

Capítulo 3. Clima

A. Relaciones causales

La gran amplitud altitudinal de México, su ubicación a ambos lados del Trópico de Cáncer y la influencia oceánica debida a la estrechez de la masa continental, son quizá los factores determinantes más significativos del clima que prevalece en el país y de su diversidad.

Como factores de segundo orden y, particularmente a nivel regional, pueden considerarse: la forma misma del territorio de la República, su complicada y variada topografía, la situación de sus principales cordilleras, así como la ubicación de una gran parte de México en la porción occidental de Norteamérica.

Son bien conocidas las correlaciones que lleva la altitud con la presión atmosférica, con la cantidad de oxígeno disponible y con las temperaturas. Con menos frecuencia se advierten los efectos de las altas elevaciones en cuanto al aumento de la transparencia del aire, de la duración y de la intensidad de la insolación, de la intensidad de la irradiación, de la oscilación diurna de la temperatura y de la humedad atmosférica relativa; todos estos elementos son de suma importancia para la vida de los organismos.

El Trópico de Cáncer, además de ser una línea significativa desde el punto de vista térmico, marca también en forma aproximada la franja de transición entre el clima árido y semiárido de la zona anticiclónica de altas presiones, que se presenta hacia el norte, y el clima húmedo y semihúmedo influenciado por los vientos alisios y por los ciclones, manifiesto hacia el sur. El régimen de lluvias de verano que prevalece en la mayor parte del país está asimismo en estrecha relación con las latitudes próximas al Trópico.

Por otra parte, es muy probable que, de no contar con un litoral tan extenso y de no reducirse tanto la anchura del continente en las latitudes de México, la extensión de sus zonas áridas y el grado de aridez serían mucho más considerables. En función de la dominancia de los vientos alisios, el efecto oceánico del lado del Atlántico es mucho más intenso que en la vertiente opuesta y, a nivel del Golfo de California, la influencia del mar llega a ser casi nula.

La complicada topografía, unida a las diferencias determinadas por la latitud y la altitud, dan como resultado un mosaico climático con un número muy grande de variantes, cuyo estudio y clasificación adecuada resultan bastante laboriosos.

La forma que le confieren al país sus litorales, junto con la alineación de sus principales serranías, influyen de manera decisiva en la distribución de la humedad y también muchas veces de la temperatura. Son factores determinantes, al menos parciales, de la aridez del Altiplano y de algunas otras partes de México. La configuración y la ubicación de la Sierra Madre Occidental, del Eje Volcánico Transversal y de la Sierra Madre del Sur constituyen un obstáculo difícil de franquear para las masas de aire polar que incursionan desde el norte y en consecuencia el litoral del Pacífico, protegido por estas sierras, es en general más caluroso en la época más fría del año que el del lado del Golfo.

La ubicación de la parte noroeste de México en el extremo occidental de la gran masa continental de Norteamérica tiene dos consecuencias notables. En primer lugar, esta circunstancia contribuye por sí misma a la aridez de esta porción del país que se halla

sometida a los efectos de la celda de alta presión durante la mayor parte del año (Mosiño y García, 1973: 355) y en segundo término, sujeta la costa occidental de Baja California a la influencia de una corriente marina fría que tiene efectos de consideración sobre el clima local.

B. Algunos rasgos generales

Dada la gran diversidad de climas que se presentan en México, es difícil encontrar atributos que sean comunes a todos sus tipos, pero quizá una de las características más constantes es el hecho de que las estaciones hídricas del año están mejor marcadas que las térmicas. Este rasgo sólo deja de percibirse en algunas regiones extremadamente secas o extremadamente húmedas, donde la acentuada escasez o la gran abundancia de la precipitación llegan a borrar los aspectos estacionales.

Por consiguiente, es más propio hablar de la época lluviosa y la época seca del año; si en la literatura se hace referencia al verano, otoño, invierno y primavera, el hecho se debe más bien a la costumbre traída de Europa y de Estados Unidos de América que a la situación real. Es más, el uso local de los términos verano e invierno en algunas regiones de México no coincide en absoluto con las épocas de esta manera llamadas en las latitudes elevadas.

Como es común en las zonas montañosas en general, las áreas cercanas en ocasiones difieren entre sí en forma muy drástica, no sólo en cuanto a la temperatura, sino también en lo que concierne a la humedad y a otros factores del clima. Así, por ejemplo, dos lugares distantes entre sí sólo 10 km, pero situados en lados opuestos de una sierra pueden tener respectivamente 400 y 1 500 mm de precipitación media anual (Pachuca y El Chico, Hidalgo).

Un hecho evidente en lo que al clima concierne, es la asimetría que caracteriza a las dos vertientes de México, siendo la del Atlántico, por regla general, más húmeda que la del Pacífico. Tal circunstancia se debe, en gran medida, a la influencia de los vientos dominantes —alisios— y es parte de un notable gradiente de aumento de la aridez que afecta a todo el país en dirección sureste-noroeste.

También resulta obvio (Fig. 7) que en México predominan ampliamente los climas secos sobre los húmedos y al parecer las superficies del país donde la generalidad de las plantas dispone de agua durante todo o casi todo el año no ocupan más de 15% del total de su territorio.

De acuerdo con el sistema de Koeppen (1948), los climas de México corresponden a cuatro de sus cinco tipos fundamentales, a mencionar A, B, C y E. La distribución de los tres primeros se señala en el mapa de la Fig. 7; la categoría E (frío o polar) sólo se presenta en las partes más altas de algunas montañas aisladas que ocupan una superficie reducida.

Entre los climas de tipo A o calientes y húmedos, los más difundidos son los de la categoría Aw (con larga temporada seca), que ocupan grandes extensiones de tierras bajas a lo largo del litoral del Pacífico, desde Sinaloa hasta Chiapas; también corresponden a la mayor parte de la Península de Yucatán, la porción sur de la Planicie Costera Nororiental, una importante área del centro de Veracruz y la Depresión Central de Chiapas.

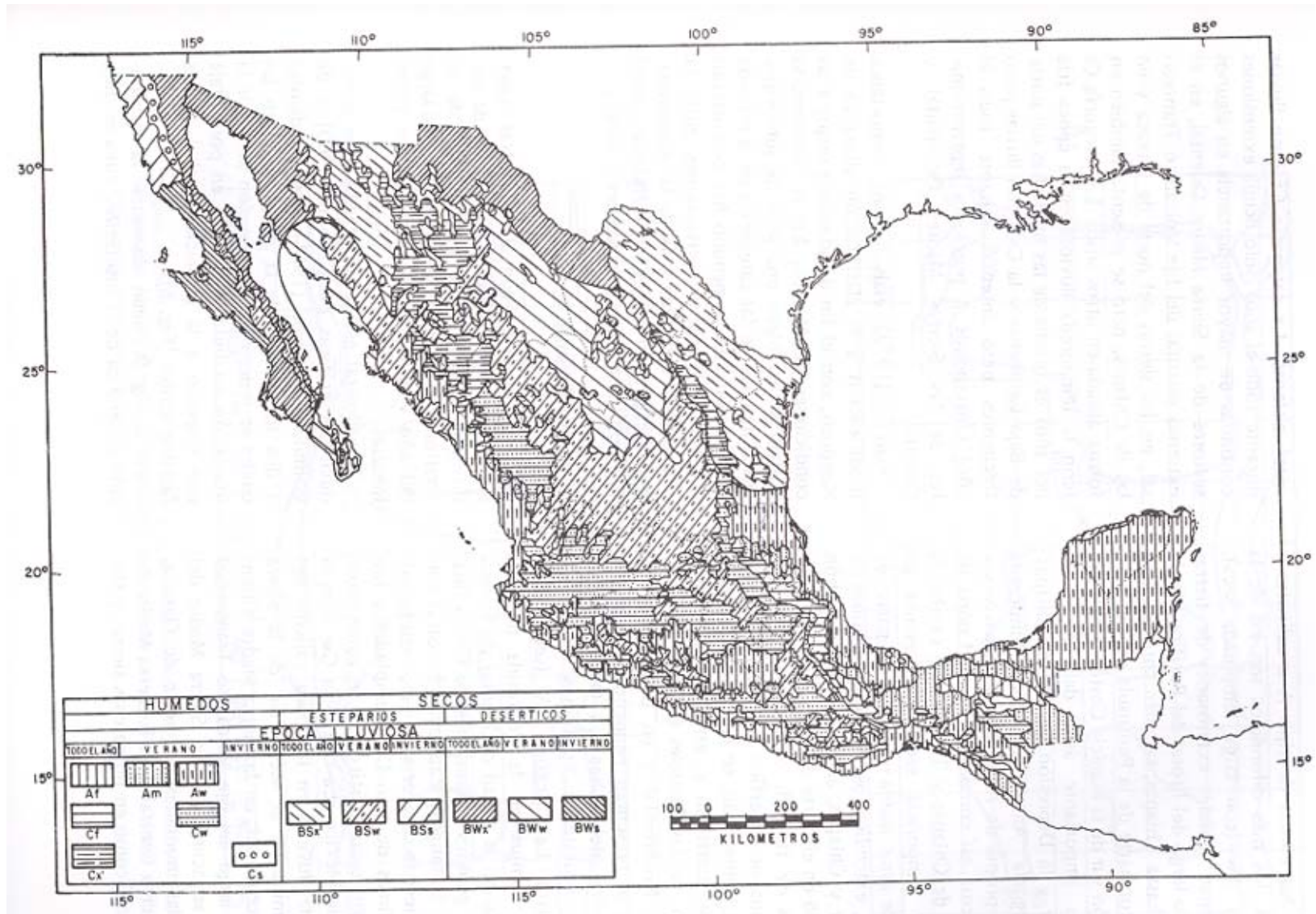


Figura 7. Distribución geográfica de climas en México, de acuerdo con la clasificación de Koeppen (1948). Basado en el mapa de la página 113 del atlas de García de Miranda y Falcón de Gyves (1974).

La categoría Am (con corta temporada seca) es propia de regiones del centro y sur de Veracruz así como de partes del norte de Oaxaca, de Chiapas y Tabasco, en cambio la Af (sin temporada seca) se presenta en forma de una franja que abarca parte de Tabasco, extendiéndose a pequeñas zonas de Veracruz y Chiapas, así como otro manchón localizado en el norte de Oaxaca.

Climas de tipo B, o secos, son los que cubren mayor superficie en México, predominando, sobre todo, en la mitad septentrional de su territorio y, en particular, en el Altiplano, en las Planicies Costeras Noroccidental y Nororiental y en Baja California. También se presentan pequeños enclaves en la Depresión del Balsas, en Oaxaca, en el extremo noroeste de Yucatán y en algunas otras partes. La categoría BW (seco desértico) predomina en la Península de Baja California, en la mitad occidental de Sonora y ocupa grandes extensiones de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas. En otras partes prevalece la categoría BS (seco estepario).

Los climas de tipo C, o templados y húmedos, son característicos de las zonas montañosas de México. La categoría Cw (con la temporada lluviosa en la época caliente del año) domina en el sector sur de la Sierra Madre Occidental, en la Sierra Madre Oriental, a lo largo del Eje Volcánico Transversal y áreas adyacentes, en la Sierra Madre del Sur, en las montañas del norte de Oaxaca, en el Macizo Central y en la Sierra Madre de Chiapas, así como en numerosas sierras y sierritas aisladas. La categoría Cf (con lluvias durante todo el año) sólo ocupa extensiones continuas de mayor importancia en algunos sectores de la Sierra Madre Oriental, en el extremo oriental del Eje Volcánico Transversal, en las sierras del norte de Oaxaca y en las de Chiapas, pero se presenta también en forma aislada en otros sitios. La categoría Cs (con la temporada lluviosa en la época fría del año) es propia de las montañas del norte de Baja California y la Cx' (con lluvias poco frecuentes pero intensas durante todo el año) corresponde a porciones septentrionales de las Sierras Madres Occidental y Oriental.

García (1973) elaboró una importante modificación a la clasificación climática de Köppen, con el fin de adaptarla mejor a las condiciones de México. En el mencionado trabajo se establece una serie de subdivisiones a muchas de las categorías de la referida clasificación, que a menudo han demostrado ser útiles al buscar correlaciones entre la distribución del clima y la de las comunidades vegetales. Su uso es recomendable a nivel de estudios ecológicos regionales y locales.

C. Radiación solar

En comparación con algunas otras regiones de la Tierra, México tiene fama de ser un país donde, en la mayor parte de su territorio, el buen tiempo prevalece a lo largo del año y el sol brilla prácticamente todos los días.

Para ilustrar esta circunstancia cabe reproducir las gráficas de Galindo (1960) y de Galindo y Ortigosa (1961) correspondientes a dos localidades de la Altiplanicie, en las cuales se muestra la distribución anual de la insolación recibida, expresada en porcentaje con respecto a la insolación global que es factible recibir (Fig. 8).

En la Fig. 9 puede observarse la distribución geográfica de la insolación, cuya medida de duración está representada como porcentaje con respecto al tiempo total disponible de luz. Aun cuando el mapa no está basado en un número suficiente de puntos de observación para considerarlo como exacto, claramente marca el hecho fundamental de

que más de la mitad del país posee una insolación superior a 60%. Valores mayores de 80% se registraron solamente en el extremo noroeste, mientras que la insolación menor de 50% se presenta a lo largo de la Sierra Madre Oriental y en las montañas de Chiapas, que son las zonas de mayor nubosidad.

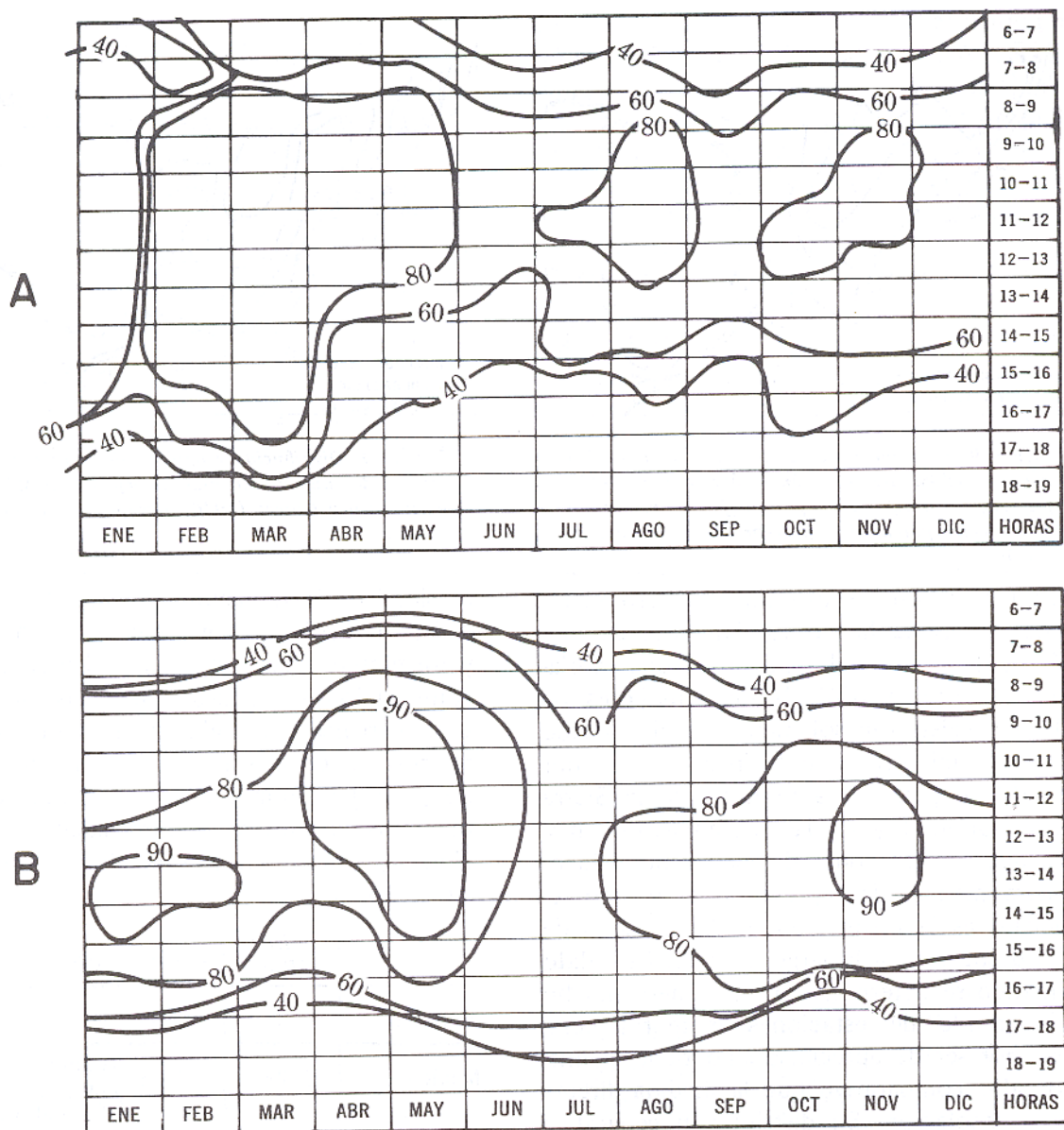


Figura 8. Distribución anual de la insolación en la ciudad de México (A), medida en 1957-1958, y en San Luis Potosí (B), medida en 1960-1962, según Galindo (1960) y Galindo y Ortigosa (1961). Reproducido con autorización de los escritores.

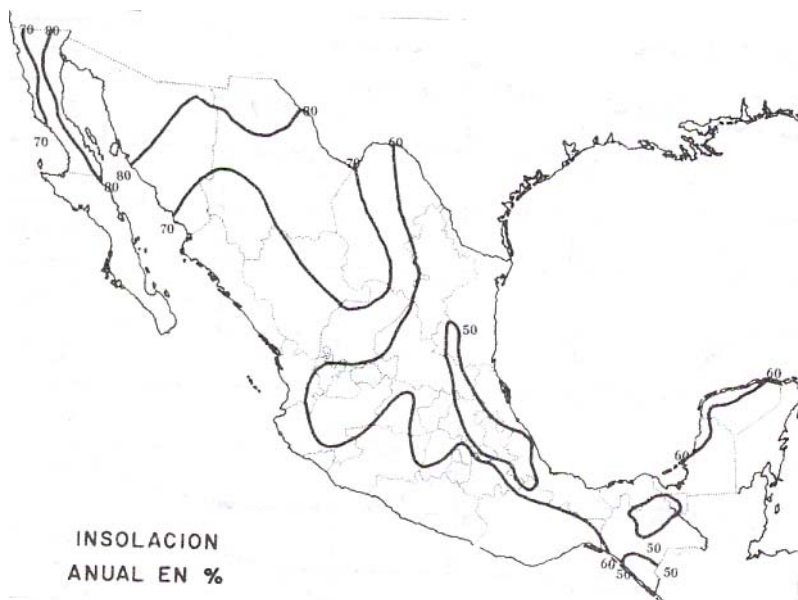


Figura 9. Distribución geográfica de la insolación media anual en México, según Vivó y Gómez (1946); los valores corresponden a porcentajes con respecto a la insolación potencial total. Reproducido con autorización.



Figura 10. Distribución geográfica de valores medios anuales del número de días despejados en México, según Vivó y Gómez (1946). Reproducido con autorización.

Otra manera de representar el mismo fenómeno es la estimación de la cantidad de días despejados a lo largo del año. Este dato climático se determina en un número mucho más grande de estaciones meteorológicas, pero por ser de apreciación no tiene el

mismo valor comparativo que la medida directa de la insolación. Su distribución geográfica se muestra en la Fig. 10 y revela a grandes rasgos tendencias similares a las encontradas en la Fig. 9. Es de notarse que cerca de las 2/3 partes del territorio de México registra un número de días despejados superior a 150 al año.

Desde el punto de vista ecológico tiene también mucho interés la medida de la intensidad de la radiación recibida. La intensidad de la luz incidente aumenta con la altitud y disminuye algo con la latitud y además su composición varía al ascender las montañas y al acercarse al ecuador, incrementándose la proporción de la fracción ultravioleta. Galindo (1962) proporciona los siguientes valores máximos absolutos de intensidad de radiación registrados en tres localidades del centro del país:

	Altitud en m	Cal/cm ² /min
Veracruz	0	1.44
México	2 300	1.66 (valor observado antes de 1928; el actual es más reducido debido al aumento de la turbidez del aire)
Ixtaccíhuatl	4 000	1.73

Cabe hacer énfasis en la circunstancia de que en muchas partes de México la intensa y prolongada insolación contribuye a la aridez, pues es uno de los factores que favorecen la evaporación del agua y la transpiración de las plantas.

En función de la latitud, la variación de la duración del periodo luminoso diurno a lo largo del año es relativamente reducida en México. Los valores correspondientes a los extremos sur y norte del territorio de la República son de aproximadamente 1.7 y 4.5 horas y en la mayor parte del país la diferencia entre el día más largo y el más corto del año no pasa de 3.5 horas.

D. Temperatura

La gran diversidad de condiciones térmicas de México se pone de manifiesto por el hecho de que aun siendo atravesado su territorio por un extenso tramo del ecuador térmico, en algunas de sus montañas se mantienen nieves perpetuas y glaciares. Las temperaturas medias anuales más elevadas (28 – 30° C) son las que se registran en la parte baja de la Depresión del Balsas y en algunas zonas costeras adyacentes, y las más bajas (–6° C) son las calculadas para la cima del Pico de Orizaba. Haciendo abstracción de estas condiciones "casi excepcionales" cabe observar que los valores más frecuentemente registrados en el país varían entre 10 y 28° C.

La Fig. 11 muestra a grandes rasgos la distribución geográfica de la temperatura media anual y su comparación con un mapa topográfico de la República indica de una manera elocuente que el principal factor determinante de este parámetro climático es la altitud y sólo en un lugar muy secundario queda la influencia latitudinal. En tercer término, resulta patente el efecto de elevación de la temperatura en algunas depresiones interiores, como, por ejemplo, la cuenca del Río Nazas y zonas adyacentes de Chihuahua, Durango y Coahuila, así como la ya mencionada Depresión del Balsas. En cuarto lugar es notoria la influencia de la corriente marina fría que baña la costa occidental de Baja California.

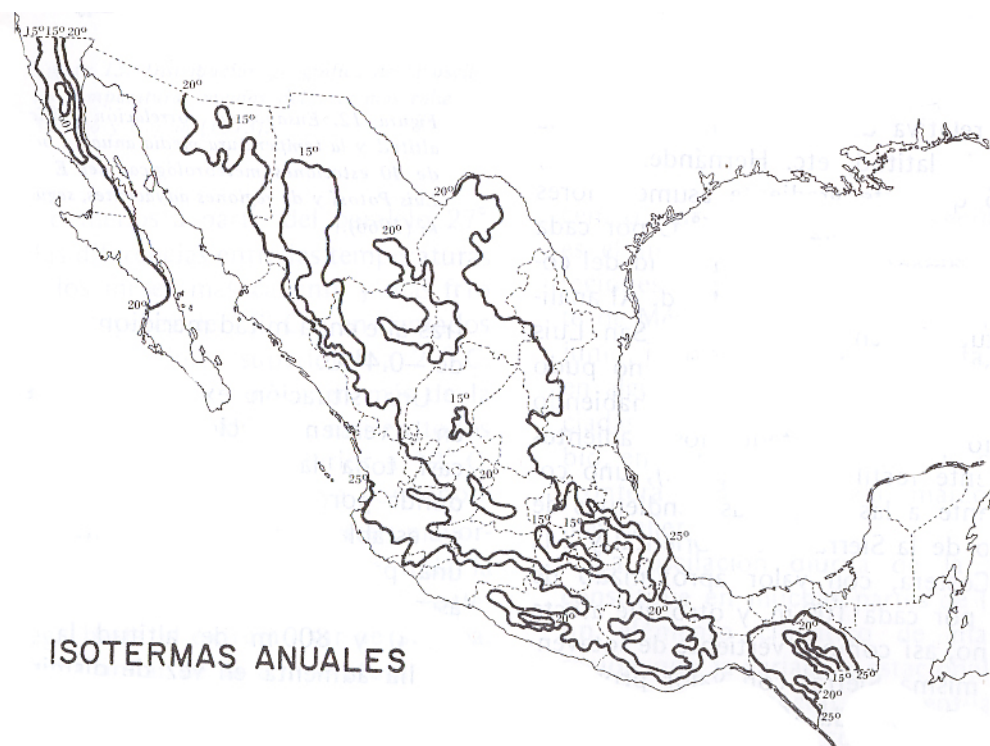


Figura 11. Distribución geográfica de la temperatura media anual en México, según Vivó y Gómez (1946). Reproducido con autorización.

La mayor parte del Altiplano y de las zonas serranas tiene temperaturas medias anuales entre 10 y 20° C, en cambio casi toda la extensión de las Planicies Costeras, las zonas montañosas inferiores adyacentes y las de elevación baja de la vertiente pacífica en el sector de llanuras litorales presentan valores entre 20 y 28° C.

El gradiente térmico en función de la altitud varía de una región a otra como consecuencia de factores diversos, entre los cuales puede jugar papel importante la pendiente, la altura relativa del macizo montañoso, la humedad, la latitud, etc. Hernández (1923) determinó que este gradiente asume valores que oscilan entre -0.2 y -0.6 ° C por cada 100 m, incrementándose la magnitud del cociente con el aumento de la altitud. Al analizar la situación en el Estado de San Luis Potosí, Rzedowski (1966: 47-48) no pudo confirmar las escalas de Hernández, habiendo encontrado para ese Estado dos gradientes esencialmente rectilíneos (Fig. 12), uno correspondiente a las inclinadas pendientes de barlovento de la Sierra Madre Oriental y a la Planicie Costera, con valor aproximado de -0.64 ° C por cada 100 m, y otro que afecta el Altiplano, así como la vertiente de sotavento de la misma Sierra, con valor promedio de -0.43 ° C por cada 100 m. García (1970: 8) calculó para la mitad septentrional el Estado de Veracruz un gradiente de -0.5 ° C por cada 100 m de aumento de altitud mientras que en la mitad meridional el valor es sólo de -0.4 ° C.

Una situación extraordinaria se presenta en la vertiente occidental de las montañas de casi toda la Península de Baja California, donde por efecto de la corriente marina fría se establece una inversión térmica durante una parte del año y por consiguiente al ir

ascendiendo los cerros se comprueba que entre 0 y 800 m de altitud la temperatura media aumenta en vez de disminuir (García y Mosiño, 1968: 34-38).

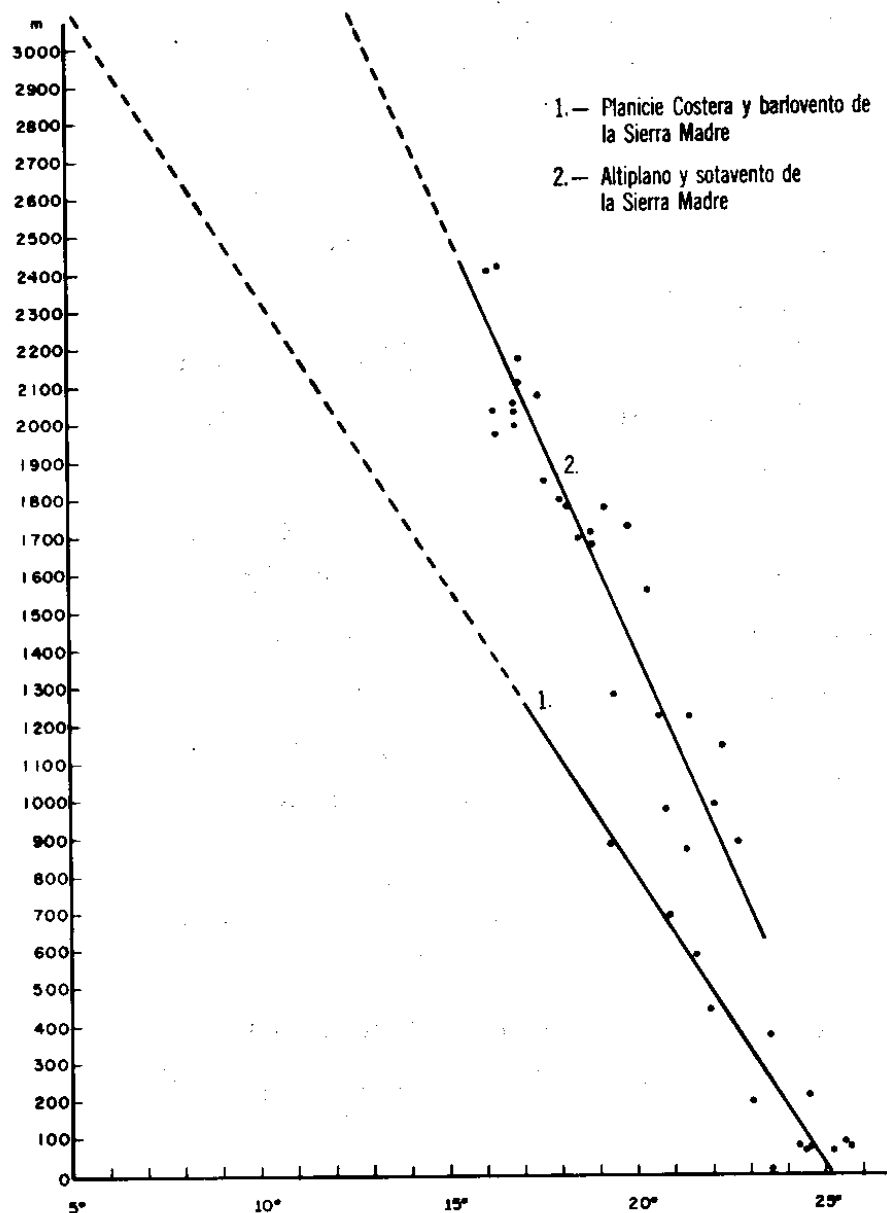


Figura 12. Ensayo de correlación gráfica entre la altitud y la temperatura media anual, a base de datos de 40 estaciones meteorológicas del estado de San Luis Potosí y de regiones adyacentes, según Rzedowski (1966).

Tocante a las estaciones térmicas del año (Fig. 13), éstas son moderadamente acentuadas en el extremo septentrional del país, pues más o menos a partir del paralelo 27° es donde las diferencias entre las temperaturas medias de los meses más calientes y más frío del año son mayores de 15° C y en contados lugares alcanzan valores superiores

a 20° C. Al sur del paralelo 24°, o sea en más de la mitad del territorio de México, casi en todos los sitios esta diferencia es inferior a 12° C. Valores menores de 7° C, que ya corresponden a un clima isotermo, se registran mayormente al sur del paralelo 20°, en toda la Península de Yucatán y en una franja costera que llega hasta el extremo sur de Sinaloa.

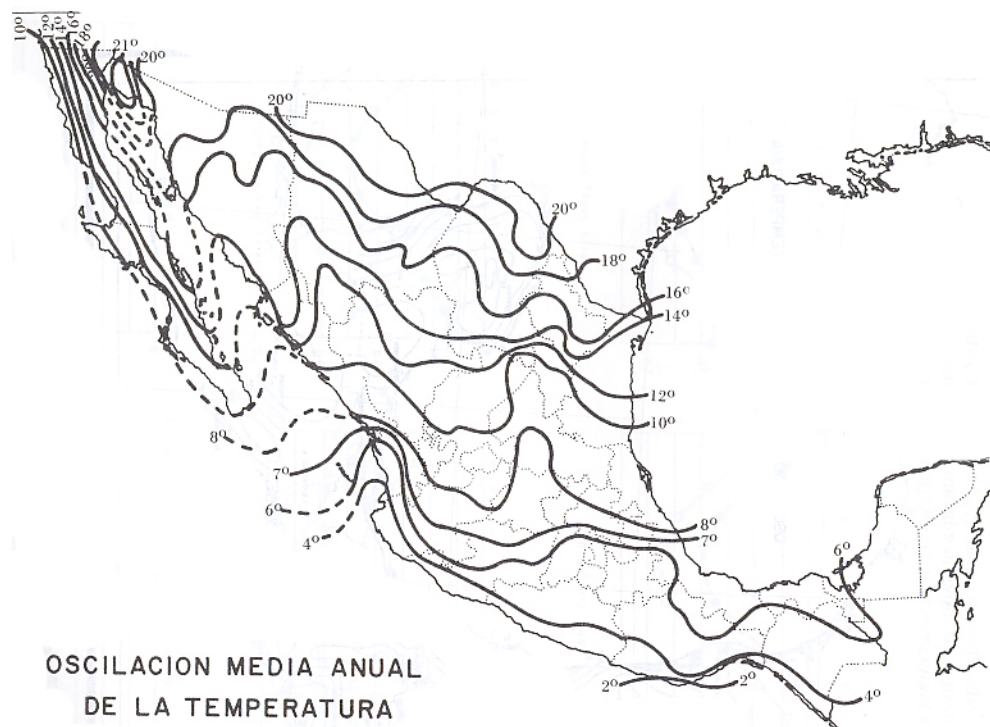


Figura 13. Distribución geográfica de la oscilación media anual de la temperatura (diferencia entre las temperaturas medias del mes más caliente y del mes más frío del año) en México; basado en Mosiño y García (1973).

La marcha anual de la temperatura muestra que el mes de enero es el más frío prácticamente en todo el país, en cambio, la incidencia de la época más caliente varía de unos lugares a otros. En la mayor parte del centro, sur y sureste de la República, mayo es el mes más caluroso, aunque en algunas regiones pueden ser abril o junio. En el norte de México se retrasa la época más cálida a junio, julio y agosto, y aun hasta septiembre, en algunas partes de Baja California influenciadas por la corriente marina fría; en cambio, en ciertas áreas de Chiapas, cercanas a la frontera con Guatemala, marzo es el mes más caliente del año.

La oscilación diurna de la temperatura constituye en muchas partes de la República un elemento climático de mayor significación que la variación estacional. Este fenómeno, por lo general, se acentúa con el aumento de la altitud, con la disminución de la humedad, sobre todo la atmosférica, y con la distancia del litoral. El mapa de la Fig. 14 ilustra la distribución geográfica de la oscilación media diurna registrada en mayo, cuyos valores son bastante cercanos al promedio anual. Cabe notar cuan distinta es la influencia reguladora de los dos océanos, pues mientras del lado pacífico, ésta



Figura 14. Distribución geográfica del promedio de la oscilación diurna de la temperatura en el mes de mayo en México. Reproducido de Soto y Jáuregui (1965), con autorización de los editores.

generalmente se limita a una angosta franja próxima al litoral o prácticamente no existe, del lado atlántico es, en general, bastante profunda en su alcance.

De las gráficas de la Fig. 15 se desprende que en México los climas varían entre los caracterizados por una oscilación diurna de la temperatura, más o menos del mismo orden que la anual, y otros en que la primera predomina francamente sobre la segunda. Falta, en cambio, la situación inversa, propia de muchas regiones de latitudes más elevadas (compárese por ejemplo, con las gráficas de Hong-Kong y Nueva York). Al analizar la variación de la oscilación diurna de la temperatura a lo largo del año puede notarse también su correlación negativa con la humedad, pues es precisamente en la parte más seca del año cuando alcanza sus valores más elevados.

El mapa de distribución de temperaturas mínimas extremas (Fig. 16) indica que la zona libre de heladas se extiende mucho más al norte del lado de la vertiente pacífica que en la región costera del Golfo de México. Esta zona asciende en las latitudes del sureste de San Luis Potosí a unos 600 msnm en cambio, del lado de Nayarit, Jalisco y Colima se eleva hasta 1 000 a 1 600 m de altitud y aún más arriba en algunas partes de Oaxaca y Chiapas. Las temperaturas más bajas ($< -15^{\circ}\text{C}$), indicadoras de inviernos pronunciados, sólo se registran en la parte septentrional de la Sierra Madre Occidental y en algunas regiones adyacentes del Altiplano, en Chihuahua.

El largo del periodo libre de heladas es un factor climático de fundamental importancia para la vida vegetal, pero se dispone de muy poca información fidedigna al respecto. En el centro de México, a unos 2 000 m de altitud, la duración de este lapso puede estimarse en 8 a 10 meses, a unos 3 000 m de altitud de 4 a 6 meses y a unos 3 500 m prácticamente en cualquier época del año puede haber temperaturas inferiores a 0°C .

Las temperaturas máximas extremas de mayor magnitud ($> 45^{\circ}\text{C}$) ocurren en la parte septentrional del país, casi exclusivamente al norte del Trópico de Cáncer (Fig. 17). La zona más calurosa de México, en cuanto a las temperaturas del estío, se halla en ambos lados del Golfo de California; otras áreas de características semejantes se localizan en la Planicie Costera Nororiental y en el norte del Altiplano.

En función de las fuertes oscilaciones diurnas de la temperatura sobrepuestas a variaciones estacionales relativamente pronunciadas, algunas porciones de la parte boreal del Altiplano presentan el clima más extremo de México, pues en amplias franjas de esa región la diferencia entre las máximas y las mínimas absolutas del año excede de 55°C y en algunas partes de Chihuahua es mayor de 60°C . En cambio, a lo largo del litoral del Pacífico, entre Jalisco y Chiapas, se presenta el clima más constante registrado en el país, con valores inferiores a 25°C de diferencia entre las temperaturas máxima y mínima absolutas.

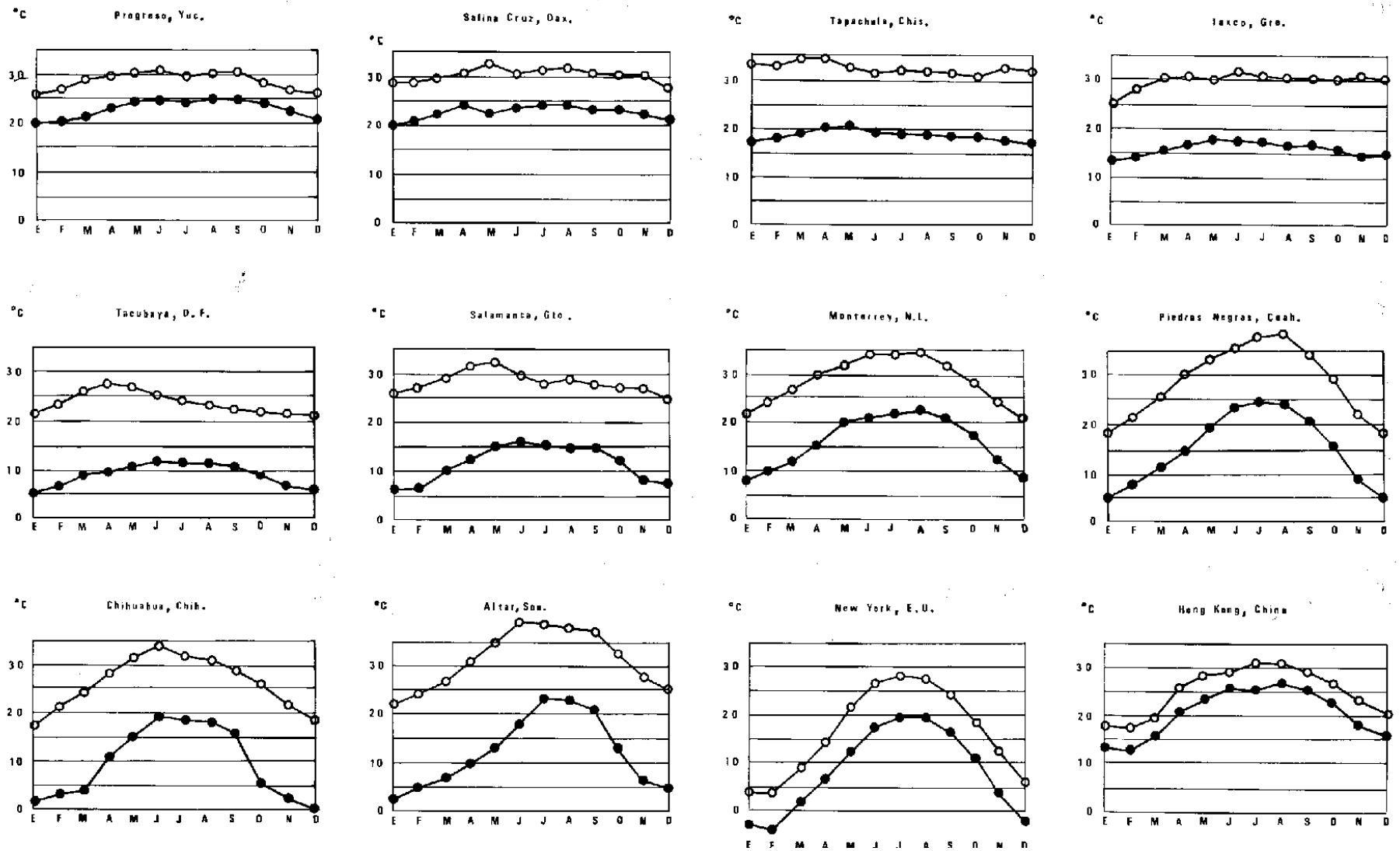


Figura 15. Gráficas de la marcha anual de la oscilación de la temperatura en 10 localidades de México y en 2 localidades de otras partes del mundo; los círculos vacíos corresponden a promedios mensuales de temperatura máxima y los llenos a los de temperatura mínima. Reproducido de Soto y Jáuregui (1965) con autorización de los editores.

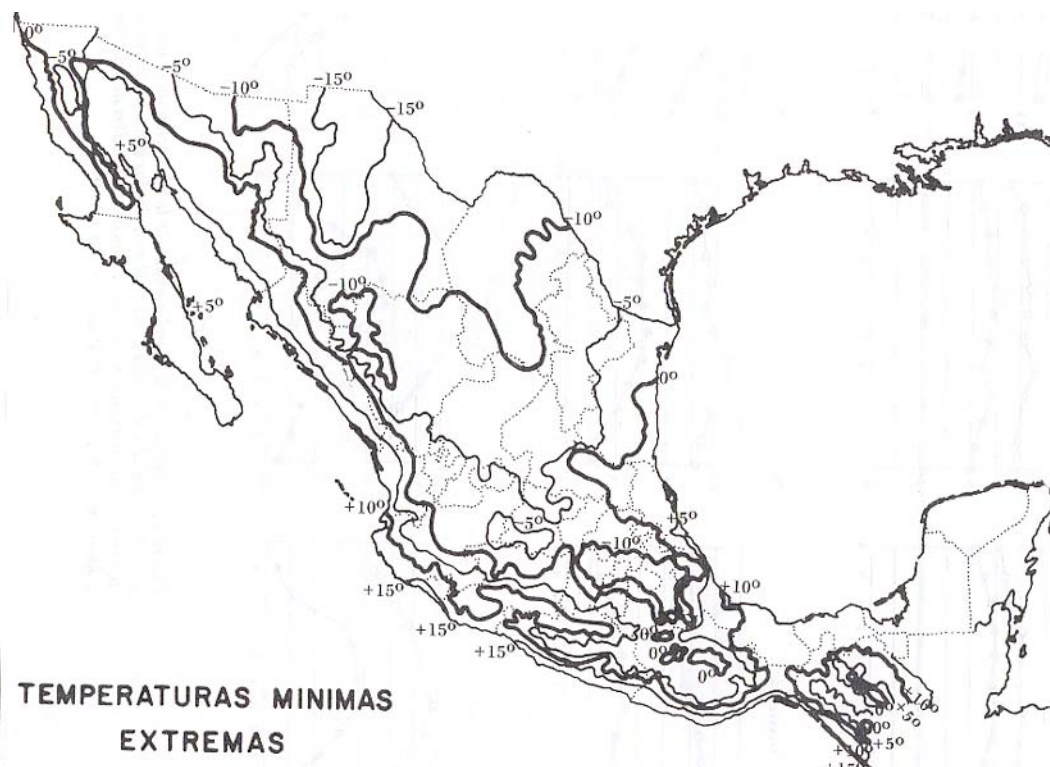


Figura 16. Distribución geográfica de la temperatura mínima extrema en México, según Vivó y Gómez (1946). Reproducido con autorización.

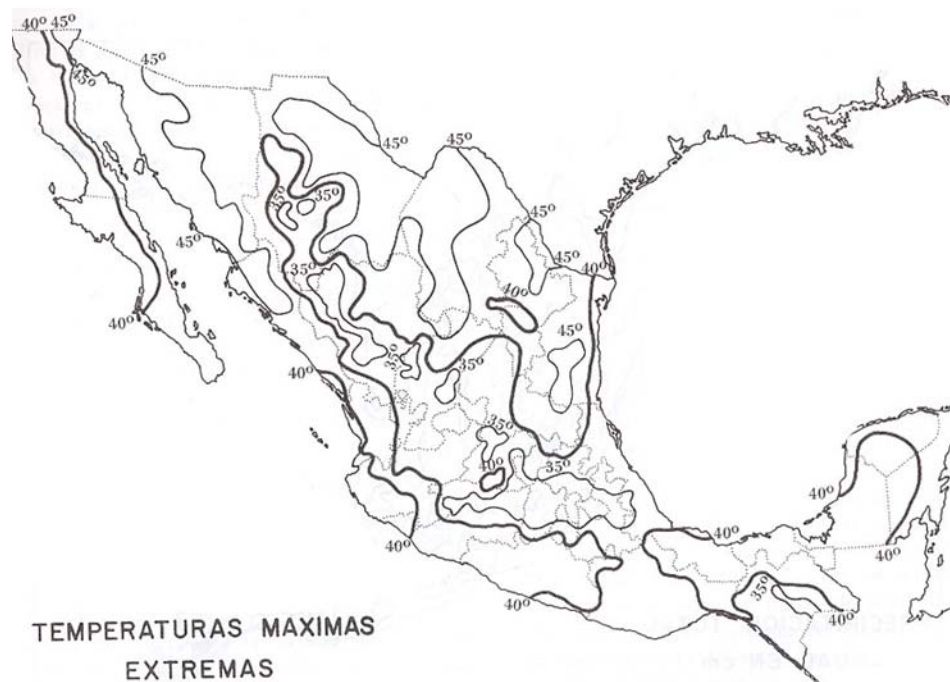


Figura 17. Distribución geográfica de la temperatura máxima extrema en México, según Vivó y Gómez (1946). Reproducido con autorización.

E. Precipitación

A semejanza de la temperatura, el panorama de la precipitación en México presenta vastos contrastes, desde cantidades inferiores a 50 mm en promedio anual y todos los meses secos, hasta más de 5 500 mm por año y todos los meses húmedos (Fig. 18).

La parte húmeda más continua de México se extiende desde el sureste de San Luis Potosí a través de casi todo el territorio de los estados de Veracruz y Tabasco hasta la base de la Península de Yucatán, incluyendo también el norte de Chiapas, así como partes de Oaxaca, Puebla e Hidalgo. En esta zona las precipitaciones más copiosas se registran en algunos declives de barlovento de la Sierra Madre Oriental, de las sierras del norte de Oaxaca y del Macizo Central de Chiapas, llegando a sobrepasar 4 000 mm anuales.

En la mayor parte de la Península de Yucatán la precipitación es del orden de 1 000 a 1 400 mm anuales, salvo en su extremo noroeste que es más seco. La Sierra Madre de Chiapas constituye otra región de humedad elevada, pues casi en toda su extensión llueve más de 1 500 mm al año y en algunos puntos al norte de Tapachula se registran más de 5 500 mm.

En ciertos tramos de la Sierra Madre del Sur, así como en algunas porciones del Eje Volcánico Transversal y de la Sierra Madre Occidental la precipitación es superior a 1 600 mm al año, pero en general estos macizos montañosos son menos húmedos, pues prevalecen promedios anuales de 800 a 1 600 mm.



Figura 18. Distribución geográfica de la precipitación total anual en México; basado en Mosiño y García (1973).

Salvo un pequeño enclave correspondiente al Valle de Tehuacán y Cuicatlán en los límites de Puebla y Oaxaca, que posiblemente también incluye una mínima fracción de Veracruz, las precipitaciones medias anuales inferiores a 500 mm sólo se localizan al norte del paralelo 20° y es la Sierra Madre Occidental la que separa las dos principales zonas secas de México (Fig. 19).

La primera corresponde a la mayor parte del Altiplano desde el oeste de Hidalgo, norte de Guanajuato y Aguascalientes, hasta la frontera con Estados Unidos, extendiéndose un poco a la Planicie Costera Nororiental en el extremo boreal de Tamaulipas y áreas adyacentes de Nuevo León. En esta región árida, a menudo llamada "chihuahuense", las lluvias generalmente son del orden de 200 a 500 mm anuales y sólo en pequeñas áreas se registran valores inferiores a 200 mm.

La segunda zona árida que abarca la Planicie Costera de Sonora y la mayor parte de la extensión de Baja California recibe el nombre de "sonorense" y es aún menos privilegiada en cuanto a la precipitación, sobre todo en la región peninsular, donde en casi toda su extensión el promedio anual de la lluvia es menor de 200 mm y en ciertas áreas no llega a 50 mm.

Tanto en medio de la región árida chihuahuense, como también en la sonorense, existen diversas zonas montañosas aisladas, cuyo clima es menos seco, con lluvias superiores a 500 mm al año.

Como es bien sabido, la altura pluviométrica no es dato suficiente para dar una idea precisa sobre las condiciones de humedad de un lugar determinado. Con el objeto de lograr comparaciones más correctas se han propuesto diferentes índices de "eficiencia de la precipitación", en los cuales se hace intervenir algunos otros elementos climáticos para corregir la medida de la lluvia. Un índice de este tipo, bastante utilizado en la actualidad, es el de Emberger, que fue modificado para México por Stretta y Mosiño (1963). En la Fig. 19 se reproduce el mapa elaborado por los mencionados autores.

La distribución de la lluvia a lo largo del año constituye un factor de suma importancia para la vida vegetal, sobre todo en lugares en que la humedad no es muy abundante, como es el caso de la mayor parte del territorio del país. Como puede observarse en las Figs. 20 y 21, tomadas de García (1965), casi todo México se caracteriza por concentrar su "temporada de aguas" en la época caliente del año y sólo en una parte de Baja California prevalecen francamente las lluvias en el periodo más frío.

Los meses de junio, julio, agosto y septiembre son, por lo general, los más privilegiados en cuanto a la precipitación recibida, aunque mayo y octubre también pueden ser bastante húmedos. En la vertiente del Atlántico y en amplias zonas del norte de México se presenta cierto porcentaje (5 a 18%) de lluvia "invernal", principalmente en relación con las incursiones de masas de aire polar. En cambio, en la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa hasta Chiapas, los meses de noviembre a abril suelen ser casi absolutamente secos. En el noroeste de Baja California, a su vez, la parte más húmeda del año corresponde precisamente al periodo comprendido entre diciembre y abril.

Para estimar la duración de la época seca del año se han propuesto criterios diversos, todos más o menos arbitrarios. En este trabajo se adopta el método de Bagnouls y Gaussen (1957), de acuerdo con el cual se califica a un mes como húmedo cuando la precipitación recibida en mm es superior al doble de la temperatura media expresada en °C

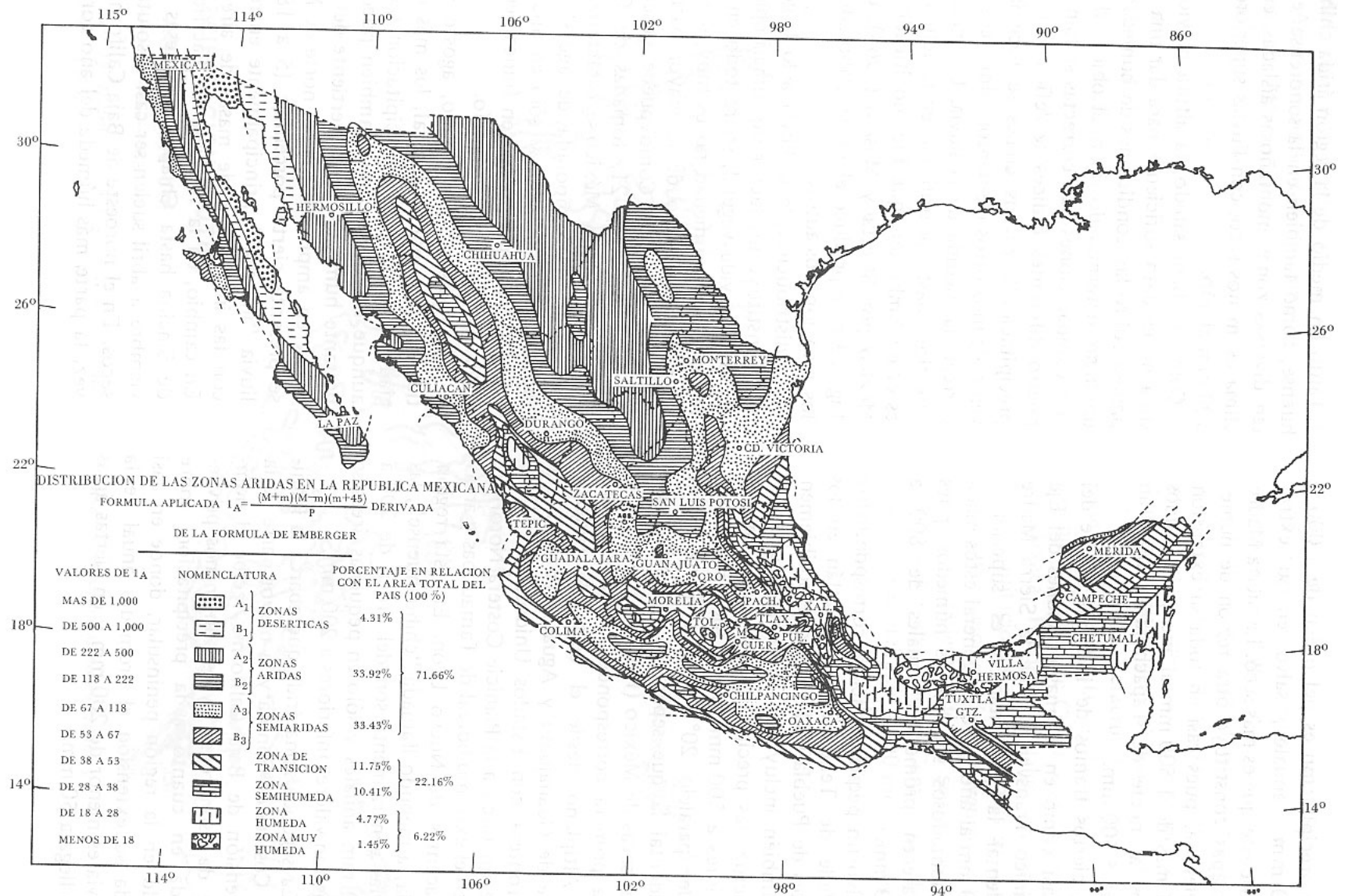


Figura 19. Distribución geográfica en México del índice de aridez de Emberger modificado por Stretta y Mosiño; basado en el mapa de Stretta y Mosiño (1963).

Tal procedimiento, aunque claramente empírico y convencional, tiene la ventaja de una fácil representación gráfica (diagrama ombrotérmico), que permite inmediatas apreciaciones comparativas e incluso la posibilidad de "cuantificar" la aridez.



Figura 20. Distribución de patrones de la marcha anual de la precipitación en México. Reproducido de García (1965) con autorización de los editores.



Figura 21. Distribución geográfica del porcentaje de la lluvia invernal (recibida en enero, febrero y marzo) en México. Reproducido de García (1965) con autorización de los editores.

En la Fig. 22 se dibujan diagramas ombrotérmicos correspondientes a estaciones meteorológicas de diferentes regiones del país, con el propósito de ilustrar diversos tipos de clima. Como puede apreciarse, el número de meses secos varía de 0 a 12. La última de estas condiciones es casi siempre concomitante con precipitaciones anuales inferiores a 200 mm, en cambio, en general, la primera no se presenta en México si las lluvias totales no son mayores de 1 500 mm; en algunas partes no se cumple ni siquiera con 4 000 mm al año. Por lo común, se presentan seis o más meses secos en regiones con precipitaciones anuales inferiores a 1 000 mm y en la vertiente del Pacífico aun con precipitaciones de 1 500 mm al año.

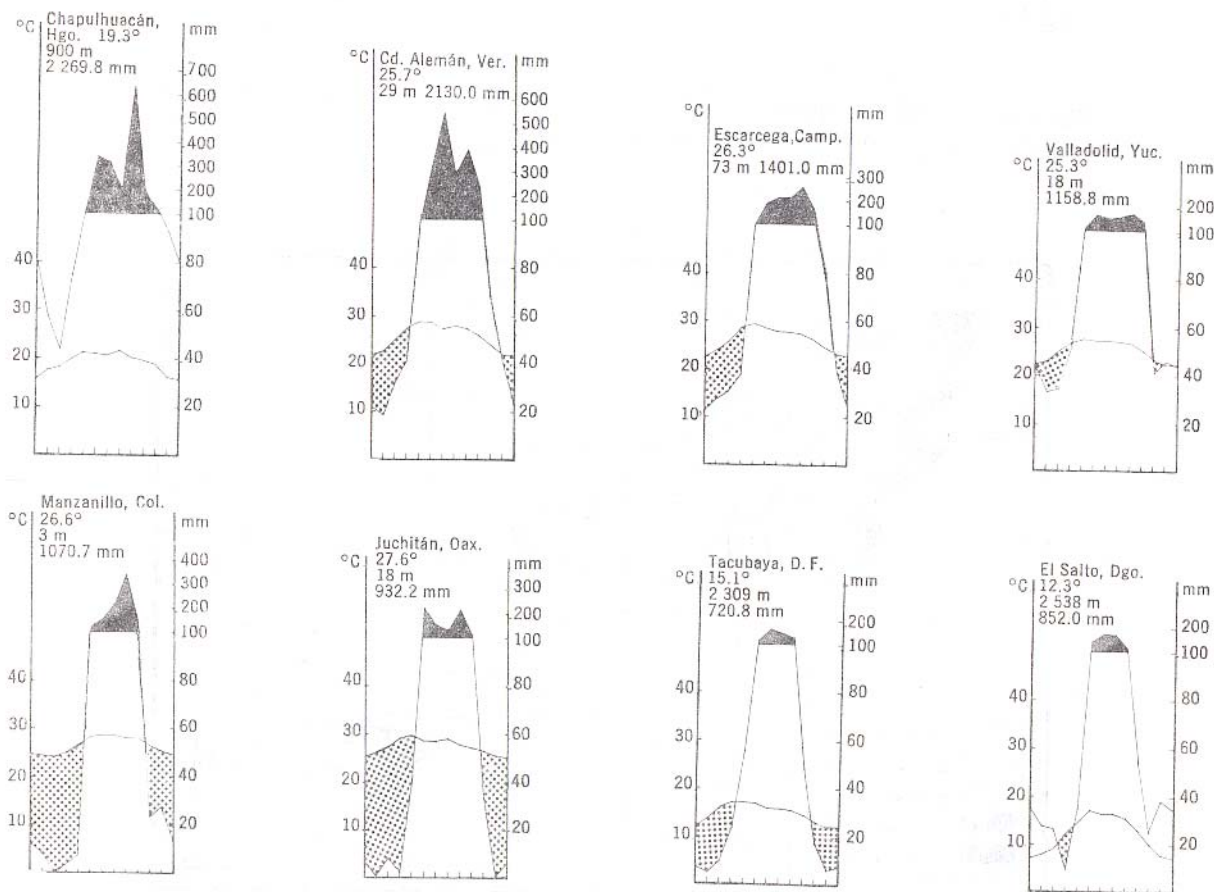


Figura 22. Diagramas ombrotérmicos de 20 localidades de la República Mexicana ilustrando las diferentes variantes del clima.

La variabilidad de la precipitación de un año a otro en México fue estudiada por Wallén (1955) y su distribución geográfica señala fenómenos de gran interés ecológico. La Fig. 23 ilustra la distribución del coeficiente de variación de la precipitación anual, calculado por medio de la fórmula $CV = 100 \frac{\delta}{\bar{a}}$, donde δ es la desviación standard y \bar{a} es

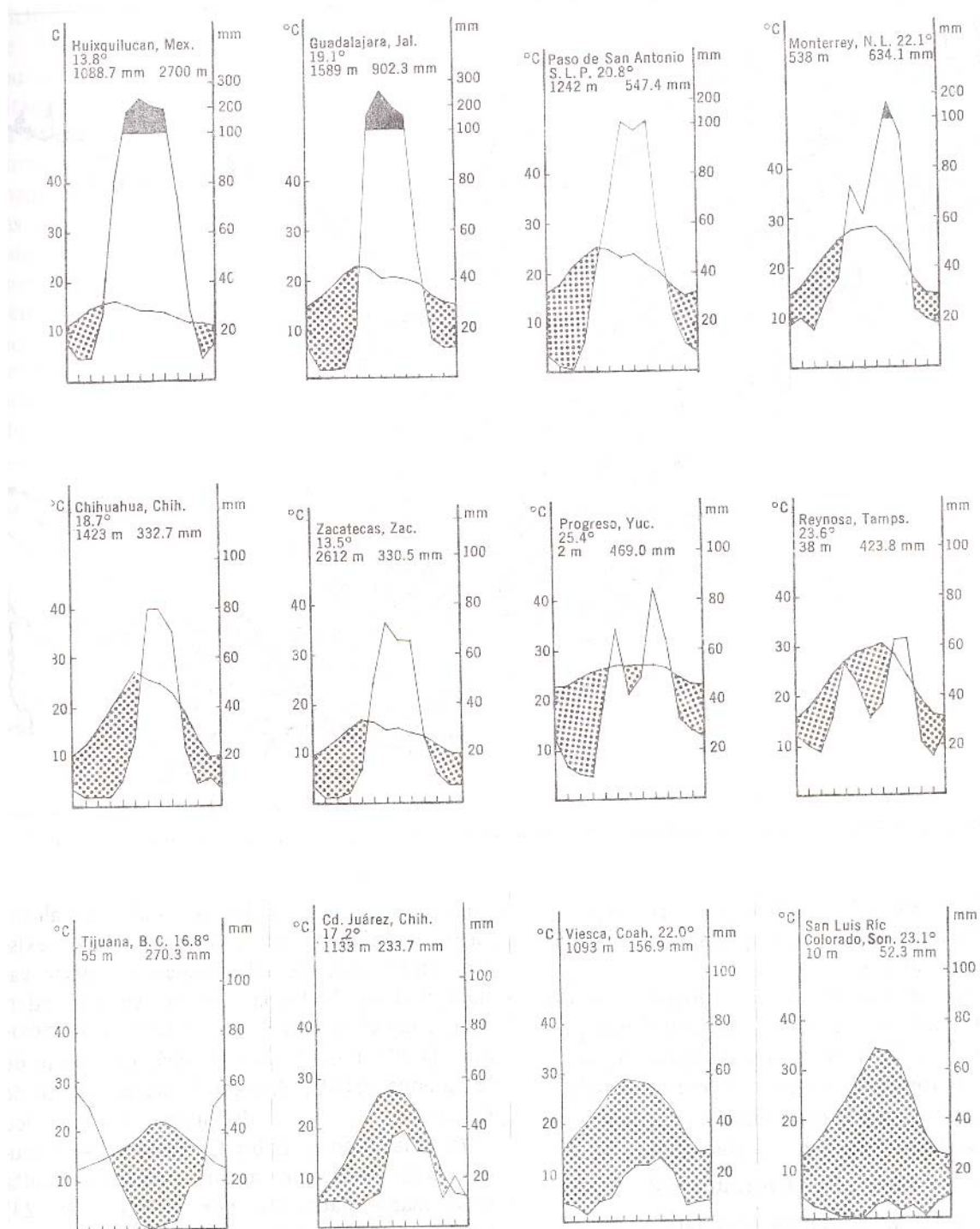


Figura 22. Continuación

la media anual. El mapa señala, en general una correlación negativa entre la cantidad de la precipitación y su coeficiente de variación, pues en las zonas áridas es donde éste alcanza sus máximos valores.

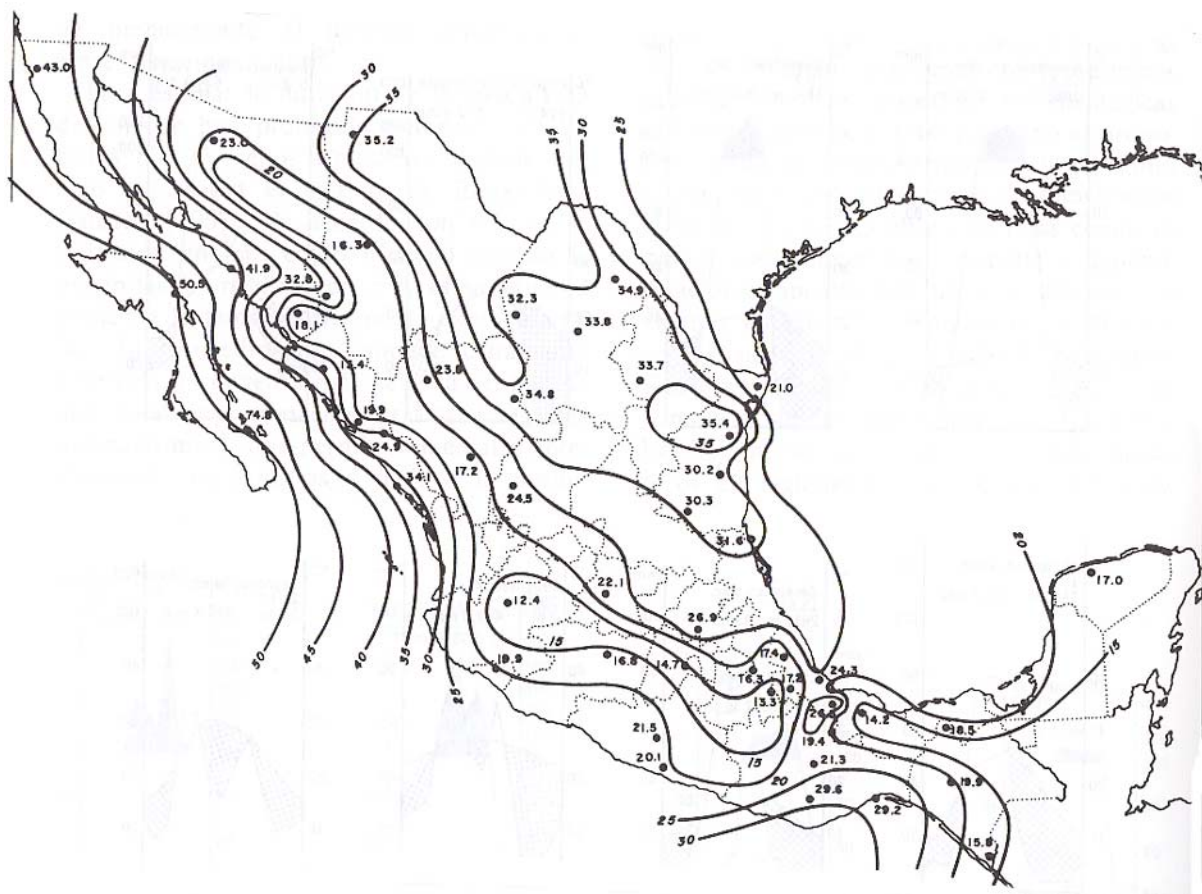


Figura 23. Distribución geográfica del coeficiente de variación de la precipitación anual en México, según Wallén (1955).

Por otra parte, existen cuatro centros adicionales de fuerte variabilidad de la lluvia que no corresponden necesariamente con el clima seco, a mencionar la Planicie Costera Nororiental, parte de la Cuenca del Papaloapan, la parte sureste de Oaxaca y el sector del litoral del Pacífico entre Mazatlán y Cabo Corrientes. Aún mucho más revelador, a este respecto, resulta otro mapa elaborado por Wallén (Fig. 24) que representa las curvas isoanómalas con respecto a la variabilidad relativa de la precipitación anual considerada como "normal" de acuerdo con la curva de Conrad (1941). Dicha curva fue establecida a base de datos de 360 estaciones de diversas partes del mundo y define las relaciones entre la precipitación media anual y la variabilidad relativa de la misma, al encontrar que esta última aumenta con el incremento de la aridez. El mapa de la Fig. 24 confirma



Figura 24. Distribución geográfica en México de las anomalías con respecto a la variabilidad relativa de la precipitación anual considerada como "normal" de acuerdo con la curva de Conrad (1941); basado en Wallén (1955).

la existencia de las 4 regiones mencionadas de gran variabilidad de la precipitación (anomalías fuertemente positivas) y, además, señala un quinto centro de características similares que corresponde a Baja California y ciertas áreas costeras de Sonora, donde las variaciones de año a año son aún mucho más considerables de lo que cabría esperar por su clima árido. Las grandes anomalías positivas en estas áreas parecen estar relacionadas con la incidencia de perturbaciones ciclónicas, pues en el año en que se presenta tal perturbación la precipitación suele ser desproporcionalmente grande.

Al mismo tiempo, el mapa define la presencia en México de áreas en que la variabilidad de la precipitación es menor de la "normal" (anomalías negativas), como, por ejemplo, la Sierra Madre Occidental y parte de la Planicie Costera Noroccidental, el Eje Volcánico Transversal y la Península de Yucatán.

Es importante enfatizar que mientras más alta es la variabilidad de la lluvia de año a año, tanto menos representativa es la media anual para expresar las verdaderas condiciones del clima.

Tocante al tipo de lluvia, los más característicos de México son los aguaceros fuertes y copiosos, a menudo torrenciales, de duración relativamente corta (0.5 a 2 horas) que acontecen por la tarde. Las precipitaciones propias de la época más fría, en cambio, son por lo general muy distintas, pues suelen ser largas y de gota fina, lo que se traduce en

un volumen de agua más bien reducido. Las perturbaciones ciclónicas pueden ocasionar también lluvias prolongadas, a veces de varios días de duración, moderadamente intensas o fuertes.

La nieve sólo se presenta con cierta regularidad en las partes altas de las montañas del norte y del este de México y también en el centro del país por encima de 3 000 m de altitud. En la mayor parte del Altiplano y en algunas sierras las nevadas pueden ocurrir como fenómeno esporádico, a veces una o dos veces por siglo. La escasez de nieve en el país tiene su origen, al menos parcial, en la falta de humedad suficiente durante la época fría del año.

La precipitación en forma de rocío es particularmente frecuente en las regiones en que la humedad atmosférica se mantiene alta y llega a tener importancia ecológica sobre todo en la época seca del año cuando las lluvias faltan o escasean. Algunas plantas parecen estar particularmente bien adaptadas para aprovechar la humedad del rocío, y así, por ejemplo, Ern (1973) cree que las hojas de *Pinus patula* funcionan como superficies de condensación y de fácil escurrimiento del agua que gotea y humedece el suelo debajo de los árboles.

La escarcha acompaña a menudo las heladas fuertes y su efecto es con frecuencia perjudicial, pues a semejanza de la nieve, contribuye a abatir más la temperatura de las plantas.

F. Humedad atmosférica

Es escaso el número de estaciones meteorológicas mexicanas que registran el contenido de humedad en la atmósfera, de manera que su distribución geográfica en el país sólo se conoce en forma aproximada (Fig. 25). Este es un hecho desafortunado, pues se trata de un elemento climático de gran interés ecológico que, a menudo, juega un papel de importancia en la repartición de la vegetación.

En el mapa de la Fig. 25 puede observarse que la región costera del Golfo de México es la más privilegiada en cuanto a la humedad relativa del aire, pues en grandes áreas prevalecen valores superiores a 80% en promedio anual. El litoral del Pacífico, en cambio, registra por lo general cantidades cercanas a 70%, al menos de Sinaloa hacia el sur. En el Altiplano, la humedad media anual, en general, es inferior a 60% y en las partes más áridas es menor de 50%. En Baja California son de esperarse valores relativamente altos a lo largo de la costa occidental por la influencia de la corriente marina fría.

En cuanto a la marcha anual de la humedad relativa, en casi todo el país los registros medios mensuales más elevados se presentan en septiembre y los mínimos generalmente en mayo o en abril, siendo estos en algunas regiones menores de 40%.

En el Altiplano y en las altas montañas la humedad relativa experimenta una oscilación diurna de considerable amplitud, sobre todo, en la parte seca del año y en función de los intensos y bruscos cambios de la temperatura. De acuerdo con Jáuregui (1963) en el Valle de México, a 2 250 m de altitud, esta oscilación, en febrero, puede ser del orden de 60 y 65%, tomando como referencia las lecturas de la mañana y del medio día (Fig. 26). Tal magnitud de la variación resta notoriamente significado a los valores promedio como indicadores de las condiciones reales.

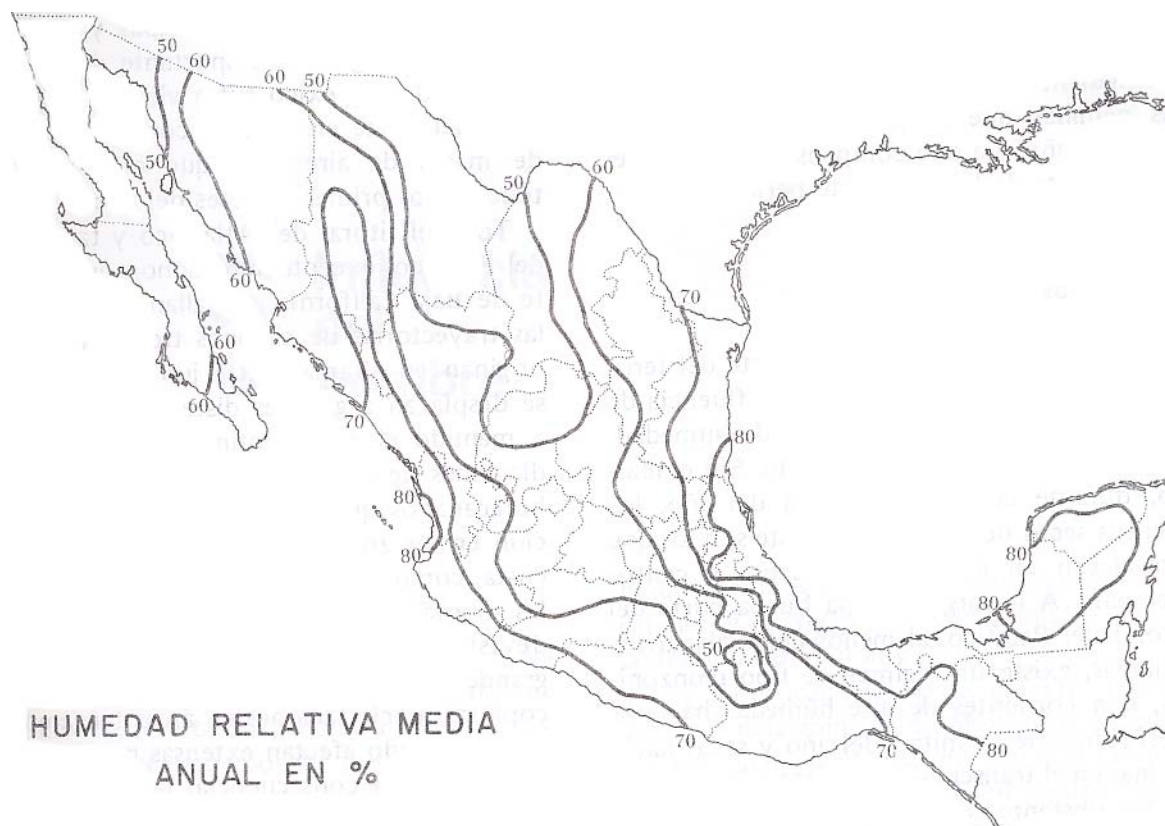


Figura 25. Distribución geográfica de la humedad relativa media anual en México, según Vivó y Gómez (1946). Reproducido con autorización.

En algunas regiones donde la humedad atmosférica se mantiene elevada se presenta un régimen de frecuentes neblinas. Las vertientes montañosas directamente expuestas a la acción de vientos procedentes del mar son a menudo afectadas por la neblina, sobre todo, la Sierra Madre Oriental, las montañas del norte de Oaxaca y de Chiapas y, en menor grado, las Sierras Madres Occidental, del Sur y de Chiapas. En la costa occidental de Baja California la corriente marina fría ocasiona también durante más de la mitad del año la presencia de neblinas muy características.

El interés ecológico de la neblina estriba principalmente en el hecho de que al impedir la insolación directa y al mantener alta la humedad del aire reduce al mínimo las pérdidas de agua por parte de las plantas. Por consiguiente, son de particular importancia las neblinas que se presentan en la época seca del año, ya que compensan en gran medida la falta de lluvia en este periodo.

G. Vientos

A grandes rasgos, la mayor parte del territorio de México se halla bajo la influencia de los vientos alisios que, cargados de humedad, penetran desde el este y el norte. Sin embargo, durante la época más fría del año, los vientos secos del noroeste y oeste son los que prevalecen en el norte, occidente y centro del país. A lo largo de una buena parte del litoral del Pacífico, al menos entre Nayarit y Chiapas, existe un régimen de tipo

monzónico, con corrientes de aire húmedas hacia la tierra durante la mitad del año y secas hacia el mar en el transcurso de la otra mitad.

No obstante, debido a la interferencia de los complicados sistemas de montañas, valles y depresiones, la dirección real del viento varía notablemente de una zona a otra y muchas veces entre áreas muy cercanas entre sí.

También, a grandes rasgos, la mayor parte del país no se halla sometida a un régimen de vientos regulares intensos, aunque hay numerosas excepciones al respecto. Por ejemplo, la porción sur del Istmo de Tehuantepec constituye la puerta natural de salida para las masas de aire aprisionadas por las montañas del este de México y la atraviesan fuertes corrientes de aire del norte durante la mayor parte del año. Zonas más o menos aisladas de características similares, aunque de menor importancia, se localizan a lo largo de la Sierra Madre Oriental, de las montañas del norte de Oaxaca y de Chiapas y en otras partes. Un segmento importante de la costa del Golfo de México sufre vientos fuertes y fríos del norte en relación con las invasiones de masas de aire polar que ocurren sobre todo en los primeros meses del año.

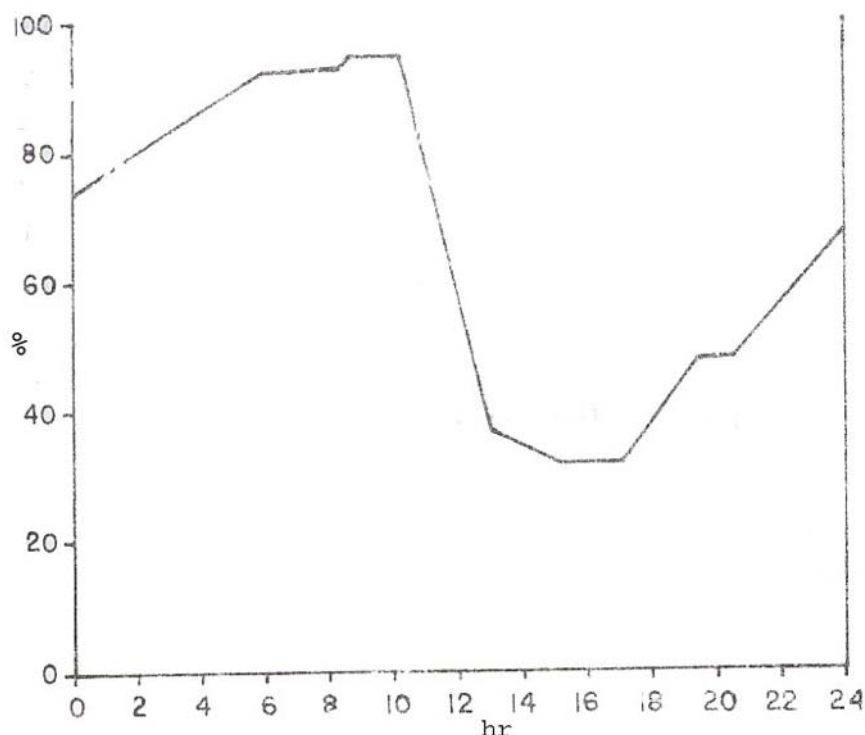


Figura 26. Marcha diaria de la humedad relativa, registrada en la colonia Aragón, Distrito Federal, en el mes de febrero, según Jáuregui (1963).

Todo el litoral del Atlántico y también el del Pacífico, exceptuando Sonora y gran parte de Baja California, se hallan afectados por las trayectorias de ciclones tropicales que se originan en altamar entre junio y octubre y se desplazan a grandes distancias penetrando a menudo el área continental. En las inmediaciones de sus centros se producen vientos huracanados que pueden causar gran destrucción en las zonas que atraviesan, tanto en la costa, como en las vertientes de sotavento de las montañas próximas. Además de su

efecto devastador directo, los ciclones acarrear grandes cantidades de humedad y producen copiosas precipitaciones en áreas tan amplias, que a menudo afectan extensas porciones del Altiplano. En consecuencia, la incidencia de algunos ciclones puede provocar fuertes inundaciones, sobre todo en las planicies costeras y en otras áreas de drenaje poco eficiente o desarrollado.

Las extensas zonas áridas del norte y noroeste de México, en general, no son muy ventosas, pero pueden sufrir con alguna frecuencia los efectos de tempestades de tipo desértico. Dada la escasa protección que la vegetación brinda al suelo en estas regiones, un viento moderadamente intenso puede levantar las partículas finas del mismo y transportarlas a distancia. El resultado es una tolvanera prolongada que en ocasiones llega a oscurecer el cielo. En las escasas áreas en que estas tempestades son frecuentes, la cubierta vegetal rala y el suelo arenoso, se favorece la existencia de médanos.