

Z 5053,08
UNAM
1977

ALGUNAS RELACIONES CLIMA-CULTIVOS
EN EL ESTADO DE MORELOS.

Trabajo que presenta como tesis
para obtener el grado de Maestra
en Geografía la Lic. en Geografía
Rosalía Vidal Zepeda.

Octubre, 1977.



TG9 0396



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Algunas relaciones clima-cultivos en el Estado de Morelos

- I. Introducción
- II. Situación geográfica
- III. Circulación atmosférica y vientos superficiales
- IV. Temperatura
 - a) Temperatura media
 - b) Zonas térmicas
 - c) Oscilación
 - d) Temperatura máxima
 - e) Temperatura mínima
 - f) Gráficas de temperatura
- V. Precipitación
 - a) Precipitación media anual
 - b) Intensidad
 - c) Precipitación y número de días nublados
 - d) Precipitación apreciable e inapreciable
 - e) Días despejados
 - f) Precipitación y evaporación
 - g) Probabilidad de la lluvia
- VI. Clima
- VII. Cultivos: maíz, frijol solo, frijol intercalado y jitomate.
Producción y rendimiento.
- VIII. Algunas relaciones clima-cultivos
- IX. Conclusiones
- X. Bibliografía.

I. INTRODUCCIÓN

Se considera importante para México, buscar las posibles relaciones que los rendimientos y la producción de los cultivos tienen con las variables climáticas, debido a que la agricultura es la actividad básica en la economía del país. Más de la mitad de las actuales tierras de cultivo son de temporal cubriendo las zonas altas del centro del territorio donde también se concentra más de la mitad del total de la población.

Uno de los problemas básicos de la agricultura en nuestro país es la distribución de buenas tierras de cultivo. Las tierras altas centrales a las que nos referimos tienen sólo el 10 % de los recursos de agua, en contraste, la región del Sureste tiene muy pocas tierras cultivables y cuenta con el 40 % de los recursos de agua. El problema es obviamente que el agua no está donde se necesita y puede ser utilizada para riego. Debido a esta característica, el cultivo deberá seguir desarrollándose en regiones de temporal donde los aspectos climáticos tienen gran importancia en la determinación de condiciones óptimas para producir los máximos rendimientos.

El cultivo de plantas traídas de otros lugares donde se desarrollan de manera natural, puede ayudar a solucionar el problema agrícola, es decir, la nueva adaptación puede llevarse a cabo dependiendo en gran parte del clima y del suelo. Es este el caso del cultivo del jitomate en el Estado de Morelos, que fué introducido en los 1960s y utiliza el sistema de siembra italiano con muy buenos resultados.

En este trabajo, después de presentar un breve panorama de las condiciones de clima y algunas características de los cultivos, se hace el intento de encontrar la relación que existe entre el rendimiento por hectárea de algunos productos y las principales variables climáticas. Con este conocimiento será posible la planeación de la agricultura para intentar producir el máximo posible en un área determinada y abrir nuevas tierras al cultivo en áreas de clima adecuado. Teniendo en cuenta que el campesino no puede resistir gastos muy altos en relación con los costos de mantenimientos de los cultivos, deben proponerse soluciones al problema del incremento en el rendimiento de los cultivos de una manera económicamente viable.

II. SITUACION GEOGRAFICA

El Estado de Morelos se localiza en la vertiente Sur de la Sierra Volcánica Transversal, forma parte de la Cuenca del río Balsas, región situada entre la Sierra Volcánica Transversal, la Sierra Madre del Sur y las montañas de la Mixteca en Oaxaca.

Se encuentra entre los paralelos $18^{\circ} 22' 6''$ y $19^{\circ} 7' 10''$ de Latitud Norte y los meridianos $98^{\circ} 3'$ y $98^{\circ} 30' 8''$ de Longitud Oeste de Greenwich.

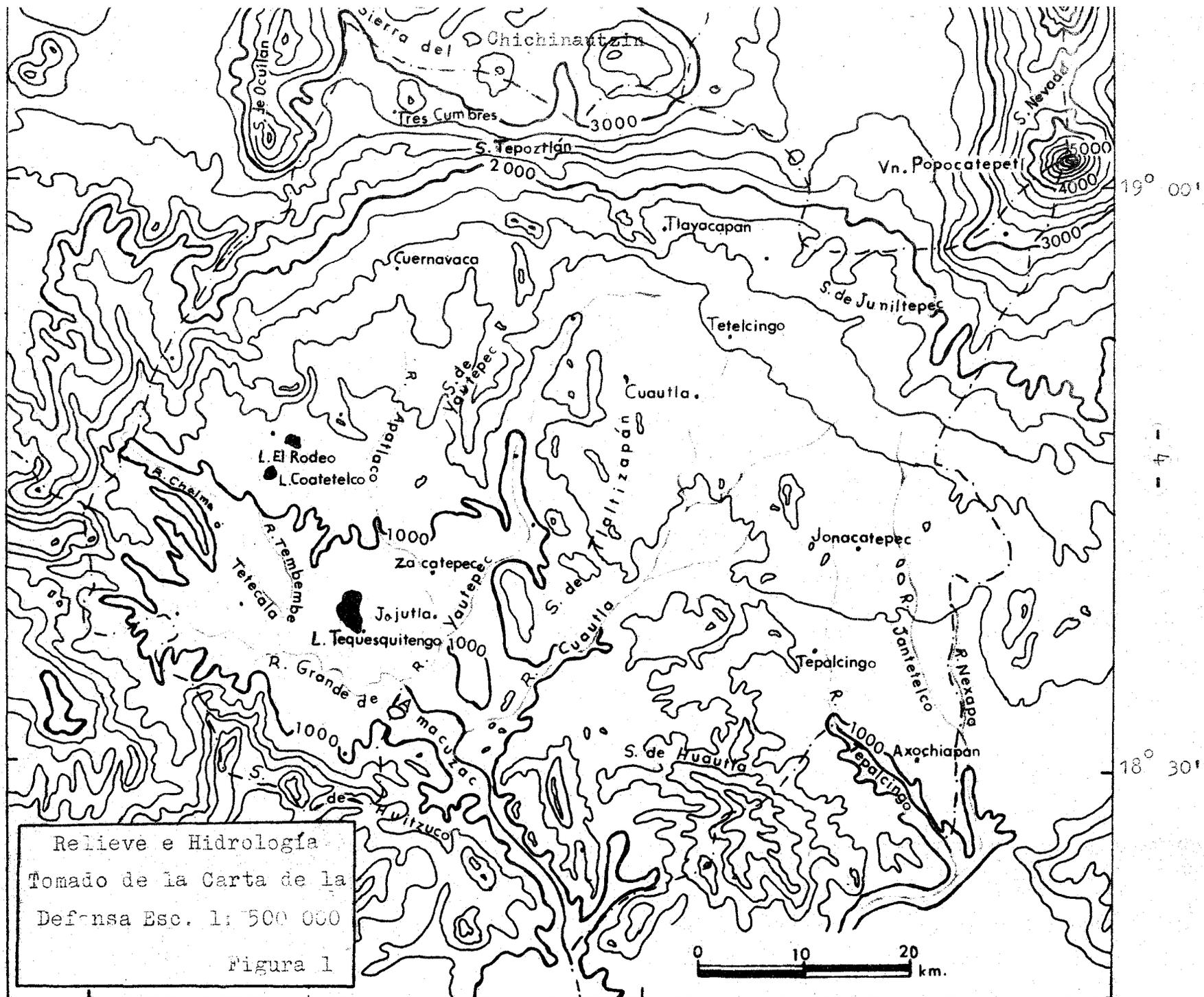
Morelos limita al Norte con el Distrito Federal y el Estado de México, al Este y Sureste con Puebla, al Sur y Suroeste con Guerrero y al Oeste con el Estado de México. Tiene una superficie de $4\ 941\ \text{Km}^2$ que representan el 0.25 % de la total del país, solamente el Estado de Tlaxcala y el D.F. son menores en superficie.

Relieve e Hidrología. (figura 1)

El relieve montañoso de la zona Norte del Estado está formado por las estribaciones de la Serranía del Ajusco y del Popocatepetl que es el extremo Sur de la Sierra Nevada, ambos forman parte de la Sierra Volcánica Transversal.

Se alcanzan altitudes de $3\ 450\ \text{m}$ sobre el nivel del mar en el Chichinautzin y de $5\ 452\ \text{m}$ en el Popocatepetl. De ahí el terreno desciende hasta $890\ \text{m}$ en el Valle de Jojutla para volver a ascender a $1\ 500\ \text{m}$ al Sur en los límites con el vecino Estado de Guerrero, donde la altitud aumenta nuevamente en las sierras de Taxco y Huitzuc.

Las elevaciones más importantes en la zona Norte son: la Sierra de Huitzilac, que es parte de la Sierra de Ocuilan; Tres



Cumbres (3 271 m) se localiza en la bifurcación entre la Sierra del Chichinautzin y la de Ocuilan; la Sierra de Chichinautzin (3 450 m), la Sierra de Tepoztlán, y hacia el Noreste la Sierra de Yecapixtla o Jumiltepec (2 300 m) forma parte de las estribaciones del Popocatepetl hacia el Sur.

En la zona central del Estado se encuentra la Sierra de Yautepec que sigue la dirección Norte-Sur, y separa los valles de Cuernavaca al Oeste y de Yautepec al Este; la Sierra de Tlaltizapán en la misma dirección, divide al valle de Cuautla o Plan de Amilpas situado al Este de los valles de Yautepec y Jojutla que quedan al Oeste.

La configuración orográfica forma, además, en la zona central, las llanuras de Jojutla y de Michapa en Puente de Ixtla.

Hacia el Sur del Estado, en los límites con Guerrero, se elevan las Sierras de Ocotlán y Huitzucó, su pico más elevado es el Cerro Frío (2 280 m), situado al Sur de la población de Tilzapotla; en los límites con Puebla está la Sierra de Huautla.

- La cuenca del río Amacuzac, afluente del Balsas que desemboca en el Océano Pacífico, ocupa casi la totalidad del Estado; la del Nexapa, tributario también del Balsas, ocupa sólo el borde oriental en los límites con Puebla.

Las corrientes que vierten sus aguas al Amacuzac son los ríos Tetecala o Chalma, cuyas aguas bajan de la vertiente Sur de la Sierra de Tenango en el vecino Estado de México; el río Tembembe que es afluente del Tetecala, cuyo caudal desciende de la Sierra de Ocuilan, localizada en el extremo Noroeste del Estado. Los ríos San Jerónimo o de Tenancingo y el río Chontalcoatlán corren subterráneamente alrededor de cuatro kilómetros a través de la Sierra

caliza de Cacahuamilpa y al salir a la superficie unen su caudal para formar el río Amacuzac, muy cerca del límite entre los Estados de México, Morelos y Guerrero, al Sur de la mencionada Sierra.

Hacia el centro del Estado, el río Yautepec vierte sus aguas al río Amacuzac, al Sur del poblado de Jojutla de Juárez, muy cerca de la hidroeléctrica Amacuzac, en los límites con Guerrero. Un poco mas al Sur, se une el río Cuautla o Chinameca, cuyo caudal viene desde las estribaciones del Popocatepetl, en el extremo Noreste del Estado.

En el límite de Morelos con Puebla, el río Nexapa recoge las aguas de la región Sureste del Estado, por medio de sus afluentes el río Jantetelco o Amatzinac (que desciende de las laderas australes del Popocatepetl) y el río Tepalcingo.

Los lagos principales son Tequesquitengo, Coatetelco y El Rodeo, todos ellos ocupan pequeñas cuencas cerradas.

III. CIRCULACION ATMOSFERICA Y VIENTOS SUPERFICIALES

Por su localización, el Estado de Morelos se encuentra dentro de la zona de dominio de los vientos alisios del hemisferio Norte. En efecto, durante el verano, la celda de alta presión del Atlántico del Norte o Bermuda-Azores se desplaza hacia el Norte y Oeste hasta 35° o 40° Norte, en su borde austral se originan los vientos alisios que en esta época son muy fuertes y profundos, y se cargan de humedad al cruzar el Golfo de México llegando a las costas de la República Mexicana como vientos húmedos, ascienden por las laderas de la Sierra Madre Oriental y producen en la región, lluvia abundante. Los alisios profundos logran atravesar la Sierra Madre Oriental y llegan al centro del país con una notoria dirección del Este, transportando aún algo de humedad.

Llegan así, al Estado de Morelos, y su humedad se convierte en precipitación, debido a los movimientos convectivos del aire en el fondo de los valles, y al enfriamiento adiabático que experimentan al ascender por las laderas montañosas.

La corriente alisia suele presentar perturbaciones llamadas ondas del Este que son las responsables de los aguaceros nocturnos los cuales a menudo ocurren en el Estado.

Para el Estado de Morelos son particularmente importantes los ciclones tropicales del Pacífico, ya que introducen humedad en la Tropósfera media, humedad que es transportada hasta la Sierra Volcánica Transversal a través de la Cuenca del Balsas, produciendo abundante precipitación en las laderas australes de las sierras.

En invierno la celda anticiclónica Bermuda-Azores se des

plaza hacia el Sur y, debido a ello, los alisios son débiles en esta época, dominan al Sur de la República Mexicana viéndose reemplazados en su mayor parte por los vientos del Oeste, característicos de las latitudes medias, que son descendentes y secos y producen la sequía propia del invierno.

En invierno tienen lugar los nortes del Golfo de México, que son invasiones de aire frío procedente de Estados Unidos y Canadá, los cuales cuando son muy profundos atraviesan la Sierra Madre Oriental y la Sierra Volcánica Transversal y suelen afectar al Estado de Morelos produciendo descenso en la temperatura, nubosidad y alguna precipitación.

Vientos superficiales. Como se sabe, los vientos tienen su origen en la circulación atmosférica, pero son grandemente afectados en su dirección y condiciones de humedad y por el relieve local.

Para analizar la dirección e intensidad del viento de superficie, en el Estado, se trazaron rosas de vientos para los meses de enero y junio que aparecen en las figuras 2 y 3.

No existe mucha variación en la dirección de los vientos dominantes de las dos estaciones, el invierno representado por el mes de enero y el verano por el mes de junio.

En El Rodeo, Zacatepec, Tetelcingo y Huitzilac, el viento dominante tiene fuerte componente del Sur, mientras que en Cuernavaca es definitivamente del Norte y en Cuautla del Noreste, siendo ambos, vientos frescos que bajan de las laderas montañosas de la Sierra del Chihhinautzin y del Popocatépetl.

El viento dominante en Tepalcingo es del Oeste tanto en enero como en junio, lo que resulta importante para explicar que

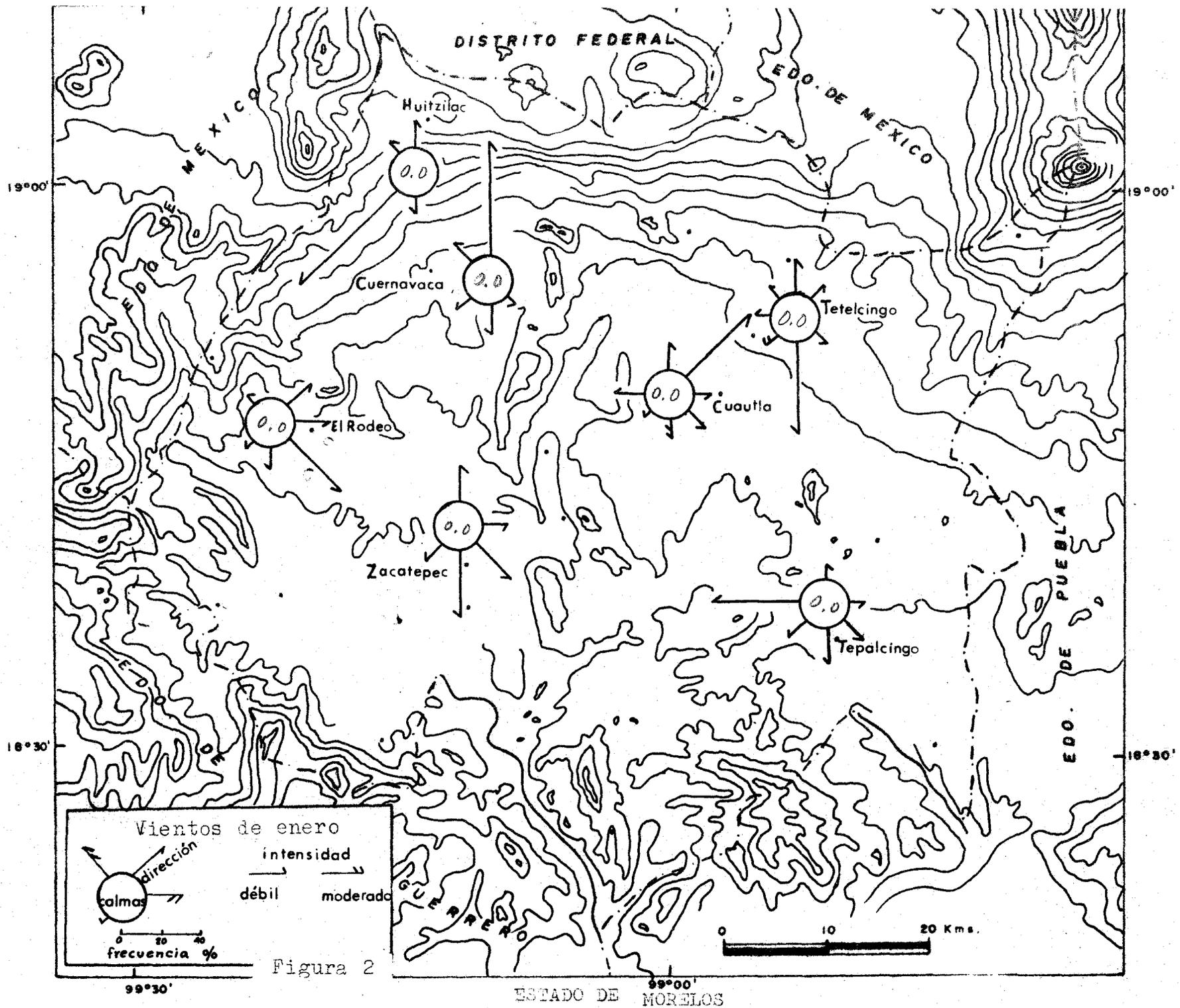
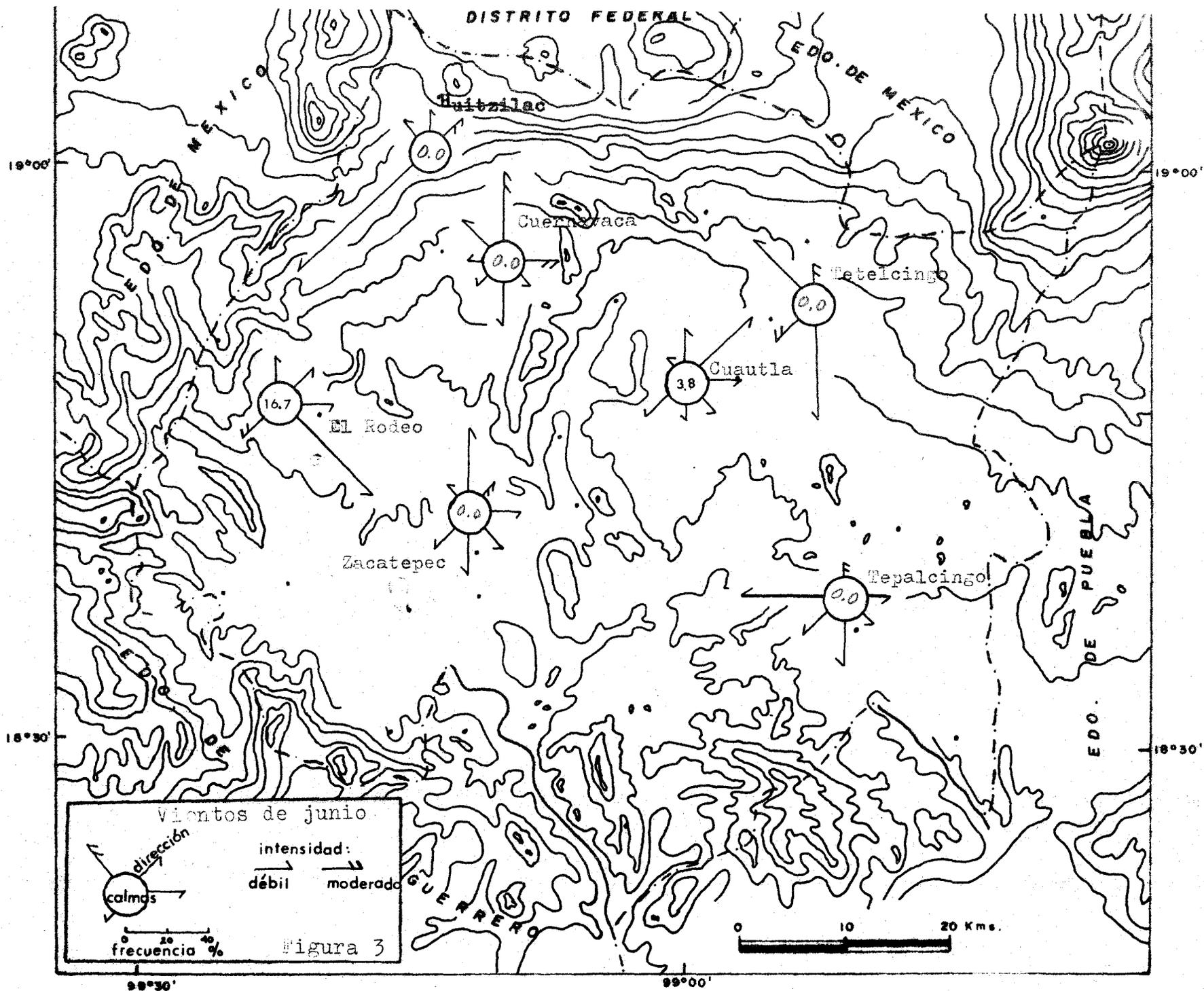


Figura 2



IV. TEMPERATURA

a) Temperatura media.

Debido a que el Estado de Morelos se localiza en la zona intertropical, la temperatura se distribuye bastante uniformemente a lo largo del año.

Al analizar las 22 gráficas de temperaturas medias correspondientes al Estado que aparecen en la Carta de Climas publicada por CETENAL, se observan dos máximos, el primero y más marcado generalmente en el mes de mayo y el segundo al final de la temporada lluviosa (septiembre u octubre), éste es menor debido a que las temperaturas descienden durante los meses lluviosos por la nubosidad. Las temperaturas más bajas se presentan durante el mes de enero.

El mapa de isotermas medias anuales (figura 4) pone de manifiesto la influencia de la altitud en la distribución de la temperatura en el Estado, así vemos que ésta disminuye según aumenta la altitud hacia el Norte y Noreste. El gradiente térmico varía con la posición de los lugares, así, la región montañosa del Norte del Estado tiene el mayor gradiente, de 0.8°C por cada 100 metros de aumento en altitud, en tanto que los menores gradientes se encuentran hacia el centro del Estado y son del orden de 0.6°C por cada 100 m.

En este mapa se aprecia que la isoterma de 12° coincide con la curva de nivel de 3 000 m, y la de 18° con la curva de 2 000 m. Ambas se presentan en las estribaciones australes de la Sierra del Chichinautzin y del Volcán Popocatepetl en la Sierra Nevada.

Se observa que la temperatura aumenta hacia el Sur al disminuir la altitud, así la isoterma de 24° marca las dos zonas del Estado que registran temperaturas medias anuales más altas; la primera es de mayor extensión y comprende la parte más baja de la cuenca del río Amacuzac; la segunda corresponde a la región de

Axochiapan en los límites con Puebla.

En las **zonas** más elevadas de la Sierra del **Chichinautzin** la temperatura baja hasta unos 5° o 6° C, y en las partes más altas de la Sierra Nevada (Popocatépetl), que sobrepasan los 5 000 m de altitud, la temperatura media anual desciende a menos de -2° C (García 1968).

b) Zonas Térmicas

Basándose en esta distribución de las temperaturas se tienen las siguientes zonas térmicas:

1. Cálida con temperatura media anual mayor de 22° C abarca más de la mitad Sur del Estado, comprende las áreas de altitud menor a 1 400 m y es la llamada "tierra caliente".

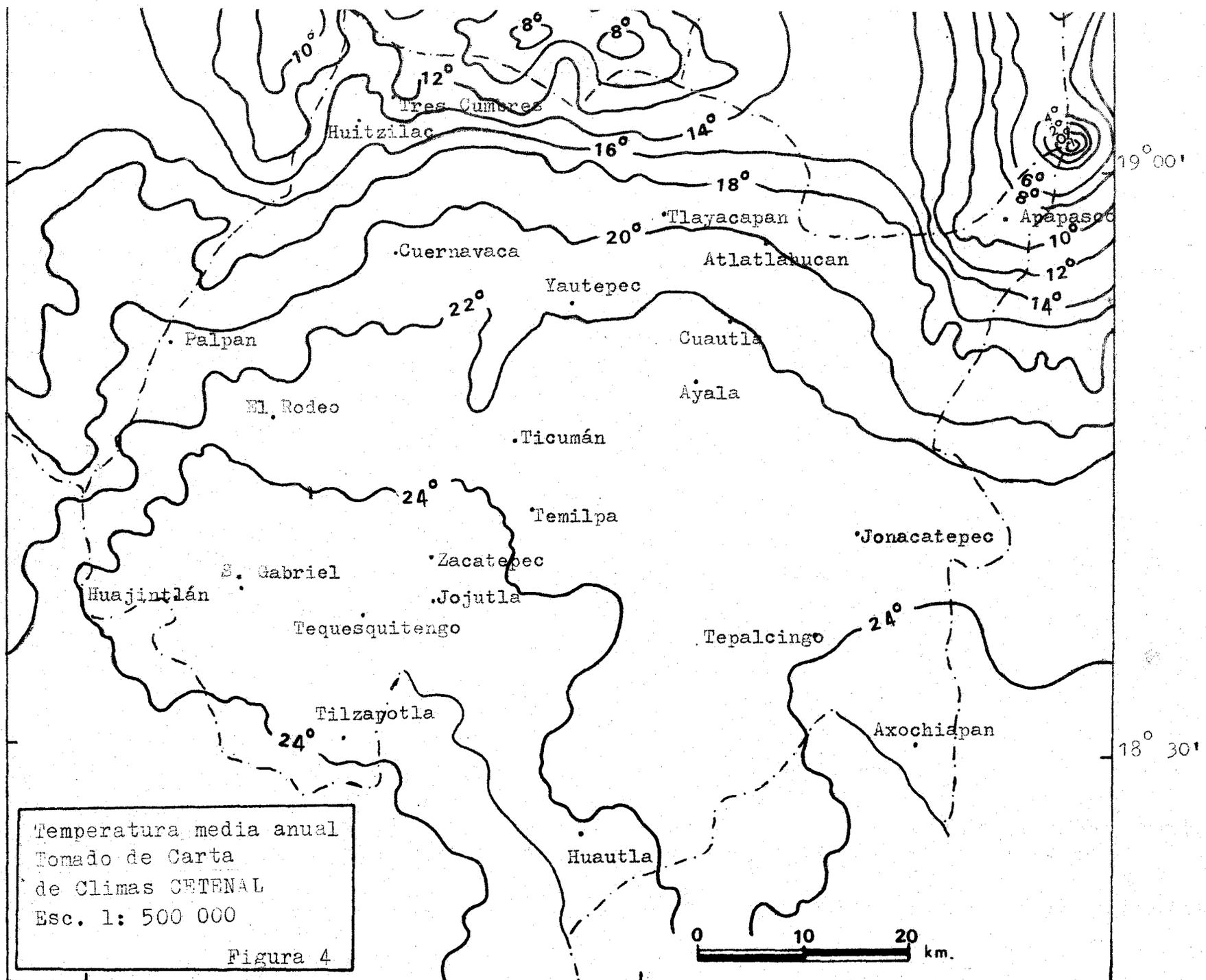
2. Semicálida, con temperatura media anual entre 18° y 22° C se encuentra a altitudes comprendidas entre 1 400 y 2 000 m, abarca las laderas bajas **de la Sierra Volcánica Transversal**.

3. Templada, con temperatura media anual entre 12° y 18° C se localiza entre 2 000 y 2 800 m de altitud en las laderas **de la Sierra Volcánica Transversal**.

4. Semifría, entre 5° y 12° C se encuentra a altitudes comprendidas entre 2 800 y 4 000 m en la misma región.

5. Fría, con temperatura media anual entre -2° y 5° comprende alturas entre 4 000 y 5 000 m, se confina sólo a las laderas altas del Popocatépetl.

6. Muy fría, esta zona es de nieves perpetuas en la cima del Popocatépetl, se localiza a altitudes mayores de 5 000 m y se registran en ella temperaturas medias anuales inferiores a -2° C.

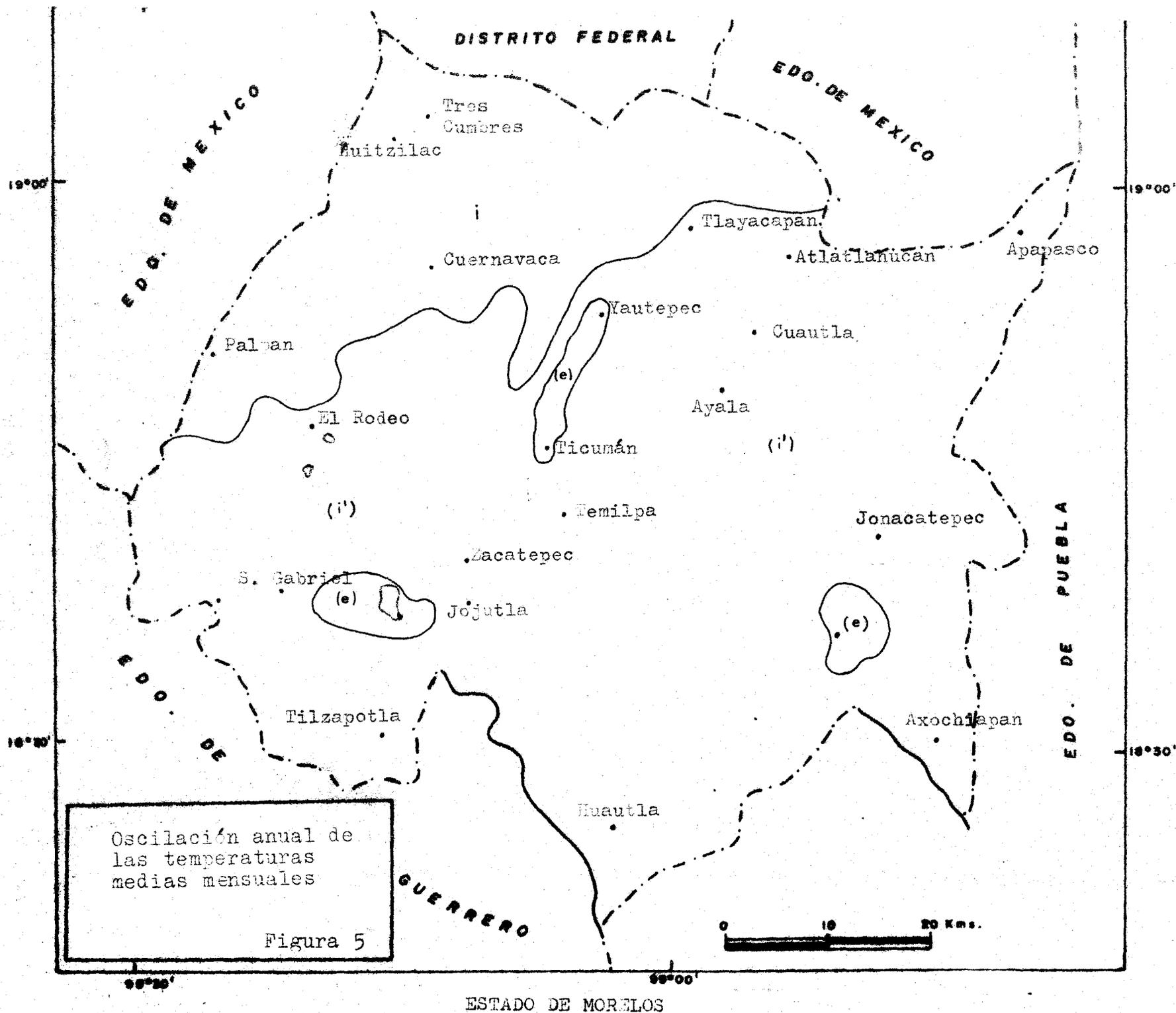


ESTADO DE MORELOS

c) Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales.

El mapa de oscilación anual de las temperaturas medias mensuales (figura 5) muestra las diferencias en temperatura media entre el mes más frío y el más caliente, cuando la oscilación es menor de 5°C , lo cual ocurre en la zona Noroeste del Estado, se indica con la letra i, que significa isothermal; la poca oscilación (i'), es decir entre 5° y 7°C se presenta en la mayor parte del Estado; la oscilación (e), significa extremo y describe lugares cuya oscilación fluctúa entre 7° y 14° ; esto se presenta en pequeñas zonas aisladas entre sí: Tepalcingo en el extremo Sur del Estado, los valles de Yautepec y Ticumán al centro, y la zona de Tequesquintengo-Puente de Ixtla al Suroeste.

Es importante hacer notar que a mayor altitud en la Sierra Volcánica Transversal corresponde la menor oscilación.



d) Temperatura Máxima.

La temperatura máxima extrema es la temperatura más alta que se registra en un lapso determinado; así la temperatura máxima extrema de un mes cualquiera es el dato de la temperatura más alta que se registró en el mes.

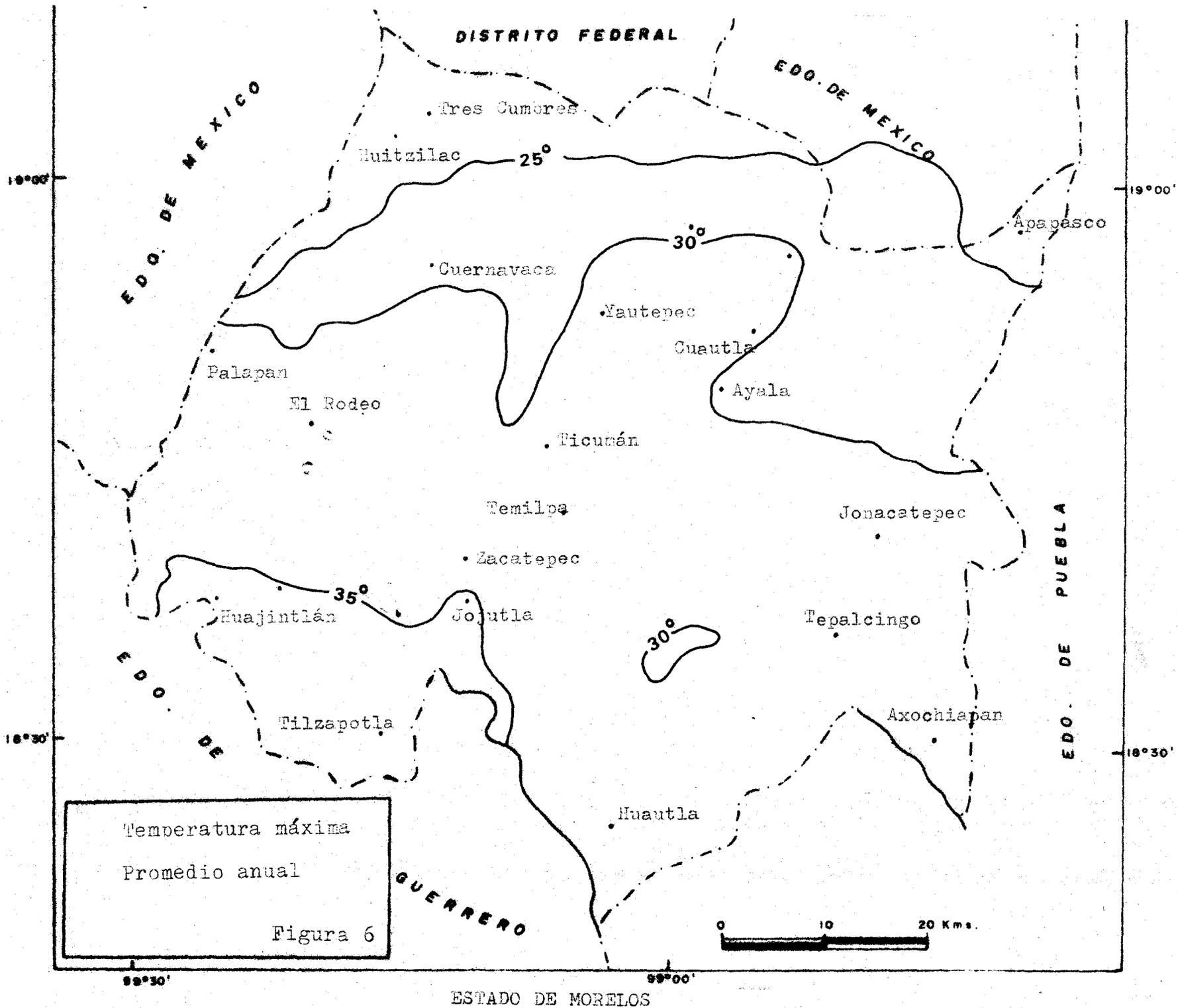
Los datos que se utilizaron en el presente trabajo son los promedios de las temperaturas máximas mensuales registradas en el período 1960-1969.

Con esta variable se trazaron tres mapas: uno de temperatura máxima promedio anual (figura 6), otro de temperatura máxima del mes de mayo (figura 7), porque en él se registran las temperaturas más altas del año, y otro mapa de temperatura **máxima absoluta.** (figura 8).

En el mapa de temperaturas máximas anuales (figura 6), se aprecia la isoterma de 35° en el extremo Suroeste del Estado, hacia el Sur del Lago Tequesquitengo, así que los poblados de Huajintlán, Tehuixtla y Tilzapotla registran temperaturas máximas anuales cercanas a 40° C; lo mismo sucede hacia el Sur hasta las faldas de la Sierra de Huitzuco, en los límites con el vecino Estado de Guerrero.

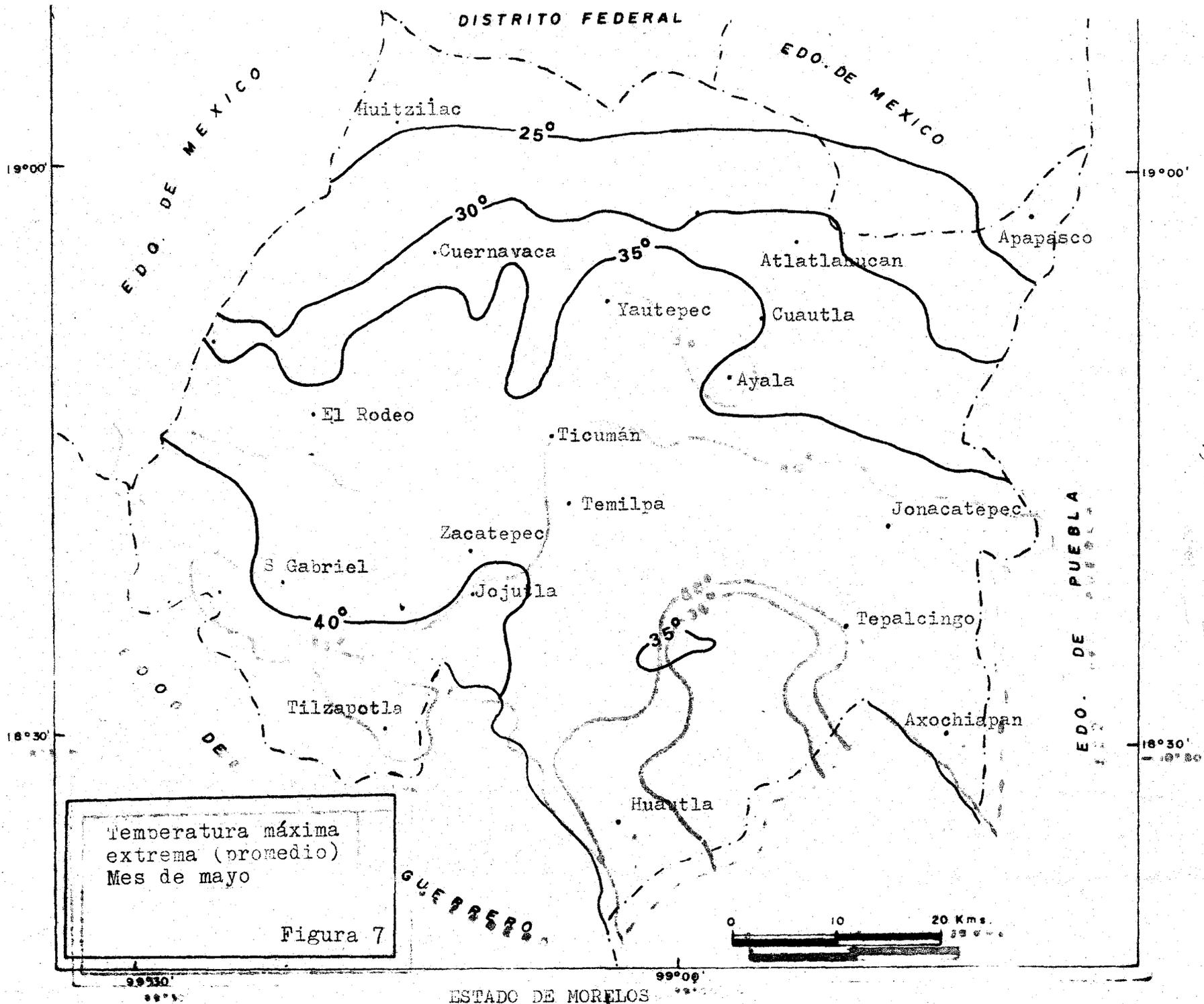
La región central y Sureste del Estado queda comprendida entre las isotermas de 30° y 35° C, excepto un área muy pequeña que corresponde al poblado de Tlacualera que registra temperaturas máximas inferiores a 30° C, debido seguramente a condiciones locales de situación geográfica.

Conforme ~~de~~ avanza hacia el Norte, las temperaturas van disminuyendo, la isoterma de 25° corresponde a las faldas de la Sierra del Chichinautzin y Sierra Nevada debido a que la altitud aumenta.



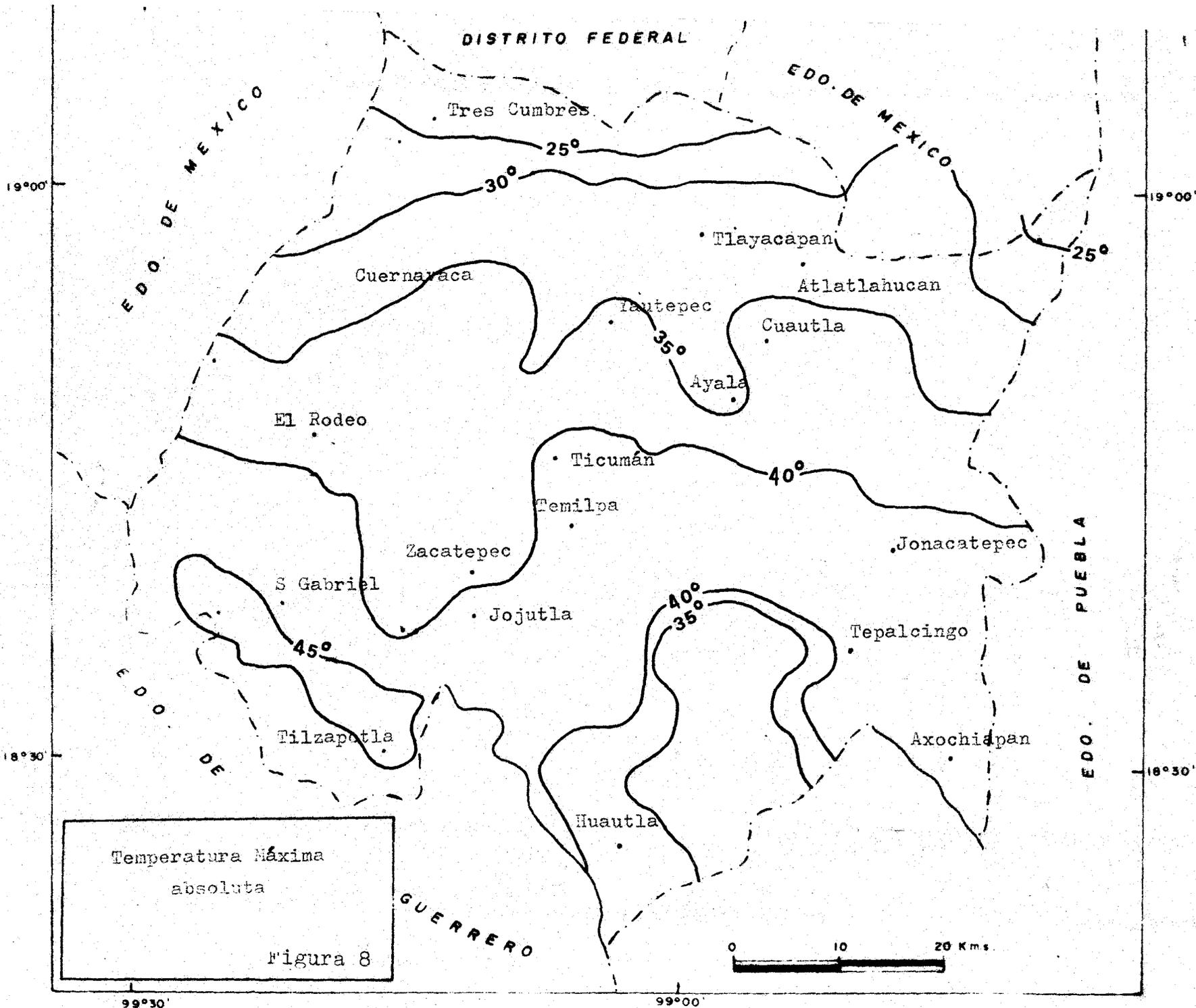
Temperatura máxima
Promedio anual

Figura 6



Temperatura máxima
extrema (promedio)
Mes de mayo

Figura 7



El mapa de temperaturas máximas promedio en el mes de mayo (figura 7), sigue el mismo patrón de distribución que el mapa de máximas promedio anuales, sólo que sus temperaturas son más elevadas. En la porción Sur, la temperatura máxima asciende a 43° en Huajintlán y en general en todo el extremo Suroeste del Estado las temperaturas son mayores de 40°C . Mientras tanto en Tlacualera las temperaturas se elevan a 35° y en toda la región central superan esta cifra.

Resulta interesante observar el tercero de los mapas, el de temperatura máxima absoluta (figura 8) o sea el que corresponde a la temperatura más alta registrada para cada estación en el período que se estudia. La distribución de las isolíneas tiene semejanza con la distribución de las temperaturas medias, así, en el extremo Suroeste se registran las mayores temperaturas marcadas por la isoterma de 45° , durante el mes de abril; observando localmente, las estaciones Tilzapotla (46°) y Huajintlán, (49.5°), presentan los registros más altos. Es amplia la región que tiene temperaturas mayores de 40°C y abarca una franja que cruza el Estado de Este a Oeste, aproximadamente, a $18^{\circ} 40'$ de Latitud Norte.

Los meses en que se presentan las temperaturas más altas en todo el Estado son abril y mayo, que son los meses inmediatos anteriores a la aparición de la temporada lluviosa.

e) Temperatura mínima.

La temperatura mínima extrema es la más baja que se registra en un lapso determinado; así la temperatura mínima extrema de un mes cualquiera es el dato de la temperatura más baja que se registró en ese mes.

Los datos que se utilizaron son los promedios de las temperaturas mínimas extremas mensuales registradas en el período 1960-1969.

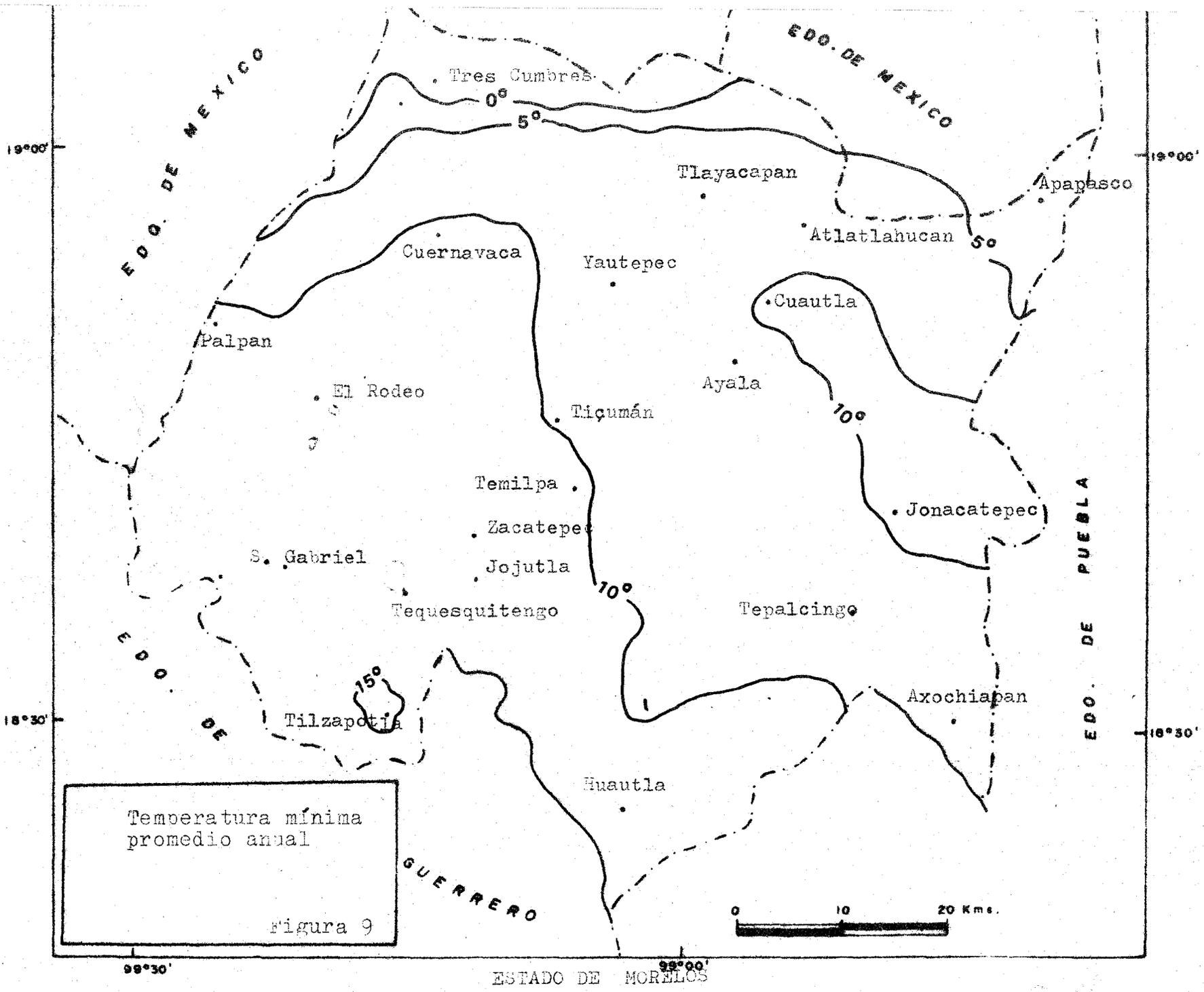
Las temperaturas mínimas promedio se analizaron por medio de tres mapas, uno de promedios anuales, otro utilizando las mínimas del mes de enero y otro de mínimas absolutas del período.

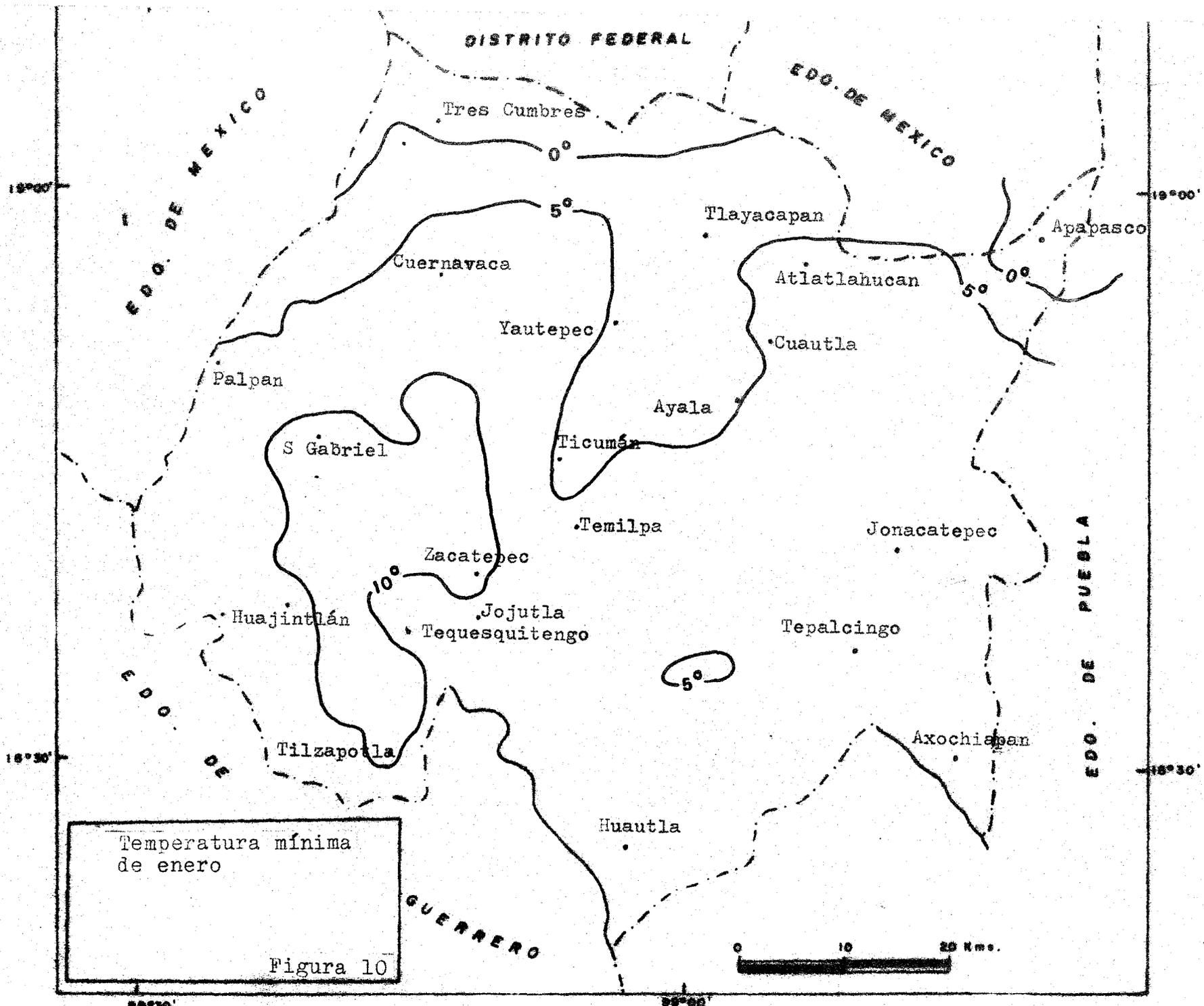
La isoterma de 5°C en el mapa de mínimas promedio anual (figura 9), divide al Estado en dos amplias regiones: la zona Norte y Oriente con temperaturas inferiores a 5° , y la Suroeste, donde son superiores a esta cantidad y en algunas regiones mayores de 10° . Dentro de la primera zona debe hacerse notar que las regiones altas de la Sierra de Chichinautzin y Sierra Nevada tienen temperaturas mínimas inferiores a cero grados y a mayor altitud sobre el Popocatepetl son inferiores a -5°C .

Las temperaturas mínimas de enero (figura 10), siguen una distribución semejante; las superiores a 10° forman una zona que abarca las lagunas del Rodeo y Coatetelco y se prolonga hacia el Sur hasta el poblado de Tilzapotla. Hacia el Norte del Estado, en cambio, las temperaturas disminuyen en relación directa con la altitud.

La temperatura mínima absoluta (figura 11), resulta al determinar la temperatura más baja entre todos los meses del período que se estudia, según el mapa de distribución de estas temperaturas, resulta un área con temperatura inferior a cero grados al Sureste del Estado, hacia los poblados de Tepalcingo y Tlacualera, aparte de la región Norte donde las mínimas registradas fueron menores de -8°C , en el poblado de Tres Cumbres.

En el Popocatepetl se registran temperaturas menores de

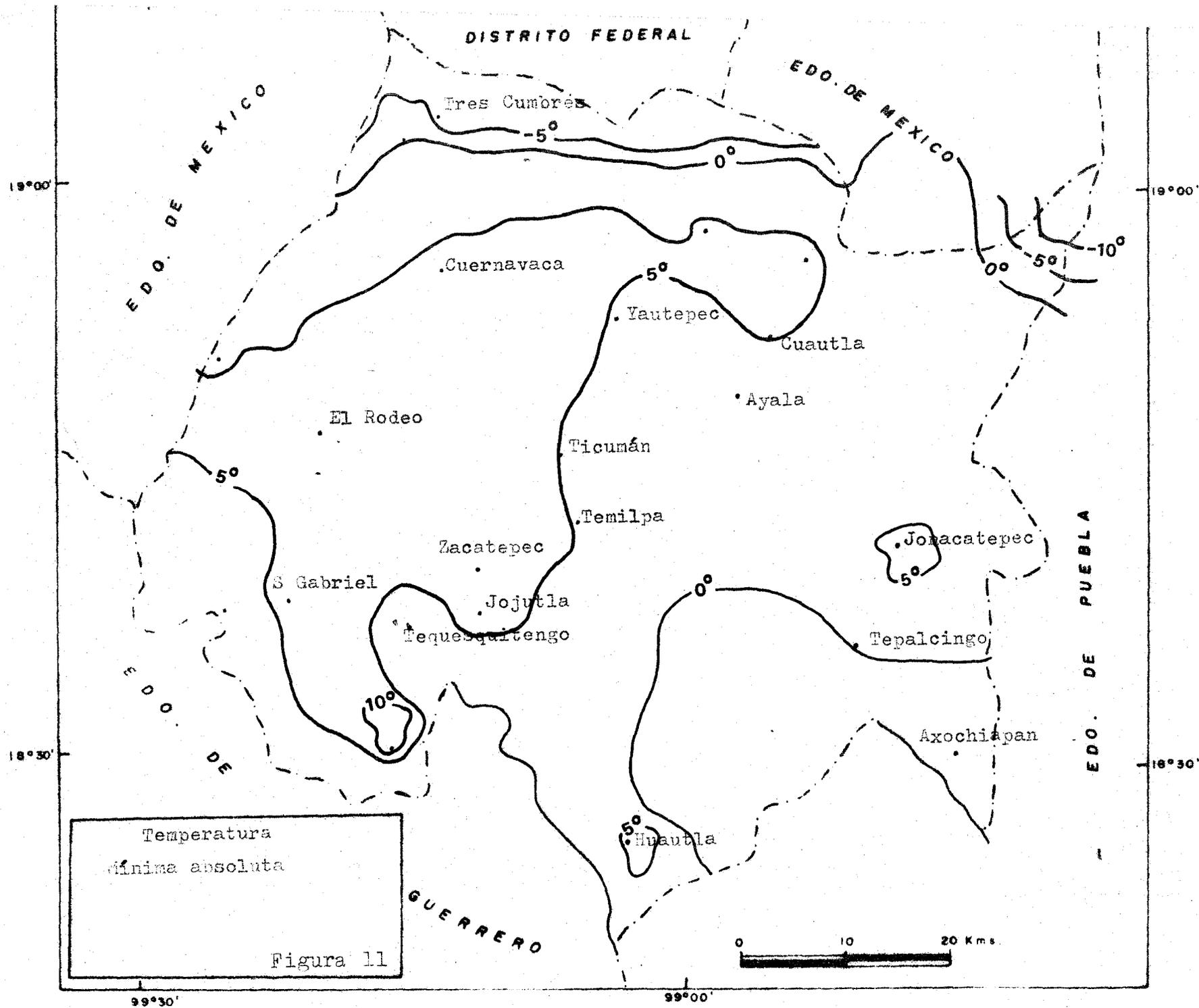




Temperatura mínima de enero

Figura 10

ESTADO DE MORELOS



Temperatura
mínima absoluta

Figura 11

ESTADO DE MORELOS

-10° C a altitud superior a 4 000 m en la zona de nieves perpetuas, pero no hay ninguna estación meteorológica en estas laderas.

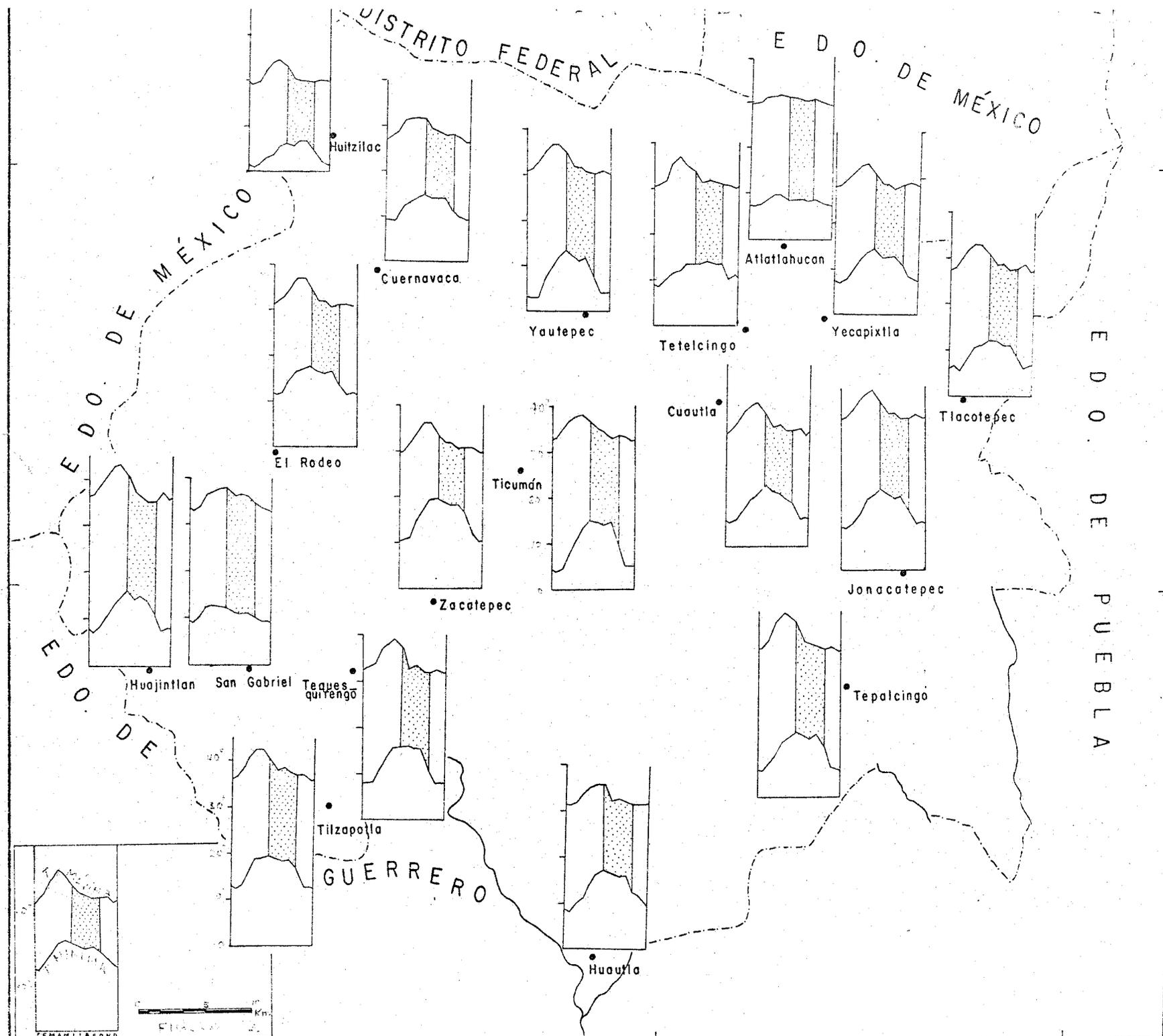
La única estación localizada a mayor altitud de 3 000 m es Campamento Hueyatlaco a 3 557 m, en las laderas occidentales del Iztaccíhuatl; sus datos fueron utilizados para calcular el gradiente térmico que resultó ser de 0.49° C por cada 100 m de altitud. En esta zona se observa, además, que las oscilaciones de la temperatura se van haciendo menores a medida que la altitud aumenta.

Para determinar las condiciones reinantes en las altas montañas del centro de México, García (1973), empleó promedios de gradientes térmicos, temperaturas y altitudes, así como promedios de temperaturas mínimas medias y mínimas extremas a 4 000 m de altitud. A esa altura estas temperaturas están continuamente por debajo o cerca de cero grados, aún en los meses más calientes del año, por consiguiente, por lo menos en ciertas horas del día, hay hielo en el terreno impidiendo el desarrollo de la vegetación arbórea.

f) Gráficas de temperatura máxima y mínima.

La figura 12 corresponde al mapa que muestra la marcha de las temperaturas máxima y mínima mensual promedio. Se marcan en cada gráfica los meses que abarca la época de siembra de temporal.

Se observa en todas las estaciones que las temperaturas más elevadas se presentan durante los meses de marzo, abril y mayo mismos que corresponden al primer paso del sol por el cenit del lugar, y a los meses anteriores al período de lluvias que se presenta de junio a septiembre; las dos curvas de la gráfica, registran un marcado ascenso, para decrecer en el mes de junio y continuar bajando durante el período lluvioso, ascender ligeramente o estacionarse en agosto, época del segundo paso del sol por el cenit, y luego bajar considerablemente en invierno.



La oscilación de la temperatura está representada por la distancia entre la línea de temperatura máxima y la de temperatura mínima. Esta distancia es variable entre las estaciones meteorológicas, por ejemplo, en Huajintlán y San Gabriel, la oscilación en invierno entre las dos temperaturas que aquí se estudian está cercana a 30°C , en la mayor parte de las estaciones es de 25°C y menor de 20° en Huajintlán, El Rodeo, Cuernavaca, Yecapixtla y Tlacotepec.

Durante los meses de verano hay disminución de las temperaturas máximas, debido a que se presentan las lluvias.

Las temperaturas mínimas siguen el mismo ritmo de aumento que las máximas; se presentan las mayores en primavera y verano, disminuyen en otoño e invierno. En Huitzilac y Atlatlahucan, las mínimas se mantienen durante todos los meses del año bajo los 10°C , la primera de estas estaciones se localiza a 2 600 m de altitud, en las estribaciones de la Sierra del **Chichinautzin**.

En general las curvas que representan a la temperatura mínima llegan, en algunos de los lugares más cálidos del Estado a 20°C como máximo, durante la primavera, por ejemplo ^{en} Tlaxiaco y Zacatepec; mientras tanto, las demás estaciones se mantienen, en estos mismos meses calientes del año, en valores alrededor de 15°C .

V. PRECIPITACION

a) Precipitación media anual.

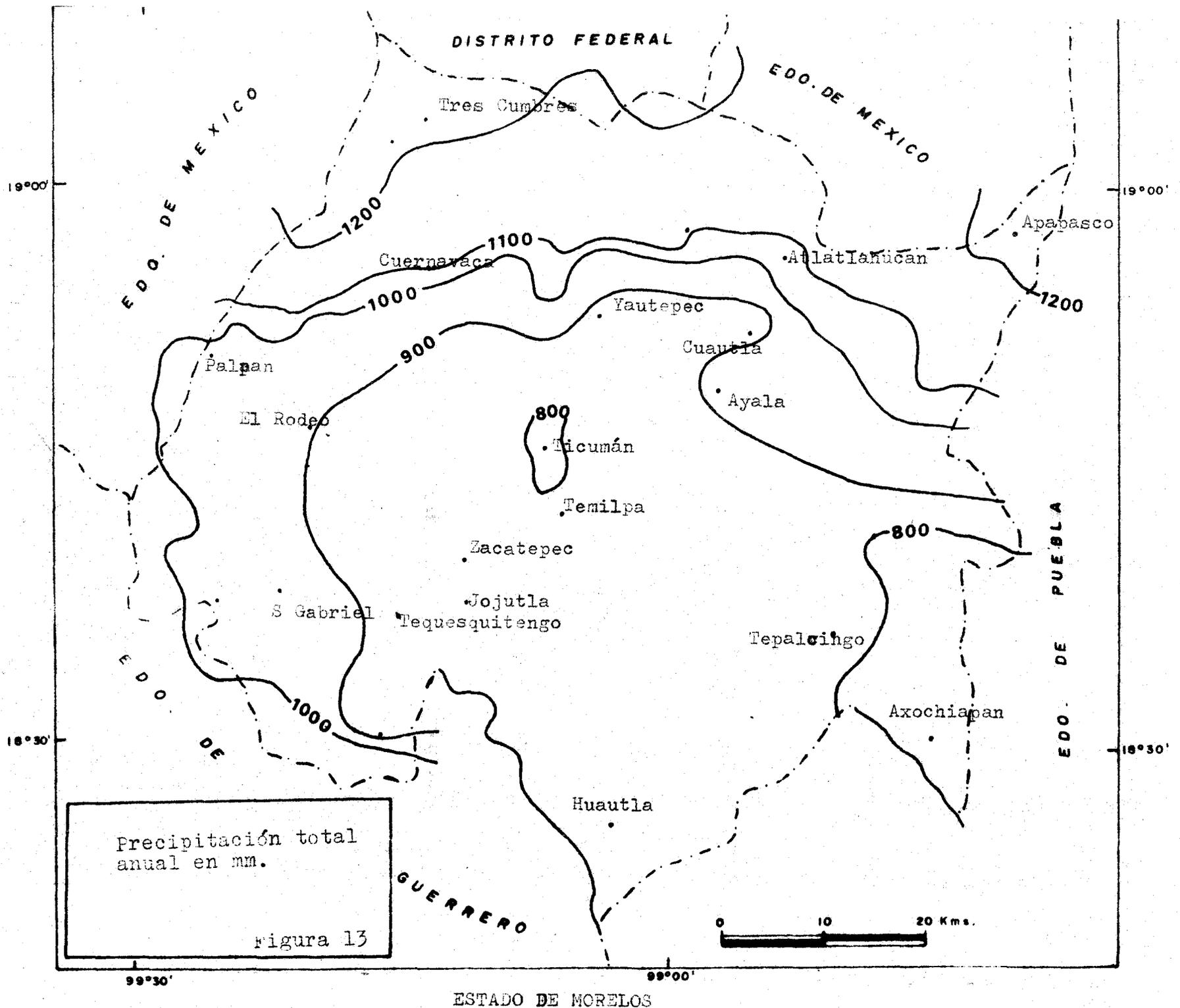
La cantidad de precipitación de un lugar depende del vapor de agua que la atmósfera contenga, según la época del año y de la topografía del terreno, lo que permitirá, o no, la libre transportación de la humedad, por medio de los vientos, hacia el interior del país, el ascenso orográfico y los movimientos convectivos del aire.

En Morelos se aprecia claramente la influencia de la orografía, en efecto, se observa en el mapa de isoyetas anuales (figura 13), que en la distribución de la lluvia, las estribaciones elevadas de la Sierra de Chichinautzin y del Popocatepetl representan los lugares de mayor cantidad de lluvia del Estado ya que reciben precipitaciones superiores a 1 200 mm anuales.

Una franja con precipitación entre 1 000 y 1 200mm, cruza el Estado en su parte Norte y abarca las porciones más bajas de las faldas de la Sierra de Chichinautzin y del Popocatepetl. En esta zona quedan incluidas poblaciones como Cuernavaca, Tepoztlán, Tlalnepantla, Tlayacapan, Atlatlahucan y Tlacotepec; esta franja recurva en el extremo occidental del Estado para abarcar las faldas de la Sierra de Huitzuco al Suroeste; cubre la parte más alta de los municipios de Coatlán del Río, Tetecala, Amacuzac y Tilzapotla.

Recibe precipitación anual inferior a 1000 mm, toda la zona central y Sur del Estado, exceptuando el Valle de Ticumán y el extremo Sureste de los municipios de Jantetelco y Axochiapan, con cantidades menores de 800 mm.

Puede afirmarse, en resumen, que las regiones agrícolas de Morelos, se localizan en áreas con precipitaciones que



Precipitación total
anual en mm.

Figura 13

van de 800 a 1 000 mm anuales.

Todo el Estado presenta régimen de lluvia de verano y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la total anual. Esta característica está indicada en el tipo de clima con el símbolo w(w).

La presencia de las lluvias se debe a que por su latitud, la región se encuentra en la zona del dominio de los vientos alisios del hemisferio norte, que se cargan de humedad en el Golfo de México y es liberada en forma de lluvia; parte de la precipitación es debida a que la Zona Intertropical de Convergencia del Hemisferio Norte, es decir, donde se encuentran los alisios del Norte con los del Sur, suele desplazarse hasta la latitud del Estado que nos ocupa. Es importante también como factor productor de lluvia, la convección provocada por insolación.

Además, las tormentas ciclónicas del Pacífico, aunque menores que las del Golfo de México, aportan suficiente humedad durante la mitad caliente del año, pues **influyen** hasta esta **región** de la República Mexicana.

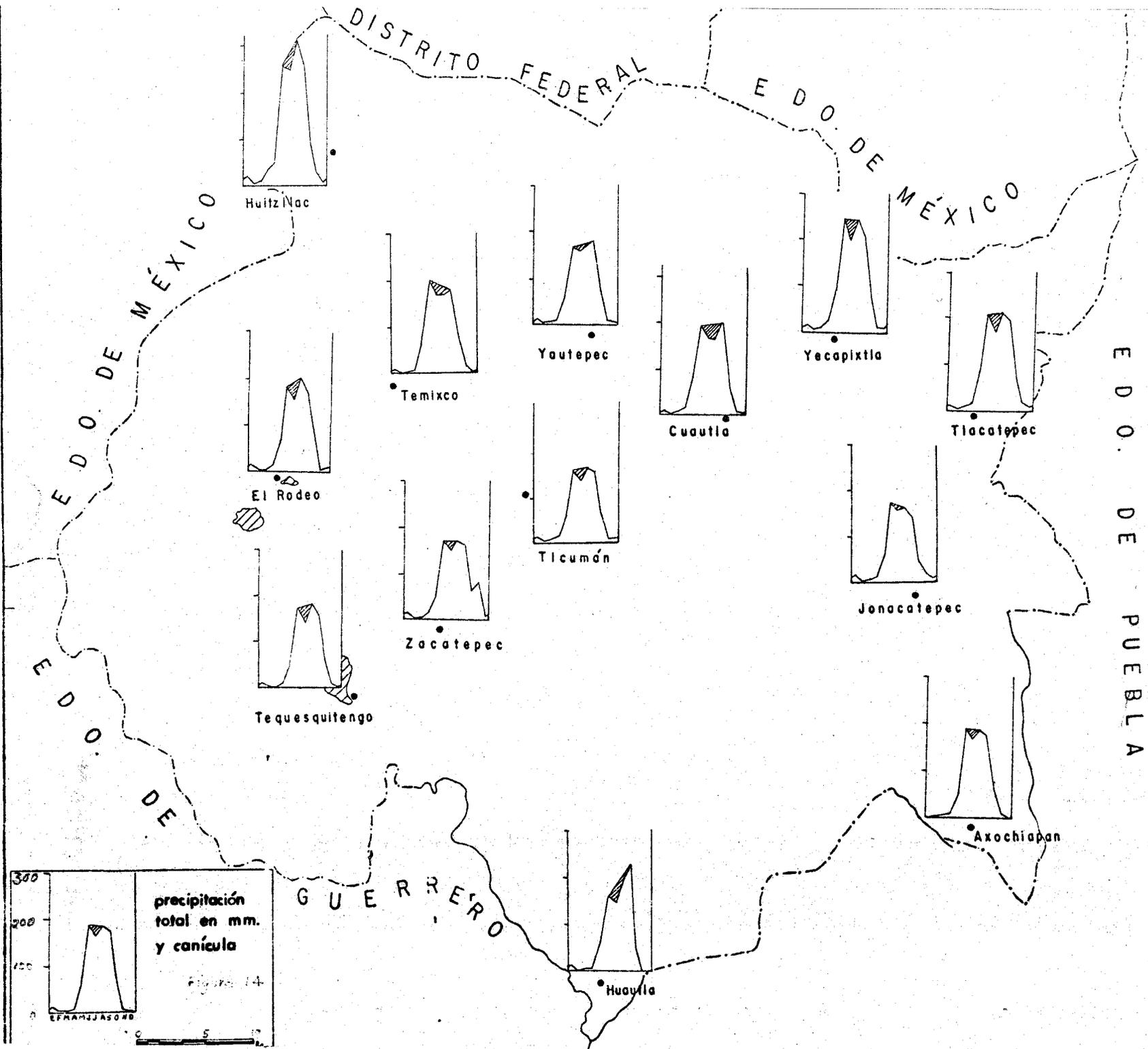
Durante la época invernal no es remota la invasión de "nortes" que por haber adquirido suficiente profundidad son capaces de traspasar las barreras montañosas y producir en la zona alguna precipitación.

Dentro de la temporada lluviosa que comprende los meses de mayo a septiembre suele presentarse canícula, sequía intraestival o sequía de medio verano, es ésta, una temporada relativamente seca en medio de la época lluviosa. La sequía intraestival, ocurre según Mosiño y García(1968), debido a la presencia de una vaguada polar que bloquea la entrada de los alisios y de los ciclones tropicales

en el lado del Golfo de México, lo que se manifiesta con la merma en la precipitación.

Debido a que este fenómeno es de importancia para la agricultura, pues se presenta en los meses de la siembra de temporal. Se marcó el período que abarca la sequía intraestival en las gráficas de distribución de la precipitación media mensual que aparecen en la figura 14. La disminución de la lluvia se presenta generalmente durante el mes de julio, cuando se aprecia una baja en la cantidad de precipitación la que vuelve a aumentar en agosto. En las estaciones Huautla y Cuautla la duración de la sequía intraestival es más larga, pues la merma comprende los meses de julio y agosto para registrar aumento en septiembre.

La porción achurada en las gráficas representa el déficit de lluvia. Las estaciones Cuernavaca y Tepalcingo no registraron el fenómeno en el período considerado.



b) Intensidad de la lluvia

La figura 15 muestra las gráficas de intensidad de la lluvia que fueron trazadas para estaciones seleccionadas en el Estado. Esta variable resulta al dividir la cantidad total de lluvia correspondiente a un período dado entre el número de días con precipitación apreciable. En este caso el período empleado fué el total de lluvia para cada uno de los meses y el número de días con precipitación apreciable cada mes.

La intensidad resultante corresponde al promedio de lluvia de un día con precipitación y es una característica significativa del clima ya que la lluvia puede lesionar seriamente a los cultivos si su intensidad es **alta**. Debido a que la precipitación presenta gran variabilidad, la intensidad varía también de un mes a otro y entre las estaciones meteorológicas. La intensidad es mayor en los meses que corresponden a la época lluviosa: mayo, junio, julio, agosto y septiembre.

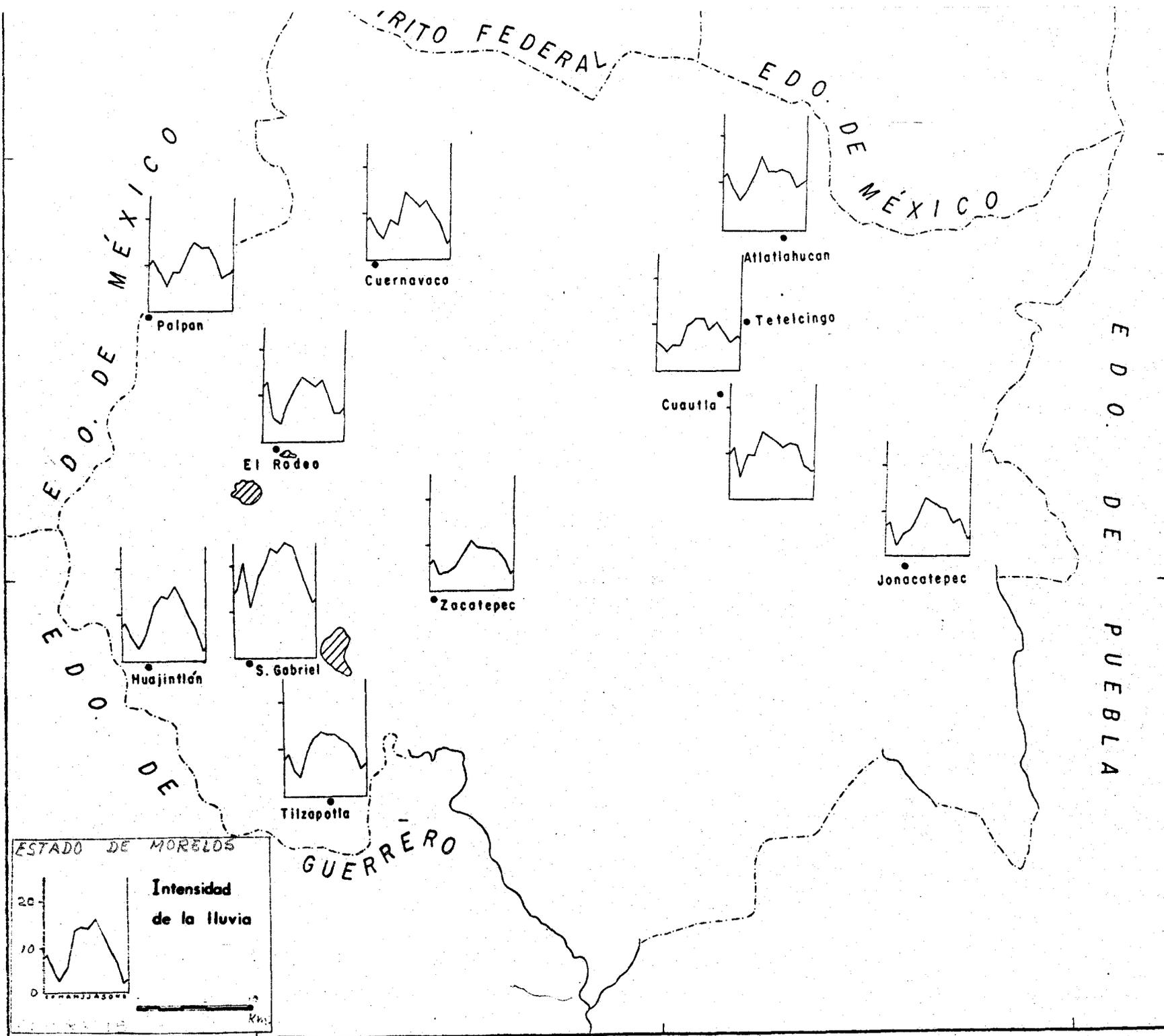
Las estaciones Palpan, Cuernavaca, El Rodeo y San Gabriel, presentan dos máximos, generalmente en mayo y agosto o septiembre.

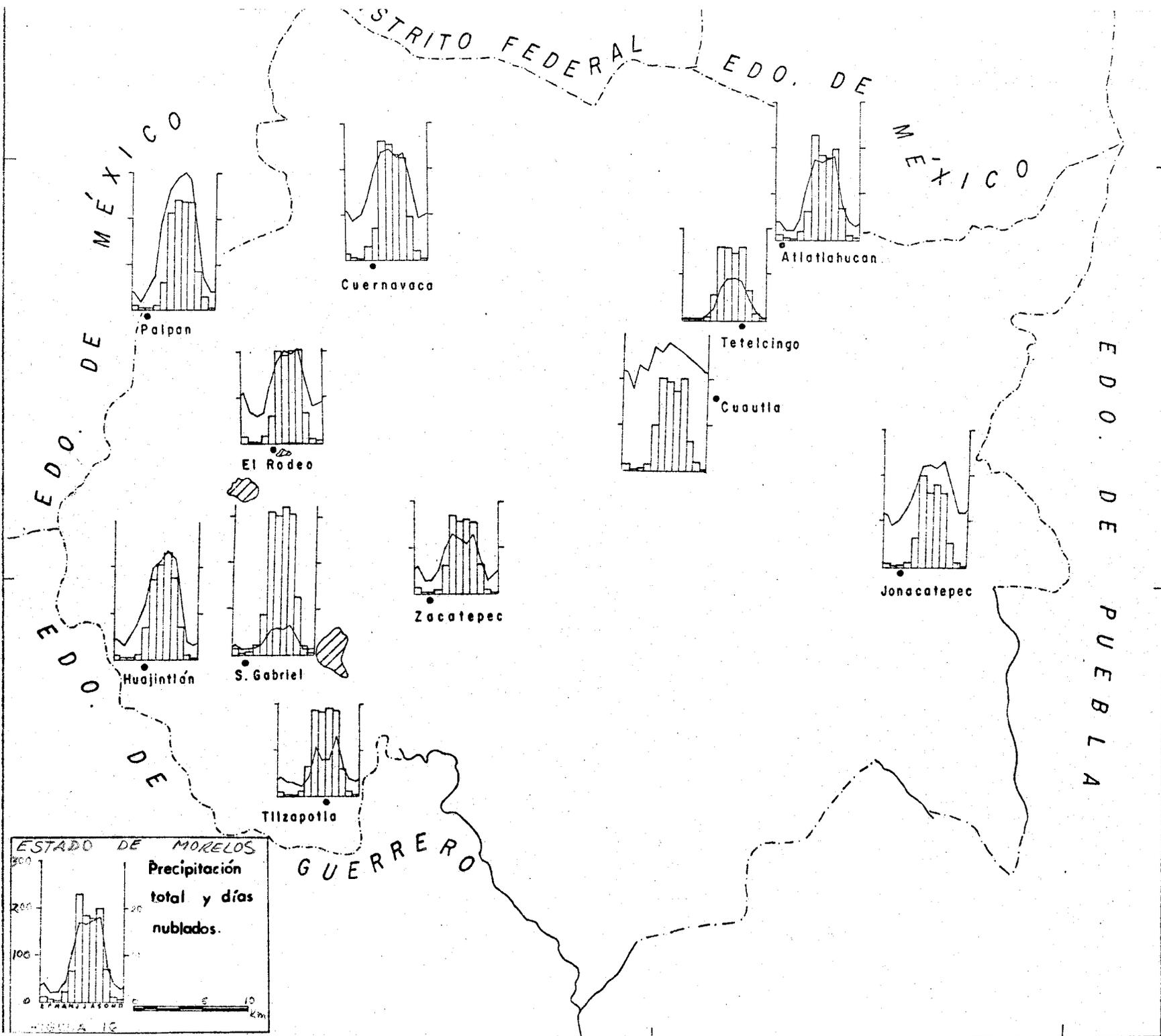
Es importante también el máximo secundario que en todos los lugares se registra durante el mes de enero o febrero y muestra la presencia de los "nortes" en la época de invierno.

Como puede apreciarse, la intensidad es muy variable en las diferentes estaciones meteorológicas; San Gabriel registra la máxima intensidad en el Estado. Las lluvias de menor intensidad corresponden a las estaciones Tetelcingo y Zacatepec.

c) Precipitación y número de días nublados

El mapa 16 muestra las gráficas que se trazaron para





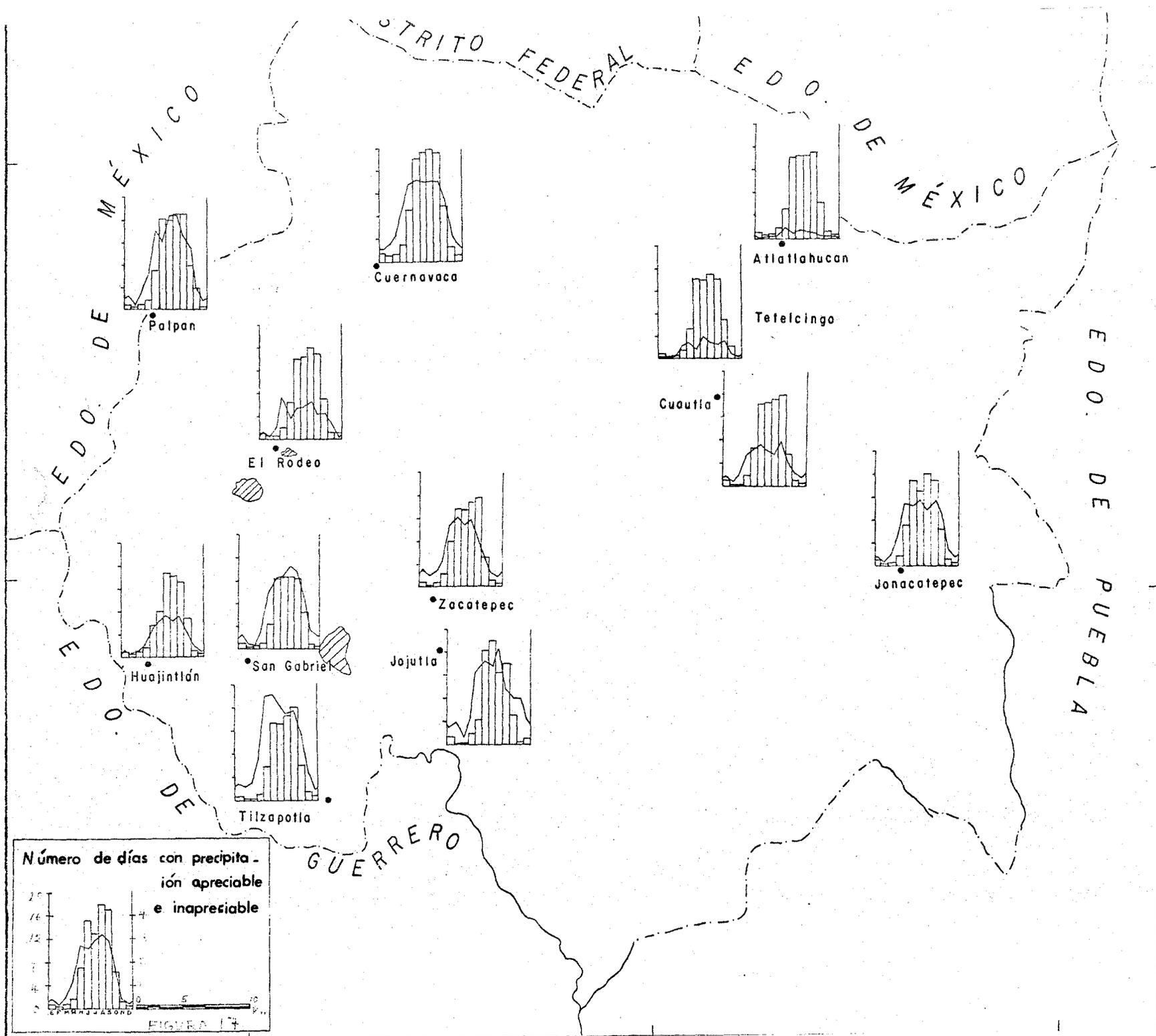
relacionar la precipitación total mensual en milímetros (barras) y el número de días nublados (curvas) para los mismos períodos en diferentes lugares del Estado.

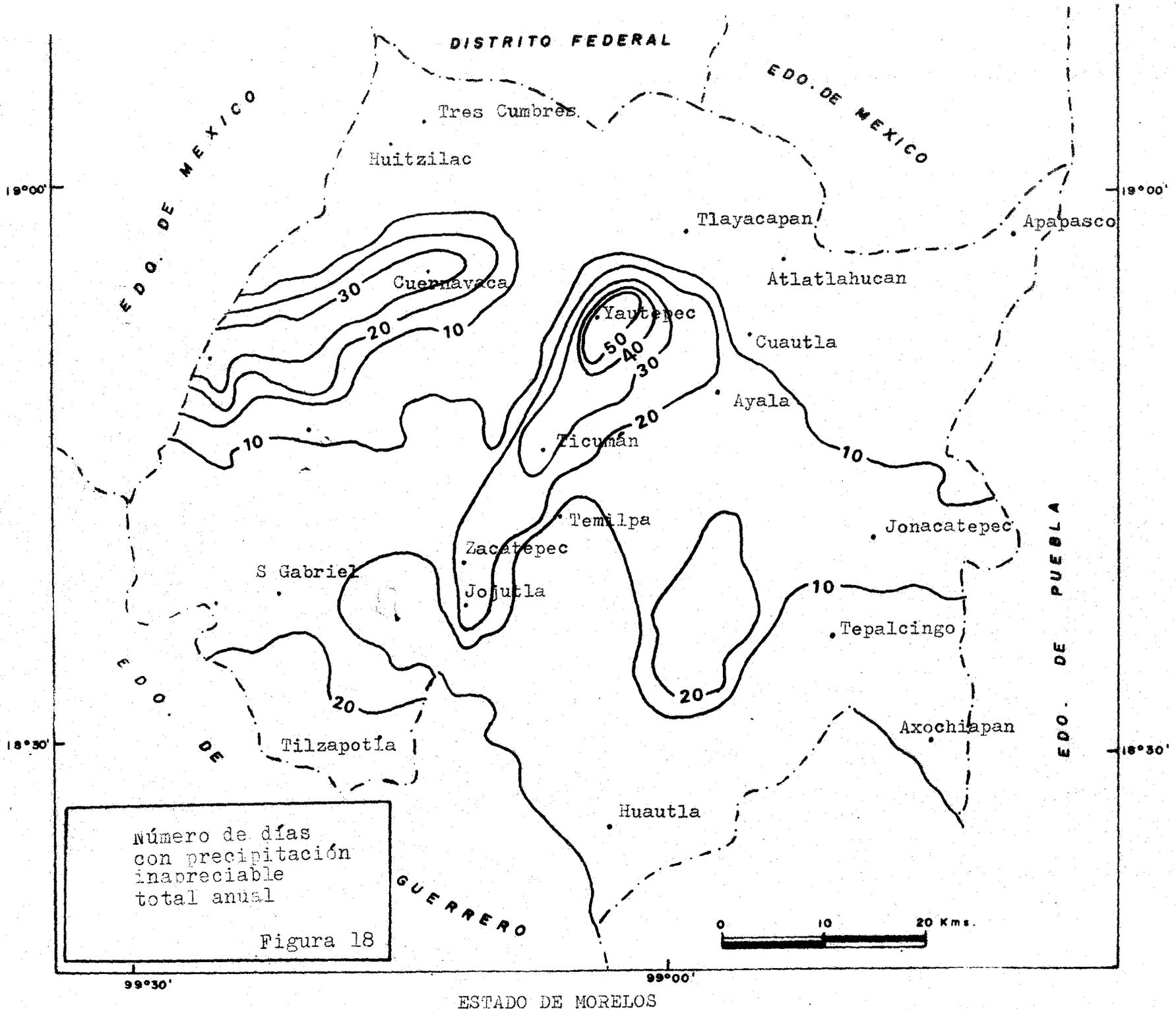
Se observa importante correlación entre las dos variables, coincidiendo sus máximos con los meses lluviosos junio, julio, agosto y septiembre. Las estaciones de Cuautla, Palpan y Jonacatepec presentan la curva de días nublados más alta del Estado.

En Palpan y Jonacatepec la curva de número de días nublados presenta un sólo máximo y coincide con los meses lluviosos; en Cuautla, en cambio, la curva es bastante irregular a lo largo del año y presenta valores muy altos en todos los meses (quizá haya error en los datos meteorológicos).

En las estaciones Cuernavaca, Zacatepec y Tilzapotla se presenta dos máximos en la curva de días nublados que corresponden a los meses de junio a septiembre. El primero es el mes en que se generalizan las lluvias y el segundo aún registra cantidad importante de lluvia para ir disminuyendo en octubre.

La estación que registra mayor cantidad de precipitación es San Gabriel; su curva de número de días nublados es inferior al resto de las estaciones, lo que indica que se presentan lluvias torrenciales y baja nubosidad; en efecto, su curva de intensidad de la lluvia es la más alta del Estado (ver figura 14 y 15).





d) Precipitación apreciable y precipitación inapreciable

Las gráficas que registran las variables mencionadas aparecen en la figura 17. Las barras representan el número de días con precipitación apreciable, es decir en los cuales el pluviómetro registró cierta cantidad de lluvia; la línea continua marca en cambio, el número de días de cada mes en que se presentó lluvia tan escasa que el aparato no alcanzó a registrarla es decir, indica el número de días con precipitación inapreciable.

Para las necesidades de humedad de las plantas la lluvia inapreciable, resulta de importancia debido a que el aumento en la humedad del ambiente influye directamente en su crecimiento, el hecho de presentarse precipitación inapreciable señala que la humedad fué suficiente para saturar la atmósfera.

Las estaciones Cuernavaca, Palpan, San Gabriel, Zacatepec, Jojutla y Tilzapotla registran hasta cuatro o más días con lluvia inapreciable al mes, por varios meses, este fenómeno resulta más importante cuando se presenta en los meses anteriores a la temporada de lluvia o al iniciarse ésta; por ejemplo en Tilzapotla, el mayor número se presenta en los meses de mayo y junio. La estación El Rodeo registra el máximo, en el mes de abril. Generalmente las siembras se efectúan a **fin** de mayo o principio de junio y tal vez la lluvia inapreciable no tiene para ellas mucha importancia, pero si la tiene en cultivos perennes, huertos y pastos naturales, por ejemplo.

Se trazó también el mapa de isolíneas de número de días con precipitación inapreciable, que aparece como figura 18, en ella se observan claramente dos zonas de importancia; la primera corresponde a la región Yautepec-Ticunán, cuya presencia se debe segura

mente a que la Sierra de Yautepec o Tetillas forma una sombra meteorológica, en la que el número de días con precipitación inapreciable es superior a 50 **días al año.**

La segunda región Cuernavaca-Palpan, registra más de 30 días anuales con precipitación inapreciable y se localiza en el declive Sur de las Sierras de Ocuilan y Chalma.

Hacia el Sur, Tlacualera y Tilzapotla, registran 20 días anualmente, mientras que al centro del Estado, sólo 10 días y en la porción Norte la cantidad es inferior a ese número.

e) Días despejados.

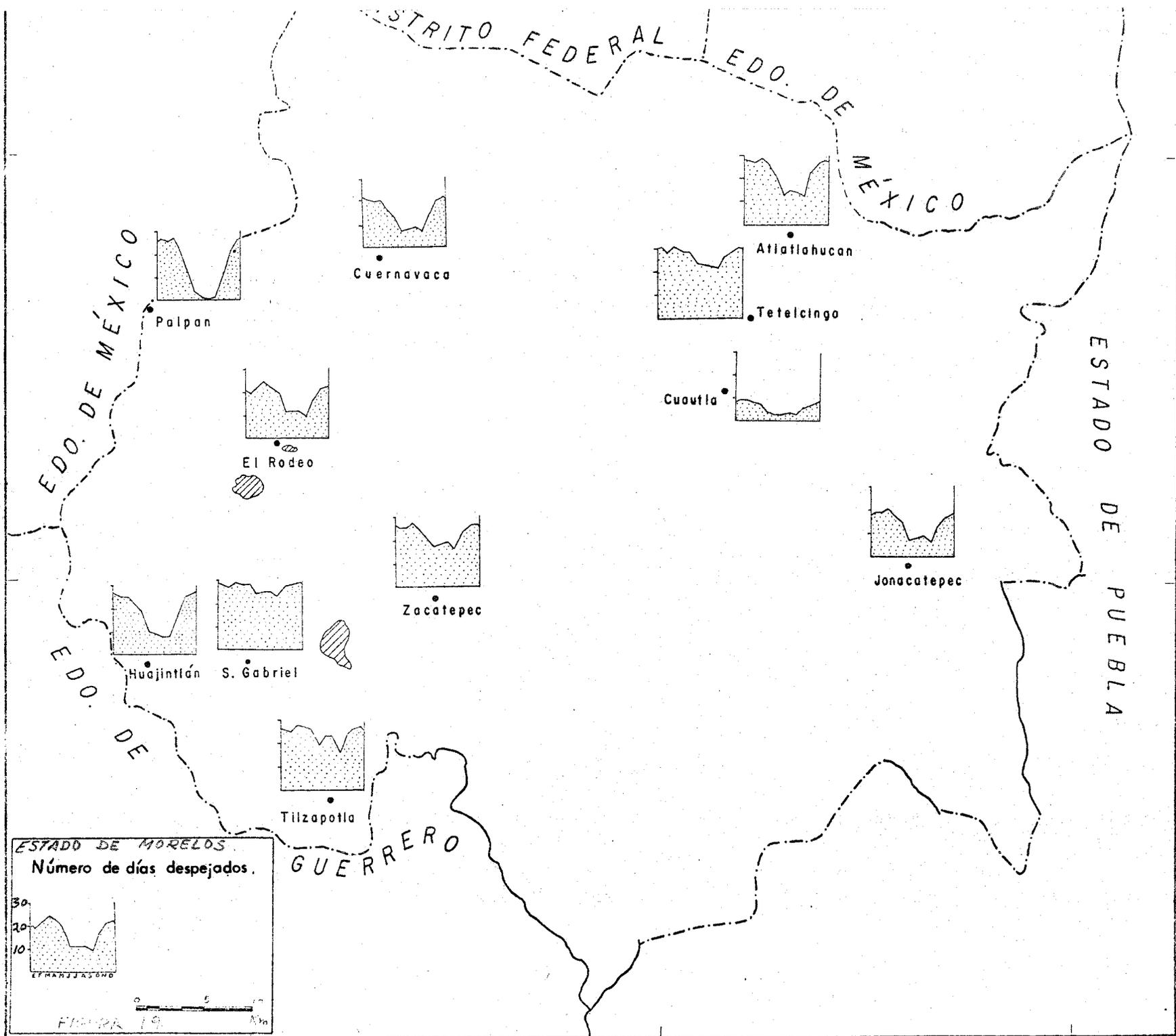
Se presenta en seguida la figura 19 que contiene las gráficas correspondientes a la variable número de días despejados para cada mes del año.

Se aprecia que la curva anual muestra los máximos en los extremos, o sea durante los meses más secos del año: noviembre a abril.

Desgraciadamente no se cuenta con datos de insolación o sea número de horas de sol que resultarían idóneos para hacer la relación con el número de días despejados. Pero, es interesante observar que para estaciones tan lluviosas como San Gabriel, Zacatepec y El Rodeo, el número de días despejados se mantiene alto a lo largo del año, en cambio, en la estación Palpan, no hay días despejados durante los meses lluviosos: junio a septiembre.

En la estación Cuautla, el número de días despejados se mantiene muy bajo durante todos los meses del año; esto quizá se debe a que durante la hora en que se realiza la observación meteorológica, el cielo está cubierto de nubes más de 2/3 partes, o lo que es lo mismo, amanece nublado con mucha frecuencia.

Debe tenerse en cuenta que se registra como día nublado



aquel que tiene $2/3$ partes de la bóveda celeste cubierta de nubes a la hora de la observación.

Día medio nublado, cuando la cantidad de nubes cubre de una a dos terceras partes del cielo.

Día despejado, cuando hay ausencia de nubes o estas cubren menos de la tercera parte de la bóveda celeste.

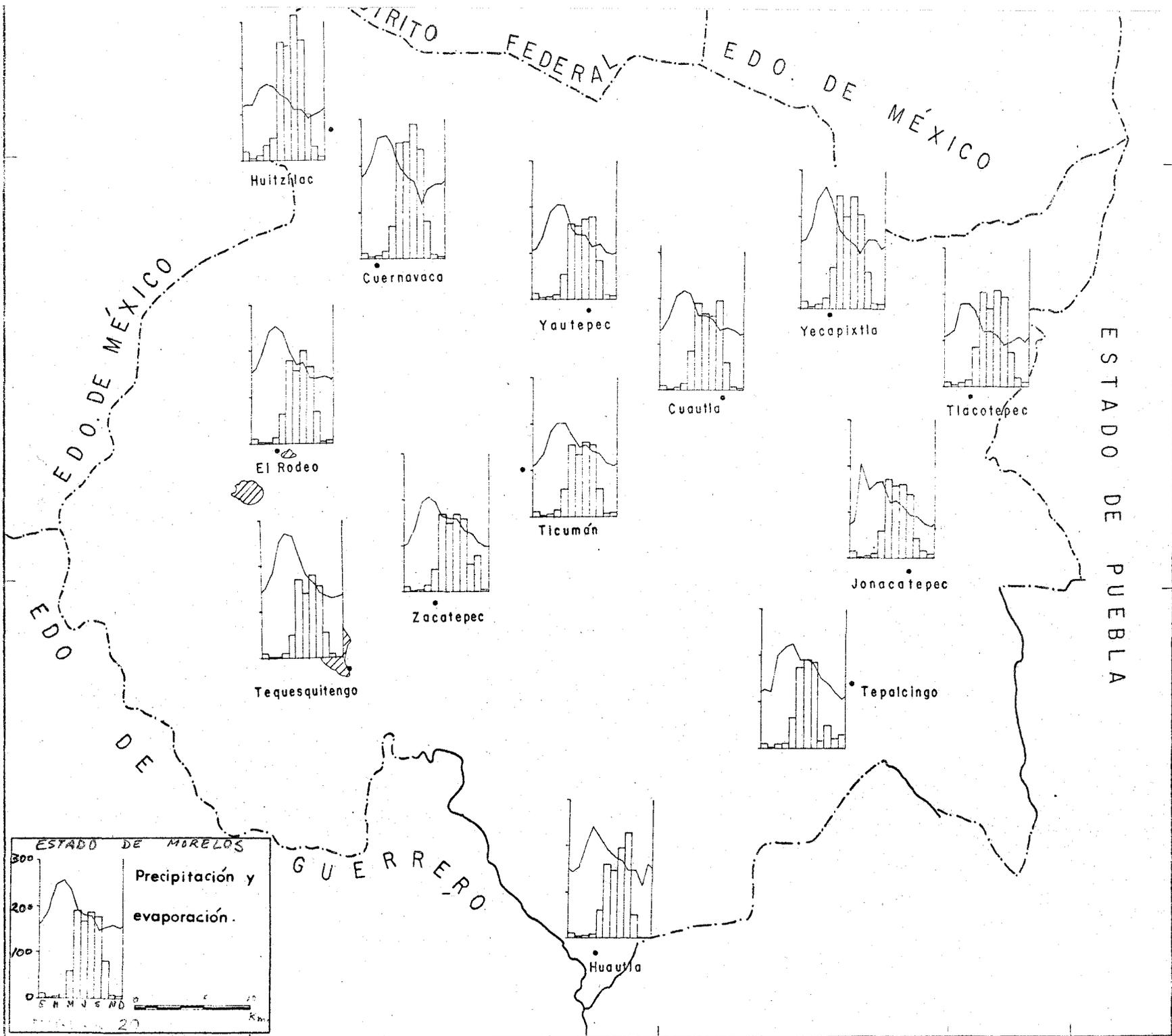
f) Precipitación total y evaporación.

La figura 20 contiene las gráficas de precipitación mensual en forma de barras y en forma lineal aparece representada la presentada la evaporación total para cada uno de los meses. De este modo es posible comparar con más facilidad las dos variables.

Obsérvese que en todas las estaciones, la máxima evaporación se presenta en los meses inmediatos anteriores a la temporada de lluvias, o sea, en la primavera; en cambio, en los meses lluviosos del verano, se ve claramente como la evaporación se abate, debido sin duda al aumento de la nubosidad, que evita en cierto grado la insolación, misma que es la base de la evaporación.

En los meses de otoño, generalmente, la evaporación se conserva baja, siguiendo la tendencia a disminuir, pero en algunos casos tiende a aumentar, por ejemplo, en Cuernavaca, Cuautla y Yecapixtla, donde desde luego no alcanza los niveles de la primavera, pero es interesante observar que en estos lugares, se presenta cierto aumento en dos meses, octubre y noviembre. La evaporación ^{observada} en esta época del año excede siempre a la cantidad de precipitación que se recibe.

En los lugares localizados al Sur del Estado es el mes de diciembre el que registra la menor evaporación del año con excepción de Huautla, cuyos datos reportan un súbito ascenso, precisamente en diciembre.



La evaporación es una de las variables menos estudiadas, pero tiene una importancia primordial para el desarrollo de las plantas, las que no pueden perder demasiada humedad por evaporación, sin detrimento de su crecimiento, y, desde luego, del rendimiento de sus frutos.

Es interesante observar que en Nuitzilac al Norte del Estado, durante los meses de lluvia, la cantidad de agua excedente de la que se evapora, es de importancia; en cambio, en estos mismos meses del verano, en estaciones, como Ticumán, Zacatepec, Tequesquitengo, y sobre todo en Tepalcingo, el excedente es mínimo o no existe. Esta característica dará idea de la fuerte necesidad de agua especialmente en la región de Tepalcingo, al Sureste **del Estado.**

g) Probabilidad de la lluvia

En el trabajo "Precipitación en la República Mexicana y evaluación de su probabilidad", volumen correspondiente al Estado de Morelos, publicado por CENEPAL (1974), se incluyen gráficas mensuales y anuales que relacionan la cantidad de precipitación y la probabilidad de tener esa cantidad o una cantidad mayor en cada uno de los meses del año. La figura 21 es una muestra de dichas gráficas para la estación Cuernavaca. En el eje de las X, se muestra la precipitación anual en milímetros y en el eje de las Y, la probabilidad de tener esa cantidad o una mayor. Si, por ejemplo, se desea saber con qué probabilidad tendríamos en dicha estación 800 milímetros de lluvia, o más, buscaríamos la ordenada para 800 mm y, sería, 93 %.

La recíproca, es también válida; veamos que cantidad de lluvia caería en Cuernavaca, con 80 % de probabilidad; así, entramos a la gráfica con una ordenada de 80 y la abscisa en el punto de intersección de la primera con la curva **da 900 mm. o más.**

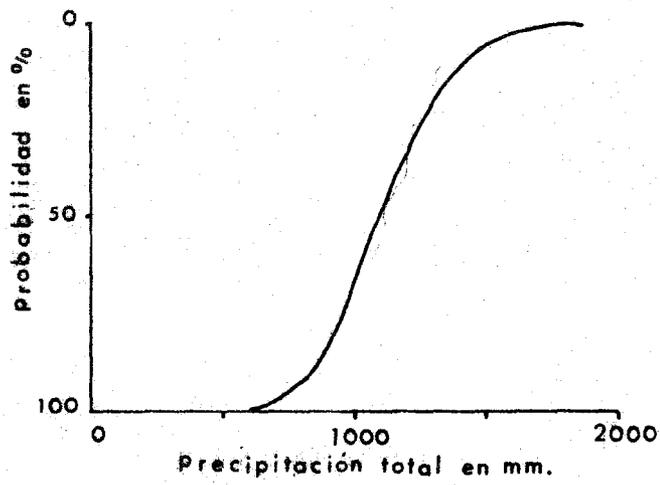
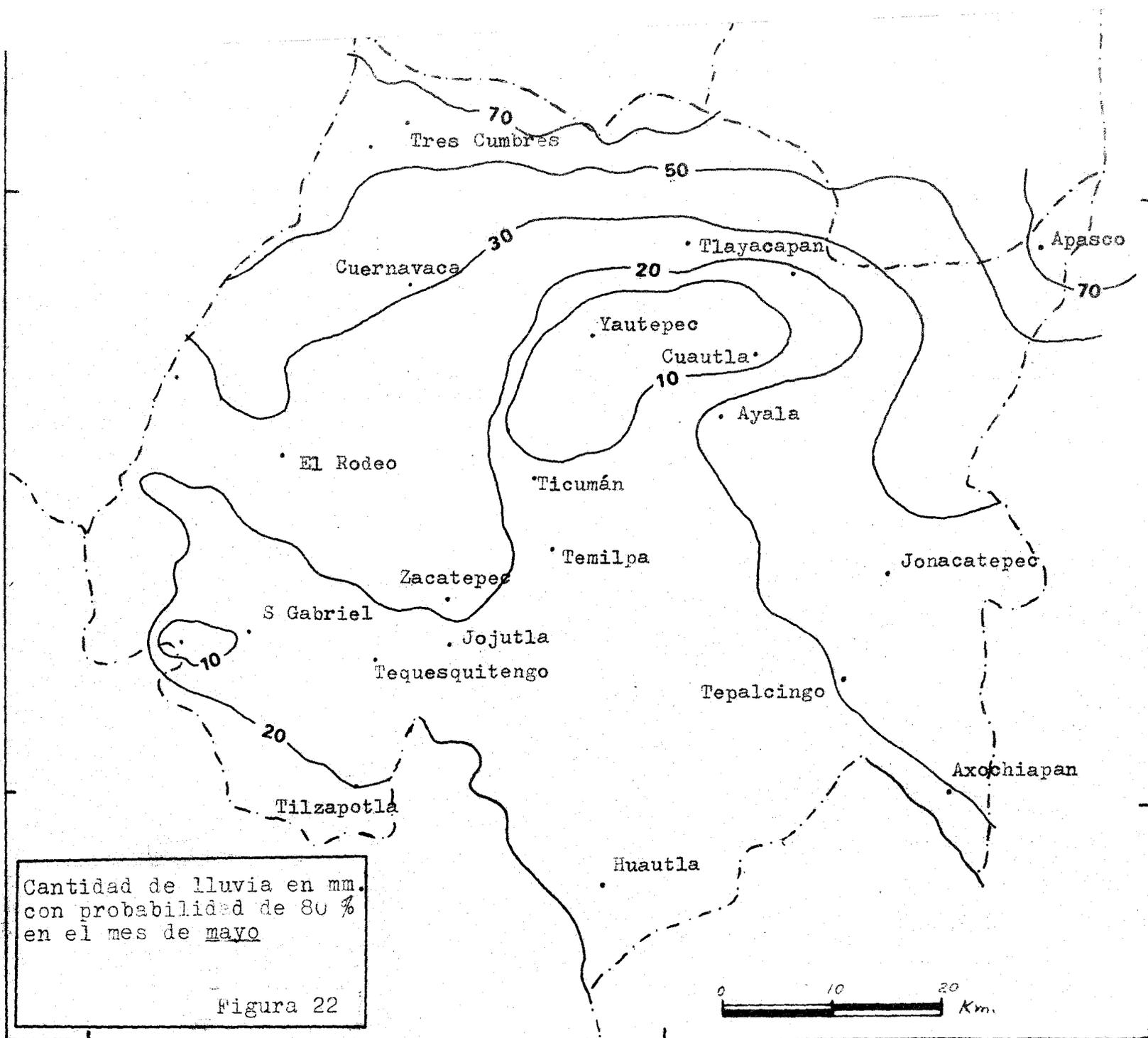


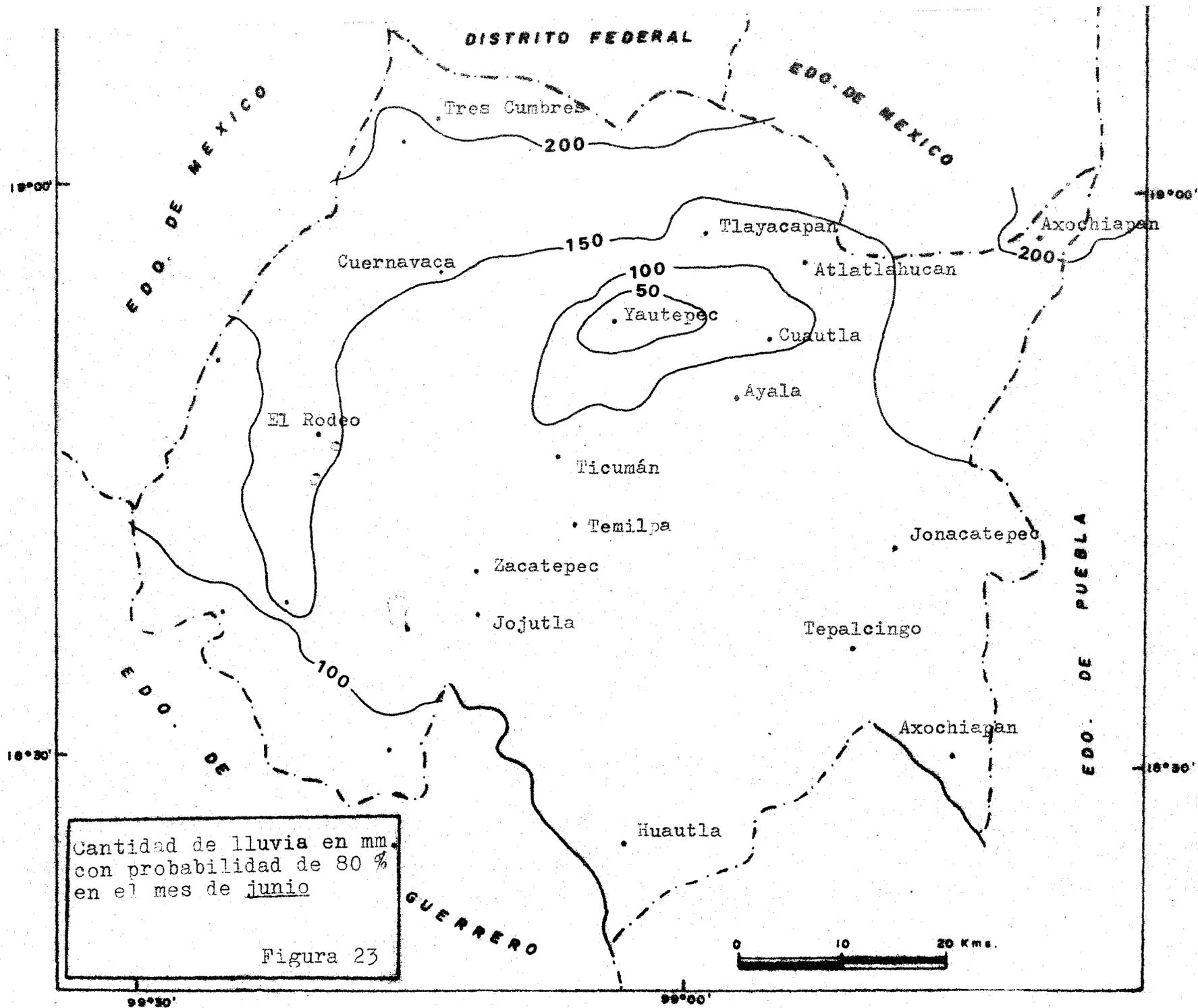
figura 21



Cantidad de lluvia en mm.
 con probabilidad de 80 %
 en el mes de mayo

Figura 22

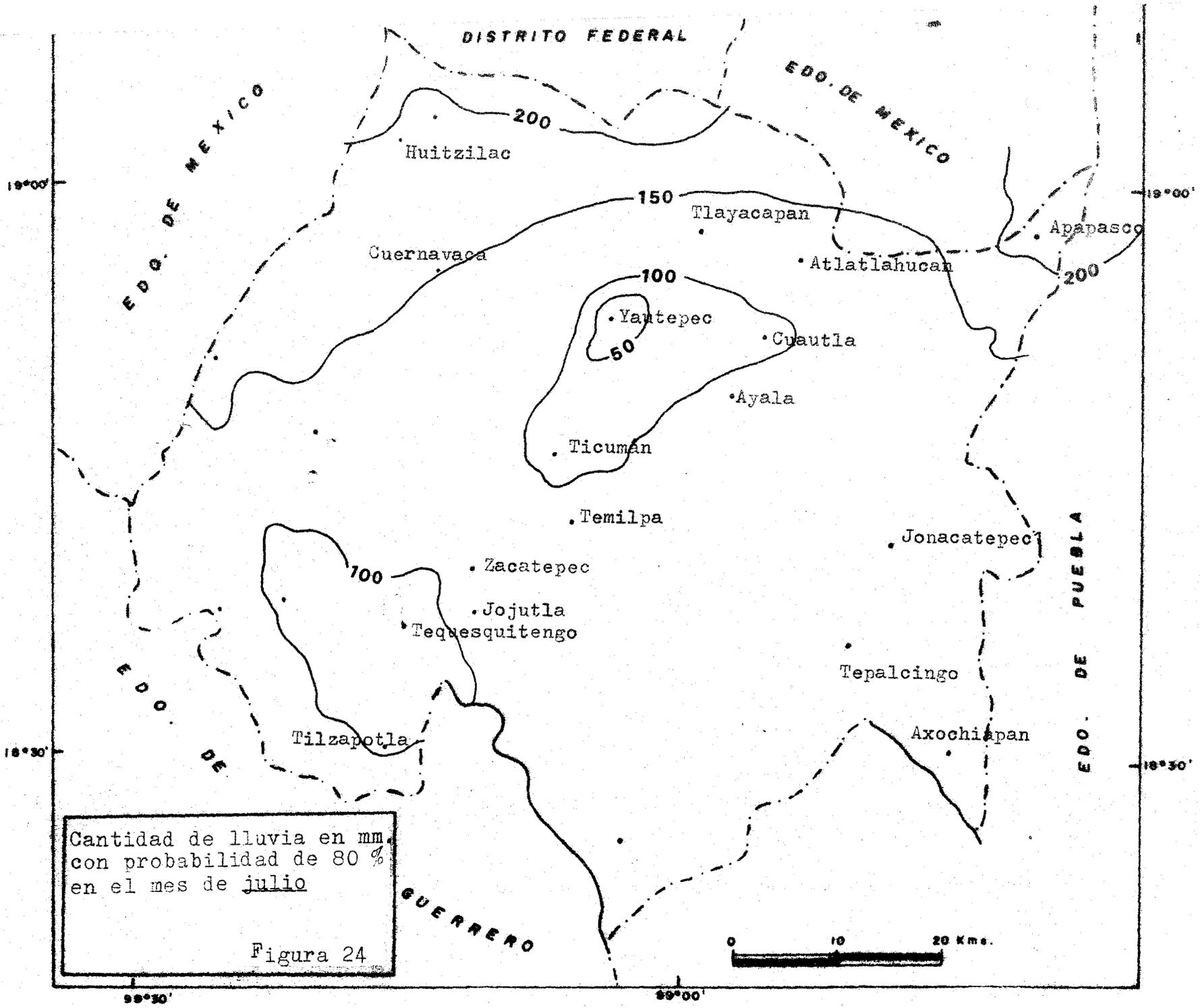
- 47 -



Cantidad de lluvia en mm.
 con probabilidad de 80 %
 en el mes de junio

Figura 23

ESTADO DE MORELOS



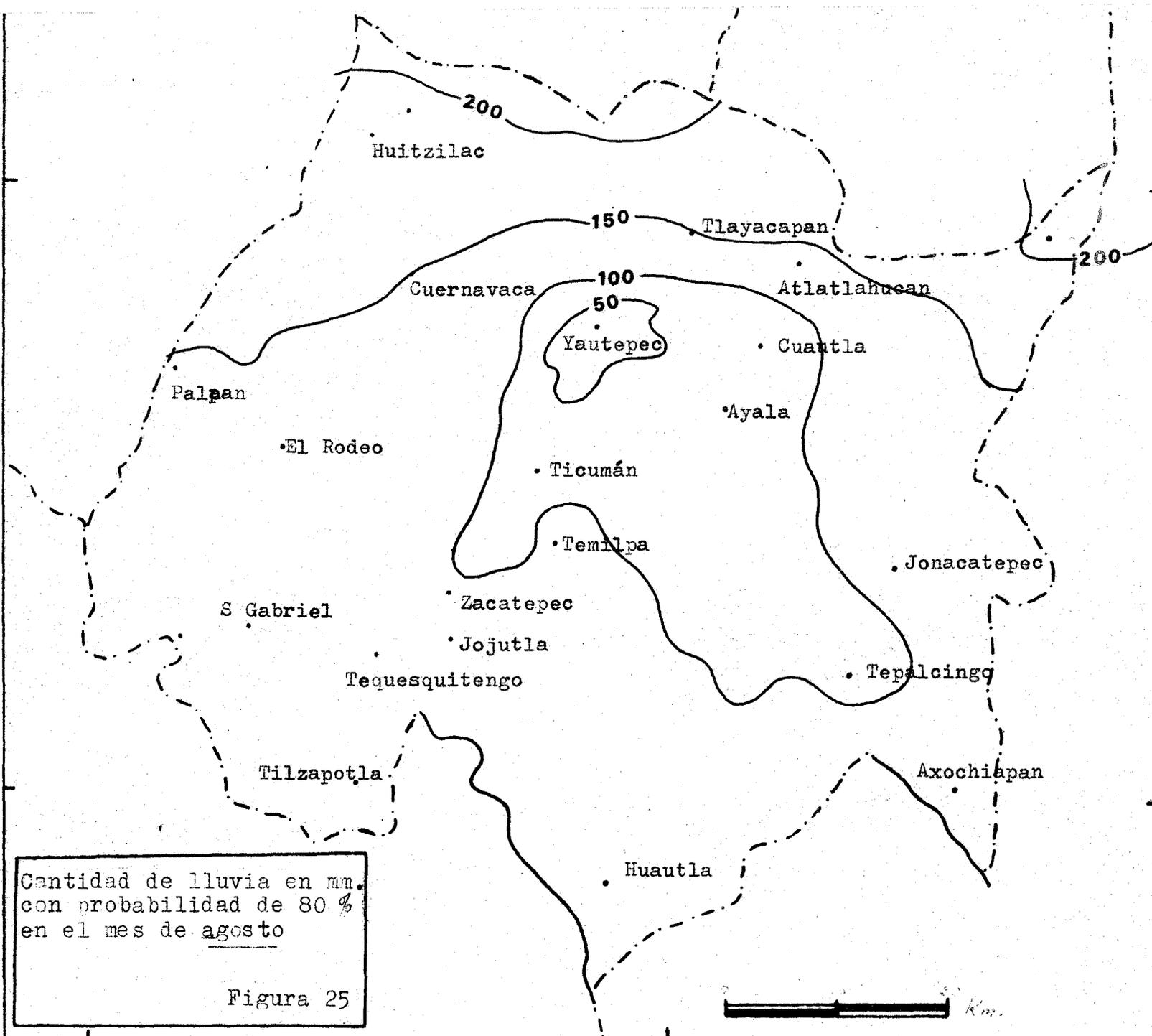
El período de observaciones de lluvia en el Estado varía de 16 a 46 años. Si se considera al total de años de registro de cada estación como 100 %, puede observarse que el 80 % de los años, se tuvo una precipitación igual o mayor que la señalada en la gráfica.

El 80 % representa de hecho la probabilidad de que en años futuros las cantidades indicadas o mayores se presenten.

Utilizando los valores de la precipitación, que se espera con una probabilidad de 80 % para cada una de las estaciones meteorológicas empleadas, se trazaron nueve mapas de isoyetas.

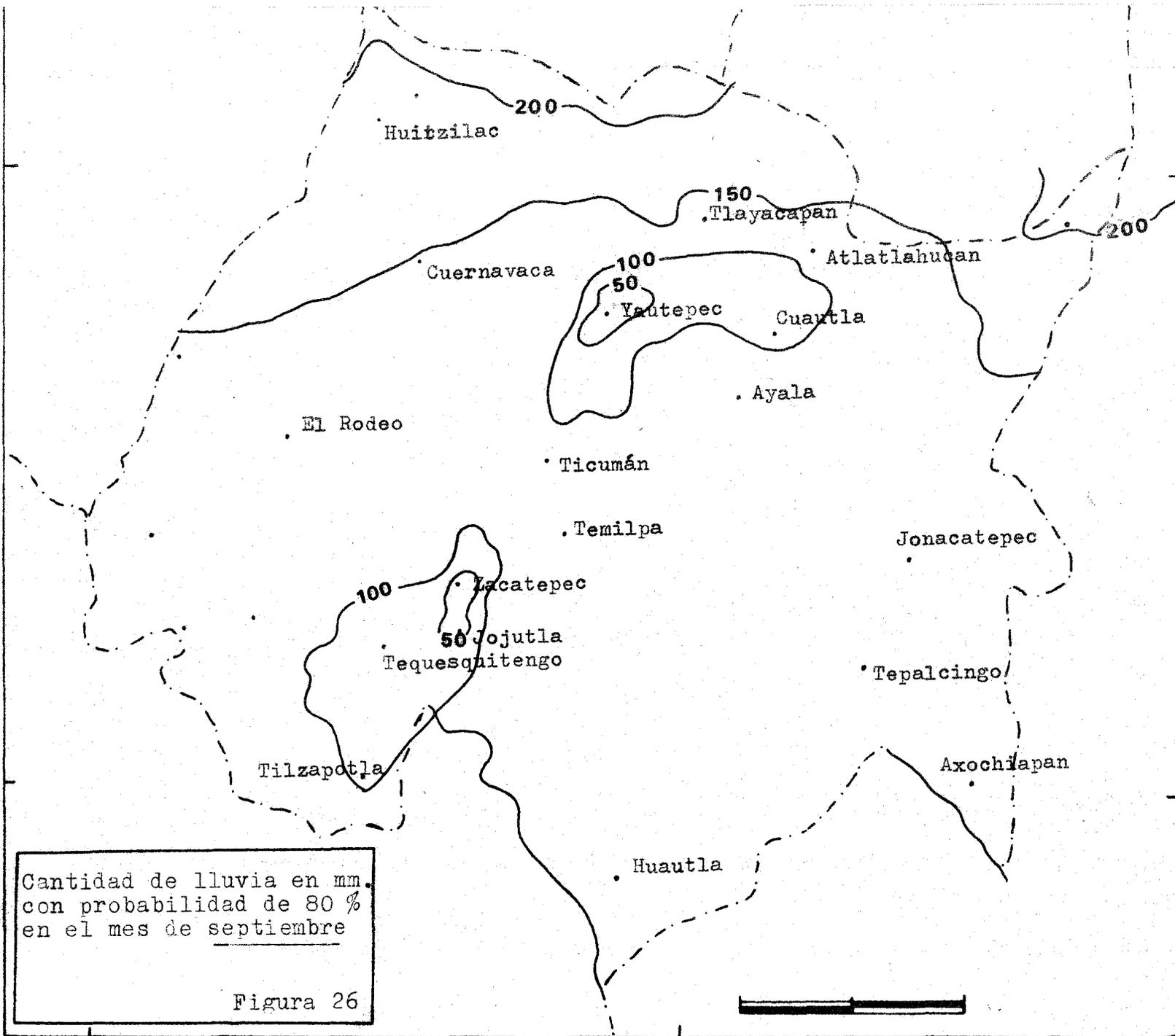
El mapa correspondiente al mes de mayo (figura 22), registra zonas de 70 mm de lluvia en la **zona** Norte del Estado, en las partes altas de la Sierra del ^{Chichinautzin} Sierra Nevada; cantidad que va decreciendo primero a 50 y luego a 30 mm, conforme la altitud disminuye. En la **zona** central del Estado, abarcando el Valle de Yautepec y la región de Tetelcingo, se pueden asegurar sólo 10 mm de lluvia, con una probabilidad de 80 %, al igual que en la pequeña región de Huajintlán, en el Suroeste del Estado.

Aunque en mayo principia la temporada de lluvia, se observa en el mapa del mes de junio (figura 23), que es durante este mes cuando la temporada se establece ya decididamente. En junio la cantidad de lluvia esperada, con un 80 % de probabilidad para el Norte del Estado, y las regiones de San Gabriel y El Rodeo, hacia el Oeste, es mayor de 150 mm. Para el resto se esperan más de 100 mm, exceptuando dos pequeñas regiones, una hacia el centro en el Valle de Yautepec, donde la cantidad desciende a 50 mm y otra que corresponde al extremo Suroeste, abarcando los municipios de Tilzapotla y Amacuzac, en los que se esperan alrededor de 85 mm, para el primero y menos de 50 mm para el segundo.



Cantidad de lluvia en mm.
 con probabilidad de 80 %
 en el mes de agosto

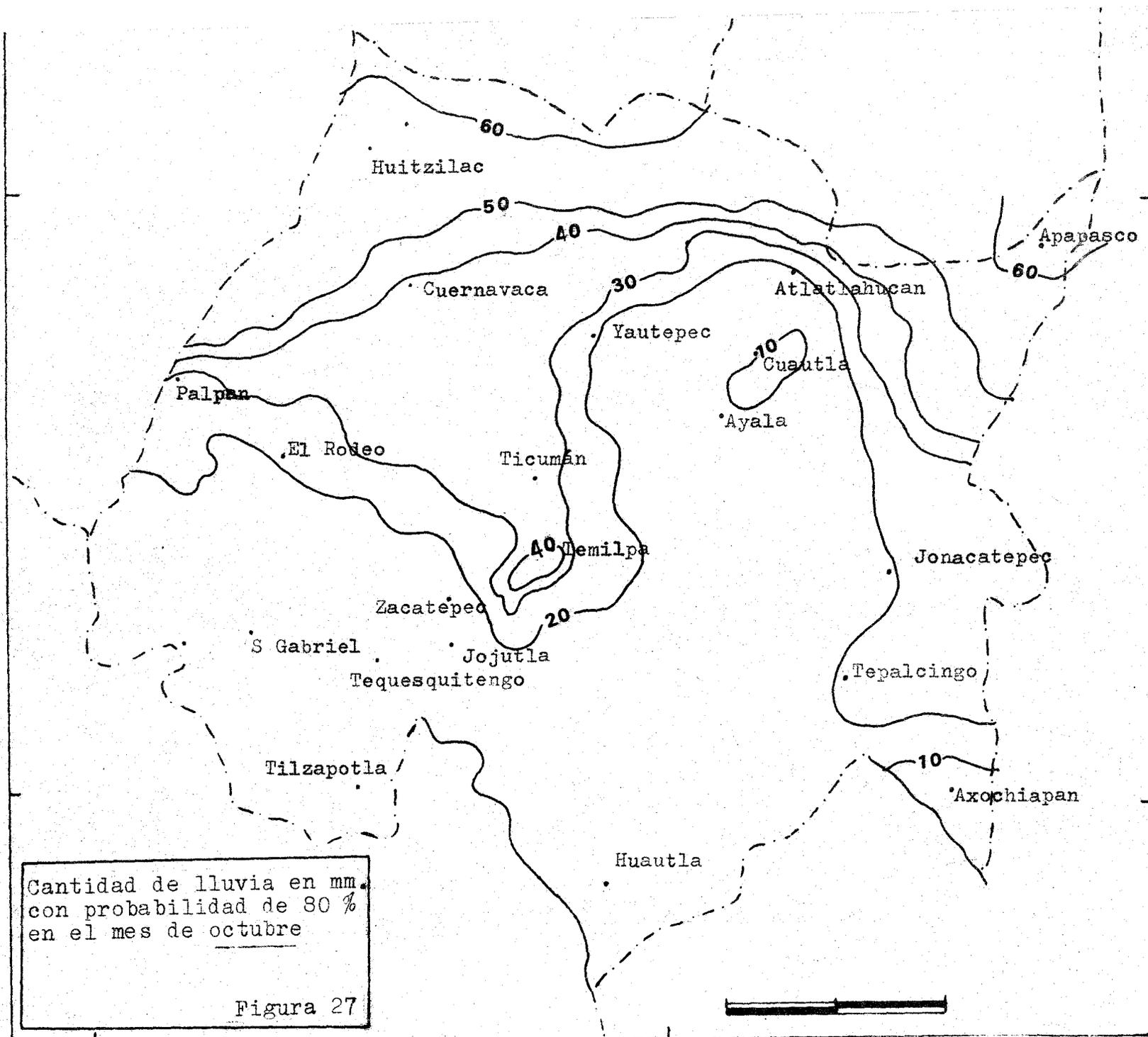
Figura 25



= 52 =

Cantidad de lluvia en mm.
 con probabilidad de 80 %
 en el mes de septiembre

Figura 26

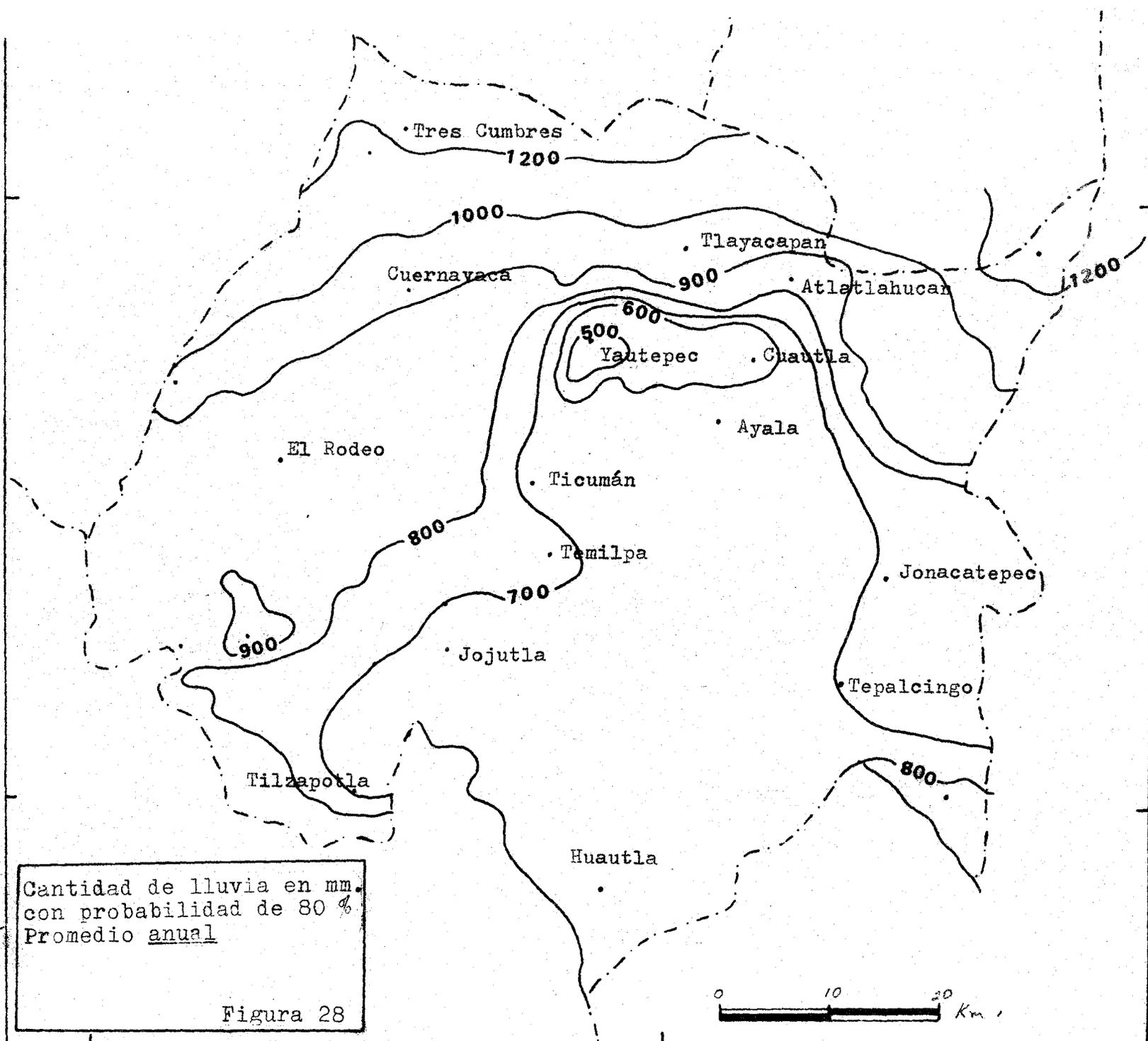


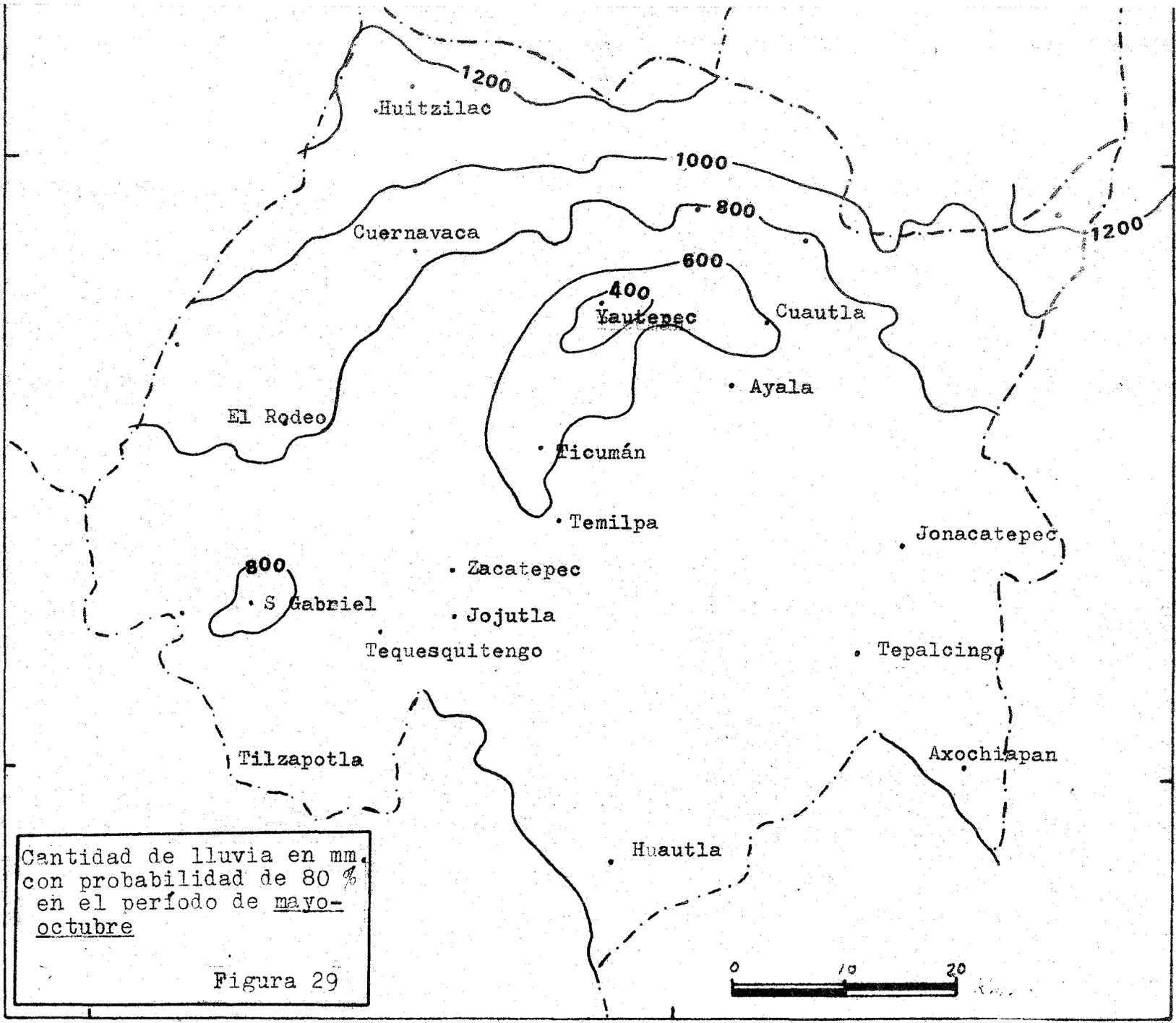
La situación en el mes de julio (figura 24) no varía mucho, la ~~zona~~ Norte del Estado cuenta con una probabilidad del 80% de tener precipitaciones superiores a 150 mm y el resto del Estado con más de 100 mm. En este mes se esperan menos de 100 mm para dos regiones: hacia el Sureste la zona de Tilzapotla y San Gabriel y al centro los valles de Yautepéc y Ticumán, así como los alrededores de Tetelcingo.

Durante el mes de agosto (figura 25), la región que espera con 80 % de probabilidad, precipitaciones inferiores a los 100 mm, es la más amplia de la temporada de lluvia **y abarca** como se aprecia en el mapa, la mayor parte de los municipios de Yautepéc, Cuantla, Ayala, Tlaltizapán y Tepalcingo que se localizan al centro del Estado. **La zona Norte del Estado** conserva idénticas condiciones que durante el mes de julio, representado en el mapa anterior.

La cantidad de lluvia para el mes de septiembre (figura 26), retorna a una distribución semejante a la del mes de julio, con la diferencia de que se esperan menos de 100 mm para Jojutla y Zacatepec, municipios que en los meses anteriores se habían conservado por encima de este valor.

Para completar la temporada lluviosa se trazaron las isoyetas con probabilidad del 80 %, correspondientes al mes de octubre (figura 27). Los valores que se observan en el mapa vuelven a ser pequeños, como los del mes de mayo: hacia el norte de Cuernavaca, Ocuituco, Tetela del Volcán y Apasco, se esperan precipitaciones superiores a los 40 mm; en lugares localizados a mayor altitud, se esperan cantidades superiores a 60 mm. Hacia el sur de Cuernavaca se extiende una amplia zona que abarca hasta Tlaltizapán, con preci-





ESTADO DE MORELOS

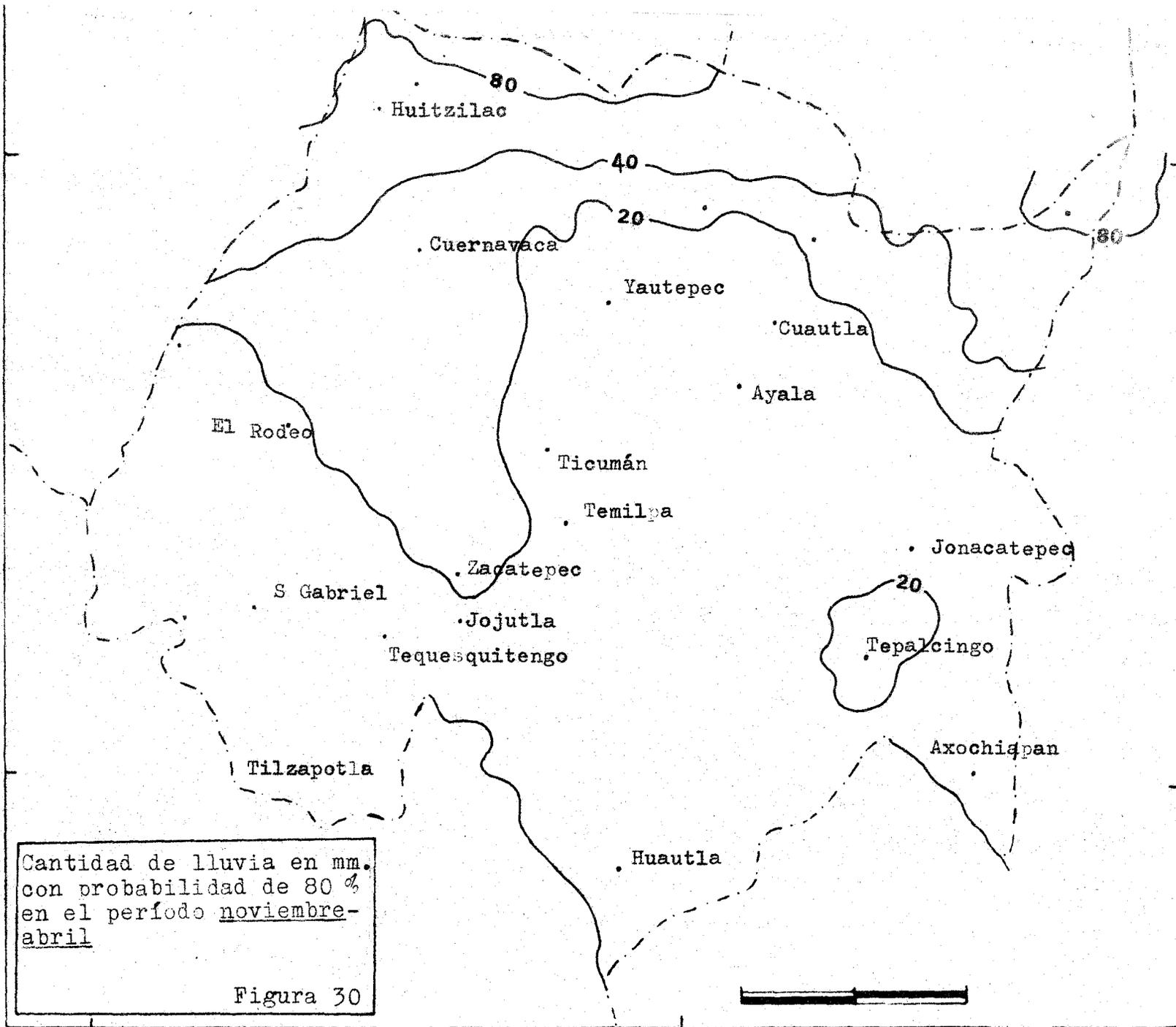
Basilio

pitaciones entre 30 y 40 mm, mientras que los valles de Yautepec, Cuautla y toda la zona Sur del Estado habrá de conformarse con menos de 20 mm. Hay dos pequeñas zonas, una al Norte de Cuautla, en Tetelcingo, y otra en el extremo Sureste en Axochiapan, donde las lluvias con probabilidad del 80 %, serán inferiores a 10 mm.

Se trazó también el mapa anual (figura 28) de precipitación con el 80 % de probabilidad, que es un resumen de la situación presentada en los mapas mensuales, fué elaborado con el dato del total de lluvia anual; la isoyeta menor es de 500 mm y la mayor es de 1 200 mm o más, este mapa da idea de la cantidad de precipitación con que se cuenta al año.

El penúltimo mapa de la serie es el de distribución de la lluvia para el período de mayo a octubre (figura 29) mismo que reúne la cantidad de precipitación con que se cuenta durante estos meses que forman la temporada *lluviosa* del año. Es en el Valle de Yautepec donde se espera la menor cantidad de lluvia (máximo 400 mm). Esta región se amplía hacia el Sur prometiendo a los municipios de Yautepec y Tlaltizapán, sólo 600 mm. El resto del Estado cuenta con lluvia entre 600 y 800 mm, hacia la zona Norte, paralelamente a la altitud, la lluvia aumenta a 1000 mm y a altitudes superiores a 3 000 m se pueden esperar con el 80 % de probabilidad precipitaciones superiores a 1 200 mm.

El mapa que muestra la precipitación para la temporada seca ^{que} es el de noviembre a abril (figura 30), presenta lluvias poco abundantes, 80 mm como máximo para altitudes de 3 000 m, en las Sierras del ^{Chichinautzin} Nevada; 40 mm para las laderas de estas mismas Sierras que presentan alturas de 1 600 a 1 800 m; 20 mm de lluvia



ESTADO DE MORELOS

58

para una amplia zona que abarca el Valle de Cuernavaca y se extiende hasta Zacatepec y menos de 20 mm para el resto.

Resulta sorprendente que al observar los mapas anteriores, el Valle de Yautepec, promete muy baja cantidad de lluvia, con la probabilidad de 80 %, lo que hace resaltar en toda la secuencia de mapas mensuales una región, cuyo tamaño es variable, y se forma con una tendencia muy marcada hacia la región de Tetelcingo y Atlatlahucan, teniendo siempre a Yautepec como centro.

Con el fin de tratar de explicar las causas que dan origen a esta irregularidad tan marcada, se calculó la variabilidad intersecuencial anual para todo el período de años de observación de la estación Yautepec y Atlatlahucan, ésta resultó ser de 243.0 mm para la primera y de 318.0 mm para la segunda.

La variabilidad intersecuencial anual o variabilidad interanual, se calculó con los datos anuales; esta variabilidad representa lo que se espera que varíe la lluvia de un año con respecto al siguiente y no con respecto a la media; la variabilidad intersecuencial está expresada en las unidades del experimento, en este caso en milímetros.

La fórmula empleada es :
$$VIS = \frac{m_1 - m_2 + m_2 - m_3 + m_3 - m_4 + \dots + m_n - m_n}{n-1}$$

$m_1, m_2 \dots m_n$ = lluvia anual en los diferentes años de observación.

Al dividir estas cantidades entre la lluvia media anual, resulta la variabilidad intersecuencial expresada en porcentaje, lo que hace más fácil su interpretación.

El resultado fué una variabilidad de 26 % para Yautepec y de 18 % para Atlatlahucan.

Los porcentajes mayores indican grande variabilidad de

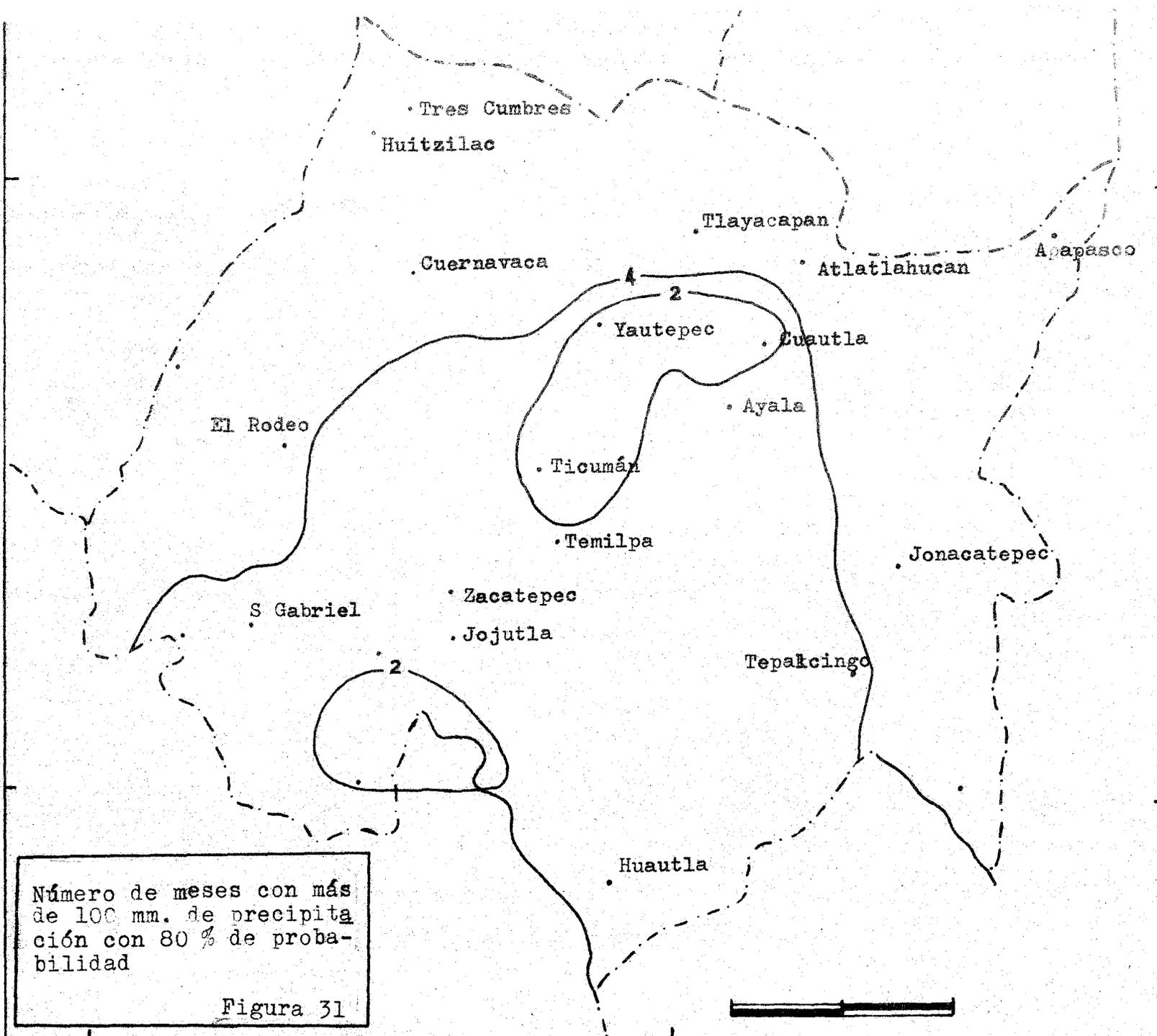
la cantidad de lluvia de un año a otro, dentro del período estudiado, y porcentajes menores, están directamente relacionados con menor variabilidad intersecuencial, por consiguiente, cantidades mayores de lluvia pueden pronosticarse como seguras, con la probabilidad de 80 %. Se deduce que debido a la variación tan grande de la cantidad de lluvia que recibe Yautepec de un año a otro, la cantidad de lluvia que se puede esperar, con el 80 % de probabilidad es menor que en estaciones con un período largo de años de observación.

Se trazó además un mapa (figura 3/) que señala el número de meses que registraron en todo el período de observaciones una precipitación mayor o igual a 100 mm, con una probabilidad del 80 %, es decir, según se observa en el mapa, hay una buena razón para esperar cuatro meses lluviosos en la zona que comprende el Noreste, Norte y Noreste del Estado, como lo muestra la isolínea de cuatro meses.

Sin duda, tiene importancia para intentar algún cultivo, el conocer durante cuántos meses al año, la cantidad esperada, con 80 % de probabilidad, es mayor o por lo menos igual a 100 mm.

En general, la región central y Sur del Estado, presenta menos de tres meses con lluvia de 100 mm o más en el período estudiado.

Hacia el centro del Estado, en la región del Valle de Ticumán y en Tilzapotla, situado al Suroeste, el registro marca solamente dos meses al año con esta característica. Y en las pequeñas regiones de Yautepec y Tetelcingo, no se registró ningún mes con precipitación de 100 mm durante el año. En estas regiones la probabilidad de tener esa cantidad, disminuye a 60 % o menos.



• Tres Cumbres
• Huitzilac

• Tlayacapan

• Cuernavaca

• Atlatlahucan

• Apapasco

• Yautepec

• Cuautla

• El Rodeo

• Ayala

• Ticumán

• Temilpa

• Jonacatepec

• S. Gabriel

• Zacatepec

• Jojutla

• Tepakcingo

• Huautla

VI. CLIMAS.

Los climas del Estado según la clasificación de Köppen modificada por E. García (1964), resultan como sigue: (figura 32)

A altitudes menores de 1 400 m, abarcando más de la mitad Sur del Estado se presenta el tipo de clima $Aw''(w)(i')g$; caliente subhúmedo A, el más seco de los subhúmedos w_0 , con cociente P/T (precipitación total anual en mm entre temperatura media anual en grados centígrados menor de 43.2), con régimen de lluvia de verano; las comillas indican la presencia de canícula o sequía de medio verano y la (w), un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la total anual. La (i') significa con poca oscilación de las temperaturas medias mensuales, es decir entre 5° y 7°C. La *y'* marcha de la temperatura es tipo Ganges, o sea que el mes más caliente del año, es antes de junio; esta característica se presenta en todo el Estado.

En el extremo Suroeste, hay dos pequeñas zonas de las estribaciones de la Sierra de Huitzucó, cerca de los límites con el Estado de Guerrero, que presentan clima caliente subhúmedo $Aw''_1(w)(i')g$, pero con un índice de humedad superior *al clima caliente* que corresponde en grado de humedad al cálido subhúmedo w_1 , intermedio entre w_0 y w_2 con un cociente P/T comprendido entre 43.2 y 55.3.

Hacia el Norte se presentan dos franjas de climas de transición entre los cálidos A y los templados C, que se denominan semicálidos y se designan con el símbolo A(C).

La primera zona de clima A(C) agrupa a las estaciones más frescas del grupo A de Köppen y la segunda área (A)C, a las más cálidas del grupo C. Todas estas estaciones se caracterizan

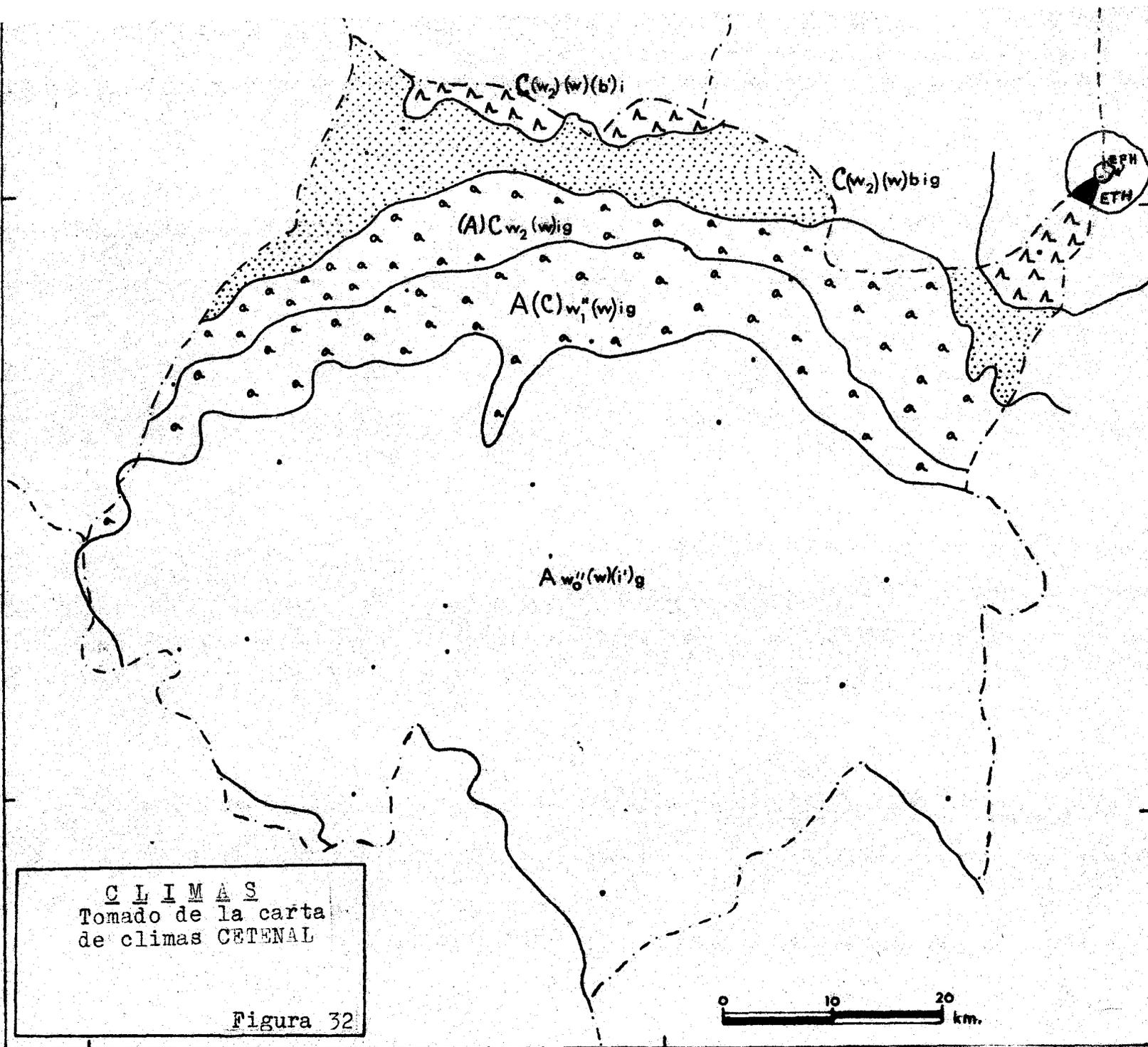
por tener temperatura media anual entre 18° y 22°C .

La primera franja corresponde al clima $A(C)w_1''(w)ig$, que puede describirse como un clima semicálido, subhúmedo con lluvia de verano, intermedio por su humedad entre w_0 y w_2 , con canícula o sequía de medio verano; porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual (w), isotermal con oscilación menor de 5°C , y marcha de la temperatura tipo Ganges.

Hacia el Norte de este clima se encuentra el $(A)Cw_2(w)ig$, que pertenece también al subgrupo de los semicálidos con lluvia de verano, pero es el más húmedo de los subhúmedos (w_2). Se localiza en las estribaciones de la Sierra del **Chichinautzin** y del Popocatépetl.

Correspondiendo a una parte más elevada de las laderas de la misma Sierra de 2 200 a 2 800 m, se encuentra una amplia zona de clima templado: $Cw_2(w)big$, con temperatura media anual entre 12° y 18°C , la del mes más frío mayor de -3° y la del mes más caliente mayor de 6.5°C . El símbolo w_2 indica lluvia de verano y pertenece al más húmedo de los subhúmedos con cociente P/T mayor de 55.3; la (w) indica un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la total anual, es isotermal y presenta marcha de la temperatura tipo Ganges.

El clima $C(w_2)(w)(b')i$ se encuentra a altitudes superiores a 2 800 m; es éste un clima semifrío, el más húmedo de los subhúmedos (w_2), con verano fresco y largo, la temperatura del mes más caliente entre 6.5° y 22°C , corresponde a la parte más elevada de la Sierra del Ajusco en el límite entre el D.F. y el Estado de Morelos y el Popocatépetl, a altitudes comprendidas



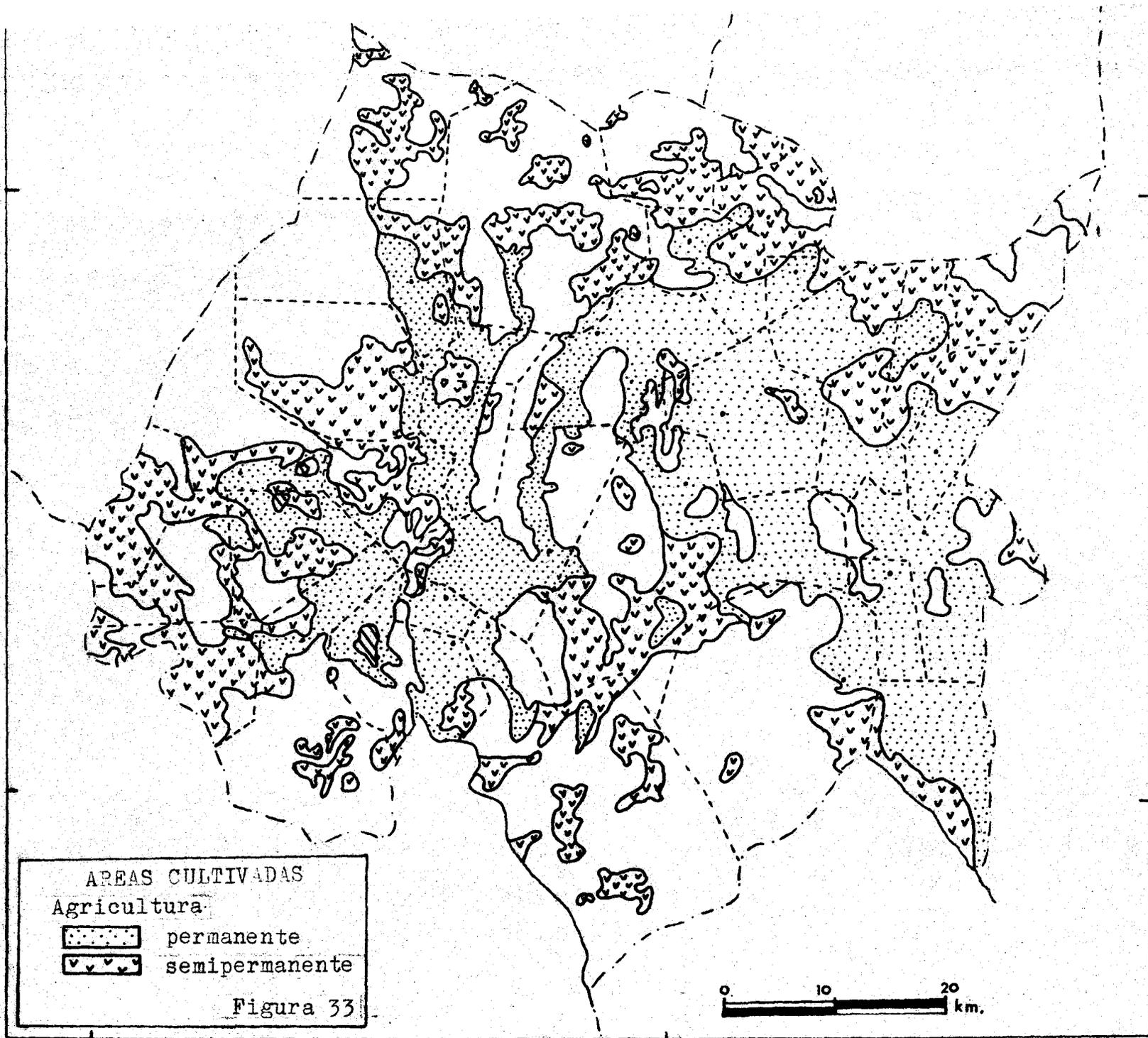
C L I M A S
 Tomado de la carta
 de climas CETENAL
 Figura 32

entre 2 800 y 4 000 m; este subgrupo de climas semifríos con temperatura media anual entre 5° y 12° C y la del mes más frío superior a -3° C, comprende las estaciones más frescas del grupo C templado de Köppen, y las menos frías del grupo E, frío. El símbolo que distingue a las estaciones semifrías de las templadas es (b') que indica verano fresco y largo.

En alturas superiores a 4 000 m en el Popocatepetl, se presentan los climas fríos ETHw, y los muy fríos EFHw o de hielos perpetuos, ambos con régimen de lluvia de verano w. La altitud calculada como límite entre los ET y el EF, resultó para García (1968) de 5 272 m, mismo que coincide con el de las nieves perpetuas.

Los climas que se representan, según el sistema de clasificación corresponden por su grado de humedad a los tres subtipos de climas subhúmedos; quedan por su temperatura en los grupos y subgrupos siguientes:

cálidos	Aw_0 y Aw_1
semicálidos	$A(C)w_1$ y $(A)Cw_2$
templados	Cw_2
semifríos	$Cw_2(b')$
fríos	ETHw
muy fríos	EFHw



AREAS CULTIVADAS
Agricultura
[stippled box] permanente
[triangle box] semipermanente
Figura 33

0 10 20 km.

VII. CULTIVOS

El mapa 33 muestra en tono oscuro las regiones donde se practica la agricultura de manera permanente, es decir tierras en las cuales se siembra año con año ininterrumpidamente, y en tono claro las de agricultura semipermanente, corresponden a terrenos de cultivo que no se siembran todos los años; en el mapa original * aparecen como "áreas agrícolas estabilizadas" y "agricultura nómada" respectivamente.

Los municipios que tienen agricultura permanente ocupan la porción central del Estado, corresponden en general a las mejores tierras de cultivo, en los valles y abrcan también las áreas de riego, donde es posible tener dos cosechas al año.

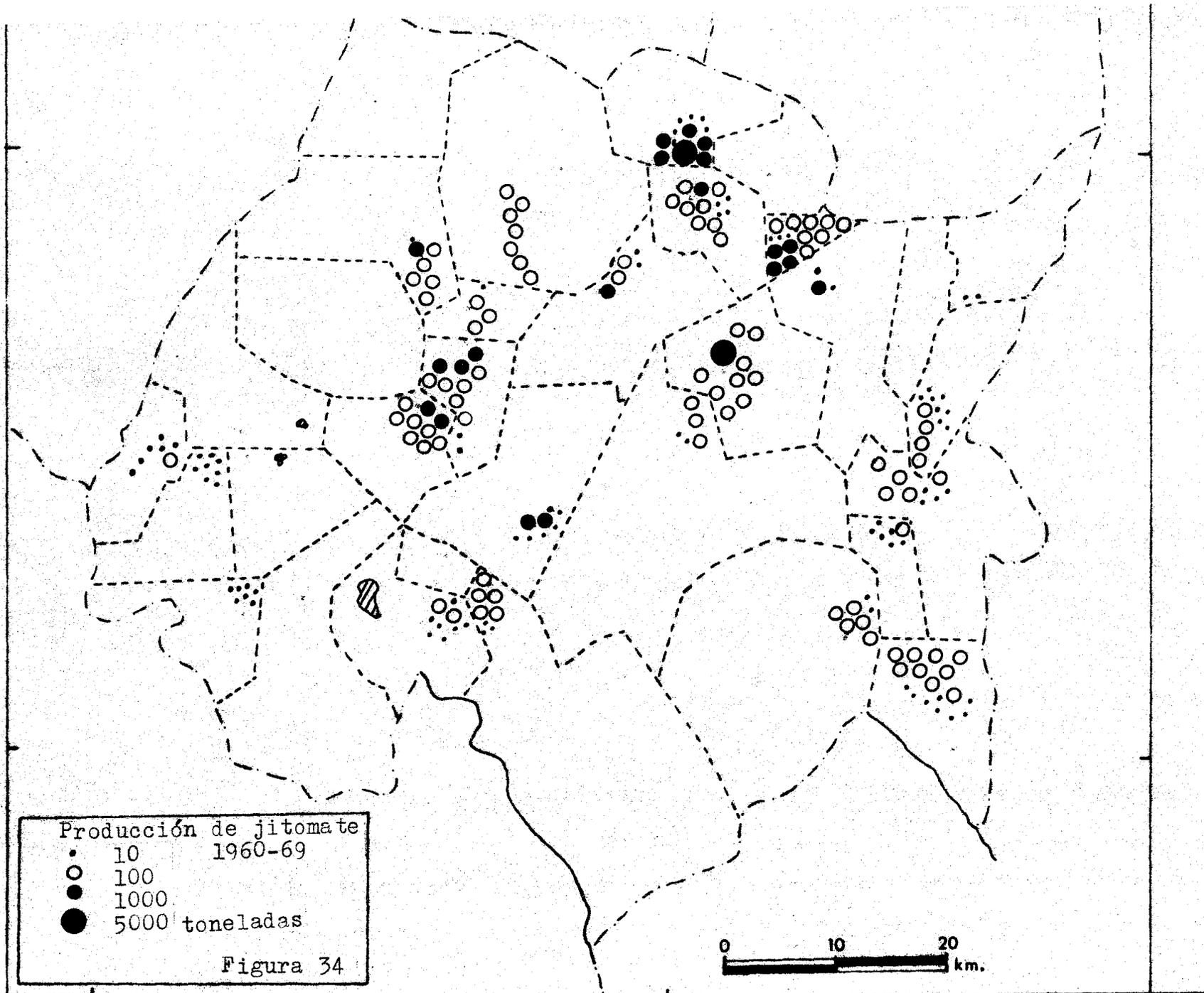
Las áreas de agricultura semipermanente se localizan en terrenos con alguna pendiente, en estribaciones de las montañas, y, en general, no poseen buenas vías de comunicación.

Es la agricultura la actividad principal de los habitantes de 30 de los 32 municipios del Estado, las excepciones son Cuernavaca y Zacatepec donde las actividades principales son servicios, en el primero e industria de transformación en el segundo.

Tomando como base la localización de las regiones agrícolas del Estado que aparecen en el mapa de los Tipos de Vegetación y Uso del Suelo del Inventario Forestal del Estado de Morelos, S.A.G., se señalaron en los mapas siguientes, con puntos de distinto tamaño la producción de jitomate, maíz, frijol solo y frijol intercalado, de temporal. Estos productos son los mismos que fueron escogidos para tratar de encontrar una posible relación entre su rendimiento por hectárea y algunas de las variables del clima.

La distribución de la producción de jitomate de temporal en el Estado se señala en el mapa 34, que representa el promedio de la

* Inventario Forestal del Estado de Morelos



- 89 -

producción de la década 1960-1969, este período corresponde al inicio del incremento en la siembra y producción intensiva de jitomate en el Estado, destacan los municipios de Tlalnepantla, Tlayacapan, Atlatlahucan y Cuautla, situados cerca de los límites con el vecino Estado de México.

Los municipios de Cuautla y Tlalnepantla registraron en éste período un promedio de producción de 5 500 y 5 900 toneladas anuales respectivamente; Atlatlahucan produjo 4 830 toneladas y le siguieron en importancia los municipios de Totolapan y Emiliano Zapata con producción mayor de 3 500 toneladas anuales.

La segunda zona productora en importancia, abarca los municipios de Emiliano Zapata, Xochitepec y Cuernavaca.

En 1966 la producción total fue de 68 250 toneladas que se recogieron en 6 500 hectáreas dedicadas al cultivo y tuvieron un rendimiento medio de 10 500 kg. por hectárea. El 18 % del cultivo fue de riego y el 82 % de temporal.

En 1972, el Estado ocupó el segundo lugar en la producción de jitomate en el país, con 172 294 toneladas para ese año. El primer productor fue Sinaloa con 465 217 toneladas. Tomando en cuenta su rendimiento, Morelos ocupa el sexto lugar nacional con 19 000 kg. por hectárea, cifra que representa rendimientos moderados si se tiene en cuenta que los Estados de Jalisco y Baja California reportan rendimientos de 29 933 kg. y 28 636 kg por hectárea respectivamente.

Las variedades que se siembran en el Estado son: Nanapal, Homestead 61, Hoestead Elite y Homestead 24 (temporal).

De jitomate huajito principalmente la variedad Roma.

La siembra se efectua de junio a julio y la cosecha de octubre a enero. El 82 % del jitomate que se siembra corresponde a terrenos de temporal.

Las plagas principales son el "gusano alfiler", el "gusano del fruto", la "mosquita blanca" y el "tizón temprano", "tizón tardío" o "antracnosis" al que los agricultores llaman "la mancha". Estas plagas son combatidas con productos como Lannate 90 PS, Tamaron 50 % LE, Semivol 500 LE, Thiodan 35 % LE, Captan 50 % PH, en diferentes dosis y aplicaciones cuyo número varía de 1, 3, 6 y hasta 14 para el tizón.

El jitomate es un cultivo que representa alto riesgo para los campesinos, pues además de ser atacado por diversas plagas, la variación de la humedad y el tipo de precipitación puede dañar con rapidez a la planta.

El granizo tiene influencia nociva muy importante en este cultivo; en algunas encuestas hechas en municipios productores como Cuautla, Yecapixtla y Atlatlahucan, los campesinos informaron que utilizan cohetones para desviar o tratar de desintegrar las nubes de granizo.

Desgraciadamente no fué posible trabajar la variable número de días con granizo, debido a que los registros contienen únicamente ceros, lo cual indicaría que el fenómeno no se presenta en ninguna de las estaciones. Los campesinos de diversos lugares indicaron que por lo menos se presentan cuatro o cinco granizadas en la temporada lluviosa cada año.

Maíz . Debido a que este producto sigue siendo la base

de la alimentación del mexicano pues es una planta que casi no tiene restricciones climáticas, todos los municipios del Estado lo producen aunque en distinta medida.

En 1945, México importó entre 15 y 20 % de sus cereales en grano, principalmente maíz y trigo para cubrir la demanda de la población. Esta situación cambió drásticamente en las siguientes dos décadas en que hubo un fuerte aumento en la producción de granos para alimentación básica. Para 1960 el déficit de alimentos había desaparecido y en 1963 el suministro empezó a exceder a la demanda doméstica y durante los siguientes cinco años fueron exportadas considerables cantidades de maíz (5.4 millones de toneladas en el período 1964-1969).

Pero en los 1970s esta dinámica de crecimiento se perdió y México tuvo otra vez que importar entre 15 y 20% de éstos granos básicos.

La producción de maíz se ha incrementado en más de 250 % durante el cuarto de siglo 1945-1970. Los rendimientos subieron de 700 a 1 300 kg. por hectárea pero la población también subió y, por tanto, la demanda creció 220 %.

Después de experimentación extensiva, se encontró que el nitrógeno fue el principal elemento limitante en la mayoría de los suelos. Por tanto en el Estado de Morelos, como sucede en la mayoría de los estados del país, el maíz ha sido relegado a los más pequeños y menos avanzados campesinos en áreas de temporal, donde las condiciones son difíciles. Las áreas de riego son utilizadas para sembrar generalmente arroz, jitomate y caña de azúcar.

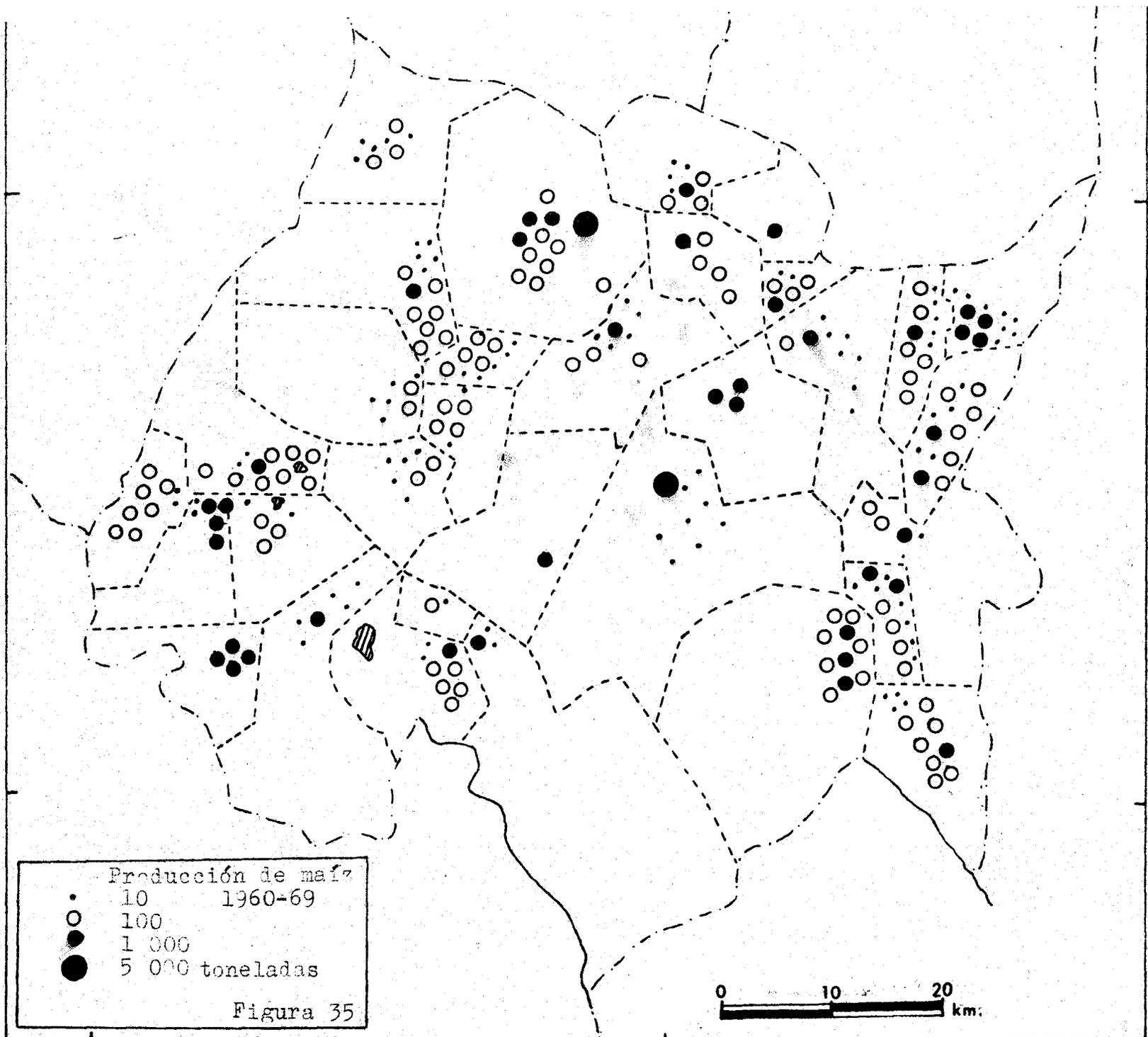
En 1974 se importaron 4 millones de toneladas de

granos en su mayoría maíz, y para el consumo de 1975 las importaciones fueron de 2.55 millones de toneladas de maíz. Debe tenerse en cuenta que un incremento en los precios del mercado mundial elevaron los costos de estas importaciones en más del 10 % sobre los años anteriores. En 1976 se necesitaron 2 millones de toneladas, y la primera compra de 1977 fué de 500 000 toneladas según declaraciones del director de CONASUP® en enero de 1977.

Los campesinos de cultivos de subsistencia necesitan más asistencia directa y deben resolverse muchos problemas de la comercialización de semillas mejoradas a menores precios para hacerlas más accesibles al campesino. Además, hay otros productos como el sorgo, mijo y pastos para ganado que son más eficientes con bajas y erráticas condiciones de lluvia, pero la gente no gusta de substituir el maíz por ningún otro alimento en su dieta.

En el mapa ^{de producción de maíz, figura 35,} se aprecia que Tepoztlán con 8 800 toneladas y Ayala con 5 100 toneladas, son los primeros productores en el Estado, les siguen en orden de importancia en la producción los municipios de Tepalcingo, Zacualpan, Jonacatepec y Cuautla con más de 2 000 toneladas de producción promedio anual.

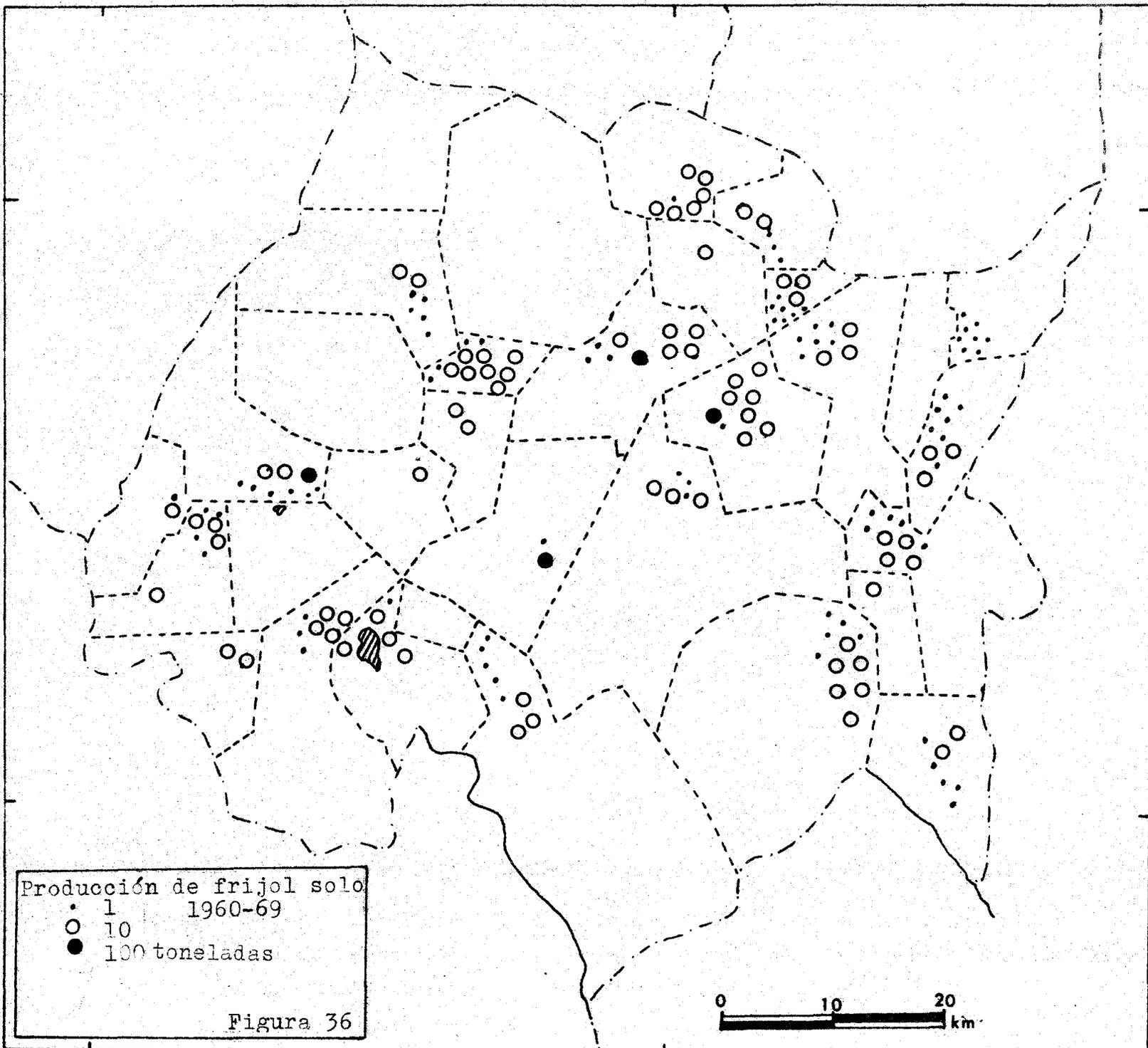
La mayor parte de la producción del Estado se utiliza para el autoconsumo; esto pudo constatarse con las visitas que se hicieron a las Casetas Fiscales en las carreteras que comunican al Estado con otros estados vecinos, en las cuales llevan registro de los productos que salen del Estado para su comercialización, y deben, por tanto, pagar impuesto fiscal. Existe alguna comercialización de los excedentes de producción en los tianguis o mercados regionales dentro de la entidad.

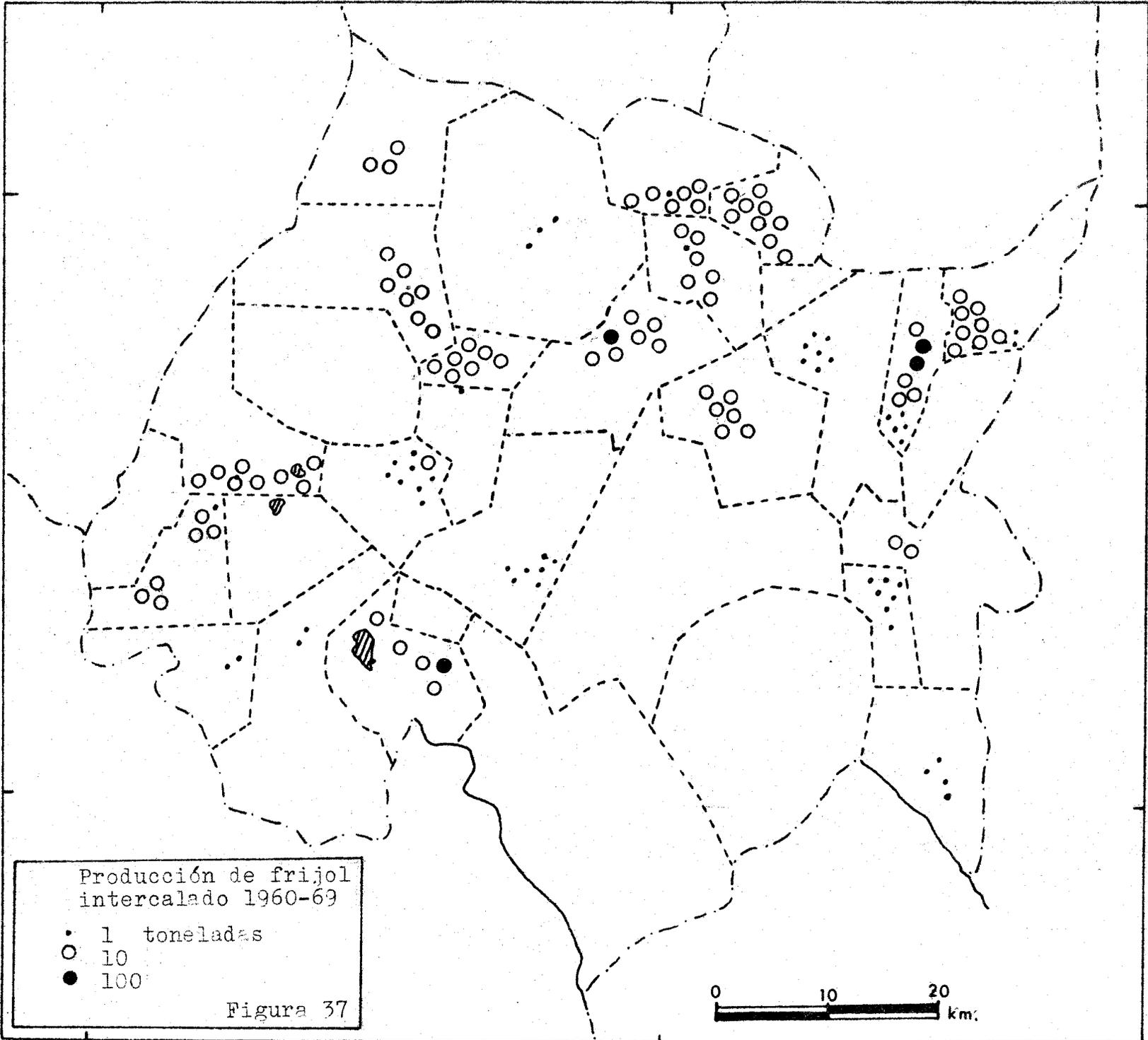


ESTADO DE MORELOS

-13-

ESTADO DE MORELOS





75

Frijol.

La producción de frijol está considerada también en su mayor parte para el consumo de la población del Estado. Se siembran diversas variedades y en dos modalidades: frijol solo y frijol intercalado con maíz.

La figura 36 muestra la producción promedio de frijol solo, con círculos de diferente tamaño.

Los municipios productores más importantes son: Cuautla, Yautepec, Miacatlán y Tlaltizapán que producen cantidades mayores de 100 toneladas anuales.

Hay seis municipios que no reportan producción de frijol solo: Huitzilac, Mazatepec, Ocuituco, Temixco, Tepoztlán y Zacatepec.

Un número menor de municipios tienen cultivos de frijol intercalado, ver figura 37 en ella se observa que los más productivos son Ocuituco con 245 toneladas anuales, Yautepec y Jojutla con 160 y 140 toneladas, respectivamente. Los demás ^{municipios} productores no alcanzan las 100 toneladas anuales.

En 1966, se cosecharon 4 505 toneladas de frijol en el Estado con un rendimiento de 447 kilogramos por hectárea. Para 1972, se reportaron 6 935 toneladas como producción total y el rendimiento aumentó a 687 kilogramos por hectárea. Como puede apreciarse los rendimientos han subido; sin embargo, la producción de frijol es deficitaria, anualmente tienen que ser adquiridas alrededor de 4 000 toneladas para satisfacer el consumo del Estado.

El Estado se encuentra entre los de menor producción de frijol del país y sus rendimientos no son altos siendo los mayores en Sonora (1 626 Kg/Ha) y en Baja California (1 462 Kg/Ha). El primer productor es el Estado de Veracruz.

Tierras laborables. Según el Censo Agrícola 1970, en el Estado existen 124 564 hectáreas de tierras de labor, de las cuales 87 406 hectáreas son de temporal, 36 726 son de riego y 431 de jugo o humedad.

La misma fuente reporta que se perdieron en el Estado 6 086 hectáreas cultivadas en el ciclo primavera-verano 1969 por las siguientes causas: sequías 3 016 ha; inundaciones 1 377 ha; plagas y enfermedades 761 ha; heladas 51 ha. y por otras causas 879 ha.

VIII. ALGUNAS RELACIONES CLIMA-CULTIVOS.

Es muy importante en la investigación geográfica reconocer y describir similitud y diferencia entre el comportamiento físico y cultural de un lugar a otro.

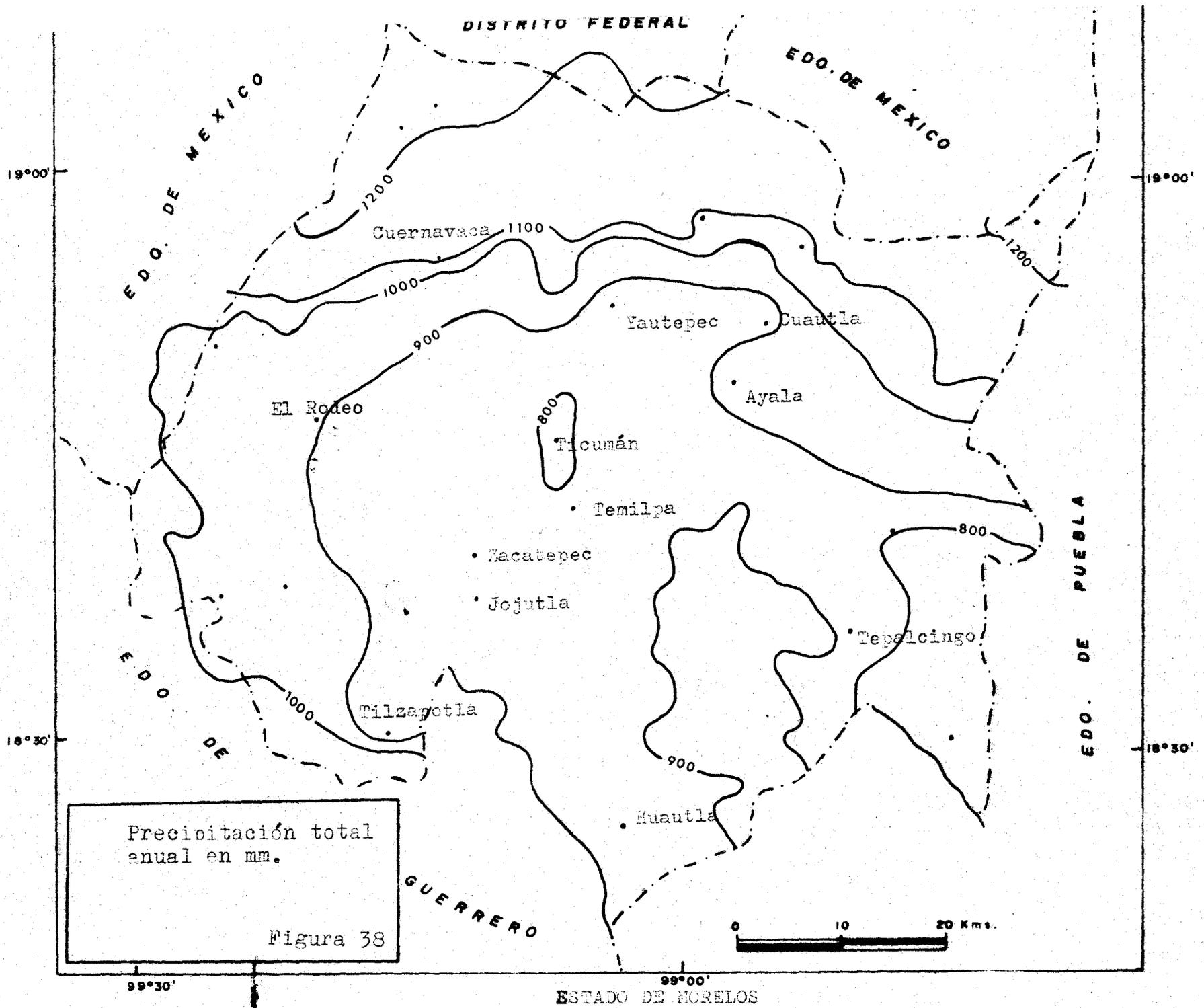
A veces se hacen generalizaciones vagas al tratar de relacionar dos elementos, los datos en que se basan estas conclusiones pueden tener más valor si se cuantifican; pueden entonces aplicarse los términos "ligera tendencia o fuerte tendencia", o utilizar una gradación como se deseé.

El método que aquí se aplica sirve para relacionar dos mapas de distribución, cuyo resultado será un tercer mapa que indica el grado de correlación por áreas. El autor del método John K. Rose, sugiere el término líneas de iso-correlación para establecer las isolíneas empleadas en este tercer mapa, que describe la correlación. El proceso para medir la relación entre dos mapas incluye algunos sencillos cálculos estadísticos y algo de cartografía aplicada.

Relación entre precipitación total y maíz.

En este primer ejemplo se trata de relacionar el mapa de distribución de la lluvia en el Estado de Morelos con la correspondiente distribución del rendimiento de maíz por hectárea, para el mismo período considerado: la década 1960-1969.

Los mapas que se van a relacionar son: figura 38 mapa de distribución de la precipitación pluvial anual para el período 1960-1969.



Precipitación total anual en mm.

Figura 38

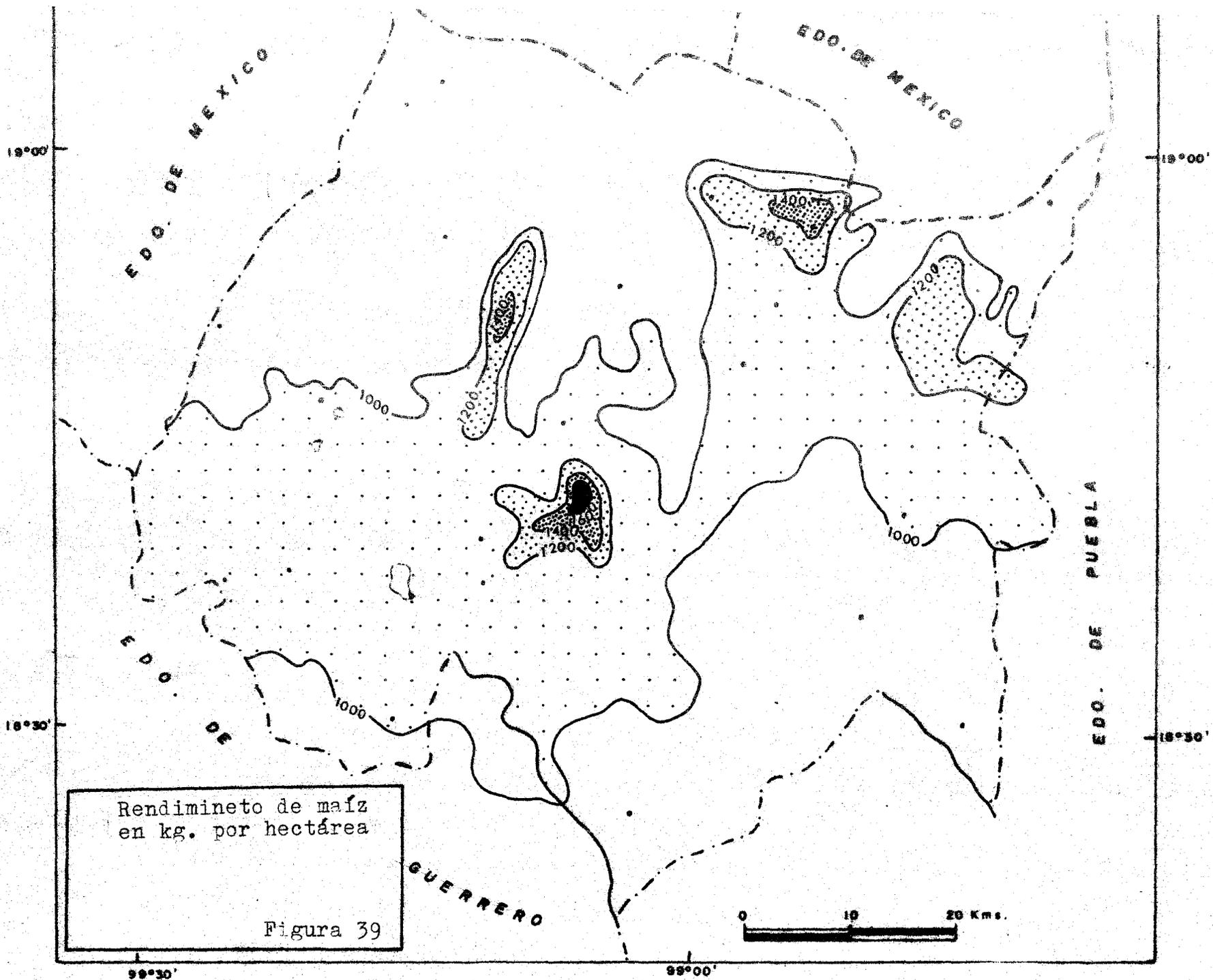
79

Fue trazado utilizando 26 estaciones meteorológicas que funcionan regularmente en el Estado de Morelos y pertenecen al Servicio Meteorológico Nacional y a la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Figura 39 mapa de distribución del rendimiento de maíz en kilogramos por hectárea en el mismo período 1960-1969, utilizando los datos proporcionados por la Dirección General de Economía Agrícola, de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, para los 32 municipios del Estado; las isolíneas muestran áreas de diferente grado de rendimiento.

En relación con la figura 38, como ya se dijo en el capítulo titulado precipitación, en el Estado de Morelos se aprecia claramente la influencia de la orografía en la distribución de la lluvia. Las estribaciones de la Sierra de Chichinautzin y del Popocatepetl, representan los lugares de mayor altitud y mayor cantidad de lluvia del Estado; tiene precipitación superior a 1 200 mm y son las regiones más lluviosas.

En la zona Norte del Estado hay una franja que cruza de Este a Oeste correspondiendo también a abundantes lluvias que se encuentran entre 1 000 y 1 200 milímetros, en ella queda incluida la capital del Estado, Cuernavaca. Esta faja recurva en el extremo Sur Occidental del Estado, abarcando las faldas de la Sierra de Huitzucó en los límites con el vecino Estado de Guerrero.



Rendimineto de maíz
en kg. por hectárea

Figura 39

ESTADO DE MORELOS

La isoyeta de 800 mm marca una pequeña zona en el municipio de Ticumán, como la de menor lluvia en el centro del Estado y otra área en el extremo Sureste en los límites con Puebla, abarcando parte de los municipios de Jantetelco, Jonacatepec y Axochiapan.

En la figura 39 que corresponde al mapa de distribución del rendimiento en kilogramos de maíz por hectárea, se observa cómo el cultivo se realiza en todos los municipios del Estado, debido sin duda a que sigue constituyendo la dieta básica del mexicano. En su mayor parte el cultivo es de tipo de temporal y en muy pocos lugares de riego.

Los datos que aquí se trabajaron corresponden exclusivamente al tipo de cultivo de temporal, debido a que se busca una relación entre el mapa de rendimiento y el de distribución de la precipitación.

Las isolíneas fueron trazadas, utilizando los datos de rendimiento en kilogramos por hectárea cultivada, proporcionados por la S.A.yR.H. para los 32 municipios del Estado.

Se observan cuatro zonas con rendimiento mayor de 1 200 Kg. por hectárea: el municipio de Tlaltizapán, en su zona Sur, tiene el rendimiento más alto del Estado, con más de 1 700 Kg. por hectárea cultivada de maíz; los municipios de Jiutepec y Emiliano Zapata, al Sureste de Cuernavaca, forman la segunda zona con rendimientos superiores a 1 400 Kg. por hectárea; la tercera zona se localiza hacia el Norte en los municipios de Atlatlahucan y Tlayacapan que tienen rendimientos superiores a 1 400 Kg. por hectárea y la cuarta zona se localiza al Noreste

del Estado y abarca la mitad Sur del municipio de Ocuituco con rendimiento superior a 1 300 Kg. por hectárea.

Ha sido marcada en el mapa con achure de puntos la zona que registra rendimientos mayores a 1 000 Kg; como se observa es ésta una amplia área que corresponde a la parte central del Estado y hacia el Noreste llega hasta las faldas del Popocatepetl.

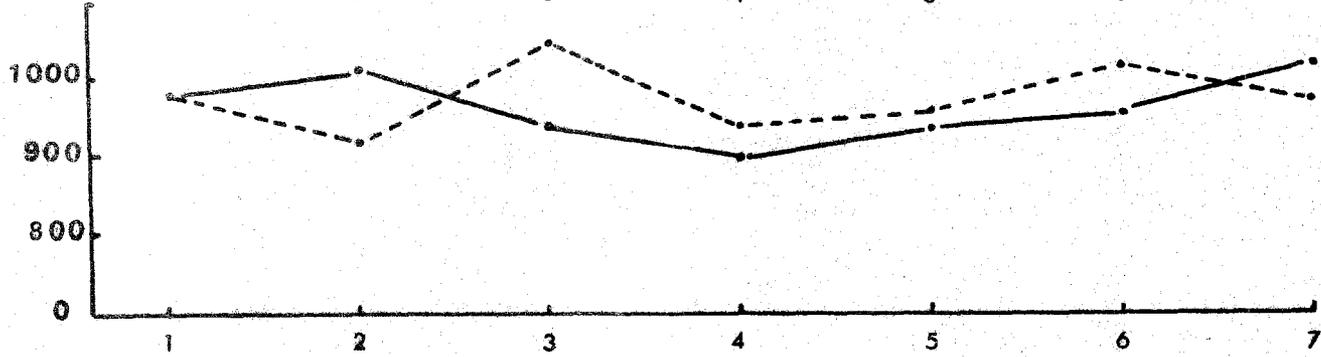
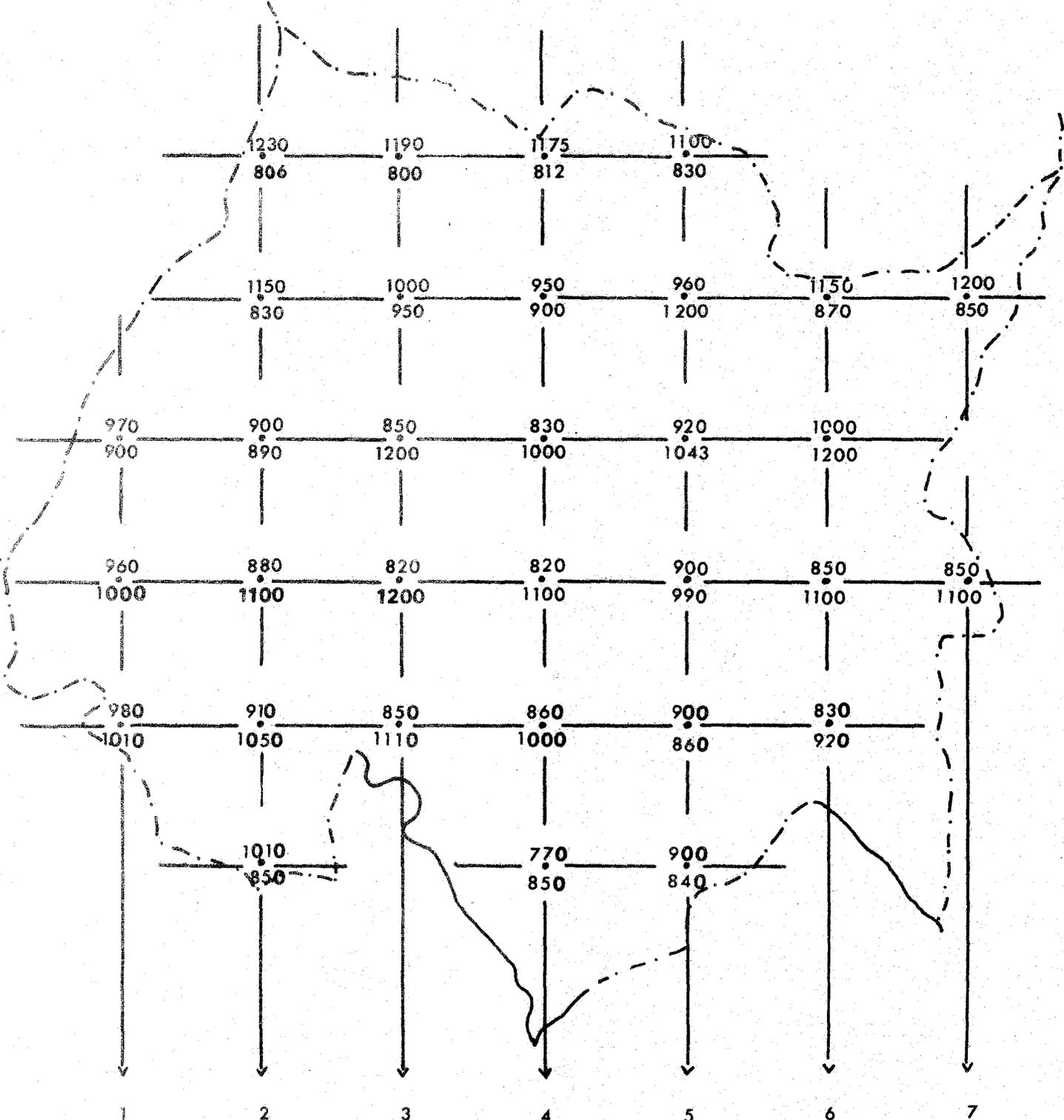
Para encontrar la relación que hay entre los dos mapas, el primer paso fué trazar una red de puntos equidistantes o cuadrícula que cubre todo el Estado . Los puntos de intersección aparecen numerados siguiendo líneas horizontales en dirección de Oeste a Este. Se utilizaron 32 puntos.

La figura 40 muestra esta red, obsérvese que junto a cada punto han sido anotados dos valores que fueron obtenidos por interpolación de las figuras 38 y 39. Cada uno de los valores de la red ha sido medido separadamente para cada distribución.

El dato que aparece en la parte superior del punto corresponde a la precipitación en milímetros y el de la parte inferior al rendimiento de maíz en kilogramos por hectárea.

Ejemplo: 820 precipitación
1 200 rendimiento

Las columnas que en sentido vertical forma esta red de puntos, fueron también numeradas de Oeste a Este, resultaron en número de 7. Se calculó la media para cada columna, de cada uno de los dos tipos de valores y se trazó una gráfica en la que aparecen las dos variables por separado (parte inferior de la figura 40). Cada punto en la gráfica, es el promedio de toda la columna de va-



— PRECIPITACIÓN EN M.M.
 - - - RENDIMIENTO DE MAÍZ EN TONELADAS POR HA

Figura 10

lores en dirección Norte-Sur. La línea punteada representa el rendimiento de maíz en kilos por hectárea, y la línea continua la precipitación en milímetros.

El propósito de estos dos perfiles promedio es ilustrar más claramente el problema y en vista de que fueron empleadas dos escalas de medida, es necesario hacer la normalización de los datos para poder comparar las dos series de números. Esto se hace transformando una serie a la escala de la otra, para que las variaciones en rendimiento correspondan a variaciones en precipitación; para ello se empleó la regresión de rendimiento sobre precipitación, de la siguiente manera: se hizo un diagrama de dispersión de los valores originales de los pares de valores X y Y obtenidos en las intersecciones de la red utilizada en la figura 40. Estos puntos aparecen ahora en una gráfica de dispersión cuyas coordenadas son Y de rendimiento y X de precipitación (figura 41).

Con sólo observar directamente un diagrama de dispersión se puede determinar de una manera cualitativa si una recta o una curva dada describe la relación entre variables. Pero cuando se desea conocer la relación de manera cuantitativa, se hace por medio de una ecuación matemática que ligue las variables. Es decir, al diagrama de dispersión le puede ser ajustada una curva de aproximación.

El tipo más sencillo de curva de aproximación es la línea recta conocida como regresión lineal ordinaria, cuya dirección e inclinación puede describirse por la ecuación lineal general:

$$Y = a + bX$$

en la cual X y Y son las dos variables; a y b son constantes que pueden ser determinadas por el método de mínimos cuadrados.

Las siguientes son las llamadas ecuaciones normales para la recta de mínimos cuadrados que fueron utilizadas para calcular las constantes a y b.

$$a = \frac{\sum Y \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum XY}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{N \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Al unir los puntos a y b sobre la gráfica, se tiene la dirección de la recta que se aprecia en la figura 41. Resultó una correlación negativa, es decir, la línea se inclina hacia la derecha lo que se interpreta que para la zona, a mayor precipitación menor rendimiento de maíz por hectárea. Esto se debe al hecho de que las mayores precipitaciones, se presentan en zonas montañosas de gran pendiente, que no son las más aptas para el cultivo.

El coeficiente a es la Y interceptada por la línea; b es la pendiente.

La figura 42, muestra una gráfica en la que aparecen dos líneas que son las mismas de la parte de abajo de la figura 40, pero se ha agregado una línea más gruesa, que representa el perfil original de precipitación expresado a la misma escala que el rendimiento. Esta fué ajustada por medio de la ecuación de regresión para las series de los 32 promedios de precipitación anual. Ahora tienen la misma media y desviación estándar que la serie de valores del rendimiento de maíz.

La ecuación de regresión se calculó sólo con los datos de precipitación para dar valores comparables de rendimiento, el resultado se denominó rendimiento calculado Rc.

Utilizando $Y = a + bX$, y conociendo los valores

$a = 1.520$; $b = -0.5719$: [Si $X = 970$ mm $Y = 1.520 - 0.5719 \times 970 = 965.3$

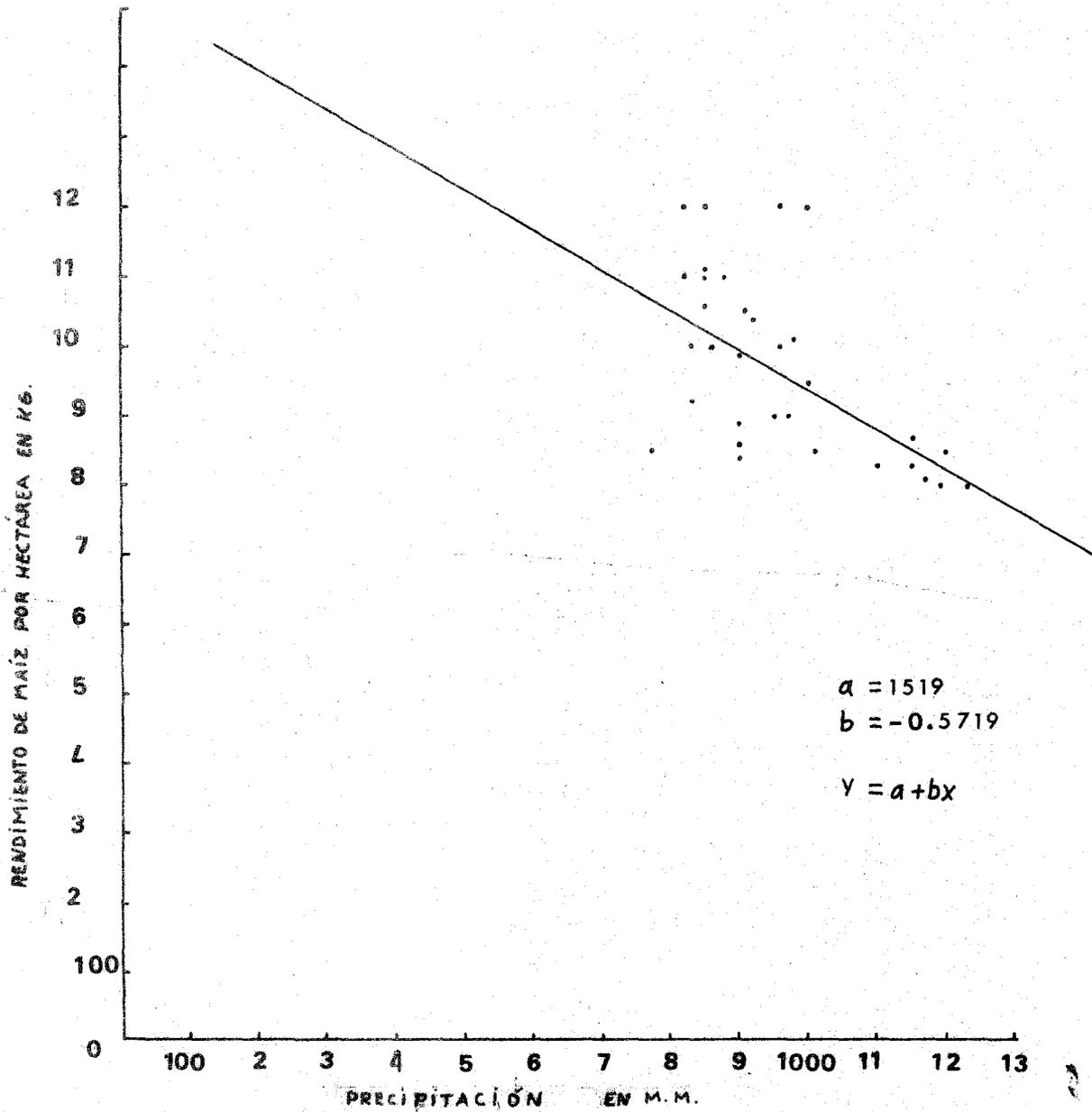
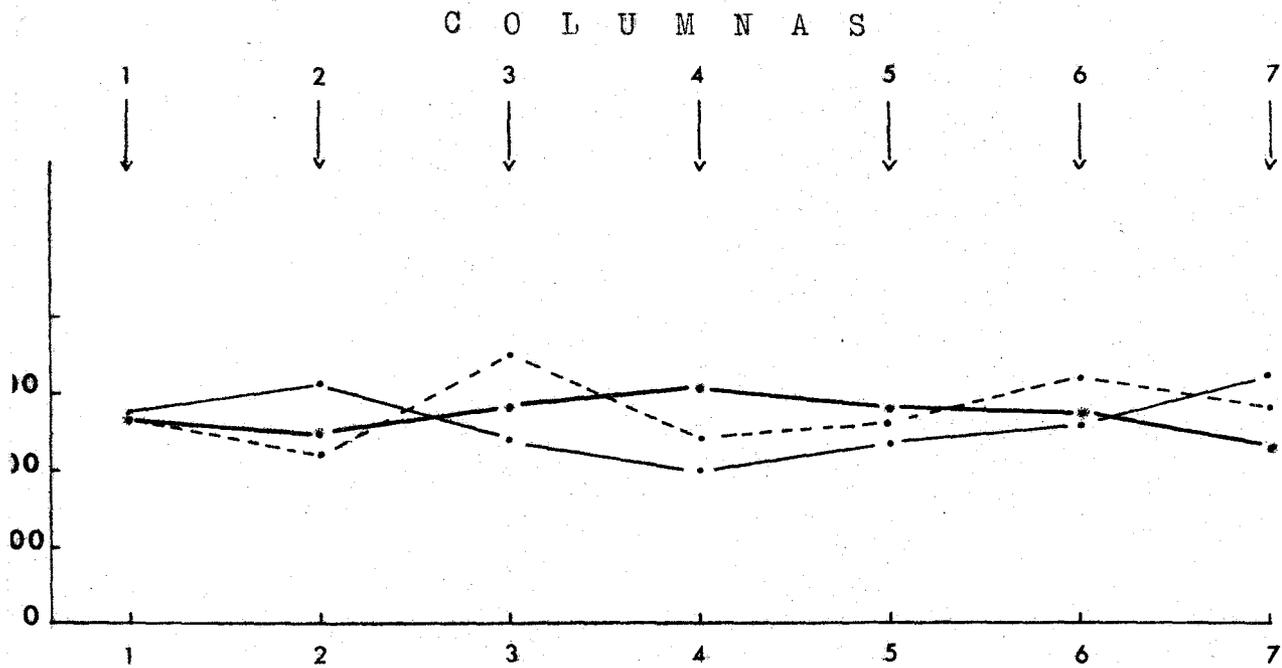


Diagrama de dispersión
 de los 32 puntos de la red

Figura 41



P — Precipitación 1960-1969 en m.m.
R ---- Rendimiento de maíz de temporal en toneladas
Rc •——• Rendimiento calculado

Figura 42

De acuerdo con la relación que se deriva de esta muestra se espera que un lugar en el Estado de Morelos que tiene 970 mm de lluvia anual tenga un rendimiento de maíz de 965.3 kilos por hectárea.

En la gráfica aparecen los valores de los puntos que se utilizaron para el trazo de la línea que sirvió como base para el cálculo de una nueva red de puntos con los que se trazaron las isolíneas de correlación. Este mapa mostraría la distribución del rendimiento de maíz si sólo dependiera de la distribución anual de la precipitación.

Para calcular si los valores de estos nuevos puntos son positivos o negativos se midió la distancia en la gráfica entre la línea gruesa y el valor de cada uno de los datos de rendimiento de maíz. Esto es una simple resta entre los valores mencionados.

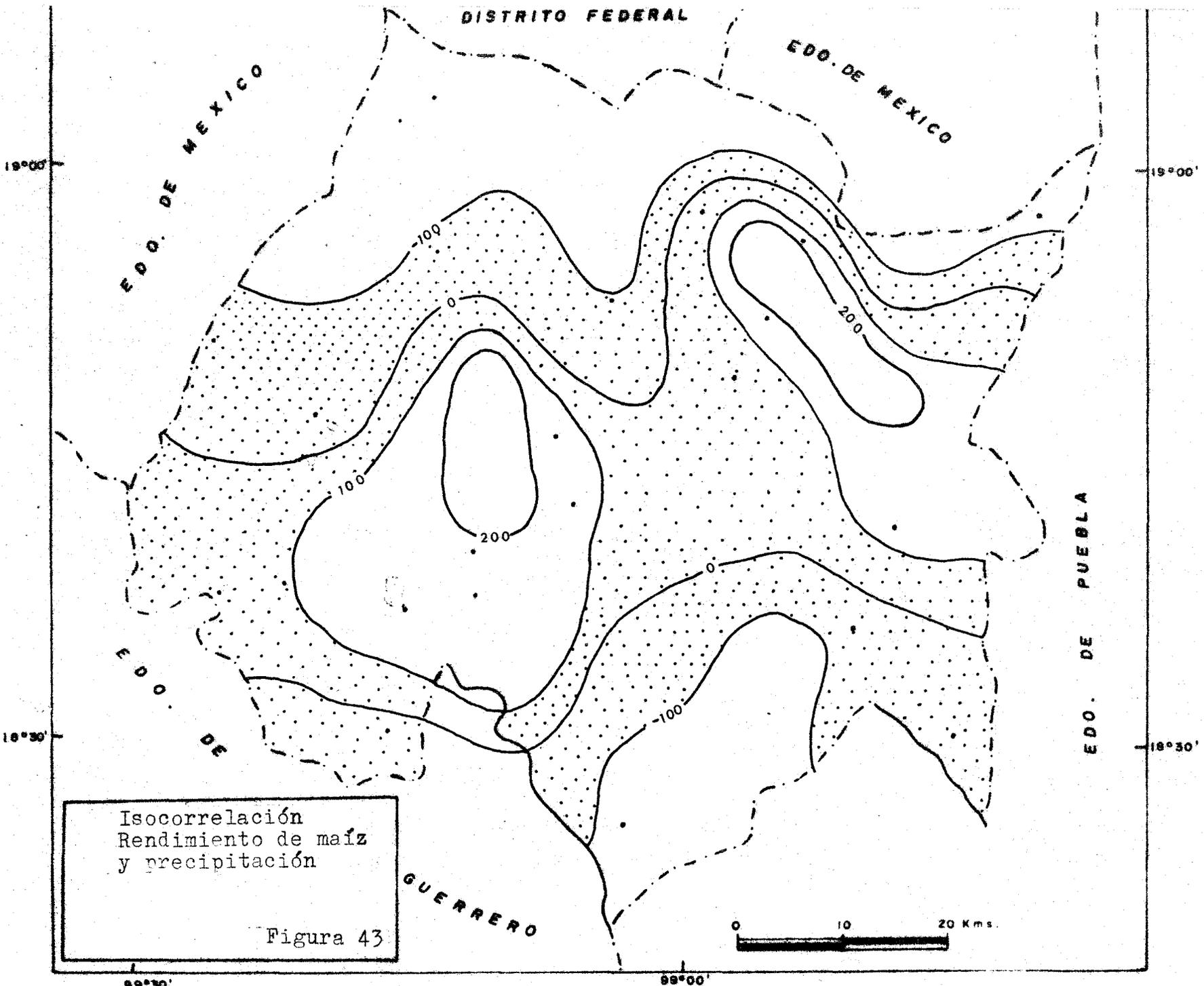
Si la correspondencia de las distribuciones fuera perfecta, las dos líneas coincidirían.

La figura 43, es el mapa de los resultados, obtenido de la comparación de los otros dos; las áreas punteadas son las regiones de mayor correspondencia y las sombreadas con achure, las de menor correspondencia, entre los dos mapas originales.

La región central del Estado resultó tener valores positivos, pero la rodean dos franjas una hacia el Norte y otra hacia el Sur de valores negativos.

Los valores son positivos o negativos, según se localicen en la gráfica, hacia arriba o por abajo de la curva de línea gruesa.

Las regiones que resultaron con mínima relación entre los mapas fueron tres, dos de ellas se encuentran hacia el centro del



Isocorrelación
Rendimiento de maíz
y precipitación

Figura 43

ESTADO DE MORELOS

-96-

Estado; una abarca los municipios de Emiliano Zapata, Kochitepec, Elaltizapan y Zacatepec. La segunda abarca la parte Sur del municipio de Tlayacapan, Atlatlahucan, Yecapixtla y Zacualtipan.

La tercera es una franja que abarca las estribaciones de la Sierra del Chichinautzin en el Norte del Estado.

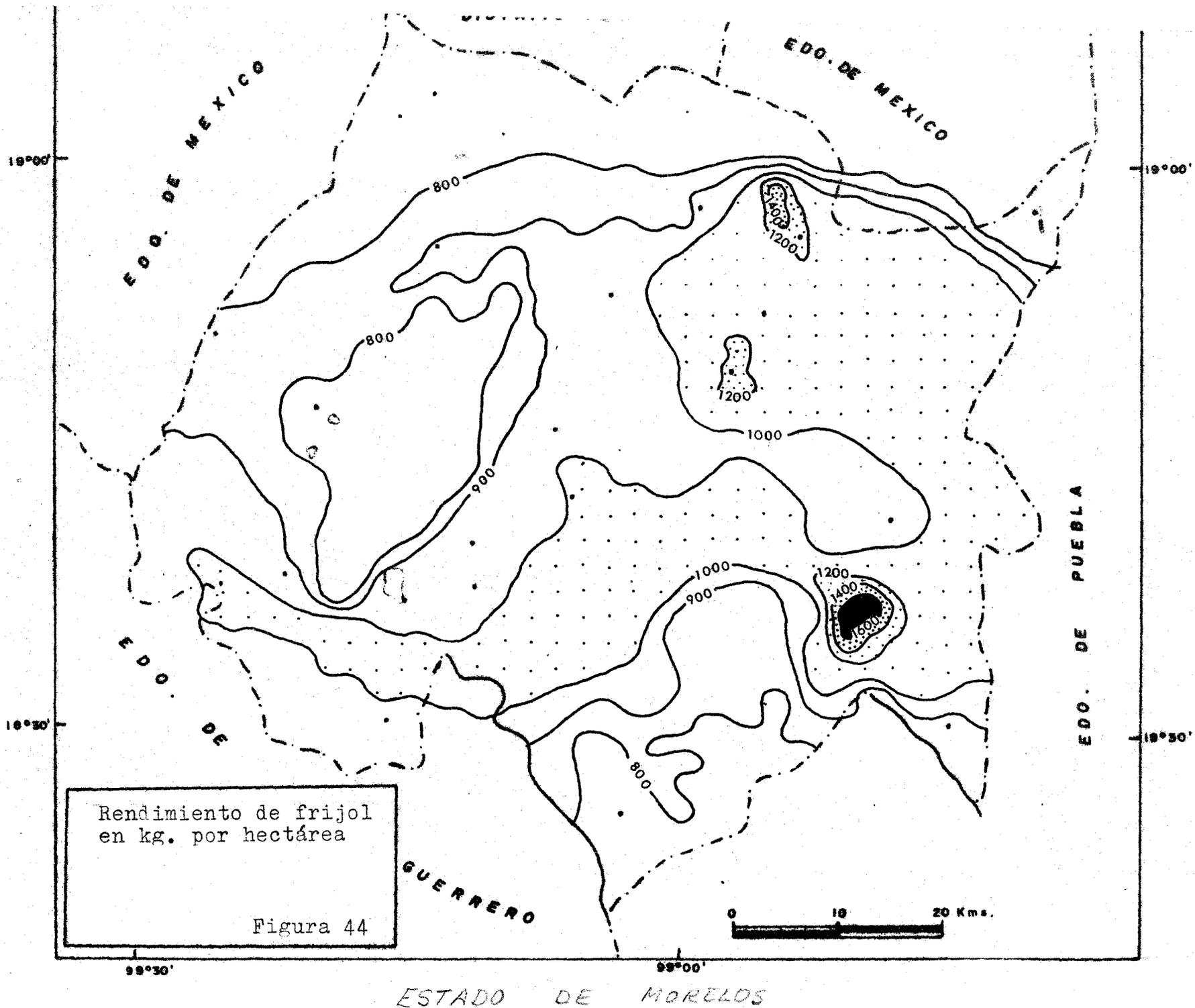
Los lugares por donde pasa la isolínea cero son los que registran mayor relación entre las distribuciones que se estudian y como puede observarse en el mapa son franjas que cruzan el Estado de Este a Oeste, corresponden a las áreas punteadas.

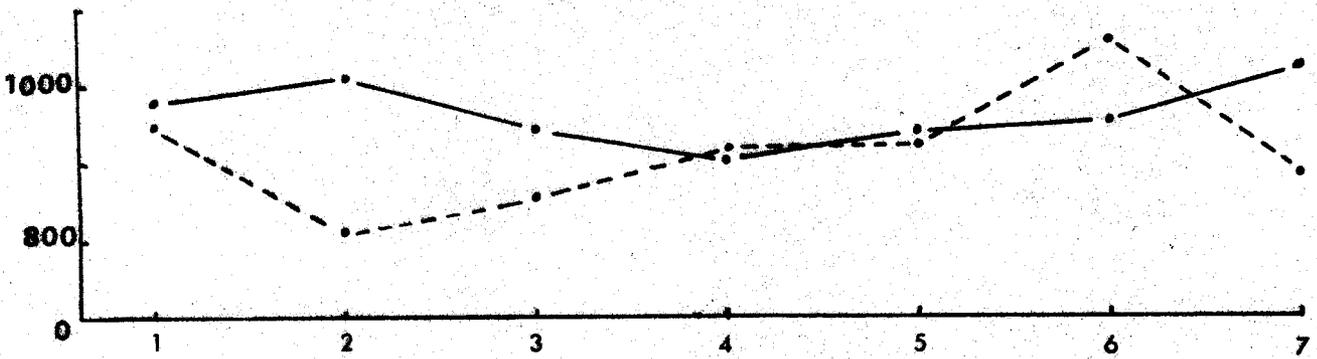
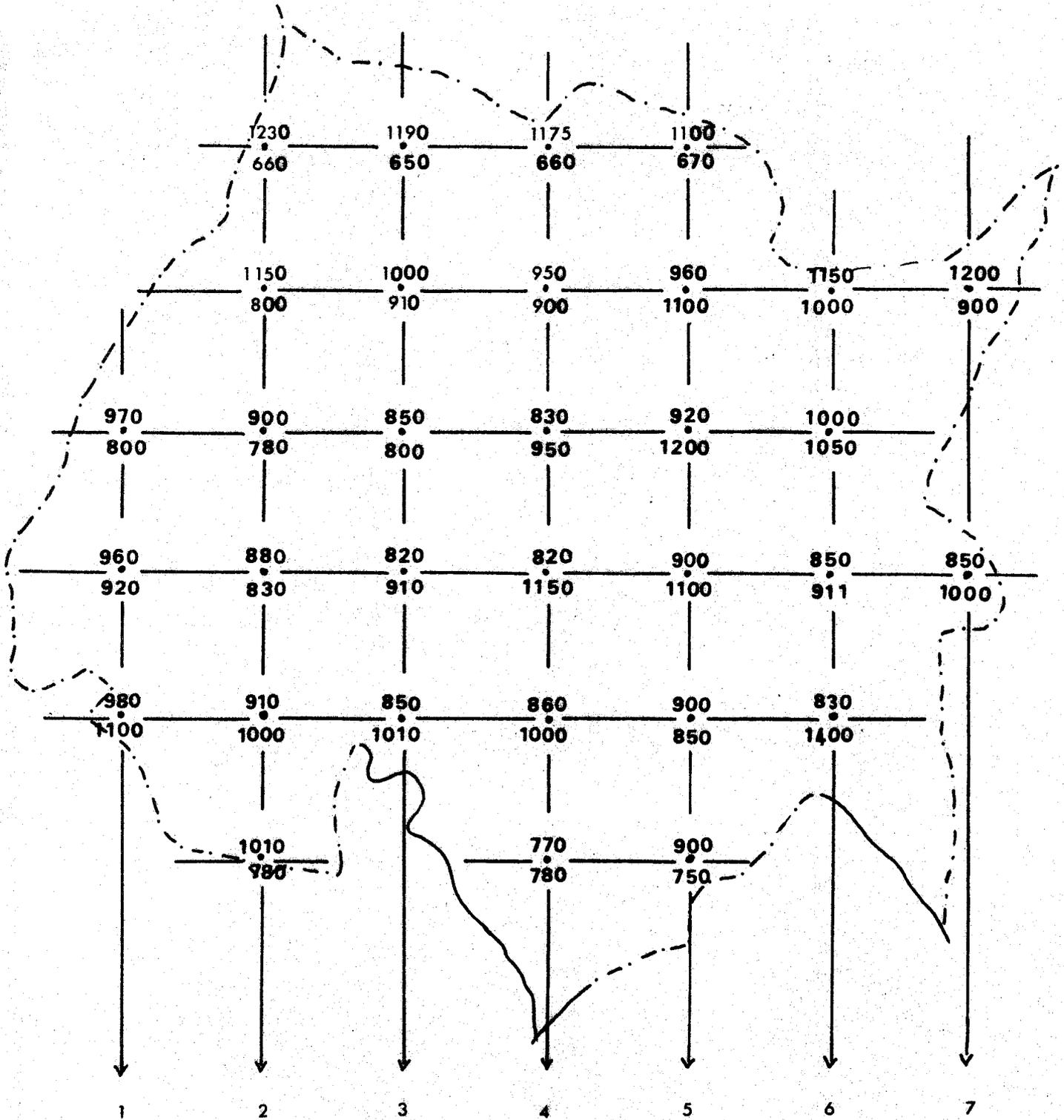
Debe tenerse en cuenta que hay muchos factores además de la precipitación que influyen en el rendimiento del maíz y deben ser estudiados por separado, como es el tipo de suelo, clases de semillas, uso de fertilizantes, etc. El mapa que resultó es una generalización por zonas y recordemos que todas las generalizaciones están sujetas a mayor o menor grado de error; este depende desde luego de la veracidad de los datos que se emplean.

Relación entre precipitación total y frijol solo.

Aplicando el mismo método se relacionaron los mapas de distribución de la lluvia anual (figura 38), y el mapa de distribución de rendimiento de frijol en toneladas por hectárea (figura 44).

Al observar el mapa de rendimiento del frijol solo destacan dos zonas de alto rendimiento, la primera corresponde al municipio de Tepalcingo que produce cantidades superiores a 1 700 toneladas por hectárea y la segunda corresponde al municipio de Totolapan que produce más de 1 500 toneladas por hectárea.





— Precipitación en mm.
 - - - Rendimiento de frijol

Figura 45

Las regiones del Estado donde el rendimiento es menor, coinciden con las partes altas de las Sierras Nevada (Popocatepetl) y de Chichinautzin al Norte, y de la Sierra de Huautla en el Sur.

Hay otra región semejante a las ya citadas con rendimiento inferior a 800 toneladas por hectárea, que abarca los municipios de Jiutepec, Emiliano Zapata, Xochitepec, Puente de Ixtla, Mazatepec, Miacatlán y Temixco en la mitad Noroeste del Estado. En el resto del Estado, el rendimiento de frijol está muy cercano a las 1 000 toneladas por hectárea.

Se trazó en seguida la red de puntos, 32 en total, para cubrir todo el Estado (figura 45), las intersecciones de la cuadrícula están numeradas siguiendo líneas horizontales en dirección de Oeste a Este, y muestran los valores que fueron obtenidos por interpolación a partir de los mapas de isoclinas (figuras 38 y 44).

Las columnas que en sentido vertical forma esta red de puntos fueron también numeradas de Oeste a Este, resultaron en número de siete; se calculó la media para cada columna de cada una de las variables y con este valor se trazó la gráfica que aparece al pie de la misma figura.

Como se mencionó antes, el propósito de estos dos perfiles promedio es el de ilustrar más claramente el problema, y notar que fueron empleadas dos escalas de medida. En seguida es necesario hacer la normalización de datos, transformando una serie a la escala de la otra, con el objeto de que variaciones en rendimiento correspondan a variaciones en precipitación.

Se trazó para esto el diagrama de dispersión de los

Rendimiento de frijol

$$y = a + b$$
$$a = 1481.1$$
$$b = -0.5817$$

Precipitación

500

1000

1500

2000

Figura 46

15

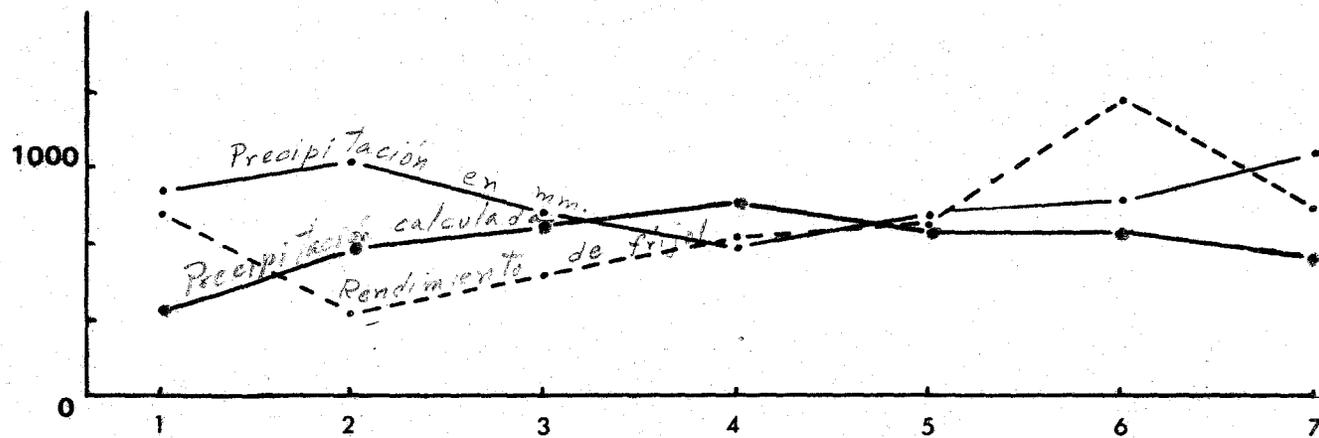


Figura 47

-96-

valores originales de la red de intersecciones y resultó la figura 46, en la cual se puede observar también la línea recta ajustada mediante el procedimiento de ecuaciones normales para la recta de mínimos cuadrados y así calcular las constantes a y b. Las fórmulas que fueron utilizadas aparecen en el primer ejemplo.

Los coeficientes a y b, tuvieron los siguientes valores:

$$a = 1\ 481.1$$

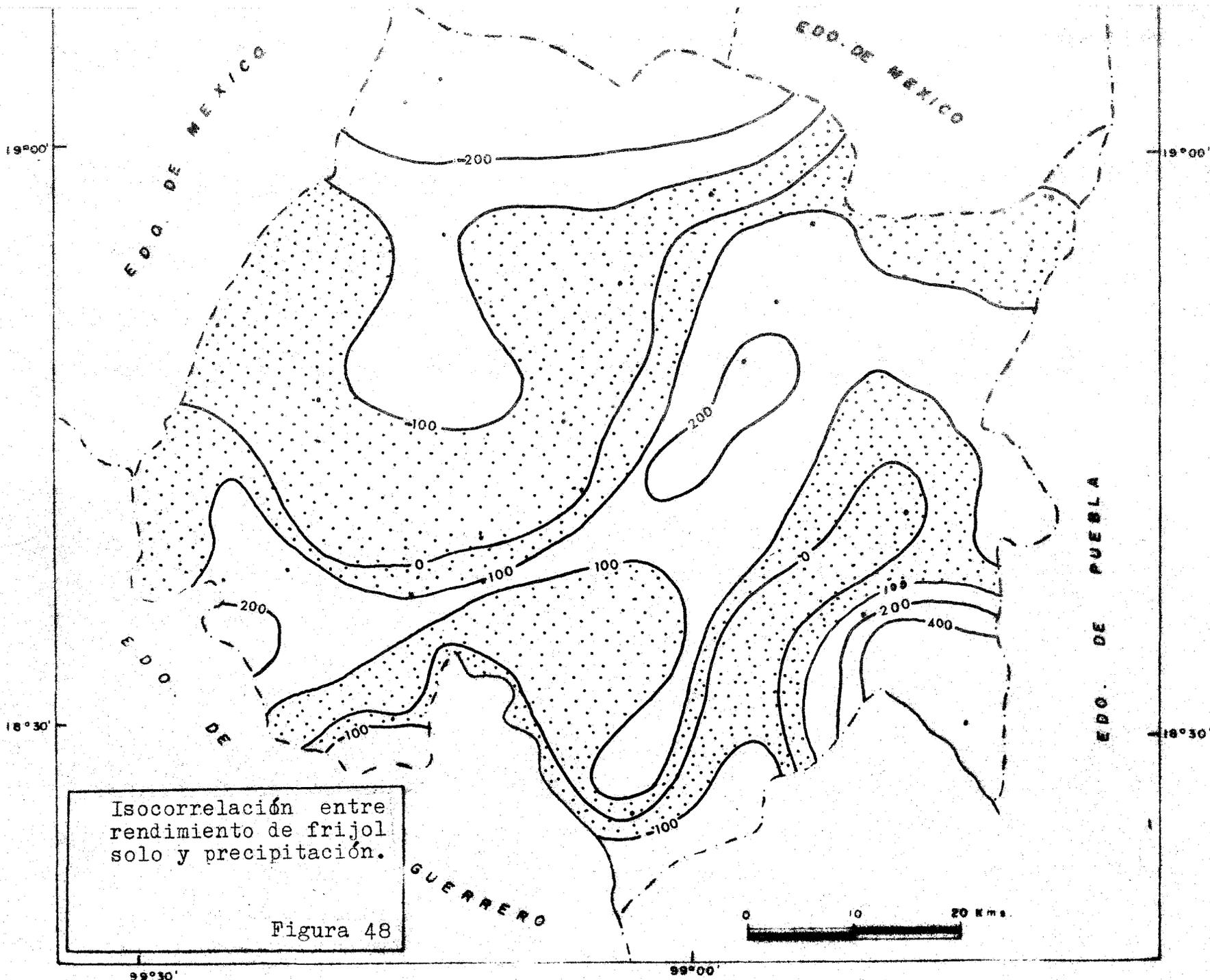
$$b = -0.5\ 817$$

La línea recta se ajustó aplicando estos valores en la ecuación lineal general: $Y = a + bX$

En la figura 47 aparece una gráfica mostrando el perfil de la precipitación expresada en la misma escala que el rendimiento de frijol por hectárea en línea gruesa; también están los valores que fueron utilizados para el trazo de una nueva red de puntos con los que se trazaron las isolíneas de correlación.

Este mapa de relación (figura 48), muestra cómo serían las áreas de rendimiento de frijol si su distribución dependiera únicamente de la cantidad de lluvia anual. Si la correspondencia entre las dos distribuciones fuera perfecta ambas líneas coincidirían.

Las regiones marcadas con achure en el mapa y en cuyo centro pasa la isolínea de cero, son las que tienen una relación más estrecha y las marcadas con puntos se alejan de ella. Obsérvese que las primeras comprenden amplias zonas que cruzan el Estado de Este a Oeste.



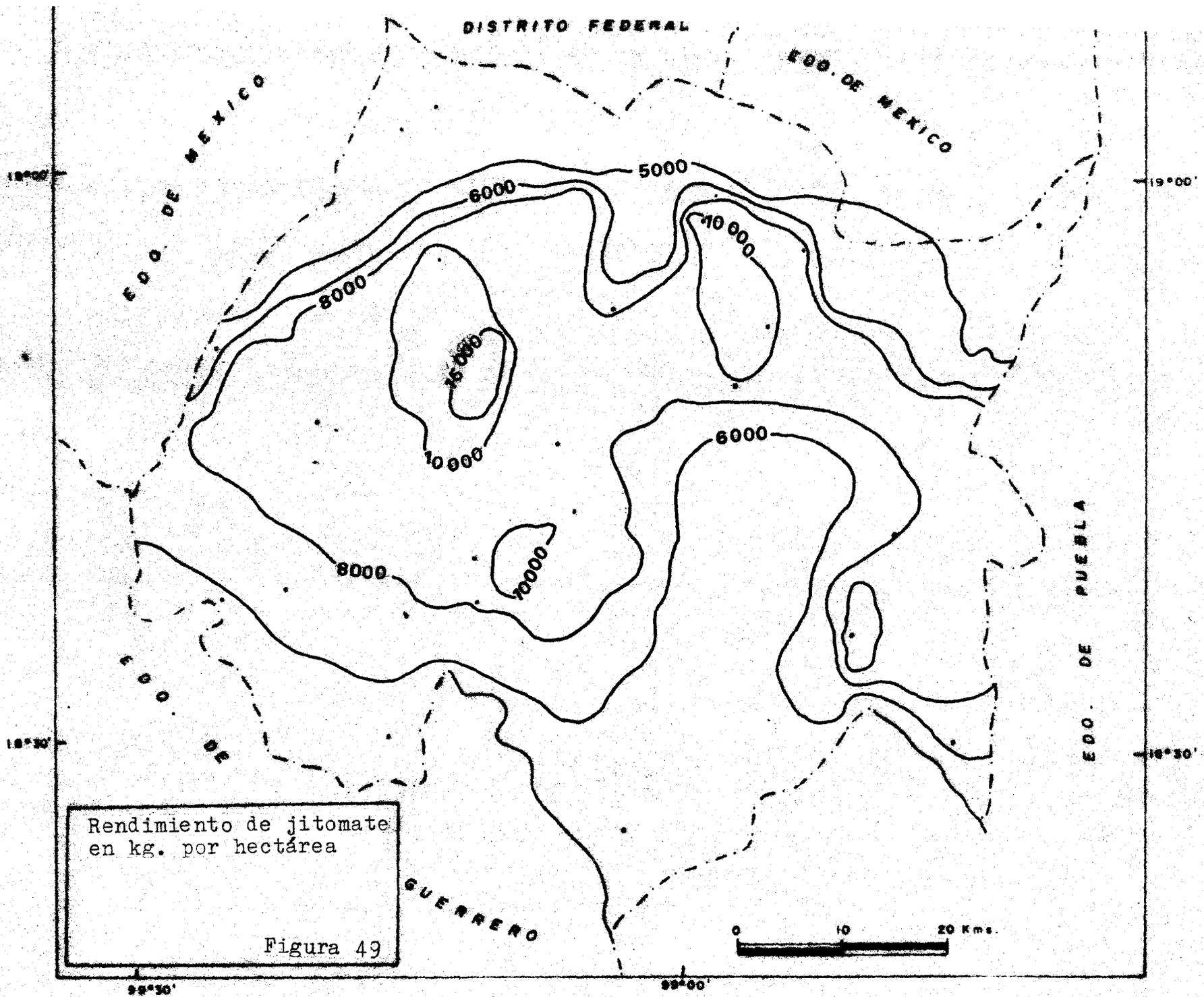
Relación entre la precipitación total y el rendimiento de jitomate.

Se buscó también la posible relación entre los mapas de distribución de la lluvia (figura 38) y el mapa que representa el rendimiento en kilos de jitomate por hectárea sembrada (figura 49), ambos correspondientes al período 1960-69.

Resulta interesante observar la forma como se distribuyen los rendimientos de jitomate en los distintos municipios del Estado. En Emiliano Zapata y Xochitepec, al Sur de Cuernavaca, se cosecha entre 12 000 y 15 000 kilogramos por hectárea, son los mayores rendimientos del Estado. El municipio de Tepalcingo hacia el Sureste, registra un promedio de 13 000 kilos por hectárea para el período considerado. Les sigue en importancia la región de Tlayacapan-Tetelcingo-Cuatla, con rendimientos superiores a 10 000 kilos y una cuarta zona que corresponde al municipio de Tlaquiltenango, se encuentra localizada en el área de Zacatepec-Jojutla, muy conocida por su producción azucarera y arrocera.

El resto del Estado de Morelos cuenta con rendimientos inferiores a 8 000 Kg. por hectárea, mismos que descienden en algunos lugares a 5 000 kg. y aún a 4 000 kg., en los municipios de Tlalnepantla y Totolapan al Noreste del Estado.

Se procedió en primer término a trazar la red de 32 puntos guía que se emplearon como base en la relación que se piensa debe existir entre las dos variables. Esta red aparece en la figura 50. En seguida se trazó la gráfica que representa los valores promedio de cada una de las siete columnas que en sentido vertical resultan de la red de puntos y cuyos perfiles aparecen en la figura 51; en éstos se observa la diferencia de



Rendimiento de jitomate
en kg. por hectárea

Figura 49

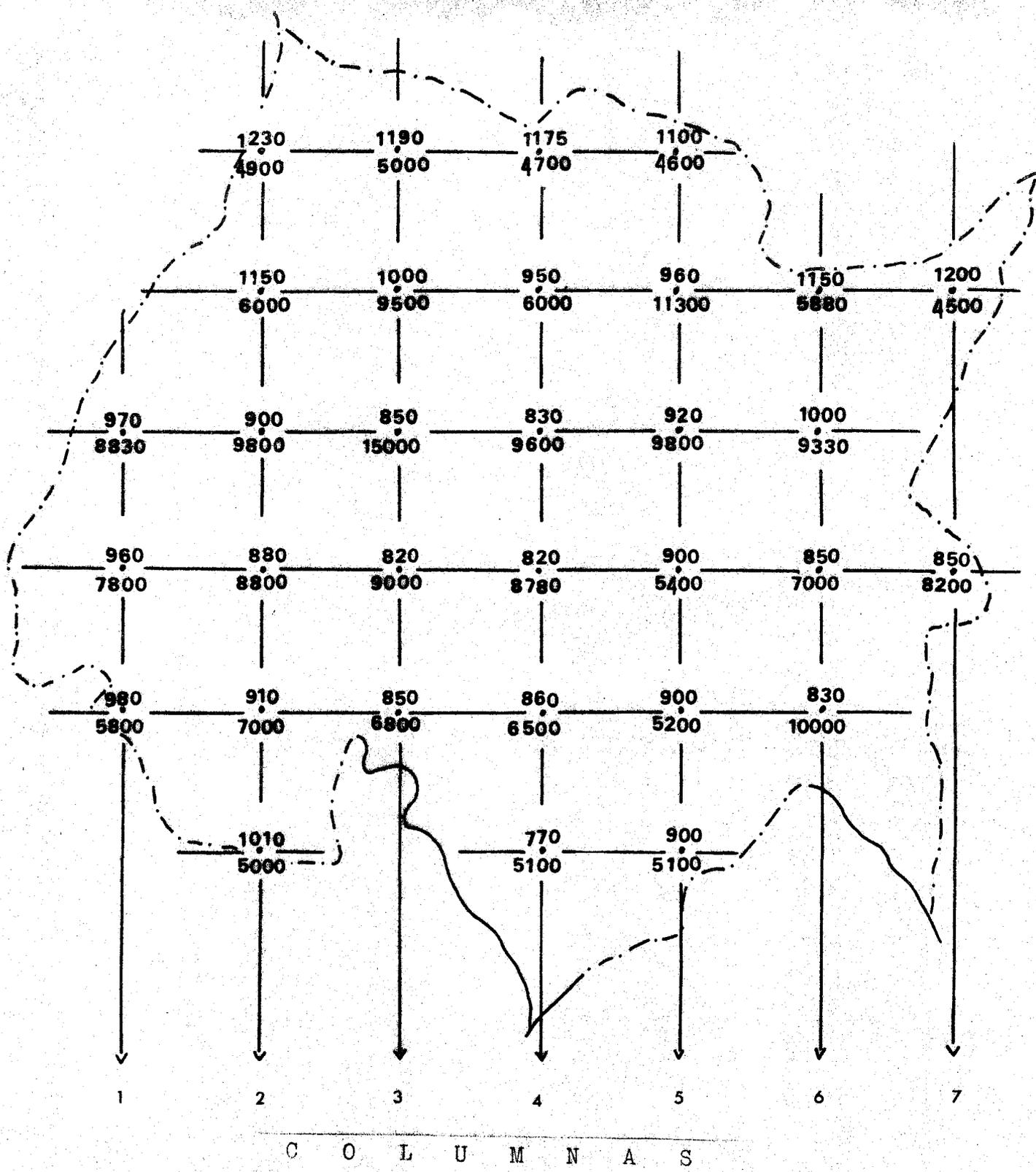
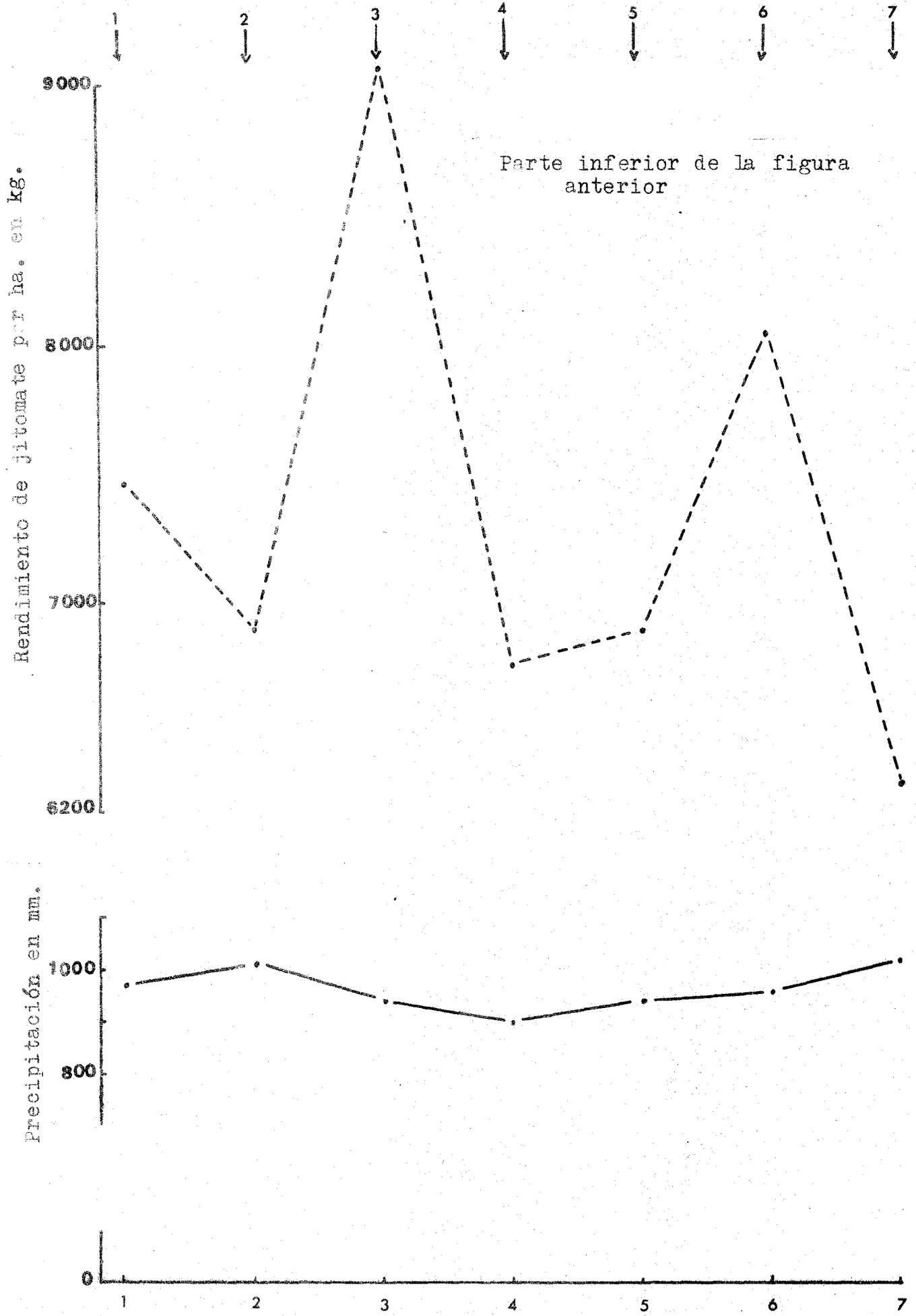


Figura 50



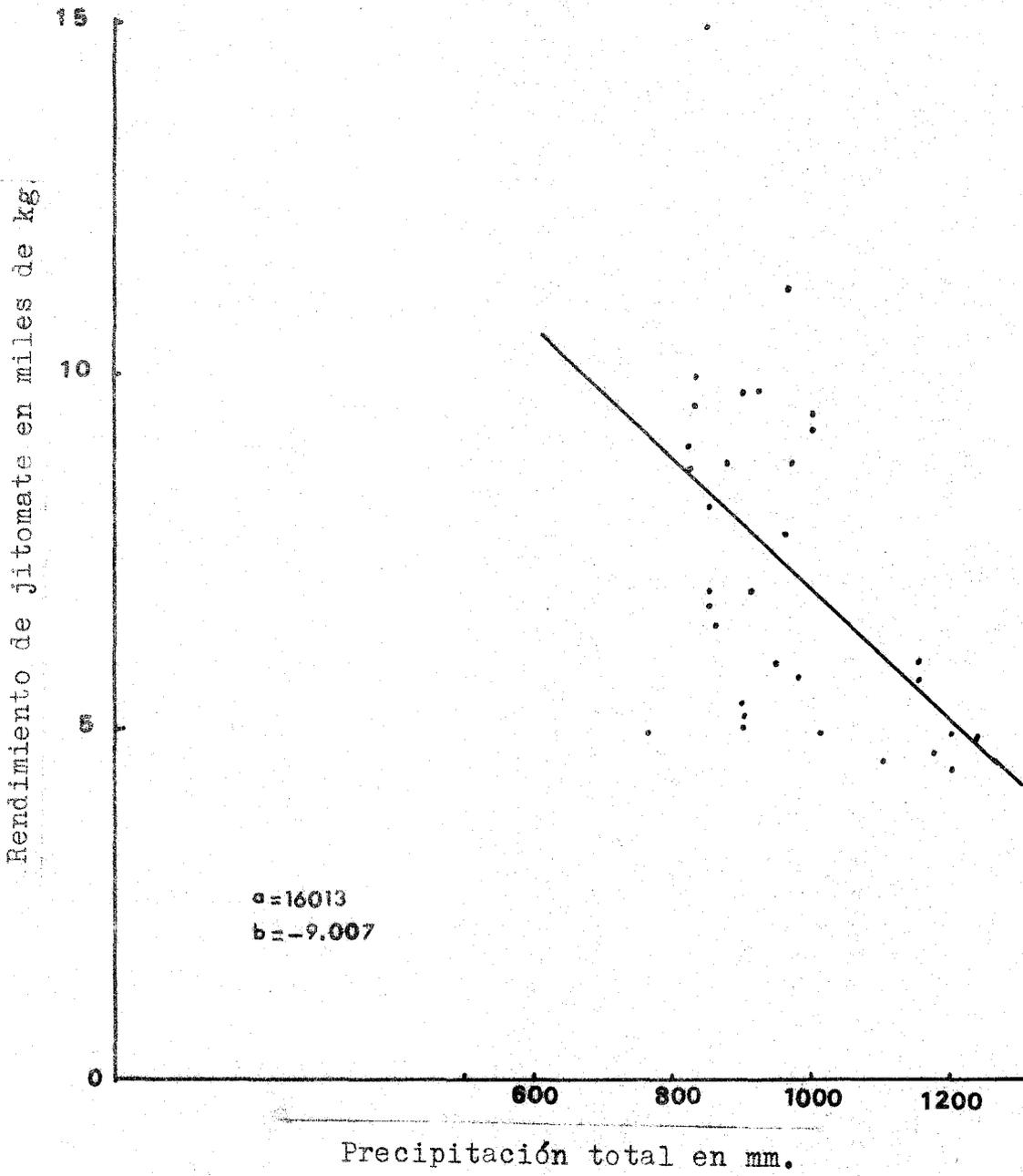
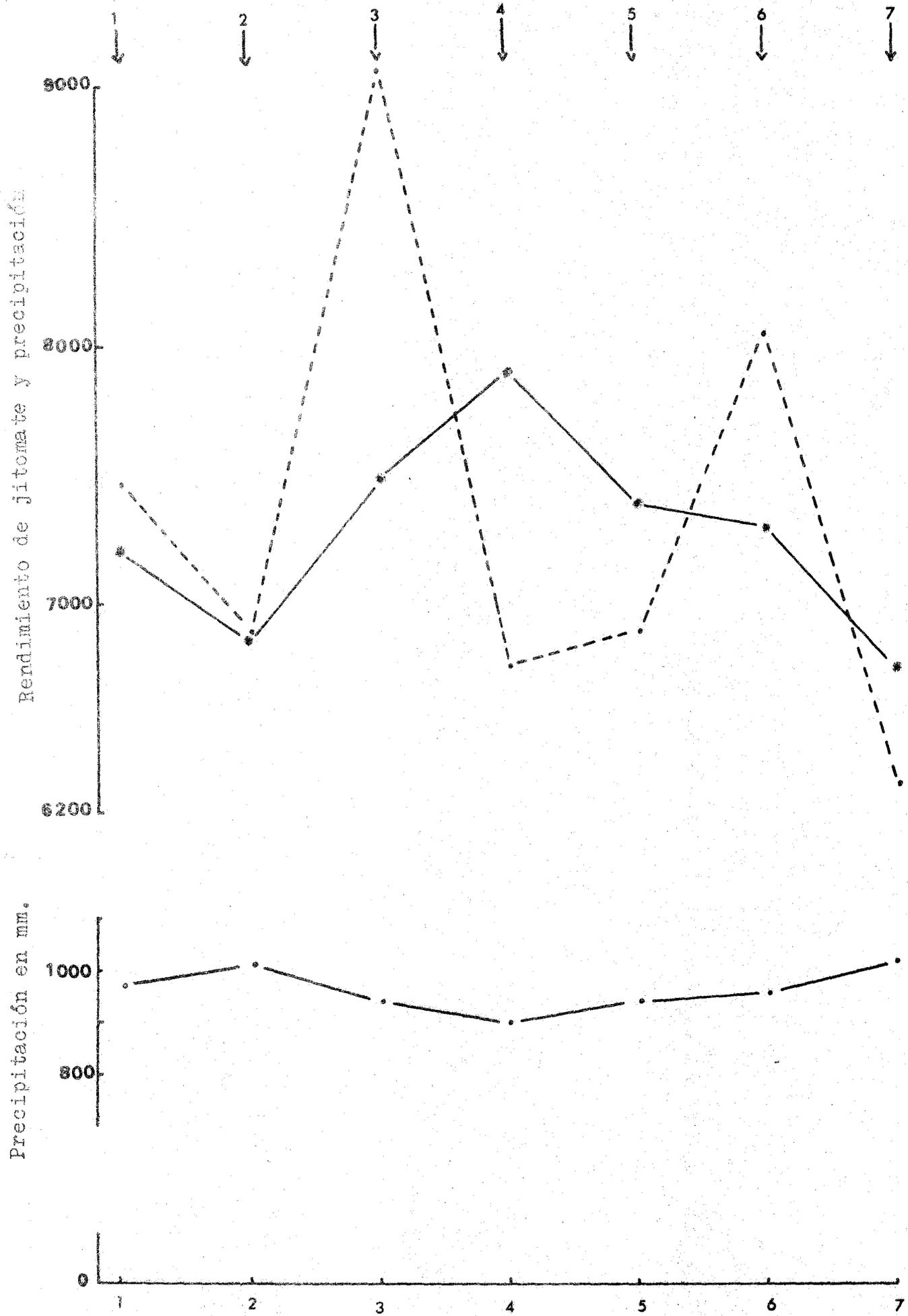


Figura 52



los parámetros que se estudian y que hace obligada una transformación de los valores de una variable a la escala de la otra, esto es lo que se llama homogeneizar los datos.

Para ello, se procedió a trazar el diagrama de dispersión de los 32 puntos empleados en la red, mismo que aparece en la figura 52 y en seguida se le ajustó una recta mediante el procedimiento de ecuaciones normales para la recta de mínimos cuadrados. El resultado fué como se observa en la figura, una correlación negativa, lo que significa que a mayor rendimiento corresponden precipitaciones del orden de los 800 mm y cuando las precipitaciones se presentaron en cantidades mayores los rendimientos disminuyeron.

Los valores de los coeficientes a y b resultaron como sigue:

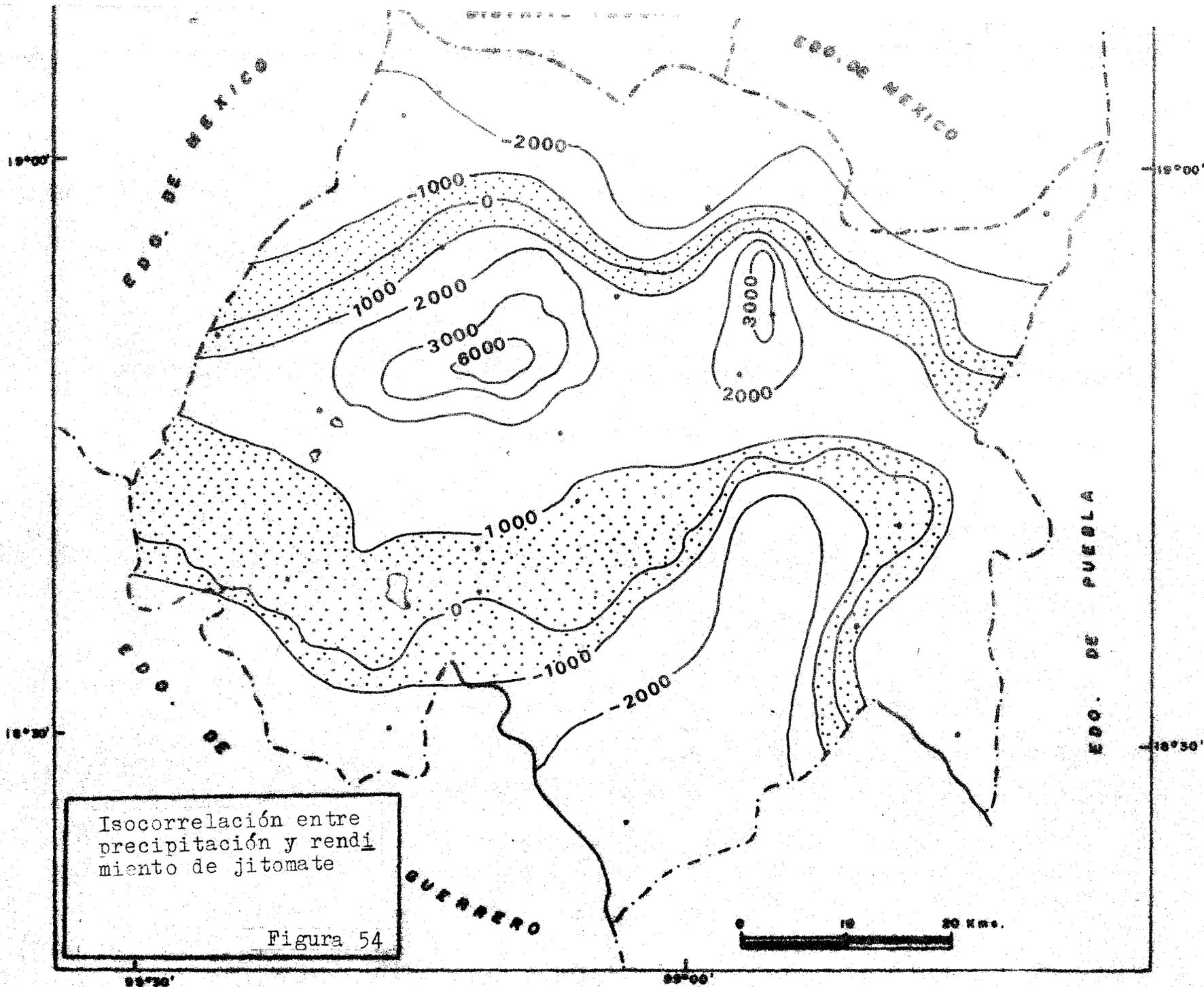
$$a = 16.013$$

$$b = -9.007$$

Utilizando estos valores se ajustó la línea más gruesa a la parte superior de la gráfica de la figura 53 y que representa la precipitación expresada en la misma escala que el rendimiento y cuyos valores sirvieron como base para el cálculo de los nuevos puntos de otra red con los cuales se trazó el mapa de isocorrelación, o sea el mapa que representa la relación existente entre las dos distribuciones originalmente presentadas.

En este mapa (figura 54) se observan dos áreas reducidas en las que existe estrecha relación, están marcadas con puntos, abarcan dos franjas que cruzan el Estado de Este a Oeste.

Como se mencionó con anterioridad, no se aspira a explicar aquí las variaciones en el rendimiento de la producción



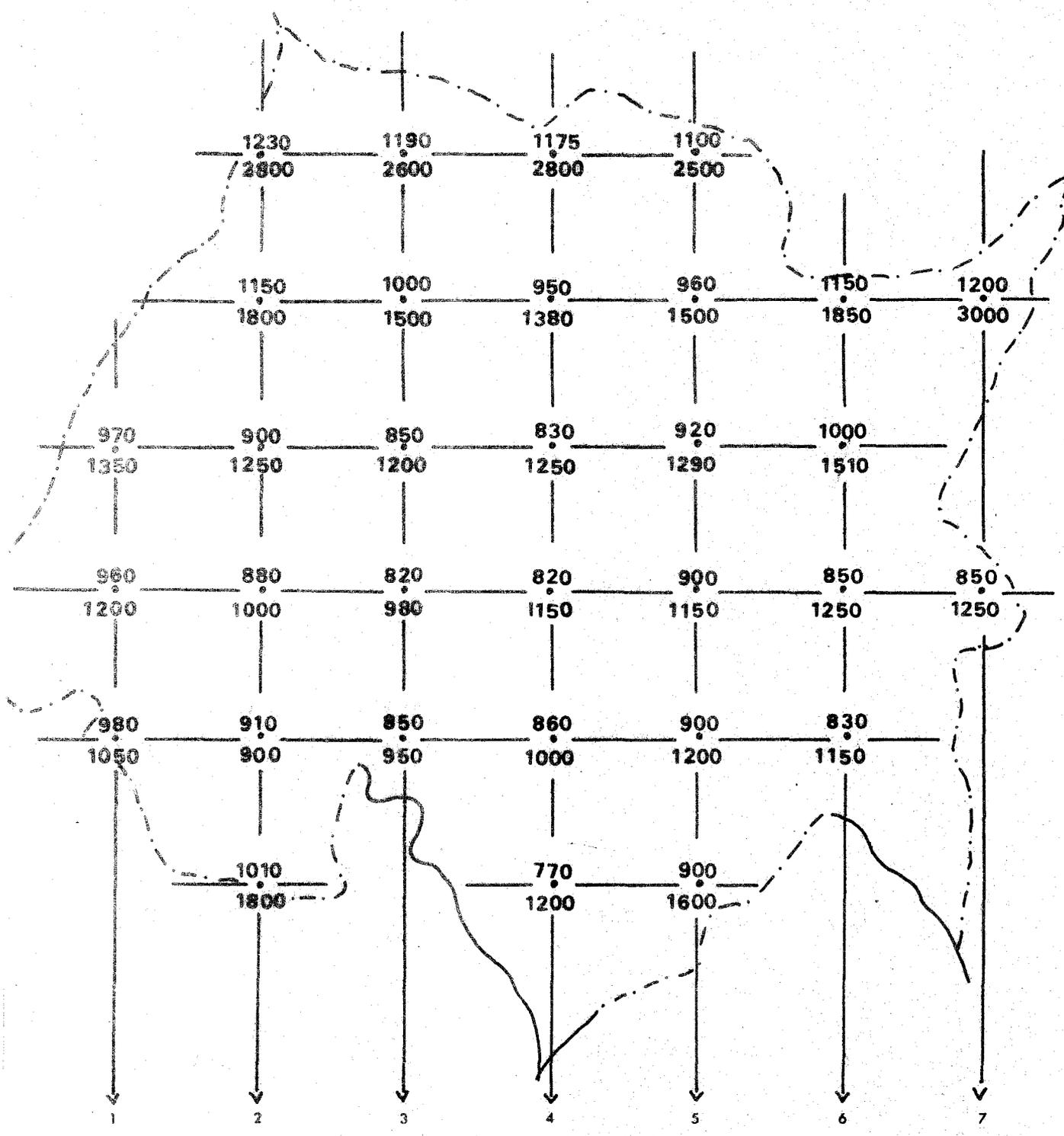
del jitomate basándose únicamente en la distribución de la cantidad de precipitación pluvial, pues hay otros muchos factores que influyen en ella, pero se considera que puede ser de utilidad conocer las áreas que presentan mayor o menor relación entre ambas variables que se estudian.

Relación entre la precipitación total y la altitud.

Al aplicar el mismo método para relacionar el mapa de distribución de la precipitación total anual, figura 38, y el de altitud sobre el nivel del mar o topografía del terreno, figura 1, representada por curvas de nivel, se procedió a trazar la red de puntos que en número de 32 cubren la totalidad del Estado y a trazar las gráficas representativas de los promedios de las columnas en sentido vertical de esta red, ver figura 55.

Se aprecia claramente en la gráfica que aparece en la figura 56, la diferencia de escalas utilizadas para representar las dos variables que se están relacionando, por este motivo se hizo necesario efectuar la normalización de los datos, es decir transformando los valores de una escala en la otra.

Como siguiente paso se trazó el diagrama de dispersión, figura 57, de los valores de la red de puntos y se le adaptó la línea recta mediante el procedimiento de ecuaciones normales para la recta de mínimos cuadrados, misma que resultó una correlación positiva, pues a menor altitud se registra menor cantidad de lluvia y a mayor altitud mayor lluvia; se calcularon para esto los coeficientes a y b que son necesarios para trabajar los valores que aparecen en la figura 58 en línea gruesa, misma que representa la precipitación a la misma escala que la altitud.



C O L U M N A S

Figura 55

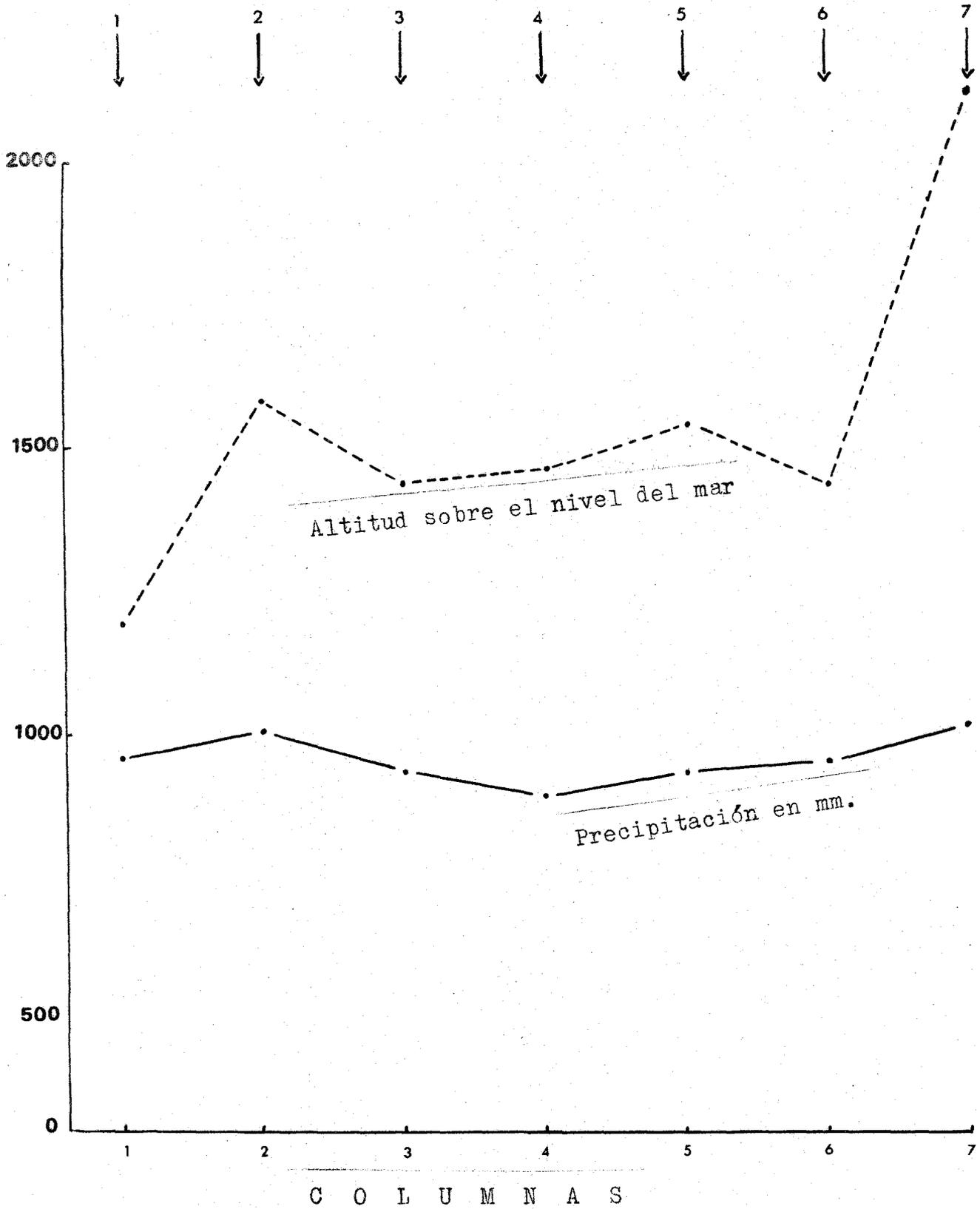


Figura 56

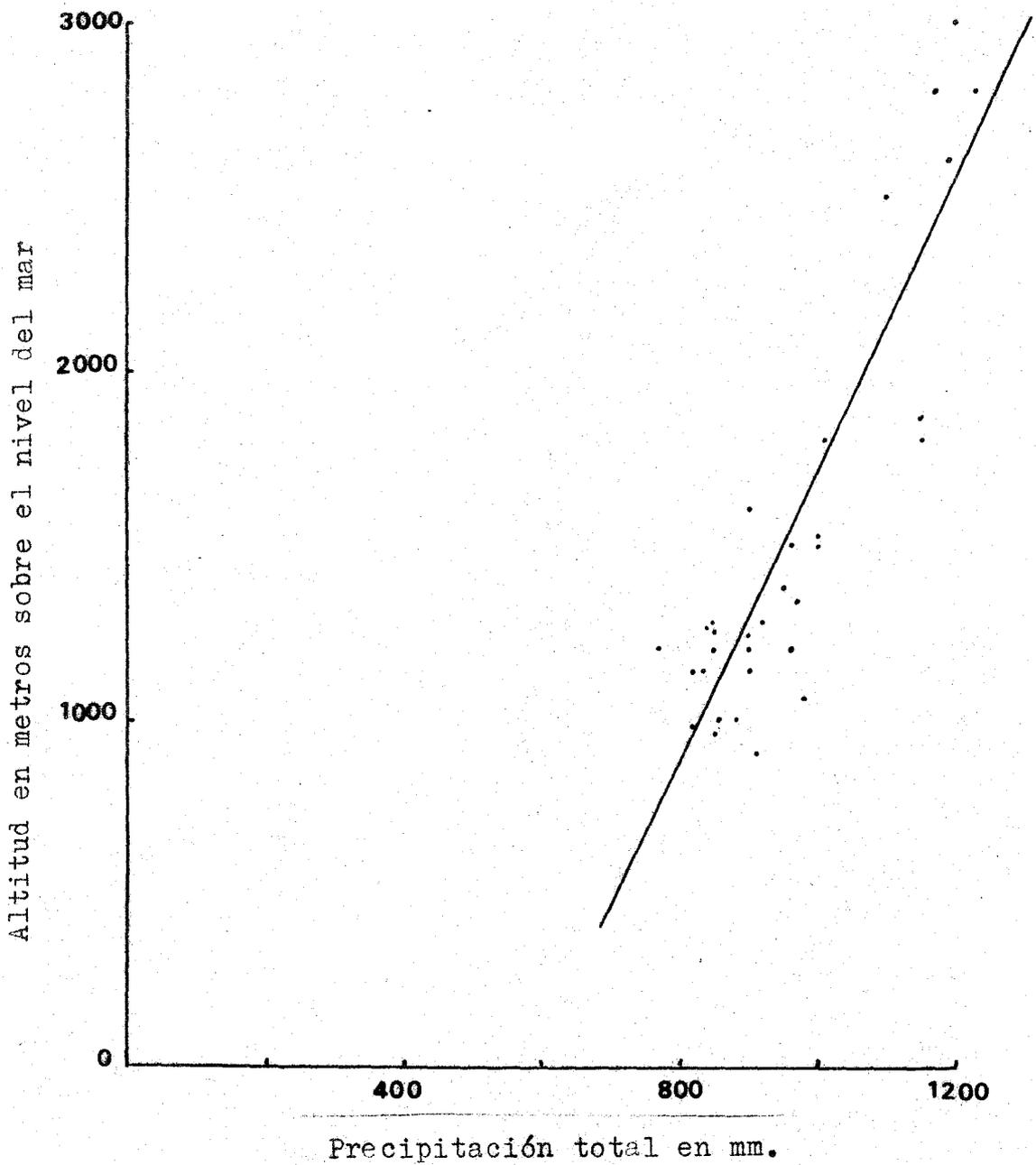


Figura 57

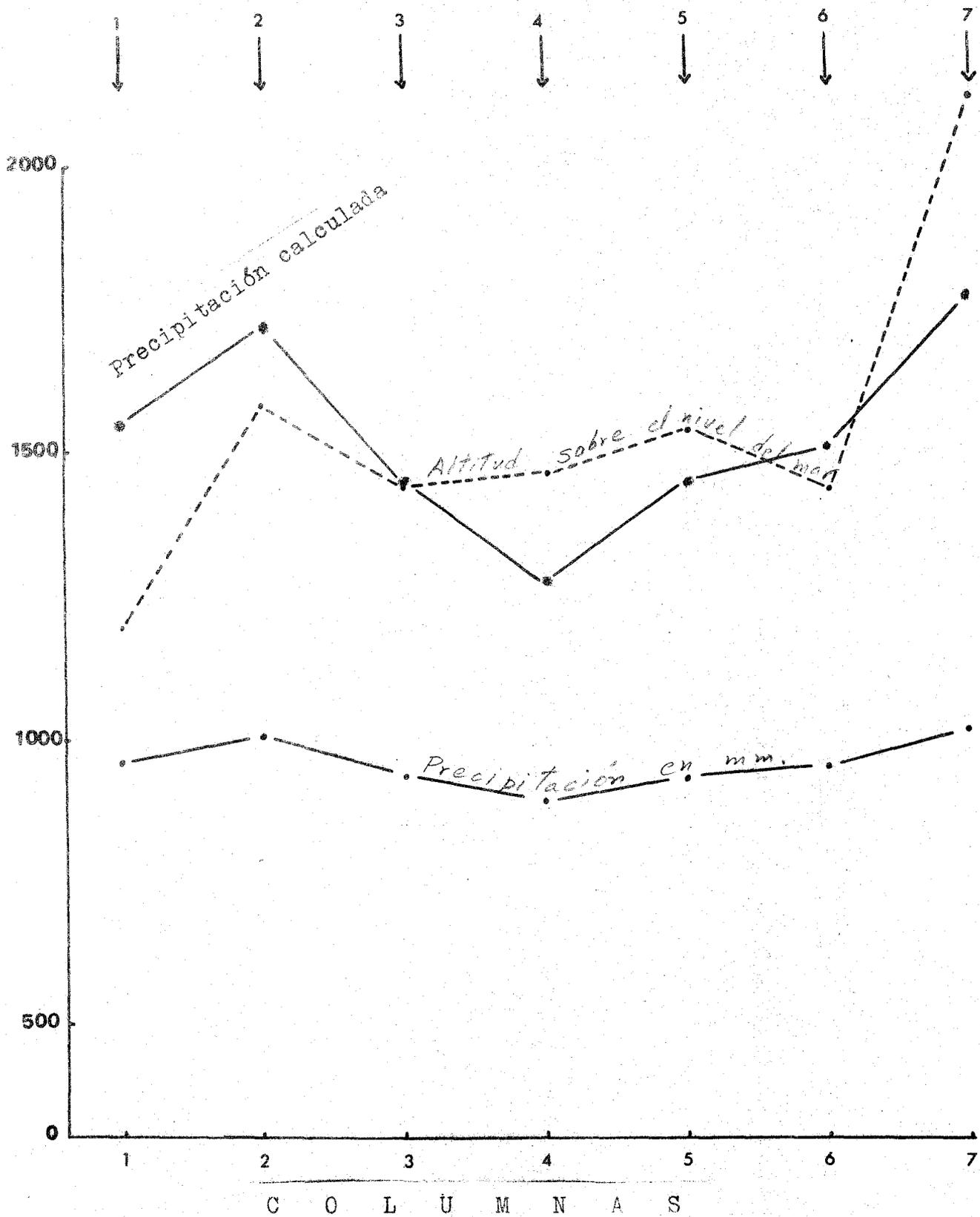
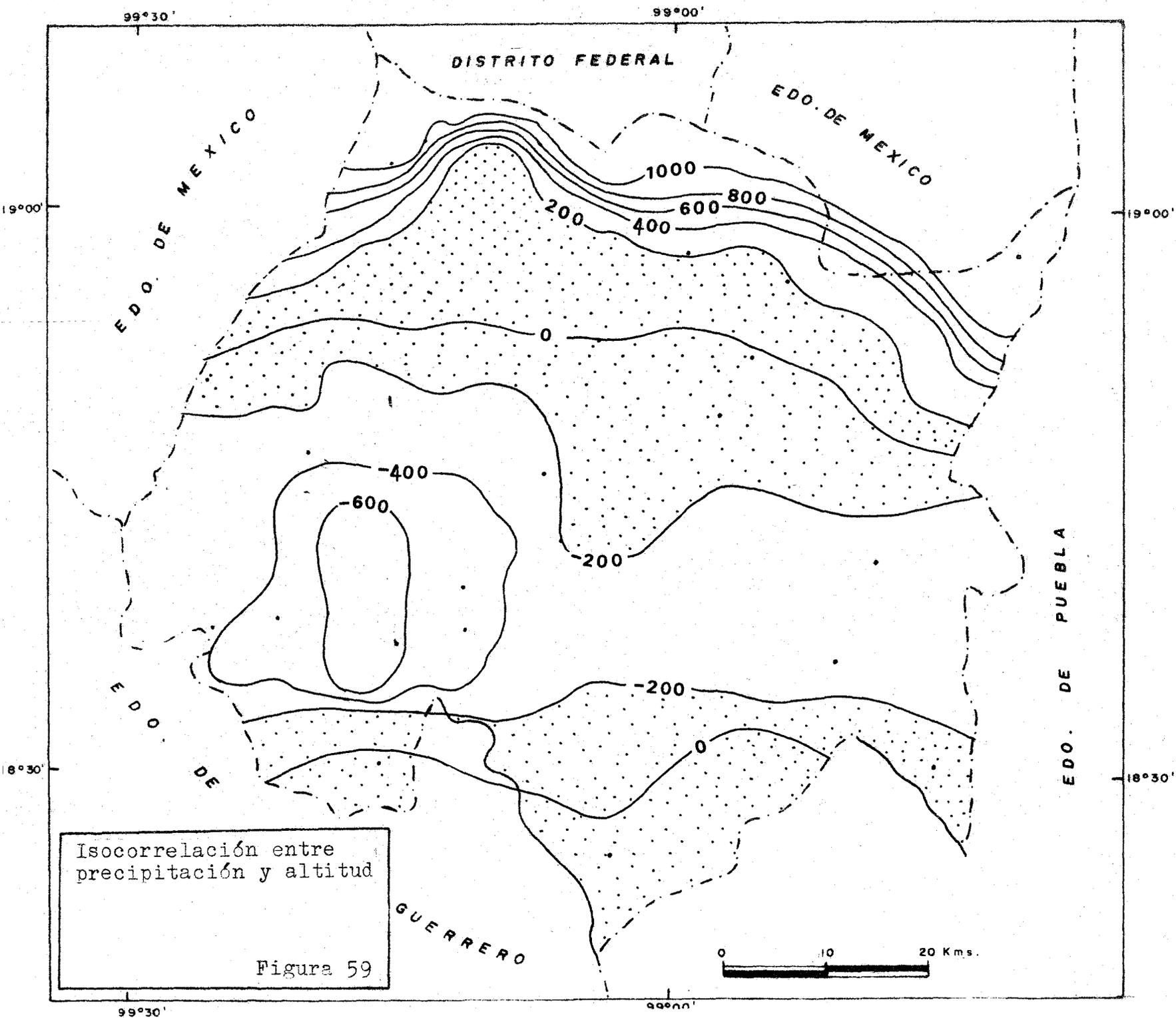


Figura 58



Los valores a y b resultaron como sigue:

$$a = 2\ 345.9$$

$$b = 4.03$$

Las fórmulas empleadas ya fueron mencionadas con anterioridad.

A partir de los valores de esta línea se obtuvieron los nuevos valores con signo positivo o negativo que sirven como base para trazar el mapa en el que se observan áreas con mayor o menor grado de relación entre la precipitación y la altitud (figura 59).

Las áreas en las cuales la lluvia se explica por la altitud, aparecen achuradas. La primera abarca parte de la mitad Norte del Estado, las estribaciones bajas del Chichinautzin y de la Sierra Nevada y los Valles de Yautepec, Cuernavaca y Cuautla.

Otra región que presenta una marcada relación entre las variables precipitación y altitud corresponde a la parte Sur del Estado, en Tilzapotla, abarca parte de la Sierra de Huitzaco y en la Sierra de Huautla, en los límites con los estados de Guerrero y Puebla. En el resto del área, se tiene con signo (+) positivo desviaciones muy fuertes en exceso y con signo (-) negativo, desviaciones muy fuertes en defecto.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. Este trabajo intenta dar a conocer estadísticamente la gran diversidad de condiciones climáticas en el Estado con el objeto de ayudar a escoger los cultivos que pueden intentarse. Estos varían desde cereales y frutales de las zonas templadas a cultivos tropicales y de zonas áridas, pues diversas condiciones ecológicas se suceden de Norte a Sur del Estado. De hecho se hacen estas siembras de manera esporádica y a prueba, pero no de manera intensiva y generalizada. Por ejemplo, en los recorridos de campo se encontró cultivo de henequén en la ladera de una pequeña elevación en el municipio de Ticumán.

2. Se relacionó la precipitación con la altitud, la correlación lineal resultó ser positiva, es decir que a mayor altitud la precipitación es mayor.

3. Asimismo se calcularon las correlaciones lineales entre la precipitación y los rendimientos por hectárea de maíz, frijol y jitomate, resultando ser negativos; lo que significa que no son las áreas más lluviosas las de mayor producción ni tampoco los años más lluviosos. La utilización del método expuesto para hacer isocorrelación permite observar de manera objetiva, sobre el mapa, las áreas en las cuales existe una estrecha relación entre la precipitación y el rendimiento de maíz, frijol y jitomate. Como se observa en los mapas las regiones de mayor relación son diferentes para cada cultivo y es la del maíz la que tiene el área de mayor tamaño (figura 10) al comparar los tres productos. En el mapa de relación entre rendimiento de frijol y precipitación se formaron dos franjas que cruzan el Estado (figura 11) mientras que en el mapa de

relación entre rendimiento de jitomate y precipitación las áreas de coincidencia se reducen, quedando una en la zona norte del Estado precisamente al pié de las laderas de las Sierras del Norte y la otra más meridional evadiendo también las montañas del Sur del Estado.

4. Los mapas de isocorrelación muestran las zonas en las que el cultivo es adecuado, tomando como única variable a la precipitación. Hay zonas de isocorrelación positiva que indican un exceso en rendimiento para la cantidad de lluvia registrada, lo cual significa que hay otros factores (físicos o humanos) ajenos a la precipitación que mejoran las condiciones de productividad. Por otra parte, las zonas de relación negativa ponen de relieve condiciones adversas o poco adecuadas para el rendimiento, cuyas causas también pueden ser físicas (altitud, pendiente, pedregosidad del suelo, etc.) o humanas.

5. No todas las áreas de buena relación están cultivadas, según el levantamiento censal que se efectuó en 1970 todavía cuenta el Estado con 4 490 ha. de tierras incultas productivas y 13 707 ha. susceptibles de ser abiertas al cultivo; las primeras aparecen en el mapa del Inventario Forestal del Estado de Morelos (figura 32) en que se señalan como terrenos de agricultura semipermanente. Con base en los mapas de isolíneas de rendimiento por hectárea y las áreas de mayor isocorrelación entre rendimientos y precipitación presentadas en este trabajo podría intentarse la introducción de estos cultivos en esas tierras.

6. El cultivo de jitomate, uno de los más importantes en el Estado tiene todavía amplias zonas para aumentar su producción, éstas se señalan en el mapa de isocorrelación como dos franjas que

cruzan de Este a Oeste.

7. Los mapas de isolíneas de probabilidad de la lluvia (de 80 % para varios meses del año, así como para la época lluviosa y la seca) marcan las zonas más aptas para los cultivos según sus requerimientos de agua en el año.

BIBLIOGRAFIA.

1. Agro-Síntesis. Revista de Agricultura, Ganadería y Avicultura. Vol. 7 No. 2, Editorial Año Dos Mil, México 1977, pp 45-46.
2. Conrad, Victor. Methods in Climatology Harvard University Press. Cambridge, Mass. USA. 1946.
3. Diccionario geográfico, historico y biográfico. Editorial Porrúa, México, 1964.
4. Dirección General de Estadística. Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal 1970. Resumen General. S.A.G. México, 1971.
5. Dirección General de Estadística. Censo General de Población del Estado de Morelos 1970. Secretaría de Industria y Comercio, México, 1971.
6. Franzblau Abraham N. A Primer of statistics for non-sttisticians. Harcourt, Brace & World, Inc. U.S.A. 1958.
7. García Enriqueta, Vidal Rosalía, Tamayo Luz Ma, Reyna Teresa, Sánchez Rubén, Soto Margarita y Soto Enrique. Precipitación y probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su evaluación. Estado de Morelos. Serie Climas. Instituto de Geografía UNAM-CETENAL, Secretaría de la Presidencia, 1974.
8. List Robert J. Smithsonian Meteorological Tables. Smithsonian Miscellaneous Collections, Vol. 114 Washington D.C. 1968.
9. Murray R. Spiegel. Teoría y Problemas de Estadística. Mc Graw Hill. Serie Compendios Schaum, México, 1973
10. Oliver John E. Climate and Man's environment. An introduction to applied climatology, Ed. John Wiley and Sons, Inc. U.S.A. 1973
11. Robinson, Arthur H. and Bryson Reid A. A method for describing quantitatively the correspondence of geographical distributions. Annals of the Association of American Geographers, Vol. 47,

- No. 4, pp 379-391, University of Wisconsin. U.S. . December 1957.
12. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Normales Climatológicas. Dirección General de Geografía y Meteorología. Período 1941-1970, México, 1976
 13. Secretaría de la Defensa Nacional. Cartas Tlancualpican, Cuernavaca, Atlixco y Taxco. Escala 1: 100 000. México, 1957
 14. Secretaría Forestal y de la Fauna. Inventario Nacional Forestal. SAG. No 32, México, 1975
 15. Secretaría de la Presidencia CETENAL, Cartas Tenancingo, Milpalta, Cuernavaca, Jojutla, Taxco, Tilzapotla e Iguala. Escala 1: 50 000, México, 1973 y 1975
 16. Secretaría de la Presidencia CETENAL e Instituto de Geografía, UNAM, Carta de Climas de la República Mexicana, Escala 1: 500 000, México 1970.
 17. Vivó Jorge A. Geografía Física, Editoria Herrero, México, 1977
 18. Wellhausen Edwin J. The Agriculture of México. Scientific American, Vol. 235, No. 3 pp 128-151, N.Y. USA. September, 1976.