los ríos más importantes son el Candelaria, que nace en Guatemala con el nombre de San Pedro y desemboca en la Laguna de Términos (tras un recorrido de 402 kilómetros), el río Palizada que es un brazo del Usumacinta y el Chumpán que desemboca en la misma laguna, el San Pedro y San Pablo, y el Champotón que desemboca en el Golfo de México.

La capital es Campeche. Forman la entidad 3 099 localidades distribuidas en nueve municipios, de los cuales dos, tienen de cinco mil a 10 mil habitantes; tres, de 10 mil a 50 mil habitantes; dos, de 50 mil a 100 mil habitantes; y dos, de 100 mil a 500 mil habitantes.

Campeche contaba en el año de 1998 (INEGI, 1999) con 3 971 kilómetros de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales; con una red ferroviaria de 404 kilómetros; dos aeropuertos (uno internacional y uno nacional) y 22 aeródromos; contaba también con 11 puertos marítimos (de ellos, tres fluviales, dos interiores y seis cuya actividad principal es la pesca).

Según el censo de 2000 la población total era de 690 689 habitantes (13 hab/km²), con una población económicamente activa de 245 660 habitantes (35.57%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (24.72%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (24.22%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (51.22%); y actividades no especificadas (2.84%).

Los centros de población más importantes del Estado son: Ciudad del Carmen, Campeche (la capital), Champotón, Calkiní, Hopelchén, Francisco Escárcega y Hecelchakán.

El clima varía desde cálido semiseco en la zona más septentrional del Estado (Isla Arena) hasta las poblaciones de Calkiní y Pucnachén, de ahí hacia el Sur el clima se vuelve cálido subhúmedo aumentando la humedad (mientras más al sur, hasta la frontera con Guatemala); en la parte Oeste del Estado, desde la Laguna de Términos hasta el límite con Tabasco, se observa un clima cálido húmedo. Las temperaturas medias anuales son mayores a los 22° C en toda la entidad.

La figura 2.7 indica la distribución de la lluvia media mensual de la entidad federativa y a partir de su análisis se pueden detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como definir los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 1 138 mm y, en general, las lluvias son en verano, exceptuando la parte sur junto al límite con Guatemala en donde éstas son irregulares.

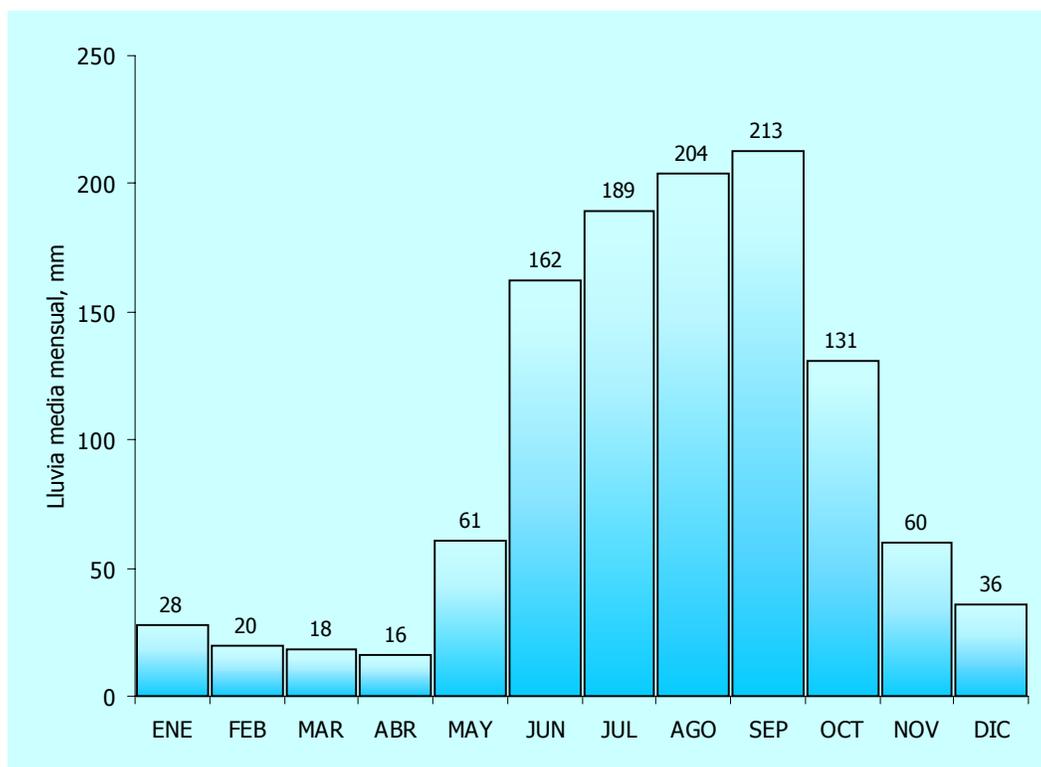
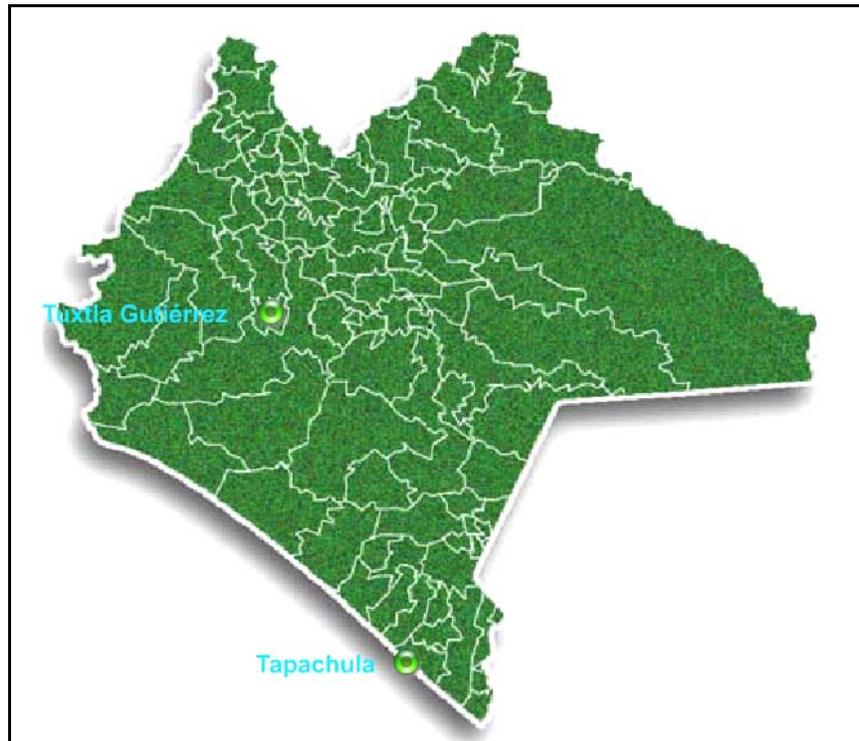


Figura 2.7. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Campeche

2.2.5. Chiapas



Entidad situada en el Sudeste del país, entre los meridianos $90^{\circ} 22' 25''$ y $94^{\circ} 07' 17''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $14^{\circ} 32' 40''$ y $17^{\circ} 57' 50''$ de latitud Norte. El estado tiene una superficie de 73 887 kilómetros cuadrados (3.76% del total nacional). Colinda al Norte con Tabasco, al Este con el país de Guatemala, al Sur con el Océano Pacífico y al Oeste con Oaxaca y Veracruz.

En septiembre de 1821 Chiapas solicitó su separación de Guatemala y en septiembre de 1824 se incorporó a la República Mexicana como Estado Libre y Soberano.

Chiapas cruza la Sierra Madre de Chiapas y en su territorio se encuentran alturas hasta de 4 110 metros (Volcán de Tacaná). La entidad está formada por cinco regiones orográficas: la Sierra Madre de Chiapas; las Sierras y Mesetas del Norte de la entidad; la llanura costera del Pacífico (Soconusco); la depresión central; y la parte chiapaneca de las llanuras de Tabasco cuyos ríos vierten hacia el Golfo de México. Riegan la entidad 46 ríos, dos de los cuales, el Grijalva y el Usumacinta, recogen en sus cuencas un importante volumen de la precipitación pluvial de México y pertenecen a la vertiente oriental. Son tres las cuencas hidrológicas principales: la primera es la del río

Grijalva, uno de los más caudalosos del país, penetra a Chiapas procedente de Guatemala y se ramifica en todo el Estado; la segunda es la del río Usumacinta, que es frontera internacional con Guatemala; y por último la del río Suchiate que descarga sus aguas al Océano Pacífico.

Las principales presas de la entidad son: la presa La Angostura (Belísario Domínguez), que aprovecha la corriente del Grijalva, tiene una capacidad de almacenamiento de 20 150 millones de metros cúbicos (la más grande de la República Mexicana), tiene como finalidad el riego de la región, generación de energía eléctrica y el control de avenidas; la presa Nezahualcóyotl (Malpaso) aprovecha las corrientes de los ríos Grijalva y La Venta, tiene una capacidad de almacenamiento de 12 960 millones de m³, se utiliza para el control de avenidas, la generación de energía eléctrica y el riego; la presa Chicoasén aprovecha la corriente del Grijalva, tiene una capacidad de almacenamiento de 11 883 millones de m³ y sólo se utiliza para la generación de energía eléctrica.

Los lagos y lagunas más importantes de la entidad son: Laguna La Joya (en el sudeste), Laguna Mar Muerto (compartida con Oaxaca), Lago de Miramar (en el sudeste) y las Lagunas de Montebello (sudeste). Tiene una extensión de litoral de 255 kilómetros de longitud.

La capital es Tuxtla Gutiérrez. Forman la entidad 19 455 localidades distribuidas en 111 municipios, de los cuales 11, tienen menos de cinco mil habitantes; 19, de cinco mil a 10 mil habitantes; 64, de 10 mil a 50 mil habitantes; 14, de 50 mil a 100 mil habitantes; y tres, de 100 mil habitantes a 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la entidad contaba con 20 461 kilómetros de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales; una red ferroviaria de 548 kilómetros; seis aeropuertos (cuatro internacionales y dos nacionales) y 24 aeródromos; cinco puertos marítimos (de los cuales, uno es de altura y otro de cabotaje).

Según el censo de población de 2000, la población total alcanzaba 3 920 892 habitantes con una densidad de población de 53 hab/km², de los cuales una cantidad de 1 218 598 habitantes integraban la población económicamente activa (31.08%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (46.79%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (13.11%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (36.94%); y actividades no especificadas (3.16%).

Los centros de población más importantes en la entidad son: Tuxtla Gutiérrez (la capital), Tapachula, Ocosingo, San Cristóbal de las Casas, Comitán, Venustiano Carranza, Huixtla y Las Margaritas.

En la mayor parte de la entidad se disfruta de un clima cálido con una temperatura media anual mayor a los 22° C, disminuyendo ésta en la proximidad de la Sierra del Norte de Chiapas y en la Sierra Madre de Chiapas con una temperatura media anual (semicálida) de 18° a 22° C, hasta llegar a las zonas más altas de estas sierras donde se presenta una temperatura media anual (templada) de 12° a 18° C.

Con relación a la humedad, más de la mitad del Estado goza de un clima que va de muy húmedo a húmedo en las regiones norte, noreste, noroeste y este del Estado; así como también, la mayor parte de la sierra del norte de Chiapas y de la Sierra Madre de Chiapas al sur de la entidad, convirtiéndose en subhúmedo en toda la región entre dichas sierras y en la costa de Chiapas bañada por el Océano Pacífico.

La figura 2.8 muestra la distribución de la lluvia media mensual de la entidad federativa y a partir de su análisis se pueden detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como definir los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en la superficie de la entidad es de 1 961 mm y, en general, las lluvias son abundantes y con un régimen de lluvia en verano.

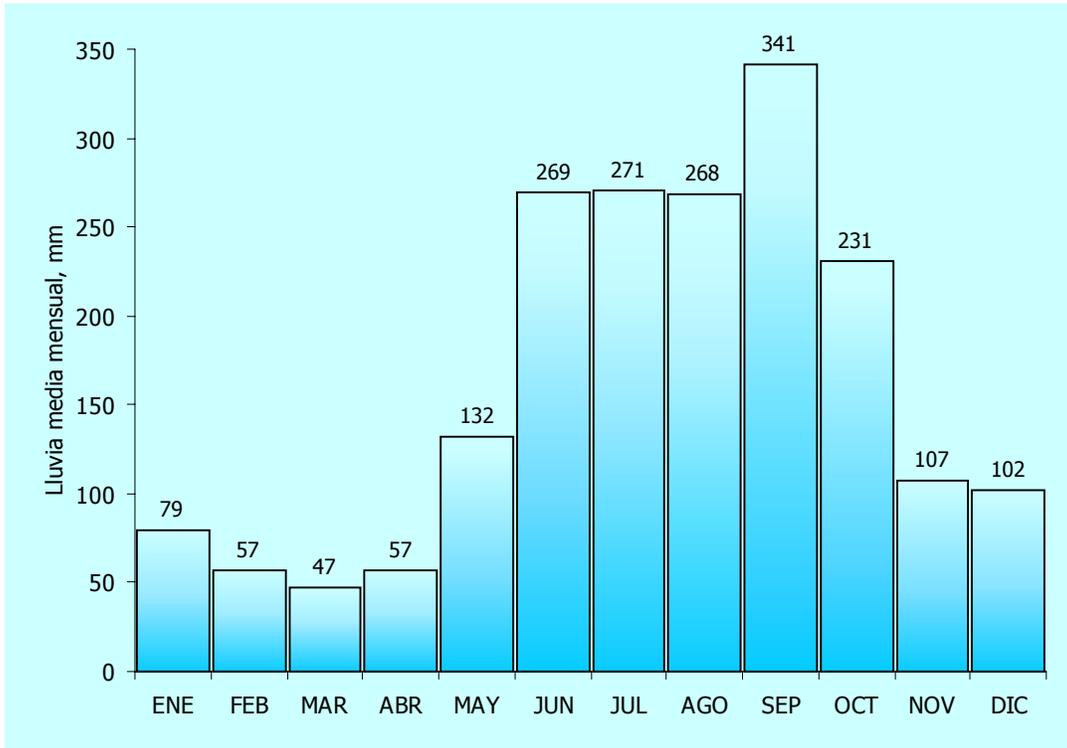
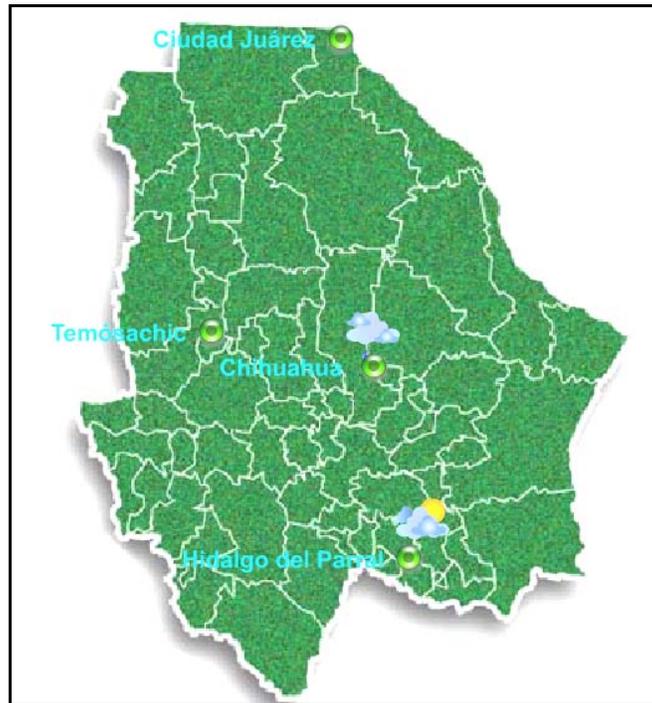


Figura 2.8. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Chiapas

2.2.6. Chihuahua



Chihuahua está situado en la parte Norte del País, entre los meridianos $102^{\circ} 17' 45''$ y $109^{\circ} 07' 39''$ de longitud Oeste y los paralelos $25^{\circ} 37' 17''$ y $31^{\circ} 47' 05''$ de latitud Norte. Por su dimensión es el estado más extenso de la República Mexicana, tiene una superficie de 247 087 kilómetros cuadrados (12.56% del total nacional). Colinda al Norte con Estados Unidos de América, al Este con Coahuila, al Sur con Durango y Sinaloa, y al Oeste con Sonora.

Un decreto del Congreso General en el año de 1823 dividió a la Provincia de Nueva Vizcaya en los Estados de Durango y Chihuahua y, posteriormente, la Constitución Federal de 1824 reconoció a Chihuahua como Estado Libre y Soberano.

Su territorio está ocupado en dos terceras partes por la Mesa Central del Norte y el resto por la Sierra Madre Occidental, la cual se interna de norte a sur por el rincón noroccidental y se ensancha gradualmente hacia el sudeste hasta llegar a un inmenso laberinto de picos y depresiones, dando lugar a dos zonas completamente distintas: una formada por elevadas mesetas y montañas que constituyen la Sierra Tarahumara, con alturas hasta de 3 307 m; y la otra formada por lomeríos y estribaciones que descienden hacia el oriente del Estado hasta llegar a la Mesa Central del Norte, la que está cubierta de pastizales y desiertos con serranías que tienen apenas unos 300 m de altura sobre el altiplano.

En su vertiente oriental corren el río Bravo y el Conchos (afluente del Bravo), con sus tributarios el Florido, San Pedro y Chuviscar; y en la occidental nacen el Yaqui (con el nombre de Bavispe), el Mayo, El Fuerte y el Sinaloa. Las principales presas son: La Boquilla, Luis L. León y Francisco I. Madero; las lagunas más importantes son: Bustillos y Guzmán.

La capital es Chihuahua. Forman la entidad 12 862 localidades distribuidas en 67 municipios de los cuales 18, tienen menos de cinco mil habitantes; 21, de cinco mil a 10 mil habitantes; 22, de 10 mil a 50 mil habitantes; dos, de 50 mil a 100 mil habitantes; dos, de 100 mil habitantes a 500 mil habitantes; y dos, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales era de 12 673 kilómetros; y la ferroviaria, de 2 679 kilómetros. La entidad contaba con dos aeropuertos internacionales y 36 aeródromos.

De acuerdo con el censo de población de 2000, la población ascendía a 3 052 907 habitantes con una densidad poblacional de 12 hab/km², de los cuales la población económicamente activa alcanzaba 1 129 737 habitantes, esto es, el 37.01% de la población, distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (8.98%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (41.67%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (44.98%); y actividades no especificadas (4.57%).

Los centros de población más importantes del Estado son: Ciudad Juárez, Chihuahua (la capital), Cuauhtémoc, Delicias, Hidalgo del Parral, Jiménez, Camargo, Nuevo Casas Grandes, Santa Bárbara, Ojinaga, Meoqui, Anáhuac y San Francisco del Oro.

El Oeste del Estado, por donde cruza la Sierra Madre Occidental, se caracteriza por tener un clima semicálido subhúmedo con temperaturas medias anuales que varían de 18° a 22° C, mientras que en la parte Norte del Estado se puede observar un clima templado seco con temperaturas medias anuales de 12° a 18° C, y en su parte sur, sudeste y noreste el clima es seco semicálido con temperaturas medias anuales de 18° a 22° C.

La distribución de la lluvia media mensual se puede observar en la figura 2.9 y a partir de su análisis se pueden detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como definir los periodos de lluvia y de estiaje.

La precipitación media anual en el área de la entidad es de 423 mm y, en general, las lluvias son escasas y con un régimen de lluvia en verano.

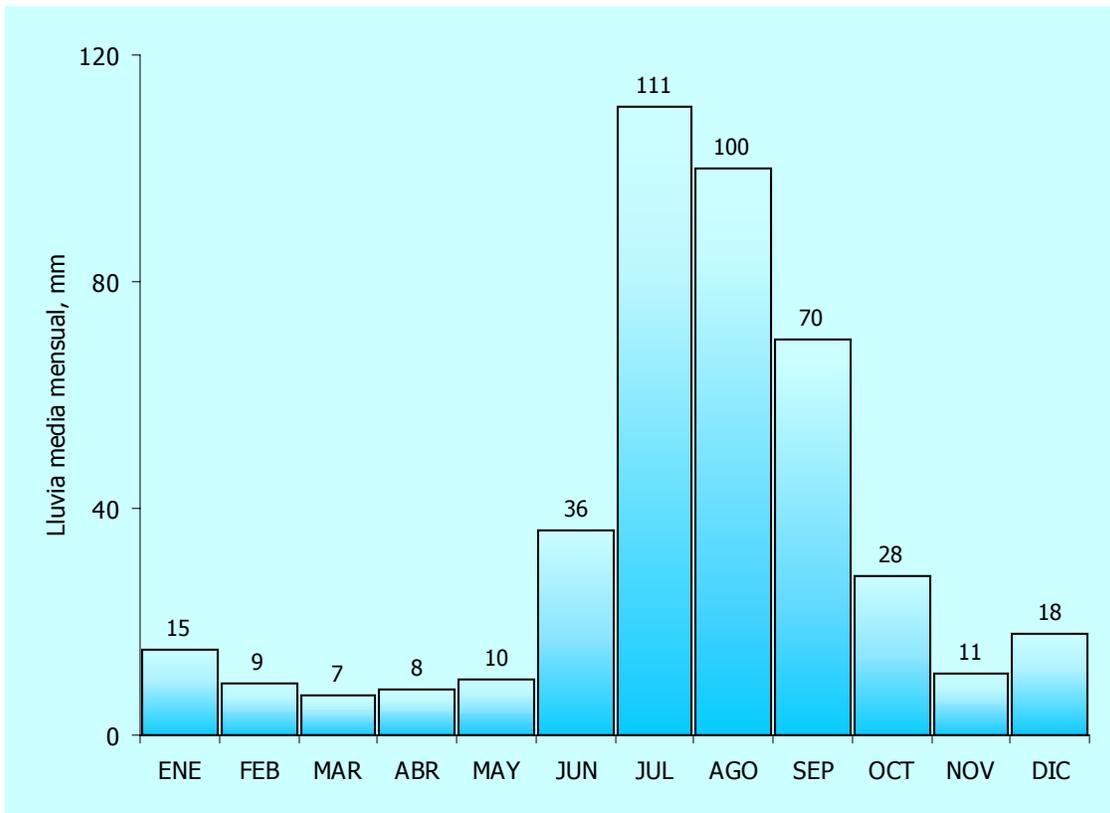
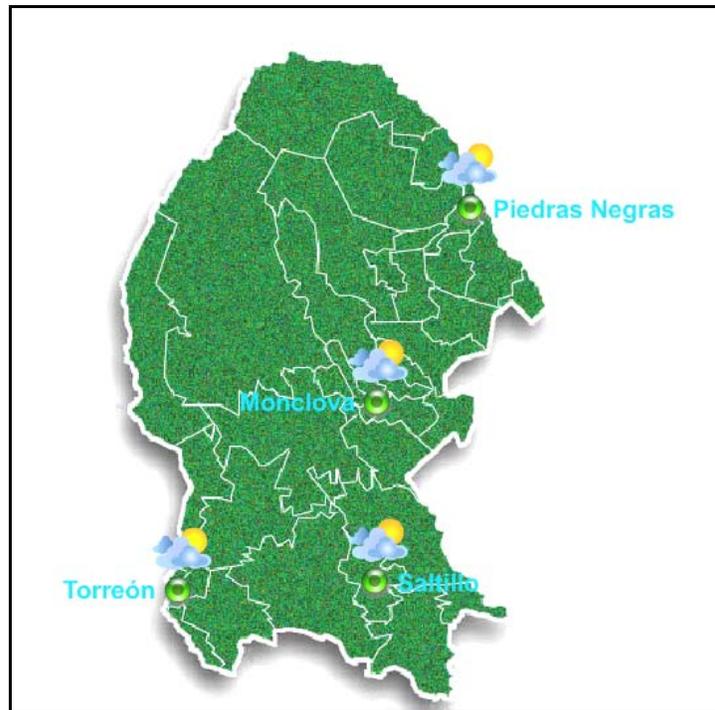


Figura 2.9. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Chihuahua

2.2.7. Coahuila



Coahuila se encuentra situado en el Norte de México, al Noreste del Bolsón de Mapimí y está comprendida entre los meridianos $99^{\circ} 50' 12''$ y $103^{\circ} 57' 43''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $24^{\circ} 31' 38''$ y $29^{\circ} 52' 58''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 151 571 kilómetros cuadrados (7.7% de total nacional). Limita al Norte con Estados Unidos de América, al Este con Nuevo León, al Sur con Zacatecas, al Sudeste con San Luis Potosí y al Oeste con Durango y Chihuahua.

El Estado de Coahuila fue reconocido por la Constitución Federal del año 1824. En 1829 estuvo agregado a Texas y posteriormente a Nuevo León (en 1856), hasta que el presidente Benito Juárez le devolvió su independencia en 1864. Coahuila significa en náhuatl "Víbora que vuela". El nombre oficial del Estado es Coahuila de Zaragoza.

Su territorio está cruzado de sudeste a noroeste por la Sierra Madre Oriental, con alturas hasta de 3 600 metros en Arteaga, pero de sólo 600 m en Monclova y de 140 m en Hidalgo, con cumbres como San Rafael (3 710 m), El Jabalí (3 409 m) y las Nopaleras (3 130 m); en el sudoeste existen llanuras áridas que forman parte del Bolsón de Mapimí y en el resto del Estado diferentes serranías.

Las principales son, al extremo Norte, las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, y en el sur, las de Parras, San Marcos y la Paila.

Los ríos más importantes son el Bravo, de caudal permanente, que drena toda la parte Norte del Estado, el Nazas y el Aguanaval, secos en el estiaje; además de los ríos Sabinas y Nadadores; el resto del Estado se conforma por varias cuencas cerradas en las que destacan las de la Laguna Mayrán (alimentada por el Nazas y Aguanaval), la Laguna de Viesca, y el Barrial de la Paila al Norte de la Sierra de Parras a la cual concurren los arroyos que drenan su vertiente Norte.

La presa más importante del Estado es la presa Internacional La Amistad sobre el caudal del Bravo, tiene una capacidad de almacenamiento de 7 070 millones de metros cúbicos, utilizada para el control de avenidas, generación de energía eléctrica, riego de la región y suministro de agua potable. La Presa Venustiano Carranza se ubica al noreste del Estado.

La capital es Saltillo. Forman la entidad 4 211 localidades distribuidas en 38 municipios, de los cuales nueve, tienen menos de cinco mil habitantes; cinco, de cinco mil a 10 mil habitantes; catorce, de 10 mil a 50 mil habitantes; seis, de 50 mil a 100 mil habitantes; dos, de 100 mil a 500 mil habitantes; y dos, más de 500 mil habitantes.

Las comunicaciones terrestres estaban representadas en 1998 (INEGI, 1999) por 8 529 kilómetros de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales, y por 1 385 kilómetros de ferrocarriles; contaba con siete aeropuertos (dos internacionales y cinco nacionales) y 116 aeródromos distribuidos en toda la entidad.

Según el censo del 2000, la población total era de 2 298 070 habitantes (15 hab/km²), de los cuales 832 592 habitantes (36.23%) constituían la población económicamente activa, distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (5.24%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (41.88%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (48.68%); y actividades no especificadas (4.20%).

Los centros de población más importantes del Estado son: Torreón, Saltillo (la capital), Monclova, Piedras Negras, Ciudad Acuña, San Pedro de las Colonias, Parras de la Fuente, Nueva Rosita, Melchor Múzquiz y Villa Frontera.

En casi todo el Estado impera un clima semicálido semiseco con temperaturas medias anuales de 18° a 22° C, salvo en la parte noreste de la entidad y en las zonas circundantes de la presa Venustiano Carranza donde el clima es cálido semiseco con temperaturas medias anuales mayores a 22° C. En las partes altas de la Sierra Madre Oriental (en el sudeste) el clima es templado semiseco con temperaturas medias anuales que varían desde los 12° a los 18° C.

La distribución de la lluvia media mensual se observa en la figura 2.10 y a partir de su análisis se pueden precisar los meses de mayor y menor precipitación, así como definir los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 316 mm y, en general, en toda la entidad las lluvias ocurren en verano, salvo la parte Norte y noreste en donde éstas son irregulares.

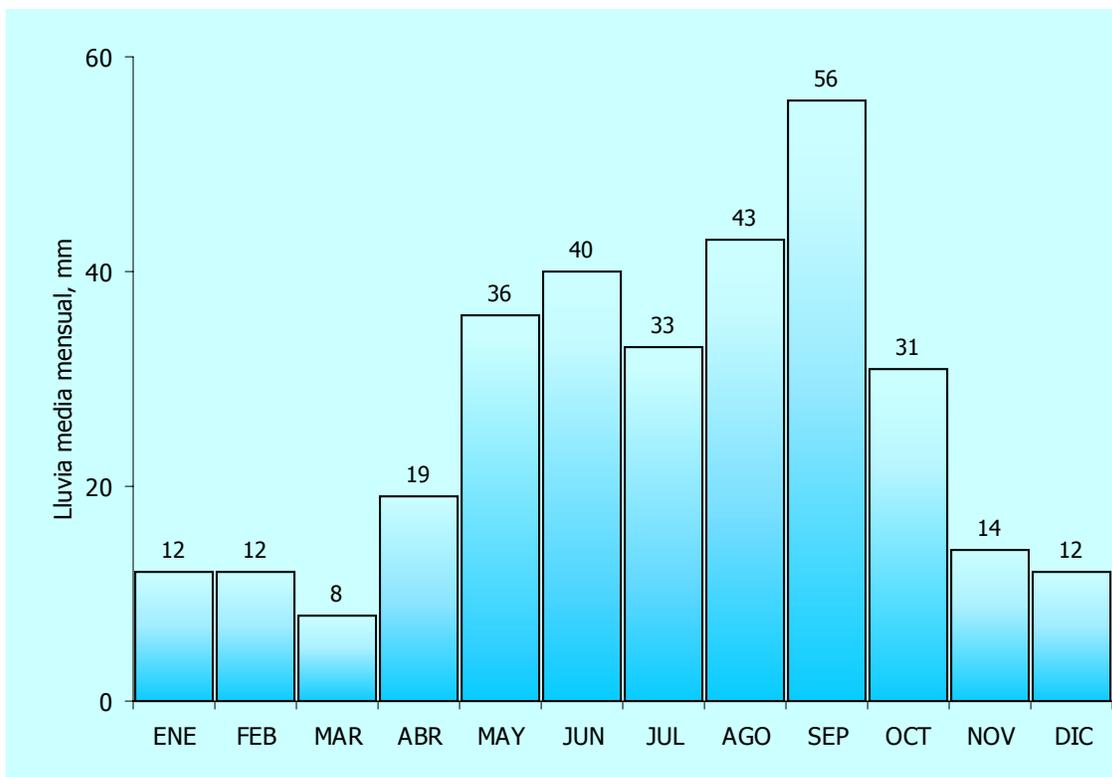
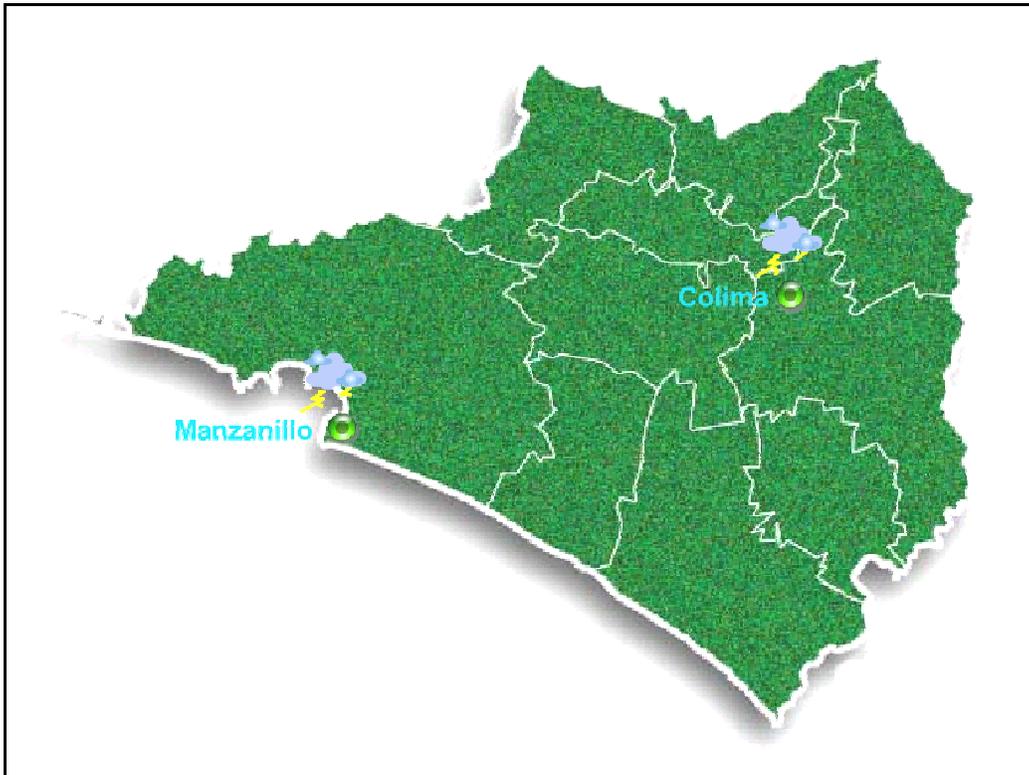


Figura 2.10. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Coahuila

2.2.8. Colima



Entidad federativa situada en la parte media de la vertiente del Pacífico, entre los meridianos 103° 29' 42" y 104° 36' 00" de longitud Oeste y entre los paralelos 18° 41' 16" y 19° 31' 29" de latitud Norte. El estado tiene una superficie de 5 455 kilómetros cuadrados (0.28% del total nacional) y colinda al Norte y al Este con Jalisco, al Sudeste con Michoacán y al Sur y Oeste con el Océano Pacífico.

Colima juró su Independencia en junio de 1821 y en 1823 se separó de Jalisco del cual formaba parte desde 1789; en el año de 1856 el Congreso aprobó su erección como Estado Libre y Soberano. Su nombre azteca significa mano armada: "colli" arma y "man" mano.

Su orografía se determina por la intersección del Eje Neovolcánico, del cual forma parte el Volcán del Fuego de Colima (3 838 m), y de las estribaciones de la Sierra Madre del Sur. Cuenta con elevaciones de 2 500 metros (Cerro Grande), los cerros Zacualpan, el Peón, San Buenaventura y Canoas, a partir de los cuales se originan los valles del centro y la planicie costera del estado.

Los ríos principales son: Armería, Cihuatlán (o Marabasco), Coahuayana (límite estatal con Michoacán) y que recorre el Estado de noreste a sudoeste en la parte central con sus afluentes, los ríos Salado, Naranja y Comala.

Desde 1861 le pertenece la isla El Socorro, del archipiélago de las Islas Revillagigedo. Forma parte de la hidrología la Laguna de Cuyutlán, rica en yacimientos de sal. La entidad tiene una longitud de litoral de 139 kilómetros sobre el Océano Pacífico.

La capital es Colima y forman la entidad 1 273 localidades distribuidas en 10 municipios de los cuales, uno tiene menos de 5 mil habitantes, uno, de 5 mil a 10 mil habitantes; cuatro, de 10 mil a 50 mil habitantes; dos, de 50 mil a 100 mil habitantes; y dos, de 100 mil a 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales ascendió a 1 972 kilómetros, contaba con una red ferroviaria de 218 kilómetros y dos aeropuertos (uno internacional y uno nacional) y seis aeródromos; también con cuatro puertos marítimos (de los cuales, uno era de altura, uno de cabotaje y dos pesqueros).

Según el censo de población de 2000, la población total era de 542 627 habitantes (99 hab/km²) con una población económicamente activa de 201 964 habitantes (37.22%) distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (16.78%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (19.96%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (59.88%); y actividades no especificadas (3.38%).

Los centros de población más importantes del Estado son Colima (la capital), Manzanillo (una de las zonas turísticas más importantes del país en el ámbito internacional), Tecomán, Armería, Comala y Villa de Alvarez.

La distribución del clima en Colima es muy uniforme. En efecto, en casi todo el Estado impera un clima cálido subhúmedo con temperatura media anual mayor a 22° C, exceptuando la parte sur en la que el clima es semiseco y en la región cercana al Nevado de Colima, donde la temperatura media anual oscila de 18° a 22° C.

La figura 2.11 muestra la distribución de la lluvia media mensual en el estado y a partir de su análisis se pueden detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como definir los periodos de lluvia y, de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 890 mm y en general, las lluvias ocurren en verano, época en que se presentan con cierta frecuencia perturbaciones ciclónicas provenientes del Océano Pacífico.

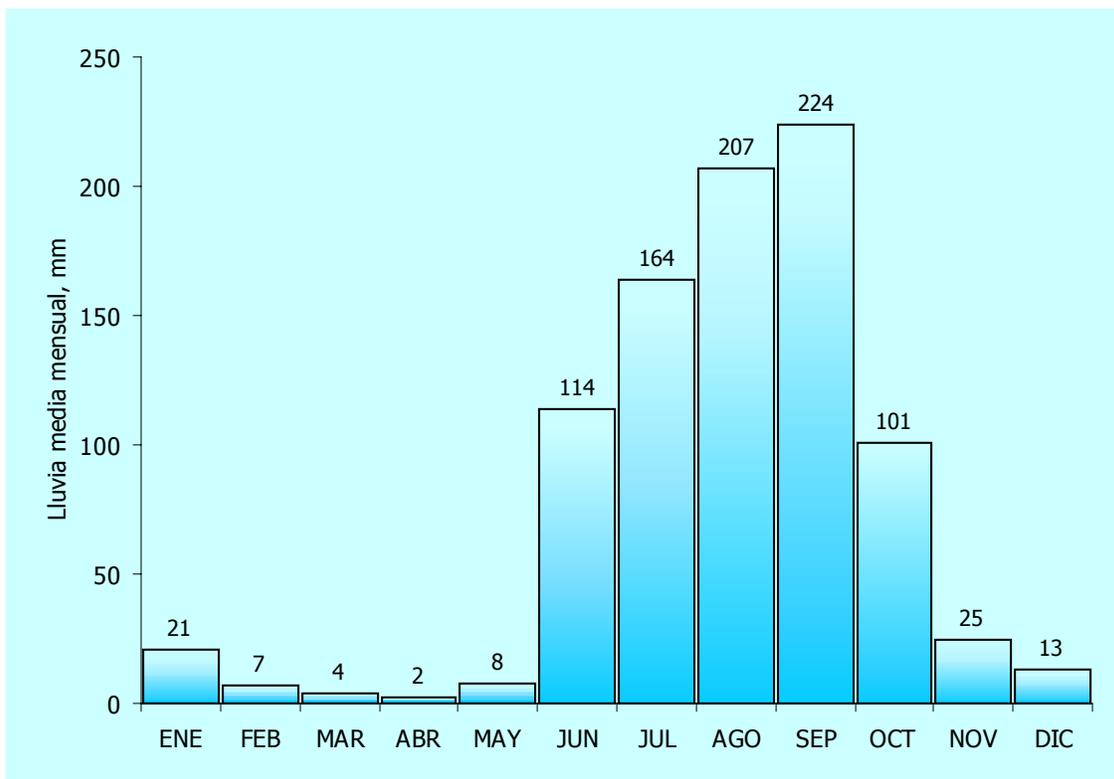
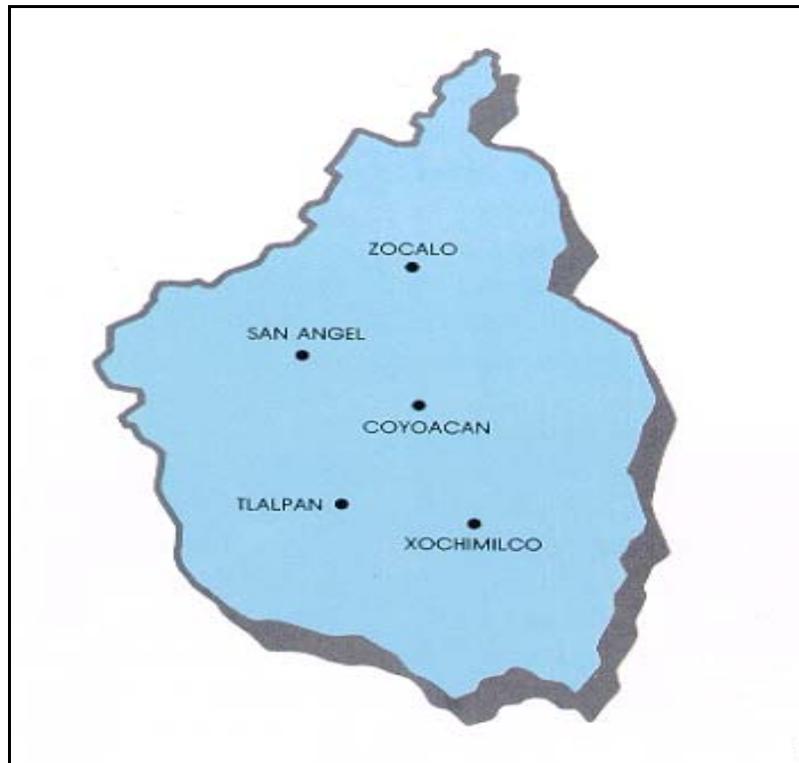


Figura 2.11. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Colima

2.2.9. Distrito Federal



El Distrito Federal se encuentra localizado en la cuenca de México en el extremo Sudeste de la Altiplanicie Mexicana, entre los meridianos $98^{\circ} 57' 08''$ y $99^{\circ} 22' 00''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $19^{\circ} 03' 16''$ y $19^{\circ} 35' 27''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 1 499 kilómetros cuadrados (0.08% del total nacional). Colinda al Este, Norte y Oeste con el estado de México y al Sur con el estado de Morelos.

La Constitución Federal del 4 de octubre de 1824 le otorgó al Congreso la facultad de elegir el lugar que sirviera de residencia a los supremos poderes de la Federación y la de ejercer, en ese sitio, las atribuciones del Poder Legislativo. El 18 de noviembre de ese año el Congreso señaló a la Ciudad de México como sede oficial del Gobierno de la Nación y le asignó al Distrito Federal la superficie comprendida en un círculo de aproximadamente 11 150 m (dos leguas de radio) con centro en la Plaza Mayor. Este territorio le fue segregado al Estado de México. El presidente Antonio López de Santa Ana, amplió la superficie de la entidad y en agosto de 1898 se aprobaron los convenios de los límites entre el Distrito Federal y los estados de Morelos y México, los cuales rigen hasta la fecha.

En diciembre de 1928, el gobierno del Distrito Federal quedó encomendado al Presidente de la república, quien lo ejercía por conducto del Jefe del Departamento de Distrito Federal. En 1941 se aprobó la nueva Ley Orgánica del Departamento del Distrito Federal que se dividió en la Ciudad de México y 12 delegaciones, en tanto en que en diciembre de 1970 se dividió en 16 delegaciones. En 1987, con base en el decreto del 10 de agosto se crea la Asamblea de Representantes del Distrito Federal, en tanto que, de acuerdo con el decreto del Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, publicado el 26 de julio de 1994 en el Diario Oficial y a su reforma del 14 de octubre del mismo año, se acuerda que la Ciudad de México es el Distrito Federal, sede de los Poderes de la Unión y capital de los Estados Unidos Mexicanos. Es una entidad federativa con personalidad jurídica y patrimonio propio y sus autoridades son la Asamblea Legislativa, el Jefe de Gobierno y el Tribunal Superior de Justicia del Distrito Federal. El Jefe de Gobierno se elige por votación universal, libre, directa y secreta, cada seis años y en la misma fecha en que se realice la elección del Presidente de la República.

La mitad de su territorio está ocupado por montañas: al Norte las estribaciones de la Sierra de Guadalupe con algunos cerros importantes como lo son el Tepeyac y el Chiquihuite (2 737 m); al Sur, el Ajusco y la Sierra de Chichinautzin, cuya máxima elevación es el Pico del Águila (3 952 metros sobre el nivel del mar); al Sudeste, la Sierra de las Cruces y el Cerro de la Estrella; al Oeste, las sierras de Monte Alto y Monte Bajo; y al Este el Cerro del Peñón de los Baños, el Peñón Viejo y el Cerro de la Caldera.

La hidrografía está formada al poniente por las barrancas de los ríos Magdalena, Texcalatlaco, Tarango, Mixcoac y Tacubaya; así como los tramos bajos de los ríos Tecamachalco, San Joaquín, Tornillo, Hondo, Los Remedios, Tlalnepantla y San Javier; en el Norte y como afluente del río San Javier antes de su confluencia con el río de los Remedios, se tiene la Barranca de Cuauhtepac; al oriente no existen ríos ni barrancas sino terrenos ocupados antiguamente por los lagos de Texcoco y Santa Martha; también se encuentran los restos de los Lagos de Tláhuac y Mixquic; finalmente al sur se tiene una porción del Lago de Xochimilco al que afluyen algunas corrientes como el río San Buenaventura, el río San Lucas y el río San Gregorio. Cabe mencionar que la mayoría de los causes de los ríos mencionados están entubados.

La mayor parte del área plana perteneció a los depósitos lacustres de la cuenca, los cuales decrecieron rápidamente a partir del año 1521 debido al drenaje de los lagos, la deforestación de los montes y el bombeo del subsuelo. Nada queda de aquellos lagos en el Distrito Federal, pues el de Xochimilco se mantiene artificialmente a partir de canales y bombeo. La mancha urbana ha ido ocupando, sobre todo en los últimos 40 años, la extensión de la zona metropolitana de la Ciudad de México.

Esta gran concentración humana demanda cada vez mayores servicios, a menudo paradójicos, entre ellos las gigantescas obras para desalojar el agua de la cuenca y evitar inundaciones, y simultáneamente la ejecución de otras de igual magnitud para introducir el agua con destino al consumo humano, a partir de las cuencas hidrológicas localizadas en sus inmediaciones.

Forman la entidad 480 localidades distribuidas en 16 delegaciones de las cuales una, tiene de 50 mil a 100 mil habitantes; dos, de 100 mil a 250 mil habitantes; siete, de 250 mil a 500 mil habitantes; cuatro, de 500 mil a un millón de habitantes; y dos, más de un millón de habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales contaba con 160 kilómetros, la red ferroviaria con 296 kilómetros y aeropuerto internacional, que es el más transitado en América Latina.

Según el censo de 2000, la población total era de 8 584 919 habitantes (5 741 hab/km²) y la población económicamente activa de 3 643 027 habitantes (42.33%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (0.57%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (20.80%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (73.79%); y actividades no especificadas (4.84%).

Los centros de población (delegaciones) del Distrito Federal contaban en el año de 2000 con la población siguiente: Iztapalapa (1 773 343 hab.), Gustavo A. Madero (1 235 542 hab.), Álvaro Obregón (686 807 hab.), Coyoacán (640 423 hab.), Tlalpan (576 172 hab.), Cuauhtémoc (516 255 hab.), Venustiano Carranza (462 806 hab.), Azcapotzalco (441 008 hab.), Iztacalco (411 321 hab.), Benito Juárez (360 478 hab.), Miguel Hidalgo (352 640 hab.), Xochimilco (364 647 hab.), Tláhuac (301 317 hab.), La Magdalena Contreras (221 645), Cuajimalpa de Morelos (149 743 hab.) y Milpa Alta (90 772 hab.).

Por su superficie territorial, el clima en el Distrito Federal no varía mucho; se caracteriza por un clima templado subhúmedo con temperaturas medias anuales de 12° a 18° C, exceptuando la región del Ajusco y sus alrededores donde el clima es semifrío subhúmedo con temperaturas medias anuales que oscilan entre 5° y 12° C.

La figura 2.12 indica la distribución de la lluvia media mensual en el Distrito Federal y a partir de su análisis se pueden detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como definir los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 721 mm y, en general, las lluvias ocurren en el verano.

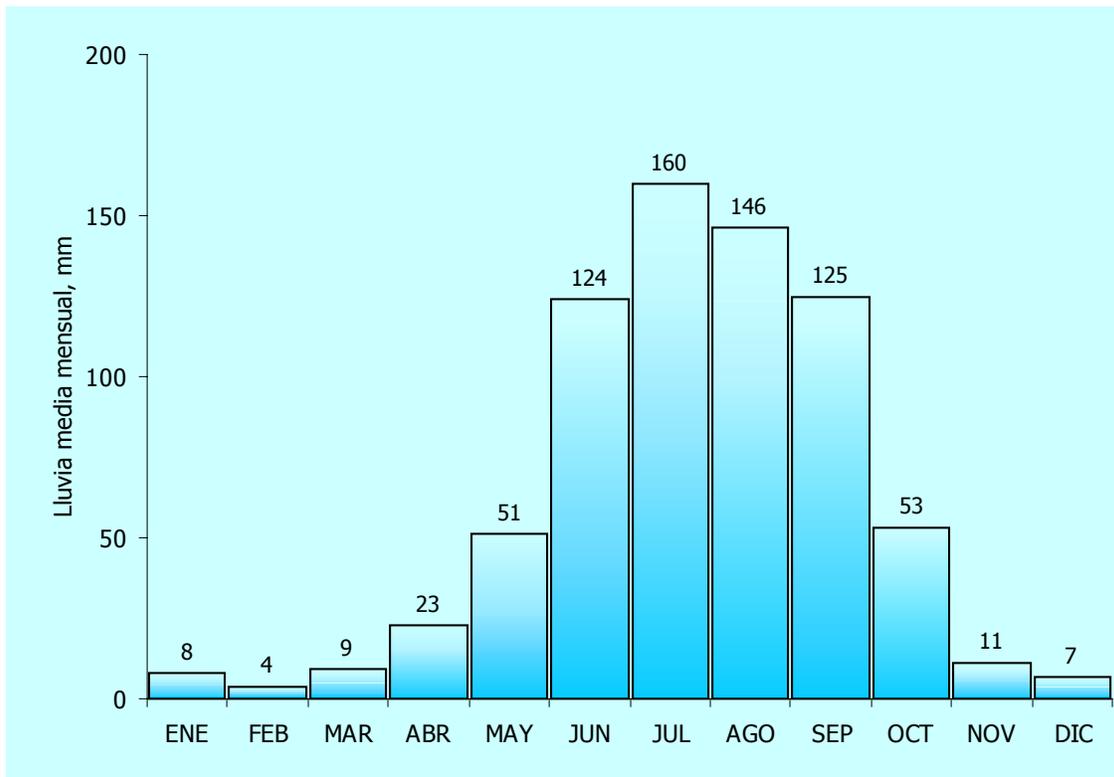


Figura 2.12. Distribución de la lluvia media mensual en el Distrito Federal

2.2.10. Durango



Durango esta situado en la parte media del noroeste del País, entre los meridianos 102° 30' 17" y 107° 08' 39" de longitud Oeste y entre los paralelos 22° 16' 54" y 26° 46' 54" de latitud Norte. Tiene una superficie de 119 648 kilómetros cuadrados (6.08% del total nacional). Colinda al Norte con Chihuahua, al Noreste con Coahuila, al Sudeste con Zacatecas, al Sur con Nayarit y al Oeste con Sinaloa.

El 22 de mayo de 1824 se decretó la creación de Durango como entidad libre y soberana. Anteriormente formaba parte de la provincia de Nueva Vizcaya junto con el estado de Chihuahua.

La orografía está constituida por la Sierra Madre Occidental cuyo vasto sistema montañoso determina tres grandes zonas con características específicas. La primera en la parte oeste de la entidad en la que se aloja la Sierra Madre Occidental, con altura media de 2 600 metros, de la cual se desprenden contrafuertes, profundamente desgarrados por innumerables desfiladero y barrancas. Algunas de las cumbres más importantes son: el Epazote (3 227 m), El Oso (3 170 m) y Pánfilo (3 168 m). La segunda, en la parte central, está formada por una sucesión de grandes planicies, entre los 1 800 m y los 2 000 m de altitud, cercadas por montañas o escarpados lomeríos.

Finalmente, la tercera en el extremo noreste en donde se halla el Bolsón de Mapimí, el cual parte de la zona semidesértica que se extiende desde la Comarca Lagunera (Gómez Palacio y Lerdo, en Durango, y Torreón, en Coahuila) hasta el estado norteamericano de Texas.

En la parte oeste se origina varias de las corrientes formadoras de los ríos que desembocan en el litoral sinaloense y nayarita tales como: Culiacán, San Lorenzo, Presidio, Rosado, Acaponeta y San Pedro, conformando un potencial hidroeléctrico muy importante para Durango y Sinaloa. En la parte oriental escurren los ríos Nazas, Aguanaval y el Arroyo de La Cadena; en el extremo septentrional el río Florido, un remoto tributario del río Bravo.

La presa Lázaro Cárdenas (El Palmito) sobre la corriente del río Nazas es la más importante del Estado ya que tiene una capacidad de almacenamiento de 4 438 millones de metros cúbicos y es utilizada principalmente para riego y control de avenidas; cabe mencionar que la laguna más importante es la de Santiaguillo localizada en la parte central de la entidad.

La capital es Durango (su nombre oficial es Victoria de Durango). Forman la entidad 6 258 localidades distribuidas en 39 municipios, de los cuales cuatro tienen menos de cinco mil habitantes; ocho, de cinco mil a 10 mil habitantes; 24, de 10 mil a 50 mil habitantes; y tres, de 100 mil a 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999), las comunicaciones terrestres estaban representadas por una red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales que ascendía a 10 537 kilómetros y una red ferroviaria de 379 kilómetros; contaba con un aeropuerto nacional y 105 aeródromos distribuidos en toda la entidad.

Según el censo de población de 2000, la población total alcanzaba 1 448 661 habitantes (12 hab/km²) con una población económicamente activa de 448 714 habitantes (30.97%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (14.84%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (30.97%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (50.46%); y actividades no especificadas (3.92%).

Los principales centros de población son: la ciudad de Durango (la capital), Gómez Palacio, Ciudad Lerdo, Santiago Papasquiaro, Pueblo Nuevo, Tepehuanes, Canatlán, Guadalupe Victoria, Santa María del Oro, Vicente Guerrero y El Salto.

Se pueden apreciar, en esta entidad, tres franjas climáticas: la primera, la parte noreste y este (el Bolsón de Mapimí) con un clima semicálido seco con temperaturas medias anuales entre 18° y 22° C; la segunda, en la parte central (entre la Sierra Madre Occidental y el Bolsón de Mapimí) con un clima semicálido semiseco con temperaturas medias anuales de 18° a 22° C; y la tercera, que comprende a la Sierra Madre Occidental con un clima templado subhúmedo con temperaturas medias anuales de 12° a 18° C, excepto en las partes más altas donde se encuentra un clima semifrío subhúmedo con temperaturas medias anuales de 5° a 12° C.

La figura 2.13 señala la distribución de la lluvia media mensual en el estado y a partir de su análisis se pueden detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como definir los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 509 mm; generalmente, las lluvias se presentan en el verano.

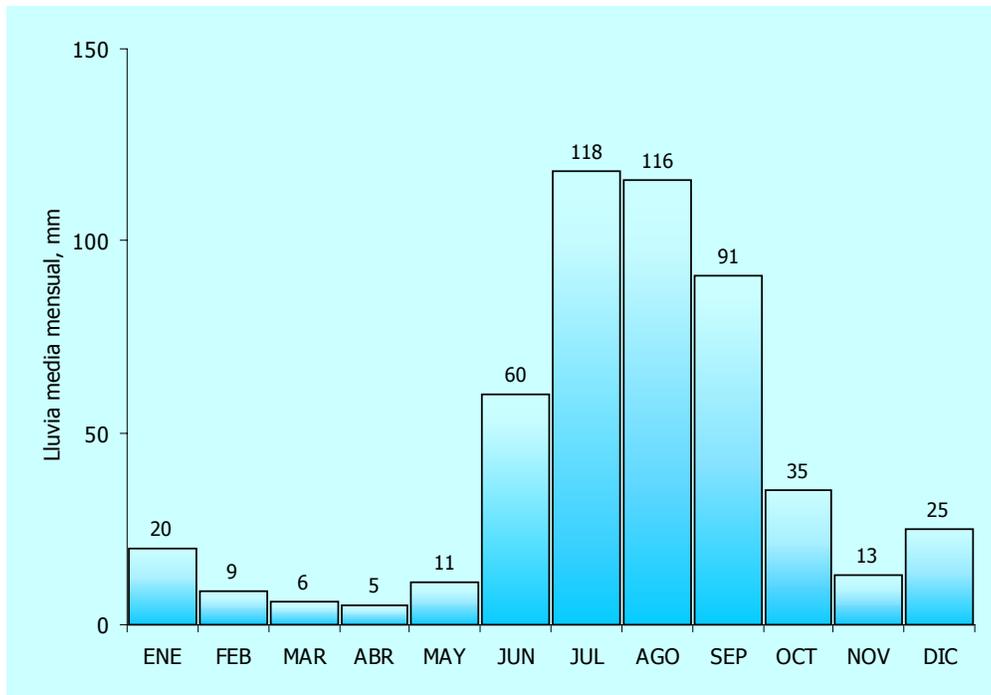


Figura 2.13. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Durango

2.2.11. Estado de México



El Estado de México está situado en el centro de la República al sur del Altiplano Mexicano, entre los meridianos $98^{\circ} 34' 26''$ y $100^{\circ} 29' 08''$ de longitud Oeste y los paralelos $18^{\circ} 25' 05''$ y $20^{\circ} 17' 10''$ de latitud Norte. Tiene una superficie que es de 21 461 kilómetros cuadrados (1.09% del total nacional). Colinda al Norte con Hidalgo, al Este con Tlaxcala y Puebla, al Sur con el Distrito Federal, Morelos y Guerrero, al Oeste con Michoacán y al Noroeste con Querétaro.

En 1824, el congreso constituyó el Estado de México; en él, se instaló la capital de la República. Su nombre deriva de los "mexicas" que estaban establecidos en el Valle de México en 1325.

Hay en su territorio cuatro sistemas montañosos ligados entre sí: la Sierra Nevada, en la que sobresalen el Popocatepetl (5 465 m), el Iztaccihuatl (5 230 m), el Tláloc (4 128 m), el Telapón (4 060 m) y el Xocotitlán (4 030 m); las sierras de Monte Alto y Monte Bajo; el Zinantécatl o Nevado de Toluca (4 680 m), con extensas estribaciones; y la Sierra de San Andrés Timilpan, al noroeste de la entidad. Entre las planicies destacan el Valle de Toluca, el más alto del país con una altitud de 2 300 m en promedio; el Valle de México, ocupado en parte por el Distrito Federal; y los muy pequeños de Tenancingo,

Tonatico, Zacualpan y Valle de Bravo. Este último fue convertido en un lago para generar con sus aguas energía eléctrica.

Llanuras importantes, a su vez, son las de Santín, San Diego de los Padres, Atenco, Santa Martha, Doña Juana, Llano Grande, el Hospital, el Cirián, Sabana de Ánimas y Sabana del Rosario, La Bolsa, El Rodeo y Acambay, y al sur se encuentra la depresión del Balsas.

Las corrientes del Estado escurren a tres cauces principales: el Pánuco, hacia el Golfo de México, y el Lerma y el Balsas, hacia el Océano Pacífico. Aparte de las lagunas del Nevado de Toluca (El Sol y La Luna) existen las de Cerro Gordo, Atexcapan, San Simón, Tepetitlán, las cuatro de Acuitzilapan, Xibojay Santa Elena y la muy extensa de Huapango.

El sistema lacustre de la cuenca de México (Xochimilco, Tláhuac, Texcoco, Xaltocán, y Zumpango) fue primero cerrado y desde la época colonial comenzó a drenarse hacia el río Tula (tributario del río Moctezuma, y éste, a su vez, del río Pánuco) con el Tajo de Nochistongo.

El río Lerma tiene sus orígenes en las lagunas de Almoloya, Atenco y del Lerma, controladas por la presa Antonio Alzate construida para regular las descargas de todas las lagunas hacia el alto Lerma que discurre por la parte central del Estado de sudeste a noroeste rumbo al estado de Michoacán, tocando una pequeña parte del estado de Querétaro.

En la región sudoeste del Estado de México se encuentra la cuenca del río Ixtlán o Ixtapan del Oro, afluente del río Balsas, formado por el río Colorines que baja del norte desde la presa Villa Victoria, llega a la presa de Valle de Bravo y, antes de concluir al río Ixtlán, pasa por la presa Colorines.

La capital es Toluca (su nombre oficial es Toluca de Lerdo). Forman la entidad un total de 4 841 localidades distribuidas en 122 municipios de los cuales, 6 tienen menos de cinco mil habitantes; 16, de cinco mil a 10 mil habitantes; 57, de 10 mil a 50 mil habitantes; 21, de 50 mil a 100 mil habitantes; 17, de 100 mil a 500 mil habitantes; y cinco, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales ascendía a 9 794 kilómetros y la red ferroviaria a 800 kilómetros de longitud; contaba con tres aeropuertos (uno internacional y dos nacionales) y 2 aeródromos.

De acuerdo con el censo de población de 2000, es la entidad federativa más poblada de la República, ya que la población total alcanzó 13 096 686 habitantes (610 hab/km²), donde la población económicamente activa representaba el 34.64%, esto es, 4 536 232 habitantes, distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (5.13%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (30.67%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (58.57%); y actividades no especificadas (5.63%).

Los centros de población más importantes son: Nezahualcóyotl, Ecatepec, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla de Baz, Toluca (la capital), Texcoco, Amecameca, Valle de Bravo, Tenango, Tenancingo, Zumpango, Cuautitlán y Chalco.

El clima del Estado de México es templado subhúmedo en casi toda la entidad, excepto en la parte noreste, en una franja que va de la parte noreste del Distrito Federal a la parte sudoeste de Hidalgo con temperaturas medias anuales entre 12° y 18° C; en las zonas altas, donde el clima se torna semifrío con temperaturas medias anuales de 5° a 12° C y frío en los picos más altos con temperaturas medias menores de 5° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el Estado se observa en la figura 2.14 y a partir de su análisis se pueden deducir los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 893 mm y en general, las lluvias ocurren en la época del verano.

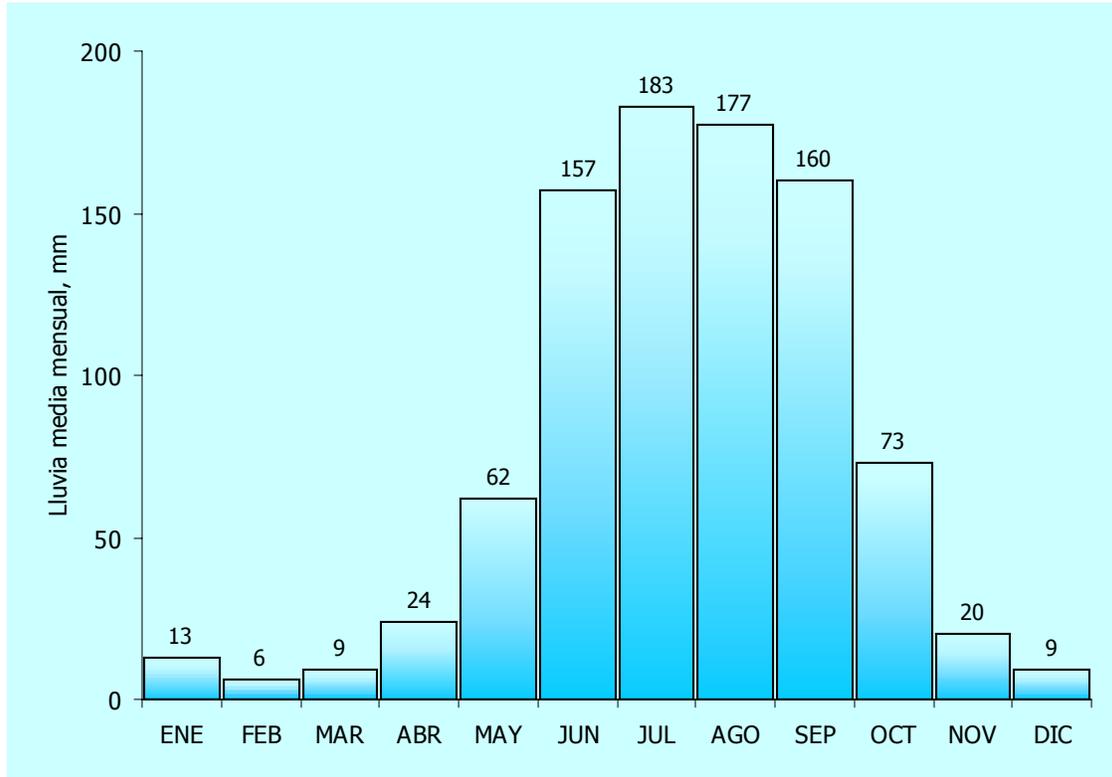


Figura 2.14. Distribución de la lluvia media mensual en el Estado de México

2.2.12. Guanajuato



El estado de Guanajuato se encuentra situado en el centro de la República Mexicana, en la parte sur de la Altiplanicie Mexicana entre los meridianos $99^{\circ} 41' 04''$ y $102^{\circ} 05' 11''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $19^{\circ} 55' 05''$ y $21^{\circ} 51' 49''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 30 589 kilómetros cuadrados (1.55% del total nacional). Colinda al Norte con San Luis Potosí, al Este con Querétaro, al Sur con Michoacán y al Oeste con Jalisco.

En 1824, el Congreso Constituyente reconoció a Guanajuato legalmente como Estado Libre y Soberano.

Al noreste de su territorio se encuentra la Sierra Gorda, que se prolonga hacia los estados colindantes; en medio de la entidad, la Sierra de Guanajuato, notable por sus elevaciones: La Giganta, de 2 936 metros sobre el nivel del mar; Los Llanitos, de 3 360 m; El Cubilete, de 2 775 m y Calzones, de 2 980 m. La mitad meridional del Estado está formada por las extensas y fértiles planicies del Bajío. Como testimonio de la actividad volcánica, en esa zona han quedado multitud de cráteres apagados, en especial en Valle de Santiago, hoy convertidos en pequeñas lagunas ricas en sales de sodio y potasio. La planicie septentrional, donde se encuentran San Felipe, San Diego de la Unión y San Luis de la Paz es de clima semidesértico.

La hidrología la conforman el río Santa María o Bagres, afluente del Pánuco (al noreste del Estado); en la parte central, entre una y otra de las cadenas montañosas corre el río de Las Lajas, tributario del Lerma; y la parte del Bajío la surca por el río Lerma, al que desaguan, por su margen derecha, las corrientes del Jaral, el Guanajuato y el Turbio. Los cuerpos de agua más importantes son: la presa Solís y el Lago Yuriria sobre la cuenca del Lerma, así como la presa Ignacio Allende en el río Las Lajas, cerca de San Miguel de Allende.

La capital es Guanajuato. Forman la entidad 8 932 localidades distribuidas en 46 municipios de los cuales, uno tiene menos de cinco mil habitantes; tres, de cinco mil a 10 mil habitantes; 17, de 10 mil a 50 mil habitantes; 14, de 50 mil a 100 mil habitantes; diez, de 100 mil a 500 mil habitantes; y uno, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999), la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales alcanzó la cifra de 10 864 kilómetros, la longitud de vías férreas de 1 050 kilómetros; contaba con dos aeropuertos (uno internacional y uno nacional) y 8 aeródromos.

De acuerdo con el censo de 2000 la población total era de 4 663 032 habitantes (152 hab/km²), con una población económicamente activa de 1 477 789 habitantes (31.69%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (13.07%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (36.00%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (46.73%); y actividades no especificadas (4.20%).

Los centros de población más importantes del Estado son: la Ciudad de Guanajuato (la capital), León, Salamanca, Celaya, Irapuato, Pénjamo, Morelón, Uriangato, San Miguel de Allende, Dolores Hidalgo, Silao y San Francisco del Rincón.

Se puede observar en la parte norte y en una pequeña porción del Este un clima templado semiseco con temperaturas medias anuales entre 12° y 18° C, mientras que en el resto de la entidad, desde la parte central hacia el Sur prevalece un clima semicálido subhúmedo con temperaturas medias anuales que oscilan entre 18° y 22° C.

La figura 2.15 testifica la distribución de la lluvia media mensual en el estado y a partir de su análisis se pueden detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como definir los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 592 mm; generalmente, las lluvias se presentan en verano.

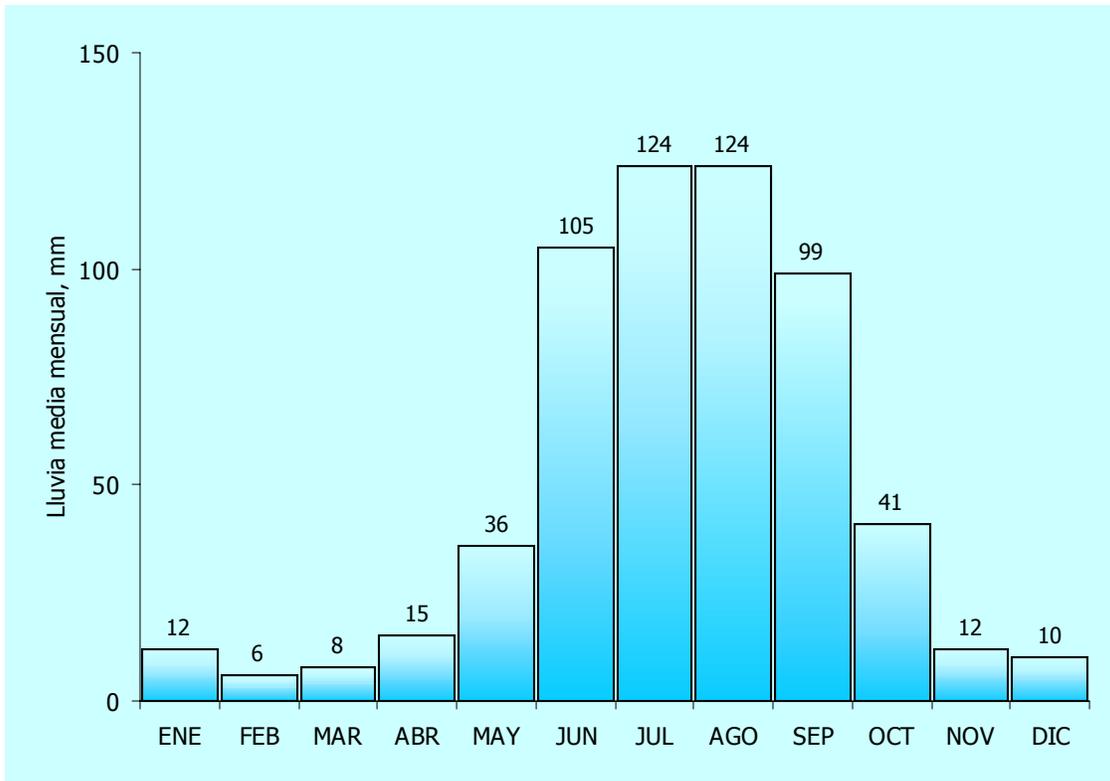
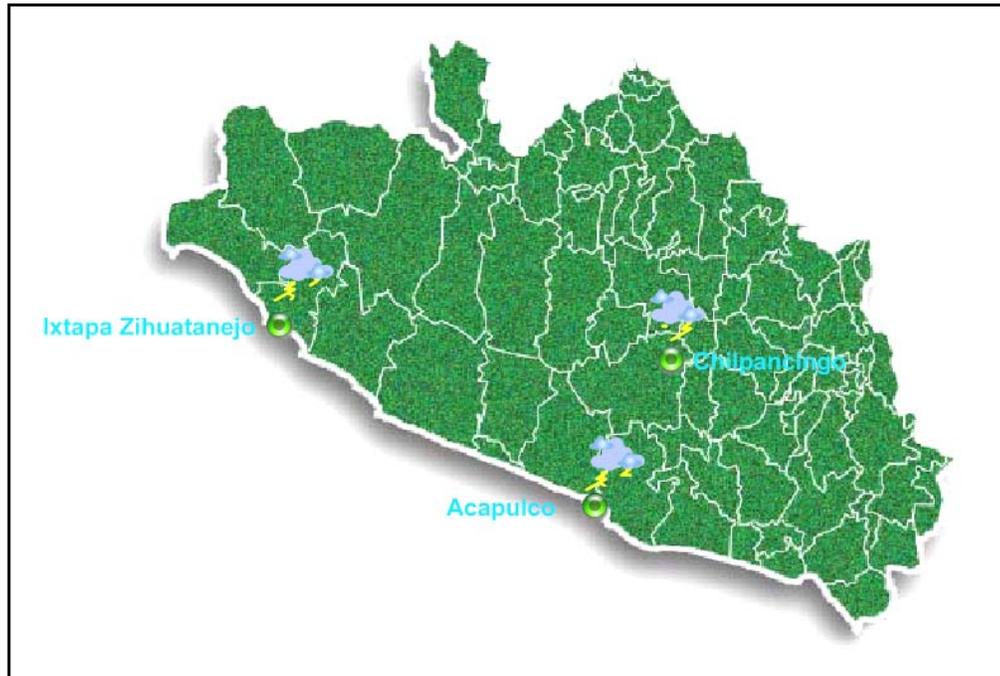


Figura 2.15. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Guanajuato

2.2.13. Guerrero



Guerrero se encuentra situado en la región meridional de la República, entre los estados costeros del Océano Pacífico y queda comprendida entre los meridianos $98^{\circ} 03' 22''$ y $102^{\circ} 12' 16''$ de longitud Oeste y los paralelos $16^{\circ} 17' 50''$ y $18^{\circ} 59' 11''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 63 794 kilómetros cuadrados (3.34% del total nacional). Colinda al Norte con el estado de México y Morelos, al Noreste con Puebla, al Este y Sudeste con Oaxaca, al Sur y Oeste con el Océano Pacífico y al Noroeste con Michoacán. Tiene un litoral de 484 kilómetros de longitud.

En mayo de 1847 el Congreso aprobó la creación del estado de Guerrero pero, a causa de la invasión norteamericana, la nueva entidad se formalizó hasta el 27 de octubre de 1849.

Una configuración áspera y escabrosa predomina en el conjunto de su área y se pueden distinguir tres regiones orográficas: la primera, es la vertiente sur de la Sierra Volcánica Transversal, penetra por el oriente y sigue hacia el occidente por todo el Norte del Estado; la segunda, está limitada al Sur por el parteaguas de la Sierra Madre del Sur, que entrando por el oriente del Estado, lo recorre rumbo al poniente en toda su extensión y solamente la interrumpe el cauce del río Balsas; la tercera, es la zona costera al sur de la Sierra Madre del Sur y está limitada por el litoral del Océano Pacífico formado en su mayor parte por acantilados alternando con hermosas bahías y playas de arenas abundantes y finas.

La línea de cumbres de la Sierra Madre del Sur define la formación de dos grandes regiones hidrográficas: la externa o de las costas, y la interna, que corresponde a la cuenca del río Balsas. Los principales ríos que circulan por la primera son el Ometepe o Grande, el Papagayo y el Petaquillas; y por la segunda, el Balsas, el Tlapaneco, el Amacuzac, el Tepecoacuilco, el Truchas o Ajuchitlán y el Amuco. La región externa, paralela al borde continental, se llama Costa Grande de Guerrero, al noroeste del puerto de Acapulco, y Costa Chica-Río Verde al sudeste de este puerto. Ambas tienen angostas tierras planas de aluvión, cortadas por montañas, arroyos y ríos, y a menudo inundadas por esteros, albuferas y marismas.

La entidad cuenta con varias lagunas, entre las que destacan Tres Palos, Coyuca, Chautengo y Tecomate. La presa Infiernillo (compartida con Michoacán) sobre la corriente del Balsas y del Tepalcatepec tiene una capacidad de almacenamiento de 10 472 millones de metros cúbicos y se utiliza para la generación de energía eléctrica y el control de avenidas. La presa Morelos (La Villita), aguas abajo de la anterior, tiene una capacidad de almacenamiento de 710 millones de m³ y se utiliza en riego y la generación de energía eléctrica.

La capital es Chilpancingo (su nombre oficial es Chilpancingo de los Bravo). Forman la entidad 7 719 localidades distribuidas en 76 municipios de los cuales, 13 tienen de cinco mil a 10 mil habitantes; 51 de 10 mil a 50 mil habitantes; nueve, de 50 mil a 100 mil habitantes; dos, de 100 mil a 500 mil habitantes; y uno, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales tenían 12 333 kilómetros y la red ferroviaria 94 kilómetros; contaba con dos aeropuertos internacionales y 5 aeródromos; tenía seis puertos marítimos (de los cuales uno es de altura y el resto de cabotaje).

Según el censo de población del año 2 000, la población total era de 3 079 649 habitantes (48 hab/km²), con una población económicamente activa de 899 191 habitantes, esto es, 29.20%, distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (26.43%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (20.02%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (49.94%), y actividades no especificadas (3.61%).

Los principales centros de población del Estado son: Acapulco (uno de los centros turísticos más importantes del país), Chilpancingo de los Bravo (la capital), Iguala de la Independencia, Taxco de Alarcón, Chilapa de Alvarez y Zihuatanejo.

En Guerrero prevalece un clima cálido subhúmedo con temperaturas medias anuales mayores a 22° C, excepto en la Sierra Madre del Sur y en la Sierra Volcánica Transversal (en el Norte del estado) con clima semicálido subhúmedo y temperatura media anual entre 18° y 22° C. Asimismo, cabe mencionar que parte de la cuenca del Mezcala y parte de la cuenca del Balsas, limítrofe con Michoacán, tienen un clima cálido semiseco con temperaturas medias anuales mayores de 22° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el estado se observa en la figura 2.16 y a partir de su análisis se pueden precisar los meses de mayor y menor precipitación, así como definir los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 1 110 mm y en general, en toda la entidad las lluvias ocurren en verano.

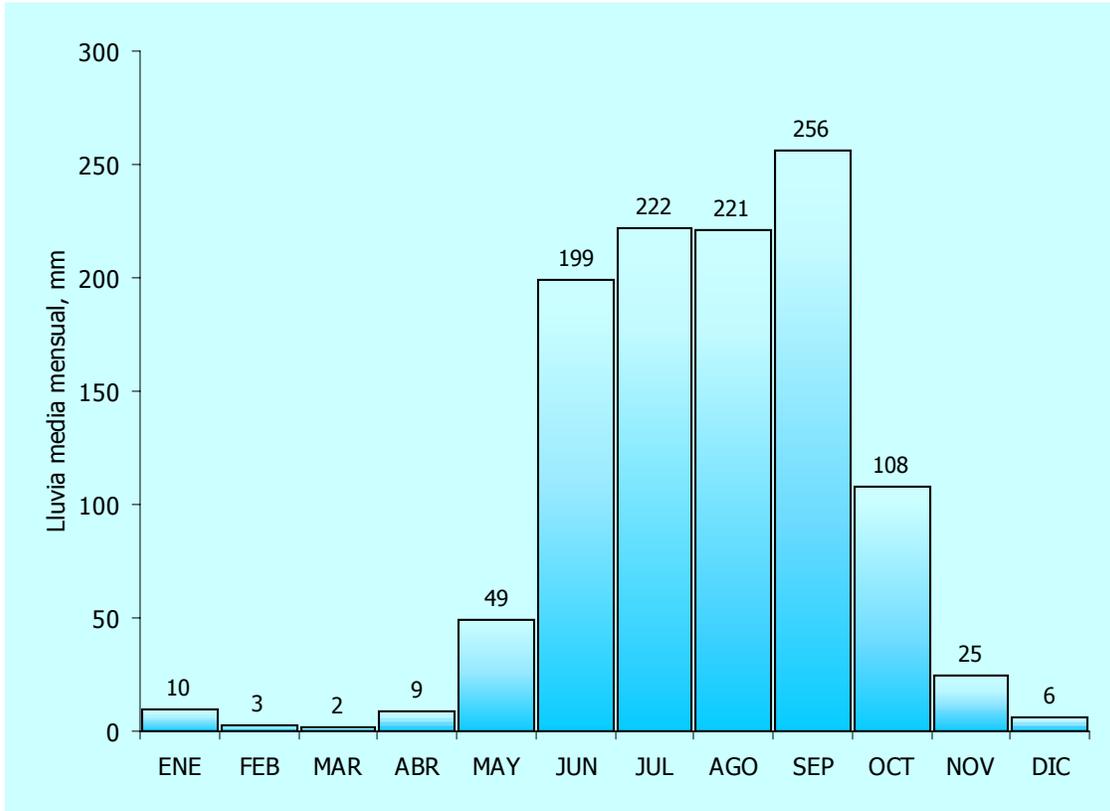


Figura 2.16. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Guerrero

2.2.14. Hidalgo



El estado de Hidalgo se localiza en el centro del país al sudeste del Altiplano Mexicano entre los meridianos 97° 59' 18" y 99° 53' 04" de longitud Oeste y los paralelos 19° 36' 32" y 21° 23' 43" de latitud Norte. La entidad tiene una superficie de 20 987 kilómetros cuadrados (1.07% del total nacional). Colinda al Norte con San Luis Potosí, al Noreste con Veracruz, al Este con Puebla, al Sudeste con Tlaxcala, al Sur con el estado de México y al Oeste con Querétaro.

En el año de 1869, el Congreso de la Federación expidió el decreto para la fundación de Hidalgo como Estado Libre y Soberano.

Comprende dos grandes regiones, La Sierra y Las Llanuras; la primera está constituida por tres grandes cadenas de montañas, en su mayor parte paralelas, que atraviesan el territorio con dirección sureste-noroeste. Una es propiamente la Sierra Madre Oriental, la otra va de Tulancingo a Metztitlán y la tercera de Real del Monte a Pachuca, aunque se prolonga por Actopan y Zimapán hasta ceder en el lecho del río Moctezuma, que forma el límite por el oeste, con el estado de Querétaro.

En el Noreste de la sierra destaca la zona de la Huasteca hidalguense. Aunque escarpada en los flancos de la cordillera, la forman lomeríos de poca altura, de tierras húmedas con buen drenaje, propicios para cultivos tropicales y pastizales extensos.

Las llanuras a su vez, comprenden los Llanos de Apan y el Valle del Mezquital. Las poblaciones de Tula, El Cazadero, Tizayuca y San Javier forman parte de la cuenca del Valle de México, que tiene su extremo norte en Pachuca. Por la región de La Sierra corren los ríos Metztitlán, Huasca, Apulco, Amajac, Moctezuma y de los Hules; y por Las Llanuras, el Tolimán, el Tula y el San Juan.

La hidrografía está constituida principalmente por el río Tula que corre de sur a noroeste en la parte poniente del Estado, para incorporarse al río Moctezuma que es afluente del Pánuco; atravesando todo el centro del Estado y de sur a Norte, se encuentra la cuenca del río Metztitlán que desemboca en la laguna del mismo nombre, cuyos desagües descargan en la Vega de Almolón para unirse al río Amajac y saliendo por el Norte del Estado con el nombre de río Analco. Existen en la entidad varias presas, de las cuales destacan Endó, Requena, Taxhimay y Zimapán.

La capital es Pachuca (su nombre oficial es Pachuca de Soto). Forman la entidad 4 596 localidades distribuidas en 84 municipios, de los cuales, dos tienen menos de cinco mil habitantes; 14, de 5 mil a 10 mil habitantes; 62, de 10 mil a 50 mil habitantes; cuatro, de 50 mil a 100 mil habitantes; y dos, más de 100 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999), la red de carreteras principales, secundarias y de caminos vecinales era de 5 404 kilómetros y la red ferroviaria de 879 kilómetros de longitud; contaba con un aeropuerto nacional y 6 aeródromos.

Conforme al censo de población de 2000, la población total alcanzó 2 235 591 habitantes (107 hab/km²) de los cuales, la población económicamente activa fue de 737 223 habitantes (32.98%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (24.95%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (28.39%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (43.35%); y actividades no especificadas (3.11%).

Los centros de población más importantes del Estado son: la ciudad de Pachuca (la capital), Tulancingo, Huejutla, Tula de Allende, Ixmiquilpan, Ciudad Sahagún, Actopan, Huichapan, Progreso, Mineral del Monte y Zimapán.

Respecto al clima se puede observar un clima semicálido húmedo en la parte Noreste y Este (en los límites estatales con Veracruz y Puebla) con una temperatura media anual de 18° a 22° C; en el Norte y Sudeste se aprecia un clima templado subhúmedo con temperaturas medias anuales de 12° a 18° C, el resto de la entidad, tiene un clima templado semiseco con temperaturas medias anuales de 12° a 18° C.

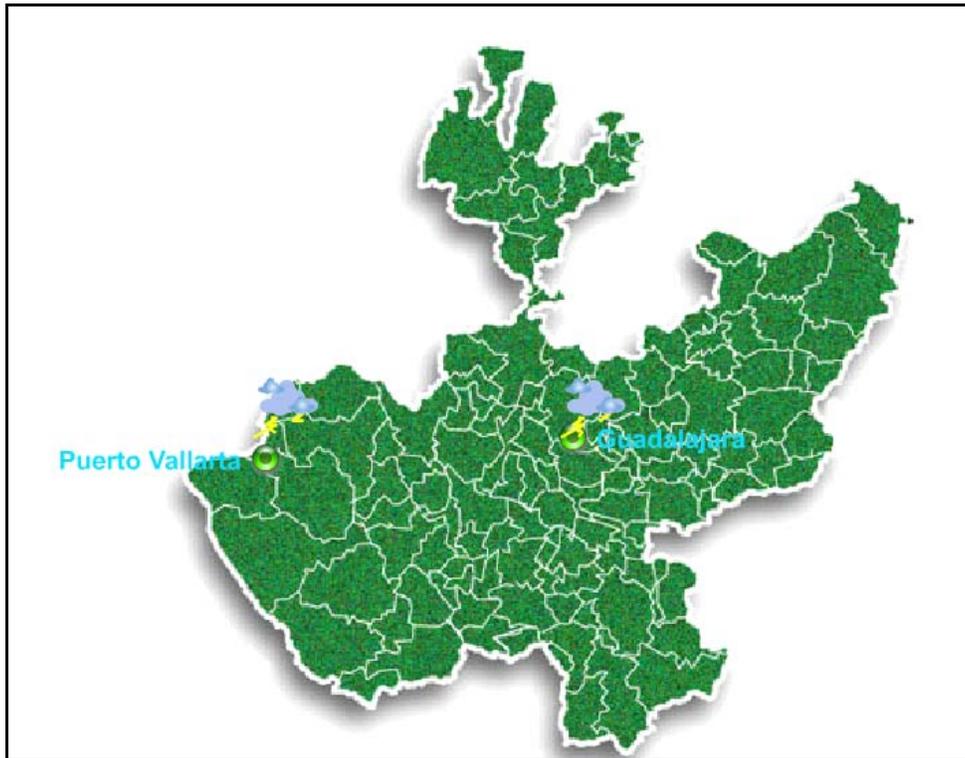
El comportamiento de la lluvia media mensual en el estado se observa en la figura 2.17 y a partir de su análisis se pueden deducir los meses de mayor y menor precipitación, así como definir los periodos de lluvia y de estiaje.

La precipitación media anual en el área de la entidad es de 814 mm y en casi todo el Estado se tiene un régimen de lluvia de verano, salvo la región norte y noreste, en donde éstas se presentan en forma irregular.



Figura 2.17. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Hidalgo

2.2.15. Jalisco



Situado en el occidente de la República Mexicana, en la zona central media entre los meridianos $101^{\circ} 27' 22''$ y $105^{\circ} 41' 32''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $18^{\circ} 57' 00''$ y $22^{\circ} 44' 10''$ de latitud Norte. La entidad tiene una superficie de 80 137 kilómetros cuadrados (4.07% del total nacional). Limita al Norte con Zacatecas y Aguascalientes, al Noreste con San Luis Potosí, al Este con Guanajuato, al Sur con Michoacán y Colima, y al Oeste con el Océano Pacífico y Nayarit. Tiene una extensión de litoral sobre el Océano Pacífico de 341 kilómetros de longitud.

En junio de 1823 el Congreso declaró a Jalisco como Estado Libre y Soberano y se le ratificó como tal en la Constitución Federal de 1824.

La mayor parte de la entidad está inscrita en la Altiplanicie Mexicana, allí formada por la región de Los Altos y varios valles sucesivos cuya altitud va descendiendo según se avanza hacia el litoral. La Sierra Madre Occidental atraviesa de sur a norte el territorio. Las formaciones montañosas transversales, ligadas a la cordillera, son principalmente las de Quila, Tapalapa y El Tigre. Las principales prominencias son los volcanes de Colima: el Nevado, de 4 240 metros de altura, y el de Fuego, de 3 838 metros de altura.

Se distinguen en la entidad cinco grandes regiones, cuyas principales localidades se indican a continuación: el Centro (Guadalajara, Ocotlán, Ameca y Tequila); Los Altos (Tepatitlán, San Juan de los Lagos, Teocaltiche y Lagos de Moreno); el Sur (Ciudad Guzmán, Autlán, Tecalitlán y Tamazula); la Costa (Cihuatlán, Tomatlán y Puerto Vallarta); y el Norte (Colotlán y San Martín de Bolaños).

El Lago de Chapala con 82 kilómetros de largo por 28 de ancho y con dos islas en su interior, Mezcala y Alacranes, es el mayor del país; formado con las aportaciones del río Lerma que proviene del corazón de México (estados de México, Michoacán, Guanajuato y Jalisco). Originado por las salidas del Lago de Chapala se forma el río Santiago que discurre por la zona central norte del Estado y el cual, antes de internarse a Nayarit rumbo a su desembocadura al Océano Pacífico, recibe por su margen derecha, las aportaciones del río Verde, que tiene su cuenca de captación en el noreste del Estado; del río Juchipila, que baja del estado de Zacatecas y del río Bolaños, que provienen del norte del Estado. Desembocando en el Pacífico, cerca de Puerto Vallarta, se encuentran los ríos Ameca, que forma lindero estatal con Nayarit; el Tomatlán; San Nicolás; Amela; y el Chacala o Cihuatlán, que sirve de límite estatal con Colima. Al sudeste se encuentra el río Quitupan, el cual en sus tramos más bajos constituye límite con Michoacán. Existen además las lagunas de Zapotlán, Sayula, Zacoalco, San Marcos, Atotonilco, La Magdalena y Ahualulco.

La capital es Guadalajara. Forman la entidad 11 259 localidades distribuidas en 124 municipios de los cuales 14, tienen menos de cinco mil habitantes; 28, de cinco mil a 10 mil habitantes; 65, de 10 mil a 50 mil habitantes; nueve, de 50 mil a 100 mil habitantes; seis, de 100 mil a 500 mil habitantes; y dos, más de 500 mil de habitantes

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales era de 24 599 kilómetros y la red ferroviaria de 1 076 kilómetros de longitud; contaba con tres aeropuertos (dos internacionales y uno nacional) y 35 aeródromos; contaba también con 3 puertos marítimos (uno de altura y dos de cabotaje) y un puerto interior (en el Lago de Chapala).

Según el censo de 2000, la población total era de 6 322 002 habitantes, con una densidad de población de 79 hab/km², de los cuales 2 424 142 habitantes conformaban la población económicamente activa (37.73%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura,

ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (9.93%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (31.57%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (54.45%); y actividades no especificadas (4.05%).

Los centros de población más importantes de la entidad son: Guadalajara (la capital), Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá, Puerto Vallarta, Ameca, San Juan de los Lagos, Lagos de Moreno, Arandas, Ocotlán, Autlán y Ciudad Guzmán.

El clima de Jalisco es de tipo uniforme, pudiéndose observar dos zonas térmicas. En la parte de los Altos de Jalisco el clima es semicálido semiseco con algunas zonas templadas al noreste de la entidad. El resto del Estado disfruta de un clima semicálido subhúmedo con temperaturas medias anuales de 18° a 22° C, en las partes altas de las sierras la temperatura media anual es de 12° a 18° C, en las cumbres del Nevado de Colima y del Volcán de Fuego se aprecia una temperatura menor a 5° C como media anual.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el estado de Jalisco se observa en la figura 2.18 y a partir de su análisis se pueden deducir los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 824 mm y en general, las lluvias se presentan en el verano.

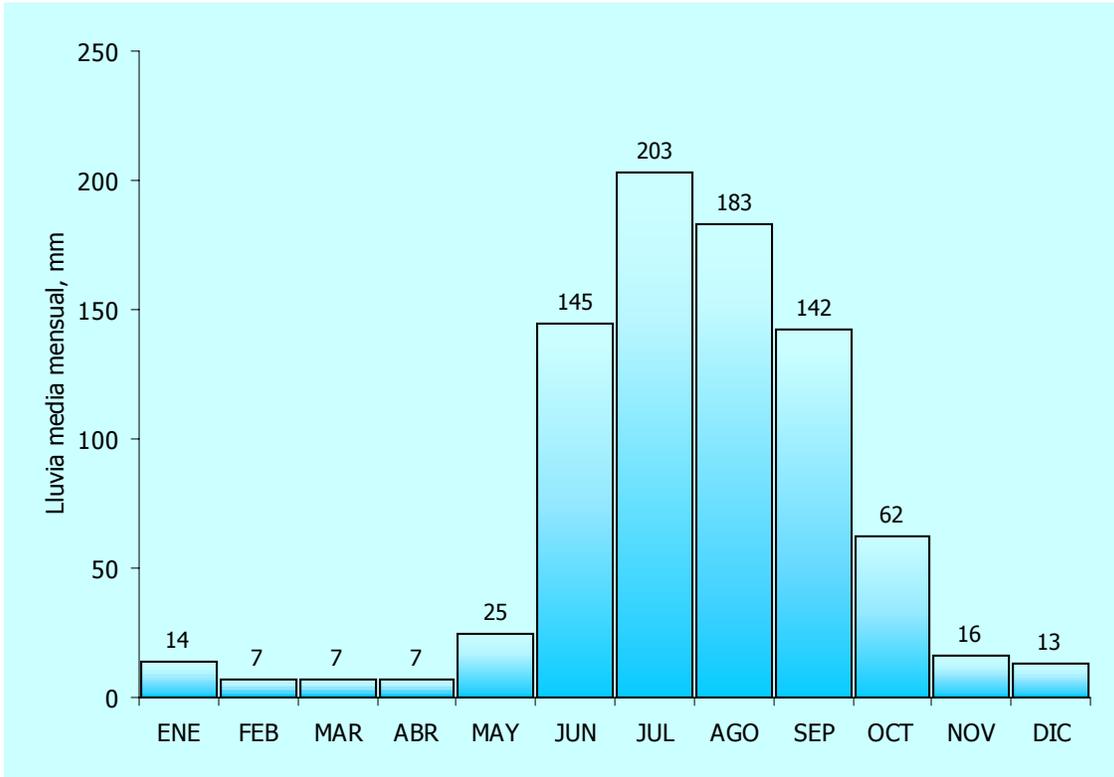
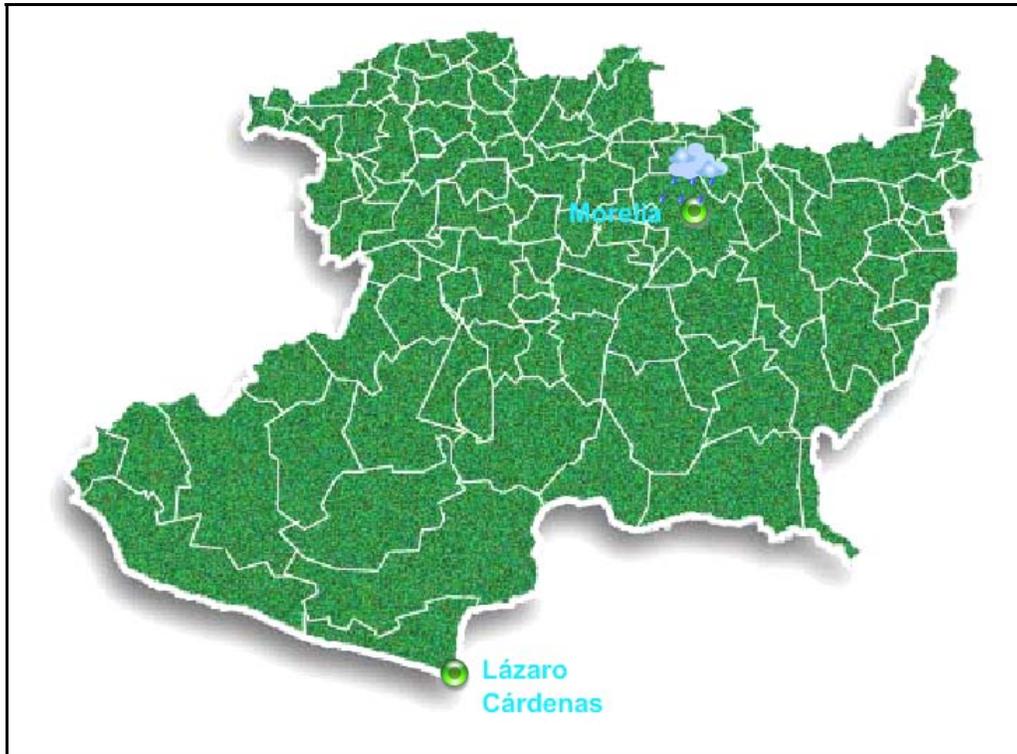


Figura 2.18. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Jalisco

2.2.16. Michoacán



Situado en el occidente del país entre los meridianos $100^{\circ} 04' 11''$ y $103^{\circ} 44' 21''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $17^{\circ} 54' 34''$ y $20^{\circ} 21' 14''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 59 864 kilómetros cuadrados (3.04% del total nacional). Limita al Norte con Jalisco y Guanajuato, al Noreste con Querétaro, al Este con el Estado de México, al Sudeste con el Océano Pacífico y al Oeste con Colima y Jalisco. Su litoral tiene 246 kilómetros.

En enero de 1824, Michoacán consiguió la aprobación del Congreso para convertirse en Estado Libre y Soberano y ser uno de los 17 estados de la Federación de aquella época. El nombre oficial del Estado es Michoacán de Ocampo.

En su territorio se distinguen cuatro regiones: la Ciénega de Chapala y el Bajío; la Central; la Tierra Caliente; y el Sur. La primera, en el Norte de la entidad, corresponde al Altiplano; las otras, mucho más extensas, están cruzadas por dos grandes cadenas montañosas, la Sierra del Centro y la Sierra del Sur, que corresponden a las regiones de su nombre.

En la depresión que media entre ambas se halla la Tierra Caliente, que principia en Jalisco y se extiende hasta el estado de Guerrero. Las elevaciones más importantes son el Tancítaro (3 846 m), el Patamban (3 750 m), el Zirate (3 340 m) y el Quinzeo (3 324 m). El más reciente de los volcanes es el Parícutín.

Hay tres vertientes en el Estado: la del Norte, que descarga su caudal en el Lerma y en los lagos de Cuitzeo y Chapala; la del Balsas; y la del Océano Pacífico. Entre las corrientes que descargan al río Lerma sobresalen los ríos Tlalpujahuá, Cachivi, Angulo y Duero; y entre los tributarios del río Balsas, el Cutzamala, Tacámbaro, Cupatitzio, Tepalcatepec y el Carácuaro. A la vertiente del Océano Pacífico pertenecen el Coahuayana y otras 71 corrientes menores. Los lagos principales son los de Cuitzeo (60 kilómetros de este a oeste y 18 de Norte a sur); Zitimeo, próximo a Zacapu; Camécuaro, en Tangancicuaro; La Magdalena, en Cotija; San Juanico y Tacátzcuaro, en Tocuambo; Pátzcuaro y Zirahuén.

El río Balsas desde la confluencia del río Cutzamala hasta su desembocadura en el Océano Pacífico sirve de lindero estatal con Guerrero, en tanto que el río Coahuayana, sirve también de límite estatal con Jalisco y Colima. La presa "El Infiernillo" (compartida con Guerrero), sobre la corriente del Balsas y el Tepalcatepec tiene una capacidad de almacenamiento de 10 472 millones de m³ y es utilizada para generación de energía eléctrica y control de avenidas. La presa Morelos (La Villita), aguas abajo de la anterior, tiene una capacidad de almacenamiento de 710 millones de m³ y se utiliza en riego y la generación de energía eléctrica.

La capital es Morelia. Conforman la entidad 9 686 localidades distribuidas en 113 municipios de los cuales, dos tienen menos de cinco mil habitantes; 12, de cinco mil a 10 mil habitantes; 83, de 10 mil a 50 mil habitantes; nueve, de 50 mil a 100 mil habitantes; seis, de 100 mil a 500 mil habitantes; y uno, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales ascendía a 8 331 kilómetros y la red ferroviaria a 1 327 kilómetros; contaba con cuatro aeropuertos nacionales y 27 aeródromos; también contaba con un puerto de altura, 2 de cabotaje y cuatro interiores.

Según el censo de población de 2000, la población total alcanzó 3 985 667 habitantes (67 hab/km²), de los cuales 1 241 449 habitantes, esto es, el 31.15% conformaban la población económicamente activa, distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza,

silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (23.42%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (24.55%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (48.23%); y actividades no especificadas (3.80%).

Los centros de población más importantes del Estado son: Morelia (la capital), Uruapan, Zamora, Lázaro Cárdenas, Zitácuaro, Apatzingán, Pátzcuaro, La Piedad, Los Reyes, Ciudad Hidalgo, Nueva Italia, Sahuayo y Jacona.

El clima en Michoacán es, en las partes bajas al sur, sudoeste y este, cálido subhúmedo con temperaturas medias anuales mayores a 22° C; en la parte norte y noroeste, es semicálido subhúmedo con temperaturas medias anuales entre 18° y 22° C.

La sierra volcánica transversal al Norte y Noreste, se caracteriza por un clima templado subhúmedo con temperaturas entre 12° y 18° C; y en la cuenca del Río Tepalcatepec (Río Grande), presa Infiernillo y parte de la cuenca del río Balsas, aguas arriba de la presa antes mencionada hasta la altura del poblado de Zirándaro, el clima es cálido semiseco con temperaturas medias anuales mayores a 22° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el Estado se observa en la figura 2.19 y a partir de su análisis se pueden deducir los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 803 mm y todo el Estado tiene un régimen de lluvia en verano.

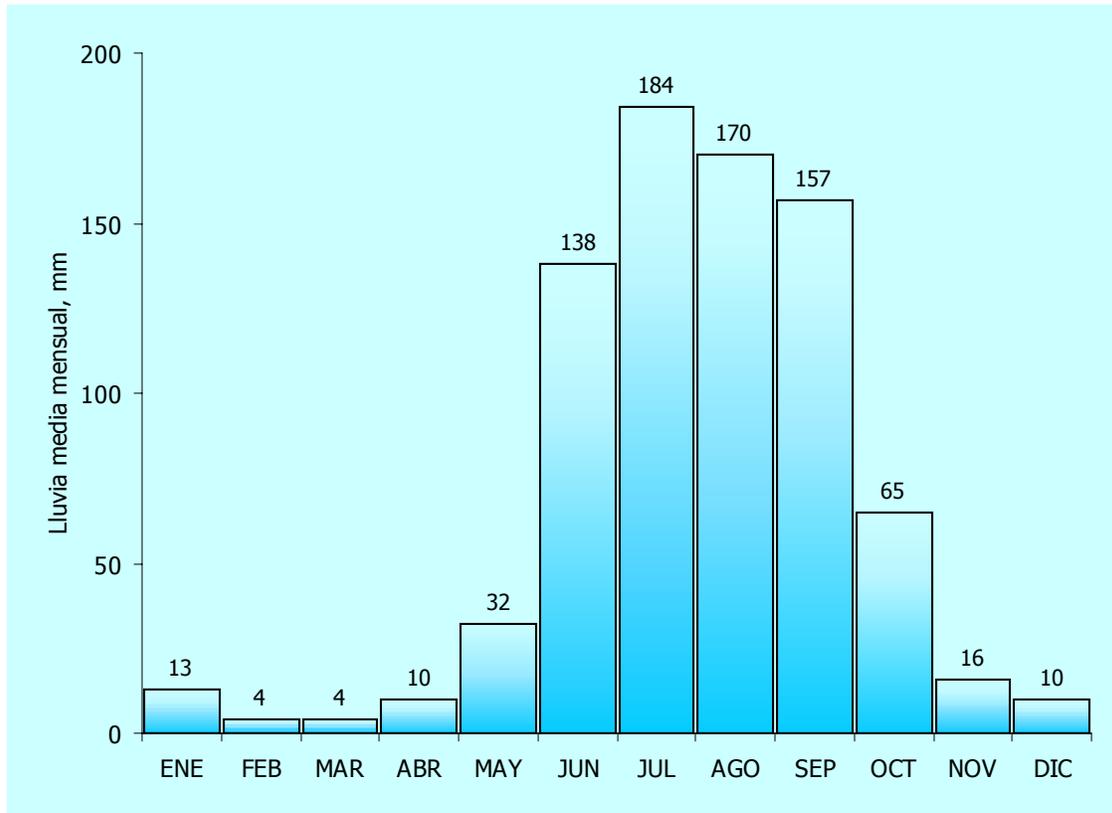
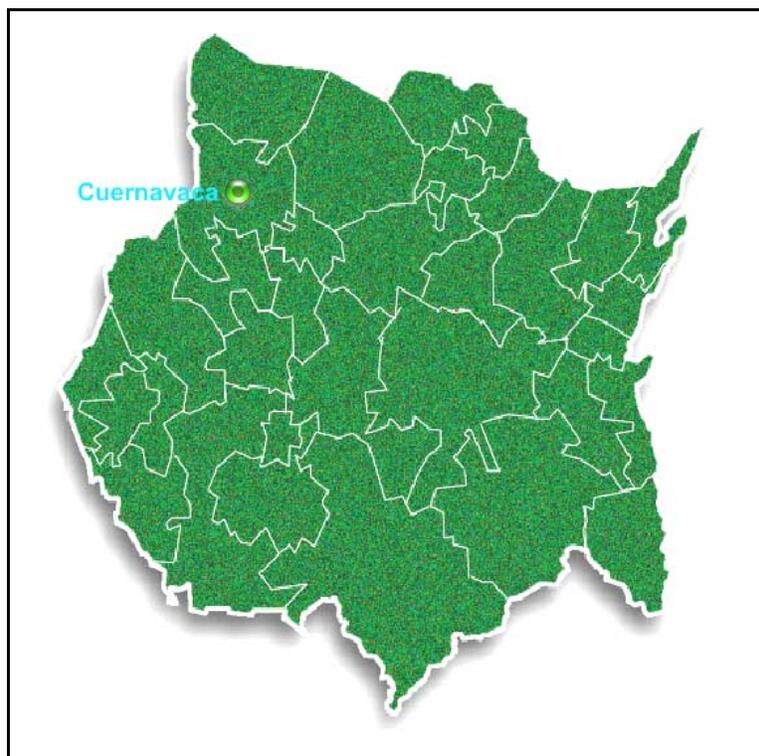


Figura 2.19. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Michoacán

2.2.17. Morelos



Entidad federativa situada en la región central de la República, entre los meridianos 98° 38' 17" y 99° 31' 25" de longitud Oeste y entre los paralelos 18° 19' 43" y 19° 07' 22" de latitud Norte. Tiene una superficie de 4941 kilómetros cuadrados (0.25% del total nacional). Limita al Norte con el Distrito Federal y el Estado de México, al Este y Sudeste con Puebla, al Sur y al Sudoeste con Guerrero y al Oeste con el Estado de México.

El 17 de abril de 1869 el Congreso erigió a Morelos como Estado Libre y Soberano, el cual fue segregado del Estado de México.

Una sexta parte del territorio morelense, la más septentrional, está formada por las estribaciones de las cordilleras del Ajusco y el Popocatepetl, y el resto está constituido por planicies y valles fértiles surcados por numerosos ríos, todos afluentes del Amacuzac. De aquellas altas serranías se desprenden, hacia el interior de la entidad, las de Huitzilac, Tepoztlán, Santo Domingo, Tlalnepantla y Totolapan. Entre las llanuras destacan Amilpas, Tlaltizapán e Higuierón, en Jojutla, y los llanos del Guarín y Michapa, en Puente de Ixtla. Los cerros más importantes son el Tepuxtécatl (Cerro del Cobre), el Chalchiltepetl, Cerro del Tesoro, Ocelotépetl, y el Cerro del Tigre.

El sistema hidrográfico está integrado por afluentes del río Amacuzac y el río Nexapa, formadores del río Balsas. Todos los ríos descienden de Norte a sur y se conocen de oriente a poniente como río Tenango (afluente del río Nexapa), río Chinameca que baja desde Cuautla, río Yautepec que baja desde Oaxtepec, río Xochiltepec, Tembembe y Chalma que forman el río Amacuzac, el cual constituye el límite estatal con Guerrero.

La mayor cuenca cerrada del Estado, es la Laguna de Tequesquitengo; existen depósitos lacustres como Coatetelco, El Rodeo, Hueyapan, Tejalpa y Axochiapan; también se tienen, las lagunas de Zempoala (son seis: Compila, Tonintapa, Seca, Pilapa, Quila y Hueyapan) que constituyen un permanente centro de atracción para los excursionistas. Entre los manantiales destacan los de Chapultepec, Oaxtepec, Agua Hedionda, Tehuixtla, Las Estacas, Atotonilco y Palo Bolero.

La capital es Cuernavaca. Integran la entidad 1 341 localidades distribuidas en 33 municipios, de los cuales, uno tiene menos de cinco mil habitantes; 5, de cinco mil a 10 mil habitantes; 19, de 10 mil a 50 mil habitantes; cinco, de 50 mil a 100 mil habitantes; y tres, de 100 mil a 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales fue de 2 177 kilómetros y la red ferroviaria de 266 kilómetros; contaba con un aeropuerto nacional y cuatro aeródromos.

Conforme al censo de población de 2000, la población total era de 1 555 296 habitantes (315 hab/km²), con una población económicamente activa de 558 754 personas (35.93%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (13.33%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (25.82%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (57.00%); y actividades no especificadas (3.79%).

Los centros de población más importantes del Estado son: Cuernavaca (la capital), Cuautla, Jiutepec, Temixco, Yautepec, Zacatepec y Oaxtepec.

El clima en Morelos es cálido subhúmedo con temperaturas medias anuales mayores a 22° C, excepto en las faldas de las cordilleras del Ajusco y Popocatepetl donde se torna semicálido subhúmedo con temperaturas medias anuales de 18° a 22° C; y en las partes altas de éstas cambia a templado subhúmedo con temperaturas medias anuales de 12° a 18° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el Estado se observa en la figura 2.20 y a partir de su análisis se pueden deducir los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 876 mm y, en general, las lluvias se presentan en el verano.

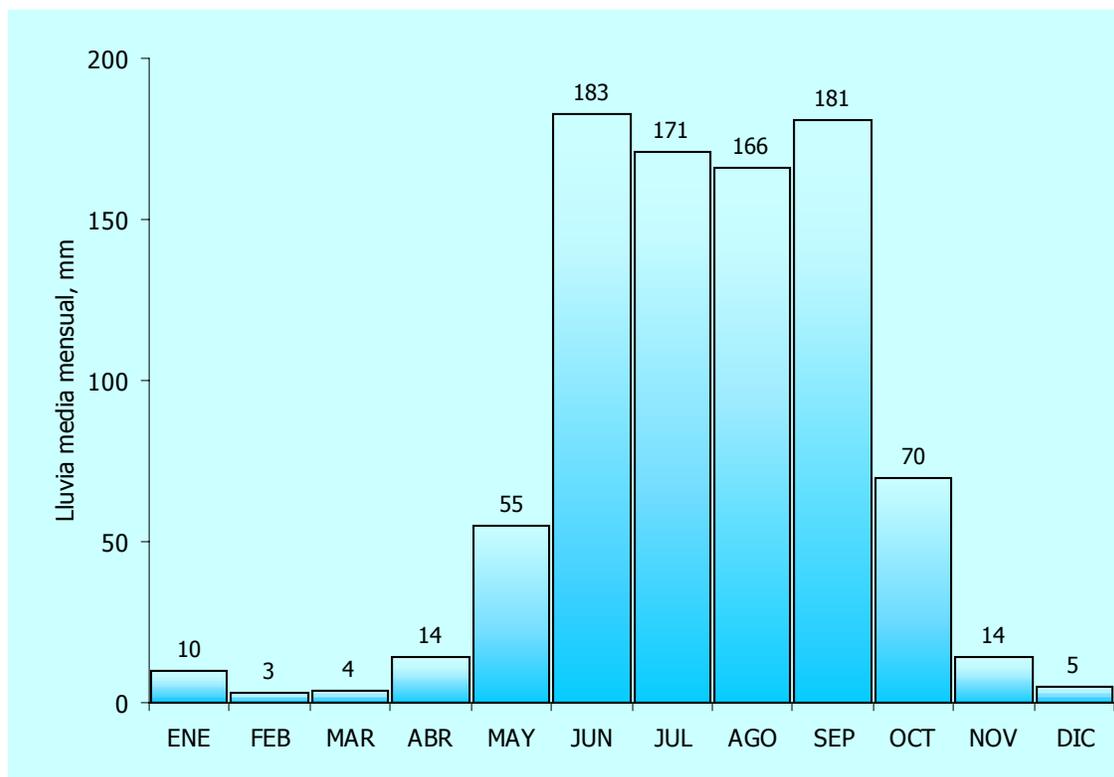


Figura 2.20. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Morelos

2.2.18. Nayarit



Situado en el Occidente de la República Mexicana en el Pacífico Central, entre los meridianos $103^{\circ} 55' 48''$ y $105^{\circ} 46' 01''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $20^{\circ} 38' 20''$ y $23^{\circ} 03' 37''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 27 621 kilómetros cuadrados (1.40% del total nacional). Limita al Norte con Durango, al Noroeste con Sinaloa, al Este con Zacatecas y Jalisco, al Sur con Jalisco y al Oeste con el Océano Pacífico con una extensión de 300 kilómetros de longitud. Pertenecen a la entidad el archipiélago de las Islas Marías, el de las islas Marietas y la isla Isabela.

El año de 1884, el Distrito Militar de Tepic se erigió en Territorio y el 26 de enero de 1917, el Congreso Constituyente, a iniciativa del Primer Jefe Venustiano Carranza, fundó el estado de Nayarit.

La Sierra Madre Occidental que corre paralela al mar, tierra adentro, se divide en tres sistemas: el Occidental del Pacífico que cede en las puntas de Mita y de Vista; el Central, que aloja los cauces de los ríos Grande de Santiago, Ixtlán, Las Cañas y Acaponeta e incluye el volcán Ceboruco y el Volcán Sanganguey; y la Sierra de Nayarit por donde discurren los cursos altos de los ríos de Huajimic, Chapalagana, Huaynamota, San Pedro y Jesús María.

Entre las planicies destacan: las de Ahuacatlán y Jala, de gran fertilidad; Compostela y La Labor; Banderas, en la margen derecha del río Ameca; el Calabozo y Las Varas, pobladas de pastos, bosques maderables y palmares; Matatipac, donde se asienta la ciudad de Tepic; San Blas, ocupada en su mayor parte por esteros y marismas; Santiago y Tuxpan, cruzadas por caudalosos ríos; Rosamorada, con vastas praderas; y Acaponeta y Tecuala, útiles para la agricultura y la ganadería.

De sur a norte del Estado se encuentra el río Ameca que constituye límite estatal con Jalisco, desembocando en el Océano Pacífico en la Bahía de Banderas; el río Grande de Santiago que baja desde la Mesa Central después de regularizarse en el Lago de Chapala, atraviesa todo Nayarit de sudeste hacia el poniente y después de recibir su último afluente importante, el río Huaynamota, y de pasar por Santiago Ixcuintla, desemboca en la Barra Asadero en el Pacífico; sigue el río San Pedro Mezquital, que baja de la Sierra de Durango, pasa por Tuxpan y desemboca en la Boca de Camichín en el Pacífico, luego el río Bejuco que, junto con otros arroyos, descarga en la Laguna Pescaderos o del Tule; el río Acaponeta que bajando de norte a sur, desemboca en la laguna litoral El Novillero. Finalmente, el río de las Cañas que constituye en parte límite estatal con Sinaloa. Hay además las lagunas de Santa María de Lagunillas y la de Pescaderos, el Tule y Novillero, de los Vergeles, Agua Brava, Grande de Mexcaltitlán, Chalatilco y Moaritura.

La capital es Tepic. Forman la entidad 2 611 localidades distribuidas en 20 municipios de los cuales uno, tiene de cinco mil a 10 mil habitantes; 16, de 10 mil a 50 mil habitantes; dos, de 50 mil a 100 mil habitantes; y uno, de 100 mil a 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales, ascendió a 3 272 kilómetros, mientras que la red ferroviaria tenía 393 kilómetros; contaba con un aeropuerto nacional y 47 aeródromos, también con seis puertos marítimos (de los cuales dos son de cabotaje) y un puerto interior.

Conforme al censo de 2000, la población total llegó a 620 185 habitantes (33 hab/km²) con una población económicamente activa de 322 077 personas (35.00%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (27.54%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (17.43%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (52.24%); y actividades no especificadas (2.79%).

Los centros de población más importantes del Estado son: Tepic (la capital), Santiago Ixcuintla, Compostela, Acaponeta, Tecuala, San Blas, Tuxpan, Ixtlán del Río, Ahuacatlán y Villa Hidalgo.

El clima en Nayarit es cálido subhúmedo con temperaturas medias anuales mayores de 22° C, acentuándose la humedad en la costa sur del Estado. En la parte alta de las sierras el clima se toma semicálido subhúmedo con temperaturas medias anuales entre 18° y 22° C; y en los picos más altos llega a ser templado subhúmedo con temperaturas entre 12° y 18° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el Estado se observa en la figura 2.21 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 1 062 mm y, en general, las lluvias se presentan en el verano, en cuya época se presentan con cierta frecuencia perturbaciones ciclónicas provenientes del Océano Pacífico. Asimismo, es conveniente mencionar que en las Islas Marías (pertenecientes a Nayarit) el clima es cálido semiseco con una precipitación media anual de 573 mm.

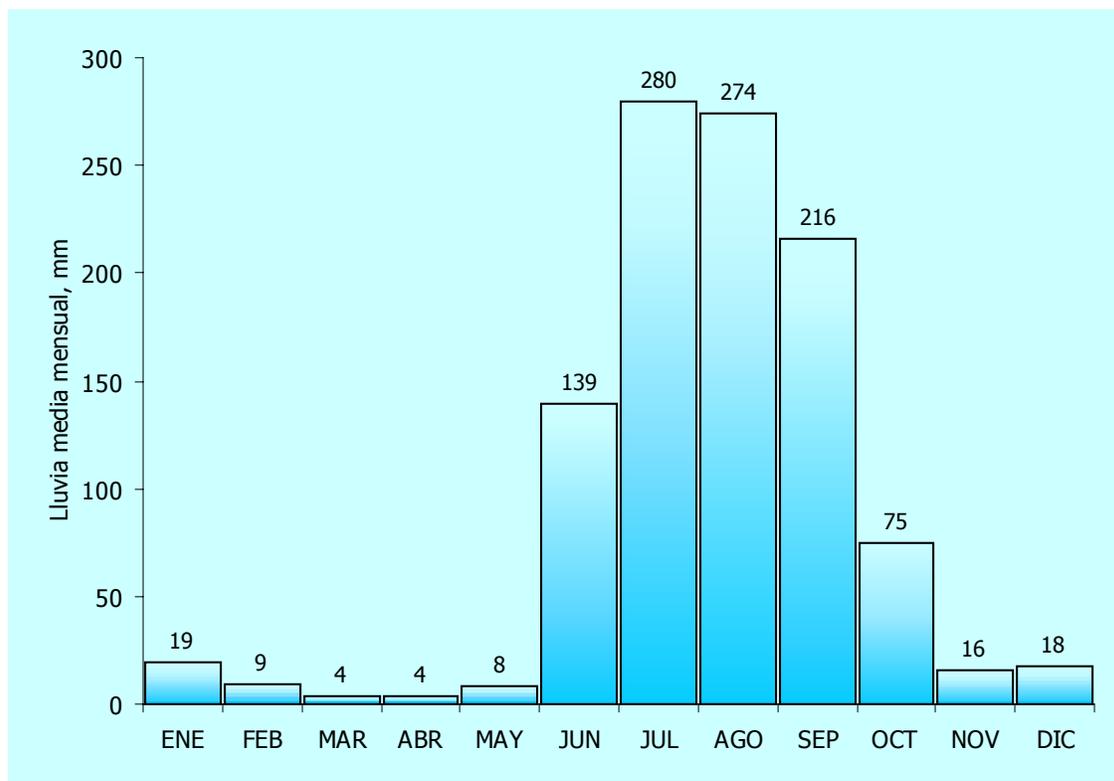
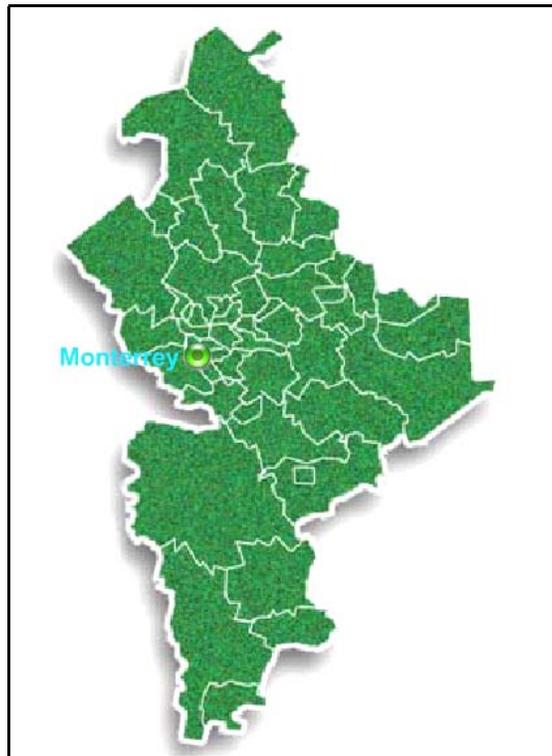


Figura 2.21. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Nayarit

2.2.19. Nuevo León



Situado en el Noreste del país entre los meridianos $98^{\circ} 26' 24''$ y $101^{\circ} 14' 19''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $23^{\circ} 11' 07''$ y $27^{\circ} 46' 09''$ de latitud Norte, Nuevo León. Tiene una superficie de 64 555 kilómetros cuadrados (3.28% del total nacional). Colinda al Norte con Estados Unidos de América, Coahuila y Tamaulipas, al Sur con San Luis Potosí, al Sudoeste con Zacatecas y al Oeste con Coahuila.

El estado de Nuevo León fue establecido por el Congreso General Constituyente el 16 de mayo de 1824, y en 1856 se decretó la anexión de Coahuila a la entidad, acto que anuló el Presidente Benito Juárez en 1864.

En su territorio se distinguen tres regiones naturales: la denominada plano inclinado, que comprende toda la porción oriental, subdividida a su vez en llanuras desérticas, lomeríos bajos de escasa vegetación, terrenos accidentados de cierta feracidad y zonas fértiles; la Sierra Madre Oriental, de valles altos, grandes cañadas y bellas caídas de agua; y el altiplano, al sur, que forma parte de la Mesa Central (seca y desértica).

La Sierra Madre Oriental, con anchura de 30 a 65 kilómetros, y con una altitud de 2 000 m a 2 300 m, cruza el estado de sudeste a noroeste. De ella se desprenden numerosas cadenas de montañas, separadas por amplios

valles y estrechos cañones. Estos son notables por su belleza, especialmente los de Santa Rosa, en el sur; la Huasteca, cerca de Monterrey, y el Potrero, en Hidalgo.

Las derivaciones de la cordillera son las sierras de la Iguana y de Santa Clara, en el Norte; de Picachos y Papagayos, al noreste; de Gomas, Espinazo y del Muerto, al poniente, y de las Mitras y La Silla, en el centro. Las cumbres más altas son El Morro (3 710 m) y El Potosí (3 700 m). La Ciudad de Monterrey está situada en un valle flanqueado al poniente por la Sierra Madre Oriental, cuyas estribaciones más cercanas forman el Cerro de la Silla y la Sierra de Chipinque.

La parte norte media del Estado es drenada por arroyos afluentes del río Bravo; al sur hay algunos arroyos que cruzan el estado de poniente a oriente, que se internan al estado de Tamaulipas para desembocar en el Golfo de México.

Los ríos principales son los siguientes: el Salado, formado por los ríos Sabinas y Nadadores, que alimentan a la presa Venustiano Carranza (Don Martín); el Álamo, Cucharas, Pesquería, San Juan, cuyo afluente el río Santa Catarina cruza por el poniente la capital del Estado; el río Pilón y el Arroyo Mohínos (afluentes del San Juan); y el Sosa, de la Silla, Potosí, Pablillo, San Antonio y Blanco.

La capital es Monterrey. Forman la entidad 5 726 localidades distribuidas en 51 municipios, de los cuales 17 tienen menos de 5 mil habitantes; 11, de 5 mil a 10 mil habitantes; 12, de 10 mil a 50 mil habitantes; cuatro, de 50 mil a 100 mil habitantes; cinco, de 100 mil a 500 mil habitantes; y dos, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales era de 7 654 kilómetros y la red ferroviaria de 1 218 kilómetros; contaba con dos aeropuertos internacionales y 45 aeródromos.

Según el censo de población de 2000, la población total era de 3 834 141 habitantes (59 hab/km²) de los cuales la población económicamente activa fue de 1 494 501 personas, esto es, el 38.98% distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (3.24%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (37.21%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (54.75%); y actividades no especificadas (4.80%).

Los principales centros de población del Estado son: Monterrey (la capital), Guadalupe, San Nicolás de los Garza, Santa Catarina, Garza García, Sabinas Hidalgo, Montemorelos, Linares, Allende, Cadereyta de Jiménez y Santiago.

De la parte Norte de la Sierra Madre Oriental a la región más septentrional prevalece un clima cálido con temperaturas medias anuales mayores a los 22° C; en la Sierra Madre Oriental el clima es semicálido subhúmedo; y en el sur de ésta el clima es semicálido semiseco con temperaturas medias anuales de 18° a 22° C, excepto en las cumbres más altas de la entidad donde el clima es templado con temperaturas medias anuales entre 12° y 18° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el estado se observa en la figura 2.22 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje.

La precipitación media anual en el área de la entidad es de 589 mm y, en general, las lluvias se presentan en el verano, en cuya época se presentan con cierta frecuencia perturbaciones ciclónicas provenientes del Océano Atlántico. Asimismo, es importante recalcar que en la parte noreste las lluvias son muy irregulares.

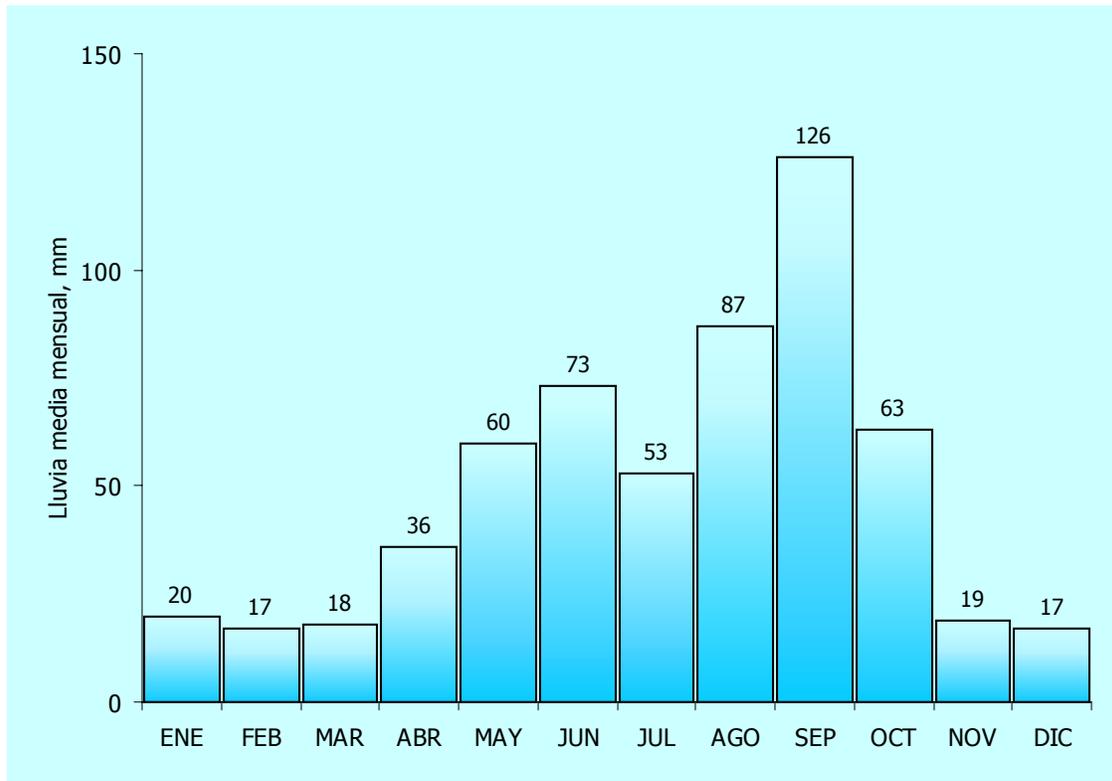
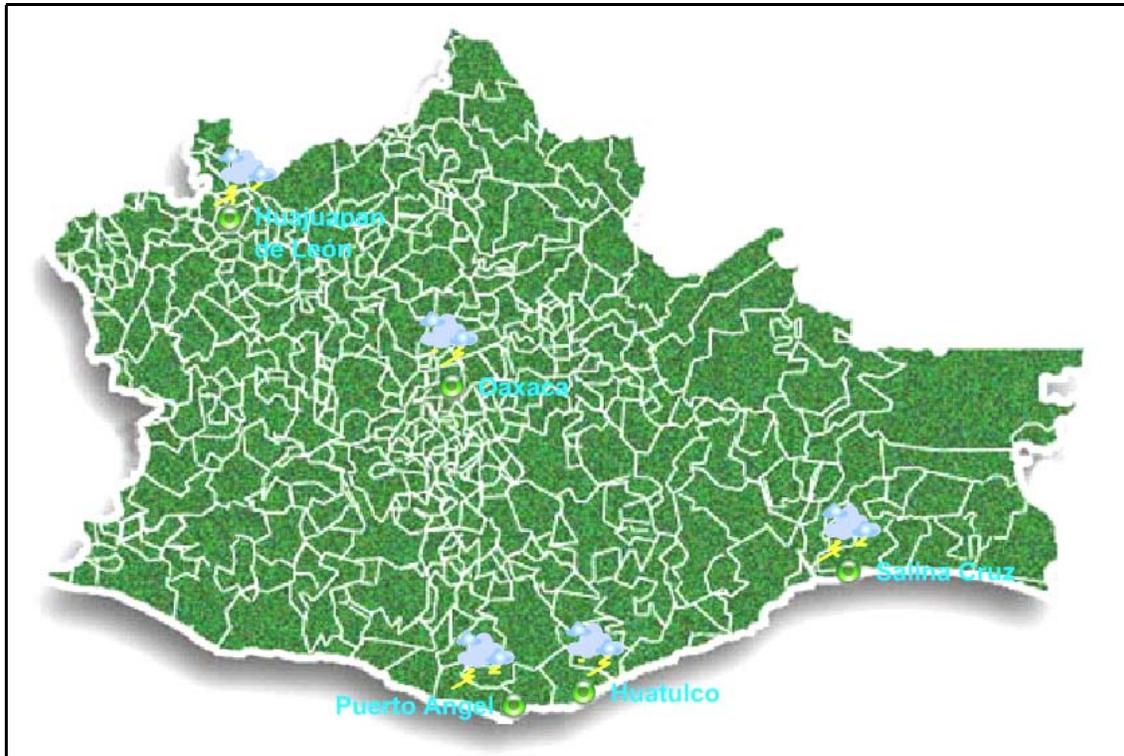


Figura 2.22. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Nuevo León

2.2.20. Oaxaca



Oaxaca se encuentra situado en la porción meridional de la República Mexicana entre los meridianos $93^{\circ} 51' 06''$ y $98^{\circ} 30' 20''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $15^{\circ} 39' 43''$ y $18^{\circ} 39' 05''$ de latitud Norte. Limita al Norte con Puebla y Veracruz, al Este con Chiapas, al Sur con el Océano Pacífico y al Oeste con Guerrero. Tiene una superficie de 95 364 kilómetros cuadrados (4.85% del total nacional). Además, tiene un litoral bañado por el Océano Pacífico de 597 kilómetros de longitud.

Anterior a la conquista, en 1521, Oaxaca estuvo habitada por zapotecas y mixtecos. Posteriormente, el 1° de julio de 1823, Oaxaca se declaró Estado Libre y Soberano y en la Constitución Federal de 1824 se le ratificó como tal.

Definen el relieve de la entidad la Sierra Madre del Sur, la Sierra Madre de Oaxaca y la Sierra Atravesada. La primera corre paralela a la costa, tiene una anchura media de 150 kilómetros y una altura casi constante de dos mil metros, dejando una planicie adyacente al mar muy estrecha; recibe localmente los nombres de Juquila, Miahuatlán, San Pedro el Alto, Cacalote, Mogote y de la Garza; abundante en calizas del cretácico, tiene alturas de 2 000 m a 3 000 m.

La segunda va del Pico de Orizaba al Istmo de Tehuantepec, incluyendo la Mixteca; tiene una longitud de 300 kilómetros, una anchura media de 75 kilómetros y una altitud promedio de 2,500 metros; recibe localmente los nombres de Huautla, Juárez, Ixtlán y Mixes. Entre una y otra se hallan los valles centrales de Oaxaca y en la Mixteca existen las mesetas y serranías de Tamazulapa, Nochixtlán y Tlaxiaco.

Finalmente, la tercera sierra se aloja en el Istmo de Tehuantepec donde se encuentra una importante fosa tectónica que separa las montañas de Chiapas y Oaxaca. Sobresalen el Nudo de Cempoaltépetl (3 000 m), Tlaxiaco (3 300 m), Verde (3 090 m), Cimaltépetl (3 000 m) y Yucuyacua (3 444 m); y los volcanes de Chacagua al sur de Juquila y Pochutla cerca de la población del mismo nombre.

Los principales ríos son el Mixteco y sus tributarios, que desaguan en el Balsas; el Verde, que desemboca en la bahía de Chacagua, y los de Tehuantepec, Juchitán y Ostuta, que vierten al Océano Pacífico. Tributan al Golfo de México las corrientes formadoras del Papaloapan y el Coatzacoalcos. Las bahías más importantes son Chacagua, Puerto Escondido, Huatulco, Santa Cruz, Atotengo, Salina del Marqués y Salina Cruz. En el golfo de Tehuantepec se ubican las lagunas Superior, Inferior y la del mar Muerto (compartida con Chiapas).

Las presas más importantes son la Presidente Miguel Alemán sobre el río Tonto (límite entre Oaxaca y Veracruz), la Presidente Benito Juárez en el río Tehuantepec y Cerro de Oro sobre el río Santo Domingo.

La capital es Oaxaca (el nombre oficial es Oaxaca de Juárez). Forman la entidad 10 519 localidades distribuidas en 570 municipios, de los cuales 429 tienen menos de cinco mil habitantes; 75, de cinco mil a 10 mil habitantes; 61, de 10 mil a 50 mil habitantes; tres, de 50 mil a 100 mil habitantes; y dos, de 100 mil a 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales tenía una longitud de 16 270 kilómetros y la red ferroviaria de 288 kilómetros; tenía seis aeropuertos (uno internacional y cinco nacionales) y 115 aeródromos; y contaba con seis puertos marítimos (uno de altura y cinco de cabotaje).

Según el censo de población de 2000, la población total fue de 3 438 765 habitantes (36 hab/km²), de los cuales 1 745 218 conformaban la población económicamente activa, esto es 31.31% del total, distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (40.70%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (19.18%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (37.16%); y actividades no especificadas (2.96%).

Los centros de población más importantes son: Oaxaca (la capital), San Juan Bautista Tuxtepec, Juchitán de Zaragoza, Salina Cruz, Santo Domingo Tehuantepec, Ixtlán, Huautla de Jiménez, Huajuapán de León, Pinotepa Nacional, Tlacolula, Santiago Zanatepec, Zaachila, Puerto Escondido y Puerto Ángel.

En el norte y noreste del Estado incluyendo la Sierra de Juárez y la Sierra Atravesada, hay un clima cálido húmedo con temperaturas medias anuales mayores a 22° C; en el Noroeste, Oeste, toda la parte sur (Sierra Madre del Sur) y toda la parte costera disfruta de un clima cálido subhúmedo con temperaturas medias anuales mayores a 22° C; entre las dos sierras anteriores la humedad disminuye hasta un clima semiseco en las cuencas de los ríos Salado y Tehuantepec y en la parte alta del río Atoyac (cerca de la capital); el clima en las partes altas de las sierras donde es templado con temperaturas medias anuales entre 12° a 18° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el Estado se observa en la figura 2.23 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 1 519 mm y, en general, las lluvias se presentan en el verano, excepto en la Sierra de Juárez donde éstas son irregulares.

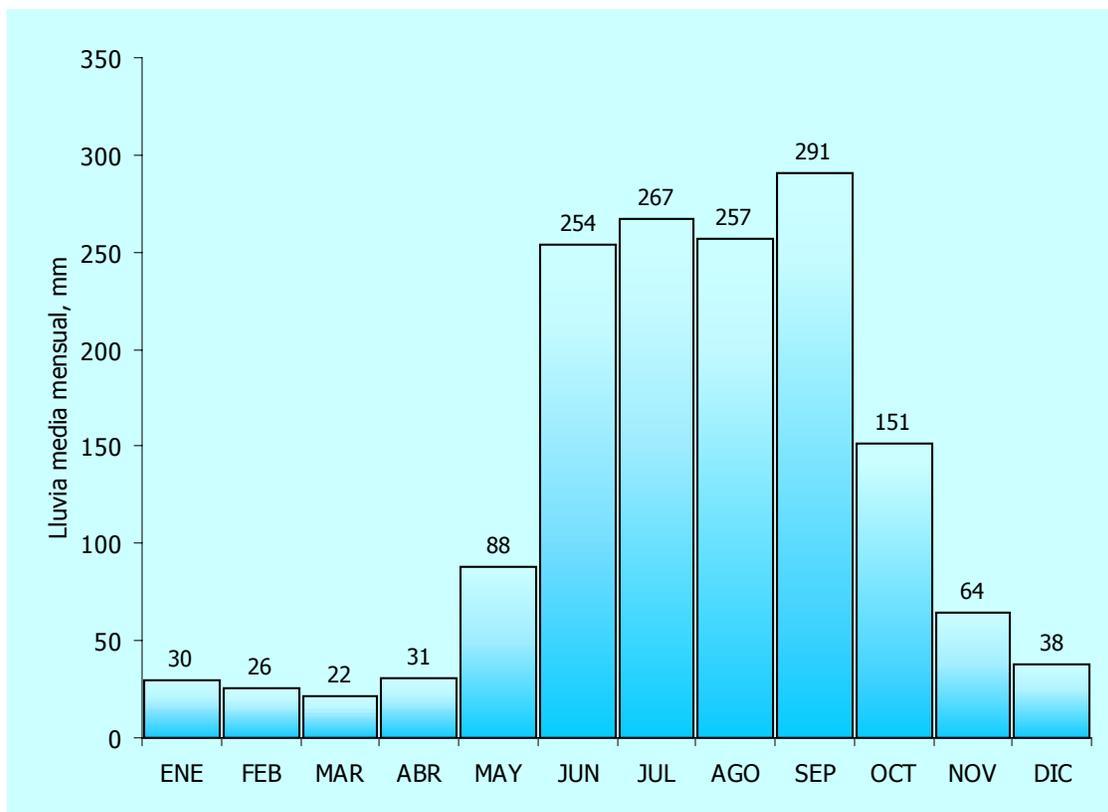
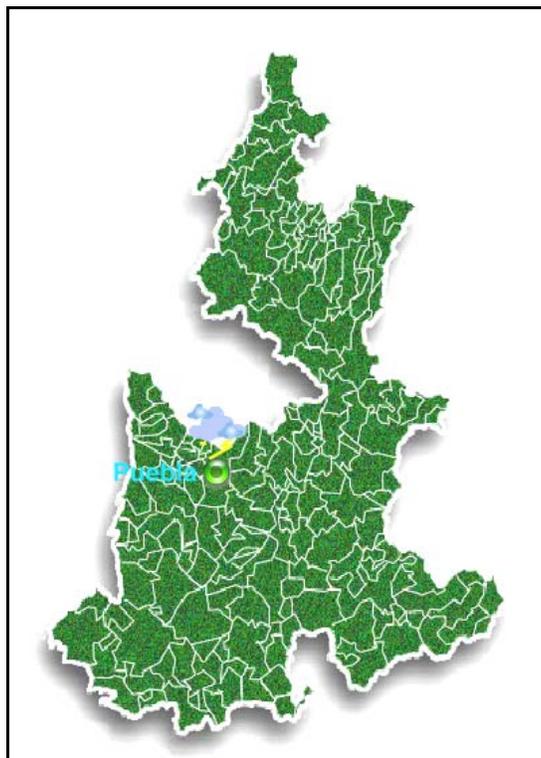


Figura 2.23. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Oaxaca

2.2.21. Puebla



Situado en la porción sudeste de la Altiplanicie Mexicana, entre los meridianos $96^{\circ} 39' 14''$ y $99^{\circ} 04' 05''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $17^{\circ} 50' 52''$ y $20^{\circ} 50' 13''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 33 919 kilómetros cuadrados (1.72% del total nacional). Limita al Norte y al Este con Veracruz, al Sur con Guerrero y Oaxaca y al Oeste con Hidalgo, Tlaxcala, México y Morelos.

El 8 de febrero de 1824 se juró por las autoridades locales el Acta Constitutiva de la Federación que convirtió a Puebla en Estado Libre y Soberano.

Definen el relieve de la entidad la Sierra Madre Oriental, la Sierra Nevada y las formaciones de la Mixteca Baja. Rodeada por estos sistemas montañosos, la meseta poblana comprende los llanos de San Andrés, marcados por una serie de cráteres; de San Juan, con afloraciones salinas de tequesquite; y de Tepeaca, con suelos calizos y abundantes yacimientos de mármol; y los valles de Puebla, que se abren hacia Atlixco, Matamoros y Chiautla; y de Acatlán y Tehuacán, que colindan con la Mixteca.

Puebla comparte con los estados limítrofes las cumbres más elevadas del país: Popocatepetl (5 465 m), Iztaccihuatl (5 230 m), La Malinche (4 481 m) y la cima más elevada del país: el Pico de Orizaba (5 610 m).

Drenan hacia el Golfo de México los ríos Pantepec, Vinazco, Nautla, San Marcos, Necaxa-Tecolutla, Tehuacán y Tonto; y hacia el Pacífico existen arroyos y ríos que bajan por el lado oriente de la Sierra Nevada (Popocatepetl, Iztaccihuatl y Telapón), formando el río Atoyac con el río Zahuapan que baja de la Malinche desde el estado de Tlaxcala, llega a la presa Manuel Ávila Camacho, sigue bajando hacia el sudeste y luego al sudoeste para confluir con el río Izúcar de Matamoros, llamado también río Nexapa, con cuyo nombre desemboca en el río Mezcala, formador oriental del río Balsas.

Entre los manantiales con alto contenido mineral destacan los del valle de Tehuacán y Acatzingo. Se distinguen en la entidad ocho regiones naturales: los declives del Golfo, la Sierra Norte, los llanos de San Juan, la Sierra Nevada, los valles de Puebla y Tepeaca, el Oriente, los valles de Matamoros y Chiautla y las sierras de Zongolica, Zapotitlán y Acatlán. Hay varias presas y lagunas: Valsequillo (presa Manuel Ávila Camacho), Cacaloapan y Aculco del sistema hidroeléctrico de Totolcingo.

La capital es Puebla (el nombre oficial de la ciudad es Heroica Puebla de Zaragoza). Forman la entidad 6 556 localidades distribuidas en 217 municipios de los cuales, 63 tienen menos de cinco mil habitantes; 53, de cinco mil a 10 mil habitantes; 88, de 10 mil a 50 mil habitantes; 9, de 50 mil a 100 mil habitantes; tres, de 100 mil a 500 mil habitantes; y uno, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales ascendió a 8 638 kilómetros de longitud, mientras que la red ferroviaria tuvo 772 kilómetros; contaba con dos aeropuertos (uno internacional y uno nacional) y 3 aeródromos.

De acuerdo con el censo de población de 2000, la población total alcanzó la cifra de 5 076 686 habitantes (150 hab/km²), con una población económicamente activa de 1 683 233 habitantes (33.16%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (27.62%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (28.41%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (40.96%); y actividades no especificadas (3.01%).

Los centros de población más importantes de la entidad son: Puebla (la capital), Tehuacán, Atlixco, San Martín Texmelucan, Izúcar de Matamoros, San Pedro Cholula, Huauchinango, Tepeaca, Huejotzingo, Acatlán, Chiautla y Xicotepec.

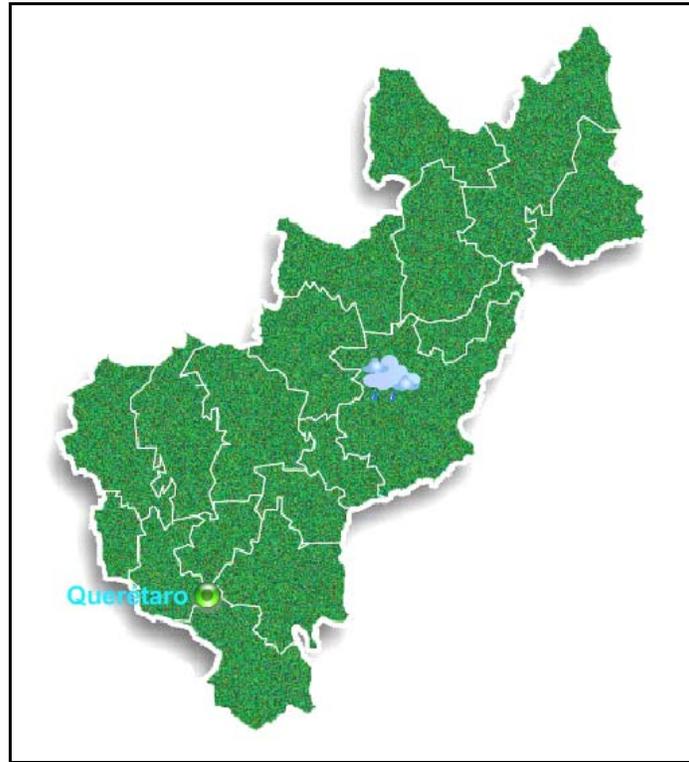
En el Norte, Noreste y Este del Estado, hasta la periferia de la Sierra Neovolcánica, se presenta un clima semicálido húmedo con temperaturas medias anuales entre 18° y 22° C. En el territorio que ocupa el Eje Neovolcánico el clima es templado subhúmedo; es templado semiseco en la cuenca del río Salado (en el Sudoeste) y sus ramificaciones hasta llegar a Tepeaca, con temperaturas medias anuales de 12° a 18° C. El resto del Estado (la parte sudeste) tiene un clima cálido subhúmedo con temperaturas medias anuales mayores a 22° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el Estado se observa en la figura 2.24 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 1 261 mm y, en general, las lluvias se presentan en el verano, salvo la parte Norte donde éstas caen de forma irregular.



Figura 2.24. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Puebla

2.2.22. Querétaro



Querétaro se sitúa en la Mesa Central de la Altiplanicie Mexicana entre los meridianos $98^{\circ} 53' 54''$ y $100^{\circ} 34' 54''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $20^{\circ} 00' 34''$ y $21^{\circ} 36' 49''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 11 769 kilómetros cuadrados (0.6% del total nacional). Limita al Norte y Noreste con San Luis Potosí, al Este con Hidalgo, al Sudeste con el Estado de México, al Sur con Michoacán y al Oeste con Guanajuato.

El Acta Constitutiva de la Federación y la Constitución Federal de 1824 dieron a Querétaro el carácter de Estado Libre y Soberano. El nombre oficial del Estado es Querétaro de Arteaga.

En su territorio se distinguen dos grandes regiones: la del norte, ocupada por abruptas montañas que constituyen la Sierra Gorda; y la del sur, formada por llanuras espaciosas cortadas por colinas, cerros y montañas aisladas, cubiertas unas y desnudas otras de vegetación. Las picos principales de la cordillera norte, cuya altura en metros sobre el nivel del mar se indica entre paréntesis, son El Zamorano (3 370 m), Las Pingüicas (3 170 m), La Calentura (3 350 m), Puerto del Cielo (2 890 m), Pico del Carmen (2 790 m) y Peña del Bernal (2 550 m).

Aparecen aisladas, en la zona de Cadereyta, los cerros del Doctor de Las Aguas y de Minteje (2 660 m); en la zona de San Juan del Río, las sierras de la Llave, de Galindo y de La Muralla; y en la zona de Querétaro, las sierras de Santa Rosa, Saldarriaga, el Divisadero, el Cimatario y las Campanas.

Además, destacan las cumbres del Gallo (2 940 m), del Astillero (2 650 m), de Santa Teresa (2 500 m) y del Cimatario (2 447 m). La altura media de las cumbres es de 1 800 metros, con un declive de sur a norte. En las sierras queretanas existen densos bosques de encinos y coníferas que cubren sus laderas y en todas existen yacimientos minerales.

La mayor parte de Querétaro corresponde a la cuenca del río Pánuco, llamado Moctezuma en su curso medio; sus afluentes queretanos son el San Juan del Río, formado por el arroyo Zarco, el San Ildefonso y el Caracol; el Estórax, que recibe las aguas del Tolimán y el Xicho. Otro río importante es el Santa María, que forma el límite norte con San Luis Potosí. El río Lerma, en el extremo sur, marca en un breve tramo el límite con Michoacán y capta los escurrimientos de los ríos Querétaro, Pueblito y Juriquilla. Hay varias presas: San Ildefonso en el río San Juan del Río; presa Centenario y la laguna San Antonio; también se encuentran aguas subterráneas alumbradas por numerosos pozos para el abastecimiento de agua potable de las poblaciones y de las industrias, como complemento de las tierras agrícolas de temporal y para abrevaderos de ganado.

La capital es Querétaro. Forman la entidad 2 482 localidades distribuidas en 18 municipios de los cuales, uno tiene de 5 mil a 10 mil habitantes; 11, de 10 mil a 50 mil habitantes; cuatro, de 50 mil a 100 mil habitantes; uno, de 100 mil a 500 mil habitantes; y uno, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales tuvo una longitud de 3 305 kilómetros y una red ferroviaria de 444 kilómetros; contaba con un aeropuerto nacional y un aeródromo.

Según el censo de población de 2000, la población total fue de 1 404 306 habitantes (119 hab/km²) con una población económicamente activa de 485 917 habitantes (34.60%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (8.54%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (36.48%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (50.32%); y actividades no especificadas (4.66%).

Los centros de población más importantes del estado son: Querétaro (la capital), San Juan del Río, El Marqués, Amealco, Cadereyta de Montes, Tequisquiapan y Jalpan.

En la Sierra Gorda (en el Norte de la entidad) se tiene un clima semicálido subhúmedo; en la parte centro-norte se tiene un clima semicálido semiseco con temperaturas medias entre 18° y 22° C; en la parte centro sur se aprecia un clima templado semiseco; y en la zona sur un clima templado subhúmedo con temperaturas medias anuales entre 12° y 18° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el estado se observa en la figura 2.25 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje.

La precipitación media anual en el área de la entidad es de 555 mm y, en general, las lluvias se presentan en el verano.

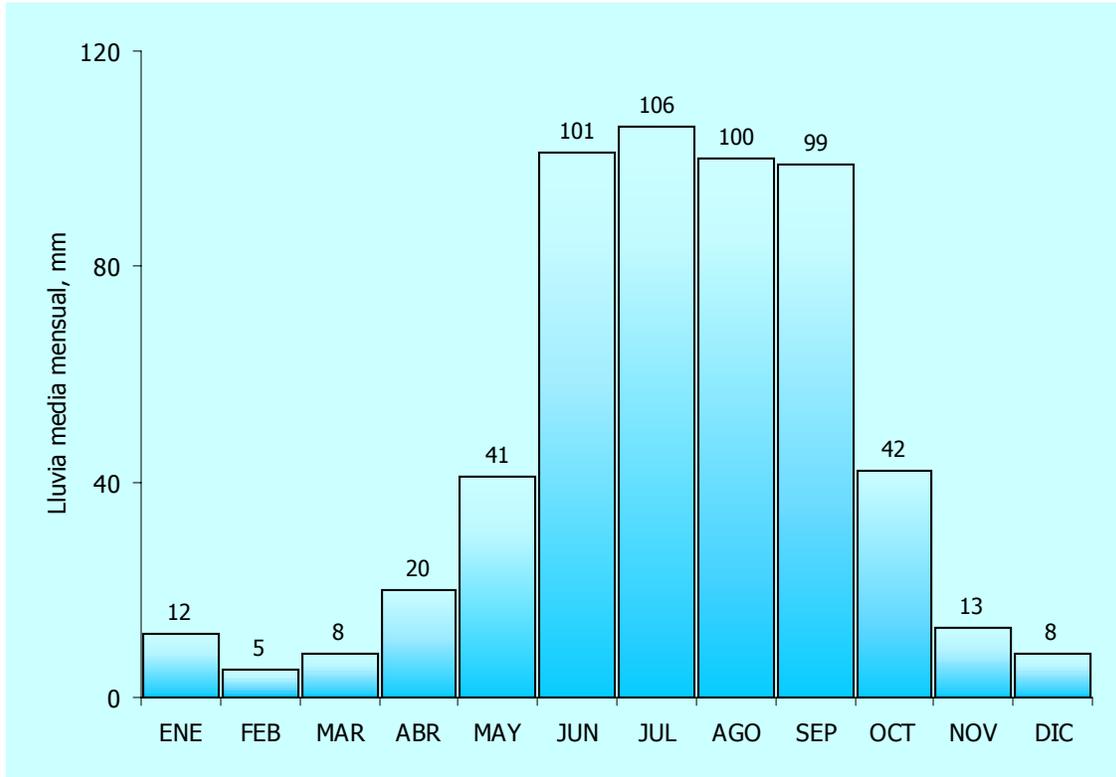


Figura 2.25. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Querétaro

2.2.23. Quintana Roo



Situado en la porción oriental de la península de Yucatán entre los meridianos $86^{\circ} 43' 50''$ y $89^{\circ} 10' 34''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $17^{\circ} 56' 44''$ y $21^{\circ} 36' 06''$ de latitud Norte. Quintana Roo tiene una superficie de 50 350 kilómetros cuadrados (2.56% del total nacional). Colinda al Norte con el Golfo de México y el estado de Yucatán, al Este con el Mar Caribe, al Sur con Belice y Guatemala y al Oeste con Campeche. Su litoral con el Golfo de México y el Mar Caribe es de 865 kilómetros.

En enero de 1902, el Gobierno del presidente Porfirio Díaz, decidió crear el Territorio Federal de Quintana Roo y por decreto del Congreso de la Unión se erigió el 3 de octubre de 1974 como Estado Libre y Soberano.

Su territorio es una planicie de origen marino, cuyos suelos están formados por rocas calcáreas; su suelo calizo es el factor determinante de la fácil infiltración del agua de lluvia que ha dado lugar a la formación de depósitos y corrientes subterráneas que se explotan a través de los cenotes. La orografía es poco accidentada. Únicamente la sierra Baja, con alturas de sólo 60 metros, se interna en la entidad; sus estribaciones llegan hasta el Oeste de la laguna de Bacalar y las márgenes del río Hondo.

El río Hondo es la corriente fluvial más importante del Estado: navegable a lo largo de 136 kilómetros, nace en el río Azul, en el límite con Guatemala y desemboca en la Bahía de Chetumal. Otros ríos son el Jass, el Turbio, el Indio y el Kiik. El litoral quintanarroense del Mar Caribe sigue el contorno de la laguna de Yalahán, frente a la cual se halla la isla de Holbox. En el extremo norte de ésta, se encuentra el Cabo Catoche.

El litoral sobre el Mar Caribe, de unos 700 kilómetros de longitud, puede dividirse en cinco tramos (de norte a sur): en el primero, del extremo norte hasta Puerto Morelos, hay entradas de mar poco profundas y las islas Contoy, Cayo Sucio, Blanca, Mujeres y Cancún. En el segundo, de angostas playas, están las caletas de Chac-ahlal, Xel-há, Yalkú y Solimán, las zonas arqueológicas de Tulum y, a 17 kilómetros de la costa, la isla Cozumel; el tercero incluye las bahías de la Ascensión y del Espíritu Santo (obstruidas por arrecifes) y Puerto Madero; el cuarto culmina en Belice; y el quinto corresponde a la Bahía de Chetumal, conectada con la de San José, la laguna de Bacalar y el río Hondo.

La capital es Chetumal (su nombre oficial es Ciudad Chetumal). Forman la entidad 2 167 localidades distribuidas en ocho municipios, de los cuales uno tiene de 5 mil a 10 mil habitantes; cuatro, de 10 mil a 50 mil habitantes; dos, de 100 mil a 500 mil habitantes; y uno, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales fue de 5 158 kilómetros de longitud; tenía cuatro aeropuertos (tres internacionales y uno nacional) y 15 aeródromos; contaba también con 15 puertos marítimos (de los cuales tres son de altura, once de cabotaje y un pesquero).

Según el censo de población de 2000, la población total era de 874 963 habitantes (17 hab/km²) con una población económicamente activa de 352 014 habitantes (40.23%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (10.38%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (16.04%); y Comercio, transportes, comunicaciones y servicios (70.45%); y actividades no especificadas (3.13%).

Los centros de población más importantes del Estado son: Chetumal (la capital), Isla Cozumel, Cancún, Playa del Carmen, Isla Mujeres, Puerto Juárez, Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos. El clima de Quintana Roo es uniforme, se caracteriza por un clima cálido subhúmedo excepto en la isla de Cozumel en donde el clima es cálido húmedo con temperaturas medias anuales mayores a 22° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el estado se observa en la figura 2.26 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 1 249 mm. Las lluvias se presentan de forma irregular, salvo la zona Este, donde lo hacen en verano. Asimismo, la entidad tiene la incidencia de precipitaciones producto de los ciclones provenientes del Caribe.

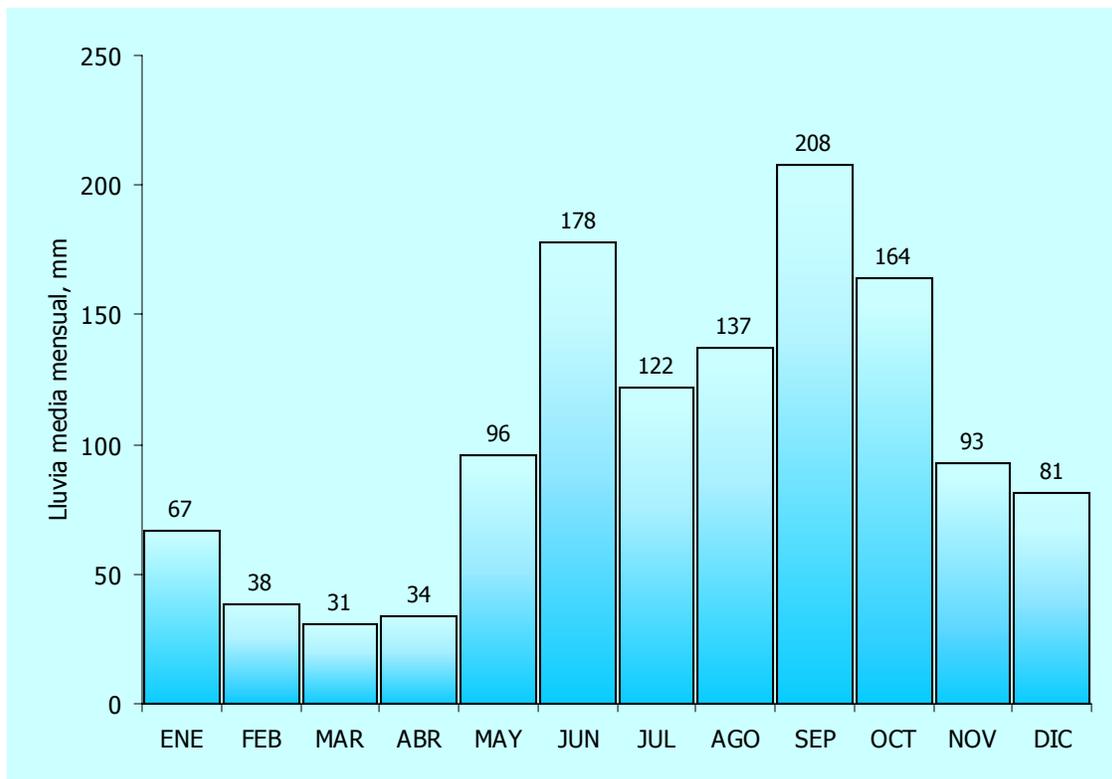


Figura 2.26. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Quintana Roo

2.2.24. San Luis Potosí



San Luis Potosí está situado en la porción central del país, entre los meridianos $98^{\circ} 20' 22''$ y $102^{\circ} 18' 14''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $21^{\circ} 09' 49''$ y $24^{\circ} 31' 38''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 62 848 kilómetros cuadrados (3.19% del total nacional). Colinda al Norte con Coahuila, al Noreste con Nuevo León y Tamaulipas, al Este con Veracruz, al Sur con Guanajuato, Querétaro e Hidalgo, al Sudoeste con Jalisco y al Oeste con Zacatecas.

La antigua provincia de San Luis Potosí quedó constituida por el Congreso Federal en Estado Independiente en el año de 1824.

Se distinguen en la entidad las siguientes regiones: La Huasteca, que comprende parte de la planicie costera del Golfo y la Sierra Madre Oriental; la altiplanicie meridional, que incluye la llanura de Río Verde, formada por gruesos depósitos aluviales, y las serranías del sur, de topografía muy accidentada; y, por último, la altiplanicie septentrional, formada por la zona norte central y la planicie del occidente, separadas por la Sierra de Catorce. A un lado de las sierras de San Miguelito y de Mezquitic está el valle irregular de origen lacustre donde se asienta la capital; y en la otra vertiente, el Plan de Arriaga. La cumbre más alta del estado es el Grande con 3 190 metros de altura.

Los ríos Santa María y Verde se unen al entrar a la Huasteca y forman el Tampico, al que confluyen el Frío y el Valles, se suman a su vez el Salto y el Mesillas y juntos originan el Tamuín. Éste, al verter en el Moctezuma, cambia su nombre por el de Pánuco. Las caídas más notables en este sistema son las del Salto de Tanloquen y la de Micos. En la Huasteca predominan los bosques tropicales y en las demás regiones del Estado, el matorral desértico y submontano. En las cercanías de la capital del Estado bajan algunos arroyos de las sierras circunvecinas, perdiéndose en el enorme Valle de San Luis; en estos arroyos se han construido pequeñas presas como la de San José, la de Gonzalo N. Santos y la de los Pilares.

La capital es San Luis Potosí. Forman la entidad 7 305 localidades distribuidas en 58 municipios, de los cuales, uno tiene menos de cinco mil habitantes; 8, de cinco mil a 10 mil habitantes; 43, de 10 mil a 50 mil habitantes; tres, de 50 mil a 100 mil habitantes; dos, de 100 mil a 500 mil habitantes; y uno, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales tenían 8 737 kilómetros de longitud y la red ferroviaria 1 311 kilómetros; contaba con dos aeropuertos nacionales y 14 aeródromos.

Según el censo de población de 2000, la población total era de 2 299 360 habitantes (37 hab/km²), con una población económicamente activa de 723 454 habitantes (31.46%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (21.09%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (26.76%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (48.20%); y actividades no especificadas (3.95%).

Los centros de población más importantes de la entidad son: San Luis Potosí (la capital), Matehuala, Ciudad Valles, Ébano, Río Verde, Tamazunchale, Soledad Díez Gutiérrez, Cerritos, Salinas de Hidalgo, Cárdenas y Charcas.

En la parte sudeste, en la huasteca potosina se observa un clima cálido subhúmedo con temperaturas medias anuales mayores a 22° C; la altiplanicie meridional y las serranías del sur se caracterizan por su clima semicálido semiseco con temperaturas medias entre 18° y 22° C; mientras que en la altiplanicie del occidente se tiene un clima templado semiseco, con temperaturas medias anuales de 12° a 18° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el estado se observa en la figura 2.27 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en la superficie de la entidad es de 960 mm. En todo el Estado se tiene un régimen de lluvia en verano.

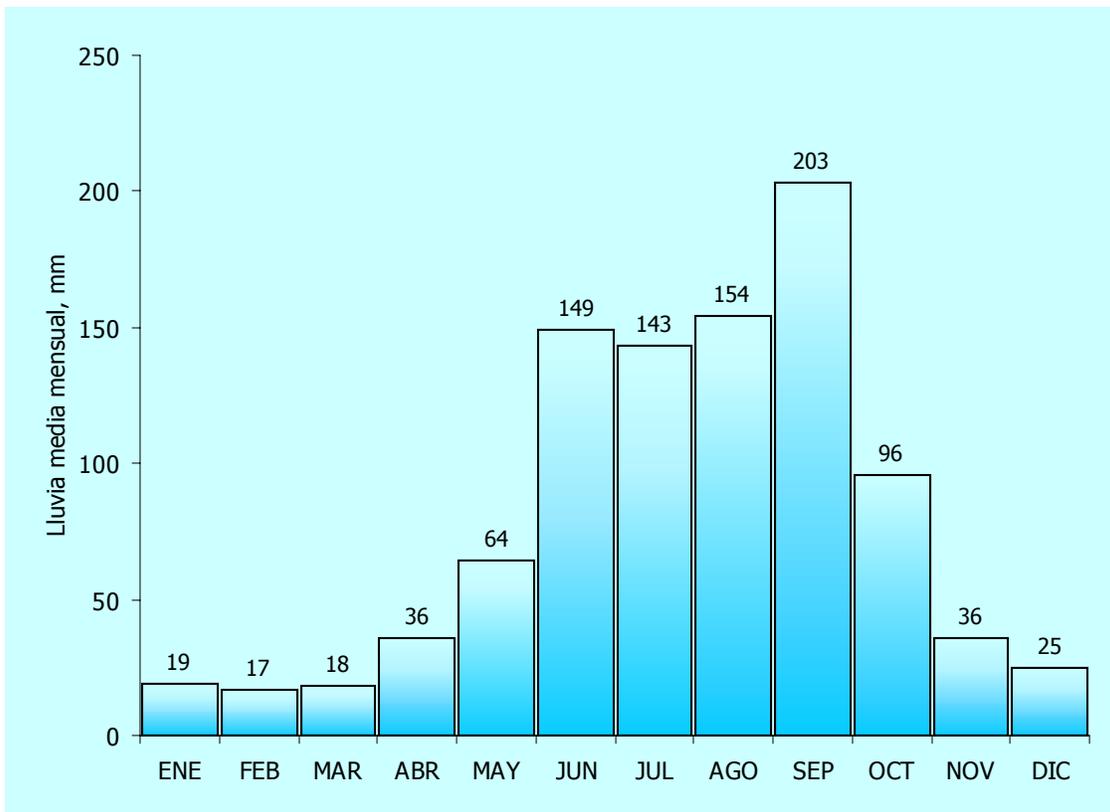


Figura 2.27. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de San Luis Potosí

2.2.25. Sinaloa



Situado en la parte Norte de la costa del Pacífico, entre los meridianos $105^{\circ} 22'$ y $109^{\circ} 30'$ de longitud Oeste y entre los paralelos $22^{\circ} 27'$ y $27^{\circ} 03'$ de latitud Norte. Sinaloa tiene una superficie de 58 092 kilómetros cuadrados (2.95% del total nacional). Limita al Norte con Sonora, al Noreste con Chihuahua, al Este con Durango, al Sur con Nayarit y al Oeste con el Golfo de California y el Océano Pacífico.

El Acta Constitutiva de la Federación, de enero de 1824, reunió a Sinaloa y Sonora en el Estado de Occidente, 6 años más tarde, en octubre de 1830, el Congreso de la Unión erigió ambas entidades en Estados Libres y Soberanos.

En el territorio sinaloense se distinguen dos regiones: la Sierra (Sierra Madre Occidental) y la Planicie Costera, aunque a ésta penetran algunas ramificaciones de aquélla. A medida que avanza hacia el extremo meridional, la sierra se va acercando al mar y deja pocas áreas de cultivo. También se localizan importantes cadenas montañosas entre las cuales destacan las sierras Espinazo del Diablo, Los Frailes y la de San Juan del Candelero. Los suelos varían en color desde los castaños de la costa, los amarillos de los bosques a los verde muy oscuro en la Sierra Madre Occidental. El Trópico de Cáncer atraviesa la entidad en las cercanías del puerto de Mazatlán.

Los numerosos ríos que nacen en las sierras de Chihuahua y Durango (en las quebradas y flancos de la vertiente poniente de la Sierra Madre Occidental) surcan el territorio de Sinaloa de Este a Oeste bajando con fuertes pendientes hacia el Océano Pacífico. Los principales ríos, a partir del Norte son: El Fuerte, el Sinaloa, el Culiacán, el San Lorenzo, el Elota, el Piaxtla, el Quelite, el Presidio, el Baluarte y el de Las Cañas. Un sistema fluvial permite a Sinaloa disponer de agua suficiente para regar toda el área agrícola disponible en el Estado, gracias a las presas Adolfo López Mateos (El Humaya) sobre la corriente del río Humaya que tiene una capacidad de almacenamiento de 4 064 millones de metros cúbicos, la presa Miguel Hidalgo (El Mahone) sobre la corriente del río Fuerte con una capacidad de 3 355 millones de m³ y otras como Bacurato (río Sinaloa), Sanalona (río Tamazula), Comedero (río San Lorenzo), Josefa Ortiz de Domínguez (aguas abajo de la Miguel Hidalgo). Estas presas se utilizan principalmente para riego, generación de energía eléctrica y para el control de avenidas. El litoral tiene una longitud de 640 kilómetros, en su mayor parte correspondiente al Golfo de California. Las bahías más importantes son las de Mazatlán, Altata, Topolobampo y Agiabampo.

La capital es Culiacán (el nombre oficial es Culiacán Rosales). Forman la entidad un total de 6 263 localidades distribuidas en 18 municipios de los cuales, nueve tienen de 10 mil a 50 mil habitantes; cuatro, de 50 mil a 100 mil habitantes; cuatro, de 100 mil a 500 mil habitantes; y uno, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales era de 16 792 kilómetros y la red ferroviaria de 1 176 kilómetros; tenía 3 aeropuertos (uno internacional y 2 nacionales) y 148 aeródromos; contaba también con 5 puertos marítimos (2 de altura y 3 de cabotaje).

Según el censo de población de 2000, la población total era de 2 536 844 habitantes, esto es, 44 hab/km², de los cuales 888 850 habitantes conformaban la población económicamente activa (35.04%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (27.84%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (16.78%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (50.84%); y actividades no especificadas (4.54%).

Los principales centros de población del Estado son: Culiacán (la capital), Mazatlán (puerto turístico de importancia), Los Mochis, Guamúchil, Ahome, Guasave, Escuinapa de Hidalgo y Navolato.

Se puede observar un clima cálido subhúmedo en la Sierra Madre Occidental y un clima cálido semiseco en el resto de la entidad con temperaturas medias anuales mayores a 22° C; excepto en las zonas más altas de la sierra, en donde la temperatura media anual es de 18° a 22° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el Estado se observa en la figura 2.28 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en la superficie de la entidad es de 793 mm. En general, las lluvias se presentan en verano y asimismo durante este periodo se presentan con cierta frecuencia perturbaciones ciclónicas provenientes del Océano Pacífico.

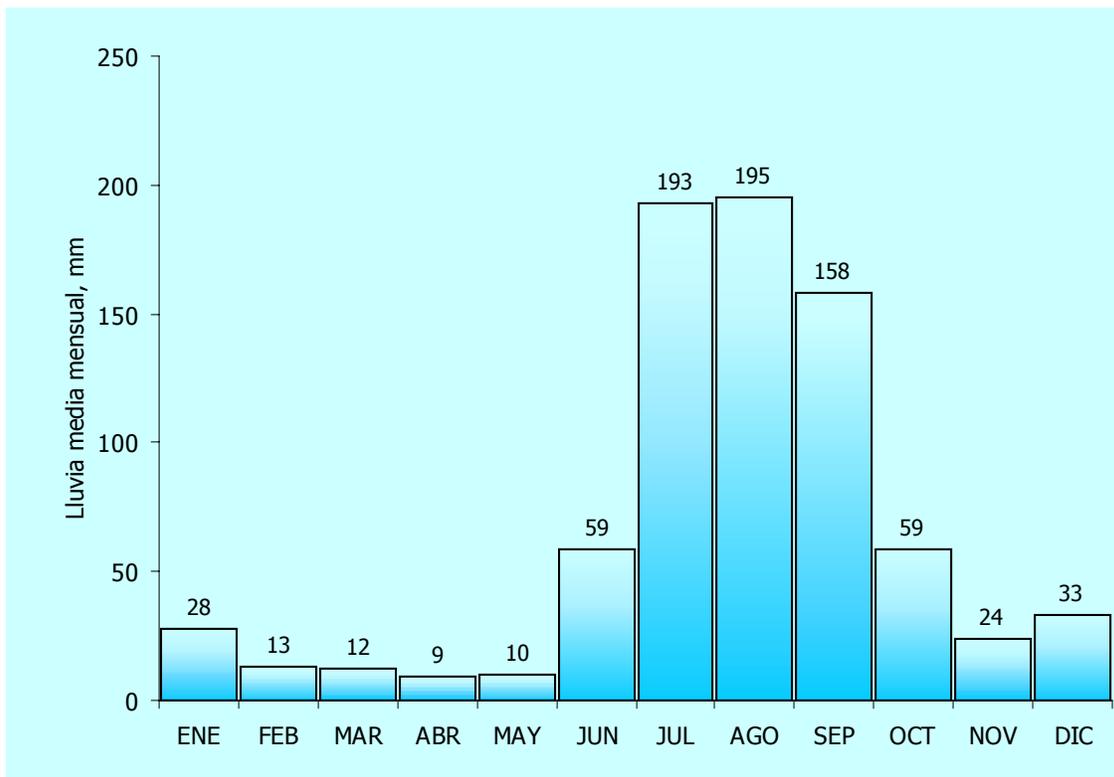
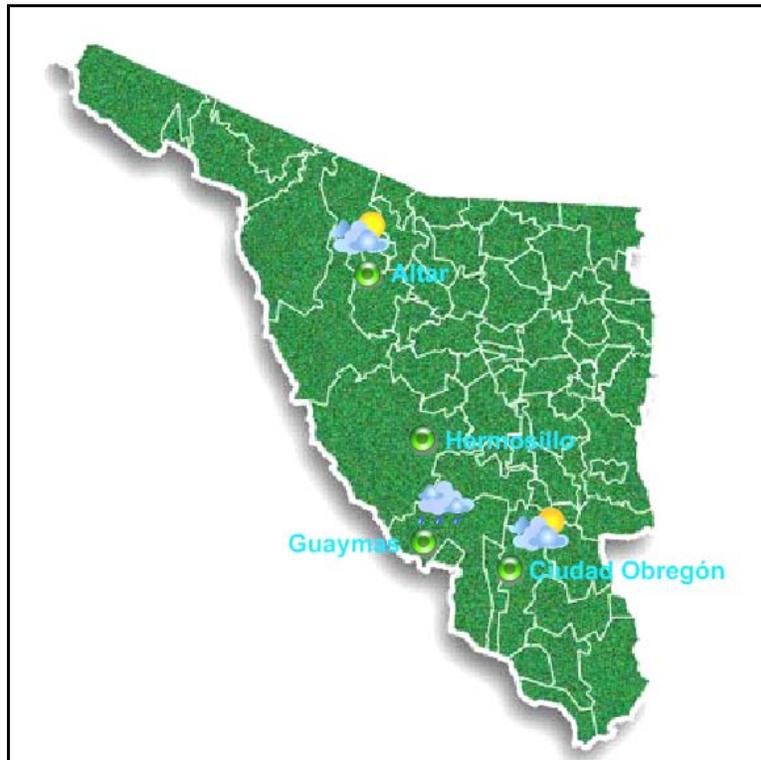


Figura 2.28. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Sinaloa

2.2.26. Sonora



Sonora se encuentra situado en el extremo noroeste de la República Mexicana, entre los meridianos 108° 34' 05" y 115° 01' 53" de longitud Oeste y entre los paralelos 26° 14' 13" y 32° 29' 26" de latitud Norte. La entidad tiene una superficie de 184 934 kilómetros cuadrados (9.4% del total nacional). Limita al Norte con los Estados Unidos de América, al Este con Chihuahua, al Sudeste con Sinaloa, al Sur y al Oeste con el Golfo de California y al Noroeste con Baja California. Tiene un litoral con el Mar de Cortés de 1 207 kilómetros de longitud.

En 1824, el Acta Constitutiva de la Federación creó el Estado Unido de Occidente integrado por Sonora y Sinaloa; en octubre de 1830, el Congreso Federal los separó y constituyó los estados de Sinaloa y Sonora.

Del lado de la costa se extiende una planicie (semiseca y desértica), amplia en el Norte y angosta en el Sur, desde el río Colorado, al Noroeste del Estado, pasando por el desierto de Altar, el desierto de Sonora, hasta los valles y ricas planicies aluviales aptas para las zonas agrícolas de riego de los ríos Sonora, Altar, Yaqui y Mayo; hacia el Este la altitud va en aumento hasta alcanzar la Sierra Madre Occidental que recorre prácticamente toda la zona.

Este del Estado de norte a sur con diferentes nombres: Cananea, Moctezuma y Palomas en el Norte, luego, San Bernardino, Nacozari, Oputo, Aconchi, Sierra Prieta, Sonoyta y Pinacate al centro y, en el Sur, San Javier, Seraqui, Batuc, Álamos, Bacatete; y otras más, donde el terreno es muy abrupto.

Por ello se distinguen tres grandes áreas: el desierto, la zona serrana y la zona transicional. En la primera, la falta de humedad origina los extensos arenales de Altar; en la segunda, en las partes altas de la sierra prosperan bosques de pinos y encinos; y en la tercera, destacan las planicies aluviales.

La hidrografía se integra de norte a sur: por el río Colorado en la parte que corre por el territorio mexicano antes de su desembocadura en el Golfo de California. En la zona desértica de Sonora existen los arroyos Sonoyta y El Coyote, secos casi todo el año; el río Altar formador del río de la Concepción; el río San Ignacio; el río Bacoachi; el río Sonora, cuyos escurrimientos no llegan al mar porque se pierden por infiltración en los arenales situados aguas abajo, al sudoeste de Hermosillo. Se han construido presas y obras hidráulicas para aprovechar el riego de tierras de labranza con las aguas de la mayoría de los ríos y arroyos de la entidad, destacando la presa Álvaro Obregón (Oviachic) que aprovecha la corriente del río Yaqui, tiene una capacidad de almacenamiento de 3 227 millones de m³ y es utilizada para el riego de la región, generación de energía eléctrica y para el control de avenidas. También operan las presas presidente Plutarco Elías Calles, presidente Adolfo Ruiz Cortines y la Angostura. La mayor de las islas sonorenses es la Tiburón, tiene una superficie de 1 208 kilómetros cuadrados, aloja al Oriente la sierra Kunkaak y al Poniente la sierra Menor, con elevaciones hasta de 1 215 metros.

La capital es Hermosillo. Forman la entidad 8 110 localidades distribuidas en 70 municipios de los cuales, 41 tienen menos de cinco mil habitantes; nueve, de cinco mil a 10 mil habitantes; diez, de 10 mil a 50 mil habitantes; cuatro, de 50 mil a 100 mil habitantes; cinco, de 100 mil a 500 mil habitantes; y uno, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales tenía 24 164 kilómetros y 2 014 kilómetros de ferrocarriles; contaba con cinco aeropuertos (tres internacionales y dos nacionales) y 181 aeródromos; así como trece puertos marítimos (de los cuales, tres son de altura, ocho de cabotaje y dos pesqueros).

Conforme al censo de población de 2000, la población total alcanzó 2 216 969 habitantes (12 hab/km²), de los cuales la población económicamente activa ascendía a 819 969 habitantes (36.99%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (15.70%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (29.05%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (50.68%); y actividades no especificadas (4.57%).

Los principales centros de población en la entidad son: Hermosillo (la capital), Ciudad Obregón, Nogales, Guaymas, Navojoa, Huatabampo, Empalme, Cananea, Agua Prieta, Caborca y San Luis Río Colorado.

El clima en Sonora es variado y extremoso. Por lo que se refiere a su humedad se puede clasificar en: seco o árido en la zona noroeste, oeste y sudoeste (en el desierto y planicies); subhúmedo, en las partes altas de la Sierra Madre Occidental; y semiseco en la zona de transición entre la Sierra Madre y la parte de los desiertos, valles y planicies. Con relación a la temperatura se pueden apreciar tres zonas térmicas: la primera en el desierto de Altar, regiones costeras y partes bajas de la sierra con temperaturas medias anuales de tipo semicálido (de 18° a 22° C); la segunda en las planicies aluviales, la temperatura es cálida (mayor a 22° C); y la tercera en las partes altas de la Sierra Madre Occidental con temperaturas templadas cuyas medias anuales van de 12° a 18° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el estado se observa en la figura 2.29 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 428 mm. En general, las lluvias son escasas, con lluvias de verano en las partes montañosas.

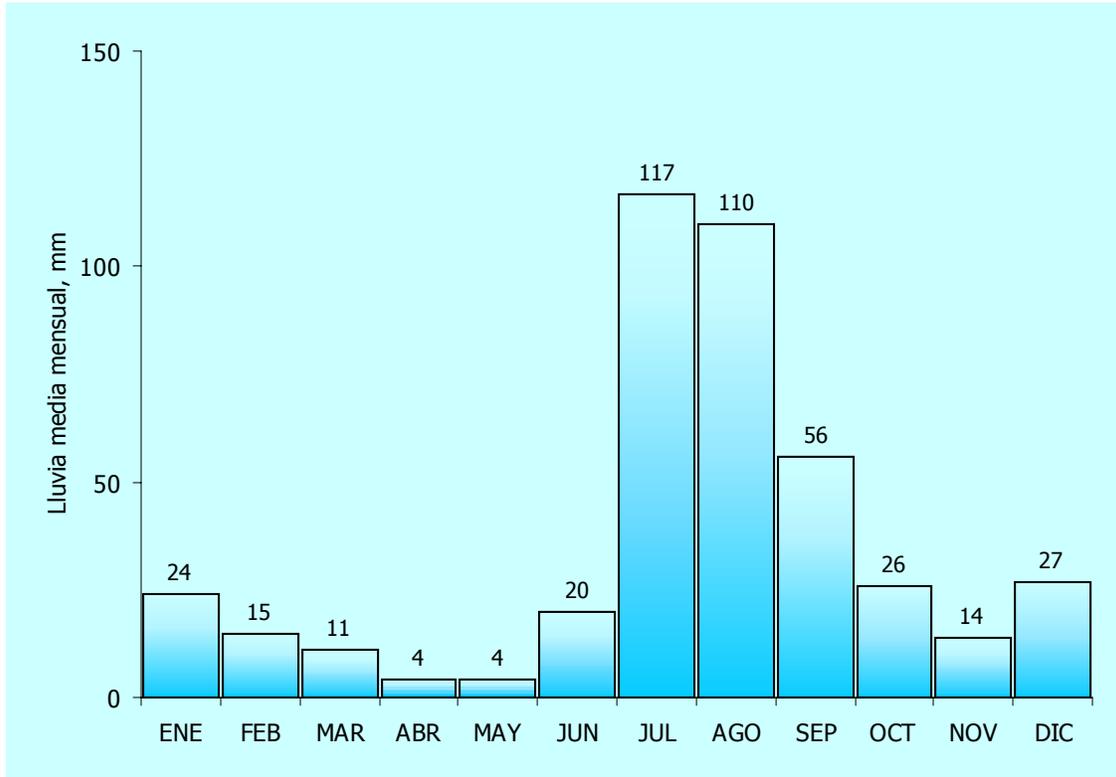
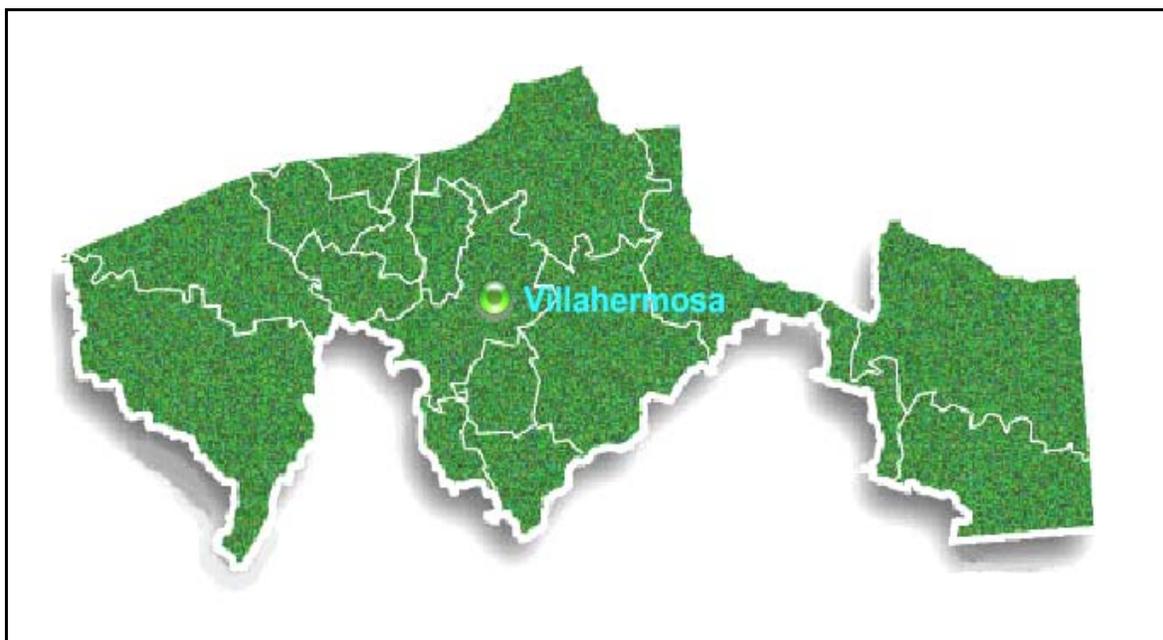


Figura 2.29. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Sonora

2.2.27. Tabasco



Situado en el sudeste de la República, entre los meridianos $90^{\circ} 58' 06''$ y $94^{\circ} 07' 51''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $17^{\circ} 15' 04''$ y $18^{\circ} 38' 28''$ de latitud Norte. Tabasco tiene una superficie de 24 661 kilómetros cuadrados (1.25% del total nacional). Limita al Norte con el Golfo de México y Campeche, al Sudeste con Guatemala, al Sur con Chiapas y al Oeste con Veracruz.

Durante los tres siglos coloniales, Tabasco fue una Alcaldía Mayor, adscrita a la Capitanía General de Yucatán, hasta que en enero de 1824, el Acta Constitutiva de la Federación otorgó a Tabasco la calidad de Estado Libre y Soberano. Tabasco significa en náhuatl: "tierra anegada".

Limitado al Sur por la Sierra Atravesada y la Meseta Central de Chiapas, el Estado pertenece a la planicie costera del sudeste. La mayor parte de su territorio está formado por tierras de aluvión y al Oriente se tiene una gran zona inundable con abundancia de pantanos permanentes. Carece de bosques maderables y la vegetación revela la formación reciente del suelo.

Los principales ríos son el Grijalva y el Usumacinta, en su curso bajo. Los afluentes del Grijalva son el Tacotalpa, el Pichucalco y el Tepetitán; y los afluentes del Usumacinta son: el San Pedro y San Pablo, el Chocoljá y el Chacamax. El río San Pedro y San Pablo es un brazo del Usumacinta. Por el Oeste escurre el Tonalá-Tancochapa-Pedregal, cuyos tributarios son el Zanapa-Coatajapan, el Blasillo y el Chicozapote. El río Tonalá sirve de lindero geográfico de Tabasco con Veracruz.

Todos los ríos descritos son navegables en cientos de kilómetros. Gracias a la presa Nezahualcóyotl (Malpaso) construida en el río Grijalva en territorio chiapaneco, se ha podido controlar, en parte, el régimen y el cauce divagante del río antes de su desembocadura, permitiendo la generación de energía hidroeléctrica y el riego de auxilio en el proyecto de la Chontalpa. Tiene una extensión de litoral bañado por el Golfo de México de 183 kilómetros de longitud.

Las lagunas El Carmen, Machona y Mecoaca son las más importantes de la entidad.

La capital es Villahermosa. Forman la entidad 2 605 localidades distribuidas en 17 municipios, de los cuales, cinco tienen de 10 mil a 50 mil habitantes; siete, de 50 mil a 100 mil habitantes; y cinco, de 100 mil a 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales alcanzó la cifra de 5 682 kilómetros y la red ferroviaria de 315 kilómetros; contaba con un aeropuerto internacional y 17 aeródromos, así como, dos puertos marítimos y ocho fluviales (de los cuales dos son de altura y cinco de cabotaje).

Según el censo de población de 2000, la población total llegó a ser de 1 891 829 habitantes (77 hab/km²), con una población económicamente activa de 611 381 habitantes (32.32%), repartidos en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (27.37%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (18.19%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (50.33%); y actividades no especificadas (4.11%).

Los centros de población más importantes del Estado son: Villahermosa (la capital), Comalcalco, Cárdenas, Benito Juárez, Macuspana, Teapa, Paraíso, Las Choapas y Chiltepec.

El clima en Tabasco es cálido húmedo con temperaturas medias anuales mayores a 22° C. El comportamiento de la lluvia media mensual en el Estado se observa en la figura 2.30 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 2 413 mm. En general, en todo el Estado las lluvias son abundantes y se presentan predominantemente en verano.

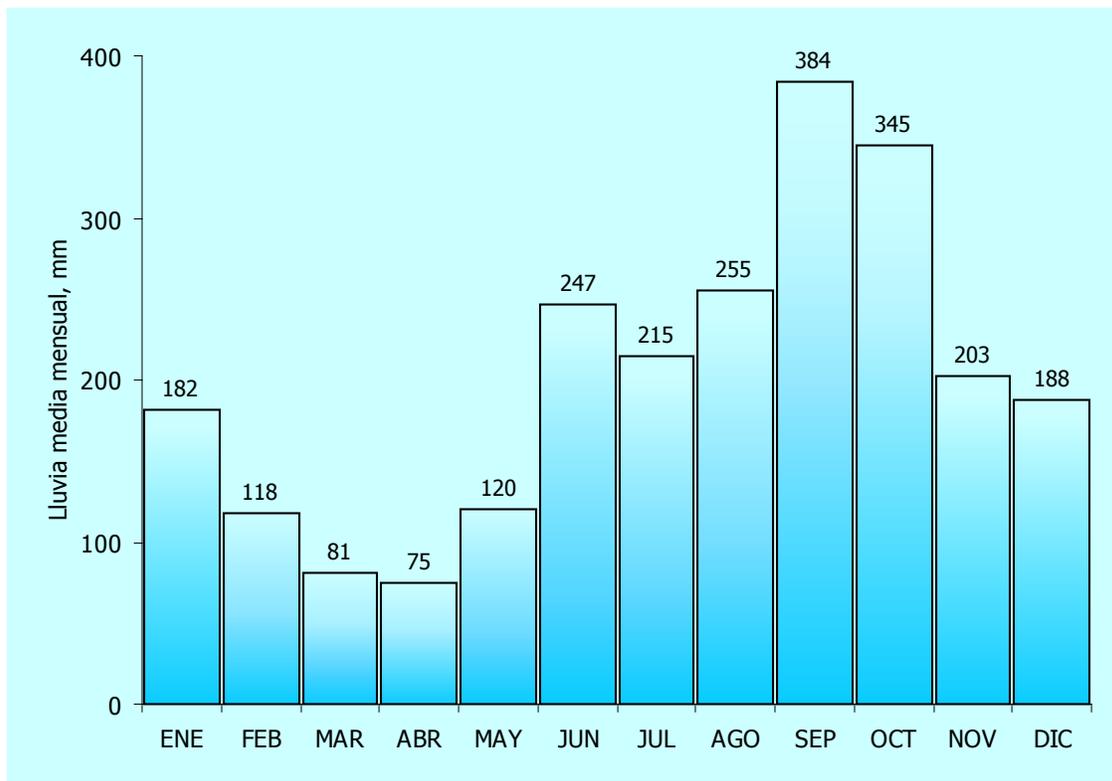


Figura 2.30. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Tabasco

2.2.28. Tamaulipas



Situado en el extremo noreste del país entre los meridianos $97^{\circ} 08' 33''$ y $100^{\circ} 07' 39''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $22^{\circ} 12' 32''$ y $27^{\circ} 41' 16''$ de latitud Norte, Tamaulipas tiene una superficie de 79 829 kilómetros cuadrados (4.06% del total nacional). Limita al Norte con los Estados Unidos de América, al Este con el Golfo de México, al Sur con Veracruz, al Sudoeste con San Luis Potosí y al Oeste con Nuevo León.

El Estado de Tamaulipas (anteriormente Provincia de Nuevo Santander) fue enunciado en el Acta Constitutiva de la Federación de enero de 1824 y erigido por la Constitución Federal del 4 de octubre del mismo año.

Tres cuartas partes del territorio corresponden a la planicie costera, cuya altitud es menor de 350 metros sobre el nivel del mar y en el extremo sudoeste domina la Sierra Madre Oriental. En ella destacan las cumbres de Marcela (3 400 m) y de Peña Nevada (3 661 m). El Trópico de Cáncer pasa por el sur de la entidad. Los ríos principales son el Bravo, que marca la frontera con los Estados Unidos de América y sus afluentes Álamo y San Juan; el San Fernando; el Soto la Marina, formado por el Pílon, el Purificación y el San Marcos; el Tamesí, que sirve de límite geográfico de la entidad con Veracruz y cuyo principal formador es el Guayalejo; y el Pánuco, que forma parte del límite geográfico con Tamaulipas.

El litoral tamaulipeco tiene una extensión de 457 kilómetros de longitud, es bajo y arenoso, casi sin vida vegetal; no tiene escollos a flor de agua, ni arrecifes; está bordeado por una serie de médanos de poca elevación. Las corrientes que desembocan en el Golfo de México forman albúferas donde se mezcla el agua del mar y de los ríos; las principales son la Laguna Madre, en el Norte, y las de Almagre, Morelos y San Andrés, en el Sur.

Por su importancia destacan las presas siguientes: Internacional Falcón en el río Bravo con capacidad de almacenamiento de 5 038 millones de metros cúbicos que se utiliza para riego, generación de energía eléctrica, control de avenidas y suministro de agua potable; la Vicente Guerrero (Las Adjuntas) en el río Soto la Marina con capacidad de 5 283 millones de metros cúbicos utilizada para riego, control de avenidas y suministro de agua potable; la Marte R. Gómez en el río San Juan; y otras derivadoras.

La capital es Ciudad Victoria. Forman la entidad 8 826 localidades distribuidas en 43 municipios, de los cuales, ocho tienen menos de cinco mil habitantes; ocho, de cinco mil a 10 mil habitantes; 16, de 10 mil a 50 mil habitantes; dos, de 50 mil a 100 mil habitantes; y nueve, de 100 mil a 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales ascendió a 7 527 kilómetros de longitud y 968 kilómetros de vías férreas; contaba con cinco aeropuertos (cuatro internacionales y uno nacional) y 209 aeródromos; tenía también cuatro puertos marítimos, dos fluviales y cinco interiores (de todos ellos, dos son de altura, dos de cabotaje y uno pesquero).

Según el censo de población de 2000 la población total fue de 2 753 222 habitantes (34 hab/km²), con una población económicamente activa de 1 026 590 habitantes (37.29%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (9.05%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (33.53%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (52.88%); y actividades no especificadas (4.54%).

Los centros de población más importantes de la entidad son: Matamoros, Reynosa, Tampico, Nuevo Laredo, Ciudad Victoria (la capital), Valle Hermoso, Ciudad Mante, Altamira, Soto La Marina, Río Bravo, Ciudad Camargo y San Fernando.

El clima presenta importantes variaciones vinculadas a la altitud, la influencia del mar y la retención de humedad en las montañas. En la llanura costera y en la parte noreste del Estado el clima es cálido semiseco; al Sur, cálido subhúmedo con temperaturas medias anuales mayores a 22° C; en la Huasteca, semicálido subhúmedo; y en la Sierra Madre de Tamaulipas, templado húmedo con temperaturas medias anuales entre 12° y 18° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el Estado se observa en la figura 2.31 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 766 mm. y, en general, las lluvias se presentan en verano, excepto en la parte Norte en donde éstas son irregulares

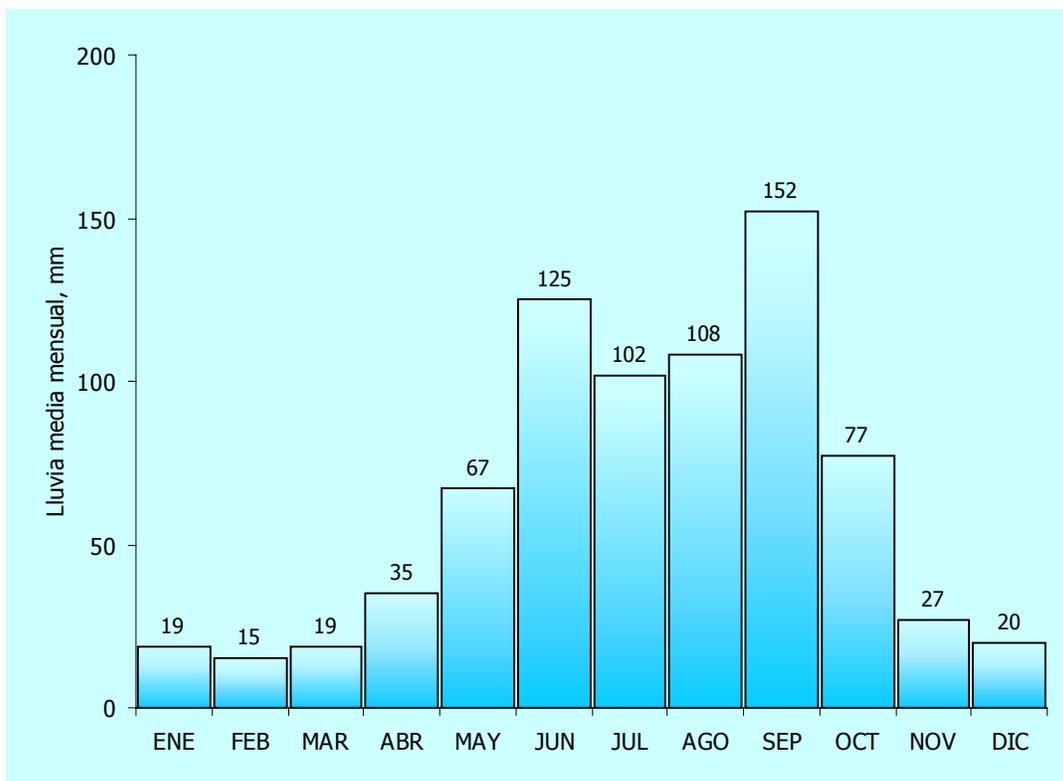


Figura 2.31. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Tamaulipas

2.2.29. Tlaxcala



Tlaxcala se encuentra situado en el vértice sudeste de la Mesa Central entre los meridianos $97^{\circ} 37' 08''$ y $98^{\circ} 44' 16''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $19^{\circ} 06' 14''$ y $19^{\circ} 38' 16''$ de latitud Norte. Tiene una superficie de 3 914 kilómetros cuadrados (0.2% del total nacional). Limita al Norte con Hidalgo y Puebla, al Oriente y al Sur con Puebla y al Poniente con el Estado de México.

En 1786 Tlaxcala fue adscrito a la Intendencia de Puebla en 1793 recuperó su autonomía, en octubre de 1824 fue declarado como Territorio Federal y no fue sino hasta 1856 en que fue erigido por el Congreso de la Federación como Estado de la Federación.

Su territorio, el más pequeño de las entidades federativas, se caracteriza por grandes llanuras, cortadas a menudo por profundas barrancas erosionadas; porciones de la cordillera Neovolcánica, formadas por colinas y cerros de poca altura, pobladas de coníferas, agaves y cactus; y hacia el Norte y el Sur, montañas boscosas que contrastan con la apariencia del resto en la época de estiaje. La elevación máxima es el volcán Matlalcuéyatl (Malinche) de 4 481 metros de altura sobre el nivel del mar; y la elevación más baja, el Panzacola, se eleva a 2 140 m.

El sistema orográfico está conformado por tres cadenas montañosas y cuatro regiones planas. Las cadenas montañosas son las sierras de la Caldera y de Tlaxco, al Norte; la Malinche y el espolón de la Sierra Nevada, al Sur; y la sierra que las une, al centro. Las planicies son el valle de Pie Grande, prolongación de los llanos de Apan; la llanura de Huamantla, al Este; las vegas de los ríos Atoyac y Zahuapan, al Sur; y los pequeños valles centrales de Tlaxco, Apizaco, Chiautempan, Tlaxcala y Panotla.

Las cuencas hidrográficas, a su vez, son las de los ríos Atotonilco, Corral Viejo y el Salto, al Norte; la formada por las corrientes temporales que desaguan en pequeñas lagunas y ciénagas (lagunas de Tochac, Jaimeme y de Vicencio); la que se desprende de la Sierra Nevada; y la correspondiente a los ríos Zahuapan y Atoyac, en el centro y sur.

La capital es Tlaxcala (su nombre oficial es Tlaxcala Xicoténcatl). Forman la entidad 1 245 localidades distribuidas en 60 municipios de los cuales, 16 tienen menos de cinco mil habitantes; 15, de cinco mil a 10 mil habitantes; 25, de 10 mil a 50 mil habitantes; y cuatro, de 50 mil a 100 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales era de 2483 kilómetros de longitud y la red ferroviaria de 107 kilómetros; contaba aeródromo.

La población total según el censo de 2000, ascendió a 962 646 habitantes (246 hab/km²), con una población económicamente activa de 332 833 habitantes (34.57%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (17.98%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (37.36%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (41.38%); y actividades no especificadas (3.28%).

Los principales centros de población en la entidad son: Tlaxcala (la capital), Huamantla, Apizaco, Tlaxco, Chiautempan, San Pablo del Monte, Zacatelco y Calpulalpan.

El clima en Tlaxcala es templado húmedo, excepto en una pequeña parte en el Este de la entidad en donde es templado semiseco; se aprecian temperaturas medias anuales entre 12° y 18° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el estado se observa en la figura 2.32 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 711 mm, y en general, las lluvias se presentan en verano.

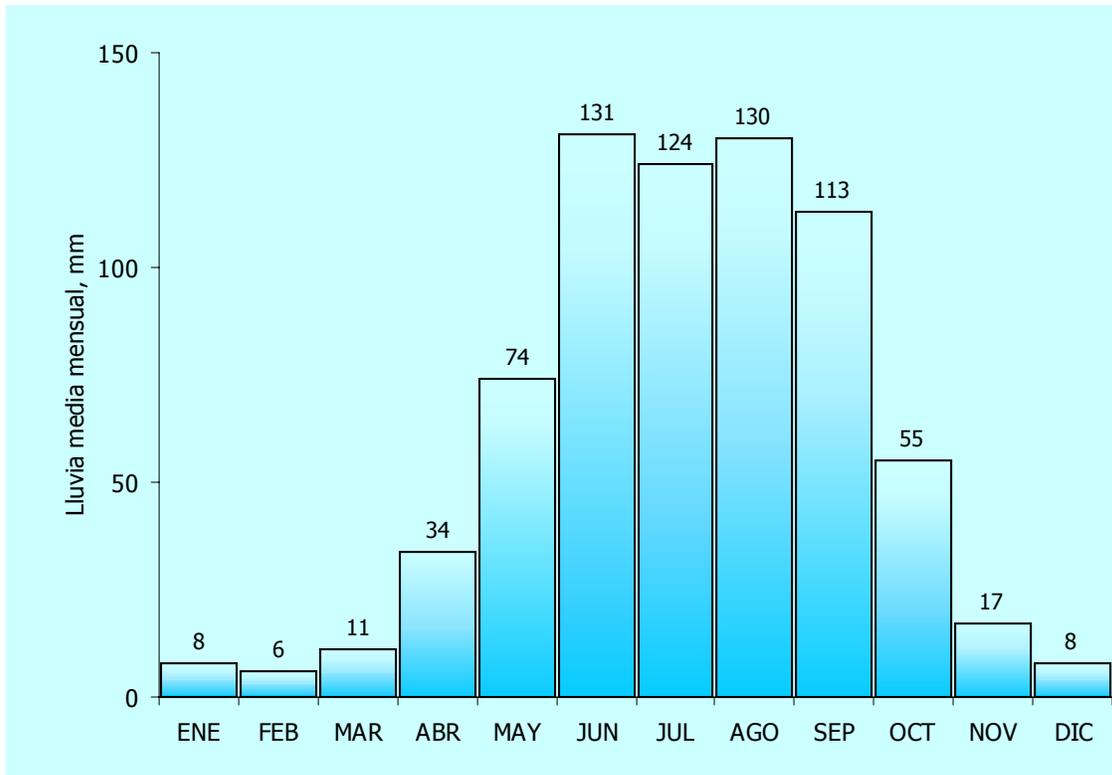


Figura 2.32. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Tlaxcala

2.2.30. Veracruz



Situado en la parte media oriental de la República entre los meridianos $93^{\circ} 35' 57''$ y $98^{\circ} 38' 29''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $17^{\circ} 08' 38''$ y $22^{\circ} 28' 12''$ de latitud Norte. Veracruz tiene una superficie de 72 815 kilómetros cuadrados (3.7% del total nacional). Limita al Norte con Tamaulipas, al Este con el Golfo de México con un litoral de 745 kilómetros, al Sudeste con Chiapas y Tabasco, al Sudoeste con Oaxaca y al Oeste con Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí.

Veracruz, es un nombre dado por Hernán Cortés en 1519 al fundar la Villa Rica de la Veracruz. Aquí se firmaron los tratados de Córdoba que pusieron término a la dominación de España y con base a la Constitución Federal de 1824 se convirtió en Estado Libre y Soberano. El nombre oficial del Estado es "Veracruz-Llave".

En su territorio se distinguen tres regiones: la sierra, la llanura y la altiplanicie. La Sierra Volcánica Transversal forma un macizo en la parte central del Estado, cuyas máximas elevaciones son el Citlaltépetl o Pico de Orizaba, de 5 610 metros de altura sobre el nivel del mar (el más alto de la República Mexicana), el Cofre de Perote, de 4 250 m, así como las cumbres de Acultzingo y Maltrata. Entre la sierra y la costa se alojan las extensas llanuras de barlovento y de sotavento.

La altiplanicie, a su vez comprende porciones de los municipios de Huayacocotla y Texcatepec, en el Norte; Perote y Aldama, en el centro; y Jalacingo y Altotonga, en el Sur. En la zona del Istmo se encuentran los Tuxtlas con montañas cuyas estribaciones llegan hasta el mar.

Estando Veracruz en una zona de alta precipitación pluvial en casi todos los meses del año, resulta ser la entidad con mayor volumen de agua superficial, ya que sus ríos descargan al mar más del 30% del caudal de todos los ríos del país. Los principales ríos son el Pánuco (que marca la frontera de Veracruz con Tamaulipas); el Tempoal, el Tuxpan (que forma parte del límite con el estado de Puebla), el Cazones, el Tecolutla, el Nautla, el Misantla, el Actopan, el de la Antigua, el Jamapa, el Blanco, el Papaloapan, el Coatzacoalcos y el Tonalá (que señala el límite con Tabasco). La albúfera más notable es la de Tamiahua y la mayor laguna es la de Catemaco.

La capital es Jalapa (su nombre oficial es Xalapa). Forman la entidad 22 032 localidades distribuidas en 207 municipios de los cuales, 24 tienen menos de cinco mil habitantes; 32, de cinco mil a 10 mil habitantes; 123, de 10 mil a 50 mil habitantes; 15, de 50 mil a 100 mil habitantes; y 13, de 100 mil a 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales era de 15 928 kilómetros de longitud y la red ferroviaria de 1 675 kilómetros; tenía tres aeropuertos (uno internacional y dos nacionales) y 15 aeródromos; además contaba con ocho puertos marítimos, 14 fluviales y 3 interiores (de los cuales cinco son de altura, once de cabotaje y uno de pesca).

Según el censo de población de 2000, la población total era de 6 908 975 habitantes (95 hab/km²), con una población económicamente activa de 2 378 799 habitantes, esto es, el 34.43%, distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (31.35%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (19.27%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (46.20%); y actividades no especificadas (3.18%).

Los centros de población más importantes de la entidad son: Veracruz, Xalapa (la capital), Córdoba, Orizaba, Poza Rica, Coatzacoalcos, Alvarado, Cosamaloapan, San Andrés Tuxtla, Martínez de la Torre, Papantla, Tuxpan, Coatepec, Perote, Minatitlán, Ciudad Mendoza y Cerro Azul.

En la parte occidental del Estado limítrofe, con Hidalgo, Puebla y Oaxaca, en donde se encuentran las sierras (en la periferia del Eje Neovolcánico y de la sierra de Juárez), el clima es templado húmedo con temperaturas medias anuales entre 12° y 18° C; en la parte sur del Estado desde los Tuxtlas hasta el límite con Tabasco y en la parte media, de Tecolutla a Huatusco, se tiene un clima semicálido húmedo con temperaturas medias anuales entre 18° y 22° C; en el resto del Estado impera un clima cálido subhúmedo con temperaturas medias mayores a 22° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el Estado se observa en la figura 2.33 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en el área de la entidad es de 1 475 mm. En general, las lluvias se presentan en verano, salvo la parte central occidental del Estado (en el Eje Neovolcánico) en donde se presentan de forma irregular.

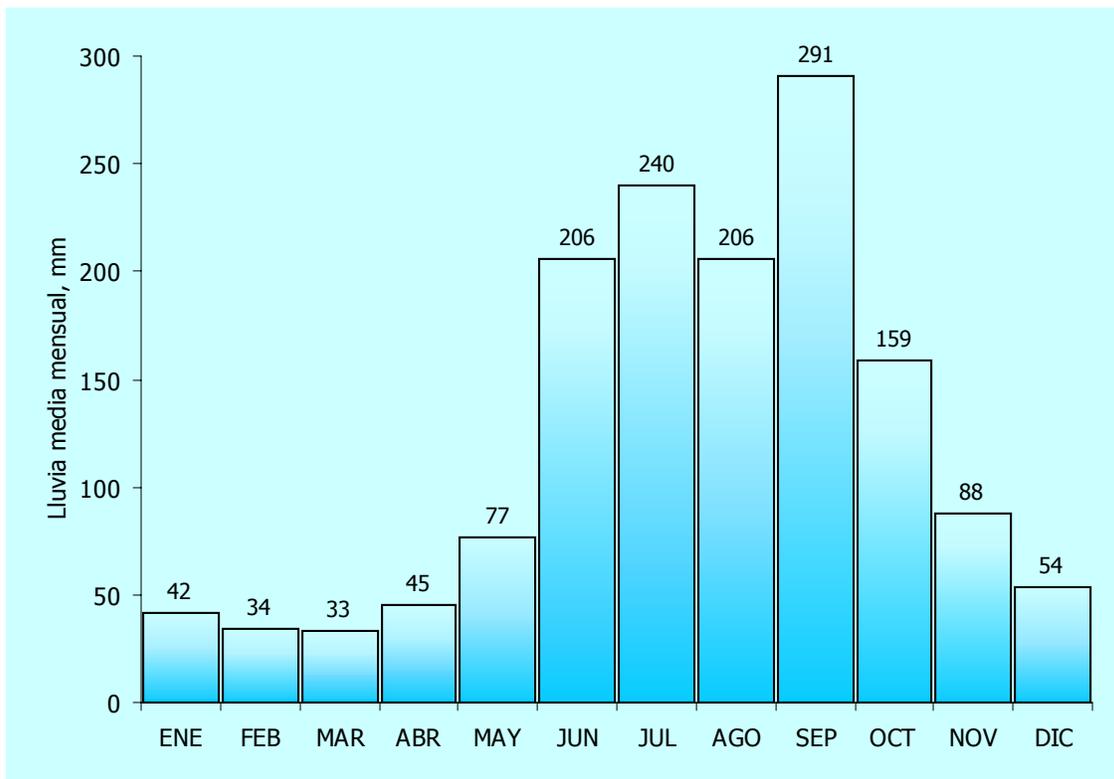
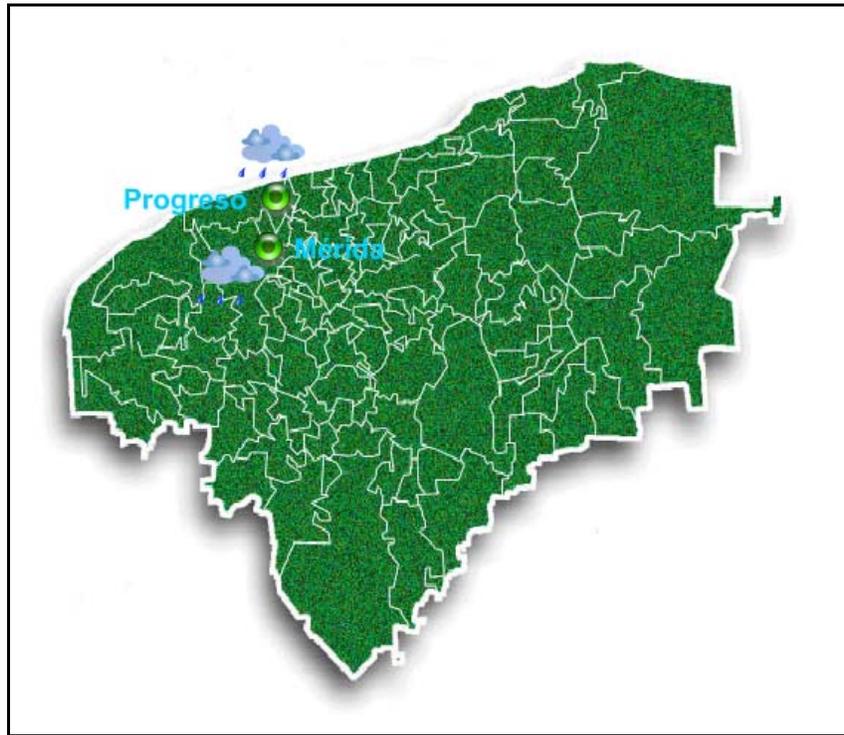


Figura 2.33. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Veracruz

2.2.31. Yucatán



Yucatán está situado en la parte Norte de la península del mismo nombre, entre los meridianos 87° 31' 05" y 90° 24' 57" de longitud Oeste y entre los paralelos 19° 34' 05" y 21° 38' 19" de latitud Norte. Tiene una superficie de 39 340 kilómetros cuadrados (2% del total nacional). Limita al Norte y Noroeste con el Golfo de México con un litoral de 342 kilómetros, al Este y Sudeste con Quintana Roo y al Sudoeste con Campeche.

Desde mediados del tercer milenio antes de Cristo los Mayas habitaban la península de Yucatán; en 1824 la Legislatura local juró la Constitución Federal. En 1835, cuando al implantarse el régimen centralista, Yucatán perdió su soberanía y se convirtió en Departamento; en 1840 se rompieron relaciones con México y no fue sino hasta el 17 de agosto de 1848 cuando se reincorporó a México. En 1857 se separó Campeche y en 1902 se segregó Quintana Roo de Yucatán.

Se considera que en épocas geológicas pasadas Yucatán estuvo sumergido en el mar y después emergió como una enorme planicie cárstica (roca calcárea). Su territorio es una losa plana con ligeras salientes y hondonadas cuyo máximo desnivel no pasa de seis metros. Gran parte de los suelos están desprovistos de tierra vegetal, son pedregosos y muestran afloramientos calcáreos. Solamente al Sur y al Oriente se hallan amplias extensiones fértiles.

Carece totalmente de ríos. Para el abastecimiento de agua se cuenta únicamente con las corrientes que abundan en el subsuelo y que a menudo afloran en los cenotes.

La capital es Mérida. Forman la entidad 3 363 localidades distribuidas en 106 municipios de los cuales, 59 tienen menos de cinco mil habitantes; 23, de cinco mil a 10 mil habitantes; 21, de 10 mil a 50 mil habitantes; dos, de 50 mil a 100 mil habitantes; y uno, más de 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y de caminos vecinales era de 9 099 kilómetros y la red ferroviaria tenía 605 kilómetros de longitud; contaba con un aeropuerto internacional y 4 aeródromos; así como también, 4 puertos marítimos (de los cuales uno es de altura y tres son de cabotaje).

La población total según el censo de 2000 ascendió a 1 658 210 habitantes (42 hab/km²) con una población económicamente activa de 623 033 habitantes (37.57%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (17.04%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (27.97%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (52.80%); y actividades no especificadas (2.19%).

Los centros de población más importantes de la entidad son: Mérida (la capital), Tizimín, Valladolid, Uman y Progreso.

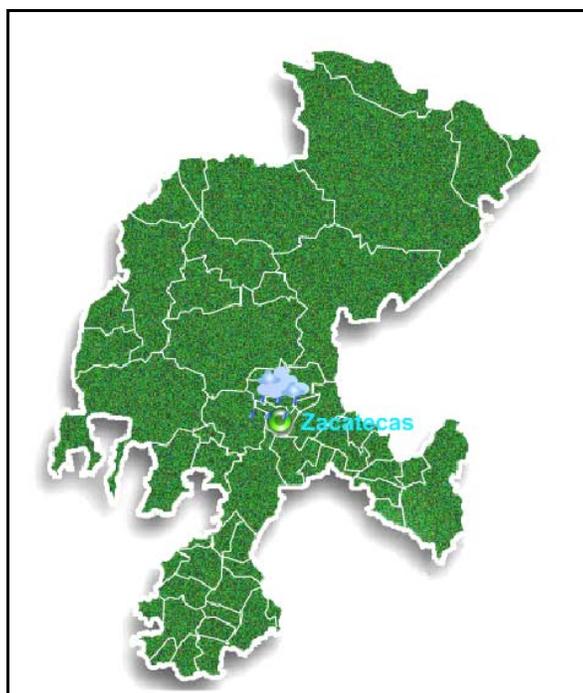
En la zona costera de la entidad se tiene un clima cálido seco con temperaturas medias anuales mayores a 22° C; mientras que el resto de la entidad cuenta con clima cálido subhúmedo con temperaturas medias anuales entre 18° y 22° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el Estado se observa en la figura 2.34 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en la superficie de la entidad es de 1 108 mm. En general, en el Estado se tiene un régimen de lluvia de verano y periódicamente tiene la incidencia de ciclones tropicales provenientes del Mar Caribe.



Figura 2.34. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Yucatán

2.2.32. Zacatecas



Zacatecas se encuentra situado en la porción meridional de la Mesa del Norte entre los meridianos $100^{\circ} 48' 49''$ y $104^{\circ} 18' 39''$ de longitud Oeste y entre los paralelos $21^{\circ} 03' 48''$ y $25^{\circ} 05' 58''$ de latitud Norte. Tiene un área de 75 040 kilómetros cuadrados (3.81% del total nacional). Limita al Norte con Coahuila, al Este con San Luis Potosí, al Sur con Jalisco y Aguascalientes, al Oeste con Durango y Nayarit y al Noreste con Nuevo León.

En 1824, la entidad fue reconocida como Estado Libre y Soberano por el Congreso General Constituyente y en 1835, por problemas de tipo bélico, fue sometido por el Gobierno Central y perdió la porción del entonces Territorio de Aguascalientes.

Las sierras de Valparaíso, Jerez o Colotlán, Chalchihuites, Fresnillo, Palomas, Nochixtlán, Fría y del Pino ocupan la mayor parte de su territorio, con alturas por encima de los 2 000 mil metros de altitud. Asimismo, las principales elevaciones, cuya altura en metros sobre el nivel del mar se indica entre paréntesis, son los cerros Blanco (2 400 m), del Cuervo (2 800 m), Temeroso (2 800 m), de los Novillos (2 200 m) y del Ángel (2 726 m). Al Noroeste se extienden los grandes llanos de Gruñidora, cortados por las formaciones montañosas de Zuloaga, La Candelaria, Teyra, Novillos y Mazapil.

La vertiente oriental de las sierras drena por el río Grande o de las Nieves al Aguanaval, en Coahuila; y la opuesta, por los ríos Valparaíso, Colotlán y Juchipila, al Santiago, que desagua en el Océano Pacífico.

La capital es Zacatecas. Forman la entidad 4 882 localidades distribuidas en 56 municipios de los cuales, 10 tienen menos de cinco mil habitantes; 13, de cinco mil a 10 mil habitantes; 26, de 10 mil a 50 mil habitantes; cuatro, de 50 mil a 100 mil habitantes; y tres, de 100 mil a 500 mil habitantes.

En 1998 (INEGI, 1999) la red de carreteras principales, secundarias y de caminos vecinales ascendió a 9 899 kilómetros de longitud y 675 kilómetros de ferrocarriles; contaba con un aeropuerto internacional y 4 aeródromos.

Según el censo de población de 2000, la población total era de 1 353 610 habitantes (18 hab/km²) y la población económicamente activa de 358 449 habitantes (26.48%), distribuida en los siguientes porcentajes por sector de actividad: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca y servicios relacionados con estas actividades (20.40%); minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción (26.35%); comercio, transportes, comunicaciones y servicios (48.82%); y actividades no especificadas (4.43%).

Los centros de población más importantes de la entidad son: Fresnillo, Zacatecas (la capital), Guadalupe, Sombrerete, Pinos, Loreto, Ojo Caliente, Jerez, Jalpa, Tlaltenango, Valparaíso y Concepción del Oro.

En la Sierra Madre Occidental (en el sudoeste del Estado) se tiene un clima templado subhúmedo con temperaturas medias anuales entre 12° y 18° C; en la parte Este central se tiene un clima templado semiseco con temperaturas medias anuales entre 12° y 18° C; en la parte Norte se tiene un clima semicálido semiseco con temperaturas medias anuales entre 18° y 22° C.

El comportamiento de la lluvia media mensual en el estado se observa en la figura 2.35 y a partir de su análisis se pueden derivar los meses de mayor y menor precipitación, así como determinar los intervalos de los periodos de lluvia y de estiaje. La precipitación media anual en la superficie de la entidad es de 516 mm. En general, en el Estado se tiene un régimen de lluvia de verano.

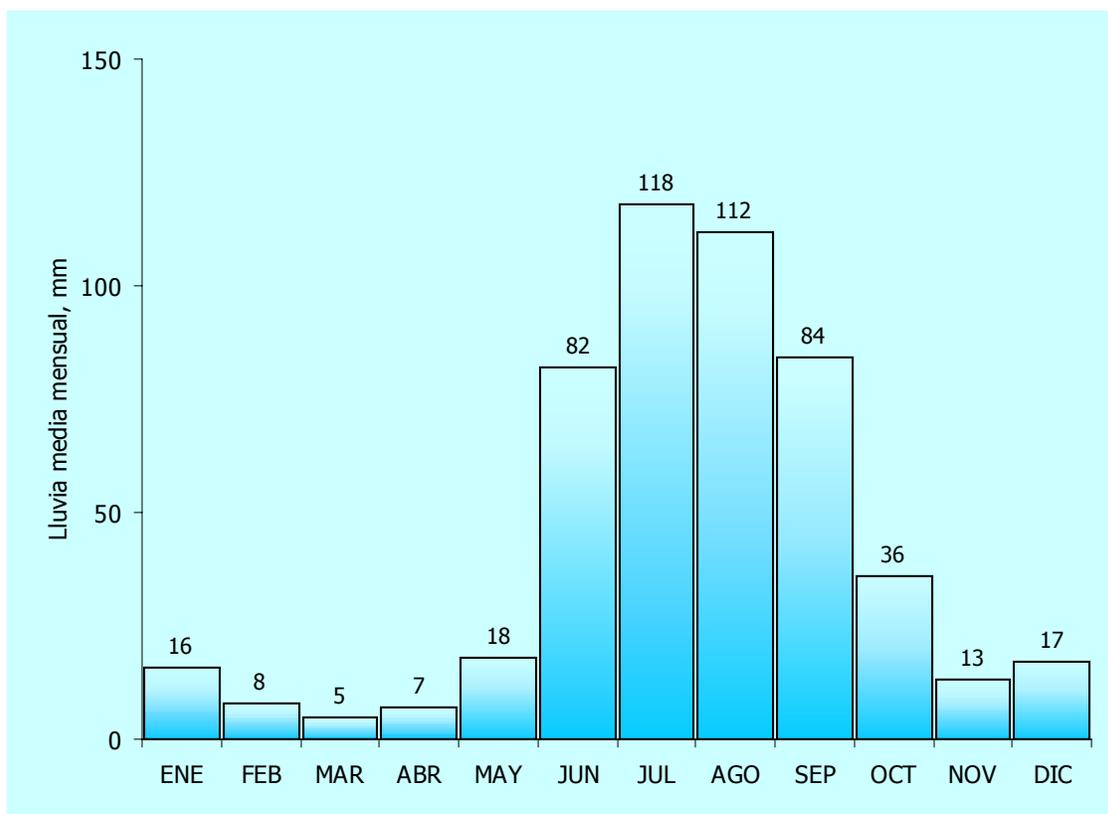


Figura 2.35. Distribución de la lluvia media mensual en el estado de Zacatecas

Referencias

Chow, V. T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York, NY.

CNA, Comisión Nacional del Agua (1994). *Integración de la Lluvia Normal Anual de la República Mexicana Periodo (1931-1990)*. Subdirección General de Administración del Agua, México.

CNA, Comisión Nacional del Agua (1996). *Plan Nacional Hidráulico 1995-2000*. Comisión Nacional del Agua, México.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1999). *Anuarios Estadísticos de las Entidades Federativas de la República Mexicana*. México.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda febrero 2000*. México.

Tamayo, J. L. (1999). *Geografía Moderna de México*. Editorial Trillas, México.

3. Lluvia ciclónica

3.1. Consideraciones generales

Las lluvias de tipo ciclónico son eventos hidrológicos que inciden en las zonas costeras de nuestro país y desempeñan un papel muy importante en el análisis estadístico y probabilístico de las tormentas o avenidas que se determinan para diseñar o revisar las estructuras hidráulicas.

Es importante señalar que un evento hidrológico puede estar asociado a fenómenos hidrológicos tales como precipitaciones máximas, escurrimientos máximos o bien a precipitaciones producidas por ciclones. Así pues, los eventos hidrológicos se determinan a partir de muestras de datos relacionadas con los fenómenos hidrológicos mencionados.

Por su parte, en el análisis estadístico y probabilístico de eventos hidrológicos los datos que integran una muestra deben ser homogéneos. En otras palabras, por homogeneidad se entiende que todos los elementos de una muestra están formados por realizaciones de la misma variable aleatoria y que los valores de la muestra deben proceder de la misma población estadística.

Sin embargo, es común encontrar en los registros de eventos hidrológicos de las cuencas hidrológicas donde ocurren los ciclones, muestras de lluvias o de escurrimientos que están integradas por dos tipos de poblaciones: la primera está asociada con los eventos que normalmente ocurren en la zona de análisis, mientras que la segunda está integrada por eventos de tipo ciclónico.

De acuerdo con lo anterior, es importante conocer desde un punto de vista hidrometeorológico, las repercusiones y los efectos que provocan los ciclones tropicales en las entidades federativas localizadas en las zonas costeras de nuestro país, incluyendo la metodología que permite determinar la frecuencia de eventos hidrológicos, a partir de muestras integradas por las dos poblaciones mencionadas.

3.2. Ciclones tropicales

Los ciclones tropicales son las tormentas más devastadoras que ocurren en los trópicos. Tanto la violencia de los vientos que arrasa construcciones y derriba de árboles y postes, como la subsecuente inundación que ocasiona la marejada, redundan en enormes pérdidas humanas y materiales en la economía de los países expuestos a este fenómeno natural. En contraste, los ciclones aportan beneficios considerables ya que las precipitaciones abundantes recargan los acuíferos y llenan los vasos de almacenamientos de las presas.

Gracias a la observación de los grupos de nubes desde los satélites meteorológicos y a un mayor número de sistemas de detección, como los llamados aviones "caza ciclones" que se aproximan al enorme remolino hasta llegar desde lo más alto al llamado "ojo" o vórtice del ciclón, donde miden la presión mínima del centro de la tormenta y sus vientos impetuosos a diversas alturas, se conoce con gran precisión como se originan estas tempestades tan destructoras, incluyendo sus fases de formación y evolución.

Los ciclones se forman y desarrollan en aguas tibias oceánicas durante el verano y el otoño. En esta época la corriente de aire tibio y húmedo tropical alcanza su máxima expansión. Es ahí, en el seno de este aire tibio que se posa sobre los océanos tropicales, con temperaturas del agua de unos 26° C, donde se dan las condiciones propicias para el nacimiento de estos fenómenos meteorológicos.

3.2.1. Evolución de un ciclón tropical

La evolución de un ciclón tropical desde su gestación hasta su desvanecimiento total abarca cuatro etapas sucesivas: formación, desarrollo, intensificación y disipación.

Cada una de estas fases presenta características propias y para tener una idea general sobre su comportamiento, a continuación se describen los conceptos más importantes de cada una de ellas.

- **Formación**

El nacimiento de un ciclón se inicia con una "ondulación" de los vientos tropicales que se caracteriza por una agrupación de nubes de desarrollo vertical, llamadas convectivas. A medida que esta ondulación (onda del Este) avanza hacia el Oeste, se van acentuando los vientos en un movimiento circular (que gira en el Hemisferio Norte en el sentido contrario a las manecillas del reloj) dentro de un área considerable, es decir unos 50 o 100 km. Este movimiento giratorio hace que la presión del aire disminuya en el centro de este enorme remolino. Es por ello que en esta etapa de su evolución se conoce el fenómeno como una depresión tropical, en la que los vientos alcanzan, cuando más, 62 km/h.

- **Desarrollo**

Si las condiciones siguen siendo propicias (es decir, aguas oceánicas tibias y lejanas de los continentes), al intensificar sus vientos, entre 63 y 118 km/h, la depresión se convierte en una tormenta tropical y para que esto ocurra se requiere que el aire del remolino que gana impulso en los niveles bajos de la atmósfera tenga una salida o "tiro" en su parte alta. Las nubes que se desarrollan verticalmente bombean el aire húmedo a los niveles altos y así comienzan los aguaceros intensos en las agrupaciones nubosas alrededor del remolino.

La condensación del vapor de agua en las nubes y la posterior precipitación liberan el llamado calor latente de evaporación, por ello en esta etapa la tormenta adquiere un corazón o núcleo tibio. La gran mayoría de las tormentas tropicales que surgen cada año sobre los mares tropicales se quedan en esta fase y después se debilitan y disuelven. En esta fase a la tormenta tropical se le asigna un nombre según la lista que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha establecido al respecto.

Las tablas 3.1 y 3.2 indican los nombres para los ciclones tropicales en el Mar Caribe, el Golfo de México, el norte del Océano Atlántico y el Océano Pacífico nororiental para el periodo de 2004-2009.

Tabla 3.1. Nombre para los ciclones tropicales en el mar Caribe, Golfo de México y norte del Océano Atlántico

2004	2005	2006	2007	2008	2009
Alex	Arlene	Alberto	Allison	Arthur	Ana
Bonnie	Bret	Berly	Barry	Bertha	Bill
Charley	Cindy	Chris	Chantal	Cristóbal	Claudette
Danielle	Dennis	Debby	Dean	Dolly	Danny
Earl	Emily	Ernesto	Erin	Edouard	Erika
Frances	Floyd	Florence	Félix	Fay	Fabian
Gaston	Gert	Gordon	Gabrielle	Gustav	Grace
Hermine	Harvey	Helene	Humberto	Hanna	Henri
Ivan	Irene	Issac	Iris	Isidore	Isabel
Jeanne	José	Joyce	Jerry	Josephine	Juan
Karl	Katrina	Keith	Karen	Kyle	Kate
Lisa	Lenny	Leslie	Lorenzo	Lili	Larry
Matthew	María	Michael	Michelle	Marco	Mindy
Nicole	Nate	Nadine	Noel	Nana	Nicolás
Otto	Ophelia	Oscar	Olga	Omar	Odette
Paula	Philippe	Patty	Pablo	Paloma	Peter
Richard	Rita	Rafael	Rebekah	Rene	Rose
Shary	Stan	Sandy	Sebastien	Sally	Sam
Tomás	Tammy	Tony	Tanya	Teddy	Teresa
Virginie	Vince	Valerie	Van	Vicky	Víctor
Walter	Wilma	William	Wendy	Wilfred	Wanda

Antiguamente en el mundo occidental cada ciclón se denominaba con el nombre del santo del día en que se había formado o había sido observado. Sin embargo, en 1953 el Servicio Meteorológico de los Estados Unidos adoptó una lista de ciclones con nombre de mujer y en 1978 el Comité de Ciclones de la Organización Meteorológica Mundial establece una lista de seis años, que incluye los nombres de mujeres y de hombres en los idiomas español, francés e inglés.

Como dato curioso, cabe aclarar que si un ciclón ocasiona un impacto social y económico importante a un país, su nombre no volverá aparecer en la lista. Asimismo, es importante señalar que la lista del periodo 2004-2009, se repetirá para el intervalo 2010-2015 y así sucesivamente.

Tabla 3.2. Nombre para los ciclones tropicales en el Océano Pacífico nororiental

2004	2005	2006	2007	2008	2009
Agatha	Adrián	Aletta	Adolph	Alma	Andrés
Blas	Beatriz	Bud	Bárbara	Boris	Blanca
Celia	Calvin	Carlota	Cosme	Cristina	Carlos
Darby	Dora	Daniel	Dalila	Douglas	Dolores
Estelle	Eugene	Emilia	Erick	Elida	Enrique
Frank	Fernanda	Fabio	Flossie	Fausto	Felicia
Georgette	Greg	Gilma	Gil	Genevieve	Guillermo
Howard	Hilary	Héctor	Henriette	Hernán	Hilda
Isis	Irwin	Ileana	Israel	Iselle	Ignacio
Javier	Jova	John	Juliette	Julio	Jimena
Kay	Kenneth	Kristy	Kiko	Kenna	Kevin
Lester	Lidia	Lane	Lorena	Lowell	Linda
Madeline	Max	Miriam	Manuel	Marie	Marty
Newton	Norma	Norman	Narda	Norbert	Nora
Orlene	Otis	Olivia	Octave	Odile	Olaf
Paine	Pilar	Paúl	Priscilla	Polo	Patricia
Roslyn	Ramón	Rosa	Raymond	Rachel	Rick
Seymour	Selma	Sergio	Sonia	Simón	Sandra
Tina	Todd	Tara	Tico	Trudy	Terry
Virgil	Verónica	Vicente	Velma	Vance	Vivián
Winifred	Wiley	Willa	Wallis	Winnie	Waldo

• Intensificación

Después de la etapa de desarrollo la tormenta adquiere la característica de ciclón, ya que el viento aumenta a una velocidad máxima en superficie de 119 km/h o más. El área nubosa se expande obteniendo su máxima extensión entre los 500 y 900 km de diámetro produciendo intensas precipitaciones. Cabe mencionar que el ojo del ciclón, cuyo diámetro varía entre 24 a 40 km, es un área de calma libre de nubes.

En esta etapa de madurez el ciclón se clasifica por medio de la escala de Saffir-Simpson, a partir de la magnitud de los vientos. La tabla 3.3 muestra las diferentes categorías que alcanzan los ciclones de acuerdo con la velocidad del viento.

Tabla 3.3. Escala de Saffir-Simpson

Categoría	Vientos, en km/h	Marea de tormenta por encima de lo normal, en metros
C1	119 - 153	1.5
C2	154 - 177	2.0 - 2.5
C3	178 - 209	2.6 - 3.7
C4	210 - 249	4.5 - 5.0
C5	Mayor de 250	Mayor de 5.5

Los vientos más fuertes del ciclón se dan en los niveles bajos, lo cual aumenta con la potencia del orden dos en la velocidad del viento y por esta razón pueden ser tan destructivos, al contacto con una superficie en la que se origina una fuerte disipación por fricción.

En el caso de los ciclones que están intensificándose es necesario que la circulación hacia adentro, hacia arriba y hacia afuera sea mayor que la disipación por rozamiento, y en el caso de que el ciclón se encuentre en su etapa de disipación esta circulación transversal debe ser menor que dicha disposición.

En el límite superior la intensidad máxima del ciclón está determinada por la temperatura del mar sobre la que se forma y se desplaza: cuanto más cálido sea el aire de la capa límite situada encima, en mayor medida puede la región de la pared del ojo mantener una presión baja considerando la estabilización que se produce en los niveles superiores.

Mientras que en las regiones tropicales las temperaturas en los niveles altos muestran poca variación, las temperaturas de los océanos presentan variaciones fuertes. Esta es la razón por la que la temperatura de la superficie del mar es un parámetro crucial para determinar la localización y la intensidad máxima que puede alcanzar un ciclón tropical.

Esto es, los ciclones no se forman ni se mantienen o no se intensifican a menos que estén situados sobre océanos tropicales cuyas temperaturas de la superficie del mar sean mayores a 26° C, ni tampoco los ciclones se pueden formar tierra adentro o se mantienen sobre la tierra como en el caso de las bajas presiones extratropicales y los tornados.

- **Disipación**

En la última etapa, este inmenso remolino es mantenido y nutrido por el cálido océano hasta que se adentra en aguas más frías o al entrar a tierra firme, perdiendo rápidamente su energía y empezando a disolverse debido a la fricción que causa su translación sobre el terreno y a que las nubes comienzan a disiparse.

3.2.2. Nombres regionales

Los ciclones tropicales pertenecen a la familia de las perturbaciones tropicales y se les denomina con diferentes nombres en las diferentes regiones o zonas geográficas donde se originan. El término "huracán" tiene su origen en el nombre que las culturas Maya y Caribes daban al dios de las tormentas. Sin embargo, este mismo fenómeno meteorológico es conocido con los nombres de: tifón en el extremo oriente; huracán en el Atlántico Norte, el mar del Caribe y el noroeste del Océano Pacífico; Willy-Willy en Australia; baggio en las Filipinas; y ciclón en el sudoeste de los Océanos Índico y Pacífico.

3.2.3. Zonas ciclógenas en el mundo

Los sitios donde se generan los ciclones se les denomina con el nombre de zonas ciclógenas o cuna de los ciclones y en nuestro planeta existen ocho distribuidas tanto en el Hemisferio Norte, como en el Hemisferio Sur. En la tabla 3.4 se indican las características más relevantes de los sitios donde se originan los ciclones en el ámbito mundial, mientras que la figura 3.1 se muestra la posición geográfica de las 8 zonas ciclógenas.

Tabla 3.4. Nombre y características de las zonas ciclógenas

Zona y nombre	Regiones que afecta
I. Atlántico norte	Costa del Golfo de México
II. Océano Pacífico Nororiental	Costa del Pacífico Mexicano
III. Océano Pacífico Occidental	China, Japón y Filipinas
IV. Golfo de Bengala	Bangladesh, India y Mar de Arabia
V. Mar de Arabia	Mar de Arabia
VI. Noreste de Australia y sur de Polinesia	Indonesia y Australia
VII. Suroeste del Océano Índico y noroeste de Australia	Australia, Sumatra y Java
VIII. Suroeste del Océano Índico	África y Madagascar

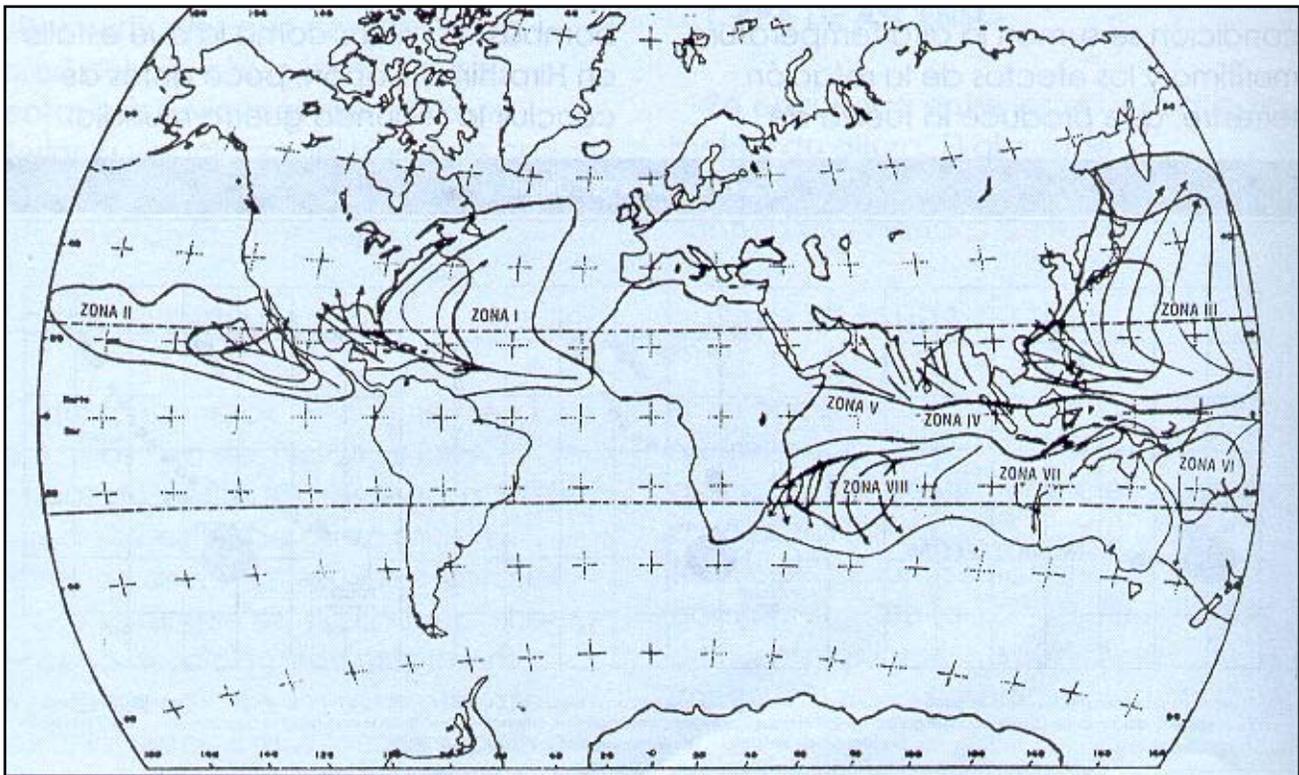


Figura 3.1. Ubicación geográfica de las zonas ciclógenas del mundo

3.2.4. Regiones matrices o zonas ciclógenas en México

En los dos espacios marítimos que rodean a la República Mexicana, océanos Pacífico y Atlántico, hay cuatro regiones matrices de generación de ciclones, cada una con sus características propias.

La primera región matriz se ubica en el Golfo de Tehuantepec, inicia la actividad ciclónica durante la última semana de mayo y por lo regular los ciclones que surgen en esta época tienden a viajar hacia el Oeste alejándose de México. Los que se generan de julio en adelante describen una parábola paralela a la costa del Pacífico y a veces llegan a introducirse en tierra.

La segunda región se localiza en la porción sur del Golfo de México, en la denominada sonda de Campeche. Los ciclones nacidos aquí aparecen a partir de junio con ruta norte-noroeste, afectando los estados de Veracruz y Tamaulipas.

La tercera región matriz se encuentra en la región oriental del mar Caribe y sus ciclones surgen en julio y especialmente entre agosto y octubre. Estos ciclones presentan gran intensidad y largo recorrido, afectando frecuentemente a Yucatán en México y la península de Florida en Estados Unidos de América.

La cuarta región matriz se encuentra localizada en la zona tropical del Atlántico (Latitud 8 a 12 grados norte) y se activa principalmente en agosto. Estos son ciclones de mayor potencia y recorrido y que generalmente se dirigen al oeste penetrando en el mar Caribe, Yucatán, Tamaulipas y Veracruz. En ocasiones tienden a recurvar hacia el norte afectando las costas de Estados Unidos de América.

Las regiones mencionadas no son estables en cuanto a su ubicación geográfica, ya que ésta obedece a la posición de los centros de máximo calentamiento marítimo, que a su vez está influido por las corrientes frías de California, la contracorriente cálida ecuatorial en el Océano Pacífico y a la deriva de las ramificaciones de la corriente cálida del Golfo.

La figura 3.2 muestra las regiones matrices de ciclones que afectan a México, incluyendo su ubicación geográfica y las trayectorias que con mayor frecuencia siguen los ciclones que se generan en las cuatro regiones.

Asimismo, la tabla 3.5 indica las características más relevantes de las cuatro regiones matrices que inciden en el territorio mexicano, que incluye ubicación, incidencia y trayectorias que siguen con mayor frecuencia los ciclones.

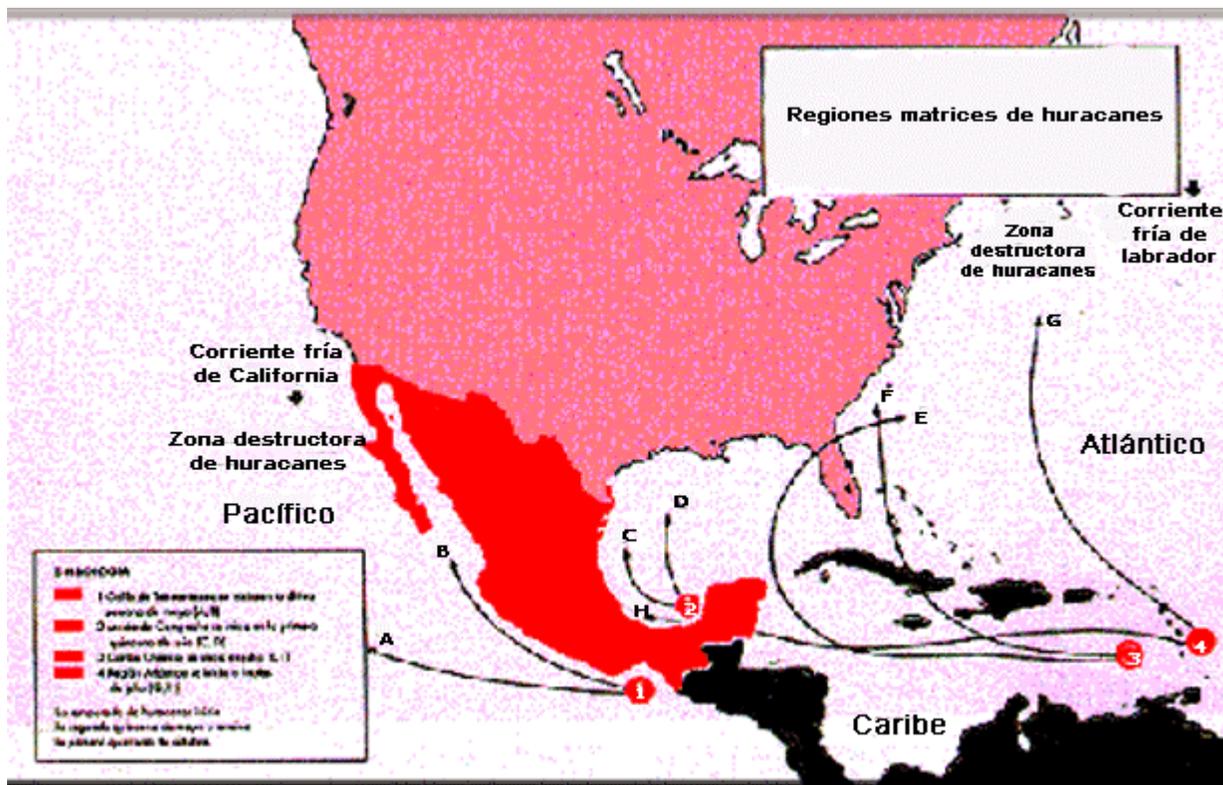


Figura 3.2. Regiones matrices de ciclones en la República Mexicana

Tabla 3.5. Características de las regiones matrices que afectan a México

Zona matriz	Ubicación	Incidencia	Trayectorias
Primera	Golfo de Tehuantepec.	Última semana de mayo hasta noviembre.	Tienden hacia el oeste, alejándose de México. Después de julio describen una parábola paralela a la costa del Pacífico; a veces penetran a tierra.
Segunda	Sonda Campeche, en el sur del Golfo de México.	Desde junio hasta noviembre.	Norte y noroeste; afectan los estados de Veracruz y Tamaulipas y algunos estados de los Estados Unidos de América.
Tercera	Oriente del mar Caribe.	Desde julio, especialmente entre agosto y octubre.	De gran intensidad y largo recorrido, afectan principalmente a Yucatán y Florida (EE. UU), Centroamérica e islas del Caribe.
Cuarta	De 8 a 12° de latitud septentrional, en la región tropical del Atlántico.	Principalmente en agosto.	De mayor potencia y recorrido, generalmente se dirigen hacia el oeste; penetran en Yucatán, Veracruz y Tamaulipas, también afectan a otros países.

3.2.5. Rutas o trayectorias ciclónicas

A partir de los registros obtenidos con los satélites meteorológicos (1966-1999) sobre la ocurrencia de ciclones tropicales, en el territorio nacional se han determinado las trayectorias dominantes o ruta ciclónicas en los dos espacios marítimos donde incide este tipo de fenómeno meteorológico.

Las trayectorias dominantes desempeñan un papel muy importante en el estudio de ciclones, ya que con estos resultados es posible definir las entidades de la República Mexicana que presentan una baja, media o alta incidencia de ciclones.

Por ejemplo, si un estado se ubica en la trayectoria que con frecuencia siguen los grandes ciclones, el riesgo de incidencia de un ciclón de categoría 1 o mayor se incrementa respecto a otras entidades.

En términos generales, se puede decir que las trayectorias de los ciclones que se originan en el Pacífico nororiental, corren de Sureste a Noroeste en el océano en zonas despobladas, paralelas a las costas mexicanas del Océano Pacífico. Ocasionalmente, algunas de estas perturbaciones adoptan trayectorias más hacia el Norte o recurvan al Este para llegar a las costas mexicanas, desde Chiapas hasta Baja California.

Por ello, el país que resulta principalmente afectado por los ciclones tropicales del Pacífico nororiental es México. La población que potencialmente puede sufrir sus efectos son los habitantes que residen en los estados ribereños del Océano Pacífico desde Baja California a Chiapas.

Excepcionalmente, este tipo de ciclones ha azotado el sur de los estados de California y Arizona, en los Estados Unidos de América.

La dirección dominante de las trayectorias que siguen los ciclones que se originan en la región integrada por el mar Caribe y el Golfo de México, es de sureste a noroeste y las zonas que pueden sufrir sus efectos son la península de Yucatán, así como las superficies de las entidades que colindan con el Golfo de México. Las figuras 3.3 y 3.4 muestran las trayectorias dominantes de los ciclones tropicales que han ocurrido en los Océanos Atlántico y Pacífico.

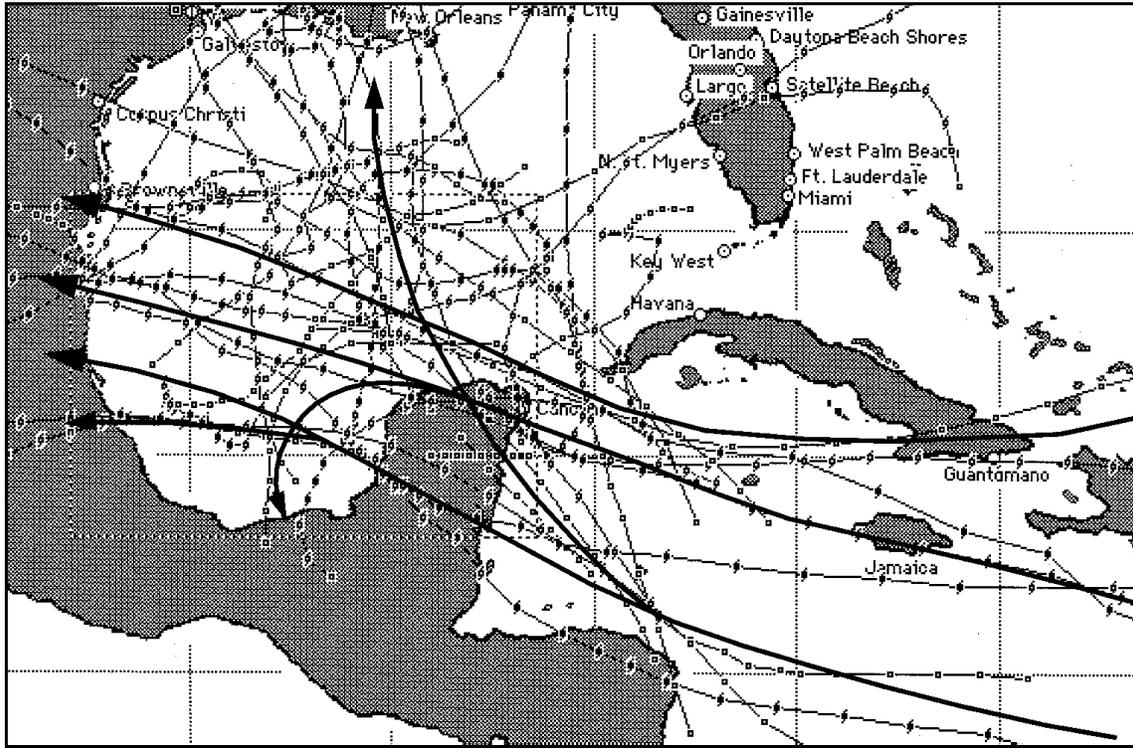


Figura 3.3. Trayectorias dominantes de ciclones en el Océano Atlántico

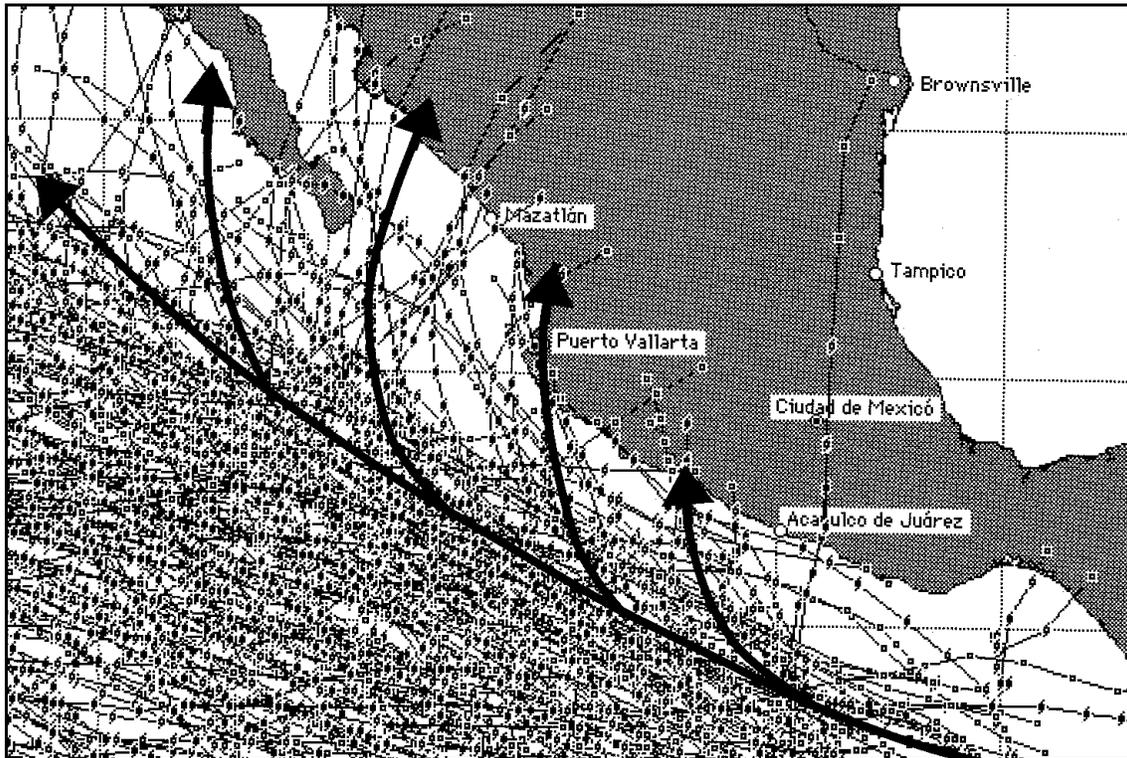


Figura 3.4. Trayectorias dominantes de ciclones en el Océano Pacífico

3.2.6. Impactos y daños

El ciclón tropical constituye uno de los fenómenos naturales más destructivos, ya que al tocar e internarse en la zona continental provocan daños a la población, a las vías de comunicación o bien a las zonas de producción agrícola, ganadera, industrial, etc.

La capacidad destructiva de un ciclón se manifiesta a partir de cuatro aspectos principales: el viento, la marea de tormenta, el oleaje y la lluvia. A continuación se describe cada uno de ellos.

• Viento

El aire en la atmósfera se desplaza siempre de las zonas de alta presión a las de baja presión. A este movimiento del aire se le denomina viento y su velocidad es directamente proporcional a la diferencia de presión que existe entre los puntos por los que circula. Para medir y registrar la velocidad del viento se usan los aparatos denominados anemocinemógrafos.

Al existir un centro de baja presión en los ciclones, los vientos cercanos a la superficie convergen hacia dicho centro. A este movimiento se agregan los efectos producidos por la fuerza centrífuga y la de Coriolis, haciendo que el viento gire alrededor del centro de baja presión en el sentido de las manecillas del reloj en el Hemisferio Sur y en sentido contrario en el Hemisferio Norte.

Los vientos de un ciclón son muy fuertes y pueden persistir por muchas horas o días. Es importante tener en cuenta que cuando el ojo del ciclón pasa por un punto, a los vientos fuertes que soplan en una dirección, sigue un periodo de calma y luego, reinician los vientos fuertes soplando en dirección opuesta.

Asimismo, la energía cinética de los vientos huracanados ocasiona una gran parte de los daños debido a que su fuerza aumenta en forma geométrica con respecto a su velocidad y así, si la velocidad se duplica, la fuerza se cuadruplica.

Ahora bien, a partir de la intensidad de los vientos se crearon las escalas de Beaufort y la de Saffir-Simpson. La primera relaciona la velocidad del viento con el oleaje promedio y empieza cuando el viento está en calma, hasta alcanzar la categoría de un ciclón y es la más usada para medir los efectos del viento. Para relacionar la intensidad de los ciclones con el daño potencial que estos pueden ocasionar se utiliza la escala Saffir-Simpson (Tabla 3.3).

- **Marea de tormenta**

Es una sobreelevación del nivel medio del mar, cerca de la costa, que se suma a la marea astronómica. Se debe a que al incidir en las aguas oceánicas vientos fuertes dirigidos hacia la costa, producen una fuerza cortante que, además del oleaje, provoca la sobreelevación del nivel medio del mar.

Asimismo, debido a la estructura giratoria de los vientos generados por los ciclones, la marea de tormenta, en el hemisferio norte, es mayor en el lado delantero o derecho de la trayectoria del ciclón.

Los factores que influyen el surgimiento de una marea de tormenta son: la presión baja en el centro de la tormenta; la configuración de la costa; la pendiente de la plataforma continental; y el ángulo de la trayectoria del ciclón y la línea de la costa.

Con relación al primer factor, se puede decir que conforme la presión sea más baja en el centro de la tormenta respecto a la zona circundante, la velocidad del viento es mayor y provoca mayor sobreelevación del nivel del agua, tal como se muestra en la escala de ciclones Saffir-Simpson de la tabla 3.3.

La configuración de la costa puede actuar a favor o en contra de la marea de tormenta. En efecto, las bahías, estuarios y otros entrantes, propician la sobreelevación de la marea de tormenta.

Con respecto a la pendiente de la plataforma continental, se puede decir que a menor inclinación, mayor será la marea de tormenta y si la plataforma continental es profunda, únicamente se producirán olas altas.

El factor ángulo de la trayectoria del ciclón y la línea de la costa influye directamente en la magnitud de la marea de tormenta. En efecto, si el ángulo de incidencia es casi paralelo a la costa, la marea de tormenta será inferior a la que se podría generar si fuera de 90°.

La medición del nivel de la marea se realiza mediante los instrumentos denominados mareógrafos y los daños más importantes provocados por la marea de tormenta son los que se generan al invadir construcciones y poblados cercanos a la costa.

Igualmente, la sobreelevación del nivel del mar ocasiona que la rompiente del oleaje se traslade tierra adentro y pueda impactar la infraestructura y las casas situadas cerca de la línea de la costa.

• **Oleaje**

El oleaje se genera cuando la energía del viento se transfiere al mar. El valor del oleaje en aguas profundas depende de la velocidad y la duración de los vientos.

Para obtener la altura de la ola ciclónica es común utilizar mapas de superficie, definidos como mapas de isobaras referidas al nivel del mar. Estos mapas están elaborados a partir del análisis de datos climatológicos observados en diferentes puntos de un área muy amplia y muestran curvas de igual presión atmosférica (isobaras).

Además, cerca de la costa, en aguas poco profundas, el oleaje no puede aumentar más allá de ciertos límites que son determinados por la profundidad, la fricción que se desarrolla en el fondo y la condición de la rompiente. Estos factores son los que se presentan típicamente en la costa norte de la península de Yucatán donde la plataforma continental alcanza cientos de kilómetros de extensión de poca profundidad y donde el oleaje, afectado por su interacción con el fondo del mar, cambia de dirección y altura por la refracción, y finalmente se producen las rompientes debido a la fricción que se genera a bajas profundidades (rompientes de aguas someras).

Para medir el oleaje se utilizan unos instrumentos llamados ológrafos, en los que se registra la altura de cada ola y el periodo transcurrido entre cada dos olas sucesivas. Los daños provocados por el oleaje que produce un ciclón puede clasificarse en dos grupos: los derivados de la agitación del mar, que afectan sobre todo a las embarcaciones y los rompeolas; y los que se producen al trasladarse la rompiente tierra adentro por la marea de tormenta, que afecta a las edificaciones cercanas a la costa.

• **Lluvia**

Los ciclones casi siempre van acompañados de lluvias intensas, a medida que se desplazan procedentes de los océanos. En una estación meteorológica la cantidad de lluvia observada durante el paso de un ciclón puede exceder de 250 mm en un periodo de 12 horas. En cualquier caso se produce un alto riesgo de inundación pluvial y si existen montañas cerca de la costa puede alcanzar valores extremos, situación motivada por la magnitud del área drenada, pendiente pronunciada del cauce principal, velocidad alta de los escurrimientos o bien por otros factores de tipo orográfico.

Las fuertes precipitaciones pluviales asociadas a los ciclones dependen de la prontitud con que viaja, de su radio de acción y del área formada por nubes convectivas cumulonimbus. La medición y registro de la precipitación pluvial y de la intensidad se efectúa con los instrumentos denominados pluviómetros y pluviógrafos.

Por otra parte, el crecimiento de población en las costas del mundo ha hecho inevitable que aumenten, con el tiempo, los efectos relativos de los ciclones tropicales sobre la humanidad, como ha ocurrido en las últimas décadas en México. De igual manera, se han visto afectados los medios de comunicación, los transportes, la producción agrícola, ganadera, industrial y los centros de población.

3.3. Ciclones que han penetrado al territorio mexicano durante el periodo 1980-2003

Entre 1980 y 2003, impactaron sobre las costas mexicanas 92 ciclones tropicales (CNA; 2004), de los cuales 42 tenían la categoría de ciclón al llegar a tierra (categoría 1 a 5). En promedio cada año 3.8 ciclones tropicales impactan en el país, de los cuales 1.4 inciden en las costas del Golfo de México y el Caribe y 2.4 en las del Pacífico.

La tabla 3.6 presenta las características más relevantes de los 42 los ciclones que han impactado en México durante el periodo 1980-2003 provenientes de los océanos Pacífico y Atlántico.

Tabla 3.6. Ciclones que han impactado en México (1980-2003)

No	Cidón	Lugar de entrada a tierra	Entidades afectadas	Año ocurrencia	Vientos máximos, km/h	Categoría*
1	Gilbert	Puerto Morelos, Quintana Roo (La Pesca, Tamaulipas)	Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila	1988	287 (215)	C5 (C4)
2	Kenna	San Blas, Nayarit	Nayarit, Jalisco, Sinaloa, Durango, Zacatecas	2002	230	C4
3	Isidore	Telchac Puerto, Yucatán	Yucatán, Campeche, Quintana Roo	2002	205	C3
4	Tico	Caimanero, Sinaloa	Sinaloa, Nayarit, Durango	1983	205	C3
5	Pauline	Puerto Ángel, Oaxaca (Acapulco, Guerrero)	Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco	1997	195 (165)	C3 (C2)
6	Kiko	Bahía Los Muertos, Baja California Sur	Baja California Sur	1989	195	C3
7	Roxanne	Tulum, Quintana Roo (Martínez de la Torre, Veracruz)	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz	1995	185 (45)	C3 (DT)
8	Allen	Laguna del Villar, Tamaulipas	Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Quintana Roo	1980	185	C3
9	Virgil	Peñitas, Michoacán	Michoacán, Colima, Jalisco	1992	175	C2
10	Winifred	Cuyutlán, Colima	Michoacán, Colima, Jalisco	1992	175	C2
11	Waldo	Punta Prieta, Sinaloa	Sinaloa	1985	165	C2
12	Norma	Mármol, Sinaloa	Sinaloa, Durango	1981	165	C2
13	Rosa	Escuinapa, Sinaloa	Sinaloa, Nayarit, Durango, Coahuila	1994	165	C2
14	Calvin	Manzanillo, Colima (Las Lagunas, Baja California Sur)	Colima, Jalisco, Baja California Sur	1993	165 (75)	C2 (TT)
15	Ignacio	Ciudad Constitución, Baja California Sur	Baja California Sur	2003	165	C2
16	Marty	San José del Cabo, Baja California Sur	Baja California Sur, Sonora, Baja California	2003	160	C2
17	Alma	La Mira, Michoacán	Guerrero, Michoacán, Jalisco, Colima	1996	160	C2
18	Lidia	Campo Aníbal, Sinaloa	Sinaloa, Durango, Coahuila	1993	160	C2
19	Paul	Las Lagunas, Baja California Sur (Topolobampo, Sinaloa)	Baja California Sur, Sinaloa, Chihuahua)	1982	158	C2

* De acuerdo con la escala de Saffir-Simpson

() Indica segunda entrada a tierra

Tabla 3.6. Ciclones que han impactado en México (1980-2003)
(continuación)

No	Ciclón	Lugar de entrada a tierra	Entidades afectadas	Año ocurrencia	Vientos máximos, km/h	Categoría*
20	Diana	Chetumal, Quintana Roo, (Tuxpan, Veracruz)	San Luis Potosí, Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Veracruz, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Nayarit	1990	100 (158)	TT (C2)
21	Henriette	Cabo San Lucas, Baja California Sur	Baja California Sur, Sinaloa	1995	158	C2
22	Keith	Chetumal, Quintana Roo, (Tampico, Tamaulipas)	Quintana Roo, Campeche, Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí, Veracruz	2000	148	C1
23	Boris	Tecpán de Galeana, Guerrero	Guerrero, Michoacán, Jalisco, Nayarit	1996	148	C1
24	Eugene	Tenacatita, Jalisco	Jalisco	1987	148	C1
25	Paine	Topolobampo, Sinaloa	Sinaloa	1986	148	C1
26	Gert	Chetumal, Quintana Roo (Tuxpan, Veracruz)	Quintana Roo, Campeche, San Luis Potosí, Veracruz, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Jalisco	1993	65 (148)	TT (C1)
27	Rick	Puerto Escondido, Oaxaca	Oaxaca, Chiapas	1997	140	C1
28	Cosme	Cruz, Grande	Guerrero, Morelos, México, Distrito Federal, Hidalgo, San Luis Potosí, Tamaulipas	1989	140	C1
29	Nora	Bahía Tortugas, Baja California Sur (Puerto Canoas, Baja California)	Baja California Sur, Baja California, Sonora	1997	130 (120)	C1 (C1)
30	Fausto	Todos Santos, Baja California Sur (San Ignacio, Sinaloa)	Baja California Sur, Sinaloa, Jalisco, Nayarit, Chihuahua, Colima, Sonora	1996	130 (120)	C1 (C1)
31	Barry	Media Luna, Tamaulipas	Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila	1983	130	C1
32	Dolly	Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo (Pueblo Viejo, Veracruz)	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí, Nuevo León	1996	110 (130)	TT (C1)
33	Hernan	Cihuatlán, Jalisco (San Blas, Nayarit)	Jalisco, Michoacán, Colima, Nayarit	1996	120 (45)	C1 (DT)
34	Juliette	La Paz, Baja California Sur (Ciudad Constitución, Baja California Sur; Libertad, Sonora; El Huerfanito, Baja California)	Baja California Sur, Sonora, Baja California	2001	120 (55)	C1 (DT)
35	Ismael	Topolobampo, Sinaloa	Sinaloa, Sonora	1995	120	C1
36	Isis	Los Cabos, Baja California Sur (Topolobampo, Sinaloa)	Baja California Sur, Sinaloa, Sonora, Chihuahua	1998	110 (120)	TT (C1)
37	Lester	Punta Abreojos, Baja California Sur (Bahía Sargento, Sonora)	Baja California Sur, Sonora	1992	120 (85)	C1 (TT)
38	Debby	Tuxpan, Veracruz	Veracruz, Hidalgo, México, Distrito Federal, Puebla, Michoacán, Jalisco	1988	120	C1
39	Roslyn	Mazatlán, Sinaloa	Sinaloa, Nayarit	1986	120	C1
40	Greg	San José del Cabo, Baja California Sur	Guerrero, Colima, Michoacán, Jalisco, Sinaloa, Baja California Sur, Sonora	1999	120	C1
41	Erika	Matamoros, Tamaulipas	Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí, Coahuila	2003	120	C1
42	Newton	Yavaros, Sonora	Sonora	1986	120	C1

* De acuerdo con la escala de Saffir-Simpson

() Indica segunda entrada a tierra

Durante este periodo (1980-2003) se puede señalar al ciclón Gilbert como uno de los más intensos, ocasionado daños severos en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León y en menor grado

Coahuila. Además, en algunas zonas provocó la pérdida de vidas humanas, sus efectos destructivos fueron considerables y dejó huellas de su paso en las actividades agropecuarias, las comunicaciones, la navegación y la infraestructura.

Analizando la información de la tabla 3.6 se deduce que las entidades que han sido afectadas por el paso de ciclones tropicales son Baja California Sur, Sinaloa, Jalisco, Tamaulipas, Quintana Roo, Veracruz, Colima, Campeche, Michoacán, Coahuila, Nayarit, Nuevo León, San Luis Potosí, Sonora, Chiapas, Guerrero, Yucatán, Oaxaca, Tabasco, Hidalgo, Chihuahua, Durango, Baja California, Distrito Federal, Guanajuato, Estado de México, Puebla, Querétaro, Morelos y Zacatecas.

Con relación a los impactos del clima, los ciclones determinan un aumento en las precipitaciones principalmente en las regiones noroeste, norte y noreste de nuestro país, en donde se encuentran las áreas más secas del país. En ellas se han desarrollado grandes extensiones de tierra de cultivo de irrigación y en la actualidad esta creciente actividad económica está alcanzando un nivel en que el agua ha comenzado a ser un factor restringido para su desarrollo, ya que la producción agrícola es el uso que más consume agua y la disponibilidad del recurso agua ha disminuido por el crecimiento de las actividades económicas y de la población.

Los ciclones tropicales de ambos litorales del territorio mexicano constituyen una fuente importante de precipitación y recarga de los acuíferos durante la temporada de mayo a noviembre. La región integrada por el noroeste, norte y noreste está sometida a variaciones en el régimen pluviométrico y las lluvias más importantes están relacionadas por la influencia de estos ciclones, por lo que su prolongada ausencia en el verano es una posible causa de la sequía en esta región.

Un indicador importante que determina el grado de riesgo que presenta las entidades federativas y por supuesto a las localidades urbanas y a los centros de producción agrícola, es el número total de ciclones que se introducen a tierra firme durante la temporada de ocurrencia de los ciclones tropicales.

Los registros de la tabla 3.6 son una guía adecuada para identificar las entidades de mayor incidencia de ciclones y, en consecuencia, los núcleos de población y de producción agrícola e industrial de mayor riesgo.

3.4. Número total y frecuencia mensual de ciclones

El número total y la frecuencia de los ciclones tropicales que se originan tanto en el Océano Pacífico como en el Océano Atlántico fueron estimadas a partir de los datos que se han registrado en los satélites geoestacionarios durante un periodo de 34 años (1966-1999) y que el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 1999) registra a través de la Red Meteorológica que tiene instalada en sus oficinas centrales.

Se ha tomado como inicio del registro de datos el año 1966, ya que a partir de esta fecha operan en forma permanente los satélites geoestacionarios que registran la ocurrencia y trayectoria de los ciclones que inciden sobre las regiones matrices de México.

De acuerdo con lo antes mencionado, el número total de ciclones (el cual incluye depresiones tropicales, tormentas tropicales y ciclones tropicales) que ocurrieron durante el periodo de 34 años (1966-1999) fue de 523 en el Océano Pacífico, mientras que en el Océano Atlántico este valor fue de 310.

Con el auxilio de los datos anteriores, en el Océano Atlántico, el Mar Caribe y el Golfo de México, el número promedio anual de ciclones tropicales estimado para el periodo 1966-1999 fue de 9. Asimismo, los registros disponibles indican la presencia de una variación estacional muy pronunciada durante la temporada de ciclones. En efecto, a partir de los datos registrados se deduce que la estación de ciclones se inicia en junio y termina en diciembre, los meses con mayor ocurrencia son septiembre, octubre y noviembre, y el mes más activo es octubre.

Respecto a la región del Océano Pacífico, el número promedio de ciclones para el periodo de 1966 a 1999 fue de 15. La temporada de ciclones en esta región se inicia en el mes de junio y termina en diciembre, los meses de mayor ocurrencia son agosto, septiembre y octubre, y el mes más activo es agosto.

La figura 3.5 presenta, a través de un diagrama de barras, el número total de ciclones que han ocurrido durante los meses de la temporada de ciclones, en las regiones del Océano Atlántico y del Océano Pacífico durante el periodo de 34 años (1966-1999).

Asimismo, se han estimado las magnitudes de frecuencia de ciclones durante los meses de su temporada, para tener una idea sobre el comportamiento y variación estacional. En la figura 3.6 se observa, a partir de un diagrama de barras, los valores mensuales de sus frecuencias para los dos espacios marítimos donde inciden los ciclones en la República Mexicana.

En conclusión, con los resultados de las figuras 3.5 y 3.6 es posible detectar las variaciones que se presentan en la ocurrencia de los ciclones en los espacios marítimos del Atlántico y del Pacífico. En las zonas costeras del Océano Pacífico es mayor la incidencia de los ciclones y por supuesto que el riesgo de presentarse desastres en núcleos urbanos y centros de producción es mayor.

Además en este espacio marítimo debido a las lluvias ciclónicas abundantes durante los meses de julio a noviembre, las recargas a los acuíferos y los almacenamientos en las presas serán de mayor magnitud.

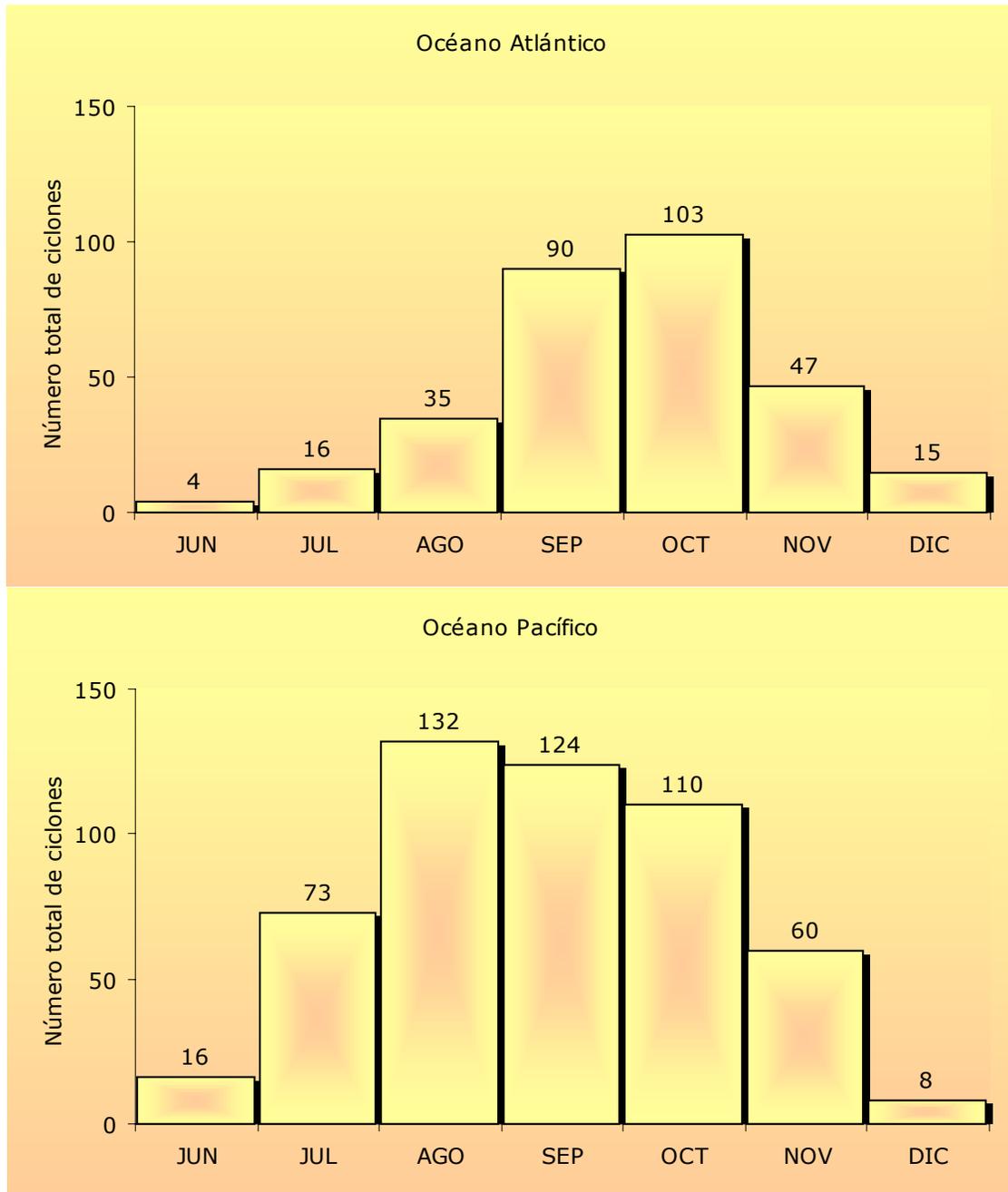


Figura 3.5. Número total de ciclones ocurridos en los Océanos Atlántico y Pacífico

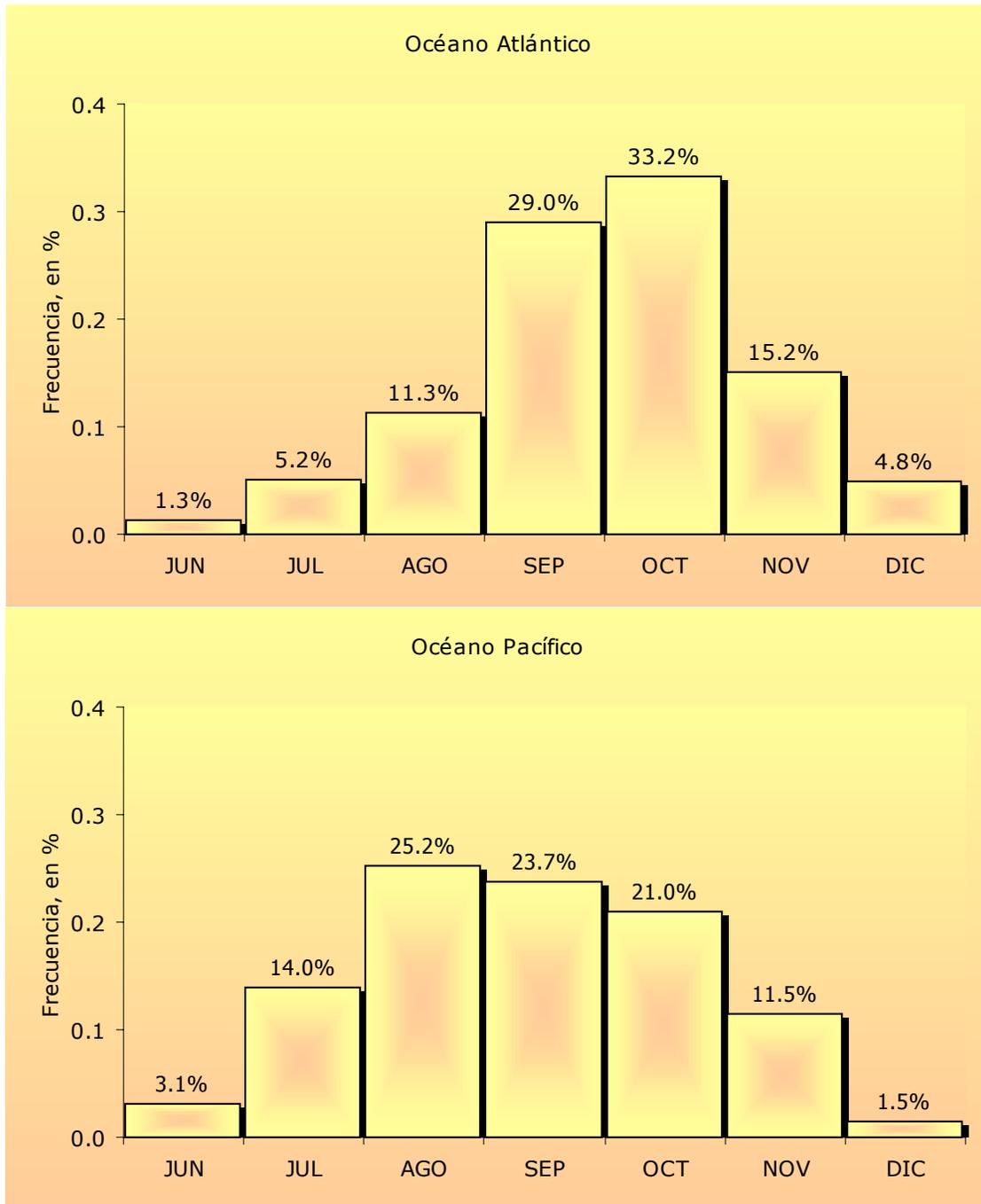


Figura 3.6. Frecuencia mensual de ciclones en los Océanos Atlántico y Pacífico

3.5. Frecuencia de valores máximos integrados por dos poblaciones

Un fenómeno meteorológico de gran incidencia en la mayoría de las cuencas hidrológicas localizadas en las zonas costeras de la República Mexicana es la presencia de lluvias extraordinarias producidas por la ocurrencia de ciclones tropicales que se introducen en sus áreas de captación.

El proceso anterior ha provocado que las muestras de datos asociadas con las avenidas y las precipitaciones que se registran en las estaciones de medición estén constituidas por dos eventos: el primero depende de los valores ordinarios de la época de lluvia, mientras que el segundo está asociado con las lluvias extraordinarias que producen los ciclones.

Ahora bien, en este caso específico se analiza el comportamiento de muestras hidrológicas que están integradas por dos poblaciones de naturaleza distinta y desde el punto de vista de la Estadística existe una diferencia entre población y muestra. La población se define como la totalidad de los elementos de un grupo o fenómeno particular que se analiza, mientras que la muestra es un subconjunto de una población.

En el análisis de frecuencia de valores máximos integrados por dos poblaciones, la muestra de lluvias o escurrimientos que se registran en las estaciones de medición están constituidas por dos poblaciones de naturaleza diferente. Este tipo de fenómeno ocurre en cuencas hidrológicas donde las lluvias son producidas por los ciclones y por los eventos hidrológicos propios de la época de lluvia.

Por su parte, el método que se utiliza tradicionalmente para estimar la avenida o la lluvia de diseño asociada a un periodo de retorno (concepto aplicado en la Hidrología para representar la frecuencia), consiste en ajustar diferentes funciones de distribución de probabilidad de una población a los datos registrados y seleccionar aquella que se apegue mejor a la tendencia de los datos. Posteriormente, con el apoyo de la función de distribución de mejor ajuste se determina el gasto o lluvia máxima asociado a un periodo de retorno dado.

No obstante, con el procedimiento descrito se cometen errores de consideración, ya que las muestras están integradas por dos poblaciones y las funciones de distribución que se aplican para ajustar los datos se han desarrollado para muestras de una población.

En consecuencia y para evitar que se siga cometiendo errores considerables en la estimación de eventos de diseño asociados a un periodo de retorno dado, se ha desarrollado una metodología que permite disminuir el error que se comete al estimar gastos o lluvias de diseño de muestras que están constituidas por dos poblaciones.

En general, para aplicar la metodología que se ha implementado para analizar la frecuencia de eventos hidrológicos constituidos por dos poblaciones que proceden de diferentes eventos hidrológicos es necesario desarrollar dos etapas. En la primera, se procede a separar o identificar el número de valores de cada una de las dos poblaciones, con el apoyo de un método gráfico que se ha implementado con el apoyo de la función Gumbel. Posteriormente, se procede a calcular el gasto o lluvia de diseño, con el auxilio de la función de distribución Gumbel mixta, la cual permitir estimar eventos de diseño de muestras integradas por dos poblaciones que están integradas por diferentes eventos hidrológicos.

Para facilitar su aplicación se han seleccionado varios ejemplos, tanto de lluvias máximas como de gastos máximos, que han ocurrido en varias cuencas hidrológicas de nuestro país.

3.5.1. Método gráfico para segregar muestras en dos poblaciones

Aspecto fundamental para estimar la frecuencia de series mixtas, involucradas con dos poblaciones de naturaleza distinta, consiste en separar o identificar el número de valores de cada una de las dos poblaciones.

En la Hidrología Estadística, para analizar el comportamiento de muestras integradas por varias poblaciones se pueden aplicar dos tipos de pruebas estadísticas: las paramétricas y las no-paramétricas.

Las pruebas paramétricas están asociadas con ciertas hipótesis que deben satisfacer las muestras, las cuales no se cumplen en el caso de eventos relacionados con las lluvias de tipo ciclónico y una situación similar ocurre con las pruebas no-paramétricas.

En consecuencia y para analizar la frecuencia de eventos mixtos en las cuencas o regiones hidrológicas localizada en las zonas tropicales de nuestro país, se ha diseñado un método gráfico para segregar muestras en dos poblaciones provenientes de fenómenos hidrológicos diferentes.

En términos generales, el método consiste en construir el papel de probabilidad Gumbel, equivalente al papel normal, el cual permite analizar el comportamiento de una serie de datos con el auxilio de una visualización gráfica.

El papel de probabilidad normal es un método gráfico diseñado con el apoyo de la función de distribución normal y una muestra de datos. En síntesis, se construye una gráfica en la que se dibujan, en forma conjunta, los datos de la muestra representados como puntos y la función normal ajustada la cual tiene la forma de una recta.

La figura 3.7 presenta el análisis de una muestra de precipitación máxima a partir del papel de probabilidad normal y observando su comportamiento se detecta que algunos puntos no se alinean alrededor de la línea recta. En conclusión la muestra de datos no se ajusta con precisión a una distribución normal.

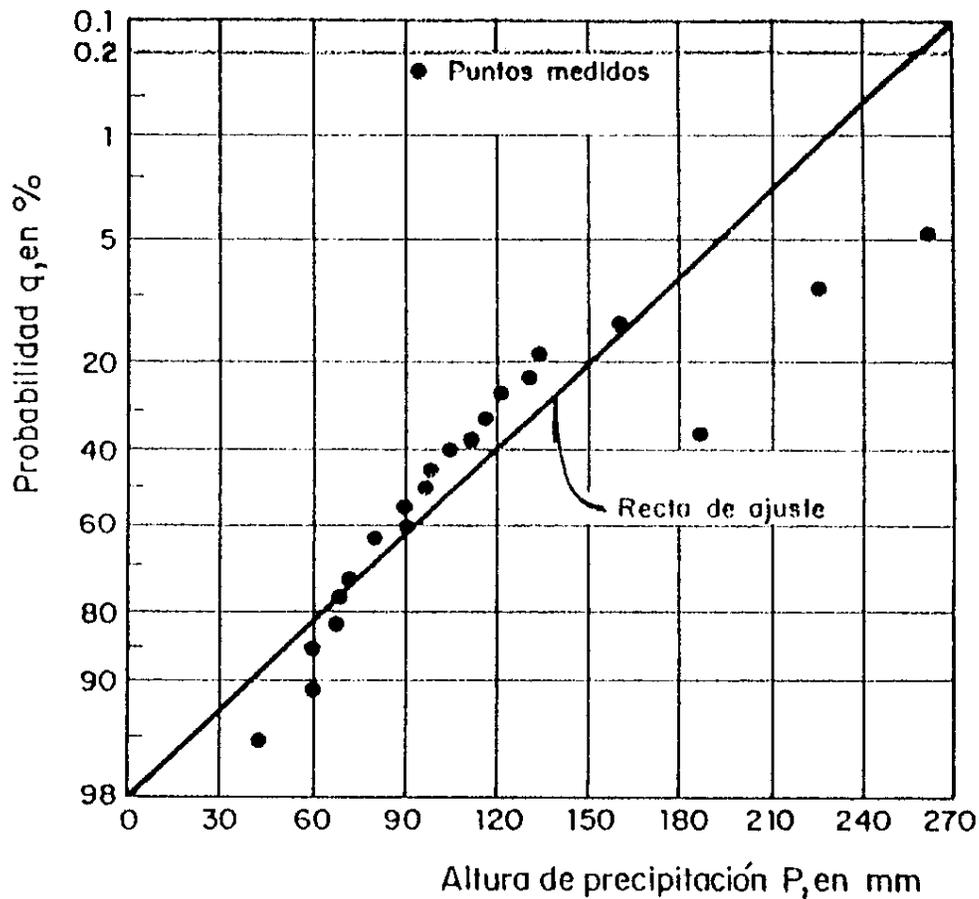


Figura 3.7. Análisis gráfico de una muestra de lluvias máximas anuales utilizando el papel de probabilidad Normal

El procedimiento que permite construir el papel de probabilidad Gumbel, consiste en tomar dos veces el logaritmo natural a la función de distribución de Gumbel representada por la expresión:

$$F(x) = \exp\left\{-\exp\left[-\frac{(x-a)}{c}\right]\right\} \quad (3.1)$$

donde $F(x)$ es la probabilidad de no ocurrencia de un evento máximo anual; y a y c son los parámetros de la función Gumbel.

Ahora bien, al realizar este procedimiento y después de varias operaciones de tipo algebraico se obtiene la ecuación siguiente:

$$-\text{LnLn}\left(\frac{1}{F(x)}\right) = \frac{(x-a)}{c} \quad (3.2)$$

Por su parte, en la Hidrología se ha introducido el concepto del periodo de retorno para representar la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de un evento máximo anual, definido por la ecuación:

$$p = \frac{1}{T_r} \quad (3.3)$$

donde p es la probabilidad de ocurrencia de un evento hidrológico; y T_r es el periodo de retorno, en años.

Con el apoyo de la expresión (3.3) se procede a definir la relación que existe entre el periodo de retorno T_r y la función de distribución de probabilidad $F(x)$, equivalente a:

$$T_r = \frac{1}{p} = \frac{1}{1-F(x)} \quad (3.4)$$

Asimismo, la expresión (3.4) se puede representar de la forma siguiente:

$$F(x) = \frac{T_r - 1}{T_r} \quad (3.5)$$

Sustituyendo la ecuación (3.5) en la (3.2) y efectuando las transformaciones algebraicas necesarias se obtiene:

$$-\text{LnLn}\left(\frac{T_r}{T_r - 1}\right) = \frac{(x-a)}{c} \quad (3.6)$$

Con el auxilio de la ecuación (3.6) se procede a construir el papel de probabilidad Gumbel, el cual permite analizar el comportamiento de eventos máximos anuales que están integrados por dos poblaciones estadísticas diferentes.

El primer miembro de la expresión (3.6) se elige como la abscisa y representa la probabilidad de ocurrencia de los eventos máximos, mientras que el miembro de la derecha especifica a los valores máximos anuales y se selecciona como la ordenada.

Con este tipo de proceso se construye el papel de probabilidad Gumbel el cual permite separar una muestra de datos en dos poblaciones estadísticas integradas por eventos hidrológicos diferentes.

Al representar una serie de valores máximos anuales en el papel de probabilidad Gumbel, se podrán obtener dos resultados posibles. Si la serie de datos pertenece a una sola población estadística, los puntos representados a partir del periodo de retorno y de los valores máximos anuales, quedaran prácticamente alineados alrededor de una línea recta. En caso contrario, es decir si la muestra está integrada por dos poblaciones estadísticas asociadas a dos eventos hidrológicos distintos, se podrá distinguir la presencia de dos rectas con pendiente diferente.

La figura 3.8 presenta el análisis de una muestra de gastos máximos registrada en la Estación Hidrométrica El Cuchillo, N. L., cuyo resultado permite separar la muestra en dos poblaciones, cada una de ellas asociada a una recta con pendiente diferente.

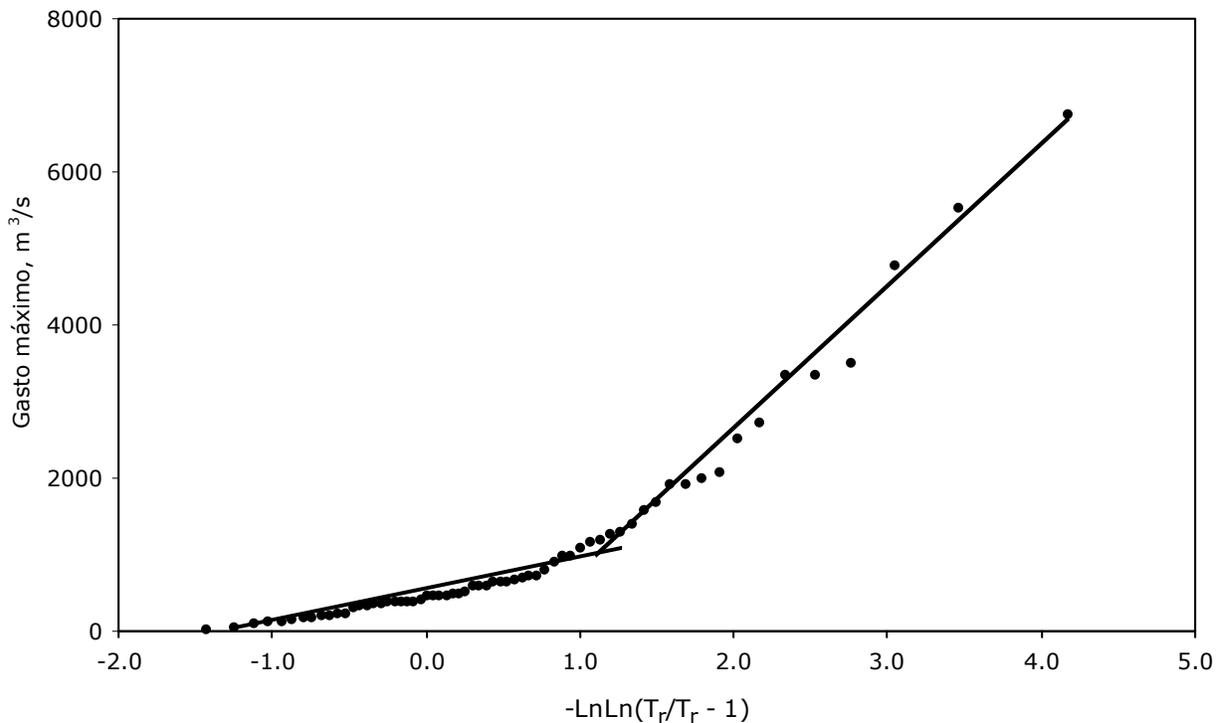


Figura 3.8. Análisis gráfico de la muestra de gastos máximos anuales registrada en la Estación Hidrométrica El Cuchillo, N. L., utilizando el papel de probabilidad Gumbel

3.5.2. Función mixta de probabilidad

De acuerdo con Mood, *et al.*, (1974) la función mixta de probabilidad está definida por la expresión:

$$f_m(x) = \sum_{i=1}^n p_i f_i(x) \quad (3.7)$$

donde $f_i(x)$ es una función de densidad de probabilidad; y p_i es un parámetro que satisface lo siguiente:

$$p_i \geq 0 \quad (3.8)$$

Asimismo, a partir de la ecuación (3.7) se puede obtener una familia paramétrica de densidades aprovechando la función de densidad de probabilidad de una población. Para el caso particular de dos poblaciones distintas, es decir para $m=2$, la función mixta de probabilidad se estipula como:

$$f_m(x) = p_1 f_1(x) + p_2 f_2(x) \quad (3.9)$$

Además, como $p_1 + p_2 = 1$, se puede considerar que $p_1 = P$ y $p_2 = 1 - P$, por lo cual:

$$f_m(x) = P f_1(x) + (1-P) f_2(x) \quad (3.10)$$

3.5.3. Distribución Gumbel mixta

Una representación particular de la ecuación (3.10) resulta cuando $f_1(x)$ y $f_2(x)$ son las funciones de densidad Gumbel asociadas a las dos poblaciones estadísticas que integran el evento hidrológico mixto.

En este caso, la función de densidad Gumbel mixta derivada a partir de la expresión (3.10) está definida por:

$$f_m(x) = \left[\frac{P}{c_1} \right] \left\{ \exp(-\exp-(x-a_1)/c_1) \right\} \left\{ \exp-(x-a_1)/c_1 \right\} + \left[\frac{1-P}{c_2} \right] \left\{ \exp(-\exp-(x-a_2)/c_2) \right\} \left\{ \exp-(x-a_2)/c_2 \right\} \quad (3.11)$$

La función de distribución de probabilidad Gumbel mixta originada a partir de la ecuación anterior está caracterizada por la expresión:

$$F_m(x) = P \left[\exp\{-\exp-(x-a_1)/c_1\} \right] + (1-P) \left[\exp\{-\exp-(x-a_2)/c_2\} \right] \quad (3.12)$$

donde a_1 y c_1 son los parámetros de la función de distribución Gumbel asociados con los eventos no ciclónicos (población 1); a_2 y c_2 son los parámetros de la función de distribución Gumbel asociados con los eventos ciclónicos (población 2); y P es la probabilidad de eventos no ciclónicos.

Los valores característicos de la distribución Gumbel mixta, integrados por los eventos no ciclónicos (población 1) y por los eventos ciclónicos (población 2), se definen a partir de las expresiones siguientes:

Eventos no ciclónicos (población 1)

- Media

$$\mu_1' = a_1 + Cc_1 \quad (3.13)$$

donde $C = 0.57722$ es la constante de Euler.

- Variancia

$$\mu_2 = \pi^2 c_1^2 / 6 \quad (3.14)$$

- Coeficiente de asimetría

$$C_s = 1.14 \quad (3.15)$$

Eventos ciclónicos (población 2)

- Media

$$\mu_1' = a_2 + Cc_2 \quad (3.16)$$

donde $C = 0.57722$ es la constante de Euler.

- Variancia

$$\mu_2 = \pi^2 c_2^2 / 6 \quad (3.17)$$

- Coeficiente de asimetría

$$C_s = 1.14 \quad (3.18)$$

- Probabilidad de eventos no ciclónicos

$$P = \frac{\text{Número de eventos de la población no ciclónica}}{\text{Número total de eventos}} \quad (3.19)$$

Por su parte, para aplicar la distribución Gumbel mixta es necesario calcular la magnitud de sus cinco parámetros y para tal efecto, se ha seleccionado el Método de Momentos (Gumbel, 1958), criterio que se aplica ampliamente en la Hidrología para calcular los parámetros de las funciones de distribución.

La distribución Gumbel mixta está caracterizada por los parámetros a_1 , c_1 , a_2 , c_2 , P y para estimar sus valores correspondientes, a partir del Método de Momentos, es necesario resolver en forma simultánea el sistema de ecuaciones constituido por (3.13), (3.14), (3.16) y (3.17).

Al realizar este proceso, es decir al resolver el sistema de ecuaciones mencionado, se definen las expresiones de los estimadores de las poblaciones de eventos no ciclónicos y ciclónicos respectivamente.

Las ecuaciones que permiten evaluar los estimadores son:

Eventos no ciclónicos (población 1)

$$\hat{c}_1 = 0.7797 s_1 \quad (3.20)$$

$$\hat{a}_1 = \bar{x}_1 - 0.57722 c_1 \quad (3.21)$$

Eventos ciclónicos (población 2)

$$\hat{c}_2 = 0.7797 s_2 \quad (3.22)$$

$$\hat{a}_2 = \bar{x}_2 - 0.57722 c_2 \quad (3.23)$$

donde \bar{x}_1 y s_1 son la media y la desviación estándar de la población estadística no ciclónica; y \bar{x}_2 y s_2 son la media y la desviación estándar de la población estadística ciclónica.

Además, el valor estimado de la probabilidad de eventos no ciclónicos, representada por el parámetro P , se define directamente con el auxilio de la ecuación (3.19).

En la fase siguiente, se procede a sustituir los estimadores de los 5 parámetros en la distribución Gumbel mixta, ecuación (3.12), obteniendo la expresión:

$$F_m(x) = \hat{P}[\exp\{-\exp-(x - \hat{a}_1)/\hat{c}_1\}] + (1 - \hat{P})[\exp\{-\exp-(x - \hat{a}_2)/\hat{c}_2\}] \quad (3.24)$$

Finalmente, con el apoyo de la ecuación (3.24), se determinan las magnitudes de los eventos hidrológicos (gastos máximos y/o lluvias máximas) asociados a diferentes periodos de retorno T_r , y por lo regular sus resultados obtenidos se presentan en una gráfica que asocian el evento hidrológico máximo y su periodo de retorno correspondiente.

La figura 3.9 indica el resultado que se obtiene al aplicar el proceso que se ha descrito y en este ejemplo se ilustra una muestra de gastos máximos registrada en la Estación Hidrométrica El Cuchillo, N. L.

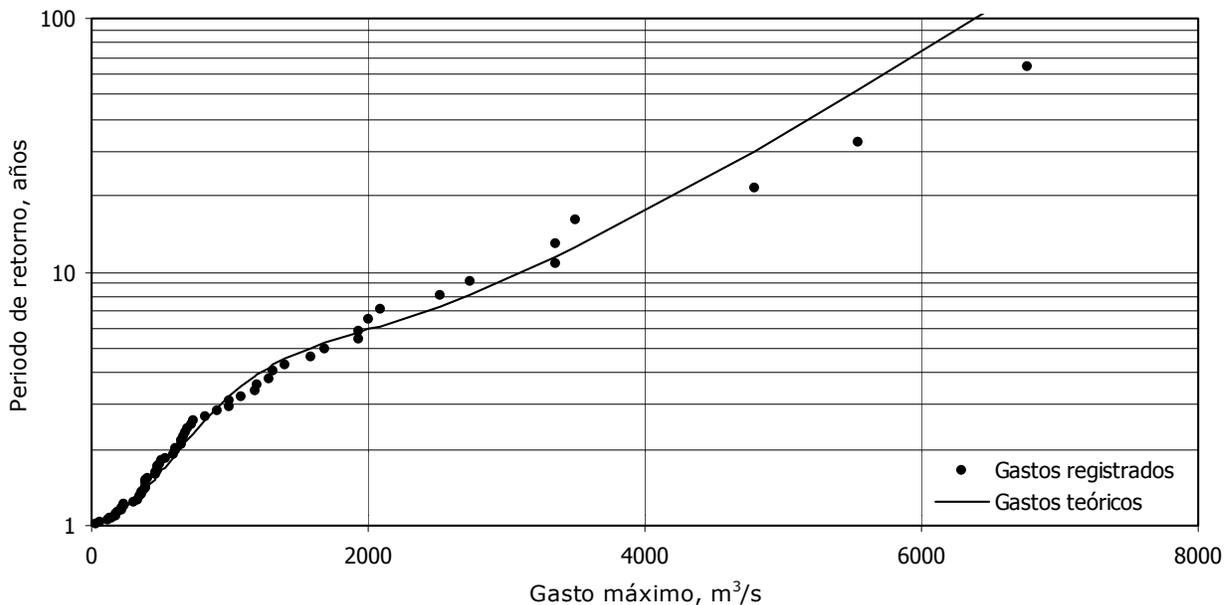


Figura 3.9. Curva de frecuencia obtenida para los gastos máximos anuales registrados en la Estación Hidrométrica El Cuchillo, N. L.

3.5.4. Aplicaciones numéricas

La metodología que se ha implementado para analizar muestras de eventos hidrológicos integradas por dos poblaciones estadísticas de naturaleza diferente tiene una aplicación muy fecunda en nuestro país.

En efecto, es frecuente encontrar muestras de datos integradas por dos poblaciones estadísticas distintas, particularmente en aquellas cuencas hidrológicas localizadas en las zonas costeras de nuestro país donde los ciclones tropicales inciden con lluvias de grandes magnitudes.

Para ilustrar la aplicación de la metodología que se ha descrito en forma detallada en este capítulo y que permite analizar la frecuencia de valores máximos integrados por dos poblaciones estadísticas diferentes, se han seleccionado 7 muestras de datos asociados tanto a precipitaciones máximas, como a gastos máximos.

La tabla 3.7 indica el nombre de la estación, el tipo de evento hidrológico seleccionado y el periodo de registro de los datos máximos anuales. En general, las estaciones elegidas se encuentran ubicadas en cuencas hidrológicas donde ocurren periódicamente ciclones tropicales, aportando precipitaciones ciclónicas de magnitud considerable.

En promedio la longitud de los registros es de 46 años, garantizando resultados precisos y adecuados para pronósticos asociados a periodos de retornos que varían entre 1 y 100 años.

Tabla 3.7. Características de las muestras analizadas

Nombre de la estación	Evento hidrológico seleccionado	Periodo de registro
Poza Rica, Ver.	Gastos máximos anuales	1953-1994
El Cuchillo, N. L.	Gastos máximos anuales	1928-1993
Acapulco, Gro.	Lluvias máximas anuales	1972-1998
Chetumal, Q. Roo	Lluvias máximas anuales	1952-1996
El Cuchillo, N. L.	Lluvias máximas anuales	1950-1998
Ixhuatlán, Ver.	Lluvias máximas anuales	1945-1998
Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo	Lluvias máximas anuales	1952-1998

Proceso de cálculo:

a) Separación de las muestras en dos poblaciones

En la primera etapa, se procedió a determinar con el auxilio del papel de probabilidad Gumbel, el comportamiento que presentan los datos de las muestras de gastos máximos anuales y lluvias máximas anuales registradas en las estaciones que han sido elegidas para ilustrar la aplicación de la metodología.

Los resultados obtenidos se exponen en el Anexo A (figuras 3.10 a 3.16) y de su análisis se deduce que los valores máximos asociados con los gastos y las lluvias anuales, registrados en las estaciones elegidas, provienen de dos poblaciones diferentes. En efecto, al analizar gráficamente las muestras de datos utilizando el papel de probabilidad Gumbel (figura 3.10 a 3.16) se detectan dos rectas de pendiente diferente, confirmando que las muestras están integradas por dos poblaciones relacionadas con fenómenos hidrológicos distintos.

La primera población estadística está asociada con los eventos hidrológicos que ocurren en la época de lluvias, mientras que la segunda población estadística pertenece a las lluvias de tipo ciclónico que inciden en las cuencas hidrológicas donde se ubican las estaciones de análisis.

Asimismo, se recomienda para el caso de muestras mixtas consultar la fecha de ocurrencia de los ciclones en los Boletines Climatológicos e Hidrométricos que publican la Comisión Nacional del Agua y la Comisión Federal de Electricidad para tener seguridad de que los eventos fueron producidos por ellos.

b) Estimación de los parámetros de la distribución Gumbel mixta

Con el auxilio del sistema de ecuaciones (3.19), (3.20), (3.21), (3.22) y (3.23) se calculan, para cada una de las estaciones elegidas, las magnitudes de los 5 parámetros de la distribución Gumbel mixta.

Se procede a resolver el sistema de ecuaciones mencionado y las magnitudes de los parámetros obtenidos se sintetizan en la tabla 3.8.

c) Evaluación de los gastos máximos y lluvias máximas asociados a diferentes periodos de retorno T_r

En la fase final se calculan, para cada una de las estaciones, los valores de los gastos máximos y/o lluvias máximas asociados a periodos de retorno que oscilan entre 1 y 100 años, intervalo que tradicionalmente se utiliza en la Hidrología para estimar eventos máximos relacionados con diferentes periodos de retorno.

Tabla 3.8. Valores de los parámetros de la distribución Gumbel mixta

Estación	\hat{a}_1	\hat{c}_1	\hat{a}_2	\hat{c}_2	P
Poza Rica, Ver.	779.5457	384.6153	2711.0569	1000.00	0.8
El Cuchillo, N. L.	401.0247	312.5000	2669.2998	1250.00	0.8
Acapulco, Gro.	115.3497	32.7868	278.6178	63.2911	0.8
El Cuchillo, N. L.	55.0322	16.3132	141.2250	48.7804	0.8
Ixhuatlán, Ver.	72.7288	11.6144	124.4065	30.9597	0.8
Chetumal, Q. Roo	82.9393	19.8019	189.7872	58.8235	0.8
Felipe Carrillo Pto, Q. Roo	62.5101	15.1285	126.4457	56.8181	0.8

Dicho proceso se realiza al sustituir las magnitudes de los parámetros en la ecuación (3.24) obteniendo la distribución Gumbel mixta para cada una de las estaciones elegidas. Después, con el apoyo de las ecuaciones anteriores se determinan las magnitudes de los eventos hidrológicos (gastos máximos y/o lluvias máximas) asociados a periodos de retorno entre 1 y 100 años y sus resultados obtenidos se presentan en una gráfica que asocian el evento hidrológico máximo y su periodo de retorno correspondiente.

Los resultados se pueden observar en el Anexo A (figuras 3.17 a 3.23), las cuales muestran una curva de frecuencias entre los eventos hidrológicos analizados y el periodo de retorno, concepto usado en la Hidrología para representar la frecuencia o probabilidad de ocurrencia.

En síntesis, el análisis de frecuencia de muestras mixtas, integradas por dos poblaciones estadísticas de naturaleza diferente, es de gran importancia para el Ingeniero Hidrólogo o profesionalista encargado de diseñar o revisar estructuras hidráulicas con un grado de precisión adecuado y estos ejemplos numéricos les servirán de apoyo y guía para efectuar aplicaciones futuras en cuencas hidrológicas del país donde se tengan muestras mixtas integradas por dos poblaciones estadísticas de naturaleza distinta.

Referencias

CENAPRED, Centro Nacional de Prevención de Desastres (1994). *CICLONES*. Ingeniería Civil, Órgano Oficial del Colegio de Ingenieros Civiles de México.

Chow, V. T. (1954). *The log-probability law and its engineering applications*. Proc. ASCE, 80, Article No. 536, 25 p.

Espinosa, C. *et al* (1997). *Los Ciclones*. En: México Desconocido, No. 248, México.

Gumbel, E. J. (1958). *Statistics of extremes*. Columbia University Press, New York, NY.

Jáuregui, E. (1989). *Los ciclones prefieren a México*. ICYT, CONACYT, México.

Mood, A. M. *et al* (1974). *Introduction to the Theory of Statistics*. McGraw Hill, New, York, N. Y.

Mood, A. M. y F. A. Graybill (1963). *Introduction to the Theory of Statistics*. McGraw Hill, New York, N. Y.

SMN, Servicio Meteorológico Nacional (1999). *Registros Históricos de Ciclones en la República Mexicana*. Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo, México.

4. Recursos hidráulicos por región administrativa

4.1. Conceptos generales

La cuenca hidrológica es la unidad geográfica en la que ocurren las fases del ciclo hidrológico y por consiguiente es la unidad básica de la gestión y administración del recurso agua. En nuestro país, la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos, con el propósito de organizar y sistematizar la medición y estudio de la ocurrencia del agua, estableció a partir de los conceptos de orografía e hidrografía 37 regiones hidrológicas, las cuales prevalecen hoy día como base de los estudios técnicos en la hidrología y en las diferentes regionalizaciones realizadas a lo largo del tiempo.

Asimismo, para lograr un mejor aprovechamiento y preservación del agua en el país, la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001) ha desarrollado recientemente un proceso de planeación, diseñando para ello el manejo integral del recurso agua por regiones hidrológicas. En este contexto y con el fin de aplicar las políticas del manejo integral del agua, propiciar el flujo oportuno de información, favorecer la integración de los Consejos de Cuenca y la participación de los usuarios, se han establecido 13 regiones administrativas integradas por una región o un conjunto de ellas con características hidrológicas similares entre sí.

4.2. Regiones administrativas

Las 13 regiones hidrológico-administrativas o regiones administrativas presentan un espectro amplio de diferencias entre sí en relación con su extensión territorial, datos geográficos y socioeconómicos.

Las desigualdades que exhiben las regiones administrativas es producto de factores orográficos y del desarrollo socioeconómico de los centros poblacionales y de producción donde se localizan geográficamente.

Desde un punto de vista orográfico, una región hidrológica se delimita a partir de la superficie que drena uno o varios ríos principales y de sus afluentes secundarios que los alimentan. El contorno de una región hidrológica se delimita por el parteaguas, línea formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa dos regiones adyacentes. Área drenada y parteaguas de una región hidrológica son función de la topografía de una zona y son valores que permanecen constantes e inmutables a lo largo del tiempo.

Con relación al grado de desarrollo socioeconómico heterogéneo que manifiestan las regiones administrativas, se puede decir que tal variación es producto de la atracción que ejercen los núcleos urbanos y centros de producción sobre las comunidades que se localizan en sus inmediaciones.

Por ejemplo las grandes ciudades tales como la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey y otras más, son polos de atracción para los habitantes que viven en sus cercanías por la infraestructura, los servicios y las oportunidades laborales, provocando desigualdades en el desarrollo socioeconómico de la región.

La tabla 4.1 indica las características más relevantes de las 13 regiones administrativas establecidas para la gestión y manejo del recurso agua en nuestro país.

Tal como ya se mencionó, si se analizan los datos de la tabla 4.1 de una o varias regiones, en forma conjunta o bien de manera individual, se observan variaciones relevantes en las magnitudes relacionadas con la superficie territorial, población total, densidad de población y Producto Interno Bruto (PIB).

Por ejemplo, es exagerada la concentración económica y poblacional en la Región Administrativa XIII: Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, área donde se localiza la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Esta región administrativa es la de menor extensión territorial con una superficie de 16 400 km², sin embargo en ella se concentra un núcleo poblacional, el cual ascendía a 19 420 000 habitantes en el año 2000 y además es considerado en el ámbito mundial como uno de los núcleos urbanos de mayor magnitud.

Tabla 4.1. Datos geográficos y socioeconómicos por región administrativa

Región administrativa	Superficie, km ²	Población Año 2000, hab	Densidad población, hab/km ²	PIB Año 1999, %
I. Península de Baja California	148 900	2 750 000	18	4.0
II. Noroeste	216 100	2 340 000	11	2.9
III. Pacífico Norte	150 100	3 880 000	26	3.0
IV. Balsas	118 600	9 910 000	84	6.8
V. Pacífico Sur	79 600	3 980 000	50	2.0
VI. Río Bravo	377 000	9 430 000	25	14.2
VII. Cuencas Centrales del Norte	206 500	3 790 000	18	3.4
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	192 100	18 940 000	99	15.9
IX. Golfo Norte	126 800	4 750 000	37	4.1
X. Golfo Centro	105 300	9 220 000	88	5.6
XI. Frontera Sur	101 700	5 820 000	57	2.9
XII. Península de Yucatán	139 500	3 250 000	23	3.9
XIII. Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	16 400	19 420 000	1 184	31.3
Nacional	1 978 600	97 480 000	49	100.0

La figura 4.1 señala los límites geográficos de las 13 regiones administrativas, definidas a partir de una o varias regiones hidrológicas establecidas con criterios de tipo orográfico e hidrográfico.

Otra variable relevante de las regiones administrativas es la magnitud de la lluvia media mensual y anual, ya que es un indicador de la disponibilidad del agua. A mayor valor medio de la lluvia se tendrá una mayor abundancia y en caso contrario se presentara una escasez del recurso agua.

Por tal motivo, se estimaron con el apoyo de los datos registrados en la red climatológica del país, durante el periodo 1931-2000 (CNA; 1994) y el método de las isoyetas (Chow, 1964), los valores medios de la lluvia media mensual y anual en las 13 regiones administrativas.



Figura 4.1. Localización geográfica de las regiones administrativas

Ahora bien, es adecuado mencionar que algunas estaciones presentaron registros muy variables debido a causas tales como falla en los equipos de medición, a que la instalación y puesta en marcha de las estaciones se realizaron en diversos años del periodo de análisis o bien por razones de diversa índole.

En las estaciones con registros incompletos se procedió a homogeneizar los datos de lluvia, durante el periodo de 1931-2000, utilizando el criterio de promedios pesados, el cual permite inferir los datos faltantes de las estaciones con registros parciales.

Al finalizar el proceso de deducción de datos de lluvia faltantes se utilizó el método de las isoyetas, estimando los valores de la lluvia mensual y anual en las 13 regiones administrativas. La tabla 4.2 presenta una síntesis de los resultados obtenidos, la cual incluye superficie, magnitud de la lluvia media anual y volumen medio anual llovido.

Tabla 4.2. Superficie, lluvia media anual y volumen medio anual llovido

Región administrativa	Superficie km ²	Lluvia media anual, mm	Volumen medio anual llovido, 10 ⁶ m ³
I. Península de Baja California	148 900	199	29 931
II. Noroeste	216 100	476	102 864
III. Pacífico Norte	150 100	684	102 668
IV. Balsas	118 600	806	95 592
V. Pacífico Sur	79 600	1 125	89 550
VI. Río Bravo	377 000	449	169 273
VII. Cuencas Centrales del Norte	206 500	496	102 424
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	192 100	671	128 899
IX. Golfo Norte	126 800	917	116 276
X. Golfo Centro	105 300	1 549	163 110
XI. Frontera Sur	101 700	2 258	229 639
XII. Península de Yucatán	139 500	1 290	179 955
XIII. Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	16 400	797	13 071
Nacional	1 978 600	772	1 527 479

Para ilustrar la distribución de la precipitación en las 13 regiones administrativas, la figura 4.2 muestra un diagrama de barras en el cual cada una de ellas representa la magnitud de la lluvia media anual.

A partir de un análisis global, se desprende que existe una variación muy grande de la lluvia media mensual entre las regiones administrativas establecidas para realizar los procesos de planeación, gestión y manejo del recurso agua en la República Mexicana.

Por ejemplo, la lluvia media anual para la Región I Península de Baja California es de 199 mm, mientras que para la Región XI Frontera Sur, este valor es de 2 258 mm.

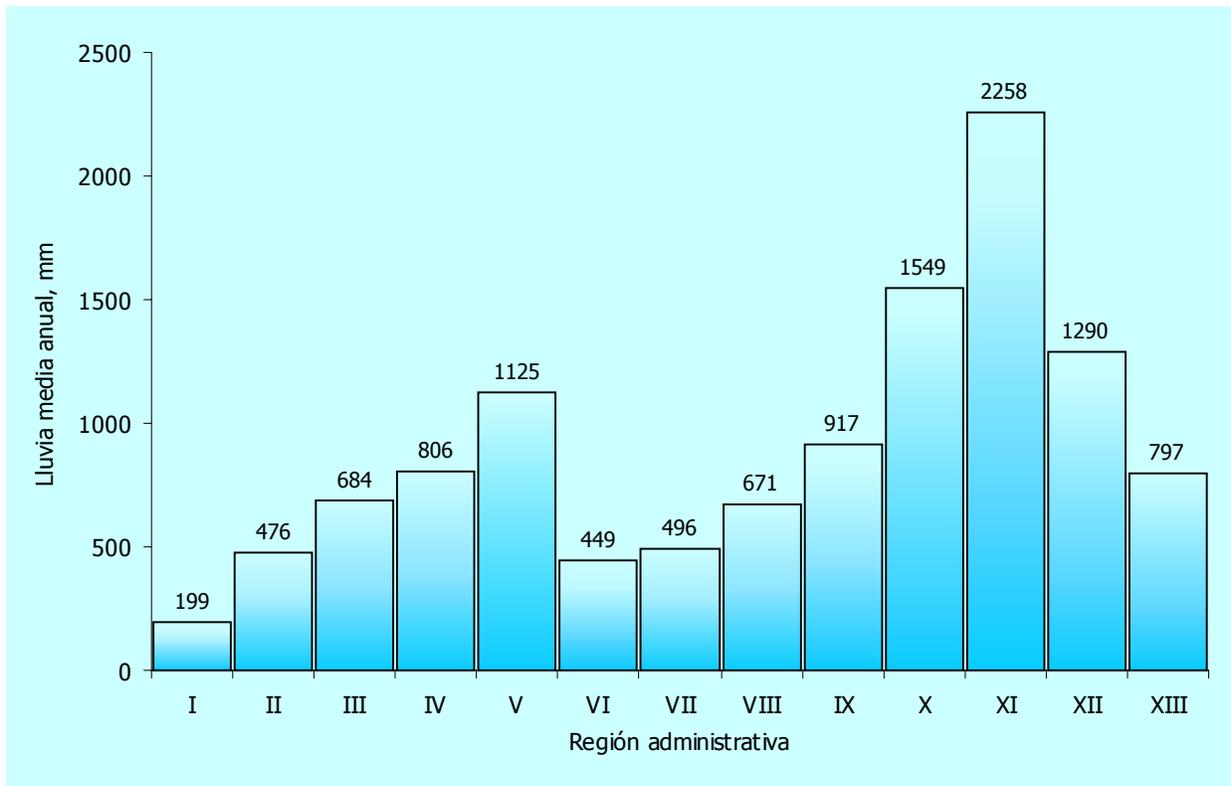


Figura 4.2. Precipitación media anual por región administrativa en mm

4.3. Recursos hidráulicos por región administrativa

Los recursos hidráulicos presentan, según los diagnósticos realizados en las 13 regiones administrativas, fluctuaciones muy acentuadas debido a condiciones muy peculiares de tipo físico tales como orografía, climatología e hidrografía, a desarrollos socioeconómicos de diferente grado que han incidido en sus áreas de influencia y, asimismo, por la planeación hidráulica tradicional que no contempla en forma integral a los recursos hídricos de una región hidrológica.

A partir de los resultados obtenidos en los diagnósticos realizados por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001) en cada una de las regiones administrativas, se podrán realizar varias aplicaciones tales como: emplear políticas de manejo integral del agua; determinar las disponibilidades de agua superficial y subterránea; caracterizar la calidad del agua y sus repercusiones en el medio ambiente; determinar los conflictos entre usuarios por el uso y aprovechamiento del agua en regiones con escasez; establecer la magnitud de población que una región puede satisfacer sus necesidades hídricas bajo un esquema de desarrollo sustentable; y algunas otras.

Es imposible presentar un diagnóstico integral y detallado de los recursos hidráulicos de las 13 regiones administrativas en este documento, situación por el cual se incluye un resumen de los aspectos más relevantes relacionados con: localización geográfica, incluyendo superficie total, entidades federativas y municipios; subregiones establecidas para fines de planeación hidráulica; magnitud de la precipitación media anual, incluyendo un diagrama de barras con su distribución media mensual; tipos de climas; población total al año 2000 y distribución porcentual en zonas urbanas y rurales; perspectivas poblacionales al año 2025; niveles de bienestar social; características de infraestructura utilizada para riego, abastecimiento de agua potable, drenaje urbano y saneamiento; evolución de la economía a partir del Producto Interno Bruto (PIB) y porcentajes de los sectores primario, secundario y terciario; escurrimiento medio anual y ríos principales que lo producen; capacidad de almacenamiento a partir de presas de diferente magnitud; características de los recursos de aguas subterráneas tales como recarga anual, número de acuíferos y sus condiciones de explotación; extracciones totales para usos consuntivos y distribución porcentual por uso agrícola, público urbano, industrial, pecuario y recreativo; superficies de riego y porcentajes de eficiencias en riego;

incidencia de eventos meteorológicos extremos tales como sequías e inundaciones; coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento en el medio urbano y rural; y finalmente se describe en el ámbito regional la problemática que se ha detectado con la cantidad y la calidad del recurso agua.

4.3.1. Región I Península de Baja California



La Región I Península de Baja California se ubica en el Noroeste de México, tiene una superficie de 148 900 km², 8% del territorio nacional, incluyendo la superficie insular.

Comprende la totalidad de los estados de Baja California y Baja California Sur, con cinco municipios cada uno y la parte correspondiente a la superficie del distrito de riego 014 en el municipio de San Luis Río Colorado en la entidad federativa de Sonora. Para fines de planeación hidráulica la región se ha dividido en dos subregiones: Baja California con 70 000 km² y Baja California Sur con 79 000 kilómetros cuadrados.

La precipitación media anual en la región es de 199 mm, muy por abajo del valor promedio nacional, concentrada en los meses del invierno. La distribución temporal de la lluvia media mensual se observa en la figura 4.3 y a partir de su análisis es posible detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y de estiaje.

Septiembre resulta ser el mes más lluvioso con un valor medio de 34 mm, mientras que junio es el mes con la lluvia de menor magnitud con un valor medio de 1 mm. Con un clima en general seco y cálido, la evaporación media potencial sobrepasa los 1 800 milímetros por año.

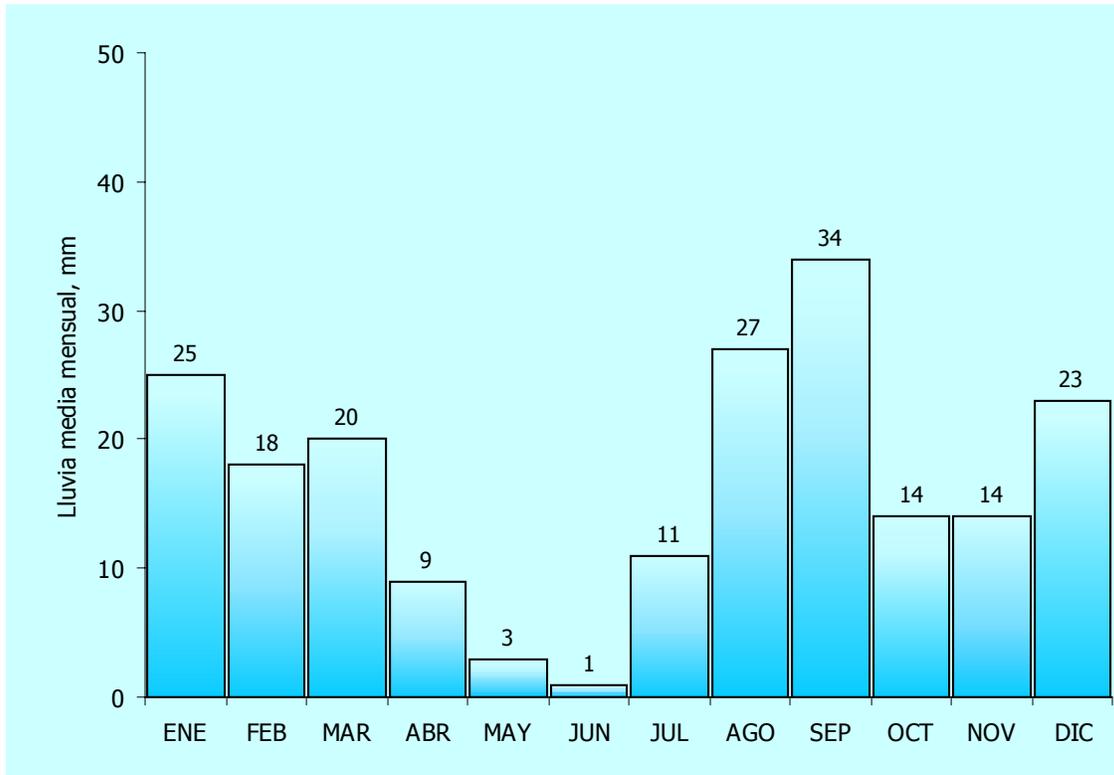


Figura 4.3. Precipitación media mensual de la Región I Península de Baja California, en mm

A pesar de las condiciones naturales en particular desfavorables, especialmente en lo que concierne a los recursos hidráulicos, la región cuenta con niveles de bienestar social superiores al promedio nacional. Asimismo, se ha desarrollado una importante infraestructura para la producción agrícola en el distrito de riego 014 Río Colorado, en Baja California y el distrito de riego 066 Santo Domingo, en Baja California Sur.

La población de la región en el año 2000 (INEGI, 2000) alcanzó los 2.75 millones de habitantes, 3% de la población nacional, de los cuales el 90% es urbana (la rural representa solamente el 10%). Además, el 81% se concentra en la zona fronteriza, el 9% en el extremo sur y el resto a lo largo de la Península en forma dispersa. Las ciudades de Tijuana y Mexicali en conjunto concentran 56% de la población de la región.

La región participa con 4% del PIB nacional. Su crecimiento entre 1980 y 1995 registra una tasa media anual de 1.7%, sensiblemente superior al crecimiento de la economía nacional. Esa dinámica se ha mantenido a lo largo de la década de los años noventa con una profunda transformación de la estructura de la economía regional. El sector terciario representa 72% del PIB, el secundario el 18% y el primario solamente el 10%.

El escurrimiento natural en la región se estima en alrededor de 1 160 hm³/año. Este volumen escurre a través de 84 corrientes litorales abruptas y de corto recorrido que desembocan tanto al Océano Pacífico como al Golfo de California; de esta manera solo se aprovecha una pequeña fracción que se almacena en la infraestructura con la que cuenta la región. Además de este volumen, anualmente se dispone de 1 850 hm³ provenientes de Estados Unidos de América generados en la cuenca del río Colorado conforme al Tratado Internacional de Límites y Aguas de 1944, volumen que representa prácticamente 160% del escurrimiento superficial medio anual de la propia región y la mayor fuente del recurso para las poblaciones fronterizas.

La capacidad de almacenamiento en la región es de 220 hm³, distribuida en siete presas principales: tres de almacenamiento en Baja California y cuatro para el control de avenidas y recarga de acuíferos en Baja California Sur. La presa Abelardo L. Rodríguez sobre el río Tijuana, con una capacidad de 138 hm³, solo se llena en promedio una vez cada diez años.

La región depende en gran medida de sus recursos de agua subterránea. La recarga de los acuíferos es de unos 1 400 hm³/año, mientras que las extracciones ya superan esa cantidad. De los 88 acuíferos de la región, los del Valle de Mexicali, Mesa Arenosa, Santo Domingo y Vizcaíno aportan 63% del volumen y sus principales usos son el agrícola y el público urbano. El volumen restante se distribuye en 84 acuíferos pequeños dispersos en toda la península. Las extracciones totales para usos consuntivos en la región ascienden a un volumen anual aproximado de 3 900 hm³. El 85% de este volumen corresponde al uso agrícola, 7% al público urbano, 4% al industrial y el 4% restante para uso pecuario.

La problemática de la región reside, por una parte, en su cuadro natural de clima casi desértico con la consiguiente escasez de agua y por otra parte en su reciente explosión socioeconómica y demográfica que concentra las demandas público-urbanas en la zona norte.

La fuerte atracción de la zona fronteriza con los EUA seguirá siendo el motor de la concentración urbana y del crecimiento poblacional, principalmente en las ciudades fronterizas de Tijuana y Mexicali, aunque también se prevé un crecimiento importante en Ensenada, Baja California, y La Paz y Los Cabos, en Baja California Sur, lo que provocará una fuerte demanda de servicios. Estas ciudades concentran el 85% de la población de la región.

La región está sujeta a sequías frecuentes y prolongadas, recientemente ocurrieron dos sequías en los últimos 15 años y la que mayor impacto causó fue la de 1986-1988.

Además, se presentan lluvias extraordinarias con una periodicidad del orden de 10 años. La alta incidencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos provoca daños severos por inundaciones en la agricultura y vías de comunicación. La presencia de ciclones es importante, sobre todo en la costa del Pacífico de Baja California Sur, con mayor incidencia en las zonas de Los Cabos, La Paz y Punta Abreojos.

En general, se han identificado diferentes problemas relacionados con la cantidad y calidad del recurso agua, describiendo a continuación sus características de mayor relevancia.

- **Sobreexplotación de acuíferos.** Las demandas de agua por parte de los sectores usuarios, principalmente el uso agrícola y público urbano están llegando al límite de los recursos, incluso se está rebasando la disponibilidad en ciertas zonas. La sobreexplotación se concentra en 13 acuíferos de un total de 88 y es más grave en los siguientes acuíferos: Mexicali, Maneadero, San Quintín, San Simón, Col. Vicente Guerrero y Camalú, en Baja California, y los acuíferos de Santo Domingo, La Paz, San José del Cabo, Mulegé y Los Planes, en Baja California Sur. Por otra parte, Estados Unidos de América tiene en proyecto revestir el canal Todo Americano con lo que la recarga del acuífero de Mexicali se reducirá en cerca de 100 hm³/año, situación que agravaría el grado de sobreexplotación de dicho acuífero.

Además, existe el problema de contaminación por intrusión salina en los acuíferos costeros provocada por la sobreexplotación, como es el caso de los acuíferos de Maneadero, Camalú y San Quintín, en Baja California, y el de La Paz y Los Planes, en Baja California Sur. El abatimiento de los niveles del acuífero de Maneadero en su zona cercana al mar ha provocado la intrusión de las aguas marinas. Asimismo, el agua de los pozos que abastecen a los poblados cercanos y a la ciudad de Ensenada presentan ya variaciones en su calidad.

- **Calidad del agua.** Un problema de calidad del agua, de gran importancia volumétrica en la región, es la situación actual de la entrega del agua del río Colorado por parte de los Estados Unidos de América. Se tiene convenido un límite de salinidad que, si bien se cumple en los promedios anuales, tiene fluctuaciones diarias que rebasan en mucho esos límites, con los consecuentes problemas de deterioro para el riego. Otro problema de calidad del agua es la contaminación del río Tijuana, con un ICA (Índice de Contaminación del Agua) de 30 que lo clasifica como contaminado.
- **Deficiente tratamiento de aguas residuales.** La ciudad de Tijuana genera en promedio un volumen de 2 370 l/s de aguas residuales, de las cuales se trata en la ciudad de San Diego el 45% mediante un acta adicional al Tratado del año 1944. En la región no reciben un tratamiento adecuado 2 250 l/s provenientes de las ciudades: Mexicali y Tijuana, en Baja California, y Guerrero Negro, Santa Rosalía, Ciudad Constitución y Ciudad Insurgentes, en Baja California Sur, lo que provoca problemas de contaminación puntual en una región que debe conservar y proteger su medio ambiente por sus importantes reservas naturales y su atracción turística. Además, el nivel de reúso de agua en Baja California es de apenas 1% del volumen disponible.
- **Baja eficiencia de los sistemas de agua potable.** El porcentaje de agua no contabilizada se estima en 40% como promedio en la región. Cabe mencionar que existen notorios rezagos en el abastecimiento de servicios básicos a la población rural, con una cobertura del orden de 70% en agua potable y de 32% en alcantarillado. La cobertura de alcantarillado en el municipio de Tijuana y Playas de Rosarito es menor a 60% del total necesario.
- **Baja eficiencia de riego.** De los 1 850 hm³/año que recibe México a través del río Colorado, la totalidad se utiliza en el distrito de riego 014 Río Colorado; la eficiencia global del distrito de riego es cercana a 40%.

Además, existen problemas de azolve en la red de canales del distrito de riego 014 y en las partes bajas del río Colorado, con una reducción de la capacidad hidráulica del cauce de 4 000 a 700 metros cúbicos por segundo.

El acuífero de Santo Domingo, fuente de abastecimiento del distrito de riego 066 en la subregión Baja California, cuenta con infraestructura para regar alrededor de 60 000 ha, aunque solo se riegan 40 000, de las

cuales 12 000 se encuentran tecnificadas con una alta eficiencia; en las 28 000 ha restantes se aplica el riego tradicional por gravedad, con una eficiencia de 40%.

De acuerdo con las proyecciones (CONAPO, 2003), la población de la región alcanzará en el año 2025 una cifra de 4.4 millones de habitantes, de los cuales alrededor de 90% se concentrará en las ciudades de la franja fronteriza, con una fuerte presión adicional sobre los recursos hidráulicos para dotarlos de los servicios.

De mantener los patrones de consumo actuales, se prevé que se incrementaría el grado de sobreexplotación y degradación de la calidad del agua de los principales acuíferos, lo que propiciaría una disminución de la disponibilidad y a su vez ocasionaría una fuerte competencia por el uso del recurso entre los distintos usos. Ante esta situación de escasez, se requeriría desalar agua de mar, empleando innovaciones tecnológicas de bajo costo para incrementar la oferta de agua y no limitar el desarrollo socioeconómico de la región.

4.3.2. Región II Noroeste



La Región II Noroeste tiene una superficie de 216 100 km², 10.8% del territorio nacional. Cerca de 90% de dicha superficie corresponde al estado de Sonora con 72 municipios y el resto al de Chihuahua con siete.

En la región ocurre una precipitación media anual de 476 mm, con una clara zonificación: en las subregiones Sonoyta y Concepción la lluvia media es de sólo 200 mm, mientras que en las subregiones Sonora, Yaqui y Mayo se eleva a 500 milímetros. La distribución temporal de la lluvia media mensual se observa en la figura 4.4. A partir de su análisis es posible determinar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y de estiaje. Julio resulta ser el mes más lluvioso con un valor medio de 137 mm, mientras que mayo es el mes con la lluvia de menor magnitud, cuyo valor medio es de 4 mm.

Los climas predominantes son de carácter seco y semiseco, presente en la mayor parte del territorio sonorenses, y los subhúmedos y templados, manifestados a lo largo del límite oriental, en la porción alta de la sierra.

La población de la región en el año 2000 ascendió (INEGI, 2000) a 2.34 millones de habitantes. El 19% de la población vive en unas 10 200 localidades rurales dispersas, mientras que la población urbana (81% del total) se ubica en 10 ciudades de más de 50 000 habitantes y 53 centros urbanos medios. El porcentaje de población indígena en la región es de 2.8% y se concentra principalmente en las cuencas de los ríos Yaqui y Mayo.

De acuerdo con los indicadores de CONAPO (2000), el grado de marginalidad es de medio a bajo y se estima que para el año 2025 la población (CONAPO, 2003) alcanzará los 2.9 millones de habitantes, 84% se ubicará en las zonas urbanas.

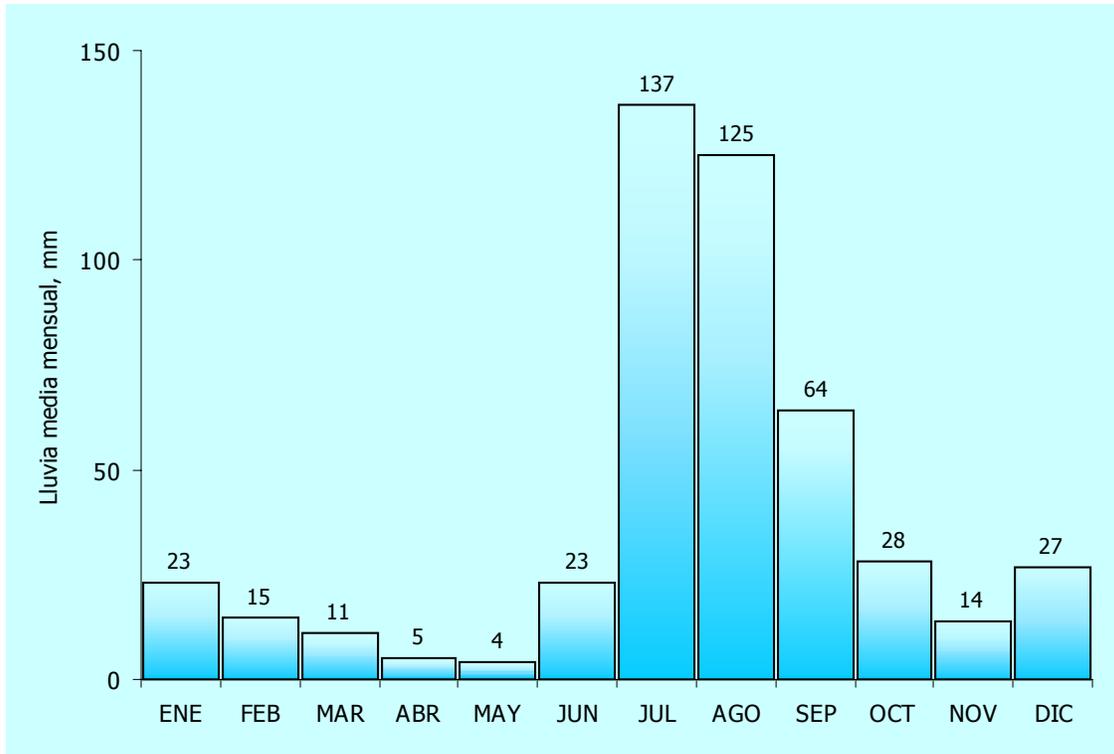


Figura 4.4. Precipitación media mensual de la Región II Noroeste, en mm

El PIB de la región representa 2.9% del PIB nacional. Con la evolución de su economía, la estructura del PIB regional ha cambiado de manera notable en las últimas décadas. De 1979 a 1995, la participación del sector primario ha disminuido de 29 a 14%, el secundario ha crecido de 20 a 33% y el terciario de 51 a 53%.

El escurrimiento natural medio en la región se estima en 5 500 hm³/año. Los ríos Yaqui y Mayo concentran la mayor parte del escurrimiento superficial, con poco más de 4 800 millones de metros cúbicos.

Se ha construido una importante infraestructura hidráulica que incluye 27 presas de almacenamiento, de las cuales 18 se ubican en la subcuenca del río Yaqui, cuatro en la del río Concepción, tres en la del río Sonora y dos en la del río Mayo. En total se cuenta con una capacidad de regulación de 9 300 millones de metros cúbicos.

Existen en la región 47 sistemas acuíferos: 19 se encuentran en equilibrio, 13 subexplotados y 15 sobreexplotados. En el ámbito regional la recarga media es de 2 500 hm³/año y las extracciones son del orden de 2 500 hm³ por año.

De los acuíferos sobreexplotados, los que registran el mayor grado de afectación son el de Guaymas, Costa de Hermosillo, Sahuaral y Caborca; en los dos primeros existe también el problema de intrusión salina.

La región presenta características de zonas áridas y semiáridas y en los últimos 50 años se han registrado tres periodos críticos de sequías. Su desarrollo ha sido posible gracias a la agricultura de riego. El 88% del agua que se extrae de las fuentes superficiales y subterráneas en la región se destina a la agricultura. En el ámbito regional se han identificado problemas relacionados con la cantidad y calidad del recurso agua, señalando a continuación las características de mayor relevancia.

- **Deficiente suministro de agua potable y alcantarillado.** Se presenta baja eficiencia en la red de distribución por altas pérdidas y mala sectorización; asimismo, en la red de alcantarillado se presentan colapsos de tuberías cuya vida útil ha sido rebasada, taponamientos y afloramientos por falta de mantenimiento. Se tiene una administración deficiente que genera una baja eficiencia de facturación y recaudación; también existe alta rotación de personal de los organismos operadores. Las pérdidas de agua en zonas urbanas como Hermosillo, Nogales, Puerto Peñasco y Guaymas son del orden de 46%.
- **Ineficiente uso y manejo del agua en la agricultura.** La problemática abarca a los siete distritos de riego y 2 unidades de riego, aunque ésta se acentúa en los distritos que utilizan riego por gravedad como son: río Yaqui, Colonias Yaqui y río Mayo. En la actualidad la eficiencia global promedio es del orden de 41%.

- **Contaminación de cuerpos de agua.** La problemática principal se refleja por descargas de aguas residuales de origen urbano e industrial en la Bahía de Guaymas, en la contaminación por descargas agrícolas en los esteros y bahías como Yávaros, Lobos y Bacoichibampo y en la contaminación por efluentes urbanos provenientes de Hermosillo y de descargas urbanas y de granjas porcícolas en el río Mayo.
- **Insuficiente infraestructura de medición.** Existe insuficiente infraestructura de medición para calidad del agua, piezometría y en menor escala en climatología e hidrometría. Los recursos financieros destinados al incremento de esta infraestructura, así como para su operación y mantenimiento han sido escasos; asimismo existe un bajo nivel de capacitación del personal dedicado a ello. Solamente se tienen 11 estaciones climatológicas que reportan desde 1961; 34 estaciones hidrométricas; la red geohidrológica sólo opera en los acuíferos de Caborca, Costa de Hermosillo y Valle de Guaymas. Con relación a calidad del agua, se tienen 17 estaciones y se carece de estaciones en las subregiones de Sonoyta y Concepción.
- **Daños por inundaciones y sequías.** Debido a la situación geográfica de la región, se presentan ciclones con una incidencia de alta frecuencia en las zonas costeras y frentes fríos que ocasionan precipitaciones que generan grandes avenidas con desbordamiento de cauces. Las zonas con mayor afectación son los Valles del Yaqui y Mayo, las zonas en los ríos Sonora y Asunción, así como en la parte baja de la cuenca del río Matape. Por otro lado, la ocurrencia de periodos largos de precipitación escasa afecta el abastecimiento de agua a las poblaciones, agricultura y generación de energía eléctrica. Las sequías se han presentado con una frecuencia de una por década, pero el periodo que inició en 1995 a la fecha ha sido el más crítico.
- **Competencia entre los usos del agua.** Esta problemática se presenta en las cuencas de Sonoyta, Concepción y Sonora, donde se presenta un alto crecimiento de la población, por lo que el uso público urbano cada vez demanda mayor cantidad de agua, siendo su principal competidor el sector agrícola.
- **Sobreexplotación de acuíferos.** Este problema ha provocado un descenso continuo de los niveles de bombeo y consecuentemente el aumento de los costos de operación, el avance de la interfase salina, la salinización de la tierra, y finalmente el abandono de las tierras que alguna vez fueron productivas para la agricultura. El problema de

sobreexplotación se presenta en 15 de las 47 zonas geohidrológicas de la región.

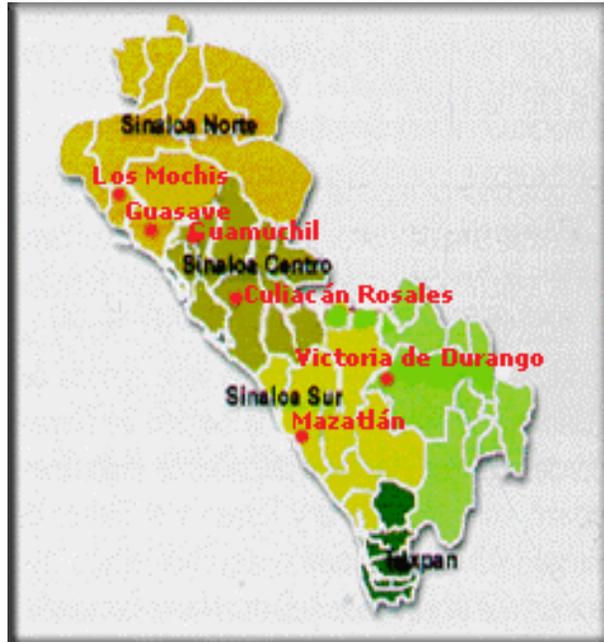
En particular, la sobreexplotación a la que ha sido sometido el acuífero de la costa de Hermosillo durante décadas lo mantiene a la fecha en condiciones críticas. Un descenso significativo de los niveles de agua, agravado por la presencia de la intrusión de agua de mar a lo largo de su porción costera, ha propiciado el que una superficie de 9 700 hectáreas de uso agrícola hayan quedado inhabilitadas; en la porción más difícil los abatimientos de los acuíferos alcanzan ya los 60 metros bajo el nivel del mar.

Conviene destacar la problemática que se presenta para el abastecimiento a la ciudad de Hermosillo, la cual padece déficit en sus volúmenes de abastecimiento y que para resolverlos tendrá que decidir en el corto plazo si maneja la demanda combinada con un uso eficiente, adquiere derechos de riego o instala planta desaladoras.

Si bien es cierto que se han realizado esfuerzos para incrementar las eficiencias de riego, estableciendo reglamentos para la extracción de las aguas del subsuelo y tecnificando extensas superficies con riego presurizado, a la fecha no ha sido posible lograr el equilibrio de los acuíferos por lo que, de continuar con esta tendencia, los problemas de abatimiento y deterioro de esas fuentes de abastecimiento continuarán agravándose, con lo que se pondrá en riesgo al medio ambiente y la actividad económica de la región.

Uno de los mayores desafíos en la Región II Noroeste lo constituye el lograr un manejo racional e integral de sus limitados recursos hidráulicos, con criterios de sustentabilidad, basados en el uso eficiente del agua, especialmente en las circunstancias adversas que se dan durante la época de estiaje y los largos periodos de sequías.

4.3.3. Región III Pacífico Norte



La Región III Pacífico Norte se ubica en el Noroeste de México, presenta a lo largo de su territorio notables diferencias en su desarrollo hidráulico y, por consecuencia, en la problemática del sector.

La superficie de la región es de 150 100 km² que corresponde poco más o menos a 8% de la superficie nacional. Incluye la totalidad del estado de Sinaloa y porciones de los estados de Durango, Chihuahua, Nayarit y Zacatecas; comprende 13 cuencas hidrológicas desde la del río Fuerte hasta la del San Pedro, las cuales para fines de planeación, se agrupan en cinco subregiones: Norte, Centro-Norte, Centro-Sur, Tuxpan y Guadiana.

La población regional es de 3.88 millones de habitantes (INEGI, 2000), de los cuales 40% se asienta en las ciudades de Culiacán, Durango, Mazatlán, Los Mochis, Guasave y Guamúchil. El 38% de la población habita en localidades rurales y el 22% restante en ciudades medias. En relación con la distribución de la población por estado, Sinaloa concentra el 65%, Durango el 21% y el 14% restante se distribuye en los estados de Nayarit, Chihuahua y Zacatecas.

La Población Económicamente Activa (PEA) es de 26% del total regional. El 44% se ocupa en el sector terciario, 37% en el primario y 19% en el secundario. No obstante la preponderancia del sector terciario en la PEA, la economía regional se basa en la agricultura, la cual ha alcanzado un alto desarrollo.

La ganadería, la pesca y la captura y cría de camarón tienen un papel importante en las costas de Sinaloa y Nayarit, así como la actividad agrícola y producción de papel en Durango. La actividad turística se concentra básicamente en Mazatlán, uno de los principales destinos turísticos del país. Por otro lado, la región contribuye con 3% del PIB nacional.

En la economía regional destaca la importancia del estado de Sinaloa, donde se desarrolla la mayor parte de la agricultura con siete distritos de riego, se localiza la capital del estado y el valle agrícola del Guadiana. En menor medida, es relevante la economía de la porción de Nayarit donde se ubican algunas localidades de importancia estatal, como Acaponeta, Tuxpan y el distrito de riego 043. En la porción de Chihuahua, que comprende una parte de la Sierra Madre Occidental, el desarrollo es prácticamente nulo, siendo importante como un área generadora de escurrimiento. Zacatecas, por último, solo participa con dos municipios, por lo que su contribución a la economía regional es muy pequeña.

La precipitación media anual es de 684 mm y su distribución espacial y temporal presenta fuertes variaciones; en las planicies costeras del norte, donde se realizan la inmensa mayoría de las actividades agrícolas, es del orden de 450 mm. En contraste, en las partes bajas del sur con poco desarrollo hidráulico, la precipitación media anual es de 1 200 mm. Por último, la cuenca alta del río San Pedro (subregión Guadiana), única porción regional elevada con importante densidad poblacional, es una zona árida con una precipitación media anual de 475 milímetros.

La distribución temporal de la lluvia media mensual se observa en la figura 4.5. De su análisis es posible determinar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y de estiaje. Julio resulta ser el mes más lluvioso con un valor medio de 172 mm, mientras que abril es el mes con la lluvia de menor magnitud, cuyo valor medio es de 8 mm.

El escurrimiento natural es de casi 22 000 hm³, 5% del total nacional, de los cuales el 75% escurre en los meses de julio a octubre. Se ha construido una importante infraestructura hidráulica con el objeto de adaptarla a las demandas, esencialmente las de tipo agrícola. Esta infraestructura es una de las más importantes en el país y se tienen 16 presas que regulan el agua para riego y abastecimiento público-urbano. Adicionalmente, las presas se utilizan para la generación de energía eléctrica y control de avenidas.

En relación con las aguas subterráneas, existen 23 acuíferos en la región con una recarga media de poco más o menos 2 500 millones de metros cúbicos por año.

Del total de agua extraída, del orden de 9 200 hm³/año, 94% es utilizada para fines agrícolas, 3% para uso público-urbano, 2% para uso industrial y 1% para uso pecuario.

En la región existen 9 distritos de riego con una superficie dominada de más de 800 000 hectáreas y eficiencias totales de riego en promedio de 42%; sólo las subregiones Norte, Centro-Norte y Centro-Sur concentran siete de esos nueve distritos de riego con una extensión que corresponde al 96%.

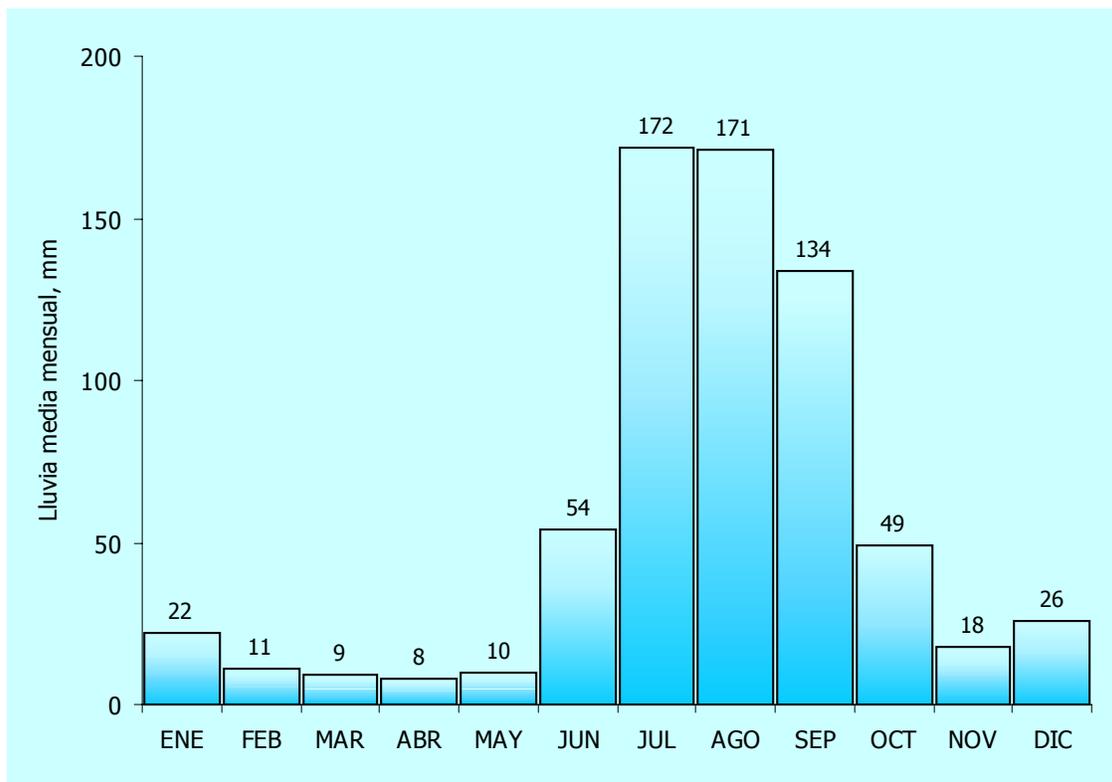


Figura 4.5. Precipitación media mensual de la Región III Pacífico Norte, en mm

Las coberturas de agua potable, urbanas y rurales son ligeramente superiores a las medias nacionales, mientras que las coberturas de alcantarillado son ligeramente inferiores a las medias nacionales y, en el ámbito regional, se han identificado problemas relacionados con la cantidad y calidad del recurso agua, indicando a continuación los de mayor relevancia.

- **Ineficiente uso y manejo del agua en la agricultura.** En las subregiones Centro-Norte y Norte, donde se ubican más de 700 000 hectáreas de riego que corresponden a 87.5% del total regional, existen deficiencias en riego, que impactan primordialmente en temporada de sequías. Como ejemplo, a principios de 1996, por la baja disponibilidad registrada en las presas de almacenamiento, se dejaron de regar 38 000 ha en la subregión Centro-Norte; asimismo en el mismo año, en el distrito de riego 063 de Guasave, dentro de la subregión Norte, no fue factible atender el riego de cerca de 12 000 ha. En la actualidad, la eficiencia global promedio es de 38%.
- **Degradación del agua superficial.** El problema de degradación de la calidad del agua superficial es común prácticamente en toda la región; sus mayores efectos se presentan en la subregión Norte, por tener el mayor desarrollo socioeconómico regional, y en la subregión Tuxpan, por su potencial acuícola.

La subregión Centro-Norte sólo cuenta con infraestructura para tratar menos de 10% de los volúmenes descargados con lo que se dañan principalmente las partes bajas de las cuencas de los ríos Culiacán y San Lorenzo, en donde se alcanzan valores máximos en ICA de 32 y 39 respectivamente, por lo que se les clasifica como ríos fuertemente contaminados. Para el río Culiacán las afectaciones son provocadas principalmente por las descargas de la ciudad de Culiacán.

En la subregión Norte, hay una escasa infraestructura para tratar los volúmenes residuales descargados, por lo que los valores de ICA indican 64 y 60 para los ríos El Fuerte y Sinaloa, que las clasifican como corrientes contaminadas; que están afectadas principalmente por las descargas de las diversas localidades del municipio de Ahome.

En la subregión Tuxpan la contaminación de los ríos San Pedro con valor de ICA de 49 en promedio y 52 para el Acajoneta, debido a una falta de infraestructura de tratamiento de aguas residuales afecta los esteros y esta situación restringe el cultivo de camarón, que es el sustento más

importante de estas zonas costeras y perjudica a las localidades de Tuxpan y Acaponeta.

- **Degradación del agua subterránea.** La degradación de la calidad del agua subterránea perjudica principalmente las subregiones Guadiana y Centro-Sur. En el primer caso se presenta contaminación natural por presencia de flúor y arsénico mayor a lo deseable en los acuíferos que abastecen a la ciudad de Durango; la subregión Centro-Sur, el acuífero Presidio, fuente principal de abastecimiento de la ciudad de Mazatlán, presenta contenidos de fierro y manganeso por encima de la norma establecida por la CNA.
- **Daños por inundaciones.** El problema de las inundaciones, causado principalmente por un ordenamiento territorial inadecuado, la poca capacidad de control de avenidas, el monitoreo deficiente y la insuficiencia de obras y programas de prevención, afecta a todas las zonas costeras, destacando la subregión Centro-Sur, en concreto la parte baja de la cuenca del río Presidio, en donde cada cuatro años se daña, además de las áreas productivas y vías de comunicación, la infraestructura de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Mazatlán. De igual forma, con una frecuencia de 10 años en promedio, en las zonas costeras de las subregiones Norte y Centro-Sur, se presentan inundaciones que aquejan a las áreas de producción agrícola, localidades ribereñas y vías de comunicación.
- **Insuficiente infraestructura de medición.** Las ciudades principales presentan porcentajes muy elevados de agua potable no contabilizada; la ciudad más grande de la región, que es Culiacán y las dos ciudades siguientes en importancia, Durango y Mazatlán, presentan porcentajes del orden de 50% de agua no contabilizada.
- **Sobreexplotación de mantos acuíferos.** En la subregión Guadiana, la sobreexplotación que presentan los acuíferos Guadiana, Canatlán, Santiaguillo y Vicente Guerrero-Poanas, ha generado un incremento en los costos de bombeo como consecuencia del abatimiento de los niveles del agua de los acuíferos.

Uno de los mayores retos en la Región III Pacífico Norte lo constituye el lograr un manejo racional e integral de sus limitados recursos hidráulicos, con criterios de sustentabilidad, basados en el uso eficiente del agua, en especial durante la época de estiaje y los largos periodos de sequías.

En la producción agrícola se deberán incrementar las eficiencias de riego, ya que a la fecha no ha sido posible lograr el equilibrio de los acuíferos por lo que, de continuar con esta tendencia, los problemas de abatimiento y deterioro de esas fuentes de abastecimiento continuarán agravándose, con lo que se pondrá en riesgo al medio ambiente y la actividad económica de la región.

4.3.4. Región IV Balsas



La Región IV Balsas está conformada por dos grandes provincias fisiográficas: la Sierra Madre del Sur y el eje Neovolcánico. Abarca 118 600 km², 6% del territorio nacional, e incluye completamente al estado de Morelos y parcialmente a los estados de Tlaxcala, Puebla, México, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco con un total de 421 municipios.

Para efectos de planeación hidráulica, se delimitó en tres subregiones: Alto Balsas, con 52 000 km², Medio Balsas, 31 000 km², y Tepalcatepec, 36 000 km², las cuales están integradas por 12 cuencas cuyas corrientes son afluentes del río Balsas, así como por tres cuencas endorreicas ubicadas en las subregiones Alto Balsas: Libres-Oriental y Tepalcatepec: Paracho-Nahuatzén y Lago Zirahuén.

Sus recursos hidráulicos de tipo superficial son relevantes: 24 300 hm³/año en promedio, el quinto lugar en el ámbito nacional. El río Balsas es su principal corriente y fluye a través de una red que drena en dirección este-oeste, paralela a la costa del Océano Pacífico, y desemboca en el delta ubicado en la porción limítrofe entre los estados de Guerrero y Michoacán. Las presas importantes se localizan en el extremo, aguas debajo de la región, y están destinadas a la generación de energía eléctrica, para lo cual se encuentra comprometido el 60% del escurrimiento total. La variación estacional de las lluvias y la insuficiente infraestructura para control de avenidas en la región ocasionan problemas de inundaciones en las partes

bajas que afectan sensiblemente a la población, así como a la infraestructura productiva y de servicios.

La precipitación media anual es de 806 milímetros y la figura 4.6 muestra la distribución temporal de la lluvia media mensual. A partir de su análisis es posible determinar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y de estiaje. Junio, julio y agosto resultan ser los meses más lluviosos con un valor medio de 172 mm, mientras que febrero y marzo son los meses con la lluvia de menor magnitud, cuyo valor medio es de 4 mm.

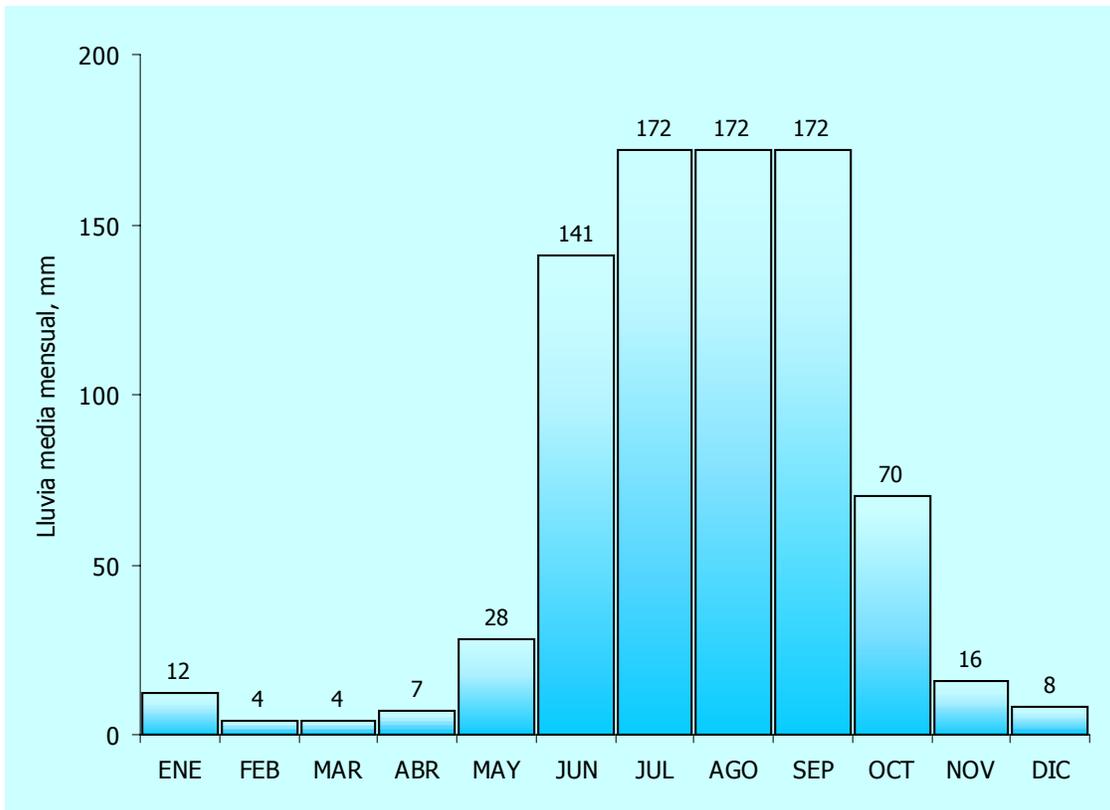


Figura 4.6. Precipitación media mensual de la Región IV Balsas, en mm

La población total de la región es 9.91 millones de habitantes (INEGI, 2000), 10% del total nacional. De éstos, 67% se concentra en la parte alta de la cuenca. Existen 17 ciudades con más de 50 000 habitantes, entre ellas las ciudades de Puebla, Cuernavaca, Uruapan, Cuautla, Chilpancingo y Tlaxcala. Se estima que 6.8% del PIB nacional se genera en esta región. La Población Económicamente Activa (PEA) es de 27% y el 68% de ella se concentra en la subregión Alto Balsas, en particular en los sectores secundario y terciario.

En el ámbito regional, las actividades económicas predominantes son la agricultura, con el cultivo de maíz, caña de azúcar, hortalizas, frijol y arroz; la acuicultura, con el cultivo de tilapia y bagre; la recreación y turismo con múltiples centros vacacionales y coloniales en Puebla y Guerrero, y de competencia acuática en la desembocadura del río Balsas.

Existe un notable desarrollo industrial concentrado en las zonas adyacentes a los principales núcleos urbanos (Puebla, Cuernavaca y Tlaxcala), en los que son elevados los niveles de servicio de agua potable y alcantarillado. Las ramas principales son la industria textil, metal-mecánica, automotriz, química, azucarera, alimenticia y papelera. Las zonas claramente identificadas son el Corredor Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC), la zona conurbada de la ciudad de Puebla y el estado de Tlaxcala. Cabe mencionar que en la región se presentan serias desigualdades entre el desarrollo de las distintas zonas, en particular, en el medio rural donde existen condiciones de marginalidad elevada, especialmente en las zonas pertenecientes a los estados de Oaxaca y Guerrero.

Los 7 700 hm³/año para usos consuntivos que en total se aprovechan en la región se distribuyen según los porcentajes siguientes: agrícola 82%, industrial 11% y público-urbano 7%.

Por otro lado, las grandes concentraciones de población y la actividad industrial generan descargas de aguas residuales que, al carecer de tratamiento o tenerlo de manera deficiente, provocan la contaminación de los cuerpos de agua.

En la Región IV Balsas, se han identificado problemas relacionados con la cantidad y calidad del recurso agua, indicando a continuación las características de mayor relevancia.

- **Baja cobertura de agua potable.** Existe una baja cobertura de agua potable en el medio rural en las porciones de los estados de Guerrero

(48%), tales como Pololcingo, Tlacotepec y Xochipala; Oaxaca (56%), en Tlaxiaco, Tamazulapan y Santiago Ixtlahuaca; y Puebla (61%), en los municipios de Izúcar de Matamoros, Atlixco y Tecamachalco.

- **Baja eficiencia en el uso del agua para riego.** Se presenta una baja eficiencia en el uso del agua para riego y superficies con infraestructura hidroagrícola no aprovechada en las cuencas: Alto Atoyac, Amacuzac, Cupatitzio y Tepalcatepec. Asimismo, existe abandono de superficies con infraestructura, así como baja eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego 056 Atoyac-Zahuapan, 030 Valsequillo y 016 Morelos en la subregión Alto Balsas; 057 Amuco-Cutzamala, 068 Tepecoacuilco-Quechultenango y 045 Tuxpan, en la subregión Medio Balsas; y 097 Lázaro Cárdenas, 098 José María Morelos y 099 Quitupan, en la subregión Tepalcatepec, motivados por diversos factores que se entrelazan, como son: la insuficiencia de créditos, falta de maquinaria y equipo especializado, bajos ingresos derivados de la producción y la deficiente organización de usuarios. Además de existir causas relacionadas con el mal estado de la infraestructura de distribución y drenaje, prácticas obsoletas de riego, así como problemas por la tenencia de la tierra. Según los datos estadísticos, en los distritos se riega con una eficiencia del 36%, mientras que en las unidades se riega con una eficiencia del 53%.
- **Saneamiento escaso en el medio rural.** En el ámbito regional, en la porción del estado de Tlaxcala se tiene 20% de saneamiento, en la parte del estado de Morelos 29% y en el resto de la región, que abarca parte de los estados de Puebla, México, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco, sólo alcanza valores del orden de 6%. Esta situación afecta la calidad de vida de la población rural, ya que deteriora sus condiciones de sanidad y salud y degrada el ambiente. La gran dispersión de las localidades rurales, principalmente en la subregión Alto Balsas, así como su difícil acceso, son los principales factores que dificultan la dotación de los servicios básicos.
- **Alta contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.** Se presenta una contaminación de gran magnitud en las cuencas Alto Atoyac, Nexapa y Amacuzac. Existe contaminación puntual por los efluentes urbanos e industriales no tratados o con tratamiento deficiente en las principales zonas urbanas como Tlaxcala, Apizaco, Zacatelco y Santa Ana Chiautempam en el estado de Tlaxcala; la ciudad de Puebla, San Martín Texmelucan, Cuautlancingo, San Pedro Cholula, Huejotzingo, Tepeaca, Atlixco e Izúcar de Matamoros en el estado de Puebla; así como el corredor Zacatepec-Cuautla-Yautepec y la ciudad de Cuernavaca en el estado de Morelos, pertenecientes a la subregión Alto Balsas.

Así, se contaminan rápidamente las corrientes superficiales y existe un riesgo potencial para los acuíferos que sirven de fuente de abastecimiento de agua potable de las ciudades. Cabe mencionar que la contaminación de las aguas disminuye su disponibilidad y eleva los costos de tratamiento para su utilización en otros usos.

- **Sobreexplotación de los acuíferos.** Los acuíferos Tecamachalco, Tepalcingo-Axochiapan y Alto Atoyac presentan una sobreexplotación vertiginosa. En efecto, durante las últimas décadas se ha registrado un descenso continuo de los niveles de bombeo con el consecuente encarecimiento de los costos de explotación, situación que representa una amenaza para la preservación de dichas fuentes de abastecimiento y, en consecuencia, para el desarrollo socioeconómico que depende de ellas, principalmente en la subregión Alto Balsas.
- **Daños por fenómenos hidrometeorológicos extremos.** La ubicación de la región, en una zona altamente propensa a la presencia de depresiones tropicales de diferente magnitud, origina que muy seguido se vea afectada por este tipo de fenómenos, lo que ocasiona daños, tanto en zonas productivas como en los tramos de los ríos en los que son obstruidos los cauces o invadidas las zonas federales. Esta situación ocurre en las localidades de Santa Ana Chiautempan, San Pablo del Monte y Huamantla, en el estado de Tlaxcala; la ciudad de Puebla, Atlixco e Izúcar de Matamoros, en el estado de Puebla; y la ciudad de Cuernavaca, Cuautla y Jojutla, en el estado de Morelos, en la subregión Alto Balsas. Asimismo, en Iguala, Chilpancingo y ciudad Altamirano, en el estado de Guerrero; Zitácuaro y Ciudad Hidalgo, en el estado de Michoacán, y Valle de Bravo y Tejupilco, en el Estado de México, en la subregión Medio Balsas; y finalmente, Uruapan y Apatzingán en el estado de Michoacán, en la subregión Tepalcatepec.

De continuar la tendencia actual de manejo del recurso en la región, se acentuará el rezago en los servicios básicos en el medio rural y el incipiente saneamiento continuará impactando en la calidad de vida de la población y en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. El incremento en la explotación de los acuíferos de algunas ciudades intensificará la sobreexplotación y competencia entre usuarios agrícolas, público urbano e industriales. Las bajas eficiencias con que operan los distritos de riego y organismos operadores continuarán generando dispendio del recurso y problemas de competencia e incremento en los costos de operación, lo que limitará el desarrollo de otras actividades productivas.

4.3.5. Región V Pacífico Sur



La Región V Pacífico Sur tiene una superficie de 79 600 km², se integra con 357 municipios de los estados de Oaxaca y Guerrero que abarcan 65% y 35% de la superficie regional. Comprende seis subregiones para fines de planeación hidráulica: Costa Grande, Costa Chica, Río Verde, Costa de Oaxaca, Tehuantepec y Complejo Lagunar, las cuales agrupan a 23 cuencas hidrológicas y sus escurrimientos se generan desde el parteaguas definido por las sierras Madre Occidental y Madre de Oaxaca, hasta las costas de dichos estados en el Océano Pacífico.

La población en la región era de 3.98 millones de habitantes (INEGI, 2000) y alrededor de 50% de ellos viven en 9 000 poblados rurales. En relación con la PEA, existe una marcada preponderancia de las actividades primarias, que absorben en promedio 41% del total. La población que depende de la agricultura, caza y pesca alcanza el 66% en la Costa de Oaxaca, 47% en Tehuantepec y 45% en la Costa Grande de Guerrero. La región contribuye con 2% del PIB nacional.

En cuanto a las actividades económicas como son el turismo, la agricultura, la ganadería, la pesca, la captura de camarón y la explotación forestal, existen muy marcadas diferencias en su desarrollo. La actividad turística en la región presenta un elevado desarrollo, que la sitúa entre las más avanzadas del país, en el caso de Acapulco e Ixtapa-Zihuatanejo en Guerrero; y Huatulco y Puerto Escondido en el estado de Oaxaca. La actividad petrolera tiene un importante desarrollo en Salina Cruz, Oaxaca; las demás actividades tienen, en general, un incipiente desarrollo.

Esta región comprende, dentro de sus límites territoriales, una amplia gama de climas que van desde los cálidos subhúmedos, hasta los semicálidos y templados, con lluvias en verano. La precipitación es de 1 125 mm al año en promedio. En cada una de las subregiones se registran precipitación anuales promedio superiores a 1 000 mm, a excepción de Tehuantepec donde la precipitación es de 605 milímetros.

La figura 4.7 indica la distribución temporal de la lluvia media mensual, por lo que es posible determinar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y de estiaje. Septiembre resulta ser el mes más lluvioso con un valor medio de 234 mm, mientras que marzo es el mes con la lluvia de menor magnitud, cuyo valor medio es de solamente 10 mm.

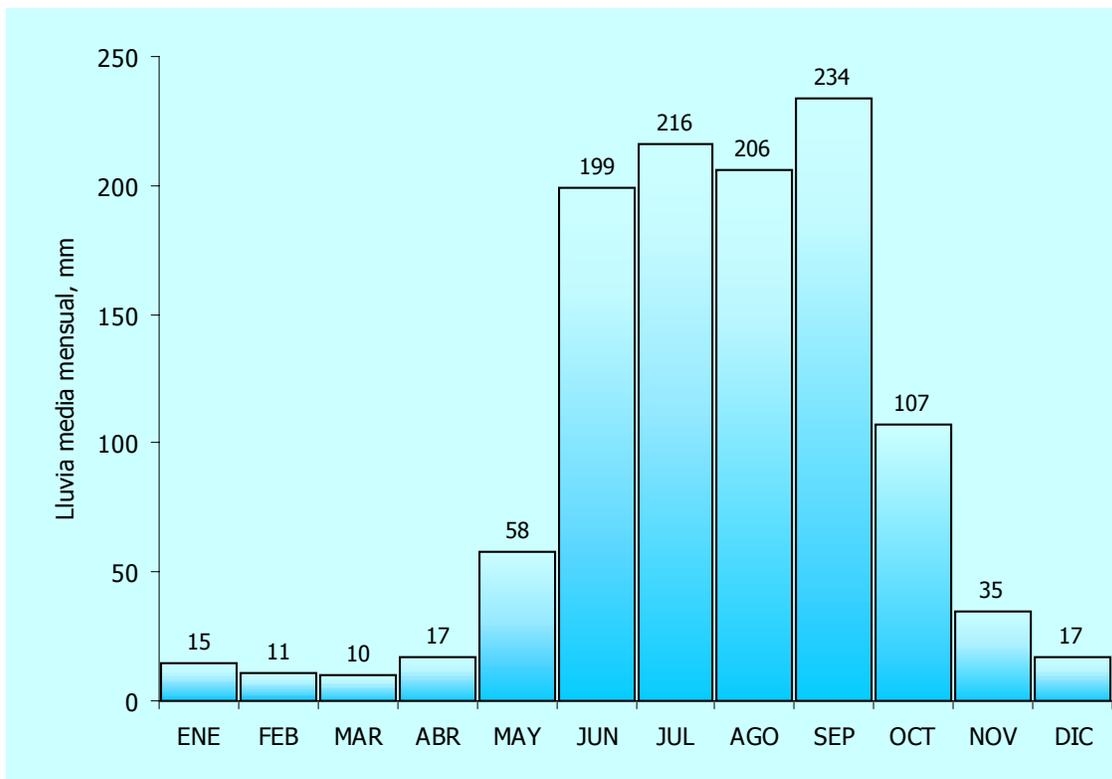


Figura 4.7. Precipitación media mensual de la Región V Pacífico Sur, en mm

La región ocupa el cuarto lugar en el ámbito nacional por la magnitud de sus escurrimientos superficiales, 31 500 hm³/año en promedio, superada sólo por las regiones XI Frontera Sur, X Golfo Centro y VIII Lerma-Santiago-Pacífico.

No obstante, el aprovechamiento de dichos escurrimientos es muy escaso (menos del 5%), debido en gran parte a las fuertes variaciones estacionales de los mismos y a la insuficiente infraestructura de almacenamiento para aprovecharlos.

Existen 33 acuíferos que reciben una recarga media anual de 1 700 hm³/año. Los sistemas acuíferos de los valles centrales se encuentran en condiciones de equilibrio, esto es vital ya que de ellos depende el abasto de agua para la ciudad de Oaxaca y municipios conurbados donde se asienta una población que asciende a cerca de 600 000 habitantes a la fecha.

En el ámbito social, su característica principal es una alta marginación con excepción de algunos núcleos urbanos como Acapulco, Chilpancingo, Zihuatanejo, Oaxaca y Salina Cruz y existen severas carencias en materia de suministro de agua potable, saneamiento básico, salud, educación y vivienda en la mayor parte de la región.

Los más de 1 500 hm³/año que se aprovechan en la región para usos consuntivos se distribuyen de la forma siguiente: agrícola 70%, industrial 9% y público urbano 21%.

Con base en el conocimiento de la situación actual, se han identificado problemas relacionados con la cantidad y calidad del recurso agua, indicando a continuación los de mayor relevancia.

- **Baja cobertura en agua potable en centros urbanos y comunidades rurales.** En zonas urbanas la cobertura más baja corresponde a la subregión Costa Chica en donde destacan las poblaciones de Ometepec, Chilpancingo y Chilapa en el estado de Guerrero y Pinotepa Nacional y Mariscala en el estado de Oaxaca, con una cobertura inferior a 55%.

En comunidades rurales la cobertura más baja se presenta en la totalidad de la subregión Costa de Oaxaca con 30%. Las condiciones geográficas en la región son en particular difíciles. Por otra parte, la dispersión poblacional y la pobreza generalizada que afecta por igual a toda la región constituyen sus factores relevantes.

- **Baja cobertura de alcantarillado en centros urbanos y de saneamiento en comunidades rurales.** La cobertura más baja se presenta en la subregión Costa de Oaxaca, siendo inferior a 45%, destacando Salina Cruz, Río Grande, Puerto Ángel, Puerto Escondido y Bahías de Huatulco. En saneamiento básico, al igual que en agua potable, este problema afecta de manera general a toda la región, pero en primer lugar a las poblaciones rurales, donde se tienen cobertura en saneamiento del orden de 10%.
- **Baja eficiencia en el uso del agua en riego.** La Región V Pacífico Sur presenta las eficiencias más bajas en el ámbito nacional (25% en distritos de riego). Alrededor de 50% de la superficie hidroagrícola se encuentra sin utilizar, con lo que se afecta sobre todo al mayor distrito de riego de la región, el 019 Tehuantepec.

Diversos factores fuera del ámbito hidráulico causan la situación mencionada del sector agrícola, por ejemplo, la insuficiencia de créditos, maquinaria y equipo especializado, bajos ingresos por la venta de los productos, alta fragmentación parcelaria y deficiente organización de los usuarios, entre otros.

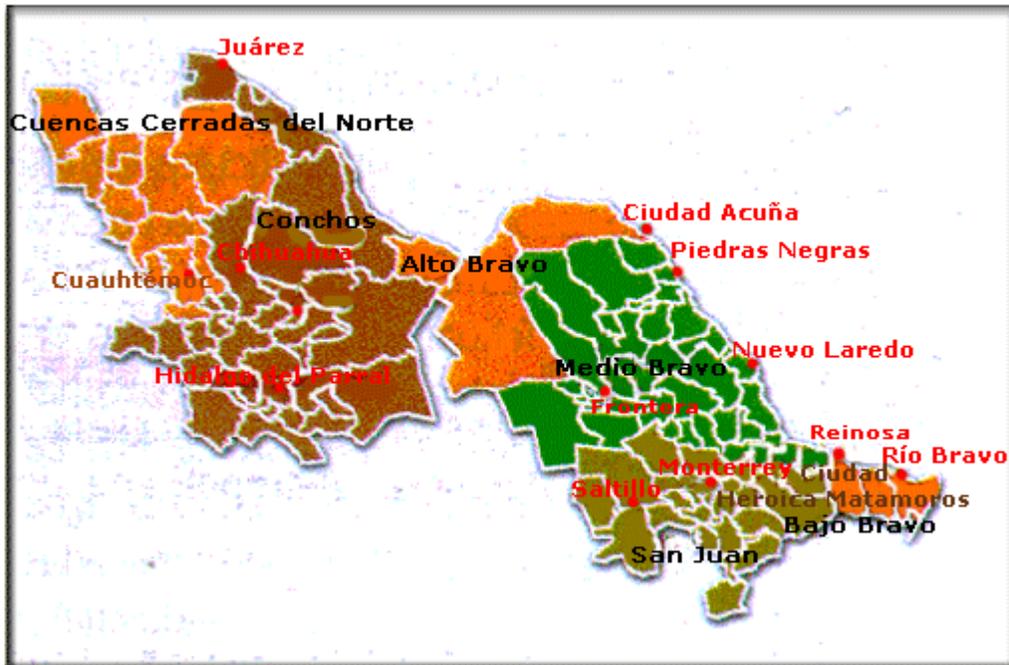
- **Degradación de la calidad de los cuerpos de agua.** En ríos, tales como Atoyac y la Unión en la subregión Costa Grande, y Papagayo en la subregión Costa Chica, así como en la laguna costera de Tres Palos en la subregión Costa Grande, el Índice de Calidad del Agua (ICA) oscila entre 50 y 55. Lo mismo ocurre en las bahías de Puerto Escondido, La Ventosa, la Laguna de Manialtepec y Chacahua en la subregión Costa de Oaxaca. Los ríos Tehuantepec y Los Perros, en las subregiones Tehuantepec y Complejo Lagunar respectivamente presentan un ICA de 60. La disminución de la calidad de estos cuerpos de agua se ha propiciado por las descargas indiscriminadas de aguas residuales de origen urbano, industrial y agrícola sin un tratamiento previo, debido a que no existen suficientes plantas para tratar el volumen de aguas residuales generadas.
- **Daños por fenómenos hidrometeorológicos.** La ubicación geográfica de la región, aunada a las deficiencias en los sistemas disponibles de observación, previsión y alertamiento, son factores que agravan los daños por ciclones tropicales, afectando en mayor medida a las zonas costeras. Se presentan inundaciones que afectan severamente a las poblaciones ubicadas en las cercanías de las corrientes de agua, así como a zonas productivas con cuantiosos daños; alrededor de 20% de los ciclones

que tocaron tierra en territorio nacional en el periodo 1960-2000, lo hicieron en las costas de Oaxaca y Guerrero, pero sin duda, el caso más crítico fue el ciclón Paulina, en 1997.

De no llevar a cabo acciones sustantivas en los próximos 25 años, se incrementarán los rezagos existentes en la dotación de los servicios básicos a la población, por lo que se agudizarán problemas como la degradación de la calidad de los principales cuerpos de agua.

En el sector agrícola, de seguir con las tendencias actuales, se incrementará la superficie ociosa a más de 50% de la superficie existente. Por otra parte, de no tomar las medidas necesarias para mitigar el impacto de los ciclones tropicales en la región, seguirán las inundaciones tanto en centros de población como en zonas productivas.

4.3.6. Región VI Río Bravo



La superficie total de la Región VI Río Bravo es de 377 000 km² y es la más extensa del país, equivalente al 19% del territorio nacional. Abarca casi la mitad de la superficie de la cuenca del río Bravo, que es compartida con los Estados Unidos de América, por lo que ha sido motivo de acuerdos y convenios binacionales para lograr su aprovechamiento.

La región se encuentra al norte del Trópico de Cáncer y se sitúa en su totalidad en la franja de las grandes zonas áridas y semiáridas. La precipitación media anual es de 449 mm. La figura 4.8 indica la distribución temporal de la lluvia media mensual, por lo que es viable determinar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y de estiaje. Septiembre resulta ser el mes más lluvioso con un valor medio de 86 mm, mientras que marzo es el mes con la lluvia de menor magnitud, cuyo valor medio es de solamente 10 mm.

Los ciclones tropicales que logran incidir en la zona generan gran parte del escurrimiento de la región. Además, se han registrado periodos de sequías que afectan simultáneamente a Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. El periodo de sequía más reciente ha sido de 1993 a la fecha.

La población es de 9.43 millones de habitantes (INEGI, 2000) que equivalen a 10% del total nacional. Los flujos migratorios de la región son principalmente de origen rural hacia los centros urbanos, lo que implica una marcada concentración de la población, básicamente en dos grandes polos de desarrollo: la zona metropolitana de Monterrey, Nuevo León y Ciudad Juárez, Chihuahua.

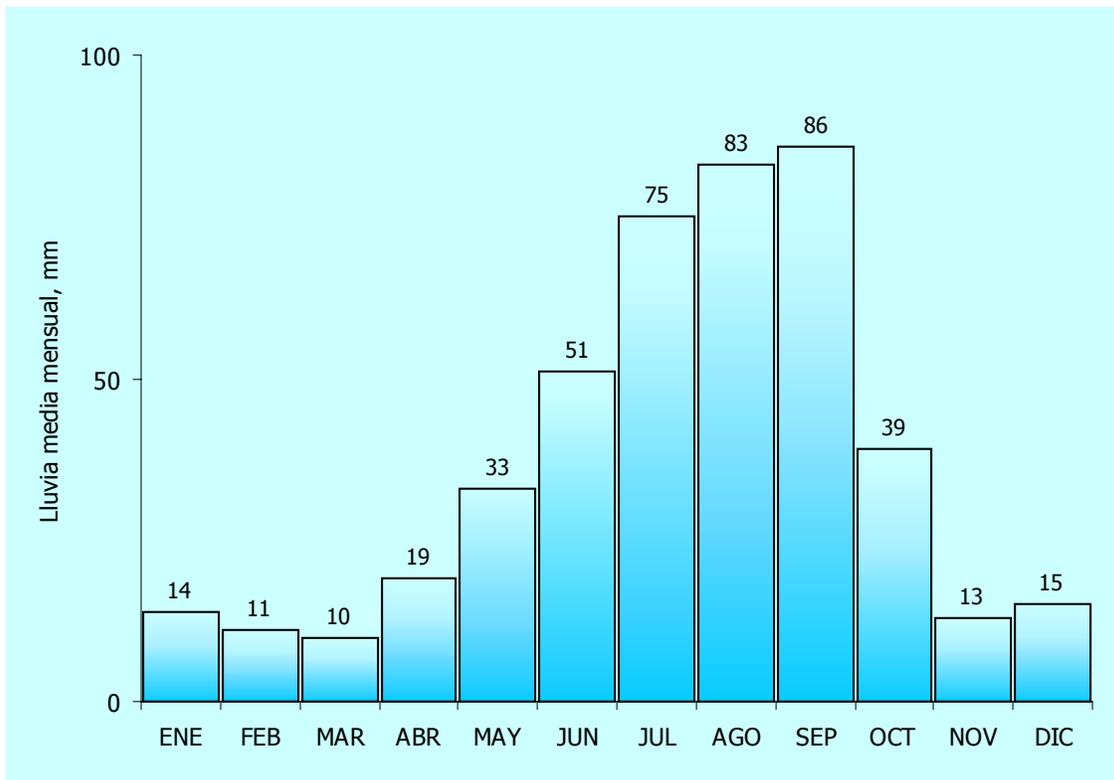


Figura 4.8. Precipitación media mensual de la Región VI Río Bravo, en mm

De acuerdo con las proyecciones de CONAPO (2003), la población de la región llegará a 12.6 millones de habitantes en el año 2025, con un 92% de población urbana. En términos generales, el grado de marginalidad es bajo y muy bajo. De los 141 municipios existen 6 con alta marginalidad y 16 con marginalidad media.

El crecimiento económico en la región ha sido constante y contribuye con el 14.2% del PIB y se ha mantenido un avance continuo de los sectores industrial y de servicios.

Se cuenta con una importante infraestructura para el riego, que ha beneficiado la actividad agropecuaria al grado de convertirla en un factor fundamental para el desarrollo socioeconómico de la región.

La principal corriente es el río Bravo, el cual sirve de límite entre México y Estados Unidos de América. El escurrimiento medio anual en la cuenca del río Bravo en territorio mexicano asciende a cerca de 9 200 millones de metros cúbicos.

Se ha construido una importante infraestructura hidráulica para regulación, cuya capacidad útil de almacenamiento es de 10 100 hm³, que incluyen 3 100 hm³ que le corresponden a México de las presas internacionales La Amistad y Falcón.

En la región existen 71 acuíferos en explotación, con una recarga media anual de 5000 millones de metros cúbicos y su extracción anual se eleva a 3 700 hm³; de ellos 20 están sobreexplotados.

Respecto a la extracción total anual para los diversos usos consuntivos, se estima que 78% se destina al uso agrícola, 12% al uso público urbano, 8% al uso industrial y 2% al uso pecuario y, se utilizan 3 700 hm³ en la generación de energía eléctrica.

Las condiciones naturales de la región, aunada a la relación política y económica México-Estados Unidos de América, han propiciado diversos factores que determinan el aprovechamiento y manejo del agua: un desarrollo económico que propicia fuertes movimientos migratorios y de crecimiento de la población, la escasez del agua para satisfacer las demandas generadas por los diferentes usuarios, así como un marcado interés por asegurar el abastecimiento y preservar la calidad del recurso.

La evaluación de las demandas de agua por parte de los sectores socioeconómicos muestra que se está llegando al límite de la oferta del recurso hidráulico, incluso se ha rebasado la disponibilidad natural en ciertas zonas, como lo muestra el estado de sobreexplotación de varios acuíferos.

Con base en el conocimiento de la situación actual se han identificado problemas relacionados con la cantidad y calidad del recurso agua, indicando a continuación los de mayor relevancia.

- **Escasez natural del recurso agua en la región.** La disponibilidad anual por habitante en el año 2000 apenas alcanzaba los 1 300 m³/hab/año.
- **Escasez agudizada en los polos de mayor crecimiento poblacional.** La situación de escasez se agudizará en los polos con mayor crecimiento poblacional, tal como sucede con las ciudades de Monterrey, en Nuevo León; Ciudad Juárez y Chihuahua, en el estado de Chihuahua; y la ciudad de Saltillo en Coahuila.
- **Uso ineficiente del recurso agua.** El uso ineficiente del agua agrava la escasez y crea conflictos entre los diferentes grupos de usuarios. Así, en el sector agrícola, que emplea 78% del volumen total para usos consuntivos, se tiene una eficiencia media en los distritos de riego del orden de 34% y en las unidades de riego de 55%.

En el sector público urbano, el alto porcentaje de agua no contabilizada representa un desperdicio del recurso agua y merma los recursos financieros de los organismos operadores. El porcentaje de agua no contabilizada oscila entre 40 y 50% en las principales ciudades.

- **Sobreexplotación de los acuíferos.** La sobreexplotación de los acuíferos es una condición inaceptable de extracción de una reserva no renovable. Del orden de 500 millones de metros cúbicos al año de sobreexplotación se concentran en los siete acuíferos siguientes: Jiménez-Camargo, Villa Ahumada-Flores Magón, Ascensión, Chihuahua-Sacramento y Cuauhtémoc, en Chihuahua y Saltillo-Ramos Arizpe y Monclova, en Coahuila.

En general, los acuíferos poseen agua de calidad aceptable, excepto en las zonas del Valle de Juárez y Reynosa, donde el agua es salobre. El agua extraída del acuífero de Valle de Juárez tiene alta concentración de sales y su uso ha ocasionado problemas de salinización en las tierras de riego.

Con una disponibilidad de agua limitada, el desarrollo de la región, una de las más dinámicas del país, ha incrementado poco a poco sus demandas de agua. La estrategia del sector agua ha sido la del aumento de la oferta, lo que ha propiciado la sobreexplotación de los principales acuíferos e incluso competencia entre usuarios por este recurso.

Por ejemplo, en forma muy particular existe competencia entre el sector urbano: la ciudad de Monterrey, y el sector agrícola: el distrito de riego 026 Bajo Río San Juan. En la concepción original de la construcción de la presa El Cuchillo (Monterrey), que en la actualidad capta a través de esta obra los recursos que en forma tradicional proseguían hacia Tamaulipas, se comprometió a entregar a cambio 6 m³/s de aguas residuales tratadas que serían almacenados en la presa Marte R. Gómez para ser utilizados en el distrito de riego 026 Bajo Río San Juan.

Debido a las condiciones hidrológicas de los últimos ocho años, México no ha podido cumplir con las entregas de agua del río Bravo que debe hacer a Estados Unidos de América de acuerdo con el tratado internacional correspondiente. En este tratado se especifica que México debe aportar 2 156 hm³ en ciclos de 5 años, es decir un promedio de 432 millones de metros cúbicos al año.

El ciclo 25, que abarca del 27 de septiembre del año 1992 al 26 de septiembre del año 1997, se cerró con un adeudo de parte de México de 1 262 hm³.

Por otro lado, del ciclo 26, que abarca del 27 de septiembre de 1997 al 26 de septiembre de 2002, sólo se han pagado cerca de 1 200 millones de metros cúbicos por lo que, de continuar la sequía, es muy probable que al cierre del ciclo 26 México no complete el volumen especificado en el tratado.

Si bien a la fecha el desarrollo económico de la región es sobresaliente, en lo futuro éste se podrá ver seriamente afectado por la limitación del recurso agua, el cual presenta una escasez natural tanto superficial como subterránea, por lo que de continuar con las tendencias actuales de extracciones superiores a la recarga, un deficiente e inadecuado manejo del agua, principalmente de los sectores agrícolas y público urbano, así como el constante deterioro de las fuentes de abastecimiento, se limitaría aun más el aprovechamiento de las mismas y aumentaría la competencia por el recurso, a lo que se añadirían los problemas para conseguir el abasto de los principales núcleos urbanos y centros de producción agrícolas e industriales.

Para orientar hacia un uso sustentable del agua en la región se requiere cambiar la estrategia de "aumento de la oferta" por el "manejo integral de la demanda, basada en el uso eficiente del agua".

El objetivo central en la región sería lograr el manejo racional de sus recursos hidráulicos, especialmente en periodos de sequía prolongada, a efecto de mantener su desarrollo socioeconómico.

4.3.7. Región VII Cuencas Centrales del Norte



La Región VII Cuencas Centrales del Norte se ubica en el altiplano de la República Mexicana. Se caracteriza por poseer gran diversidad fisiográfica y muy baja disponibilidad de agua. Abarca una extensión de 206 500 km², el 10% del territorio nacional; su clima se clasifica como seco templado con una temperatura media anual de 18.4° C.

La precipitación promedio de la región es de 496 mm por año y la figura 4.9 muestra la distribución temporal de la lluvia media mensual. De su análisis es posible identificar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y estiaje. Julio resulta ser el mes más lluvioso con un valor medio de 107 mm, mientras que marzo es el mes con la lluvia de menor magnitud, con un valor medio de solamente 6 mm.

La región está conformada por 83 municipios pertenecientes a los estados de Durango, Zacatecas, Coahuila, San Luis Potosí, Nuevo León y Tamaulipas. Para fines de planeación, fue dividida en cinco subregiones: Mapimí, Nazas, Aguanaval, Comarca Lagunera-Parras y El Salado.

La población en el año 2000 era de 3.79 millones de habitantes (INEGI, 2000), de los cuales 69% se localizaba en zonas urbanas y 31% en zonas rurales. Se espera que para el año 2025 la población sea de 4.6 millones de habitantes (CONAPO, 2003), de los cuales 73% se ubicará en núcleos urbanos y 27% en comunidades rurales.



Figura 4.9. Precipitación media mensual de la Región VII Cuencas Centrales del Norte, en mm

El desarrollo económico se ha polarizado principalmente alrededor de las áreas de influencia de las ciudades de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez y Matehuala, en el estado de San Luis Potosí; Torreón, en el estado de Coahuila; y Ciudad Lerdo y Gómez Palacio en el estado de Durango. El Producto Interno Bruto (PIB) de la región representa 3.4% del PIB nacional.

La cuenca de captación más importante es la del río Nazas que representa, por sí sola, 53% del escurrimiento medio anual de la región, estimado en 4 700 hm³. La cuenca del río Aguanaval contribuye con 13% del escurrimiento y el restante 34% se pierde por evaporación o se infiltra en el subsuelo. La disponibilidad de agua superficial en la región, con la infraestructura hidráulica de regulación existente, alcanza a un promedio anual de 1 900 millones de metros cúbicos.

Se tienen 64 acuíferos en la región, de los cuales los más sobreexplotados son: El Principal, Ceballos y San Luis Potosí.

El volumen total extraído al año es de 4 200 hm³, de los cuales la mayor parte proviene de aguas del subsuelo. Del volumen total, 86% se utiliza con fines agrícolas, 7% para usos públicos urbanos, 4% para el uso pecuario y el restante 3% para el uso industrial.

El desarrollo de la región ha propiciado un incremento intenso en la demanda de agua sin conciencia de uso racional. La política ha sido aumentar la oferta lo que, en consecuencia, derivó en una fuerte sobreexplotación de los principales acuíferos de la región y en su posterior degradación ambiental, colocando en peligro el patrimonio de recursos acuíferos y la reserva estratégica regional, la cual se encuentra en su límite.

Respecto a la agricultura, el distrito de riego 017, localizado en la subregión Comarca Lagunera-Parras y el distrito de riego 034, localizado en la subregión Aguanaval, cuentan en conjunto con una superficie de 230 000 ha dominadas, con una eficiencia de riego de 35%. De los pozos de las unidades de riego y particulares se obtiene más de 80% de la extracción total de agua subterránea.

En la ganadería se emplean 200 millones de metros cúbicos, 70% es destinado para el ganado bovino, le sigue en importancia el ganado caprino y la avicultura intensiva. Es la cuenca en la que se tiene la producción lechera más importante del país.

La concentración de la planta industrial es en las áreas de San Luis Potosí y La Laguna, en donde predomina la industria alimenticia y de bebidas, la minera, la química, la textil y la maderera. El 47% del volumen extraído para este rubro es empleado en la subregión El Salado. Además, existen cuatro plantas termoeléctricas, en las que el agua es utilizada básicamente en el proceso de enfriamiento.

En cuanto al uso público urbano, la calidad del agua superficial hace necesario un tratamiento previo. Respecto a las aguas subterráneas, su calidad es aceptable, sin embargo en la subregión Comarca Lagunera-Parras, fuera de las proximidades del cauce del río Nazas, sobrepasan los límites permisibles en sólidos totales disueltos, dureza y, en algunos casos, arsénico. Esta situación ha obligado a la reubicación de las captaciones hacia las zonas de agua de buena calidad y a extender la red de distribución en el ámbito regional.

La problemática hidráulica es el resultado de una serie de procesos de tipo productivo, tecnológico y social, que han incidido en graves efectos para el medio físico y ambiental. Los problemas centrales en cantidad y calidad del recurso agua se describen a continuación.

- **Deficiencias en los servicios de agua potable y alcantarillado.** Se ha detectado una deficiencia en la calidad del servicio de agua potable y alcantarillado en zonas rurales de las subregiones Mapimí, El Salado y Aguanaval, con coberturas de agua potable de 69, 54 y 72%, así como una cobertura en alcantarillado del 29, 14 y 20% respectivamente.
- **Sobreexplotación intensiva de los acuíferos.** En este rubro la sobreexplotación intensiva de los acuíferos ha provocado el deterioro de la rentabilidad en el sector agropecuario. En el acuífero Ceballos, la sobreexplotación ha creado un descenso continuo del nivel de bombeo y por consecuencia el incremento de los costos de explotación al grado de que numerosos agricultores abandonan las tierras de cultivo. En el mayor acuífero de la región, El Principal, los niveles del agua siguen bajando hasta alcanzar los 130 m de profundidad en ciertas áreas, cuando estaban a 10 m en 1940.
- **Degradación de la calidad del agua.** La contaminación puntual en zonas aledañas a San Luis Potosí y Torreón-Gómez Palacio-Lerdo, debida a las descargas urbanas e industriales sin tratamiento, constituyen un riesgo potencial para los mantos acuíferos que son la fuente de abastecimiento de agua potable en estas ciudades. En las áreas agrícolas la extensión del riego con agua residual sin tratar y el uso inadecuado de agroquímicos está propiciando contaminación en los acuíferos como el de la Comarca Lagunera. Además, aunque de origen natural, se presentan contenidos de arsénico en concentraciones superiores a lo permisible.
- **Competencia por uso del agua.** El crecimiento de las demandas de agua, que ha acompañado al desarrollo socioeconómico, y un uso ineficiente del recurso han propiciado competencia entre los usuarios, lo cual se agudiza en particular entre los sectores público urbano y agrícola en la Comarca Lagunera y en el área conurbada de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, esencialmente en los recursos de agua subterránea.

Según los datos estadísticos de 1998, en los distritos agrícolas se riega con una eficiencia de 40%, mientras que en las unidades se riega con una eficiencia de 60%.

En las subregiones más desarrolladas, el recurso hidráulico superficial es escaso y se encuentra comprometido en su totalidad y, en algunos casos, seriamente contaminado, lo cual limita su desarrollo. Con relación a las fuentes subterráneas, las cuales se utilizan en la región en mayor proporción, la magnitud de su recarga es sustancialmente inferior a la de su extracción, por lo que se encuentran severamente sobreexplotadas, condición que, junto con la contaminación, ha contribuido al deterioro de los ecosistemas regionales.

De no tomarse las medidas apropiadas dicha degradación continuará y, por consiguiente, el deterioro económico-ambiental se situará a un nivel insostenible. La reducción del bombeo y el uso eficiente del agua son indispensables para frenar el deterioro de los acuíferos.

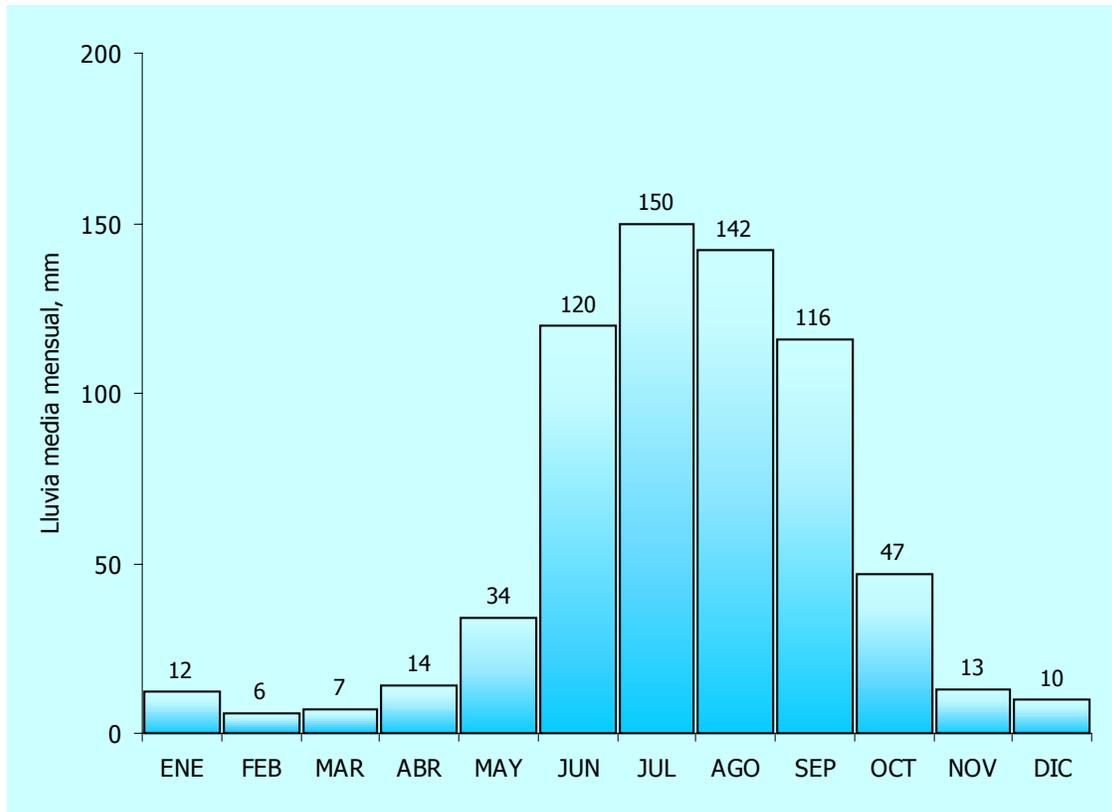


Figura 4.10. Precipitación media mensual de la Región VIII Lerma-Santiago-Pacífico, en mm

Con una densidad de 98 habitantes por km², la región tenía en el año 2000 un total de 18.94 millones de habitantes (19% del total nacional). Es importante notar que en la región se localizan importantes núcleos urbanos, entre los que destacan Guadalajara, León, Aguascalientes, Morelia, Querétaro, Toluca e Irapuato. La región aporta 15.9% del PIB. La Población Económicamente Activa (PEA) representa 14% del total nacional; cinco de cada 10 trabajadores laboran en el sector terciario, tres en secundario y dos en el primario. Las actividades productivas se concentran en la zona conocida como el “Bajío”, con producción agrícola y giros industriales que se desarrollan primordialmente en las ciudades de Toluca, Querétaro, Aguascalientes y Guadalajara; en contraste, en las cuencas costeras del Pacífico, el desarrollo económico es aún incipiente.

El escurrimiento natural medio en la región es de 32 400 millones de m³ al año. En las subregiones Alto, Medio y Bajo Lerma, así como en Alto Santiago, la oferta natural del recurso es menor que la demanda, situación contraria a la que ocurre en las subregiones Costa de Jalisco y Bajo Santiago donde se presenta el mayor escurrimiento de la región.

Se extraen 14 500 hm³/año para usos consuntivos de los cuales 51% proviene de fuentes superficiales y 49% de subterráneas. Del total de usos consuntivos, 79% se destinan al uso agrícola, 11% al público urbano, 9% al industrial y el resto al uso pecuario.

La capacidad de regulación alcanza un valor cercano a los 15 000 millones de metros cúbicos al año, mediante presas sobresaliendo las de Aguamilpa con 7 000 hm³ y Solís con 800 hm³, además del Lago de Chapala con un almacenamiento de 4 500 millones de m³.

La superficie regional con infraestructura para riego es de 1 252 000 hectáreas, que equivalen a 20% del total nacional. El 70% de esta superficie se atiende con 16 000 unidades de riego para el desarrollo rural, cuya operación, mantenimiento y administración están a cargo de los propios productores. El 30% restante se ubica en los distritos de riego existentes.

Con relación a la distribución de las superficies agrícolas, destaca la subregión Medio Lerma, al ubicarse en esa zona 40% del área total bajo riego, donde sobresale por su extensión el distrito de riego 011 Alto Lerma (113 000 ha). En contraste, Costa de Michoacán dispone sólo de 0.2% de la superficie agrícola regional.

La agricultura en la región Lerma-Santiago-Pacífico demanda 11 500 hm³ anuales. Según los datos del año agrícola 1999-2000, se riegan en las unidades de riego 736 000 ha y en los distritos de riego 327 000 hectáreas.

Existen en la región 89 acuíferos en explotación intensiva: 14 en equilibrio, 52 subexplotados y 23 sobreexplotados. A nivel regional, la recarga es de 7 100 hm³ anuales, contra 7 000 millones de metros cúbicos de extracción. En el ámbito subregional, la diferencia de recarga-extracción en Medio Lerma y Alto Santiago indica un déficit de 690 y 540 hm³/año respectivamente.

La región presenta distintos problemas, como escasez de aguas superficiales, disminución de los niveles del Lago de Chapala, severos problemas de contaminación de aguas superficiales y malezas acuáticas en el río Lerma, en las presas y en los lagos de Chapala y Pátzcuaro.

Aunado a lo anterior, persisten problemas de sobreexplotación y contaminación de algunos acuíferos, así como de deforestación y erosión en las partes altas de la cuenca.

En 1993, en esta región se constituyó el primer Consejo de Cuenca de México, el Lerma-Chapala. De él se han derivado importantes experiencias en los temas de ordenamiento, aprovechamiento del agua, saneamiento, uso eficiente y manejo integral del recurso agua en cuencas hidrológicas.

De los resultados obtenidos hasta hoy, cabe destacar la atenuación de los problemas entre usuarios agrícolas a través de un acuerdo de distribución de aguas superficiales, así como el avance en materia de saneamiento de aguas residuales municipales del río Lerma y del lago de Chapala.

El desarrollo de la región ha traído consigo una compleja y variada problemática del sector hidráulico. Existe una fuerte competencia por el uso del agua entre los diversos usuarios. Esto se agrava en las subregiones con mayor progreso económico y desarrollo productivo: Alto, Medio y Bajo Lerma y Alto Santiago, pues presentan un desequilibrio hidrológico generalizado.

La situación anterior se acentúa debido a la baja eficiencia en el uso agrícola, así como por las inundaciones y sequías que dañan eventualmente a la población y a las actividades económicas.

La compleja problemática de la región fue analizada y definida en conjunto con los usuarios, los tres niveles de gobierno, los académicos y sociedad en general. Se determinó que los problemas globales en materia de cantidad y calidad del agua de la región son los siguientes:

- **Oferta insuficiente para satisfacer las demandas.** Existe oferta insuficiente para satisfacer las demandas en las subregiones Alto, Medio y Bajo Lerma y Alto Santiago. La concentración de las demandas provoca esta situación, que deriva en una fuerte competencia tanto por las aguas superficiales como subterráneas, agotamiento de los recursos existentes y la degradación del medio ambiente.
- **Sobreexplotación de acuíferos.** A efecto de complementar los volúmenes de aguas superficiales y con el objeto de satisfacer las demandas de agua de los diferentes usos en cada subregión, se ha venido dando durante décadas una explotación intensiva del agua subterránea, la cual ha sido uno de los factores esenciales en el desarrollo socioeconómico de la región.

Sin embargo, la explotación descontrolada ha provocado una dramática sobreexplotación que está poniendo en peligro la sustentabilidad del recurso. Esta situación se acentúa en las subregiones Alto Lerma, en los acuíferos Valle de Toluca y Atlacomulco-Ixtlahuaca; en la subregión Medio Lerma, en los acuíferos de Querétaro, Celaya, León, Turbio y Pénjamo-Abasolo, así como en la totalidad de los acuíferos de la subregión Alto Santiago y los de Aguascalientes. Este escenario origina detrimento paulatino en la rentabilidad económica en el uso agrícola al aumentar los costos de bombeo.

- **Baja eficiencia en el aprovechamiento del agua.** Se ha detectado una baja eficiencia en el aprovechamiento del agua y en la infraestructura del sector agrícola. Este entorno existe por insuficiente tecnificación de riego y capacitación de los agricultores, así como por un mal estado de la infraestructura de conducción y distribución. La eficiencia de riego se estima en 39% en los distritos de riego y en 56% en las unidades de riego. Además, existe un importante porcentaje de superficie que cuenta con infraestructura pero están ociosas (30% en los distritos de riego y 15% en las unidades de riego).
- **Baja eficiencia en el uso público urbano y bajas coberturas de servicios en el medio rural.** En las ciudades medias y grandes existen altos porcentajes de fugas y tomas clandestinas en los sistemas de abastecimiento, que se deben reducir. Los organismos operadores se encuentran limitados para resolver esta situación en virtud de su insuficiencia técnica y económica, la cual es motivada en parte, por la baja recuperación de recursos en relación con los gastos de operación. Los porcentajes de agua no contabilizada en los principales núcleos urbanos de la región en el año de 1998 se elevaban a 50% en Aguascalientes, 49% en León, 39% en Celaya, 37% en Irapuato y 36% en Guadalajara. En el medio rural de la costa de Jalisco y costa de Michoacán existen bajas coberturas y se presentan zonas con valores de 43% para agua potable y 30% en alcantarillado.
- **Degradación de la calidad del agua.** Existe prácticamente en toda la región, ya que la infraestructura de tratamiento es insuficiente, lo que deriva en problemas de salud pública, limitación de la disponibilidad y, en el caso de los cuerpos de agua principales, un proceso de eutroficación que estimula la proliferación de malezas acuáticas.

- **Daños por inundación.** Aunque en las subregiones de las costas de Jalisco y Michoacán se registran las mayores precipitaciones, las inundaciones afectan en mayor grado a las subregiones en las que se tienen los mayores desarrollos socioeconómicos, como es el caso de Medio Lerma y Alto Santiago. En ellas eventualmente se presentan inundaciones en las zonas urbanas ubicadas en las partes bajas y se acentúan por la carencia de drenaje pluvial.
- **Afectaciones por sequías.** Dañan de manera especial al sector agropecuario, en especial a las subregiones Medio Lerma y Alto Santiago, donde se realiza la mayor actividad de este sector en la región.
- **Deficiencias en la red de medición y monitoreo.** La región no cuenta con una red diseñada con un enfoque de manejo integral del agua por cuencas y además su densidad es inferior a las recomendaciones estipulada por los organismos internacionales como la Organización Meteorológica Mundial.

Cabe destacar el problema del desequilibrio hidrológico del lago de Chapala, provocado por la disminución de los aportes del río Lerma. A la fecha, el lago recibe un volumen menor al de su extracción (1 500 millones de metros cúbicos al año), condición que se traduce en un déficit anual del orden de 300 millones de metros cúbicos.

Aunado a lo anterior, existe contaminación de dichos volúmenes y azolvamiento del mismo por lo que, de no existir acciones eficaces en el corto plazo, en toda la cuenca, y por parte de todos los involucrados, su desecamiento continuará agravándose.

De no implantarse acciones para su solución, la problemática al año 2025, tenderá a agudizarse y las actividades económicas que sustenta el agua se verán afectadas; la superficie ociosa se incrementará, la degradación de la calidad del agua aumentará y se convertirá en un problema de salud pública. Además de lo anterior, la explotación descontrolada aumentará la ya intensiva sobreexplotación de los acuíferos poniendo en peligro la sustentabilidad del recurso agua.

Para las zonas con notable desarrollo, es importante alcanzar lo más pronto posible el equilibrio entre las actividades productivas, demandantes de agua respecto a los recursos naturales disponibles en la región, por lo que es impostergable implantar un conjunto de acciones encaminadas a lograr un manejo eficiente e integral de los recursos superficiales y subterráneos.

4.3.9. Región IX Golfo Norte



La Región IX Golfo Norte se localiza en la vertiente del Golfo de México y se caracteriza por un relieve que varía de zonas planas y de lomerío suave en la planicie costera, hasta las serranías de gran altitud y pendiente abrupta de la Sierra Madre Oriental. Presenta una gran diversidad de flora y fauna y alta incidencia ciclónica que es causa de severas inundaciones en las partes bajas, lo que propicia situaciones de riesgo a los habitantes de poblaciones y daños a las áreas productivas.

La región abarca una superficie de 126 800 km², que representan 6.5% del territorio nacional y está conformada por 154 municipios de ocho entidades: 40 del estado de Hidalgo, 36 de San Luis Potosí, 30 de Tamaulipas, 23 de Veracruz, 14 de Querétaro, 5 de Guanajuato, 5 del Estado de México y uno de Nuevo León.

En el 2000 la población ascendió a 4.75 millones de habitantes (INEGI, 2000), de los cuales 54% habitaba en comunidades rurales, 22% en ciudades medias y el restante 24% en grandes ciudades. El PIB generado en la región es del orden de 4.1% del PIB nacional.

El 8% de la población presenta un grado de marginación muy alto, 37% alto, 15% medio, 24% bajo y el 16% un grado muy bajo (CONAPO, 2000). Los grupos indígenas de la región suman más de 680 000 habitantes.

Las características climáticas presentan una gama muy amplia, que va desde clima semicálido con invierno benigno en la cuenca del río San Fernando, hasta semicálido-subhúmedo con lluvias en verano, en la cuenca del río Soto la Marina. En la cuenca del río Pánuco varía desde semiseco hasta templado subhúmedo con lluvias en verano.

La precipitación media anual es de 917 mm, aunque llega a sobrepasar los 2 000 mm en la zona conocida como la Huasteca. El 70% de la precipitación se concentra en el periodo de junio a octubre y la evaporación potencial es poco más o menos de 1 570 mm al año. La figura 4.11 indica la distribución temporal de la lluvia media mensual y a partir de su análisis es posible detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y estiaje. Septiembre resulta ser el mes más lluvioso con un valor medio de 190 mm, mientras que febrero es el mes con la lluvia de menor magnitud, con un valor promedio de solamente 15 mm.

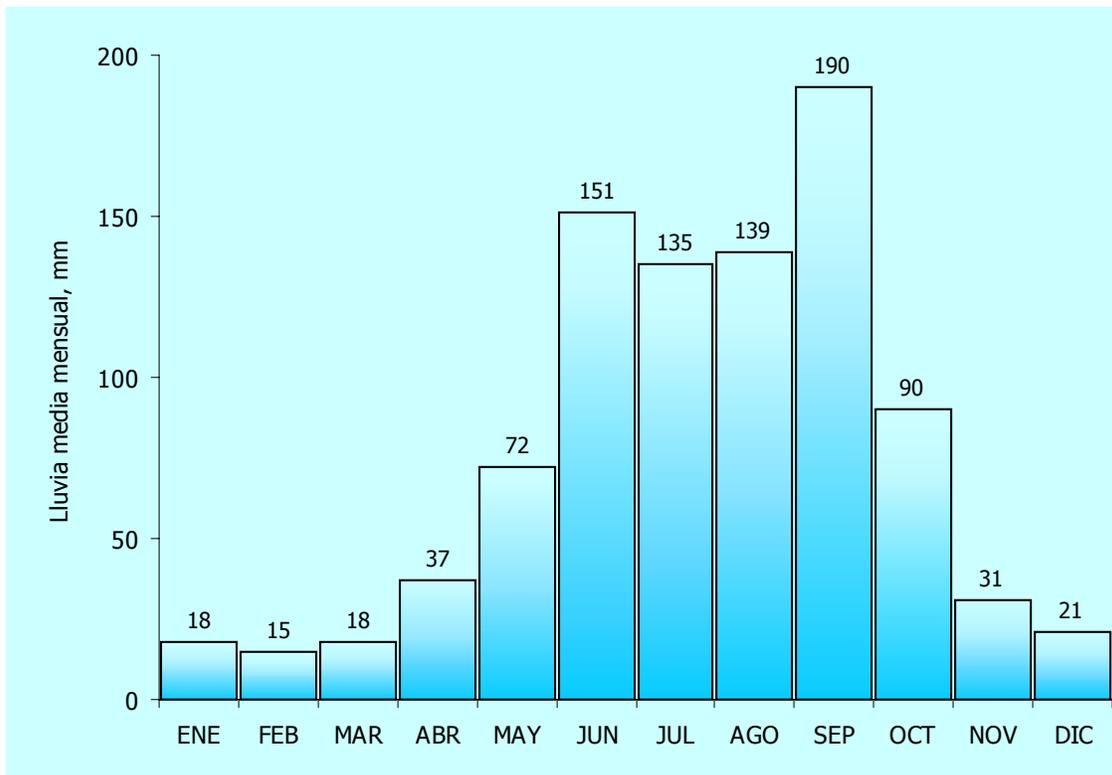


Figura 4.11. Precipitación media mensual de la Región IX Golfo Norte, en mm

El escurrimiento medio anual en la región es de 23 000 hm³, de los cuales una parte proviene del río Tula, afluente del río Pánuco, que conduce aguas residuales del Valle de México y la otra del escurrimiento natural generado por la propia cuenca, pero destaca por su magnitud la aportación de la cuenca del río Pánuco.

Para regularizar y aprovechar dichos volúmenes, que presentan una fuerte variación tanto estacional como interanual, se ha construido una importante infraestructura hidráulica que incluye 17 presas con una capacidad de almacenamiento total de 7 100 hm³. Destaca la presa Vicente Guerrero con capacidad de 3 900 hm³, localizada en la cuenca del río Soto la Marina, en contraste existen 11 presas que tienen una capacidad menor a los 100 millones de metros cúbicos.

Se tienen identificados 39 sistemas acuíferos en la región, los cuales tienen una recarga media anual de 1 300 hm³. Los acuíferos Huichapan-Tecoautla, Valle de Tulancingo y Valle de San Juan del Río se encuentran sobreexplotados.

De los más de 5 200 hm³ de agua extraídos, 81% se destina para uso agrícola, 7% para uso público urbano, 10% para uso industrial y el resto para uso pecuario.

Los principales problemas de la región relacionados con el uso, manejo y preservación del recurso agua son:

- **Baja cobertura en el servicio de agua potable.** Se ha detectado una baja cobertura en el servicio de agua potable en localidades medias urbanas, como son: en Hidalgo: Huejutla de Reyes, en Veracruz: Tantoyuca y Tempoal; así como Matlapa, en San Luis Potosí. En comunidades rurales existen municipios donde la cobertura es muy baja, principalmente en la subregión Pánuco.
- **Baja cobertura en alcantarillado.** Existe una baja cobertura en alcantarillado en centros urbanos y en las comunidades rurales, las cuales están dispersas en toda la región.
- **Uso ineficiente del agua para uso agrícola.** El mantenimiento insuficiente a la infraestructura hidroagrícola de los distritos y unidades de riego ocasiona el uso de volúmenes excesivos de agua y bajas eficiencias, las cuales se estiman del orden de 45% en distritos de riego y algo similar en unidades de riego, ya que no se cuenta con elementos

para su determinación. Además, casi una tercera parte de la superficie con infraestructura se encuentra sin utilizar.

Diversos factores motivan esta situación, tanto económicos como financieros, así como la baja en el precio de venta de los productos, además de la deficiente organización de los usuarios. Por otra parte, la falta de atención institucional a las urderales ocasiona desorganización en el uso del agua, así como escasa conservación a la infraestructura de riego.

- **Degradación de la calidad del agua.** El saneamiento casi nulo ha propiciado que la calidad de los cuerpos receptores de agua se haya degradado, principalmente en las zonas cercanas a los grandes centros de desarrollo como son la zona conurbada de Tampico-Ciudad Madero-Altamira, Ciudad Victoria y Ciudad Mante en Tamaulipas, Ciudad Valles en San Luis Potosí, San Juan del Río en Querétaro y Tulancingo, en Hidalgo, así como la industria, principalmente en la zona conurbada de Tampico-Ciudad Madero-Altamira y San Juan del Río y los ingenios azucareros en los municipios de: El Naranjo, Tamasopo y Ciudad Valles en San Luis Potosí; Ciudad Mante y Xicoténcatl en Tamaulipas; el Higo y Pánuco en Veracruz.

Cabe mencionar que las descargas que se producen en el sistema lagunario, principalmente en la Laguna de Chairel, se ubican en la porción salada de la misma, la cual está separada por un dique de la porción de agua dulce, siendo de esta última de donde se extraen los volúmenes destinados para el abastecimiento de agua potable de la zona conurbada de Tampico-Ciudad Madero-Altamira. La cuenca del río Pánuco recibe importantes descargas de aguas residuales de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), a través del río Tula.

- **Sobreexplotación de acuíferos.** Los acuíferos de la región presentan diferentes grados de sobreexplotación, los más significativos son: Valle de San Juan del Río y Tequisquiapan, en Querétaro, Valle de Tulancingo, Huichapan-Tecozautla y Zimapán, en Hidalgo, y Cerritos-Villa de Juárez en San Luis Potosí.
- **Daños por fenómenos hidrometeorológicos extremos.** La ubicación geográfica de la región en una zona altamente propensa a la presencia de depresiones tropicales de diferentes magnitudes, ocasiona daños tanto en

zonas productivas como en localidades urbanas, principalmente en la cuenca baja del río Pánuco. En general, estos fenómenos se presentan con una frecuencia de un evento cada dos años.

La baja cobertura en los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento reduce la posibilidad de contribuir y mejorar la calidad de vida de la población que no cuenta con estos servicios, y propicia la degradación del medio ambiente, principalmente de los cuerpos de agua, situación que se complica por las descargas de aguas residuales sin tratamiento provenientes de las diferentes industrias de la región. De continuar esta situación, con las tendencias actuales aumentará el riesgo de que se generen problemas de salud y se limitará el desarrollo económico regional, escenario que se agravará si se mantienen las actuales prácticas de consumo de agua.

4.3.10. Región X Golfo Centro



La Región X Golfo Centro constituye gran parte de la vertiente mexicana del Golfo de México, posee grandes recursos naturales, entre los que destaca su escurrimiento natural, de alrededor 99 000 millones de metros cúbicos al año. En el ámbito nacional, es la segunda región en este aspecto, superada sólo por la Región XI Frontera Sur.

Cubre una extensión de 105 300 km², 5% del territorio nacional. Se integra con 443 municipios: 187 de Veracruz, 161 de Oaxaca, 90 de Puebla y 5 de Hidalgo. De los 9.22 millones de habitantes que habitaban en la región en el año 2000 (INEGI, 2000), el 54% es población urbana y el 46% es población rural. A lo largo del territorio regional existen más de 23 500 localidades.

Las cuencas regionales presentan características de hidrografía, demografía y economía distintas y en función de estas diferencias y para fines de planeación, la región se ha dividido en seis subregiones: Norte, Centro, Medio y Bajo Papaloapan, La Cañada y Coatzacoalcos.

En la región existen problemas que son resultado de una combinación de condiciones naturales, tales como una topografía que contempla tanto zonas intrincadas como zonas planas, abundantes precipitaciones concentradas en una parte del año, así como la alta incidencia de ciclones tropicales. Por otra parte, son resultado también de una combinación de condiciones socioeconómicas que se caracterizan por la muy elevada dispersión de localidades y escaso desarrollo económico y social.

La precipitación en la región tiene una media anual de 1 549 mm, variando desde menos de 500 mm en la porción occidental, en las zonas de Perote y Tehuacan, hasta más de 4 000 mm en sitios cercanos a Tuxtepec (Oaxaca), Cuetzalán (Puebla) y Catemaco (Veracruz). Casi toda la lluvia se concentra de junio a octubre y la figura 4.12 indica la distribución temporal de la lluvia media mensual. De su análisis es posible detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y estiaje. Septiembre resulta ser el mes más lluvioso con un valor medio de 306 mm, mientras que marzo es el mes con la lluvia de menor magnitud, con un valor promedio de solamente 27 mm.

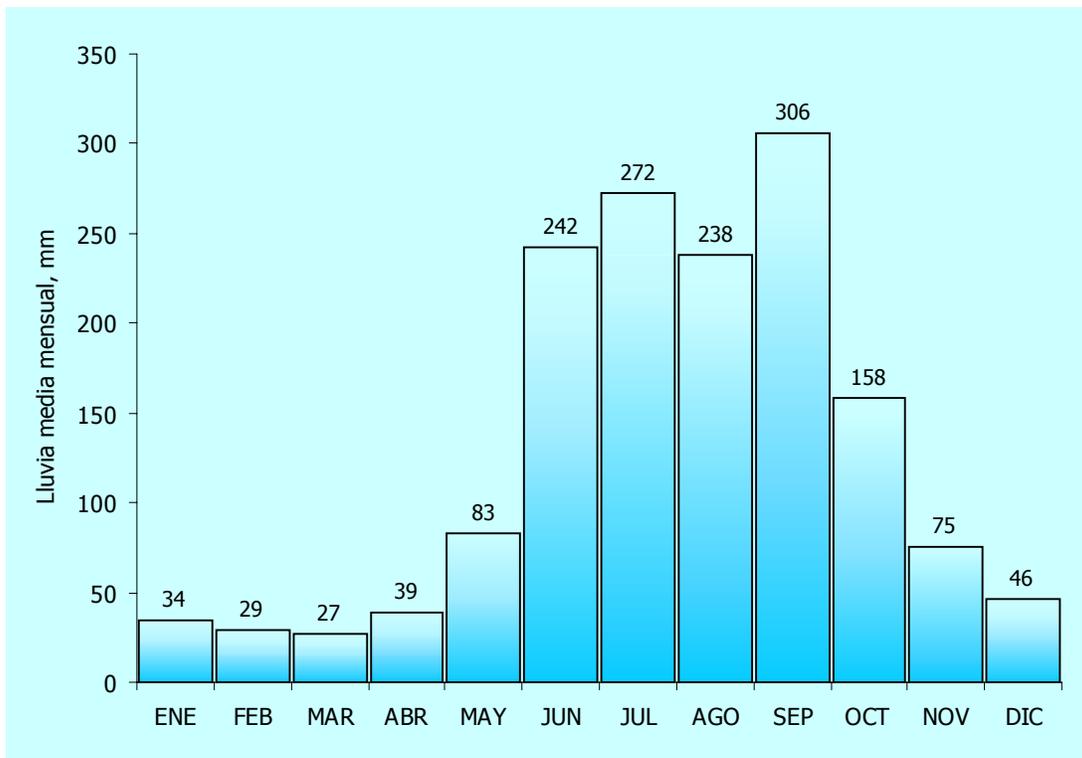


Figura 4.12. Precipitación media mensual de la Región X Golfo Centro, en mm

La Población Económicamente Activa (PEA) en la región es de 26%. Se genera un PIB del orden de 5.6% del nacional; el sector primario representa 11%, el secundario 28% y el terciario 61%.

En la región se extraen para usos consuntivos cerca de 3 900 hm³, de los cuales 46% se destina a riego agrícola, 16% a uso público urbano, 37% a la industria y el resto en uso pecuario.

Los principales problemas en la región relacionados con la cantidad y calidad del recurso agua se sintetizan a continuación:

- **Baja cobertura de agua potable, alcantarillado y saneamiento.** En zonas urbanas, la más baja cobertura de agua potable en las ciudades urbanas, se presenta en las subregiones Norte y Medio Papaloapan y Coatzacoalcos, con 72% en promedio; en tanto que en alcantarillado, en Medio Papaloapan con 56% y La Cañada con 63 %.

En el medio rural, la cobertura más baja de agua potable se ubica en las subregiones Coatzacoalcos con 24%, así como el Medio y el Bajo Papaloapan, donde se registran coberturas de 35%, mientras que los niveles más bajos de alcantarillado se registran en el Medio Papaloapan con 15%, La Cañada con 17% y el Norte Papaloapan con 19%.

- **Contaminación de las corrientes superficiales.** Este problema se presenta de manera generalizada en la región debido a las descargas de aguas municipales e industriales sin tratamiento; en el caso de la industria, únicamente se trata alrededor de la mitad del volumen descargado que, aunado con las descargas municipales, conduce a una situación que afecta sistemáticamente la salud pública, degrada el medio ambiente y disminuye la disponibilidad de agua. Los casos más críticos son los del río Blanco (subregión Bajo Papaloapan), el río Calzadas (subregión Coatzacoalcos) y el Dren Valsequillo (subregión La Cañada).
- **Infraestructura hidroagrícola desaprovechada y baja eficiencia en riego.** En el caso de los distritos de riego de la región se ha estimado que la eficiencia es del 32%. Esta problemática se relaciona con el uso ineficiente del agua, provocado por el mal estado de la infraestructura de distribución y drenaje, así como por prácticas inadecuadas de riego y baja eficiencia de los equipos de bombeo.

- **Daños por inundaciones:** Las abundantes precipitaciones concentradas en la época de lluvias, de junio a octubre, así como la insuficiencia de infraestructura de protección y control de avenidas, ocasionan severos daños por inundaciones en la totalidad del territorio que abarca la región; esto sucede con mayor frecuencia en la subregión Bajo Papaloapan en donde se ubican los poblados de Tlacotalpan, Cosamaloapan y Carlos A. Carrillo y en la subregión Coatzacoalcos afectando los poblados de Agua Dulce, Las Choapas, Nanchital, Minatitlán y Coatzacoalcos. En la subregión Norte Papaloapan afecta los poblados de Álamo, Poza Rica, Gutiérrez Zamora, Martínez de la Torre y Misantla. Los esfuerzos realizados hasta la fecha para reducir los daños por las inundaciones aún son insuficientes.
- **Escasez de agua en época de estiaje.** Se ha detectado que en época de estiaje existe escasez de agua en las subregiones: Norte Papaloapan, donde se ven afectadas las localidades de Tuxpan y Poza Rica; Centro Papaloapan, donde se ubican las poblaciones de Xalapa y Veracruz; y La Cañada, donde se encuentra la población de Tehuacán. A pesar de la abundancia de precipitaciones anuales en las dos primeras subregiones, alrededor de 1 500 mm al año en promedio, subsiste el problema señalado debido a la concentración de población, a actividades productivas y a la falta de infraestructura de almacenamiento. En cambio, en la subregión La Cañada, la escasez sucede en virtud de las reducidas precipitaciones, 530 mm al año en promedio, y por la falta de infraestructura de almacenamiento para captar los limitados escurrimientos.

De persistir las tendencias antes señaladas, en el año 2025 la región manifestará condiciones críticas ambientales en las cuencas hidrológicas que la conforman.

Un elemento básico será la contaminación del río Papaloapan, la cual disminuirá las coberturas de agua potable en las subregiones Norte Papaloapan, Medio Papaloapan y Coatzacoalcos y asimismo seguirán los daños por inundaciones en las subregiones Bajo Papaloapan y Coatzacoalcos.

4.3.11. Región XI Frontera Sur



La Región XI Frontera Sur está conformada por la totalidad de los estados de Chiapas y Tabasco, así como por áreas pequeñas de los estados de Campeche y Oaxaca. Tiene una superficie de 101 700 km², 5% del territorio nacional, un clima predominantemente cálido-húmedo, una temperatura media anual de 24° C, una precipitación media anual cuyo valor es de 2 258 mm, y que llega a sobrepasar los 4 000 mm en la sierra de Chiapas, una de las más altas precipitaciones del país.

La figura 4.13 indica la distribución temporal de la lluvia media mensual. A partir de su análisis se determinan los meses de mayor y menor precipitación, así como los periodos de lluvia y estiaje. Septiembre resulta ser el mes más lluvioso con un valor medio de 384 mm, mientras que marzo es el mes con la lluvia de menor magnitud, con un valor promedio de 60 mm.

En el 2000 (INEGI, 2000) alcanzó una población de 5.82 millones de habitantes, y en ella se ubican ciudades de más de 50 000 habitantes, como Villahermosa y Cárdenas en Tabasco, Tapachula, Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de las Casas y Comitán de Domínguez en Chiapas; y más de 15 000 localidades rurales dispersas, 80% en Chiapas, que alojan a 52% de los habitantes de la región, lo que dificulta el suministro de servicios.

Se estima que para el año 2025 (CONAPO, 2003) la población ascenderá a 7.5 millones de habitantes de los cuales 54% se ubicará en zonas urbanas.

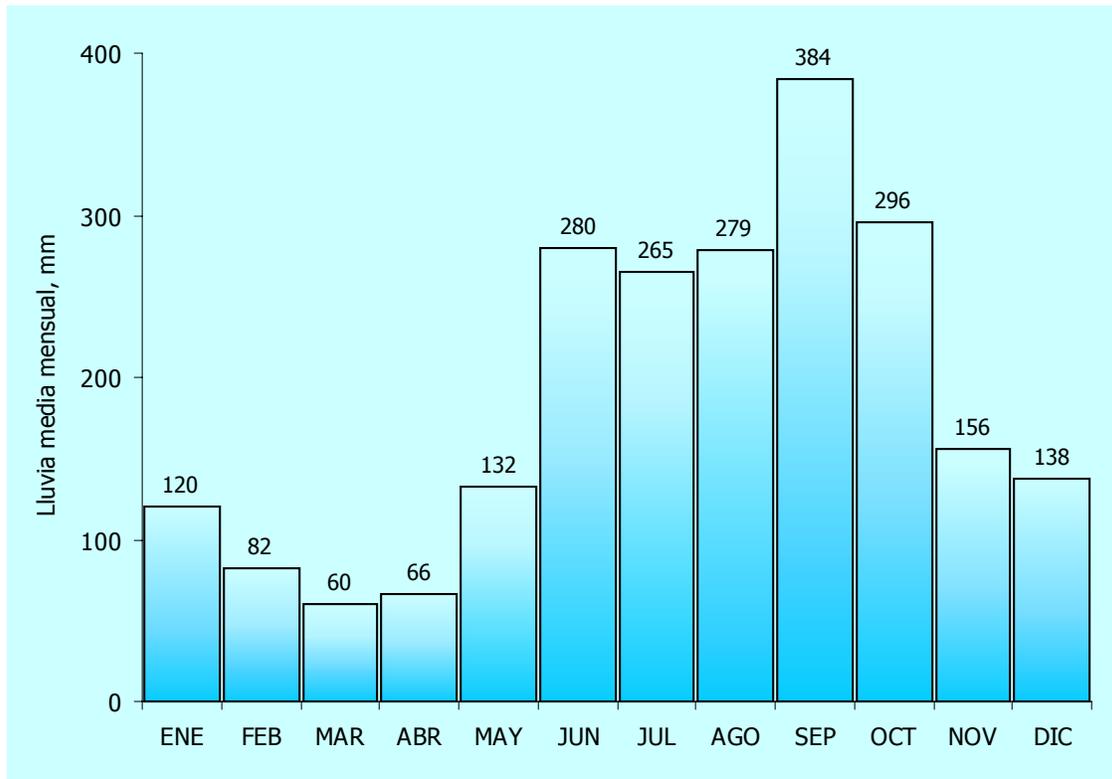


Figura 4.13. Precipitación media mensual de la Región XI Frontera Sur, en mm

Para fines de planeación hidráulica, la región se dividió en ocho subregiones: Costa de Chiapas, Alto Grijalva, Bajo Grijalva-Sierra, Bajo Grijalva-Planicie, Medio Grijalva, Usumacinta, Lacantún-Chixoy y Tonalá-Coatzacoalcos.

A excepción de la Planicie Tabasqueña; la Costa de Chiapas, donde se localiza la ciudad de Tapachula; la depresión central del mismo estado, donde se ubica la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y los Altos de Chiapas, donde se ubica San Cristóbal de las Casas, la región presenta serios rezagos: 44% de la población se encuentra en condiciones de alta marginalidad.

La actividad económica regional participa con solo 2.9% del PIB nacional; en el periodo 1970 a 1993, se observó un proceso creciente en el sector terciario, que contrasta con un estancamiento en las actividades industriales y un decremento notorio del sector primario.

Con cerca de 139 000 millones de metros cúbicos al año, es la región que presenta el mayor escurrimiento del país, 36% del total; incluye cerca de 50 000 hm³ de agua al año proveniente de la República de Guatemala.

En cuanto a las aguas del subsuelo, los 21 acuíferos identificados son alimentados con una recarga anual de 17 000 millones de metros cúbicos al año.

Para usos consuntivos, del total de agua que se extrae, el 60% proviene de fuentes superficiales y el resto de fuentes subterráneas; 57% se destina a la agricultura, 26% para el uso público urbano, 16% para la industria y el 1% restante lo aprovecha el sector pecuario.

En la región se aprovecha una cantidad de 42 500 hm³/año para la generación de energía eléctrica mediante siete plantas hidroeléctricas, todas ubicadas en el estado de Chiapas, con una capacidad instalada de más de 3 900 MW, lo que representa 39% de la capacidad hidroeléctrica del país.

Los problemas centrales identificados con la cantidad y calidad del recurso agua en la región, se describen en los párrafos siguientes:

- **Deficiente cobertura de agua potable, alcantarillado y saneamiento en localidades urbanas.** En el medio urbano se ha detectado un deficiente e insuficiente servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. En agua potable y alcantarillado, la cobertura más baja se presenta en la subregión Lacantún-Chixoy del orden de 37% y 15% respectivamente.

Con relación al saneamiento, el estado de Tabasco, dentro de la subregión Bajo Grijalva-Planicie, cuenta con 37 plantas de tratamiento, de las que operan solo 27 con una capacidad instalada de 1.5 m³/s y un gasto global tratado de 1.0 m³/s; en la subregión Tonalá-Coatzacoalcos se tienen 6 plantas de tratamiento de aguas residuales de las que solo operan cuatro, con una capacidad de diseño de 492 l/s y de operación de 305 l/s, con eficiencias que varían de 40% al 80%.

- **Rezago en los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento del medio rural.** Se presenta importante rezago en los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en el medio rural. En agua potable y alcantarillado, la cobertura más baja se presenta en la subregión Lacantún-Chixoy, donde se alcanzan cifras de 34 y 14%, respectivamente.
- **Bajo aprovechamiento y manejo deficiente del agua superficial.** Se cuenta con una vasta superficie de más de 1.7 millones de ha para la producción agrícola; sin embargo, 98% están destinadas a cultivos de temporal. Existen cuatro distritos de riego con eficiencias inferiores a 40% en promedio, ubicados uno de ellos en la subregión Costa de Chiapas y los tres restantes en la subregión Alto Grijalva los cuales, en conjunto, cuentan con una superficie dominada de 34 000 hectáreas.

Asimismo, se tienen unidades de riego dispersas con una superficie de 69 900 ha y siete distritos de temporal tecnificado ubicados, cuatro de ellos, en la subregión Costa de Chiapas y los otros tres restantes en las subregiones Coatzacoalcos, Bajo Grijalva-Sierra y Alto Grijalva. Para las unidades de riego se estima una eficiencia de 54%.

- **Vulnerabilidad ante siniestros por inundación.** El problema de inundaciones se presenta prácticamente en toda la región, destacando en la subregión Costa de Chiapas, en donde se tiene una frecuencia de una inundación cada tres años en promedio, lo que afecta a más de 300 km de zonas costeras al destruir gran parte de la infraestructura básica y afectar a 27 municipios; así como a 300 000 ha, de las cuales 100 000 son agrícolas, sembradas con maíz, soya, algodón, palma de aceite, plátano y mango, y las restantes 200 000 son de pastizales. En la subregión Bajo Grijalva-Planicie se presentan en las zonas planas con una frecuencia de una inundación cada año, como consecuencia de la falta de regulación y control de avenidas extraordinarias con altas velocidades y gran capacidad de arrastre de sedimentos hacia los ríos con escasas pendientes. En la subregión Usumacinta, por falta de infraestructura para control de avenidas, se encuentran afectadas por inundaciones las localidades de Zapata, Jonuta, Balancán y Tenosique en el estado de Tabasco, así como Palizada, en el estado de Campeche, que abarcan una superficie de más o menos 1 200 kilómetros cuadrados de llanuras cercanas a su desembocadura en el Golfo de México.

- **Contaminación de corrientes superficiales.** La contaminación de corrientes superficiales se presenta en especial en la subregión Costa de Chiapas, en donde no existen sistemas de tratamiento para las aguas residuales generadas por descargas urbanas y rurales procedentes, principalmente, de la ciudad de Tapachula y que afectan a lagunas costeras y esteros. En la subregión Medio Grijalva se presenta contaminación del río Grijalva en su tramo La Angostura-Chicoasén, originada por descargas sin tratamiento de las localidades de Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de las Casas y Chiapa de Corzo principalmente, condición que lo ubica como una corriente contaminada que afecta las actividades turísticas y recreativas del Cañón del Sumidero. En la actualidad, se encuentran en construcción las plantas de tratamiento para Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo y Acala, pero falta por definir los mecanismos de financiamiento para su operación y autosuficiencia.

La situación específica de la región con relación al resto de las regiones del país se caracteriza por ser una de las zonas con mayores rezagos; sus niveles de coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento son muy bajos y existe una degradación acelerada del medio ambiente y una vulnerabilidad ante la ocurrencia de ciclones tropicales en las zonas bajas.

4.3.12. Región XII Península de Yucatán



La Región XII Península de Yucatán se ubica dentro de la franja tropical donde prevalece el clima cálido con una temperatura media anual de 25° C. Se presentan fuertes tormentas en el verano y otoño y hay muy pocas lluvias el resto del año.

La precipitación tiene un valor medio de 1 290 mm anuales, casi el doble de la media nacional. En el periodo de mayo a octubre se concentra 82% de la lluvia anual. La figura 4.14 indica la distribución temporal de la lluvia media mensual y su análisis nos permite identificar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y estiaje. Septiembre resulta ser el mes más lluvioso con un valor medio de 228 mm, mientras que marzo es el mes con la lluvia de menor magnitud, con un valor promedio de solamente 27 mm.

En la región no existen montañas ni grandes elevaciones de terreno; su punto más elevado, la Sierra de Ticul se ubica a 250 metros sobre el nivel del mar. La reducida pendiente del terreno, la elevada precipitación y la alta permeabilidad de los suelos de la península favorecen la renovación del agua subterránea e impiden la formación de escurrimientos superficiales de importancia.

La región abarca una superficie de 139 500 km² y para el año 2000 su población ascendió a 3.25 millones de habitantes (INEGI, 2000), lo que representa 7% de la superficie y 3% de la población del país.

Asimismo, se estima que para el año 2025 (CONAPO, 2003) la población será de 4.6 millones de habitantes, de los cuales 84% se ubicará en zonas urbanas.

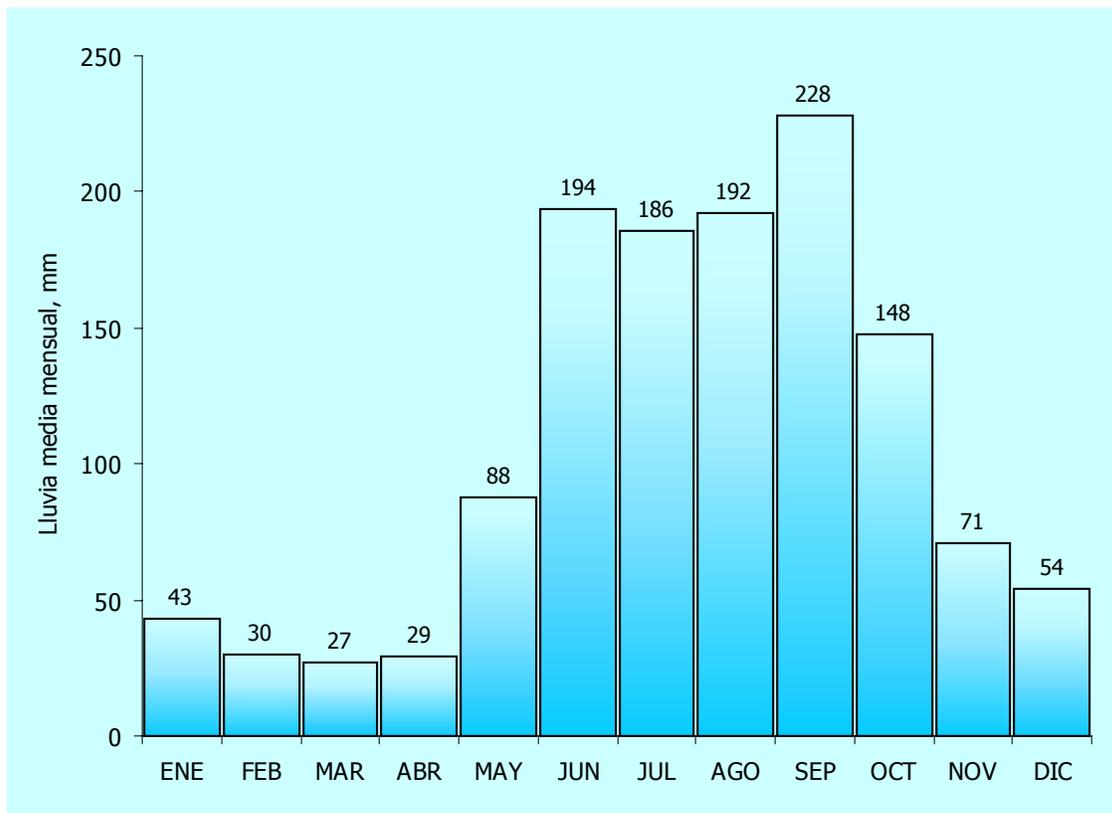


Figura 4.14. Precipitación media mensual de la Región XII Península de Yucatán, en mm

En los 830 kilómetros de costas de la región existe un gran número de lagunas costeras y humedales, en los cuales habita una amplia diversidad de especies de flora y fauna. Los humedales se extienden en 66% de la línea costera en franjas de hasta 30 km y su importancia se debe a que presentan un ambiente propicio para el desarrollo de la flora, fauna y el ecoturismo.

En relación con las condiciones de vida de la población, los estados de Campeche y Yucatán tienen un índice de marginalidad alto, en tanto que Quintana Roo registra un índice medio.

Para efectos de planeación hidráulica, la región se divide en tres subregiones: Peninsular Oriente, donde se concentra la mayor parte de la población y de la actividad económica de la región y abarca los estados de Yucatán y Quintana Roo; Peninsular Poniente, que abarca la mayor parte del estado de Campeche con excepción de los municipios de Carmen, Escárcega, Candelaria y Palizada (este último forma parte de la Región XI); y la subregión Candelaria, que comprende una porción menor del estado de Campeche.

El Producto Interno Bruto (PIB) de la región representa 3.9% del nacional. El turismo en la subregión Peninsular Oriente y la explotación petrolera en la subregión Candelaria constituyen sus principales actividades económicas.

En la región se emplean en total cerca de 1 300 millones de m³ al año en los principales usos consuntivos: 57% en el riego de cultivos, 27% para el abastecimiento público, 8% para la industria; y 8% para uso pecuario. El 89% del agua empleada proviene de los acuíferos.

Prácticamente toda la península está ocupada por formaciones de calizas y dolomitas altamente permeables, cuya recarga es de 25 000 millones de metros cúbicos al año, de los cuales se aprovechan 1 100 millones de metros cúbicos al año.

En contraste, el escurrimiento medio de aguas superficiales es de apenas 1 300 hm³/año, de los cuales la mayor proporción corresponde al río Candelaria. En la porción sur de la península, el río Hondo es parte de la frontera entre México y Belice hasta la bahía de Chetumal y por él escurre casi la mitad de agua de lo que escurre por el río Candelaria. El resto escurre por el río Champotón, en el estado de Campeche.

El abastecimiento actual y futuro depende esencialmente de los recursos de agua subterránea, los cuales son altamente vulnerables a todo tipo de contaminación, principalmente antropogénica y exigen una extracción cuidadosa para evitar su salinización.

Los humedales de la región albergan especies animales y vegetales con alto valor ecológico y representan un ambiente propicio para la práctica del ecoturismo. Cubren cerca de 8 000 km² a través de una franja de casi 550 km en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

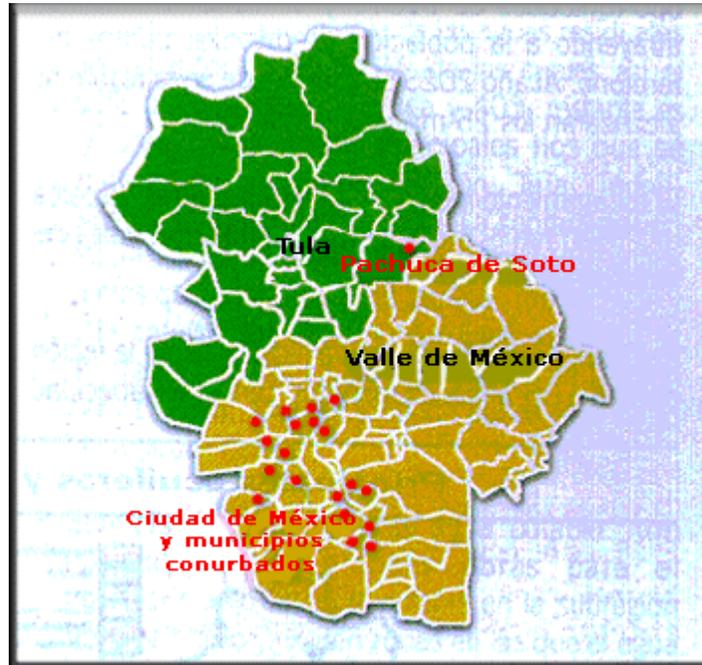
La identificación de los problemas centrales y de las cuestiones clave es producto del diagnóstico de la región y del proceso de consulta y consenso con los usuarios. Los problemas centrales se describen a continuación:

- **Contaminación del acuífero por descargas de aguas residuales.** La contaminación del acuífero producida por las descargas de aguas residuales sin tratamiento es uno de los principales problemas de la región. La falta de drenaje sanitario apropiado ha producido la infiltración de descargas residuales. Puesto que el acuífero es la fuente preponderante de abastecimiento de agua de la región, su contaminación es un problema que afecta en mayor medida a las comunidades rurales debido a que, en general, no cuentan con sistemas apropiados de tratamiento del agua para consumo humano.
- **Degradación de la calidad del agua por mal manejo en su extracción.** El desarrollo turístico de la región ocurre principalmente en las zonas costeras, áreas en las que se concentra la demanda y por ende la extracción de agua del subsuelo para satisfacerla, por lo que debe tenerse especial cuidado en la explotación de las aguas, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de los mantos acuíferos, en primer instancia en Ciudad del Carmen, en Campeche, y Cancún, Cozumel y Chetumal, en Quintana Roo.
- **Deficiente servicio de agua potable en zonas urbanas y rurales.** La problemática de este servicio está relacionada por un lado con el bajo nivel de cobertura, en especial en las zonas rurales y por otro lado que los sistemas existentes presentan deficiencias tanto en la operación como en su mantenimiento.
- **Desarrollo agrícola incipiente.** Existen múltiples obras fuera de servicio, abandonadas o sin equipamiento, los sistemas de riego son ineficientes y sólo operan de manera parcial 55% de las unidades de riego; en muchos casos se ha cambiado el uso del suelo agrícola a ganadería extensiva. Estos problemas se deben tanto a la carencia de apoyos económicos, como de capacitación en la operación y conservación de las obras. En los distritos de riego se siembra solamente 64% de la superficie regable con una eficiencia global de 46%.

- **Deficiente e insuficiente información en los sistemas de medición y monitoreo.** La inadecuada información no permite el manejo óptimo de los recursos tanto en cantidad como en calidad, así como la prevención y la protección de las poblaciones contra la ocurrencia de ciclones tropicales.
- **Degradación de los humedales de la región.** Los humedales constituyen un patrimonio ambiental de gran importancia tanto regional como internacional; son también el sustento de muchas comunidades rurales que habitan en la región, por lo que su degradación repercute tanto en los ecosistemas como en la economía de los habitantes. Se ven afectados en primer lugar por la construcción de obras de infraestructura y desarrollos residenciales.

De continuar con la tendencia actual con relación al cuidado y preservación del recurso, se incrementará la problemática de contaminación de las aguas subterráneas, continuará la deficiente calidad de los servicios y avanzará la degradación de los humedales en la franja que abarcan los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

4.3.13. Región XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala



En la Región XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala existe una problemática muy singular con relación al manejo de los recursos hidráulicos tanto en el contexto nacional como en el internacional, ya que la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) es una de las mayores concentraciones humanas del mundo. Su ubicación a 2 200 metros sobre el nivel del mar, con fuentes superficiales prácticamente agotadas, representa un claro ejemplo de la vulnerabilidad del equilibrio ecológico ante el crecimiento incontrolado y la incesante demanda del recurso agua. Esta región ocupa menos del 1% del territorio nacional, en ella habita 20% de la población nacional y genera 31.3% del PIB nacional.

La región se ubica en la cuenca alta del río Pánuco y para fines de planeación hidráulica está formada por dos subregiones: Valle de México y Tula. Ocupa una superficie de 16 400 km² e incluye al Distrito Federal, 59 municipios del Estado de México, 39 de Hidalgo y cuatro de Tlaxcala.

Predominan los climas templado-húmedo en el sur de la región y templado-seco en el centro y norte de la misma. La precipitación media anual es de 797 mm. La figura 4.15 indica la distribución temporal de la lluvia media mensual y su análisis nos permite detectar los meses de mayor y menor precipitación, así como precisar los periodos de lluvia y estiaje.

Julio resulta ser el mes más lluvioso con un valor medio de 162 mm, mientras que febrero es el mes con la lluvia de menor magnitud, con un valor promedio de solamente 5 mm.

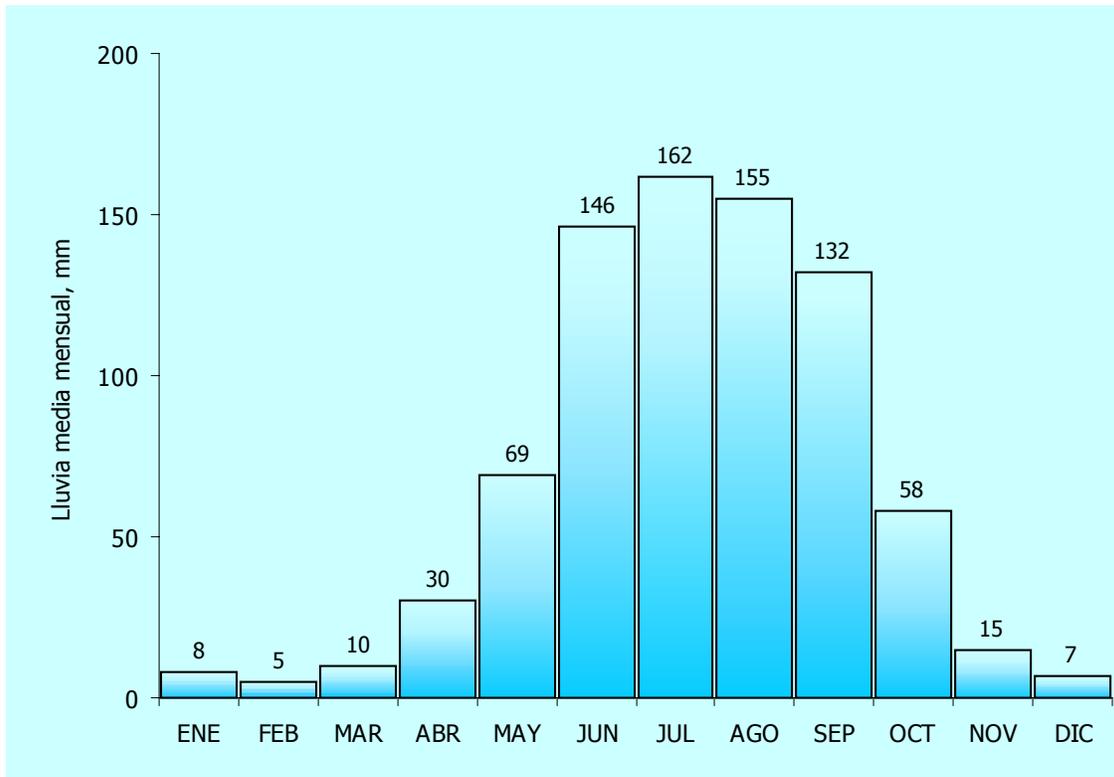


Figura 4.15. Precipitación media mensual de la Región XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, en mm

La población que registra el XII Censo General de Población y Vivienda 2000 del INEGI es de 19.42 millones de habitantes, lo que en buena medida es consecuencia del esquema centralizado de desarrollo que ha prevalecido en el país. Las oportunidades de trabajo y de educación siguen atrayendo a la población de diversos puntos del territorio nacional. Al año 2025 se estima que en la región se alcanzarán los 25 millones de habitantes (CONAPO, 2003).

El escurrimiento medio anual en la región es 2 000 hm³, incluyendo las aguas residuales que generan los habitantes del Valle de México.

Con relación a la infraestructura hidráulica, en la región existen 106 almacenamientos con una capacidad total de 659 millones de metros cúbicos; en la subregión Valle de México se encuentra el 67% de las obras, sin embargo en la subregión Tula se tiene el 76% de la capacidad de almacenamiento.

Los sistemas de importación de agua desde fuentes distantes se consideran como parte de la infraestructura hidráulica básica de la región, así como también el sistema de drenaje de la ZMCM, puesto que es una parte fundamental de la hidrografía de la cuenca.

En la región se identifican 14 sistemas acuíferos: siete en Valle de México y siete en Tula. La región recibe una recarga de agua subterránea de 1 800 millones de metros cúbicos al año. Sin embargo, para cubrir la creciente demanda de agua en el Valle de México se ha recurrido a la explotación excesiva de este recurso, y desde la década de los cincuenta, a la importación de agua de cuencas aledañas (Sistema Lerma y Cutzamala).

Los principales usos en la región son el agrícola y el público urbano, ya que utilizan 48 y 36% de la disponibilidad de este recurso, respectivamente. La cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado es superior a la media nacional, principalmente por el peso ponderado que tiene la ZMCM, zona conurbada localizada en la subregión Valle de México.

Respecto al aprovechamiento de agua para fines agrícolas, en la región existen casi 140 000 hectáreas bajo riego, correspondientes a cinco distritos de riego y 700 unidades de riego. El 63% de sus requerimientos se satisfacen con agua residual sin tratamiento. Cabe mencionar que 34% de la superficie agrícola total es de temporal.

Con relación al uso industrial, se estima que 80% de los usuarios del sector en la región se autoabastecen. Los giros industriales que mayor volumen de agua demandan son: la industria alimenticia, química, papelera, textiles, embotelladoras, cerveceras, metalmecánica y cementera. Estos giros concentran cerca del 80% de la demanda total de este sector usuario.

En lo que respecta al saneamiento, en la región existen 41 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y 120 plantas industriales y de servicios, la mayoría de las cuales se ubican en la subregión Valle de México. El nivel de cobertura de saneamiento de aguas residuales alcanza un valor promedio de 13%. Hoy en día, la demanda total para los usos consuntivos regionales es poco más de 4 800 millones de metros cúbicos al año.

Los principales problemas relacionados con la calidad y cantidad del recurso agua en la región son:

- **Sobreexplotación de los acuíferos.** La condición de sobreexplotación, en la subregión Valle de México, se presenta en forma global, con una extracción total que excede en 140% la magnitud de la recarga. Como consecuencia de la extracción excesiva de agua de los acuíferos, se producen fuertes asentamientos en el terreno en algunas zonas de la ZMCM. Estos hundimientos producen agrietamientos del terreno y daños en la infraestructura urbana difíciles de cuantificar. Las zonas con mayores afectaciones son: Distrito Federal y su Zona Metropolitana, Texcoco, San Vicente Chicoloapan, Tizayuca, Cuautitlán, Tultitlán, Tepetzotlán, Teoloyucan, Ecatepec, Coacalco, zonas aledañas a Zumpango, Chalco, Amecameca y Tláhuac.
- **Contaminación de las fuentes de agua superficial y subterránea.** La cuenca del río Tula es la más afectada por ser receptora de las aguas residuales provenientes de la ZMCM, de las cuales el 60% es agua residual cruda y el 40% restante es de origen pluvial. Los principales ríos que se encuentran contaminados son: Tula, Tepejí, Salado, El Salto y Alfajayucan.

La contaminación afecta a flora y fauna y produce salinidad en los suelos que perjudica a los terrenos productivos y a la calidad del agua subterránea debido a la infiltración de las aguas residuales que se utilizan para el riego, y además, produce daños a la salud de la población.

- **Suministro insuficiente de agua potable.** Aun cuando existen grandes obras para el abastecimiento de agua potable en la subregión Valle de México, existen zonas en las que el agua se proporciona de manera intermitente vía la red o mediante vehículos terrestres con depósitos, comúnmente llamados pipas. En la subregión Tula, 24% de la población carece del servicio y en sus comunidades rurales la cobertura es del 13%
- **Suministro y uso ineficientes de agua para fines agrícolas.** El crecimiento de las zonas agrícolas ha rebasado la capacidad de abastecimiento. Según datos estadísticos, en los distritos de riego se riega con una eficiencia de 35%, mientras que en las unidades de riego se riega con una eficiencia de 52%. Asociado a esto, el riego parcelario es ineficiente y los campos con frecuencia son inundados en el riego por gravedad, además de que no hay una nivelación de los terrenos y no existe tecnificación del riego. Asimismo, es relevante la deficiente

infraestructura para riego y la falta de mantenimiento. Este problema se ve reflejado en la baja eficiencia de los distritos y unidades de riego. Los canales del distrito de riego La Concepción no están revestidos, en tanto que en los distritos de riego Tula, Chiconautla y Alfajayucan, 60, 55 y 20% de los canales respectivos están sin revestir. Esta situación produce bajas eficiencias en la conducción y pérdidas por infiltración y, por consiguiente, el suministro de agua para riego resulta insuficiente.

- **Daños por inundaciones.** Existe un sistema general de drenaje del Valle de México por ser una cuenca endorreica (cerrada). El sistema ha estado sujeto a hundimientos generados por la sobreexplotación de los acuíferos. En muchos casos los cauces son utilizados como basureros, con lo que se reduce su capacidad de conducción y eso, junto con la pérdida de la pendiente por hundimientos, ha generado inundaciones en algunas áreas de asentamientos irregulares que ocupan fuera de todo control zonas federales que deberían estar libres de ellos. También se presenta deterioro y azolvamiento de las presas, sobre todo de las siguientes: Guadalupe, Madín, Concepción, San Juan y Las Ruinas en la subregión Valle de México; Taxhimay, Requena, Danxho, Endó y Javier Rojo Gómez, en la subregión Tula.

Especial mención merece el riesgo de inundación de la Ciudad de México, en caso de que se presente un problema en los túneles del Sistema de Drenaje Profundo, en particular en el Emisor Central que opera en forma continua sin posibilidad de revisar su estado, en tanto no se cuente con infraestructura alternativa para conducción, en el estiaje, para toda el agua que hoy se drena por ese conducto. En consecuencia, es urgente rehabilitar el Gran Canal del Desagüe para tener acceso a los túneles del Drenaje Profundo, para inspeccionar su estado actual.

- **Competencia por el uso del agua.** El desarrollo de la agricultura y el empleo de aguas residuales en la región han crecido de manera significativa y, además, el reúso del agua residual para fines industriales y público también ha aumentado. Lo anterior genera competencia por el aprovechamiento tanto del agua de primer uso, como del agua residual.

A pesar de los enormes esfuerzos que el país ha dedicado a la región y en particular a la ZMCM, la situación hidráulica es crítica y la región es sumamente vulnerable.

Para satisfacer la creciente demanda de agua, durante décadas se buscó incrementar la oferta y no fue posible visualizar en toda su magnitud los costos económicos, sociales y ambientales en todo su conjunto.

Casi la mitad de los requerimientos de agua de primer uso, descontando el reúso de agua residual, corresponde a la sobreexplotación de acuíferos y a la importación de agua de los sistemas Cutzamala y Lerma. Al mismo tiempo, existe ineficiencia de los usos público urbano y agrícola, inexplicables si se tiene en cuenta la escasez del recurso agua en la región. La estrategia anterior ha alcanzado su límite. Los daños ambientales de la sobreexplotación son palpables e irreversibles. El desarrollo de la ZMCM representa uno de los elementos centrales de la problemática y al mismo tiempo rebasa el marco del manejo de los recursos hidráulicos. Se trata, de hecho, de un problema socioeconómico de ordenamiento territorial.

El crecimiento poblacional y la actividad económica seguirán generando cuantiosas demandas adicionales de agua en la región y de continuar con las tendencias actuales de consumo y la contaminación de los cuerpos receptores, se acrecentará la degradación del medio natural y las actuales fuentes de abastecimiento serán insuficientes, lo que ocasionará mayores problemas para el suministro a los diferentes usos y limitaciones en el desarrollo económico.

El desarrollo sustentable de la región en su sentido más amplio sólo es posible si se basa en el aprovechamiento racional de sus recursos hidráulicos, y muy en especial de sus recursos de agua subterránea y si se logran rescatar los ríos, los cuales se han convertido en drenes de aguas negras. En fin, la región se encuentra en un dilema de sobrevivencia en el futuro.

Referencias

- Chow, V. T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York, NY.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (1994). *Integración de la Lluvia Normal Anual de la República Mexicana (Periodo 1931-1990)*. Subdirección General de Administración del Agua, México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (1996). *Plan Nacional Hidráulico 1995-2000*. Comisión Nacional del Agua, México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*. Primera edición, Noviembre 2001, México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2002). *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006. Compendio Básico del Agua en México*. Subdirección General de Programación, Gerencia de Planeación Hidráulica, México.
- CONAPO, Consejo Nacional de Población (2003). *Proyecciones de Población 2000-2030*. México.
- CONAPO, Consejo Nacional de Población (2000). *Índices de Marginación*. México.
- IMTA, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (1990). *Hidrología Ciencia de la Tierra*. Revista Ingeniería Hidráulica en México, Número Especial, México.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda, febrero 2000*. México.

Anexo A

Separación de las muestras en dos poblaciones
utilizando el papel de probabilidad Gumbel

Figuras 3.10 a 3.16

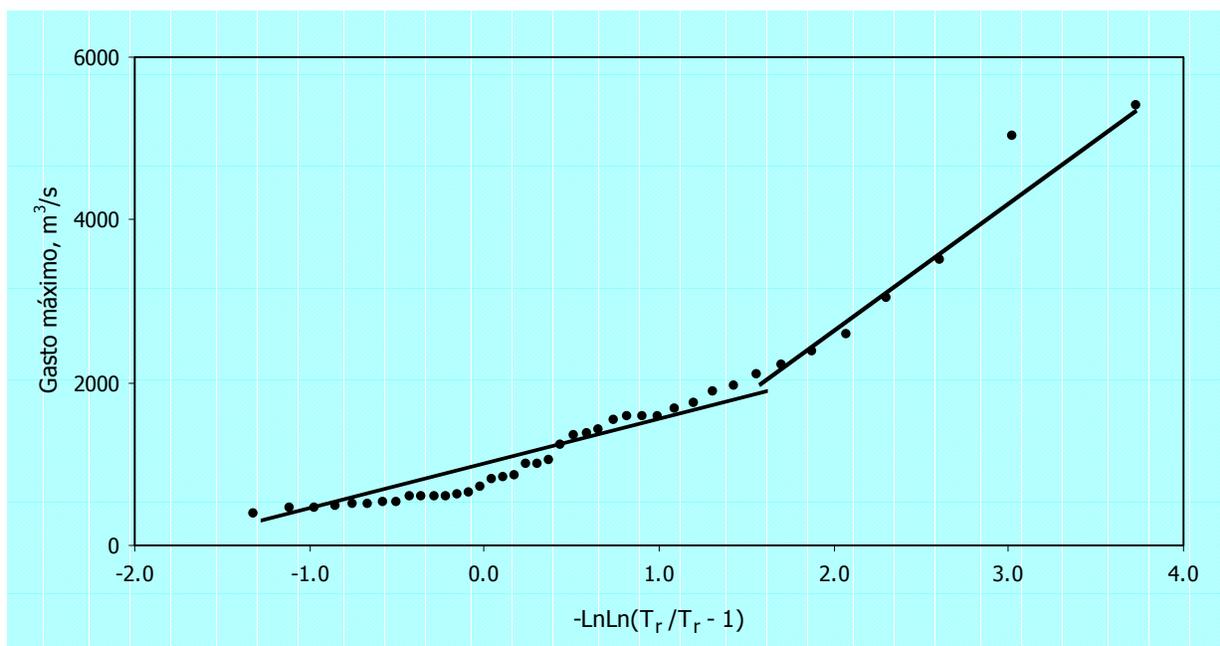


Figura 3.10. Análisis gráfico de la muestra de gastos máximos anuales registrada en la Estación Hidrométrica Poza Rica, Ver., utilizando el papel de probabilidad Gumbel

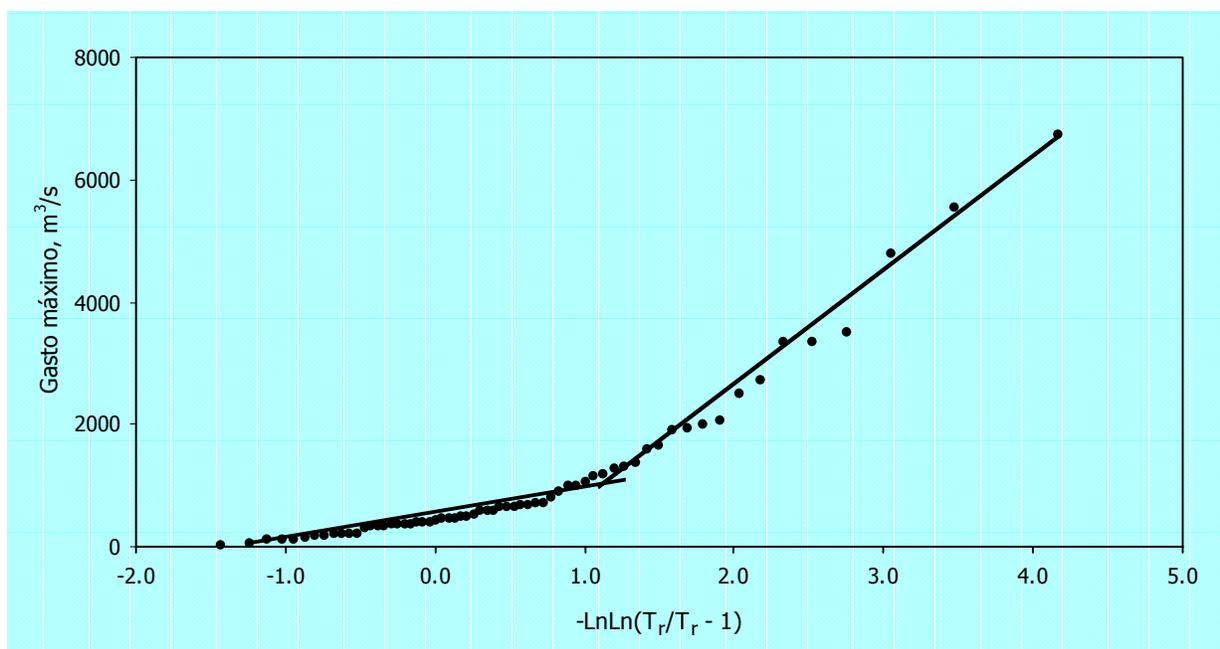


Figura 3.11. Análisis gráfico de la muestra de gastos máximos anuales registrada en la Estación Hidrométrica El Cuchillo, N. L., utilizando el papel de probabilidad Gumbel

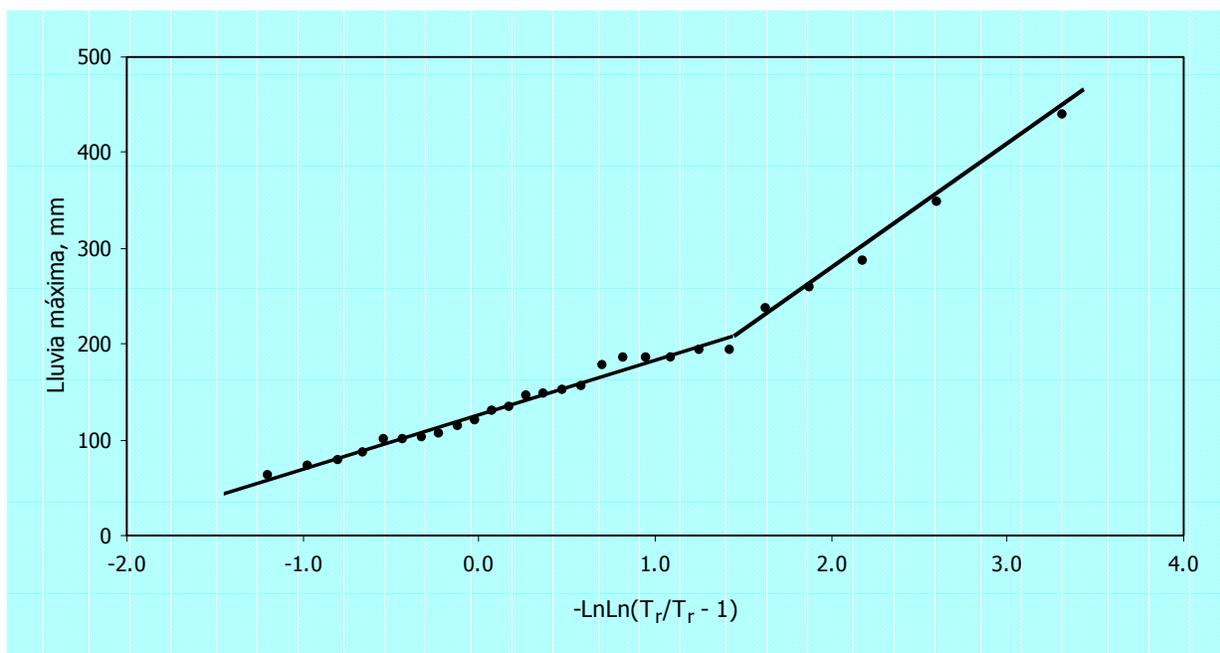


Figura 3.12. Análisis gráfico de la muestra de lluvias máximas anuales registrada en la Estación Climatológica Acapulco, Gro., utilizando el papel de probabilidad Gumbel

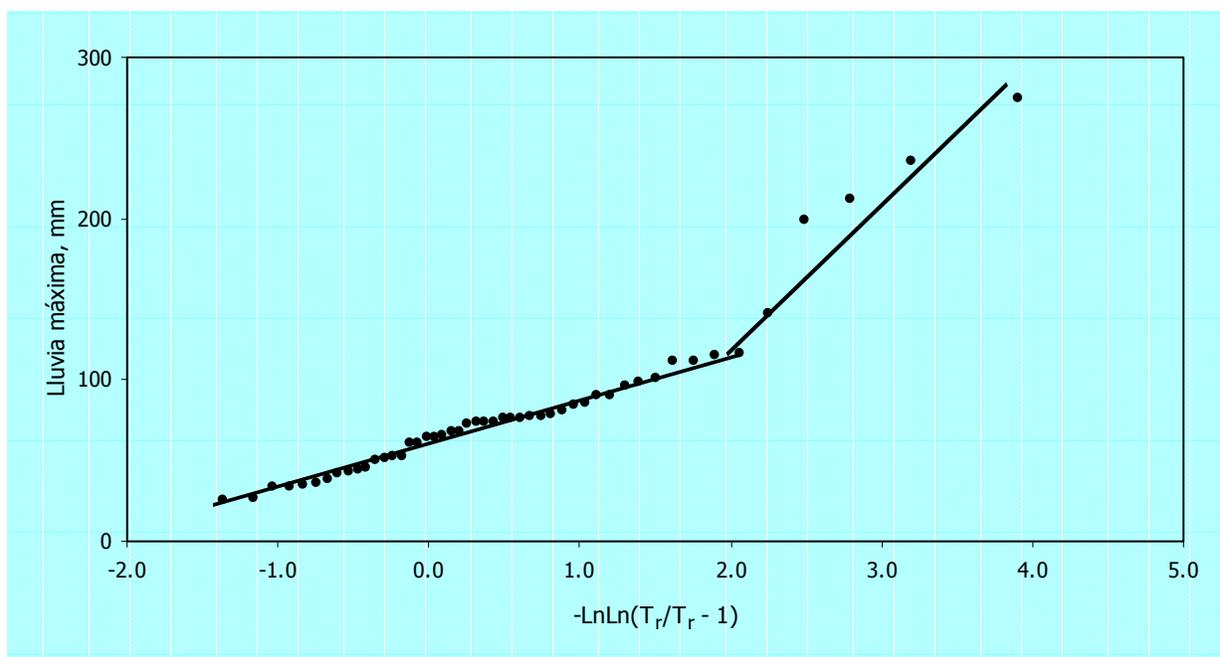


Figura 3.13. Análisis gráfico de la muestra de lluvias máximas anuales registrada en la Estación Climatológica El Cuchillo, N. L., utilizando el papel de probabilidad Gumbel

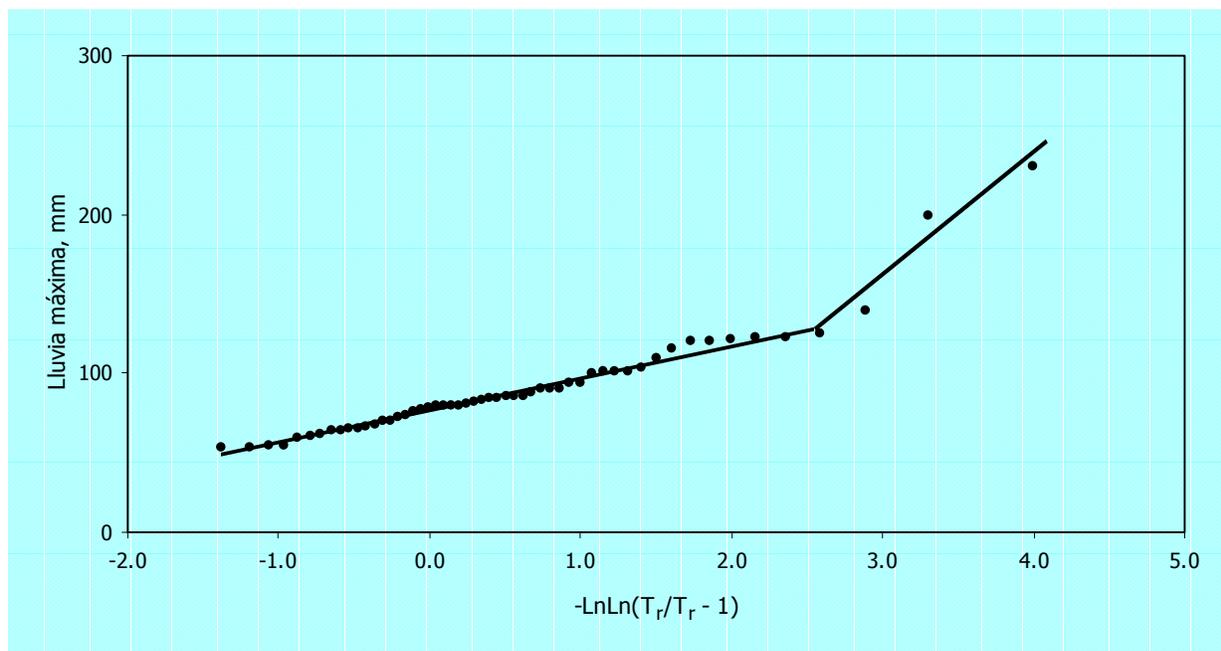


Figura 3.14. Análisis gráfico de la muestra de lluvias máximas anuales registrada en la Estación Climatológica Ixhuatlán, Ver., utilizando el papel de probabilidad Gumbel

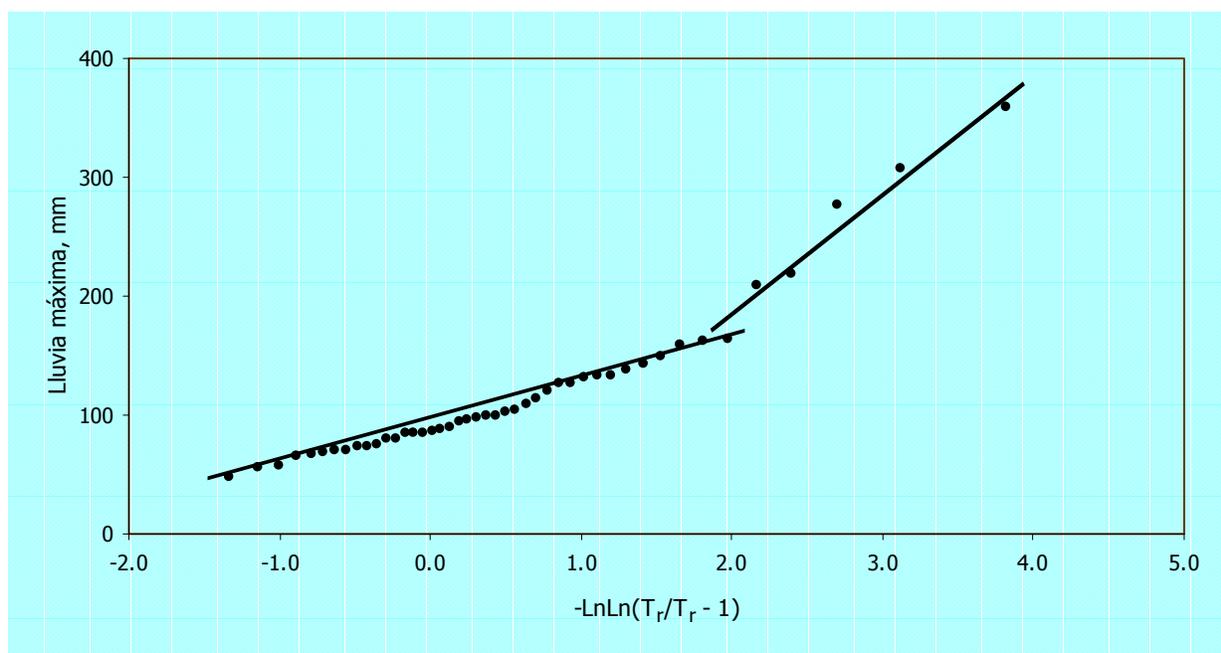


Figura 3.15. Análisis gráfico de la muestra de lluvias máximas anuales registrada en la Estación Climatológica Chetumal, Q. Roo, utilizando el papel de probabilidad Gumbel

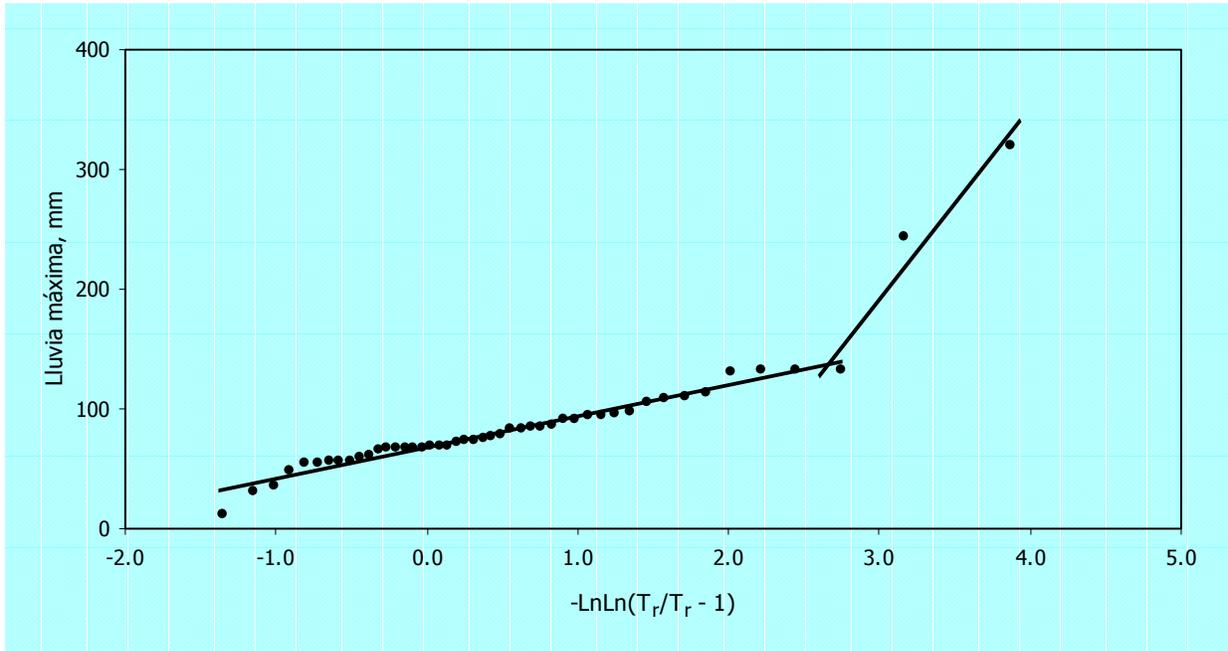


Figura 3.16. Análisis gráfico de la muestra de lluvias máximas anuales registrada en la Estación Climatológica Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo, utilizando el papel de probabilidad Gumbel

Curva de frecuencia obtenida para las muestras
de gastos máximos y lluvias máximas

Figuras 3.17 a 3.23

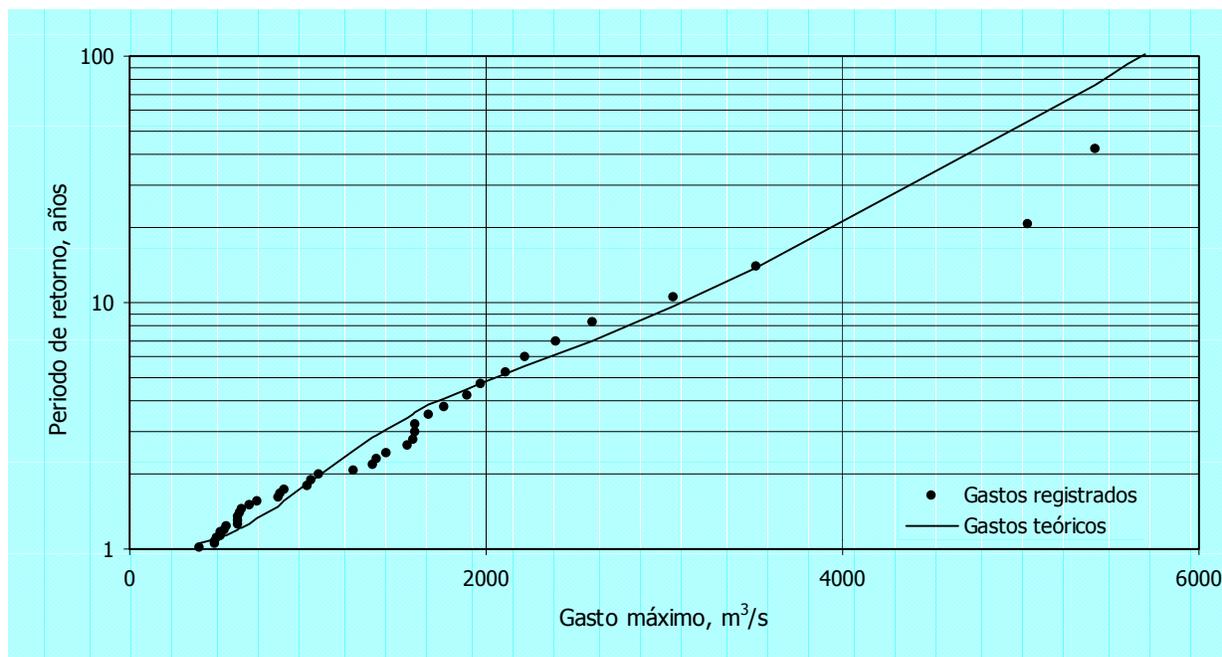


Figura 3.17. Curva de frecuencia obtenida para los gastos máximos anuales registrados en la Estación Hidrométrica Poza Rica, Ver.

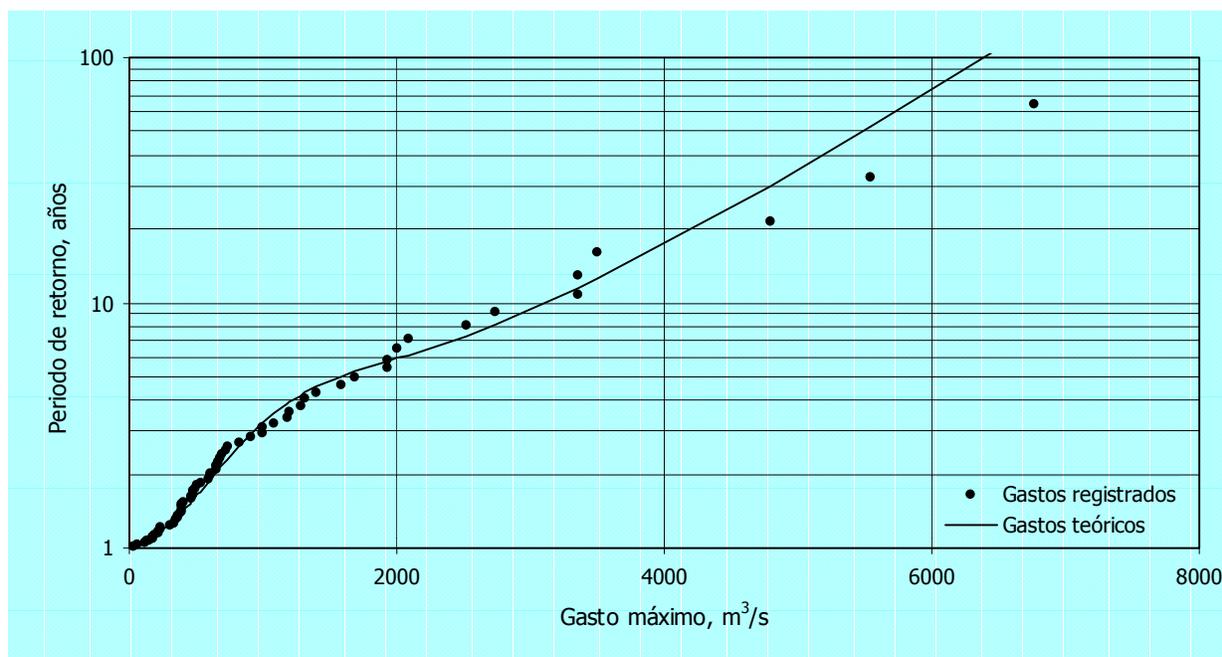


Figura 3.18. Curva de frecuencia obtenida para los gastos máximos anuales registrados en la Estación Hidrométrica El Cuchillo, N. L.

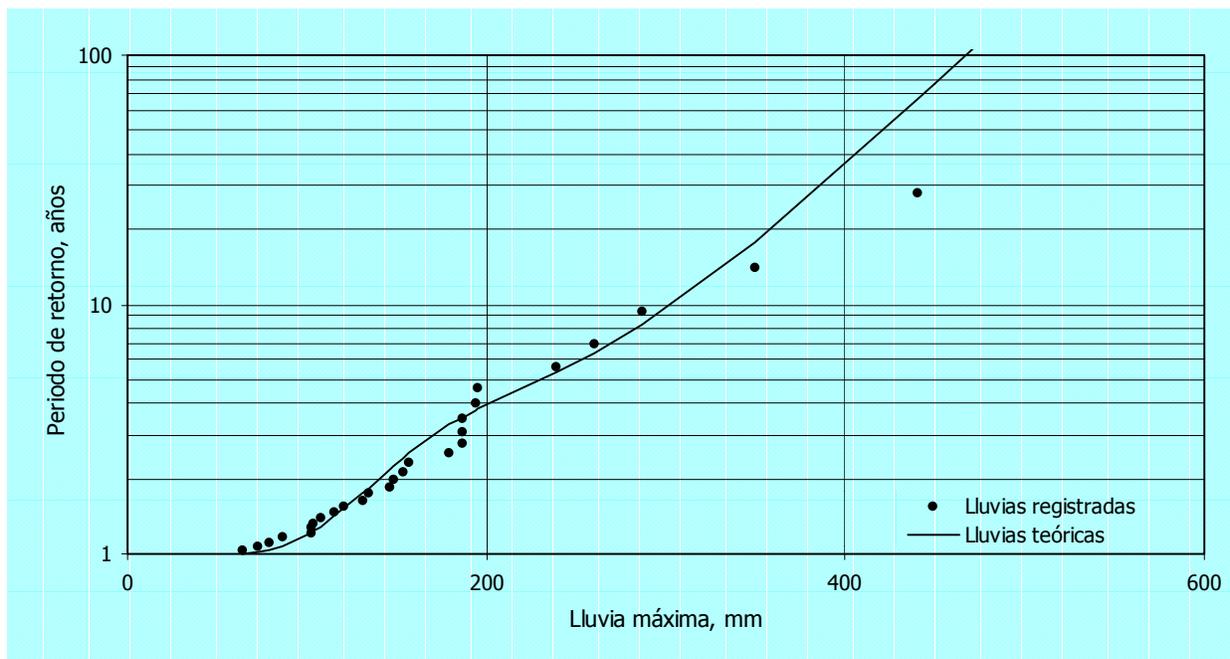


Figura 3.19. Curva de frecuencia obtenida para las lluvias máximas anuales registradas en la Estación Climatológica Acapulco, Gro.

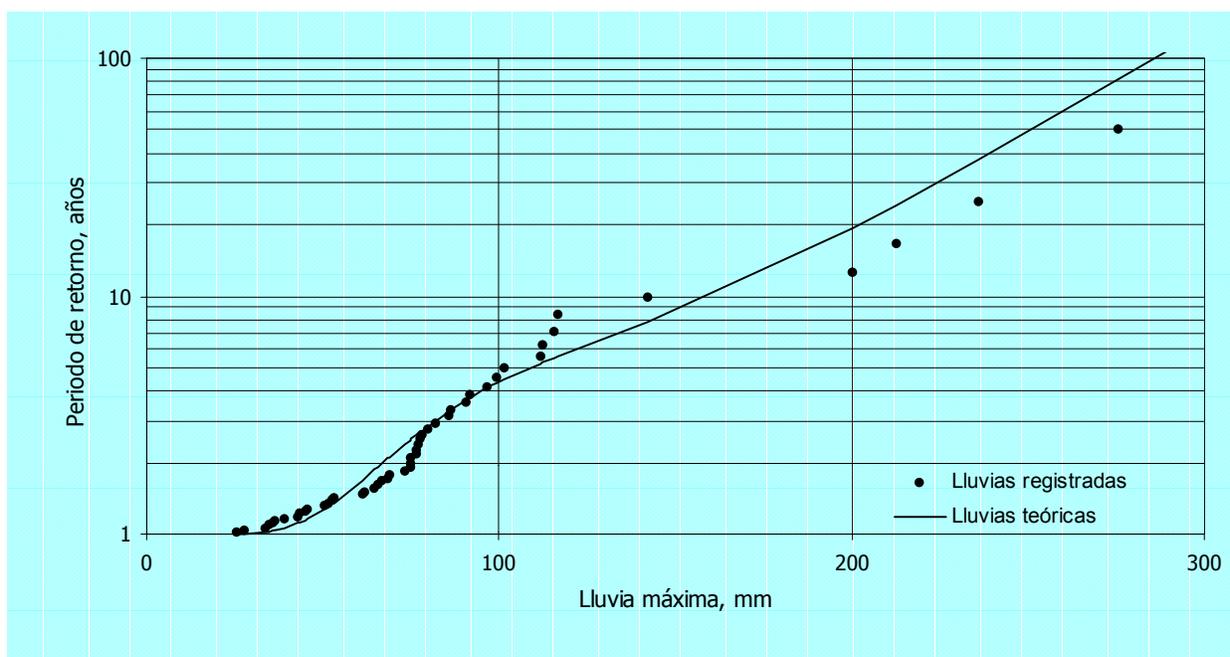


Figura 3.20. Curva de frecuencia obtenida para las lluvias máximas anuales registradas en la Estación Climatológica El Cuchillo, N. L.

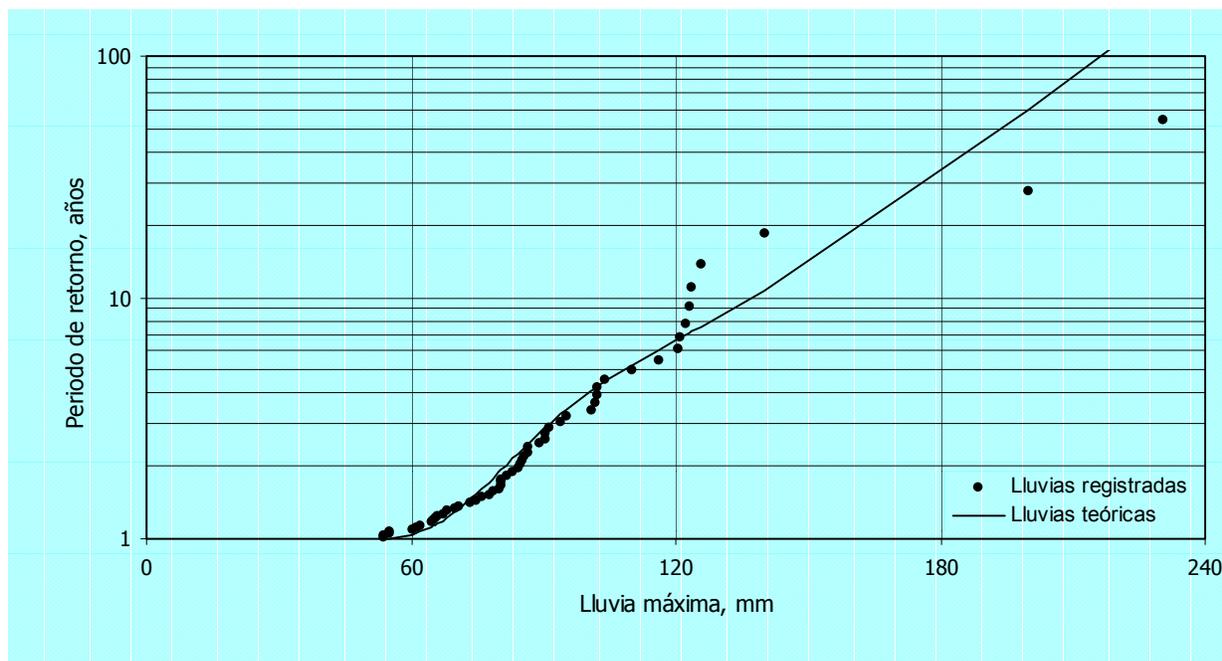


Figura 3.21. Curva de frecuencia obtenida para las lluvias máximas anuales registradas en la Estación Climatológica Ixhuatlán, Ver.

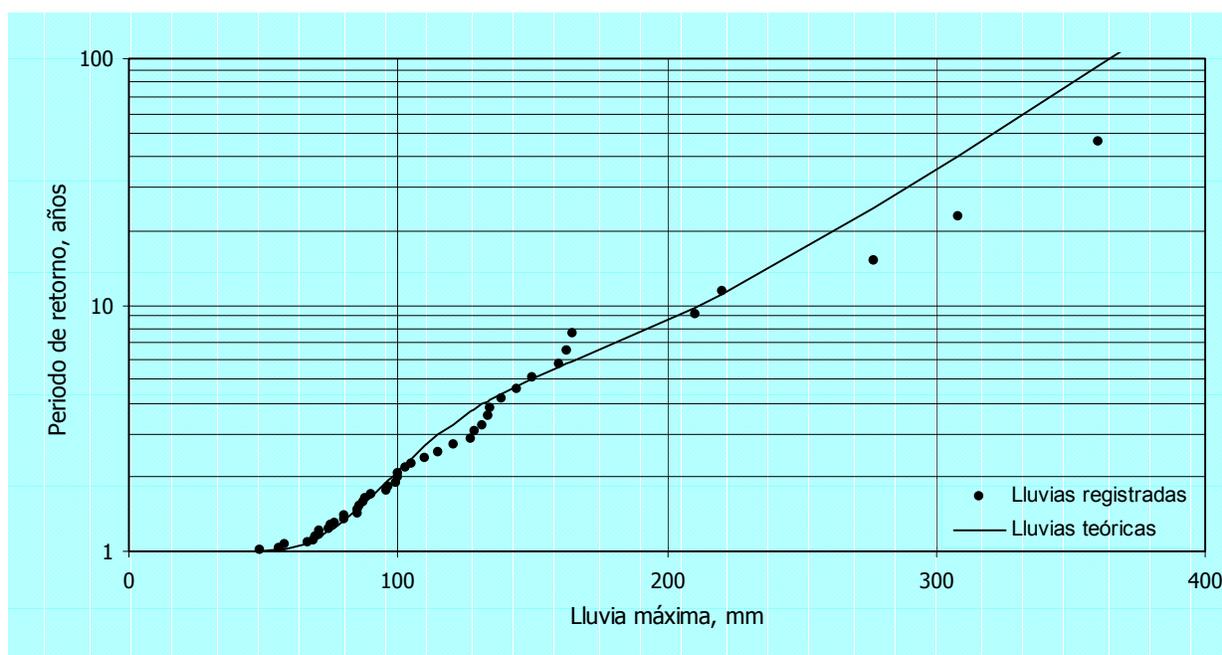


Figura 3.22. Curva de frecuencia obtenida para las lluvias máximas anuales registradas en la Estación Climatológica Chetumal, Q. Roo.

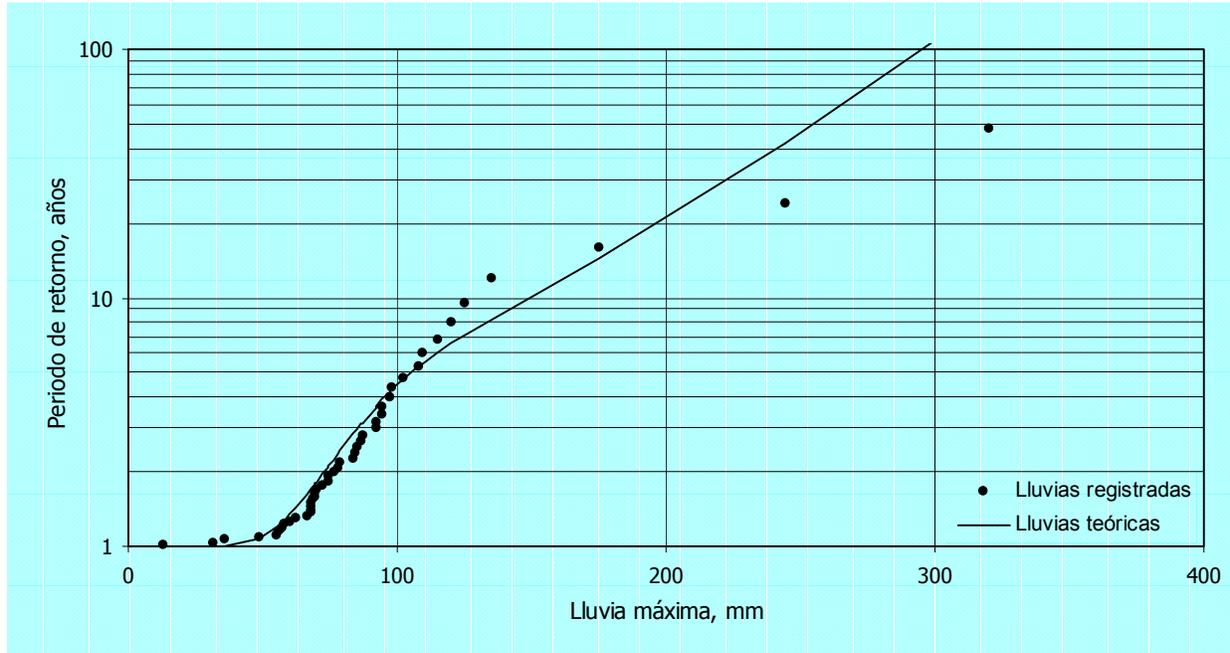


Figura 3.23. Curva de frecuencia obtenida para las lluvias máximas anuales registradas en la Estación Climatológica Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo.

Glosario de términos

A

Actividad económica. Acción destinada a producir bienes y servicios para el mercado. Incluye la producción agropecuaria de autoconsumo.

Acuífero. Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

Acuífero en equilibrio. Formación geológica en el cual la magnitud de la recarga natural es igual a las extracciones.

Acuífero sobreexplotado. Formación geológica que presenta abatimientos significativos de los niveles del agua durante un periodo largo de tiempo y que normalmente se le asocia un lapso de 10 años.

Acuífero subexplotado. Formación geológica en el cual la magnitud de la recarga natural es superior a las extracciones.

Afluente. Curso de agua que va a parar a otro. El punto donde se unen dos cursos de agua se llama confluencia.

Aforo. Es la determinación del volumen de agua que circula por una sección transversal determinada, en una unidad de tiempo. Es función del área de la sección y de la velocidad media.

Agua. Elemento formado por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, dispuestos en un ángulo de 105 grados, con el oxígeno en el vértice. Es un líquido inodoro e insípido, que en pequeña cantidad es incoloro, y verdoso en grandes masas; que refracta la luz, disuelve muchas sustancias, se solidifica por el frío, se evapora por el calor y, más o menos puro, forma la lluvia, los manantiales, los ríos y los mares.

Agua potable. Agua que puede beberse sin riesgos para la salud.

Aguanieve. Una mezcla de lluvia y nieve que cae a tierra cuando la temperatura ambiente está por debajo del nivel de congelación.

Aguas claras o aguas de primer uso. Aquellas provenientes de distintas fuentes naturales y de almacenamientos artificiales que no han sido objeto de uso previo alguno.

Aguas continentales. Son las aguas nacionales, superficiales o del subsuelo, en la parte continental del territorio nacional.

Aguas del subsuelo. Aquellas aguas existentes debajo de la superficie terrestre.

Aguas marinas. Las que definen como tales el artículo 3º de la Ley Federal del Mar.

Aguas nacionales. Las aguas propiedad de la Nación, en los términos del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Aguas residuales. Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas.

Aguas superficiales. Agua procedente de la lluvia, deshielos o nieve, que corre en la superficie de la tierra por los ríos y arroyos, y se dirige al mar.

Aguas subterráneas. Agua almacenada en el medio geológico que bajo la influencia de diferentes esfuerzos naturales y antropogénicos es posible inducir un carácter dinámico.

Albúfera. Ver laguna litoral.

Aprovechamiento. Aplicación del agua en actividades que no impliquen consumo de la misma.

Arrecifes coralinos. Son formaciones ocasionadas por el hundimiento de un continente o elevación del nivel del mar, en la última glaciación, en las que han crecido colonias de corales llamadas madreporas, cuyo esqueleto es de carbonato de calcio. También las algas calcáreas y los moluscos contribuyen a la creación de esos arrecifes.

Asignación. Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de la Comisión Nacional del Agua o de los Organismos de Cuenca, a las dependencias y organismos responsables de la prestación de los servicios de agua con carácter público urbano o doméstico, para realizar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales.

Atolones. Son arrecifes que rodean una pequeña isla volcánica dejando en el centro una laguna; si se encuentran sobre el nivel del agua se convierten entonces en islas coralinas.

Átomo. Las unidades básicas de un elemento, tales como el oxígeno e hidrógeno en el agua.

Austral. Perteneciente al austro (Sur) y en general al polo y al hemisferio del mismo nombre.

Austro. Viento que sopla de la parte del Sur.

B

Balance de agua subterránea. Es la suma algebraica de los componentes de recarga y descarga del sistema acuífero y de sus variaciones a través del tiempo.

Balance de agua superficial. Es la suma algebraica de las diferencias de los recursos hidráulicos superficiales y las demandas consuntivas superficiales de una cuenca.

Balance hidrológico integral. Es la suma algebraica de los sistemas hidráulicos superficiales y subterráneos que interactúan como unidad integral, de manera que el incremento o decremento en volumen en uno de ellos produce el efecto contrario en el otro, exceptuando el componente de la evaporación.

Barlovento. Parte de donde viene el viento, con respecto a un punto o lugar determinado.

Barra costera. Se forma en las aguas poco profundas del océano, en donde se depositan arenas o cantos en el lugar donde el oleaje, la resaca y las mareas alcanzan un punto de equilibrio. Los materiales que se concentran inicialmente están cubiertos por el agua, pero conforme pasa el tiempo, aumentan su altura hasta sobresalir de la superficie del agua y dar origen a la barra.

Barranca profunda. Es una hendidura pronunciada que se forma en el terreno, por el flujo natural del agua, en que la profundidad es mayor a 5 veces el ancho.

Bienes públicos inherentes. Aquellos que se mencionan en el artículo 113 de Ley de Aguas Nacionales.

Boreal. Perteneciente al bóreas (viento del Norte).

C

Calor latente. Intercambio de energía que se produce al cambiar el agua del estado sólido al líquido, o del líquido al vapor.

Capacidad de carga. Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperación en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico.

Capacidad total de una presa. Volumen que puede almacenar una presa al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias o de Operación (NAMO):

Captura. Absorción de un río más débil y pequeño, por otro más impetuoso y fuerte. El curso del primero es desviado en beneficio del segundo. Este fenómeno se debe a la erosión del agua en las orillas.

Cárstica. Formaciones calizas producidas por la acción disolvente del agua o bien por la erosión.

Cascada. Se llama así a una precipitación de agua desde un borde de roca dura, cuando el desnivel o el volumen de agua que cae es pequeño. Se pueden dar en sucesión en un tramo corto del río, una a continuación de la otra.

Catarata. Las cataratas se producen en lugares donde una capa de roca dura se encuentra junto a otra de roca blanda. Esta última es erosionada por el agua, y se va formando un borde o cornisa de roca dura sobre la que el agua se precipita.

Cauce de una corriente. El canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetan a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento. En los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, cuando el escurrimiento se concentre hacia una depresión topográfica y éste forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno.

Ciclo hidrológico. Es un movimiento continuo a través del cual el agua se evapora del océano y los demás cuerpos de agua, se condensa y cae en forma de precipitación sobre la tierra; después, esta última puede subir a la atmósfera por evaporación o transpiración, o bien regresar al océano a través de las aguas superficiales o subterráneas.

Cirrus. Nubes que se encuentran a mayor altura. Tienen forma vaporosa, como gasas o tules, que parecen pinceladas blancas en el cielo azul. Suelen estar formadas por cristalitas de hielo; nunca dan origen a lluvia o nieve, y al combinarse con otros tipos de nubes forman los cirrocumulus o cirrostratus.

Cobertura de agua potable. Porcentaje de la población que cuenta con agua entubada dentro de la vivienda, dentro del terreno o de una llave pública o hidrante. Esta información se determina por medio de los censos y conteos que realiza el INEGI. Para los años en los que no existe censo, ni conteo, la Gerencia de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales de la CNA, estima el dato a partir de los reportes de los prestadores del servicio de agua potable.

Cobertura de alcantarillado. Porcentaje de la población cuya vivienda cuenta con un desagüe conectado a la red pública de alcantarillado, a una fosa séptica, a un río, lago o mar, a una barranca o grieta. Esta información se determina por medio de los censos y conteos que realiza el INEGI. Para los años en los que no existe censo, ni conteo, la Gerencia de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales de la CNA, estima el dato a partir de los reportes de los prestadores del servicio de alcantarillado.

Coliformes fecales. Son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común llamada *Escherichia coli* y se transmiten a través de excretas y comúnmente por la ingestión o el contacto con agua contaminada.

Comisión de Cuenca. Organización auxiliar del Consejo de Cuenca a nivel de subcuenca.

Comité de Cuenca. Organización formada por representantes de los diversos usuarios de las aguas nacionales, representantes de la sociedad organizada y representantes gubernamentales. Su objetivo es coadyuvar en la formulación y ejecución de programas y acciones que permitan estabilizar y preservar los recursos hidráulicos de la microcuenca.

Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS). Organizaciones auxiliares de los Consejos de Cuenca, formadas por usuarios de las aguas subterráneas de cada acuífero, representante de la sociedad organizada y representantes gubernamentales. Su objetivo es coadyuvar en la formulación y ejecución de programas y acciones que permitan estabilizar, recuperar y preservar los acuíferos.

Concesión. Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de la Comisión Nacional del Agua o de los Organismos de Cuenca, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación.

Condensación. El proceso a través del cual el vapor de agua, generalmente por enfriamiento, se cambia a una forma líquida de mayor densidad.

Condiciones particulares de descarga. El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por la Comisión Nacional del Agua para cada usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios de un cuerpo receptor específico con el fin de conservar y controlar la calidad de las aguas.

Consejo Consultivo del Agua. Órgano autónomo que está integrado por personas físicas sensibles a la problemática del agua y a la necesidad de resolverla, con vocación altruista y que cuentan con un alto grado de reconocimiento y respeto. El Consejo es el elemento esencial del programa denominado Movimiento Ciudadano por el Agua.

Consejo de Cuenca. Instrumento de coordinación y concertación entre la Comisión Nacional del Agua (CNA), las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica, con objeto de formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca.

Corriente permanente. Es la que tiene un escurrimiento superficial que no se interrumpe en ninguna época del año, desde donde principia hasta su desembocadura.

Corriente intermitente. Es la que solamente en alguna época del año tiene escurrimiento superficial.

Corrientes marinas. Se originan cuando a los desplazamientos de las masas de agua producidos por cambios de densidad, se suma el hecho de que en la atmósfera se generan diferentes temperaturas por el calentamiento solar y se producen los vientos que causan el movimiento del agua superficial del océano.

Cuenca hidrológica. Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parteaguas o divisoria de las aguas (aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad), en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con estos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos.

Cuencas hidrológicamente homogéneas. Son las cuencas que presentan una similitud en cuanto a sus características fisiográficas, climatológicas e hidrométricas, permitiendo transferir información hidrológica entre ellas.

Cuerpo receptor. La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos.

Cultivos perennes. Cultivos cuyo ciclo de maduración es mayor a un año.

Cumulus. Son nubes redondas, de un blanco inmaculado, como grandes masas de algodón. Se desarrollan verticalmente, o sea que su base está muy baja. Al convertirse en cumulonimbus acumulan enormes cargas de energía eléctrica, y son las responsables de las tormentas de rayos.

Cuota natural de renovación de las aguas. Es el volumen de agua renovable anualmente en una cuenca o acuífero.

D

Delimitación de cauce y zona federal. Trabajos y estudios topográficos, batimétricos, fotogramétricos, hidrológicos e hidráulicos, necesarios para la determinación de los límites del cauce y la zona federal.

Delta. Depósito de sedimentos en forma de triángulo en la desembocadura de un río, que vierte sus aguas a un lago o al mar. Se forma donde no hay corrientes o mareas capaces de arrastrar los sedimentos de la orilla. En los deltas, el río se divide en varios brazos, entre los que quedan islotes de aluvión.

Demanda consuntiva. Son los volúmenes requeridos o utilizados que no retornan a la red hidrográfica de una cuenca después de ser utilizados.

Demanda no consuntiva. Son los volúmenes que, debido a la naturaleza de su uso, retornan a la red hidrográfica de una cuenca después de ser utilizados.

Demandas de la cuenca. Es la suma de los volúmenes requeridos para satisfacer las necesidades actuales y futuras de los diferentes usuarios de una cuenca. Está compuesta por la demanda consuntiva y la no consuntiva.

Demarcación de cauce y zona federal. Son los trabajos topográficos para señalar físicamente con estacas o mojoneras en el terreno, la anchura del cauce o vaso y su zona federal.

Desarrollo integral sustentable. Es el manejo de los recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras.

Desarrollo sustentable. En materia de recursos hídricos, es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras.

Descarga. Es la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor.

Disponibilidad de agua entubada. Accesibilidad de los ocupantes de la vivienda al uso de agua entubada, así como la forma de abastecimiento cuando no disponen de ella. Las viviendas se clasifican de acuerdo con el acceso que sus ocupantes tienen al agua entubada en: a) Disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda, dentro de ésta o bien, fuera de la vivienda pero dentro del terreno. b) Disponen de agua entubada por acarreo sea de llave pública o hidrante o bien, el agua proviene de otra vivienda y c) No disponen de agua entubada, en tal caso usan agua de pipa, de algún pozo, río, lago, arroyo u otra fuente.

Disponibilidad de drenaje. De acuerdo con la disponibilidad de drenaje, la vivienda se clasifica considerando si dispone de drenaje, bien sea que éste se conecte a una barranca o grieta, una fosa séptica, la red pública, un río o lago e incluso al mar o bien si no dispone de drenaje.

Disponibilidad hídrica. Es la suma de los volúmenes de agua correspondientes a las disponibilidades superficiales y subterráneas, una vez satisfechas todas las demandas y los volúmenes comprometidos en las cuencas localizadas aguas abajo del sitio de análisis.

Disponibilidad media anual de aguas superficiales. Es el valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo y el volumen anual actual comprometido aguas abajo.

Disponibilidad media anual de aguas del subsuelo. En una unidad hidrogeológica, es el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de una unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas.

Disponibilidad natural base. Cantidad total de agua que ocurre en una región hidrológica. Se estima sumando el volumen de escurrimiento superficial virgen y la recarga de los acuíferos de la región o cuenca hidrológica. Incluye los escurrimientos provenientes de otros países.

Disponibilidad natural media. Volumen total de agua renovable superficial y subterránea que ocurre en forma natural en una región.

Disponibilidad relativa. Es el cociente que resulta de dividir la suma del escurrimiento virgen más el escurrimiento aguas arriba del sitio en análisis, entre la suma de las demandas consuntivas superficiales más el volumen comprometido.

Distrito de riego. Áreas geográficas donde se proporcionan el servicio de riego mediante obras de infraestructura hidroagrícola, tales como vaso de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros.

Distritos de temporal tecnificado. Áreas geográficas donde mediante el uso de técnicas se aminoran los daños que causa el temporal en zonas con lluvias fuertes y prolongadas. La tecnificación consiste principalmente en la construcción de drenes que desalojan los excesos de agua. A estas áreas se les denominan también distritos de drenaje.

Drenaje. Sistema de tuberías mediante el cual se eliminan de la vivienda las aguas negras o las aguas sucias. Si al menos una de las instalaciones sanitarias de la vivienda (lavadero, sanitario, fregadero o regadera) dispone de un sistema de tuberías para eliminar las aguas negras o aguas sucias, se considera que tiene drenaje.

E

Efluente. Descargas de aguas residuales provenientes de usos domésticos, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios y en general de cualquier otro uso.

Enterococo. Bacterias esféricas que forman sus colonias en grupos o cadenas. Se encuentran de manera natural en muchos organismos, incluidos los humanos, como parte de su flora intestinal. Son microorganismos muy resistentes, capaces de tolerar concentraciones relativamente altas de sales y ácidos. Constituyen un indicador muy importante de la contaminación de las playas y de las aguas salobres.

Entidad federativa. Unidad geográfica mayor de la división político-administrativa del país; el territorio nacional se divide en 32 entidades federativas y un Distrito Federal.

Escurrimiento. Parte de la precipitación que se presenta en forma de flujo en un curso de agua.

Escurrimiento natural medio superficial. Parte de la precipitación media histórica que se presenta en forma de flujo en un curso de agua.

Escurrimiento superficial virgen. Escurrimiento natural de las aguas superficiales y subterráneas que descargan hacia el mar o hacia la parte baja de una cuenca interna.

Estalactitas y estalagmitas. Son concreciones calcáreas que han ido formando, poco a poco, las aguas de infiltración. Durante sus desplazamientos subterráneos, el agua disuelve el carbonato de calcio de las rocas sedimentarias y se filtra por las grietas de las bóvedas de las grutas. Al entrar en contacto con el aire y el gas carbónico, se forma un precipitado que se sedimenta y se solidifica, colgando por la bóveda de la gruta; estas son las estalactitas. Abajo de ellas, el agua que gotea forma una estalagmita.

Cuando se juntan una y otra, se forma una columna calcárea, para lo cual deben transcurrir varios siglos.

Estero. Terreno bajo, pantanoso, que suele llenarse de agua por la lluvia o por desbordes de un río, o una laguna cercana o por el mar.

Estuario. Entrada alargada y semicerrada en la costa, que tiene una conexión abierta al mar y en el cual las aguas del mar están diluidas en forma medible con el agua dulce proveniente de la cuenca hidrológica.

Eutroficación. Es el proceso natural de envejecimiento de agua estancada, por ejemplo: lagos, vasos de almacenamiento de presas, etc. La contaminación del agua por aguas residuales acelera la velocidad de este proceso acortando el periodo de vida.

Evaporación. El proceso a través del cual un líquido se transforma en vapor.

Explotación. Aplicación del agua en actividades encaminadas a extraer elementos químicos u orgánicos disueltos en la misma, después de las cuales es retornada a su fuente original sin consumo significativo.

Exportaciones. Son los volúmenes que una cuenca hidrológica transfiere a una o varias cuencas vecinas, a las que no drenarían en forma natural y que requieren de obras hidráulicas para su consecución.

F

Fosa séptica. Tipo de drenaje que consta de un sistema de filtración que separa los desechos sólidos de los líquidos.

Frentes frío y caliente. Un frente es el límite que existe entre dos masas de aire de diferentes temperaturas y humedades. A medida que se mueven, a los frentes se les da el nombre de la temperatura relativa del aire que tienen atrás. Un frente al que le sigue aire caliente, se llama frente caliente; y uno al que le sigue el aire frío, se llama frente frío.

G

Géiser. La actividad de los volcanes y la elevada temperatura del agua de ciertas fuentes termales se deben al calor interno de la Tierra. Los géiseres se forman porque el agua fría entra en contacto con rocas ardientes en el subsuelo; se calienta y entra en ebullición. La presión del vapor expulsa el agua hacia el exterior. El géiser deja de brotar hasta que la nueva masa de agua que ha llegado a las rocas incandescentes se calienta de nuevo y brota al exterior.

Gestión del agua. Proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios y la sociedad, promueven, en forma sustentable, el control y manejo en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental: (i) del agua y las cuencas hidrológicas, por ende su regulación, distribución, control y administración; (ii) de la explotación, uso o aprovechamiento del agua; y (iii) de la conservación y sustentabilidad de los recursos hídricos, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos extremos y daños al medio ambiente. La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua.

Gestión integrada de los recursos hídricos. Proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con estos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable. Para la aplicación de la Ley de Aguas Nacionales, en relación con este concepto, se consideran agua y bosque.

Glaciares. Áreas de la superficie de la Tierra que están cubiertas por gruesas capas de hielo que están en movimiento.

Glaciación. Periodo geológico en el que una parte substancial de la superficie terrestre estuvo cubierta por capas de hielo y glaciares. Su origen es producto de cambios climáticos y las regiones de mayor incidencia son las zonas polares.

Grandes presas. Presas cuya altura sobre el cauce es mayor de 15 m o que tienen una altura entre 10 y 15 m con una longitud de corona mayor de 500 m o una capacidad mayor de un millón de metros cúbicos al nivel de aguas máximas extraordinarias (Definición de la ICOLD, [International Commission on Large Dams]).

Granizo. Son pequeños trozos de hielo que se forman cuando las corrientes de aire levantan nuevamente hacia las nubes las gotas de lluvia que caen. Las gotas de lluvia se congelan y reciben varias capas de hielo a medida que viajan hacia arriba y hacia abajo en la nube, debido a corrientes de aire aleatorias. Finalmente caen como granizo.

Grutas. El agua que corre por el subsuelo, al encontrar mantos de rocas calizas, las va disolviendo y erosionando a su paso. De este modo labra, en el transcurso de miles o millones de años, enormes cuevas o abismos subterráneos, con sus estalactitas y estalagmitas.

H

Hogar. Unidad formada por una o más personas, unidas o no por lazos de parentesco, que residen habitualmente en la misma vivienda y se sostienen de un gasto común para la alimentación. Los hogares se clasifican, por tipo, en familiares y no familiares, y al interior de éstos según su clase: familiares, que a su vez se dividen en ampliados, compuestos y nucleares; y no familiares, dentro de los que se consideran los unipersonales y los de corresidentes

Humedad. La cantidad de vapor de agua contenida en el aire.

Humedales. Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyo límite lo constituye: el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos.

I

Importaciones. Son los volúmenes transferidos a una cuenca hidrológica provenientes de una o varias cuencas vecinas, las cuales en su estado natural no drenarían a ésta.

Índice de Calidad del Agua (ICA). Valor en una escala de 0% a 100% que indica el grado de contaminación de un cuerpo de agua (un mayor valor de ICA indica una mejor calidad del agua) y que se obtiene a partir de un promedio ponderado de los índices de calidad individuales de 18 parámetros, dentro de los que se encuentran el pH, la DBO y los sólidos suspendidos.

Infiltración por cauces. Es el volumen anual que ingresa a través de cauces que alimentan a los acuíferos cuando las superficies de los niveles piezométricos se ubican debajo de los lechos de los ríos.

Infiltración por obras de recarga artificial. Es el volumen anual que ingresa al acuífero a través de obras construidas expreso para alimentar al acuífero.

Infiltración por riego. Es el volumen de agua anual que recibe el acuífero derivado de prácticas de riego. Se considera como recarga incidental.

Infraestructura hidráulica federal. Son las obras de infraestructura hidráulica, así como las demás obras, instalaciones, construcciones y, en general, los inmuebles que estén destinados a la prestación de servicios hidráulicos.

Intrusión salina. Fenómeno que se produce cuando una masa de agua salada invade una masa de agua dulce. Se puede producir en aguas superficiales o subterráneas.

L

Lago o laguna. Es el vaso de propiedad federal de formación natural que es alimentado por una corriente superficial o aguas subterráneas o pluviales, independientemente de que de origen o no a otra corriente, así como el vaso de formación artificial que se origina por la construcción de una presa.

Laguna litoral o albúfera. Se originan en los lugares en que las barras crecen a partir de la punta de un promontorio y, por efecto de las mareas y el oleaje del mar, emigran hacia la costa creando una ensenada o una bahía.

Lámina de riego. Cantidad de agua medida en unidades de longitud que se aplica a un cultivo para que este satisfaga sus necesidades fisiológicas durante todo el ciclo vegetativo, además de la evaporación del suelo (uso consuntivo = evapotranspiración + agua en los tejidos de la planta).

Lecho del río. Camino que va trazando el río al escurrir por los declives del terreno, erosionándolos y transportando hacia abajo todos los materiales sueltos que son capaces de arrastrar.

Llovizna. Lluvia compuesta totalmente de gotas que tienen un diámetro menor a 0.5 mm; las gotitas son tan pequeñas que su caída en charcos, ríos o lagos no es perceptible a la vista.

Localidad. Lugar ocupado con una o más viviendas habitadas de acuerdo al último censo, este lugar es reconocido por un nombre dado por la Ley o la costumbre.

Localidad rural. Localidad con población menor a 2 500 habitantes y que no es cabecera municipal.

Localidad urbana. Localidad con población igual o mayor a 2 500 habitantes, o es cabecera municipal, independientemente del número de habitantes de acuerdo al último censo.

M

Manantial. Lugar donde el agua subterránea fluye naturalmente hacia la superficie de la tierra o hacia un cuerpo de agua superficial. Su recurrencia depende de la naturaleza de la relación que existe entre los estratos de rocas permeables e impermeables en la posición del manto freático y en la topografía.

Manejo integral del agua. Proceso de control que se ejerce sobre los diferentes usos, asociando los aspectos de cantidad. Calidad y distribución espacial y temporal del agua. Asimismo, el manejo integral debe contemplar los aspectos más relevantes que intervienen en este proceso tales como: el

desarrollo sustentable del agua; el ciclo hidrológico, el cual se presenta en forma errática e irregular en el tiempo y espacio, vinculando las técnicas para mitigar y enfrentar los efectos producidos por las sequías e inundaciones; la solución de los conflictos que surjan entre múltiples usuarios, los cuales dependen de un recurso compartido; y la participación de expertos de diversas disciplinas involucrados con el recurso agua y de los usuarios en la toma de decisiones sobre el cuidado, ahorro y saneamiento del recurso agua.

Manto freático. Se llama así a la superficie del agua subterránea que tiene la característica de estar a la presión atmosférica.

Marea. Movimiento periódico y alterno de ascenso y descenso del agua de mar, producido por la atracción del Sol y de la Luna.

Materiales pétreos. Materiales de cauces y vasos, tales como arena, grava, piedra y/o cualquier otro tipo de material utilizado en la construcción, que sea extraído del vaso, cauce o cualesquiera otros bienes señalados en artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.

Meandros. En su etapa intermedia, el río llega a los valles, y su curso se hace lento, erosionando la tierra hacia los lados. El río entonces fluye de un lado al otro formando curvas, a las que se les llama meandros.

Meridional. Pertenciente o relativo al Sur o mediodía.

Molécula. Una combinación química de dos o más átomos. Algunas moléculas están compuestas de miles de átomos.

Movimiento Ciudadano por el Agua. Programa cuyos principios se enfocan a crear una nueva cultura del agua. El órgano ejecutor de las actividades necesarias será el Consejo Consultivo del Agua.

Municipio. División territorial político-administrativa de una entidad federativa. En el caso del Distrito Federal, las 16 delegaciones políticas son equivalentes a los municipios.

N

Nimbus. Tipo de nube cuyo nombre responde a la palabra latina que significa lluvia. Son oscuras y suelen preceder a la lluvia y a las tempestades.

Normas Oficiales Mexicanas. Aquellas expedidas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización referidas a la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales a los que se refiere el Artículo 113 de la Ley mencionada.

Núcleo de condensación. Pequeñas partículas de materia que existen en el aire, a las que se adhiere el vapor de agua para condensarse y formar las gotas de agua contenidas en las nubes.

O

Olas. Ondulaciones en las capas superficiales del agua del mar, producidas por la energía de los vientos que actúan sobre la misma.

Organismo de cuenca. Órgano técnico administrativo desconcentrado en materia de agua, de la Comisión Nacional del Agua

Organismo operador. Unidad que administra y opera los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento con el objeto de dotar de estos servicios a los habitantes de un municipio o de una entidad federativa. La estructura orgánica de las entidades es variada y pueden presentarse como sistemas de agua, direcciones, comisiones, juntas locales, departamentos, comités, etc.

P

Parteaguas. Es la línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico de una cuenca hidrológica y que separa a ésta de las cuencas vecinas.

Permisos. Son los que otorga el Ejecutivo Federal a través de la Comisión Nacional del Agua, de manera provisional, para el uso, aprovechamiento, explotación y descarga de aguas nacionales, así como para la construcción de obras hidráulicas y otras de índole diversa relacionadas con el agua y sus bienes inherentes.

Persona física. Cualquier individuo a la que la ley reconozca personalidad jurídica, con las modalidades y limitaciones que establezca la misma.

Persona moral. Ser o entidad que no tiene existencia individual física tales como corporaciones, asociaciones, sociedades y fundaciones a las que la ley reconozca personalidad jurídica, con las modalidades y limitaciones que establezca la misma.

Plancton. Conjunto de seres vivos, animales y vegetales, generalmente microscópicos, que flotan a la deriva en las aguas dulces y marinas.

Plataforma continental. Es la parte del océano que está en la orilla de los continentes. Está formada por fajas de tierras sumergidas a lo largo de las costas cubiertas por aguas poco profundas.

Población Económicante Activa (PEA). Personas de 12 años y más que en la semana de referencia se encontraban ocupadas o desocupadas.

Población económicante inactiva. Personas de 12 años y más que en la semana de referencia no realizaron alguna actividad económica ni buscaron trabajo. Se clasifica en: estudiantes; incapacitados permanentemente para trabajar; jubilados o pensionados; personas dedicadas a los quehaceres del hogar y otro tipo de inactividad.

Población total. Personas censadas, nacionales y extranjeras, que residen habitualmente en el país. El monto poblacional está referido a la fecha oficial del Censo. Incluye a los mexicanos que cumplen funciones diplomáticas en el extranjero, así como a sus familiares, quienes son censados en sus respectivas adscripciones; también está incluida la población sin vivienda y los mexicanos que cruzan diariamente la frontera para trabajar en otro país. No se incluye a los extranjeros que cumplen con un cargo o misión diplomática en el país, ni a sus familiares.

Política hidráulica. Conjunto de instrumentos orientados a influir o condicionar el comportamiento de los agentes sociales para que actúen de modo tal que en sus actividades diarias reduzcan el desperdicio del agua, promuevan su reúso en los casos posibles, reconozcan su valor económico y minimicen su contaminación.

Pozo artesiano. Es aquella perforación realizada en un medio geológico limitado por estratos de baja permeabilidad tanto superior como inferiormente, en la cual el nivel del agua subterránea se encuentra por encima de la superficie del terreno.

Precipitación. Agua que cae de la atmósfera en forma de lluvia, nieve, aguanieve o granizo.

Precipitación anual. Es la precipitación que se calcula considerando datos del 1º de enero al 31 de diciembre de cada año.

Precipitación media anual. Es la precipitación media calculada para cualquier periodo de por lo menos diez años, que comience el 1º de enero del primer año y que termine el 31 de diciembre del último año.

Programa Hidráulico de la Cuenca. Documento en donde se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable en la cuenca correspondiente.

Programa Nacional Hidráulico. Documento rector que integra los planes hídricos de las cuencas a nivel nacional, en donde se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable.

R

Rápidos. Lugares donde el agua de un río transcurre por una pendiente pronunciada, o donde el río se estrecha. El agua fluye con una velocidad de gran magnitud y la corriente es muy turbulenta.

Rayo. Es la chispa eléctrica que llega a la tierra procedente de las nubes; la descarga entre nubes se denomina relámpago; el sonido que sigue después de la descarga eléctrica se llama trueno.

Recarga media de acuíferos. Es el volumen medio anual de agua que se infiltra a un acuífero.

Recarga natural. Volumen de agua que recibe una unidad hidrogeológica en un intervalo específico por infiltración de la precipitación atmosférica y de los escurrimientos superficiales naturales generados por ésta.

Región administrativa. Área territorial definida de acuerdo a criterios hidrológicos, en la que se considera a la cuenca como la unidad básica más apropiada para el manejo del agua y al municipio como la unidad mínima administrativa del país. La República Mexicana se ha dividido en 13 regiones administrativas. A las regiones administrativas también se les conoce como regiones hidrológico-administrativas.

Región hidrológica. Área territorial conformada en función de sus características orográficas e hidrológicas, con el fin de agrupar la información hidrológica y de calidad del agua. Los límites regionales no coinciden con los estatales ni los municipales. La República Mexicana está dividida en 37 regiones hidrológicas.

Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). Registro que proporciona información y seguridad jurídica a los usuarios de aguas nacionales y bienes inherentes a través de la inscripción de los títulos de concesión, asignación, y permisos, así como las modificaciones que se efectúen en las características de los mismos.

Reinos abismales. También llamados fondos oceánicos, están más allá de los taludes, y son fríos, oscuros y están habitados por extraños seres que viven en condiciones, en su mayor parte, desconocidas para el hombre.

Retornos utilizables. Son los volúmenes que se reincorporan a la red de drenaje de la cuenca, susceptibles de ser aprovechados.

Reúso del agua. Describe el empleo de aguas residuales tratadas en cualquier uso con algún tipo de beneficio humano o a la naturaleza, y puede ser de índole potable y no potable.

Reúso directo. Se presenta cuando aguas residuales tratadas son puestas en un sistema de distribución, incluyendo depósitos naturales, para ser entregadas a un usuario específico.

Reúso indirecto. Se presenta cuando aguas residuales tratadas son ingresadas a un cuerpo de agua superficial o subterráneo y pasan a formar parte del agua que será empleada posteriormente en usos adicionales.

Ribera o zona federal. Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. El nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la creciente máxima ordinaria que será determinada por la Comisión Nacional del Agua. En los ríos, estas fajas se delimitarán a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los cauces con anchura no mayor de cinco metros, el nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la media de los gastos máximos anuales producidos durante diez años consecutivos. Estas fajas se delimitarán en los ríos a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, el escurrimiento que se concentre hacia una depresión topográfica y forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. La magnitud de la cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 1.0 metros de ancho por 0.5 metros de profundidad.

Río. Corriente de agua más o menos caudalosa, que desemboca en el mar, en otro río o en un lago. El flujo de un río es el volumen de agua por unidad de tiempo; se mide en metros cúbicos por segundo.

S

Salario mínimo. Pago mensual en pesos mexicanos con el que se retribuye a los trabajadores por su ocupación o trabajo desempeñado. El salario mínimo mensual lo determina la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos para las tres áreas geográficas en que son agrupadas las entidades federativas del país.

Sector de actividad. Primer nivel de agrupación de las actividades económicas afines en función de su similitud en el proceso de producción realizado en la unidad económica, empresa, negocio, establecimiento o lugar en donde la población ocupada trabajó en la semana de referencia. La información de sector de actividad se clasifica con base en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN México). El sector primario comprende la agricultura, la ganadería, el aprovechamiento forestal, la caza y la pesca; el secundario incluye la minería, la extracción de petróleo y gas, la industria manufacturera, la generación y distribución de electricidad, la distribución de agua y la construcción y el terciario engloba las actividades de comercio, transportes, gobierno y otros.

Semana de referencia. Periodo que comprende la semana anterior (de lunes a domingo) a la semana en que se realizó la entrevista del Censo y al cual se refieren las características que se captaron de la población económicamente activa e inactiva.

Septentrional. Perteneiente o relativo al Norte

Servicios ambientales. Los beneficios de interés social que se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como la regulación climática, la conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión e infraestructura aguas abajo, control de inundaciones, recarga de acuíferos, mantenimiento de los escurrimientos en calidad y cantidad, formación de suelo, la captura de carbono, purificación de los cuerpos de agua, conservación y protección de la biodiversidad; para la aplicación de este concepto se consideran los recursos forestales y su vínculo con los hídricos.

Sistema de Agua Potable y Alcantarillado. Conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales.

Sobreexplotación. Cuando se extrae un caudal mayor que el que se tiene en la recarga rompiendo el equilibrio ecológico del acuífero.

Sotavento. Parte opuesta de donde viene el viento con respecto a un punto o lugar determinado.

Stratus. Nubes muy bajas que parecen tiras, capas, a modo de franjas alargadas en el horizonte, teñidas de púrpura por el sol poniente. No originan lluvia, pero al combinarse se convierten en nimbostratus que producen los chubascos o aguaceros finos y persistentes.

Superficie física regada. Superficie que al menos recibió un riego durante un ciclo agrícola.

Superficie de riego. Superficie con derecho a riego.

T

Talud continental. Al final de cada plataforma continental, el suave declive se convierte en un descenso sorprendentemente brusco: la profundidad del agua aumenta instantáneamente, la vida vegetal desaparece en forma gradual, debido a que la luz del sol no llega a simas tan profundas, y los animales sobreviven a base del alimento que les cae de las aguas superficiales.

Transpiración. La pérdida de líquido a través de un sólido poroso, generalmente bajo condiciones de flujo molecular. En las plantas se efectúa a través de las hojas, cuando éstas absorben la radiación solar que necesitan para la fotosíntesis. Las hojas se calientan y pierden el agua que contienen en sus espacios intercelulares a través de unas pequeñas válvulas llamadas estomas.

U

Unidad de riego. Área geográfica destinada a la agricultura que cuenta con riego. No comprende almacenamientos y se integra por usuarios agrupados en asociaciones.

Universo de usuarios. Número total de usuarios de las aguas nacionales y sus bienes inherentes.

Urderal. Unidad de riego para el desarrollo rural.

Uso. Aplicación del agua a una actividad que implique el consumo, parcial o total de la misma.

Uso agrícola. La utilización de agua nacional destinada al riego para la producción agrícola y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

Uso agroindustrial. Es la utilización de agua nacional para la actividad de transformación industrial de los productos agrícolas y pecuarios.

Uso ambiental o uso para conservación ecológica. El caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema.

Uso consuntivo. Volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga.

Uso doméstico. La utilización de agua nacional destinada al uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa, en términos del artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Uso en acuicultura. La utilización de aguas nacionales destinada al cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas.

Uso en servicios. Es la utilización de agua nacional para los distintos servicios que aprovechan los diferentes grupos de usuarios.

Uso industrial. La utilización de aguas nacionales en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como la que se utiliza en parques industriales, en calderas, en dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aún en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación.

Uso pecuario. La utilización de aguas nacionales para la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales, y su preparación para la primera enajenación siempre que no comprendan la transformación industrial.

Uso público urbano. La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos a través de la red municipal.

Usos múltiples. Es la utilización de agua nacional aprovechada en más de uno de los usos definidos para los diferentes grupos de usuarios, salvo el uso para conservación ecológica, el cual está implícito en todos los aprovechamientos.

Usos no consuntivos. Son los volúmenes anuales aprovechados para un fin tal que el volumen entregado es igual al descargado.

Usuarios de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes. Personas físicas o morales que cuentan con el permiso, concesión o asignación expedidos por la Comisión Nacional del Agua para explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales (aguas superficiales, subterráneas, reuso de agua y descargas a cuerpos receptores) y sus bienes públicos inherentes (zonas federales, terrenos ocupados por los cuerpos de agua, terrenos y cauces de las corrientes, islas de los cuerpos de agua, riberas, playas y las obras de infraestructura hidráulica).

Usuarios regularizados administrativamente. Usuarios de aguas nacionales y sus bienes inherentes que se encuentran inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA).

V

Vapor de agua. Pequeñas gotitas de agua que flotan en el aire.

Variable aleatoria. Función definida en el conjunto de elementos de un espacio muestral.

Variación del almacenamiento en el acuífero. Es el incremento o decremento de volumen de agua en un lapso de tiempo.

Vaso de lago, laguna o estero. El depósito natural de aguas nacionales delimitado por la cota de la creciente máxima ordinaria.

Veda flexible. Veda en la que la capacidad de los mantos acuíferos sólo permite la extracción para uso doméstico.

Veda de control. Veda en la que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para los usos doméstico, industrial, riego y otros.

Veda rígida. Veda en la que no es posible aumentar las extracciones sin peligro de abatir peligrosamente o agotar los mantos acuíferos.

Vivienda. Espacio delimitado normalmente por paredes y techos de cualquier material, con entrada independiente, que se utiliza para vivir, esto es, dormir, preparar los alimentos, comer y protegerse del ambiente. Se considera como entrada independiente al acceso que tiene la vivienda por el que las personas pueden entrar o salir de ella sin pasar por el interior de los cuartos de otra. Cabe mencionar que cualquier espacio delimitado, que en el momento del Censo se utilice para alojamiento, aunque haya sido construido para un fin distinto al de habitación (faros, escuelas, cuevas, bodegas, tiendas, fábricas o talleres), se considera como vivienda; sin embargo, los locales que hayan sido construidos para habitación pero que en el momento del Censo se destinan para usos distintos no se consideran como vivienda. Para el XII Censo General de Población y Vivienda 2000, las viviendas se diferencian en particulares y colectivas.

Vivienda colectiva. Vivienda destinada al alojamiento de personas que por motivos de asistencia, salud, educación, religión, disciplina o servicio, deben cumplir con reglamentos de convivencia y comportamiento. Se clasifican en: a) Hoteles, moteles, posadas, mesones, b) Pensiones, casas de huéspedes, casas de asistencia, c) Hospitales, sanatorios, clínicas, casas de salud, d) Orfanatorios, hospicios, asilos, casas-cuna, casas-hogar, e) Internados escolares, residencias estudiantiles, f) Conventos, monasterios, seminarios, congregaciones religiosas, g) Cárceles, prisiones, reclusorios, reformatorios, consejos tutelares, centros de rehabilitación para infractores, correccionales, penitenciarías, colonias penales, h) Campamentos de trabajo, barracas de trabajadores, plataformas petroleras, i) Cuarteles, campamentos, guarniciones, bases, destacamentos de policía, militares o navales, j) Albergues o dormitorios públicos y k) Otras (campamentos de refugiados o damnificados, burdeles o prostíbulos, etcétera).

Vivienda particular. Vivienda destinada al alojamiento de una o más personas que forman uno o más hogares. Se clasifican en: casas independientes, departamentos en edificios, viviendas en vecindades, cuartos en azoteas, locales no construidos para habitación, viviendas móviles y refugios.

Volumen comprometido. Representa la cantidad de agua que debe respetarse debido a que se cuenta con ella para satisfacer demandas de las cuencas aguas abajo.

Volumen de conservación o gasto ecológico. Es el volumen necesario para el desarrollo y conservación del medio ambiente.

Z

Zona de protección. La faja de terreno inmediata a las presas, estructuras hidráulicas y otra infraestructura hidráulica e instalaciones conexas, cuando dichas obras sean de propiedad nacional, en la extensión que en cada caso fije la Comisión Nacional del Agua para su protección y adecuada operación, conservación y vigilancia, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de la Ley Nacional del Agua.

Zona reglamentada. Aquellas áreas específicas de las cuencas o regiones hidrológicas, que por sus características de deterioro, fragilidad del ecosistema, sobreexplotación o para su restauración, requieren un manejo específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica.

Zona de reserva. La constituye las limitaciones en el uso o aprovechamiento de una porción o la totalidad del agua de una cuenca o región hidrológica, para prestar un servicio público, implantar un programa de restauración, conservar o preservar el agua o cuando el estado resuelva explotarlos por causa de interés público.

Zona de veda. Es la supresión total de aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente y el control de estos mediante reglamentos específicos, en una región determinada, cuenca o acuífero, en virtud del grave deterioro del agua en cantidad o calidad o por la afectación a la sustentabilidad hidrológica.

Zonas Marinas Mexicanas. Las que clasifica como tales la Ley Federal del Mar.

Términos específicos

1 hm³ = Un hectómetro cúbico equivale a un millón de metros cúbicos.

1 km³ = Un kilómetro cúbico equivale a mil millones de metros cúbicos.

1 m³ = Un metro cúbico equivale a mil litros.

l/s = Un litro por segundo.

ha (hectárea) = Una hectárea equivale a 10 000 m².

Enlaces a sitios de interés en Internet (Septiembre de 2004)

Banco Mundial (The World Bank Group, Water Resources Management)

<http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/essdext.nsf/18ByDocName/WaterResourcesManagement>

Comisión Nacional del Agua

<http://www.cna.gob.mx/>

Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional

<http://smn.cna.gob.mx>

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)

<http://www.imta.mx/>

Instituto Nacional de Ecología

<http://www.ine.gob.mx/>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)

<http://www.inegi.gob.mx/>

Oficina Internacional del Agua

<http://www.oiaqua.org/espagnol/index.htm>

Organización Mundial de la Salud

http://www.who.int/health_topics/water/es/index.html

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)

<http://rtn.net.mx/ocde/>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

<http://www.rolac.unep.mx/>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Plan Lago de Texcoco

<http://www.semarnat.gob.mx/regiones/texcoco/antecedentes.shtml>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales

<http://www.semarnat.gob.mx/sniarn/>

Tercer Foro Mundial del Agua, Japón, Marzo 2003

<http://www.worldwaterforum.org/>

UNICEF, Agua, Medio Ambiente y Saneamiento

<http://www.unicef.org/programme/wes/spanish.htm>

Bibliografía

- CNA, Comisión Nacional del Agua (1999). Estimación de los datos de población total de 1996 a 1999 a nivel nacional, calculados con las tasas de crecimiento del Consejo Nacional de Población (CONAPO), considerando como base la población del conteo definitivo del año 1995 realizado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Subdirección General de Programación. Gerencia de Planeación Hidráulica, Documento Interno. México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2000). Avances y Logros en la Planeación Hidráulica en México. Subdirección General de Programación. Gerencia de Planeación Hidráulica, México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2000). Estimación de los datos de población total al año 2001 realizados en función de las tasas de crecimiento del Consejo Nacional de Población (CONAPO), considerando como base los resultados definitivos del XII Censo General de Población y Vivienda. Subdirección General de Programación. Gerencia de Estudios para el Desarrollo Hidráulico Integral, Documento Interno. México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). Estimación de la disponibilidad natural base media por región administrativa, utilizando los datos del escurrimiento superficial virgen medio y la recarga media de acuíferos al año 2000. Subdirección General de Programación. Gerencia de Planeación Hidráulica. México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). Estimación de la extensión territorial por región administrativa realizada de acuerdo a los límites de las regiones administrativas y con información del Censo Nacional de Desarrollo Municipal. Sistema Nacional de Información Municipal. Subdirección General de Programación. Gerencia de Planeación Hidráulica. México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). Estimación de la extracción total bruta de agua por región administrativa. Subdirección General de Programación. Gerencia de Estudios para el Desarrollo Hidráulico Integral, Documento Interno. México.

- CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). Estimación de la precipitación media mensual histórica por entidad federativa y por región administrativa, realizada a partir de los registros de lluvia de la red de estaciones climatológicas localizadas en el territorio nacional. Subdirección General Técnica. Gerencia del Servicio Meteorológico Nacional. México
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). Estimación del grado de presión sobre el recurso hídrico por región administrativa, realizada con base en la disponibilidad y extracciones de agua, considerando el procedimiento de evaluación que establece la Comisión para el Desarrollo Sustentable de la ONU en su publicación: Evaluación General de los Recursos de Agua Dulce del Mundo 1997. Subdirección General de Programación. Gerencia de Planeación Hidráulica. México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). Estimación del Producto Interno Bruto (PIB) por región administrativa realizada con el auxilio del Producto Interno Bruto por entidad federativa, publicado por el INEGI y la población económicamente activa de la entidad que pertenece a cada región, obtenida del Sistema Nacional de Información Municipal. Documento Interno. Subdirección General de Programación. Gerencia de Planeación Hidráulica. México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). Estimación del Producto Interno Bruto (PIB) por entidad federativa realizado a partir de los datos del Sistema de Cuentas Nacionales. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Subdirección General de Programación. Gerencia de Planeación Hidráulica. México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, Enero 2001. Elaborada por la Gerencia de Recaudación y Control. México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). Programa Nacional Hidráulico 2001-2006. Subdirección General de Programación. Gerencia de Planeación Hidráulica. México.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2001). Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, a diciembre del año 2000. Unidad de Programas Rurales y Participación Social. Gerencia de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales. México.

- CNA, Comisión Nacional del Agua (2002). Compendio Básico del Agua en México 2002, Tercera Edición. Programa Nacional Hidráulico 2001-2006. Subdirección General de Programación. Gerencia de Planeación Hidráulica. México.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2000). Information System on Water in Agriculture-AQUASTAT. New York.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000). Estimación de la población por entidad federativa y por región administrativa considerando los resultados definitivos del XII Censo General de Población y Vivienda. México.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1996). Censo de Población y Vivienda 1995. México.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1998). Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (1996). Presas de México, 1982-1994, Volumen I al X. Comisión Nacional del Agua. México.
- The World Bank Group (2001). World Development Indicators Database.
- The World Bank Group (2001). World Development Indicators. Environment-Freshwater.
- Universidad Autónoma de Baja California (2000). Las aguas divididas, un siglo de controversia entre México y Estados Unidos. México.

Precipitación y Recursos Hidráulicos en México, se editó en formato electrónico el 19 de octubre de 2004, en la Coordinación General de Vinculación y Desarrollo Institucional de la Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana, Tlalpan, D.F. México.