



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

00361

12
2ej.

**REGIONALIZACION CLIMATICA
DE LA SIERRA DE SANTA MARTA Y EL
VOLCAN SAN MARTIN PAJAPAN, VER.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS (BIOLOGIA)**

P R E S E N T A

MA. ELENA GONZALEZ CAPISTRAN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D.F.
1991



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
ANTECEDENTES	5
Reservas de la biosfera	5
Regionalización climática	7
ZONA DE ESTUDIO	13
Localización	13
Reserva de la biosfera	13
Geología	14
Geomorfología	16
Suelos	16
Hidrología	18
Vegetación	18
Clima	20
OBJETIVOS	27
METODOLOGIA	29

RESULTADOS Y DISCUSION	31
Ubicación de las estaciones meteorológicas	31
Relieve de la zona	31
Prueba de homogeneidad de datos	33
Temperatura media anual	34
Temperatura mínima extrema	35
Temperatura máxima extrema	35
Precipitación	37
Indice de Lang	38
Mapa climático	40
Mapa de viento dominante (Rosas de los vientos)	42
Regiones climáticas	44
Relación de las regiones climáticas y la vegetación	46
CONCLUSIONES	51
LITERATURA CITADA	53
ANEXOS	63
MAPAS ESCALA 1:250,000	anexos

RESUMEN

Por la influencia que tiene el clima en los procesos naturales y sociales, se plantea un estudio de regionalización climática en la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan. Región que se vislumbra como reserva de la biosfera dado que aún se considera un lugar de vegetación original y de gran riqueza ecológica. Bajo este enfoque, los estudios de sus sistemas ecológicos sobre estructura y dinámica, son importantes para investigaciones de utilización y manejo de los recursos naturales, así como para los trabajos de planeación agropecuaria y de desarrollo comunitario.

Se elaboró una regionalización climática sobre una carta a escala 1:250,000, con una equidistancia de 100 m entre las curvas de nivel; a partir de la distribución de cinco parámetros: temperatura media anual, temperaturas máxima y mínima extremas, precipitación total e índice de Lang o P/T.

Se obtuvieron trece regiones climáticas y tres subregiones, las cuáles se delimitaron, principalmente, por el índice de Lang y las temperaturas extremas; asimismo se encontró que los parámetros climáticos se comportan de manera distinta entre la vertiente del Golfo y la continental.

Se considera que esta división espacial logra expresar las diferencias climáticas en la sierra y que puede servir de base para posteriores trabajos de investigación y/o planeación de los recursos.

INTRODUCCION

Es indudable que algunos factores y procesos bióticos y abióticos son dependientes del clima y que ciertas actividades humanas como la arquitectura, ingeniería, agronomía, zootecnia, etc. están sujetas a los procesos climáticos (Capel y Urteaga, 1982), esta relación ha sido poco superada y se mantiene casi en el mismo grado que en las primeras etapas del desarrollo humano (Gates, 1972). Por ello, el clima es de gran interés. Además de ser un factor variable y difícilmente predecible (Ausubel y Biswas, 1980), es considerado de primordial importancia para el desarrollo social, en la medida en que los recursos y actividades humanas dependen de él (Oliver, 1973).

Una buena parte del desarrollo de la climatología se ha basado en la clasificación y descripción del lugar, a partir de las medias aritméticas y de la interpretación física de los datos (Oliver, 1973), estas reseñas conducen a las clasificaciones, las cuáles son una manera de expresar la diversidad climática que hay en la Tierra (Griffiths, 1985). Con ello, se definen espacios con características peculiares a ciertos elementos del clima (Parra et al., 1982), lo que lleva, indirectamente, a las regionalizaciones climáticas; sin embargo, y por no ser hechas expresamente para actividades de planeación y/o explotación de un recurso, no contemplan parámetros que en circunstancias particulares podrían ser más determinantes; por ejemplo, las heladas, el granizo, la neblina, el rocío, los vientos, etc.

La sierra de Los Tuxtlas ha sido estudiada desde el punto de vista climático por el Instituto de Geografía y CETENAL (1970); Villalpando (1972) y Soto (1976). Parte del interés de este trabajo es enriquecer dicho conocimiento, al utilizar otros parámetros climáticos y al trabajar a una escala que permita un mayor detalle. Se tiene la finalidad de realizar una regionalización climática en la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan, para la futura planeación, desarrollo e investigación del área, propuesta como reserva de la biosfera. Esto se considera necesario porque la sierra es un sitio de trabajo para muy diversos tipos de investigaciones, en especial, cuando esta zona se reconoce como área protegida; ya que sus bases filosóficas de conservación y manejo de los recursos naturales promueven un sin número de trabajos en los que la utilización óptima del acervo natural es el eje principal.

La idea esencial de estas áreas es la de tratar de disolver la contradicción entre conservación y desarrollo, al asentar las bases para un progreso productivo sin detrimento de los sistemas naturales, con la adecuada extracción y manejo de los recursos (Cifuentes, 1983). Para ello, las reservas de la biosfera se apoyan fuertemente en la investigación; los lineamientos y objetivos a seguir dependen de la organización de la reserva, pero en tales investigaciones existe un común denominador que es el conocimiento de la estructura y funcionamiento del sistema ecológico que se resguarda (UICN, et al., 1980); en este sentido las investigaciones climáticas juegan un importante papel.

ANTECEDENTES

Los estudios de ordenación y planeación, siguen metodologías supeditadas a sus propios objetivos; no obstante, es posible detectar un factor común en ellos: la división del espacio en pequeñas áreas similares con respecto a uno o varios factores seleccionados de acuerdo a las finalidades del trabajo. Por tanto, cada región resultante se define como un espacio homogéneo en sus caracteres dominantes, que pueden ser físicos, biológicos, culturales o económicos (Parra et al., 1982). Dicha uniformidad esta dada por una o varias variables que determinan el tipo de regionalización: edafológica, geomorfológica, climática, de vegetación, agrícola, cultural, lingüística, de actividades económicas, etc. O bien, se pueden hacer regionalizaciones integrativas en donde se toma en consideración tanto factores físico-biológicos como sociales (Peña y Sanguín, 1984).

A continuación se mencionan dos tipos de regionalización, la primera, se utiliza en las áreas protegidas cuyo propósito es la selección de los espacios adecuados para cumplir con dos objetivos primordiales: conservar el ecosistema o los ecosistemas que protege y promover actividades de investigación, educativas y productivas; sin que por ello, se deteriore el área. Con ésto, solamente se quiere resaltar la urgente tarea de los estudios climáticos en el apoyo de otros, sobre todo cuando se involucran proyectos de planeación. El segundo tipo de regionalización hace referencia al clima y su aportación en el ámbito científico.

Reservas de la biosfera

La piedra angular en las reservas de la biosfera, es el conocimiento de la estructura, funcionamiento, dinámica y transformación de los sistemas naturales por la intervención del hombre (Giacomini, 1979). Son áreas protegidas donde se promueve la conservación de los ecosistemas, se investiga sobre su estructura, funcionalidad y dinámica para ser comparadas con otras áreas. Igualmente, se da seguimiento al monitoreo ambiental para medir los

cambios a largo plazo de la biosfera en su conjunto, y son identificadas como lugares de entrenamiento y educación, enfocadas a la relación hombre-naturaleza; principalmente en aquellas reservas con asentamientos humanos cercanos (MAB, 1979; UICN et al., 1979).

Las actividades que se fomentan en una reserva se llevan a cabo en espacios específicos. Las dos áreas de manejo básicas son: la núcleo y la de amortiguamiento, las que se subdividen dependiendo de la diversidad de actividades a desarrollar. La zona núcleo, es una parte representativa del ecosistema principal, de ser posible en estado clímax y con etapas serales. Está dedicada por completo a la conservación e investigación y es utilizada como punto de referencia. Se difunden algunas actividades de enseñanza y capacitación pero se necesita de cierto control y se sugiere que no sean muy manipulativas. La zona de amortiguamiento puede ser del mismo tipo de ecosistema de la zona núcleo o distinto, e incluir zonas de transición; es un área ya modificada o con posibilidades de serlo. Se utiliza para realizar diferentes actividades en las que algunas veces están incluidas las productivas, se evalúa el proceso de transformación del hombre y sirve de comparación. Su función principal es proteger a la zona núcleo, por lo que generalmente la rodea (UICN, et al., 1979; Cifuentes, 1983).

En las reservas de la biosfera que tienen asentamientos humanos en sus lindamientos o cercanos a ellos, se trabaja junto con la población para incorporar la problemática socioeconómica regional a los objetivos de la misma (Halffer, 1981; 1984; Toledo, 1985).

INVESTIGACIÓN EN LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA

Los objetivos y finalidades de una reserva se basan en la investigación. La Estrategia Mundial para la Conservación (EMC) (UICN, et al., 1980), hace referencia a los estudios climáticos dando un peso preponderante a la relación del clima con la contaminación atmosférica y a los cambios y efectos climáticos debido a las actividades humanas. Además, la climatología es elemental en los estudios ecológicos, en los de distribución de especies, en los edafológicos, en la productividad agrícola, ganadera o silvícola; en el desarrollo de plagas o enfermedades que atacan a los vegetales, animales o al hombre, etc.; influye en actividades humanas como las comunicaciones, transportes, industria, comercio,

asentamientos humanos, etc. (Gates, 1972). La investigación climática de un lugar está justificada tanto para el apoyo de estudios cuya finalidad es el simple conocimiento, como para aquellos que tiene una aplicación inmediata.

Las investigaciones que se realizaron para promover a la sierra de Santa Marta como reserva de la biosfera fueron a partir de los tipos de vegetación y su estado de conservación, así como el grado de influencia de las actividades de la población en el área (Gómez-Pompa, et al., 1979; Ramírez, 1984). La regionalización propuesta por Ramírez (1984), se fundamentó en los mismos puntos; en ella, el autor sugiere además de las dos áreas de manejo básicas (núcleo y de amortiguamiento), una zona histórico-cultural y una zona de recuperación natural.

Regionalización climática

Como se mencionó anteriormente, las regionalizaciones climáticas delimitan espacios homogéneos con respecto a uno o varios parámetros; lo que permite deducir las particularidades climatológicas de un lugar sin necesidad de hacer evaluaciones puntuales.

Estas delimitaciones son utilizadas para apoyar investigaciones ecológicas, para tener idea del tipo de vegetación de un lugar, para explicar el comportamiento anual de una especie, para conocer el ciclo de algún agente patógeno o de una enfermedad; o bien, para estudios agrícolas, ganaderos y silvícolas.

En los siguientes párrafos se mencionan algunos trabajos que han dado lugar a las regionalizaciones climáticas. Primero se citan las clasificaciones y en segundo lugar, se mencionan estudios cuyo objetivo principal es la delimitación del espacio para uso agrícola.

CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

La clasificación de los griegos, que fue una asociación entre climatología y geografía usó los conceptos de frío, húmedo, caliente y seco, además de la latitud para delimitar el espacio en tres zonas: la tórrida, la templada y la fría. Este concepto perduró por cerca de 2,000 años hasta que los viajes de los científicos durante los siglos XV y XVI pusieron de manifiesto la existencia de distintos climas, por lo que se necesitaron nuevas clasificaciones que pudieran abarcar esa diversidad. Afortunadamente, ésto coincidió con el desarrollo de instrumentos meteorológicos como el termómetro y el barómetro de mercurio que hicieron posible la cuantificación de los elementos del clima (Oliver, 1973).

Hoy en día, la información climatológica registrada cuantitativamente de los diversos elementos meteorológicos que definen el clima, se sistematiza de manera simple como cualquier sistema de clasificación (Barry y Chorley, 1978). Mantienen una organización que va de lo general a lo particular, de diferencias muy palpables a otras de detalle (Coll de Hurtado et al., 1974). El resultado práctico que se puede obtener a partir de dicha disposición es la demarcación de lugares homogéneos a ciertos elementos meteorológicos (Meher-Hömmj, 1980) para un período determinado de tiempo (Gates, 1972).

En muchos casos, las asociaciones vegetales han sido utilizadas en los estudios climáticos por considerarlas integradoras y manifestadoras de la influencia de los factores del medio que condicionan su distribución (Legris, 1972). Estas correlaciones son tan numerosas que se continúa su uso a sabiendas de que el clima no es el único factor que influye en la vegetación (Coll de Hurtado et al., 1974).

Un ejemplo clásico de este tipo de clasificación, es el sistema de Köppen, quien sugiere que las plantas pueden servir como instrumentos meteorológicos capaces de integrar varios elementos del clima y que las regiones climáticas pueden ser definidas en términos de regiones de plantas (Thornthwaite y Mather, 1954). El se basó en el mapa mundial de vegetación de A. de Candolle, quien propone una clasificación fisiológica que comprende seis subdivisiones, cinco de las cuales incluyen plantas adaptadas fisiológicamente a diversos rangos de temperatura y la sexta reúne a las plantas que se adaptan a la sequía. Köppen consideró a las regiones vegetales de este autor como regiones climáticas y su clasificación fue un intento de encontrar valores numéricos para los límites (Coll de Hurtado et al., 1974).

Otras clasificaciones climáticas que parten de asociaciones vegetales son la de Supan, 1879; Woeikoff, 1884; Transeau, 1905; Lang, 1915; De Martonne, 1926 y Angström, 1936 (Coll de Hurtado y Jáuregui Ostos, 1974). Aunque Thornthwaite (1931) no utiliza la distribución de los distintos tipos de vegetación para designar los intervalos de valores del índice en el que se basa su clasificación (precipitación evaporación P-E), una vez hechos éstos, hace una correspondencia con la vegetación y establece la siguiente: clima muy húmedo - bosque tropical, clima húmedo -bosque, clima subhúmedo - pradera, clima semiárido - estepa, clima árido - desierto.

Para el caso de México, en 1964, García modificó la clasificación climática de Köppen para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana (García, 1988). Esta autora partió del hecho de que el sistema de Köppen no alcanzaba a expresar la gran variedad de climas que existen en nuestro país, por ser ideado con respecto a las variaciones de latitud, siendo que en México la altitud juega un papel más importante en la distribución del clima (García, 1969a). Una de las principales modificaciones realizadas a este ordenamiento fue incluir el cociente de Lang, precipitación total anual (mm)/ temperatura media anual (°C) (P/T), también conocido como índice de la efectividad de la precipitación. A través de este cociente se puede determinar de una manera sencilla las condiciones de humedad o aridez de un lugar.

Diversos estudios han demostrado que los subtipos climáticos originados a partir de esas modificaciones corresponden con las variaciones climáticas y muestran una mejor relación con los tipos de vegetación en México (García, 1969a). De hecho, la distribución de *Larrea tridentata* condujo a la delimitación de los climas secos BS en BS₁ y BS₀, ya que esta especie se encuentra en los climas más secos de los secos (BS₀) (García et al., 1960). En el estudio climático de la Península de Yucatán se observó una correspondencia en el gradiente de climas de secos a húmedos y los tipos de vegetación (García, 1988). En 1983, Schmidt delimitó el desierto de Chihuahua utilizando el índice de aridez De Martonne; el área definida coincide con el clima muy árido (BW) del norte del país, obtenido a través del Sistema Modificado.

En general se puede decir que se ha llegado a establecer una jerarquización de los diferentes parámetros climáticos, donde la temperatura media y la precipitación son las variables principales (Thorthwaite, 1931). Sin embargo, existen otros elementos y factores

climáticos que deben ser considerados ya que determinan la distribución y adaptación de los organismos, como por ejemplo los valores extremos de temperatura (Gómez-Pompa, 1978) y la humedad. De acuerdo con Soto (1985) ningún sistema de clasificación ha logrado tener una correspondencia exacta con los tipos de vegetación, probablemente por el uso de promedios y no de valores extremos que son los que ejercen una influencia más determinante.

Como ejemplo de un estudio que ha considerado diversos parámetros climáticos, se encuentra la regionalización climática de la República Mexicana realizada por García et al. (1983), quien toma en cuenta la distribución anual de la temperatura media y su oscilación; la cantidad de lluvia a lo largo del año, su variabilidad y la probabilidad de precipitación, los diversos grados de humedad, la dirección de los vientos; y otro tipo de factores como el relieve, orientación, barreras orográficas, etc. Los autores dividen al país en once regiones, donde cada espacio definido es homogéneo en las variables seleccionadas.

TRABAJOS AGROCLIMÁTICOS

A diferencia de las clasificaciones climáticas, los trabajos agroclimáticos tienen como eje central la delimitación del espacio para uso agrícola. En estos se busca la optimización de las condiciones naturales del suelo y el clima para maximizar la producción agrícola (Dömros Manfred, 1976; Ortiz Solorio, 1984).

Para la demarcación del espacio se parte de dos opciones: 1) conocer las necesidades climáticas de la especie a cultivar para luego buscar los lugares adecuados, o bien, 2) caracterizar climáticamente un espacio para después seleccionar los cultivos óptimos. En el primer caso están, por ejemplo, los trabajos de Contreras Arias (1942), Duke y Terrel (1974), García Benavides et al. (1975), Duke y Hurst (1975), Dömros Manfred (1976), Duke (1978; 1979), Rojas y Eldin (1983) y Planchuelo-Ravelo y Ravelo (1985). Por ejemplo, en Sri Lanka se seleccionaron los lugares para el cultivo de té, caucho y palma de coco. En primer lugar se dividió el espacio en zona seca y húmeda, con respecto a los valores totales y a la distribución de la precipitación en el año. A continuación, se consideraron los índices

térmicos e hídricos que expresaran las necesidades de cada cultivo. El resultado final fue la jerarquización del área (óptima, favorable, problemática y no deseable) para cada uno de los cultivos (Dömros Manfred, 1976).

Con respecto la segunda opción, se pueden mencionar los trabajos de De Fina (1950), Fréré et al. (1978), Jaetzold (1982), Ortíz Solorio (1984) y Ortiz Solorio y Pájaro Huerta (1988). La FAO (1978) propone una metodología para regionalizar agroclimáticamente una zona. Como primer paso, se clasifica el lugar con respecto a algunos de los 14 grupos climáticos propuestos (tropicales calientes, moderadamente frescos, frescos y fríos, subtropicales calientes, con lluvias en verano, moderadamente frescos, etc.). En segundo lugar, se hacen estudios de períodos de crecimiento de las plantas con respecto a la disponibilidad de agua y la temperatura de cada uno de los grupos climáticos obtenidos. Finalmente y con base en estudios edafológicos, se determina la rentabilidad de los cultivos por la producción de biomasa y posibles impedimentos climáticos. Con esta información se llega a una jerarquización productiva de la zona.

ZONA DE ESTUDIO

Localización

La sierra de Los Tuxtlas es lugar de estudio para diversas investigaciones, por sus singularidades ecológicas y por las finalidades propias que persiguen tanto la estación biológica de "Los Tuxtlas" perteneciente a la UNAM, como el parque de "La flora y fauna silvestre tropical" de la UV; ambas ubicadas en dicha sierra, sin embargo, los trabajos específicos en la sierra de Santa Marta y en el de volcán San Martín Pajapan son menos numerosos.

La principal área de estudio corresponde a la sierra de Santa Marta y al volcán de San Martín Pajapan; que junto con el San Martín Tuxtla, situado al noreste, forman una pequeña cadena montañosa, con orientación noroeste-sureste, conocida como sierra de Los Tuxtlas (Gómez-Pompa, et al., 1979). Esta región se ubica al sureste del estado de Veracruz próxima al litoral del Golfo de México (figura 1); limita al norte y este con dicho Golfo, y al sur, sureste y oeste con la planicie costera denominada del Golfo de México. Sus coordenadas geográficas son 18° 00' a 18° 43' de Latitud Norte y 94° 40' a 95° 30' de Longitud Oeste; el área aproximada es de 4,250 km² (Gómez-Pompa et al., 1979).

Reserva de la biosfera

En 1979, como producto de un curso en la carrera de biología de la UNAM, la sierra de Santa Marta se propuso como reserva de la biosfera (Gómez-Pompa, et al., 1979), sin embargo, no es hasta 1980 cuando se decreta zona de protección forestal y refugio de la fauna silvestre (Diario Oficial, 1980).

La sierra es de interés ecológico por ser considerada de las pocas áreas naturales que aún existen en el estado de Veracruz, con una gran riqueza biótica. Cuenta con una amplia red hidrológica y tres cuerpos de agua: la bahía de Sontecomapan, la laguna de Ostión y el

lago de Catemaco (figura 5), este último, de origen volcánico (López Ramos, 1981). Lo accidentado del relieve hace que la diversidad climática sea amplia (Villalpando, 1972; Soto, 1976) y que los tipos de vegetación se mezclen y substituyan acorde a un gradiente altitudinal y climático (Lira, 1983). La conjunción de todas estas características hacen de la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan una zona atractiva para ser estudiada.

En la sierra y dentro de las áreas que han sido propuestas para su conservación, existen pequeños poblados agrícolas, por lo que sería interesante retomar las propuestas hechas por Halffter (1984) y Toledo (1985) en el sentido de integrar a la población a los objetivos y actividades de la reserva, para contribuir al desarrollo económico y social de la población sin la pérdida del germoplasma que se encuentra en la zona.

El grueso de la población económicamente activa se dedica al sector primario, principalmente con agricultura de subsistencia. Se manejan cultivos comerciales como el maíz, frijol, caña de azúcar, naranja, plátano, pimienta, tabaco y vainilla (SARH, 1970-1977; INEGI, 1987). La actividad ganadera se está incrementando con gran rapidez, las áreas forestales y en algunos casos las agrícolas pasan a ser pastizales para el consumo del ganado, lo que ha provocado que la vegetación natural se reduzca a las cañadas, barrancas y cimas de los volcanes. En la zona de estudio se encuentra parte de los Distritos de Desarrollo Rural de San Andrés Tuxtla y de Jaltipan, regionalización que se maneja para una planeación agrícola y ganadera por parte del sector oficial del Gobierno de Veracruz (Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesquero, s/f).

Geología

La sierra de los Tuxtlas está conformada por cientos de conos volcánicos producto de una gran actividad iniciada en el Terciario durante el Plio-Pleistoceno hace aproximadamente 26 millones de años (Ríos Macbeth, 1952). Según Friedlaender y Sander (1924, citados por Sousa, 1968) aún existen centros de erupción entre los que se encuentran el volcán de Santa Marta y el de San Martín Pajapan con características de cono-cráter (Alvarez del Castillo, 1976) (figura 2).

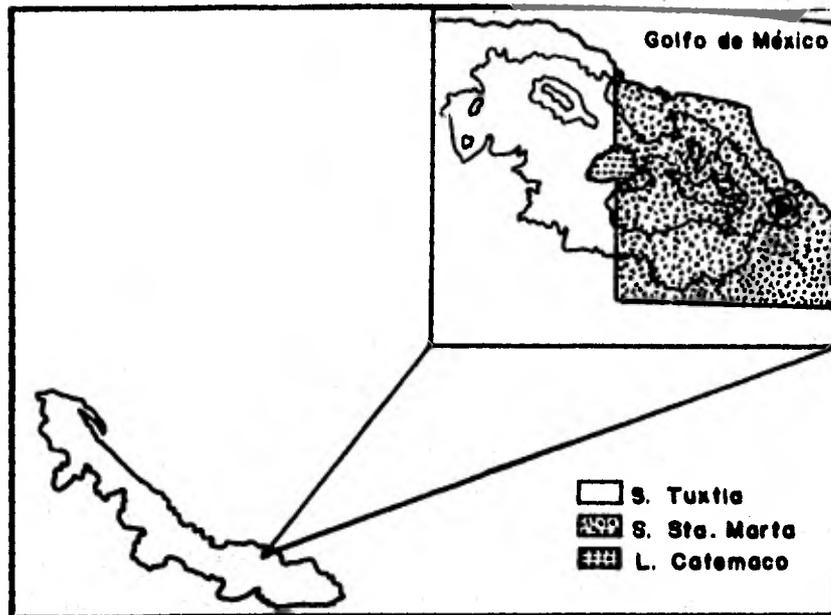


Figura 1. Localización de la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan, en la sierra de Los Tuxtlas, Ver.

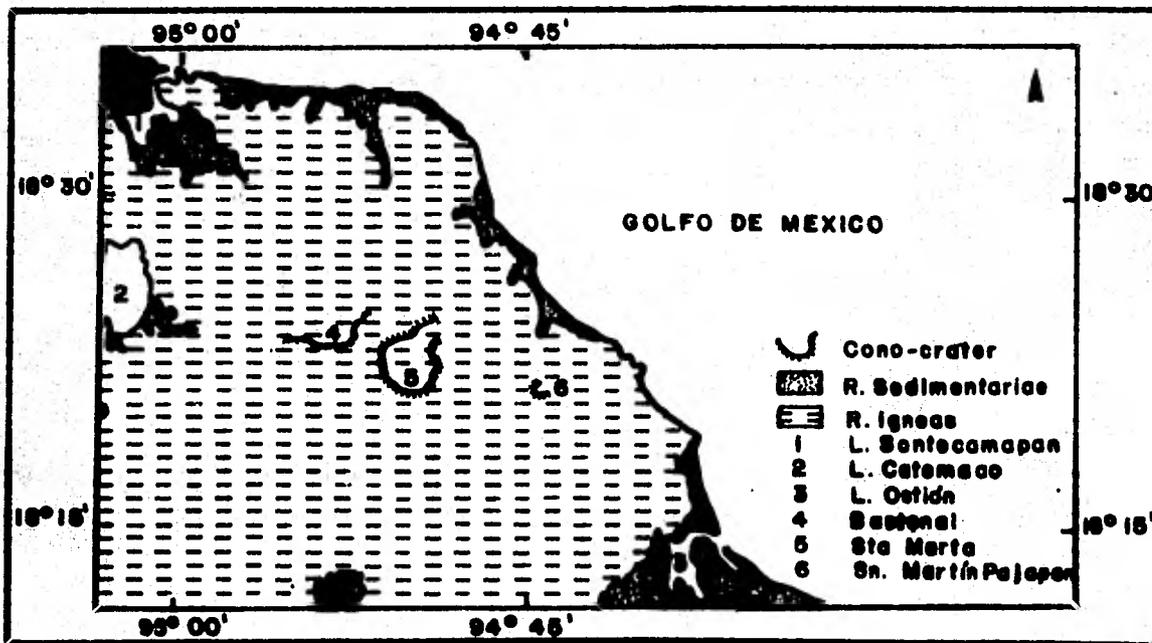


Figura 2. Mapa Geológico de la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan (tomado de Andrie, 1964; INEGI, 1983a).

No hay evidencias geológicas de que la sierra haya estado conectada a otras montañas López Ramos (1981) menciona que esta provincia geográfica esta bien delimitada tanto por la cuenca de Veracruz como por la planicie costera de las cuencas terciarias del sureste, geológicamente la identifica como la provincia de San Andrés Tuxtla; sin embargo, Andrie (1964) menciona la posibilidad de unión con las montañas de Chiapas en la época del Mesozoico Tardío o a principios del Terciario.

Geomorfología

La sierra de los Tuxtlas tiene una topografía de forma positiva dentro de la planicie costera del Golfo de México. La altitud máxima de la sierra de Santa Marta es de 1,720 m y del volcán de San Martín Pajapan de 1,180 m (Sousa, 1968; Alvarez del Castillo, 1976) (figura 3).

La zona es montañosa, con dos principales macizos, el de la sierra de San Martín Tuxtla y el de Santa Marta. En esta última el relieve es accidentado y abrupto (Gómez-Pompa, et al., 1979); en general, es más ondulado y suave por el lado continental que por el del Golfo, la presencia de cañadas y barrancas se presentan en la sierra por arriba de los 500 msnm INEGI (1983b) (figura 3).

Suelos

En términos generales, la carta edafológica del INEGI (1984) reporta para la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan, suelos vertisoles, luvisoles, cambisoles, andosoles, acrisoles, regosoles y gleysoles (figura 4).

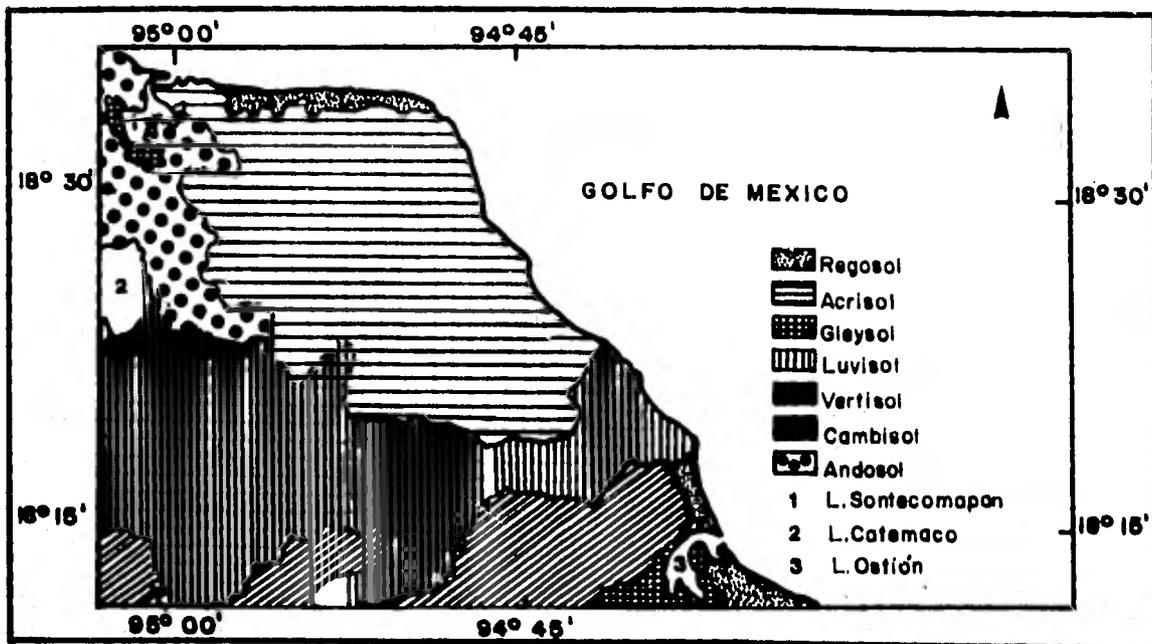


Figura 4. Mapa Edafológico de la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan (tomado de INEGI, 1984).



Figura 5. Mapa Hidrológico de la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan (tomado de INEGI, 1983b).

Hidrología

Los macizos montañosos de San Martín Tuxtla y de Santa Marta están separados por el lago de Catemaco, y por la laguna de Sontecomapan. Estas cuencas hidrológicas junto con la laguna de Ostión que se localiza al sureste y el río San Juan al sur, son los depósitos más importantes de las corrientes hidrológicas originadas en la sierra (figura 5). Según Tamayo (citado por S.R.H., 1976) la zona pertenece a la región hidrológica del Papaloapan.

La hidrología de la sierra está constituida de manera radial centrífuga, los ríos de la vertiente norte y noreste descargan sus aguas directamente al Golfo de México o indirectamente a través de otras corrientes; los de la vertiente noroeste desembocan en la laguna de Sontecomapan y el lago de Catemaco; los de la vertiente sur-suroeste son aportaciones importantes de los ríos Soteapan y Huazuntlán, que aguas abajo forman parte del río Coatzacoalcos. Por último, los de la vertiente este-sureste lo hacen a través del Golfo de México y la laguna de Ostión (Gómez-Pompa et al., 1979) (figura 5). La mayoría de las corrientes en la parte central, muestran índices de un ciclo de rejuvenecimiento que se originó a partir de los fenómenos volcánicos que azolvieron sus cauces (Souza, 1968).

Vegetación

La sierra de los Tuxtlas se encuentra cerca del límite norte de la región tropical, por lo que su vegetación es básicamente de este tipo; con afinidades florísticas de Centro y Sudamérica. Representa la distribución más septentrional de la vegetación de origen amazónico. Sin embargo, comparte también alguna flora de América del Norte (Andrie, 1964), lo que origina su riqueza florística. Por su ubicación geográfica la sierra de Santa Marta se encuentra dentro de la provincia florística de la costa del Golfo de México, que a su vez está dentro de la región Caribeña del Reino Neotropical (Rzedowski, 1978). Biogeográficamente está considerada dentro de la región Neotropical, en la provincia Atlántico-veracruzense, del sector Veracruzense (Tamayo, 1980).

En la tabla 1 se reúne la información consultada con respecto a los tipos de vegetación que hay en la sierra de Santa Marta y en el volcán de San Martín Pajapan. Como

Tabla 1. Distribución altitudinal (m) de los tipos de vegetación reportados para la sierra de Santa Marta

Tipo de Vegetación		1	2	3	4	5	6
Vertiente del Golfo	Manglar y vegetación costera		a 0				a 0
	Selva alta perennifolia	*	0 a 700	de 650-900 a 1000	de 100 a 700	de 200 a 400	de 0 a 700-900
	Selva alta perennifolia y bosque caducifolio				a 750	de 700 a 1100	
	Selva alta perennifolia y bosque caducifolio (acahuales con Cecropia)				de 920 a 1100	de 900 a 1100	
	Bosque caducifolio previo a selva baja perennifolia		de 1150 a 1450		de 1100 a 1400		
	Selva mediana perennifolia						de 900 a 1500
	Selva baja perennifolia		de 1550 a 1700	de 1200 a cima		de 1400 a cima	de 1200 a cima
	Bosque caducifolio	en la cumbre					de 900 a 1500
Vertiente Continental	Selva alta perennifolia	*	cerca de la cima	a los 900-1000			
	Selva baja perennifolia		de 1550 a cima	de 1200 a cima		de 1400 a cima	de 1300 -1500 a cima
	Bosque caducifolio previo a selva baja perennifolia		de 1150 a 1450		de 1100 a 1400		
	Bosque caducifolio	en cumbre				de 1200 a 1400	
	Bosque de Liquidambar	cerca de la cumbre	de 700 a 1100		de 700 a 1000	de 700 a 1100	de 700 a 1000
	Bosque caducifolio de Liquidambar			de 800 a 1100			
	Bosque caducifolio de encino		de 1150 a 1450	de 1100 a 1300			
	Selva mediana subcaducifolia		*		a 500	de 400 a 600	
Vertiente	Pinar		de 500-600 a 1200	de 600-660 a 1200			
	Pino-encino	de 500 a 1200	a los 500-650	a los 600			500-700 a 1200
	Encinar cálido	*	de 100 a 600	de 150 a 600	de 600 a 600		de 300 a 450
	Sabana	hasta los 150					de 50 a 250
	Sabana con selva baja caducifolia y encinares bajos		a los 150				
	Sabana con bosques caducifolia de Liquidambar		a los 900				
	Bosque subcaducifolia	*					

Nota: 1 André (1964); 2 Bous (1968); 3 Gómez-Pompa et al. (1979); 4 Lira (1983); 5 Lira y Riba (1984); 6 Ramírez (1984).
* sólo se menciona la presencia del tipo de vegetación.

se puede notar, se obtuvo una lista de 19 asociaciones vegetales. Sin embargo, no se puede definir un esquema claro y preciso de la distribución de la vegetación en la sierra, debido a que no todos los autores ubicaron el espacio muestreado y a que se utilizaron diferentes clasificaciones vegetales para su denominación. Por lo anterior, es probable que se nombre de diferentes maneras a la misma asociación vegetal. Además hay que considerar la dificultad de delimitar espacialmente un tipo de vegetación ya que éstas siguen un comportamiento de mezcla y sustitución de acuerdo a un gradiente altitudinal, climático (Lira, 1983) y de orientación con respecto a la vertiente del Golfo (Ramírez, 1984), lo que conduce a mosaicos vegetacionales irregulares.

A pesar de ello, y con la ayuda de los mapas de vegetación de Andrie (1964) (figura 6) y de Ramírez (inédito) (figura 7), y de los perfiles de vegetación de Lira y Riba (1984) (figura 8) y Ramírez¹ (inédito) (figura 9) se establece la siguiente secuencia para la sierra de Santa Marta:

Cercanas al litoral se presentan la vegetación costera y el manglar, después y en un gradiente ascendente en altitud, se localiza a la selva alta perennifolia y a la selva baja perennifolia. Entre éstas últimas se mencionan diferentes mezclas de asociaciones vegetales en las que se ha registrado el bosque caducifolio.

Hacia el lado continental y en su parte más alta, continúa la selva baja perennifolia; al bajar la pendiente se pueden identificar diferentes asociaciones con el bosque caducifolio al que sigue el pinar, el encinar y en la base de la sierra la sabana.

Clima

Climáticamente, la zona de estudio es interesante desde dos aspectos: 1) Es una barrera climática entre el mar y el interior del continente debido a su altitud y orientación (Andrie, 1964; Alvarez del Castillo, 1976; García, 1970; Soto, 1976). Esto es, la sierra de Los Tuxtlas ocasiona que se presente una temperatura media anual de 26 °C, en la parte

¹El autor utilizó la clasificación de la vegetación de Miranda y Hernández X. (1963) (comunicación personal).

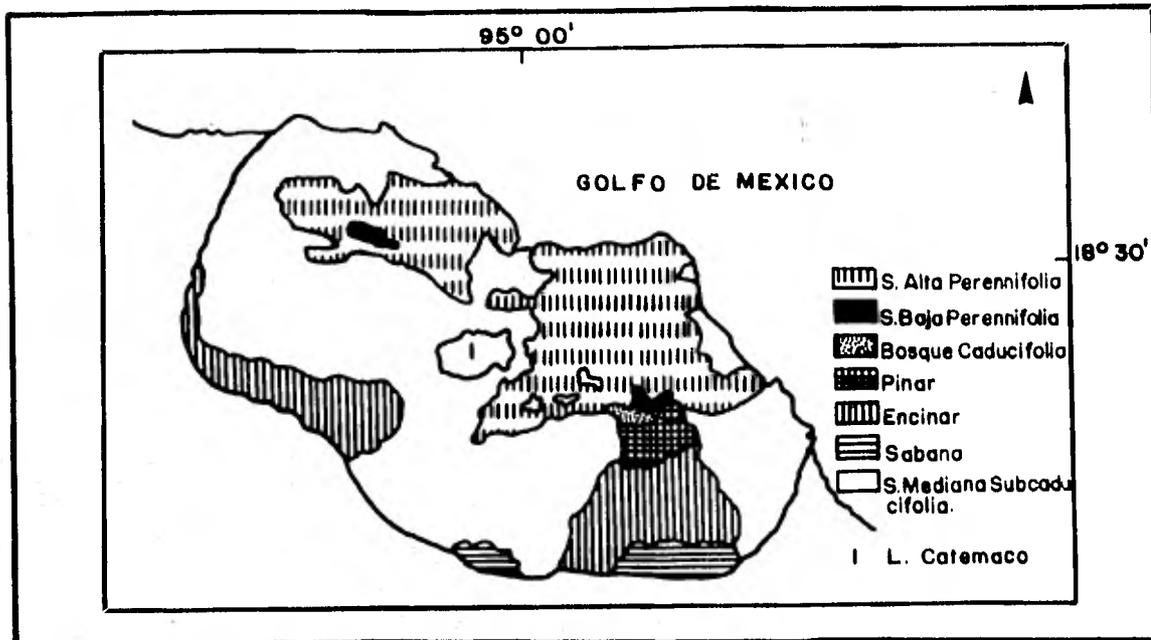


Figura 6. Mapa de Vegetación de la sierra de Santa Marta de Andrie (1964).

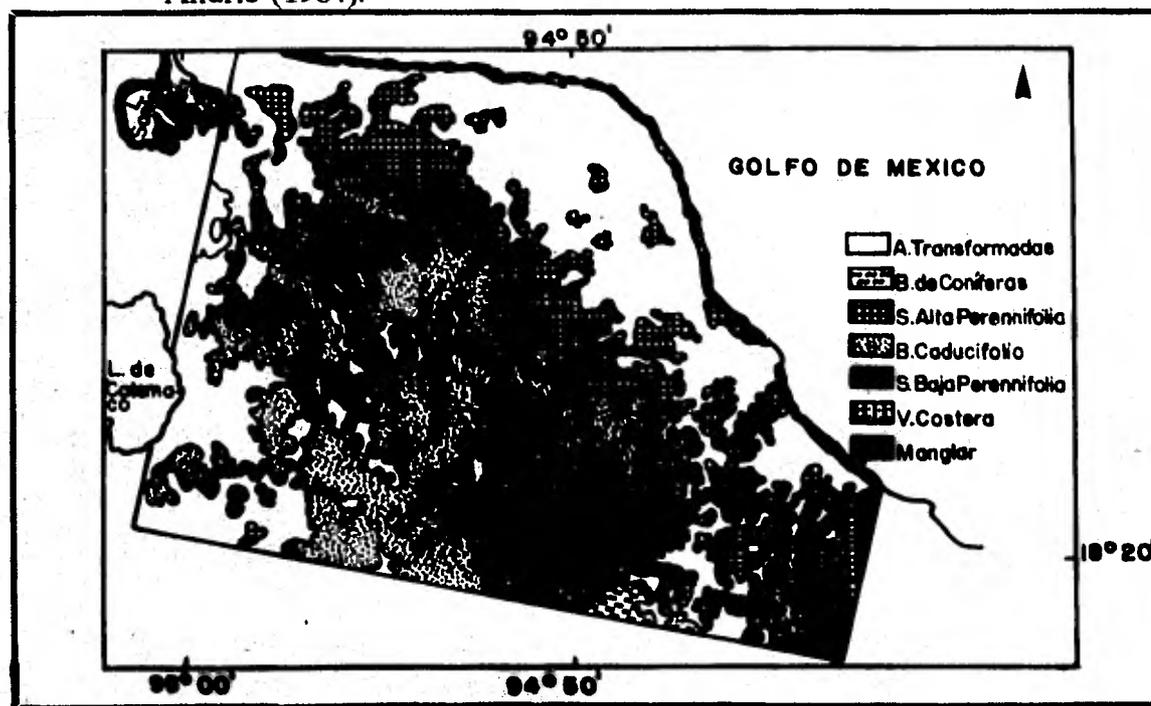


Figura 7. Mapa de Vegetación de la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan de Ramírez (inédito) (Esc. 1:50,000).

continental al suroeste de la misma; al evitar la entrada directa de los nortes en el invierno. Y causa precipitaciones menores de 2,000 mm, incluso, de menos de 1,200 mm, al no permitir la penetración directa de los vientos húmedos procedentes del Golfo (García, 1969b). 2) Debido a el intervalo de altitud que va de los 0 m a más de 1,700 m y a lo accidentado del relieve, se presenta una gran variedad climática (Andrle, 1964; Alvarez del Castillo, 1976; Villalpando, 1972; Soto, 1976).

Según el Sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García en 1964 (García 1988) (carta de climas escala 1:500,000 Instituto de Geografía y CETENAL, 1970) y al estudio de Soto (1976), en la sierra de los Tuxtlas se presentan los siguientes climas:

- Climas cálidos, cuya temperatura media anual es entre 22 y 26 °C o mayor. La temperatura media del mes más frío es superior a 18 °C.

Húmedos

Af(m). Con lluvias abundantes durante todo el año y la precipitación del mes más seco es superior de 60 mm. El porcentaje de lluvia invernal es menor de 18.

Am. Con lluvias abundantes en verano, e influencia de monzón; con una estación seca en la mitad fría del año. La precipitación del mes más seco es menor de 60 mm.

Subhúmedos con lluvias de verano

Aw₀. El más seco de los subhúmedos, con un P/T menor de 43.1

Aw₁. Intermedio entre Aw₀ y Aw₂, con un P/T entre 43.2 y 55.3

Aw₂. El más húmedo de los subhúmedos, con un P/T mayor 55.3

- Climas semicálidos, con una temperatura media anual entre 18 y 22 °C y la temperatura media del mes más frío inferior a 18.

(A)C(fm). Semicálido húmedo con lluvias todo el año. El mes más seco tiene una precipitación mayor a 40 mm. El porcentaje de lluvia invernal es menor de 18.

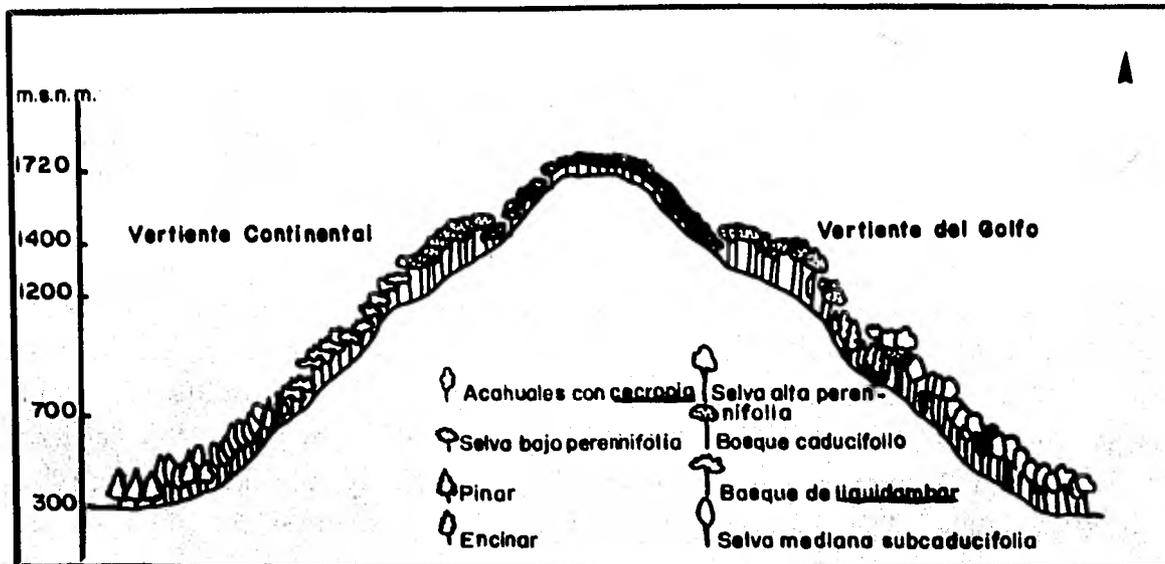


Figura 8. Perfil de Vegetación para la sierra de Santa Marta de Lira y Riba (1984).

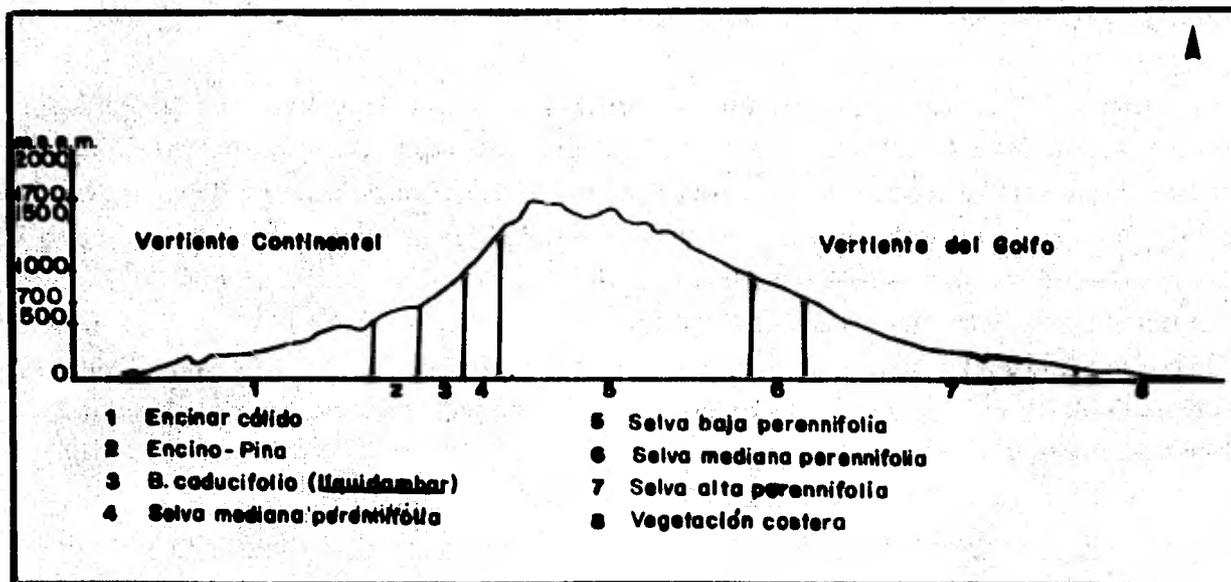


Figura 9. Perfil de Vegetación para la sierra de Santa Marta de Ramírez (inédito).

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

Andrle (1964) menciona que el lago de Catemaco es un factor que modifica la dirección local de los vientos. El área de estudio está influenciada por tres principales tipos de circulación atmosférica:

Vientos alisios.- Los vientos alisios del Hemisferio Norte se originan en el margen suroccidental de la celda de alta presión del Atlántico Norte o Bermuda-Azores. En el verano la celda se desplaza hacia el norte, lo que provoca que los vientos alisios sean más fuertes y profundos (Sierra Morales, 1969; García, 1969b, 1970), al pasar sobre las aguas cálidas del Golfo de México se cargan de humedad y producen precipitación (García, 1969b; 1970; Jáuregui Ostos, 1975). La dirección dominante de los vientos es de noreste a oeste, pero con frecuencia pueden desviarse hacia el sur para salir por el istmo de Tehuantepec, debido a la presencia de la Sierra Madre Oriental y la Sierra del Norte de Chiapas (García, 1970). En el invierno la celda se desplaza hacia el sur por lo que los vientos alisios disminuyen en intensidad y profundidad; a la vez que en humedad al enfriarse el mar del Golfo de México (Sierra Morales, 1969; García, 1969b, 1970).

Ciclones Tropicales.- Son perturbaciones atmosféricas originadas en cuatro regiones matrices (Luna Bareza, 1979): la del Golfo de Tehuantepec, la del suroeste del Golfo de México cercana a Campeche, la del Caribe Oriental y la del sur de las Islas de Cabo Verde en las Antillas. Parte de la zona de influencia de los ciclones originados en estos lugares abarca la parte sur del estado del Veracruz, sin embargo, los que provienen del Caribe Oriental y de las Islas de Cabo Verde con una trayectoria hacia las costas del Golfo de México, son los más frecuentes. Actúan en el verano y a principios del otoño, por lo que las precipitaciones son más abundantes en esta época, principalmente en el mes de septiembre (Sierra Morales, 1969; García, 1970).

Nortes.- Son vientos asociados a masas de aire polar continental provenientes de los Estados Unidos y del sur de Canadá, con trayectoria sur en el invierno. Este tipo de meteoro, pasa sobre el Golfo de México y se carga de humedad de manera que al llegar a las costas del estado de Veracruz lo hacen como masas de aire polar modificado que

ocasionan un descenso en la temperatura y aumento en la precipitación invernal (Sierra Morales, 1969; García, 1970).

TEMPERATURA

Según Soto (1976), en la sierra de los Tuxtlas se diferencian tres zonas térmicas: la muy cálida, con más de 26°C, localizada en el extremo suroeste; la cálida, de 22 a 26°C, que se encuentra hasta los 300 m, y la semicálida, de 18 a 22°C, que puede registrarse entre los 700 a 800 m hasta los 1,500 o 1,700 m, dependiendo de la orientación de la vertiente. En general, las temperaturas más elevadas se registran tierra adentro, debido a que en la vertiente del Golfo influyen las corrientes refrescantes de las brisas (Jáuregui Ostos y Soto Mora, 1975).

PRECIPITACIÓN

El origen de las precipitaciones es orográfico, sin embargo, en la vertiente continental en las partes bajas al sur y suroeste son convectivas. Los valores de precipitación para la zona, van desde los 1,500 mm a los 4,500 mm, siguiendo un incremento respecto a la altitud y a las zonas más expuestas (Soto, 1976). Las diferencias en la distribución de la precipitación se deben a la orientación de la sierra con respecto a los vientos (Villalpando, 1972; Soto, 1976).

En la literatura (Instituto de Geografía y CETENAL, 1970; Villalpando, 1972 y Soto, 1976) se mencionan las características de los dos principales parámetros climáticos (temperatura media y precipitación anual) a escala 1:500,000. Sin embargo, se considera importante ampliar la descripción climatológica de la sierra utilizando otros parámetros de interés y a una escala mayor, ya que por las dimensiones del mapa se logra un detalle mejor en la información.

OBJETIVOS

El objetivo central en este trabajo es la regionalización climática de la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan, a partir de los valores anuales de cinco parámetros climáticos (temperatura media anual, temperaturas máxima y mínima extremas, precipitación total anual e índice de Lang, P/T).

Los objetivos secundarios son:

- a) La aportación cartográfica de la distribución de los cinco parámetros climáticos mencionados a escala 1:250,000.
- b) La presentación del mapa climático de la zona a escala 1:250,000.
- c) La presentación de las rosas de los vientos en el mapa topográfico de la zona a escala 1:250,000.
- d) La posible determinación de la relación entre las regiones climáticas propuestas con la distribución de la vegetación.
- e) Y por último, asentar las bases climatológicas para una posterior planeación y manejo de los recursos naturales de la sierra.

METODOLOGIA

Para la realización de la metodología, el conjunto montañoso se consideró de la siguiente manera: 1) a la sierra de los Tuxtlas en el trazo de las isolíneas y en la caracterización climática. 2) y a la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan para la regionalización climática. Las etapas que se siguieron fueron las siguientes:

Se utilizó la red meteorológica existente entre los 18°00' y los 18°43' de Latitud Norte y entre los 94°40' y los 95°30' de Longitud Oeste, según se aprecia en el mapa de localización de las estaciones meteorológicas (figura 3 y tabla 2).

De las 17 estaciones meteorológicas en la región, tres de ellas, Zapotitlán (146), Nopalapan (077) y Juan Díaz Cobarrubias (052), se utilizaron como indicativas por contar con menos de 15 años de registro.

Se trabajó con los promedios anuales de 21 años de registro dentro del período 1960-1980 de los siguientes parámetros climáticos: temperatura media, temperatura máxima extrema, temperatura mínima extrema, precipitación total y viento dominante². Esto se obtuvo del Banco de Datos Climáticos del Proyecto Flora de Veracruz.

A los parámetros climáticos se les realizó la prueba de homogeneidad de datos según el método de Sued-Eisenhart (Ortiz-Solorio, 1984) (tabla 3). Se dió un peso menor, al dato de la estación meteorológica con resultado negativo, en el trazo de las isolíneas.

El cálculo del índice de Lang o cociente precipitación total anual (mm)/temperatura media anual (°C) se realizó con los promedios antes mencionados.

La carta base utilizada para el trazo de las isolíneas fue escala 1:250,000 con una equidistancia de curvas de nivel de 100 m.

²Las definiciones de los parámetros climáticos se dan en el anexo 1

El trazo de las isotermas se realizó cada dos grados centígrados, las isoyetas cada 500 milímetros y las isolíneas del índice de Lang cada 20 unidades.

El trazo de las isotermas se hizo a partir de los resultados de los gradientes térmicos haciendo una ponderación de las estaciones meteorológicas. Se consideraron diferentes gradientes térmicos según la vertiente.

El trazo de las isoyetas se realizó tomando como base la carta climatológica de la zona escala 1:500,000 (Instituto de Geografía y CETENAL, 1970).

Con la información de las cartas de temperatura media anual y precipitación total anual se elaboró la correspondiente al índice de Lang.

De la cartografía resultante y con el apoyo de la carta climática del Instituto de Geografía y CETENAL (1970), se elaboró la carta climática escala 1:250,000.

Las rosas de los vientos se representaron gráficamente según la propuesta de Pérez-Villegas (1989), en donde es posible esquematizar los doce meses en un octágono. Las rosas se muestran en un mapa de la zona a escala 1:250,000, con curvas de nivel cada 200 m.

Para la regionalización climática se procedió a seleccionar los índices generales y particulares de este estudio según la propuesta de Pérez-Villegas (1984). La temperatura media anual y la precipitación total se utilizaron como índices generales. El índice de Lang y las temperaturas máximas y mínimas extremas se emplearon como índices particulares, es decir, en la jerarquización, estos últimos se usaron como prioritarios en la definición final de las regiones. Los límites de la vegetación reportados en la literatura sirvieron como material de apoyo. Las regiones se ordenaron con números romanos de acuerdo al aumento de la altitud y en el sentido del continente a la costa.

Por último, se relacionaron los límites de las regiones climáticas obtenidas con los de la vegetación propuestos por los diferentes autores.

RESULTADOS Y DISCUSION

Ubicación de las estaciones meteorológicas

Del mapa de la figura 3 y de la tabla 2 de ubicación de las estaciones meteorológicas, se puede observar que la mayoría de ellas se encuentran distribuidas en el lado continental a lo largo de la base de la sierra de Los Tuxtlas, con excepción de Zapotitlán (146) que está en la costa frente a la sierra de Santa Marta. Altitudinalmente, los puntos extremos corresponden a las estaciones de Sinapa Bajo (233) y San Juan Seco (105), a los 5 y 400 m, respectivamente. De las estaciones, el 65% se localiza a menos de 100 m de altitud, el 23% a más de los 300 m y el 12% entre los 200 y los 300 m.

Relieve de la zona

El mapa altimétrico de la región (figura 3) muestra un relieve muy complejo. Los cambios altitudinales en la vertiente del Golfo son más bruscos que en la vertiente continental, así la máxima altitud (1,700 m) se alcanza en 21 km en línea recta de la costa a la cumbre del volcán de Santa Marta. La pendiente de la vertiente continental desciende por abajo de los 100 m en 35 km en línea recta hacia el interior del continente. La sierra esta disectada por numerosas barrancas a partir de los 500 msnm en la vertiente del Golfo y a más de los 1,000 m de altitud por la vertiente continental.

En el volcán de San Martín Pajapan la altura máxima es por arriba de los 1,200 m. Hacia el lado del Golfo el descenso orográfico a los 0 msnm se recorre en 9 km en línea recta, y por el lado continental, se llega a menos de los 100 m de altitud en 14 km.

Las tres geoformas que conforman a la sierra de Santa Marta se diferencian desde los 500 m de altitud; la primera, conocida como Península de Moreno, tiene una altura menor a los 1,000 m y se localiza hacia el lado norte-noroeste. La segunda es el propio volcán de Santa Marta. Hacia el lado este se configura la tercera geoforma del área, el volcán de San Martín Pajapan.

La irregularidad de altitudes en el perfil de la sierra de Santa Marta y en el volcán de San Martín Pajapan crean un cambio en el comportamiento y dirección de los vientos locales, lo que influye en una desigual distribución de la humedad.

Con lo anterior se puede inferir que la diversidad climática de la zona está dada más por la altitud y orientación del lugar que por su posición latitudinal. Las características del terreno, con su gran número de cañadas y barrancas, dan lugar a una variedad climática local.

Tabla 2. Ubicación y clima³ de las estaciones meteorológicas de la región de Los Tuxtlas

ESTACIONES CLIMATICAS	CLAVE	LATITUD	LONGITUD	ALTIUD	CLIMA
ANGEL R. CABADAS	011	18° 38'	95° 28'	19	Am(i)gw ⁿ
CATEMACO	019	18° 25'	95° 06'	338	Am(e)gw ⁿ
COYAME	029	18° 24'	95° 01'	335	Af(m)(i)gw ⁿ
CUATOTOLAPAN	030	18° 08'	95° 18'	14	Aw ₁ (w)(e)gw ⁿ
HUAZUNTLAN	038	18° 10'	94° 47'	80	Aw ₂ (i)gw ⁿ
JUAN DIAZ COBARRUBIAS	052	18° 11'	95° 15'	40	Aw ₁ (w)(i)gw ⁿ
LAUCHAPAN	054	18° 15'	95° 19'	13	Aw ₂ (w)(e)gw ⁿ
MORILLO	071	18° 19'	95° 25'	50	Aw ₁ (e)gw ⁿ
NOPALAPAN	077	18° 07'	95° 20'	40	Aw ₂ (w)(e)gw ⁿ
SAN ANDRES TUXTLA	100	18° 27'	95° 13'	323	Aw ₂ (w)(e)gw ⁿ
SAN JUANILLO	104	18° 04'	95° 09'	75	Aw ₁ (w)(e)gw ⁿ
SAN JUAN SECO	105	18° 02'	95° 09'	400	Aw ₂ (i)gw ⁿ
SANTIAGO TUXTLA	111	18° 27'	95° 18'	210	Am(i)gw ⁿ
TAPALAPA	120	18° 33'	95° 19'	290	Af(m)(i)gw ⁿ
TRES ZAPOTES	132	18° 27'	95° 27'	20	Am(e)gw ⁿ
ZAPOTITLAN	146	18° 33'	94° 46'	4	Am(f)gw ⁿ
SINAPA BAJO	233	18° 38'	95° 24'	5	Am(i)gw ⁿ

³Fórmula climática tomada de García (1988)

Prueba de homogeneidad de datos

En la tabla 3 se presentan los resultados de la prueba de homogeneidad de datos aplicada a los cuatro parámetros climáticos. En términos generales, la prueba fue favorable, por lo que hay confiabilidad en que los promedios utilizados representen los registros más comunes en la zona.

Tabla 3. Prueba de homogeneidad de datos por el método de Sue-Eisenhart

ESTACIONES CLIMATICAS	T. MEDIA	T. MINIMA	T. MAXIMA	PRECIPITACION
ANGEL R. CABADAS	-	+	+	+
CATEMACO	+	-	-	+
COYAME	+	+	+	+
CUATOTOLAPAN	-	-	+	+
HUAZUNTLAN	-	+	-	+
JUAN DIAZ COBARRUBIAS	+	-	+	+
LAUCHAPAN	+	+	+	+
MORILLO	+	+	+	+
NOPALAPAN	+	-	+	+
SAN ANDRES TUXTLA	+	-	+	-
SAN JUANILLO	-	+	+	+
SAN JUAN SECO	+	+	+	+
SANTIAGO TUXTLA	-	+	-	-
TAPALAPA	+	+	+	+
TRES ZAPOTES	+	+	-	+
ZAPOTITLAN	+	no hay datos	no hay datos	+
SINAPA BAJO	+	+	+	-

TEMPERATURA

Se calculó el valor de la disminución de la temperatura por cada 100 m de aumento en altitud, denominado gradiente térmico (García, 1983), para cada uno de los tres tipos de temperaturas empleadas: los valores más altos son para la vertiente del Golfo entre 0.60 y 0.70 °C/100 m. En la parte continental, los valores son del orden de 0.40 y 0.43 °C/100 m.

Temperatura media anual

En el mapa de isotermas (figura 10), la temperatura media anual más alta es de 24 °C, se presenta a menos de los 300 m de altitud por el lado del Golfo y por abajo de los 500 m en la parte continental. Hacia las zonas más altas del volcán de San Martín Tuxtla y la sierra de Santa Marta, la temperatura disminuye a valores inferiores de los 20 °C a partir de los 900 m por la vertiente del Golfo y de los 1,400 msnm en la vertiente continental. Los valores de este parámetro en la sierra de Los Tuxtlas, presentan un intervalo mayor a los 4 °C.

Con esta información y considerando los límites térmicos que da García (1988) se delimitan dos zonas:

- Semicálida, cuyos valores son de 18 a 22 °C, se localiza en la parte alta, a partir de los 600 m por la vertiente del Golfo y de los 1,000 m por la continental.
- Cálida, delimitada entre los 22 y 26 °C, contigua a la anterior, hacia las partes bajas.

La curva anual de la temperatura media anual, tiene dos máximos que corresponden al doble paso del Sol por el cenit en el lugar. El primero se distingue en los meses de abril y mayo y el segundo, en los meses de septiembre y octubre. Este último es menos pronunciado por la época de lluvias, que provoca un descenso de la temperatura. De la información de las estaciones meteorológicas (anexo 2), se observa que los valores mínimos se registran en el mes de enero.

Temperatura mínima extrema

El 81% de las estaciones meteorológicas que se utilizaron presentan los valores más bajos de la temperatura mínima extrema en febrero y sólo el 19% en enero (anexo 2).

Como se observa en la figura 11, las temperaturas mínimas más bajas, del orden de 10 °C, se registran en lo alto del volcán de San Martín Tuxtla y en la sierra de Santa Marta por arriba de los 1,100 m en el lado del Golfo y desde los 1,200 m por la ladera continental. El valor más alto de la temperatura mínima extrema es de 16 °C y se presenta en la base de todo el conjunto montañoso. Por la parte del Golfo se inicia de los 200 m a la costa y por el lado continental se localiza hasta los 400 m. El intervalo de este dato en la sierra de Los Tuxtlas es de 6 °C o más.

Temperatura máxima extrema

Al analizar las temperaturas máximas extremas (figura 12), se observó que los valores más bajos (30°C) se manifiestan en el volcán de San Martín Tuxtla y en la sierra de Santa Marta, desde una altitud de 800 m por la vertiente del Golfo y de 1,200 m por la continental. Los valores más altos de este parámetro (36 °C), se localizan al suroeste de la zona, por abajo de los 100 msnm. En las faldas del macizo montañoso, las temperaturas son de 34 a 36 °C, a menos de 200 m por la vertiente del Golfo y por abajo de los 300 m por la continental.

La temperatura máxima extrema en la zona tiene un intervalo de variación de 6 °C por el continente y de 4 °C por el Golfo. Las curvas anuales de este parámetro (anexo 2), revelan el valor más alto en mayo (93%), los más bajos se registran en los meses de diciembre (68%) y enero (32%).

Tabla 4. Distribución altitudinal de la temperatura

ISOTERMAS °C	V. DEL GOLFO msnm	V. CONTINENTAL msnm
10 T. mínima	1100	1200-1300
12 T. mínima	800	1000
14 T. mínima	500	700
16 T. mínima	200	400
20 T. media	900	1400-1500
22 T. media	600	1000
24 T. media	300	500
30 T. máxima	800	1200
32 T. máxima	500-600	700
34 T. máxima	200	300
36 T. máxima		>100

Nota: las altitudes representan la cota de nivel más cercana y que en su mayor parte siguió la isolínea.

En la tabla 4 se reúne la distribución altitudinal de las temperaturas obtenidas para cada vertiente, en ella se distingue el siguiente comportamiento: un mismo valor, de cualquiera de los tres parámetros considerados, se ubica a mayor altitud del lado continental que del lado del Golfo. Por ejemplo, la temperatura media anual de 20 °C se registra a los 1,400 m por la parte continental y a los 900 msnm, por el Golfo. En general, de dicha tabla se deduce que la primer ladera es más cálida que la segunda.

Estas diferencias de calentamiento entre las vertientes, ponen en evidencia el efecto de barrera climática de la sierra. Los vientos húmedos del Golfo, al encontrarse con ella,

ascienden y alcanzan el punto de rocío aumentando la cantidad de precipitación, lo que modera la temperatura. Por el contrario, el descenso sobre el lado opuesto produce un calentamiento adiabático en la misma proporción, lo que da lugar a un aumento de la temperatura y a una disminución de la precipitación fenómeno que menciona Mosiño (1983) como efecto Föhn. Jáuregui Ostos y Soto Mora (1975) consideran a la vertiente del Golfo, de todo el estado de Veracruz, más fresca por la acción refrescante de las brisas que vienen del Golfo.

Precipitación

En la figura 13 se presenta el mapa de isoyetas para la región de Los Tuxtlas, en él se observa que las partes más lluviosas son las cumbres del volcán de San Martín Tuxtla y la sierra de Santa Marta, con precipitaciones mayores a los 4,500 mm. Los valores del orden de menos de 1,500 mm se registran por abajo de los 100 msnm y sólo en la vertiente continental. La distribución altitudinal para todas las isoyetas obtenidas, se dan en la tabla 5.

Tabla 5. Distribución altitudinal de la precipitación total anual

ISOYETAS mm	V. DEL GOLFO mm	V. CONTINENTAL mm	
1500		100	
2000		300*	400**
2500		600*	500**
3000		700	
3500	200	800	
4000	700	1000	
4500	900	1300-1400	

Nota: * valores para la sierra de Santa Marta
 ** valores para la sierra de San Martín Tuxtla

El intervalo de valores de precipitación de la sierra de Los Tuxtlas va de menos de 1,500 a más de 4,500 mm. Estos valores hacen que García (1974) la considere dentro de las cuatro zonas más lluviosas del país.

Como ya se mencionó, el origen de las lluvias es orográfico en la parte del Golfo, es decir, los vientos húmedos al toparse con la sierra ascienden y se enfrían, lo que ocasiona las precipitaciones. Al bajar por la parte continental, el vapor de agua va aumentando en temperatura, por lo que al llegar a las partes más bajas, las precipitaciones disminuyen y son de origen convectivo. Esta es una de las formas en que actúa el efecto de barrera climática (sombra pluviométrica) mencionado por los autores (Andrle, 1964; Alvarez del Castillo, 1976; García, 1970; y Soto, 1976) y que pueda explicarse a través del efecto Föhn mencionado por Mosiño (1983).

Por lo que se puede apreciar en las gráficas de precipitación (anexo 3) la época de lluvias en la zona es la común en la República Mexicana, es decir, en el verano, entre los meses de junio a septiembre. Sin embargo, las estaciones meteorológicas de Tlapalapa (120) y Coyame (029) registran una precipitación abundante durante todo el año; esto es posible por su ubicación altitudinal y orientación con respecto a los vientos, situadas en las partes más húmedas de la sierra.

Los valores máximos de precipitación se registraron en septiembre (64%) y en menor medida los meses de octubre (18%) y julio (18%). Por otra parte, las cantidades mínimas de lluvia son en los meses de abril (41%) y marzo (35%).

Índice de humedad de Lang o índice P/T

El mapa de la distribución del índice P/T (figura 14) muestra un patrón muy semejante al del parámetro anterior. El valor más alto fue de 220 unidades y sólo se localiza en la parte más alta de la sierra de Santa Marta, a altitudes superiores a los 1,000 m por el lado del Golfo y a más de los 1,500 m por la parte continental. En esta última vertiente se presentan los valores mínimos del orden de 60 unidades o menos y se localizan a menos de los 100 m.

El intervalo del índice de Lang para esta zona, es de menos de 60 a 220 unidades o más; su distribución con respecto a la altitud se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Distribución altitudinal del índice de Lang (P/T)

ISOLINEAS unidades	V. DEL GOLFO msnm	V. CONTINENTAL msnm
60		< 100
80		400
100		600
120		700
140	200	800
160	500	900
180	700	1000
200	900	1300
220*	1000	1500

Nota : * sierra de Santa Marta

En términos generales, los cinco parámetros climáticos utilizados tienen el comportamiento común con respecto a la altitud, ya que los valores de las temperaturas disminuyen cuando ésta aumenta, y en un sentido inverso se rigen la precipitación y la humedad. Por otro lado, la distribución de cada uno de ellos es distinta con respecto a la vertiente; por ejemplo, en la tabla 7 se representan las condiciones climáticas a los 700 msnm; como se puede observar, hay diferencias de valores entre las vertientes.

Como era de esperarse, al haber trabajado a una escala de 1:250,000 y con una equidistancia de 100 m entre las curvas de nivel, se logró obtener una información climática más amplia y específica en comparación con la citada en la literatura (Instituto de Geografía y CETENAL, 1970; Soto, 1976). En efecto, en este trabajo, se delimitan las áreas de 20 °C de temperatura media anual y de 3,000 mm de precipitación total anual. Las zonas con una temperatura media anual de 22 y 24 °C están demarcadas a altitudes mayores (en el lado del Golfo). El área de más de 26 °C de temperatura, no se define en esta investigación, y

por tanto tampoco la zona térmica muy cálida que menciona Soto (1976), ya que se caracteriza por presentar temperaturas superiores a la antes citada.

Tabla 7. Características climáticas a los 700 msnm en las dos vertientes

PARAMETROS CLIMATICOS	ALTITUD 700 m	
	V. CONTINENTAL	V. DEL GOLFO
Temperatura media	> 22 °C	< 22 °C
Temperatura máxima ext.	32 °C	< 32 °C
Temperatura mínima ext.	14 °C	12 °C
Precipitación total	3000 mm	4000 mm
Indice de Lang	120 u	180 u

Es fundamental hacer notar que la extensión de las áreas delimitadas por los valores de los distintos parámetros utilizados se deben de considerar variables a través del tiempo. Esto es especialmente cierto en el caso de las regiones de precipitación y humedad, ya que son parámetros muy fluctuantes entre un año y otro. Lo anterior lo demuestra Gómez Rodríguez (1991), en su estudio de variación climática en el noreste de México, donde la superficie, para cada intervalo de valores, está en función de la presencia de años muy secos o muy húmedos.

Mapa climático

El mapa climático de la sierra de Los Tuxtlas (figura 16) no difiere de los reportados en la literatura (Instituto de Geografía y CETENAL, 1970; Soto, 1976). Sin embargo, se considera necesario su presentación por la escala a la que se trabajaron los parámetros; así como para hacer mención de las altitudes a las que se trazaron los grupos climáticos.

La zona con clima cálido húmedo con lluvias durante todo el año Af(m), se encuentra en la vertiente continental, entre los 800 a 1,000 m sobre la sierra de Santa Marta y de los 600 a los 900 m en el volcán de San Martín Pajapan. Por el lado del Golfo va de los 200 a los 600 m. El siguiente subtipo climático es el cálido húmedo con lluvias de verano e influencia de monzón Am, se localiza entre los 300 y 800 m por el lado continental y de 0 a los 200 m por el Golfo. Los tres subtipos del clima cálido subhúmedo con lluvias de verano Aw, se presentan sólo para la parte continental. El más seco Aw₀ y el intermedio de este grupo Aw₁, están por abajo de los 100 m y el más húmedo Aw₂ llega a los 300 m de altitud. Por último, en la parte más alta del conjunto montañoso, se presenta el clima semicálido húmedo con lluvias todo el año (A)C(fm) desde los 1,000 m por la parte continental y a partir de los 600 m por el Golfo. El tipo climático templado húmedo con lluvias todo el año Cf(m) que sugiere Alvarez del Castillo (1976) y Soto (1976), por arriba de los 1,700 m, no se detectó en el trabajo con los parámetros climáticos y escala utilizados.

Es interesante señalar, que la delimitación de algunos tipos climáticos coincidieron con algunas isolíneas como se muestra a continuación:

El clima Aw₁ con la isolínea de 1,500 mm

El clima Aw₂ con las isolíneas de 2,000 mm y un P/T de 80

El clima Am con las isolíneas de 16 °C, 34 °C, 2,000 mm, 3,500 mm y los P/T de 80 y 140

El clima Af(m) con las isolíneas de 16 °C, 34 °C, 3,500 mm y 4,000 mm

El clima (A)C(fm) con las isolíneas de 22 °C, 12 °C, 4,000 mm y un P/T de 180

Al sobreponer este mapa con los de las isolíneas, se determinaron condiciones climáticas específicas en la región de los diferentes grupos climáticos. Esta información se muestra en la tabla 8. Por ejemplo, en el caso del grupo cálido húmedo Am, tiene las siguientes características por el lado continental: precipitaciones entre 2,000 a 3,500 mm, la humedad es del orden de 80 a 140 unidades, las temperaturas máximas y mínimas extremas son de 30 a 34 °C y de 12 a 16 °C, respectivamente, la temperatura media es mayor a los 24 °C. Como es de esperarse, los valores por el lado del Golfo son distintos.

La amplitud en el intervalo de valores de las temperaturas, precipitación y humedad (P/T), dentro de un mismo grupo climático, se ve reflejada en los distintos tipos de vegetación que se pueden presentar.

Por ejemplo, tomando la información de Ramírez (tabla 1 y figura 9) junto con la de los grupos climáticos se observa lo siguiente en la sierra de Santa Marta:

- A los tres subtipos del clima cálido subhúmedo con lluvias de verano Aw, les corresponde la vegetación de tipo sabana.

- En el grupo cálido húmedo con lluvias de verano Am, se presenta, por la parte continental el encinar cálido-pinar y el bosque de Liquidambar; y por el lado del Golfo el manglar, la vegetación costera y la selva alta perennifolia.

- Al grupo cálido húmedo con lluvias todo el año Af(m), le corresponde en la vertiente continental la asociación de pino-encino y el bosque de Liquidambar; y en la del Golfo la selva alta perennifolia.

- Por último, en el tipo climático semicálido húmedo con lluvias todo el año (A)C(fm) se encuentra la selva baja perennifolia en la ladera continental y la selva alta perennifolia, la selva mediana perennifolia, la selva baja perennifolia y el bosque caducifolio en el lado del Golfo.

Mapa de viento dominante (Rosas de los vientos)

En el mapa eólico por medio de gráficas octagonales (figura 16 y en el anexo 4), se muestra el análisis espacio-temporal de la dirección del viento que más predomina en la sierra de Los Tuxtlas. En ellos se observa que a lo largo del año, la zona está influenciada por tres principales trayectorias: la norte, la este y la sur; y en menor medida la noreste y la sureste.

Vientos de dirección norte.- Son más frecuentes en los meses fríos, de octubre a febrero; son húmedos ya que en su ruta pasan por el Golfo de México. Están considerados dentro de los tipos de circulación atmosférica que afectan a la zona.

Vientos de dirección este.- Son consecuencia de la acción de los vientos alisios y son más asiduos en los meses de junio, julio y agosto. Por su recorrido, son también húmedos.

Vientos de dirección sur.- Se manifiestan en los meses cálidos de marzo a junio. Por tener una trayectoria continental son vientos secos y calientes. Localmente se les denominan suradas, son causantes de graves trastornos en la vegetación ya que se manifiestan en los meses en que la región recibe poca precipitación, antes de la época de lluvias (anexo 3).

Tabla 8. Caracterización de los tipos climáticos de la sierra de Los Tuxtlas

Clima	Tem.	Media	Tem.	Mínima	Tem.	Máxima	Precipitación		Índice P/T	
	V. G.	V. C.	V. G.	V. C.	V. G.	V. C.	V. G.	V. C.	V. G.	V. C.
Aw ₀		>24 °C		>16 °C		>36 °C		<1500		<60
Aw ₁		>24 °C		>16 °C		34 a >36 °C		<1500		<60
Aw ₂		>24 °C		>16 °C		>34 °C		1500 a 2000		60 a 80
Am	22 a >24 °C	>24 °C	>16 °C	12 a >16 °C	30 a 34 °C	>34 °C	<3500	2000 a 3500	<140	80 a 140
Al(m)	22 a 24 °C	22 a >24 °C	12 a 16 °C	12 a 14 °C	30 a 32 °C	32 a 34 °C	3500 a 4000	3500 a 4000	<140 a 180	140 a 180
(A)C(fm)	<20 a 22 °C	<20 a 22 °C	>10 a 12 °C	>10 a 14 °C	<30 a 32 °C	<30 a 32 °C	4000 a >4500	4000 a >4500	180 a >220	180 a >220

V.G.- Vertiente del Golfo, V.C.- Vertiente Continental

Como se puede observar, el viento es uno de los elementos que influye en el transporte de humedad y calor, lo que ocasiona cambios climáticos en la sierra. Los vientos que atraviesan el Golfo de México humedecen esa ladera, mientras que las suradas disminuyen la humedad atmosférica de la parte continental; se fomenta así, las diferencias climáticas entre las vertientes.

Regiones climáticas

El mapa de regiones climáticas (figura 17) muestra las trece regiones y las tres subregiones delimitadas para la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan. De su análisis por vertiente, se observa que la continental presenta siete regiones y una subregión, para la sierra de Santa Marta; y tres regiones y una subregión, para el volcán de San Martín Pajapan. Por el lado del Golfo, se definieron cinco regiones y una subregión, para la sierra de Santa Marta; y tres regiones, para el volcán de San Martín Pajapan.

Vale la pena recordar, que el ordenamiento de las regiones se hizo de acuerdo al aumento de la altitud y en el sentido de continente a la costa. En la tabla 9 se describen las condiciones climáticas de las regiones. En la columna A se señalan los valores que sirvieron de límite (superior o inferior) a las divisiones. La amplitud del intervalo de valores correspondiente a los parámetros climáticos, para cada región, se menciona en la columna B. Por citar algunos ejemplos, se dan las características climáticas de la región VI: presenta una temperatura media anual entre 20 y 22 °C, con una temperatura mínima extrema de 10 a 12 °C y una máxima extrema de 30 a 32 °C; la precipitación total es del orden de 4,000 a 4,500 mm con un índice de Lang de 180 a 200 u. La región XIII, tiene varias similitudes con respecto a la IX, sin embargo, por la diferencia de valores de P/T (más de 140 pero menos de 160 u) se consideraron independientes.

Como se observa, las regiones climáticas responden principalmente a la distribución de los parámetros de humedad y precipitación, y en segunda instancia a la de las temperaturas, sobretodo a las extremas. Estas últimas son más significativas para la delimitación de las subregiones.

Al comparar los mapas de clima y de regionalización climática, se puede observar que los subtipos climáticos del Aw quedaron dentro de la región I. El clima Am esta subdividido por cinco regiones y una subregión: II, III, IV, XI, XII y IIa. En el clima Af(m) se contemplan las regiones V y X; y en el (A)C(fm) las regiones VI, VII, VIII, XIII y las subregiones VIIa y VIIIa. La región IX se encuentra entre los grupos Af(m) y (A)C(fm) (tabla 9).

Tabla 9. Interpretación general de las regiones climáticas de la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan, Ver.

REGION	TEMP. MEDIA ANUAL		TEMP. MINIMA EXT.		TEMP. MAXIMA EXT.		PRECI. ANUAL		PT		ALTITUD m.	TIPO DE CLIMA
	A (°C)	B (°C)	A (°C)	B (°C)	A (°C)	B (°C)	A (mm)	B (mm)	A (u)	B (u)		
I	-	>24	- 16	>16	- -	>32 34	- -	>/<2000	- 80	<80	- 400	Aw
II	- -	>24	16 -	14 16	- -	32 34	- 2500	>2000 2500	80 100	80 100	400 600	Am
IIa	- -	>24	- 16	>16	- 34	>34	- -	2500 >3000	80 100	80 >100	- 200	Am
III	- -	22 24	- 14	12 14	- 32	32 34	2500 3000	2500 3000	100 120	100 120	600 700	Am
IV	- -	22 24	14 -	12 14	32 -	30 32	3000 3500	3000 3500	120 140	120 140	700 800	Am
V	- 22	22 24	- 12	12 14	- -	30 32	3500 4000	3500 4000	140 180	140 180	800 1000	Af(m)
VI	20 22	20 22	10 12	10 12	- 30	30 32	4000 4500	4000 4500	180 200	180 200	1000 1300	(A)C(fm)
VII	20 -	<20	10 -	>10	30 -	<30	4500 -	>4500	200 -	>200 >220	1300/1000	(A)C(fm)
VIIa	20 -	<20	10 -	<10	30 -	<30	4500 -	>4500	200 220	>200 >220	1300/1200	(A)C(fm)
VIII	20 -	20 22	10 12	10 12	30 -	30 32	4000 4500	4000 4500	180 200	180 200	700 1000	(A)C(fm)
VIIIa	- -	20 22	12 -	12 14	- -	30 -	4000 4500	4000 4500	- 180	180 200	700 900	(A)C(fm)
IX	- -	20 >22	12 14	12 -	30 -	>30 32	- -	3500 4000	160 180	160 180	500 700	Af(m) y (A)C(fm)
X	- 24	22 24	14 16	14 16	- 34	32 34	- 3500	3500 4000	140 160	140 160	200 500	Af(m)
XI	24 -	>24	16 -	>16	34 -	>34	3500 -	<3500	140 -	<140	0 200	Am
XII	- -	22 >24	- -	>12 >16	- -	>32 >34	- 3500	2500 3500	140 160	100 140	200 600	Am
XIII	- -	>/< 22	14 -	<14	32 -	<32	- -	>3500	- -	>140	800 >1000	(A)C(fm)

Nota: A.- Isolíneas que delimitan la región. B.- Caracterización climática de la región. // significa que la altitud va de la vertiente continental a la del Golfo, pasando por el punto alto.

Relación de las regiones climáticas y la vegetación

En la tabla 10 se reportan los tipos de vegetación que mencionan los diferentes autores así como su localización en cada una de las regiones climáticas propuestas. Como se observa no es posible distinguir una relación exacta entre un tipo de vegetación y una región climática. Esto se puede deber a distintas situaciones, algunas de las cuales ya fueron mencionadas con anterioridad. A continuación se resumen algunas de ellas:

- No se logró ubicar el espacio muestreado de cada uno de los autores y no todos esquematizan un perfil vegetacional de la sierra.

- Es posible que se hayan utilizado diferentes clasificaciones de vegetación, esto es especialmente importante ya que dependiendo del detalle de la misma, la vegetación podrá ser dividida en espacios más o menos reducidos.

- Los microambientes como las cañadas, las elevaciones y la exposición al viento influyen de diferente forma en la vegetación.

- Es indudable la influencia de otros factores como el suelo, el hombre y la propia dinámica de la vegetación. De hecho, Andrieu (1964) y Toledo (1976) mencionan que los bosques de pino y encino que se encuentran en la sierra, se han mantenido por condiciones edafológicas ya que son relictos del desplazamiento de la vegetación que hubo en la última glaciación.

Por las características antes mencionadas, es probable que la vegetación de la sierra de Santa Marta y la del volcán de San Martín Pajapan, esté compuesta por mosaicos vegetacionales irregulares, que como lo menciona Lira (1983) siguen un comportamiento de mezcla y sustitución de acuerdo a ciertos gradientes. Por ello, sea quizás necesario hacer estudios de correlación climática con la composición florística de la zona, es decir, la estrecha relación del clima y la vegetación puede estar dada en niveles menores.

La relación que se logró establecer entre las regiones climáticas y la vegetación fue la siguiente. A grandes rasgos y con la información conjunta de los autores, se da este ordenamiento:

VERTIENTE CONTINENTAL

En la Región I - Sabana y encinar cálido

En la Región II - Encinar cálido, pinar y selva mediana subcaducifolia

En la Región III - Encinar cálido, pinar y bosque de Liquidambar

En la Región IV - Pinar y bosque de Liquidambar

En la Región V - Pinar y bosque de Liquidambar

En la Región VI - Bosque de Liquidambar y bosque caducifolio

En la Región VII - Bosque caducifolio y selva baja perennifolia

En la Subregión VIIa - Selva baja perennifolia

VERTIENTE DEL GOLFO

En la Subregión VIIIa - Bosque caducifolio

En la Región VIII - Selva alta perennifolia

En la Región IX - Selva alta perennifolia

En la Región X - Selva alta perennifolia

En la Región XI - Selva alta perennifolia, vegetación costera y manglar

En la Región XII - Bosque caducifolio

En la Región XIII - Selva baja perennifolia

Ahora bien, si se toma la información de la distribución de la vegetación reportada por un autor, y se analiza con los límites de las regiones, la relación es más específica. Al utilizar la información de Ramírez (1984) se encontro lo siguiente:

- El límite superior de la selva alta perennifolia (entre los 700 y 900 msnm) corresponde, aproximadamente, con la línea divisoria entre las regiones VIII y IX.
- El límite inferior de la selva baja perennifolia (a los 1,300 msnm) corresponde con la frontera entre las regiones VII y VIII; y el linde inferior de la región XIII.
- El límite inferior del bosque de **Liquidambar** (a los 700 msnm) corresponde con la división de las regiones III y IV.

En la regionalización climática que se presenta en este trabajo se definen zonas homogéneas, que pueden ser útiles para los estudios de investigación o de planeación de los recursos naturales de la sierra. Por ejemplo, en los estudios de planeación sería importante considerar que existen 16 regiones climáticas diferentes en la sierra y que en ellas el desarrollo agropecuario y comunitario se debe encaminar de manera distinta. Sería interesante estudiar si un cultivo que se encuentra en más de dos regiones climáticas es atacado por las mismas plagas y/o enfermedades.

Lo anterior sugiere estudios de la zona desde otros puntos de vista además del climático. No hay que olvidar que la sierra de Santa Marta está propuesta como área protegida y que entre más se conozca su estructura y dinámica, los planes de manejo elaborados para ella estarán mejor sustentados.

CONCLUSIONES

Con respecto al comportamiento de los parámetros climáticos se observa lo siguiente: a) todos los parámetros tienen el comportamiento común con respecto al relieve, b) los cambios de éstos son más bruscos en la parte del Golfo que en la continental, c) existe una diferencia climática entre las dos vertientes, la del Golfo es menos cálida y más húmeda que la continental. Es posible que el efecto Föhn (descrito por Mosiño, 1983) sea la explicación principal de las diferencias climáticas entre las vertientes, así como la dirección del viento dominante que influye a lo largo del año.

En el mapa climático elaborado para la zona, no se definen otros grupos climáticos de los propuestos por el Instituto de Geografía-CETENAL (1970) y Soto (1976). Sin embargo, y debido a los parámetros y escala utilizados en este trabajo, se logró definir el área de 20 °C de temperatura media anual y de 3,000 mm de precipitación.

El mapa de viento dominante pone de manifiesto las trayectorias que son más determinantes en ciertas épocas del año para las vertientes; en la del Golfo influyen principalmente los vientos húmedos del norte y este, en la continental son frecuentes las suradas, que son vientos secos y calientes, en los meses de marzo a junio.

Para la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan se demarcaron 13 regiones y tres subregiones climáticas, las cuales se delimitan, principalmente, por el índice de Lang y los valores extremos de la temperatura, en especial estas últimas, fueron determinantes en la definición de las subregiones. Por el propio comportamiento de los parámetros, las vertientes contemplan regiones distintas.

Algunos tipos de vegetación son exclusivos para una de las vertientes y otros se mencionan para ambas (información que depende del autor). La correlación exacta entre los límites de las regiones climáticas y de los tipos de vegetación no fue detectada; sin embargo, se pudieron establecer algunas. Se considera que una relación más estrecha está dada a niveles menores en la designación de los tipos de vegetación.

Se piensa que en esta regionalización climática de la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan se da las primeras pautas para la planeación del uso y manejo de los recursos naturales, ya que se proponen áreas con características más homogéneas en algunas de sus variables climáticas. Es importante tomar en cuenta que los sectores de población que viven en la zona, ecológicamente frágil, se dedican principalmente a la agricultura y a la ganadería, por lo que quizás sea necesario proponer alternativas de uso de acuerdo a la potencialidad ecológica de la región. Se espera que sean retomadas las propuestas de Halffter (1984) y Toledo (1985), los cuales, no solo no descartan la participación de la población en las actividades de la reserva, sino que las consideran una condición de primer orden en su estructuración y funcionalidad.

LITERATURA CITADA

- Alvarez del Castillo, G.C., 1976. Estudio ecológico y florístico del cráter San Martín Tuxtla, Veracruz, México. **Tesis Profesional**. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Andrle, R.F., 1964. A biogeographical investigation of the sierra the Tuxtla in Veracruz, México. **Tesis Doctoral**. Geography. Louisiana State University. Louisiana.
- Ausubel, J. y A. K. Biswas (eds.), 1980. Introduction and overview **In: Ausubel, J. y A. K. Biswas (eds.) Climatic constraints and human activities**. IIASA Proceedings Series Volume 10. Pergamon Press. New York.
- Barry, R.G. y R.J. Chorley, 1978. Clasificación de los climas **In: Barry, R.G y R.J Chorley Atmósfera, Tiempo y Clima**. Ed. Omega, 2º ed. Barcelona.
- Capel, H. y J.L. Urteaga, 1982. **Las nuevas geografías**. Colección Salvat. Temas clave. Barcelona.
- Cifuentes, A. M., 1983. Reservas de la biosfera: clasificación de su marco conceptual y diseño y aplicación de una metodología para la planificación estratégica de un sistema nacional. **Tesis de Maestría**. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
- Coll de Hurtado. A. y E. Jaúregui Ostos, 1974. Las clasificaciones climáticas y su aplicación en México. **Anuario de Geografía 14: 209-224**.
- Contreras Arias, A., 1942. Estudios climatológicos, áreas geográficas de dispersión *Parthenium argentatum*, *Hevea brasiliensis* y *Castilloa elastica*. Secretaría de Agricultura y Fomento. México.

- De Fina A.L., 1950. Sistema práctico para dividir los países en distritos agroclimáticos. **Revista de Investigaciones Agrícolas** 4(4): 341-355.
- Diario Oficial, 1980. Decreto de establecimiento de la zona de protección forestal y refugio de la fauna silvestre en la región conocida como sierra de Santa Marta, Municipios de Soteapan y Mecayapan. Presidente José López Portillo y Pacheco. CCCLIX (40, 28 de abril):6-7.
- Dömros Manfred, 1976. An agroclimatological land classification of Sri Lanka (Ceylon) for tea, rubber and coconut palms. **Applied Sciences and Development** 7: 39-65.
- Duke, J.A., 1978. Ecological amplitudes of legumes. **Tropical grain legume bulletin** 13-14: 3-8.
- Duke, J.A., 1979. Ecosystematic data on economic plants. **Quart. J. Crude Drug Res** 17 (3-4): 91-110.
- Duke, J.A. y S.J. Hurst, 1975. Ecological amplitudes of herbs, spices and medicinal plants. **Lloydia** 38 (5): 404-410.
- Duke, J.A. y E.E. Terrel, 1974. Crop diversification matrix: introduccion. **Taxon** 23 (5-6): 759-799.
- FAO, 1978. **Report on the agro-ecological zones project I. Methodology and results for Africa.** FAO, Roma.
- Frére M., J.Q. Rijks y J. Rea, 1978. **Estudio agroclimático de la zona Andina.** Organización Meteorológica Mundial No. 161. Secretaría de la OMM. Ginebra.
- García, E., 1969a. Correlación entre vegetación y clima según dos sistemas climáticos. **In: Comité de Recursos Naturales de la Comisión de Geografía (eds) Segunda Mesa Redonda sobre Recursos Naturales.** México.

- García, E., 1969b. Algunos aspectos climáticos de la región situada al oeste del Istmo de Tehuantepec. **Boletín del Instituto de Geografía 2:** 1-10.
- García, E., 1970. Los climas del estado de Veracruz. **An. Inst. Biol. Méx. Ser. Bot. 41(1):** 3-42.
- García, E., 1974. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. **Boletín del Instituto de Geografía 5:**7-20.
- García, E., (ed.) 1983. **Apuntes de climatología.** 3a ed. México.
- García, E., (ed.) 1988. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.** 4a ed. México.
- García, E., C. Soto y F. Miranda, 1960. Larrea y clima. **An. Inst. Biol. Méx. Ser. Bot. 31:** 133-171.
- García E., R. Vidal, M.D. Cardoso y M.E. Hernández, 1983. Las regiones climáticas de México. **IX Congreso Nacional de Geografía Tomo I.** Febrero. Guadalajara, Jal. 123-130.
- García Benavides, J., F. Barrera, E. Soto y M. Arizaleta, 1975. **Zonificación agroecológica para el cultivo de la yuca en el Valle del Aroa.** Fundación para el Desarrollo de la Región Centro Occidental, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Consejo de Bienestar Rural. Universidad Central de Venezuela. Barquisimeto.
- Gates, D.M., 1972. **Man and his environment: Climate.** Harper & Row, Publishers. New York.
- Giacomini, V., 1979. A selection of problems encountered in biosphere reserves. **MAB report series No. 48, anex 8.** París.

Gómez-Pompa, 1978. **Ecología de la vegetación del estado de Veracruz**. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, CECSA. México.

Gómez-Pompa, A., W. Marquez, F. Ramírez, A. García, T. Terrazas, E. Valles, L. Ballesteros, C. Correa, F. Basurto, T. Pulido, A. Contreras y M. Areizaga, 1979. **Proyecto para el establecimiento de una reserva ecológica en la sierra y volcán de Santa Marta**. INIREB, Gobierno del Estado de Veracruz. Jalapa.

Gómez Rodríguez, G., 1991. **Variación climática en el noreste de México. Tesis Profesional**. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Griffiths, J.F., 1985. **Climatología aplicada**. Publicación Cultural. México.

Halffter, G., 1981. The Mapimi biosphere reserve: local participation in conservation and development. **Ambio** 10(2-3):93-96.

Halffter, G., 1984. Las reservas de la biosfera: conservación de la naturaleza para el hombre. **Acta Zool. Mex.** (ns)5: 1:30.

INEGI, 1983a. **Carta Geológica Coatzacoalcos E15-1-4**. esc. 1:250,000. S.P.P. México.

INEGI, 1983b. **Carta Topográfica Coatzacoalcos E15-1-4**. esc. 1:250,000. S.P.P. México.

INEGI, 1984. **Carta Edafológica Coatzacoalcos E15-1-4**. esc. 1:250,000. S.P.P. México.

INEGI, 1987. **Anuario Estadístico de Veracruz**. Sector de Desarrollo Económico del Gobierno de Veracruz y Dirección Regional Oriente de INEGI. Veracruz.

Instituto de Geografía-CETENAL, 1970. **Carta Climática Coatzacoalcos 15-Q-V** esc. 1:500,000. CETENAL, UNAM-Instituto de Geografía. México.

- Jaetzold, R., 1982. Explanation of the evaluation of the natural potential: method of the agroecological zonation In: **FAO Farm Management Handbook of Kenya 2**. Ministry of Agriculture. Nairobi.
- Jáuregui Ostos, E., 1975. Los sistemas de tiempo en el Golfo de México y su vecindad. **Boletín del Instituto de Geografía 6**: 7-36.
- Jáuregui Ostos, E. y C. Soto Mora, 1975. La vertiente del Golfo de México. **Boletín del Instituto de Geografía 6** 37-45.
- Legrís, P., 1972. Effects of weather and climate on the distribution of plants and trees, locally and regionally. **International Journal of Biometeorology 16**: 89-95.
- Lira, R., 1983. Contribución al estudio de la flora pteridológica de la sierra de Santa Marta, Los Tuxtlas, Veracruz. **Tesis Licenciatura**. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Lira, R. y R. Riba, 1984. Aspectos fitogeográficos y ecológicos de la flora pteridofita de la Sierra de Santa Marta, Veracruz, México. **Biótica 9** (4): 451-467.
- Luna Bareza, C., 1979. **Atlas de huracanes en el océano Pacífico y el océano Atlántico**. S.P.P., Cordinación General del Sistema Nacional de Información. 2da. edición. México.
- López Ramos, E., 1981. **Geología de México III**. 2da. edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- MAB, 1979. Developmen of the International network of biosfere reserves. In: **UNESCO (ed) International co-ordinating council of the programme on man and the biosfere (MAB)**. París.
- Meher-Hömji, U.M., 1980. **Some aspects of bioclimatology and vegetation of Peninsular India**. Birbal Sahni Institute of Paleobotany Lucknow.

- Mosiño A., P., 1983. Climatología de las zonas áridas y semiáridas de México **In:** Molina Galán J. (Ed.) **Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México.** Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Chapingo, México.
- Oliver, J.E., 1973. **Climate and man's environment an introduction to applied climatology.** John Wiley and Sons, INC, Nueva York.
- Ortíz-Solorio, C., 1984. **Elementos de agroclimatología cuantitativa.** Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo.
- Ortíz-Solorio, C. y D. Pájaro Huerta, 1988. **Zonificación agroecológica de cultivos.** Curso-Taller. CEDAF, CRECIDATH. Colegio de Posgraduados. Chapingo.
- Parra, V.M., M. Perales R. y E. Hernández X., 1982. Desarrollo histórico del concepto de región y su aplicación en Mexico. **Geografía Agrícola 2:7-31.**
- Peña, O. y A.L. Sanguín, 1984. **El mundo de los geógrafos.** Geographia Generalis. OIKOS-TAU. Opera Geographica Minora. Barcelona.
- Pérez Villegas, G., 1984. Algunos aspectos de distribución de fuentes emisoras de contaminantes de la atmósfera por regiones en México. **Tesis de Maestría.** Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, UNAM. México.
- Pérez Villegas, G., 1989. **Carta de Viento Dominante, Esc. 1:4'000,000.** "Climas" Hojas IV.4.2. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Planchuelo-Ravelo, A.M. y A. Ravelo, 1985. **Drought/crop condition assessment methods for northeast Brazil, México, Paraguay y Uruguay.** International Development Cooperation Agency (AID), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Atmospheric Science Department University of Missouri-Columbia.

- Ramírez, R.F., 1984. Plan conceptual para el manejo y desarrollo de la sierra de Santa Marta, Ver., como reserva de la biosfera. **Reporte Técnico.** INIREB. Xalapa.
- Ríos MacBeth, F., 1952. Estudio geológico de la región de Los Tuxtlas, Ver. **Tesis Profesional.** Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Rojas, E.O. y M. Eldin, 1983. **Zonificación agroecológica para el cultivo caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en Costa Rica.** IICA. Serie Publicaciones Misceláneas 398. San José.
- Rzedowski, J., 1978. **Vegetación de Mexico.** LIMUSA. México.
- SAG, 1976. **Normales climatológicas (periodo/1941-1970).** Servicio Meteorológico Nacional, Dirección General de Geografía y Meteorología. México.
- SARH, 1970-1977. **Producción agrícola del Estado.** Dirección de Agricultura de la SAG. Xalapa.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesquero (s/f). **Distritos de Desarrollo Rural para Veracruz.** Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa.
- S.R.H., 1952. **Instructivo para la operación de estaciones climatológicas.** Secretaría de Recursos Hidráulicos. México.
- S.R.H., 1976. **Atlas del Agua de la República Mexicana.** Secretaría de Recursos Hidráulicos. México.
- Schmidt, H.R., 1983. Climate and the Chihuahuan desert In: Campos-López C. y R. Andeson (eds.) **Natural resources and development in arid regions.** Westview Press/Bouldes. Colorado.

- Sierra Morales, R., 1969. La variabilidad de la lluvia al sur del paralelo 20° norte en el estado de Veracruz. **Boletín del Instituto de Geografía** 2 27-57.
- Soto Esparza, M., 1976. Algunos aspectos climáticos de la región de Los Tuxtlas In: Gómez-Pompa, A., S., Del Amo, C., Vázquez-Yanes y A., Butanda (eds.) **Regeneración de selvas**. INIREB, Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología. México.
- Soto Esparza, M., 1985. Relación clima-planta en el estado de Veracruz. **Tesis Doctoral**. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Sousa M., 1968. Ecología de las leguminosas de los Tuxtlas Veracruz. **An. Inst. Biol. Méx. Ser. Botánica** 39(1): 121-160.
- Tamayo, J.L., 1980. **Geografía Moderna de México**. 9ª ed. Trillas. México.
- Thornthwaite, C.W., 1931. The climates of North América, according to a new classification. **Geographical Review** 21:633-659.
- Thornthwaite, C.W. y J.R. Mather, 1954. Climate in relation to crops. **Meteorological Monographs** 2 (8): 1-8.
- Toledo, V.M., 1976. Los cambios climáticos del Pleistoceno y sus efectos sobre la vegetación tropical cálida húmeda de México. **Tesis de Maestría**. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Toledo, V.M., 1985. Las eco-comunidades: un diseño ecológico para el desarrollo rural de México. **Ciencia y Desarrollo** 62: 25-32.

UICN, MAB, UNESCO, (eds), 1979. La reserva de la biosfera y su relación con otras áreas protegidas. Suiza.

UICN, PNUMA y WWF (eds.), 1980. Estrategia mundial para la conservación. Suiza.

Villalpando, O.K., 1972. Consideraciones sobre el clima y el tiempo meteorológico en la Sierra de los Tuxtlas, Veracruz In: Problemas biológicos de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Depto. de Biología-UNAM. México.

ANEXO 1

Definición de los parámetros climáticos

Las siguientes definiciones se tomaron de la publicación de Normales Climatológicas (1941-1970) de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (S.A.G., 1976). En este trabajo se utilizaron los promedios anuales del período 1960-1980.

Temperatura media anual.- Promedio de las temperaturas medias mensuales.

Temperatura mínima extrema anual.- Promedio de las temperaturas mensuales más bajas registradas en el año.

Temperatura máxima extrema anual.- Promedio de las temperaturas mensuales más altas registradas durante un año.

Precipitación total anual. Suma de la precipitación ocurrida en todo el año.

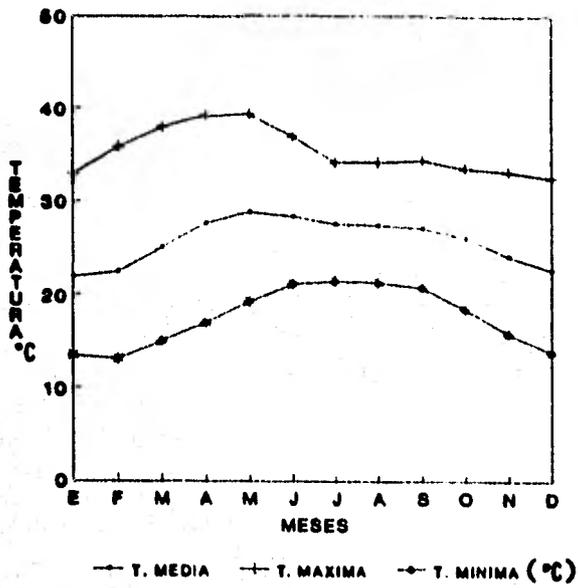
Indice de Lang.- Resultado del coeficiente: precipitación total anual (mm)/ temperatura media anual (°C).

Viento Dominante.- Dirección que con mayor frecuencia sopla el viento.

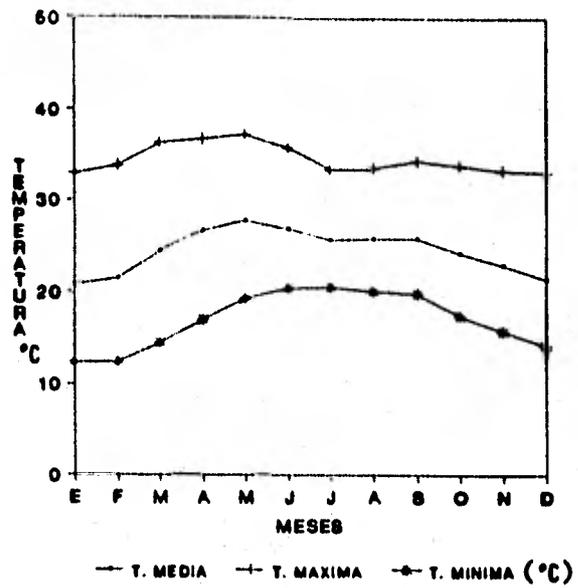
ANEXO 2

Gráficas de temperatura

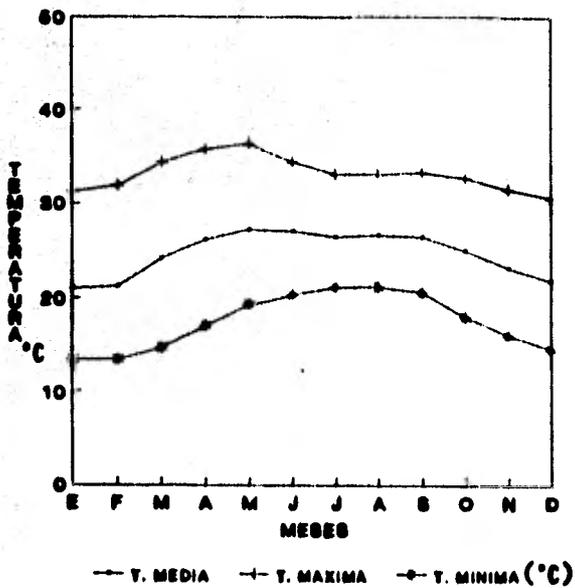
011 Angel R. Cabadas



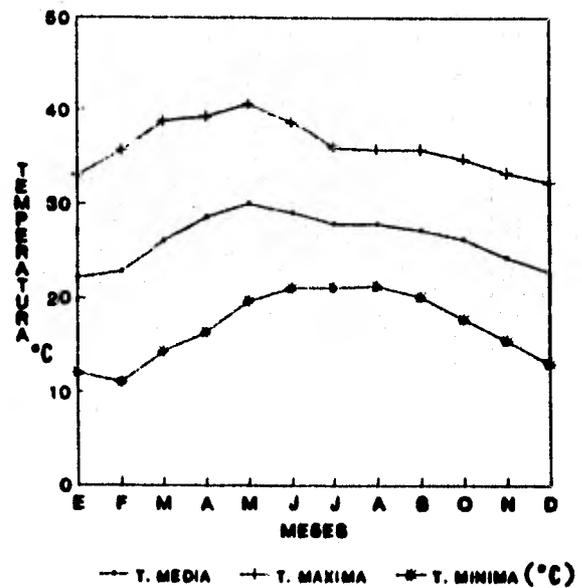
019 Catemaco



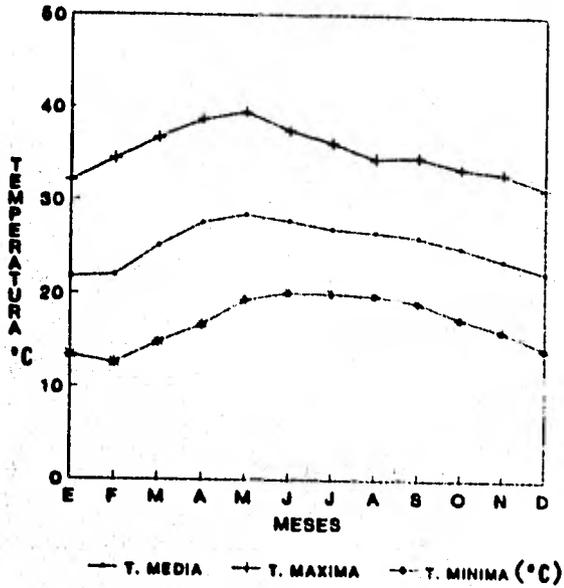
029 Coyame



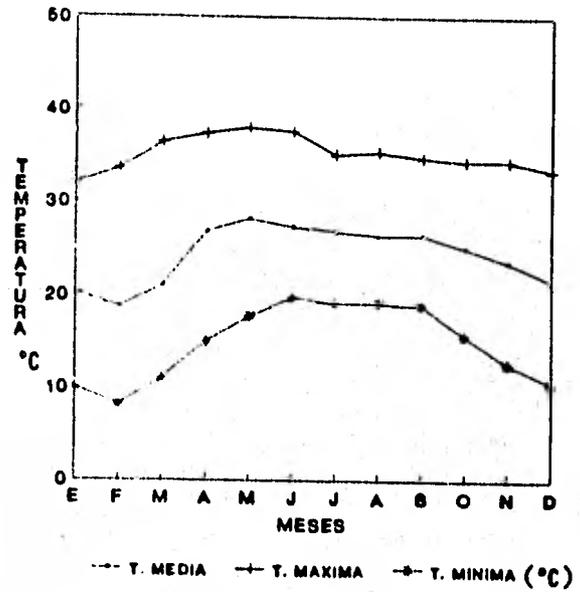
030 Cuatutolapan



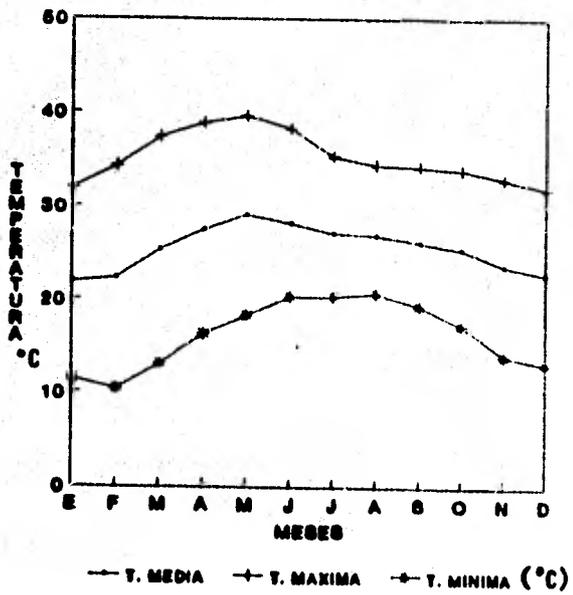
038 Huazuntlan



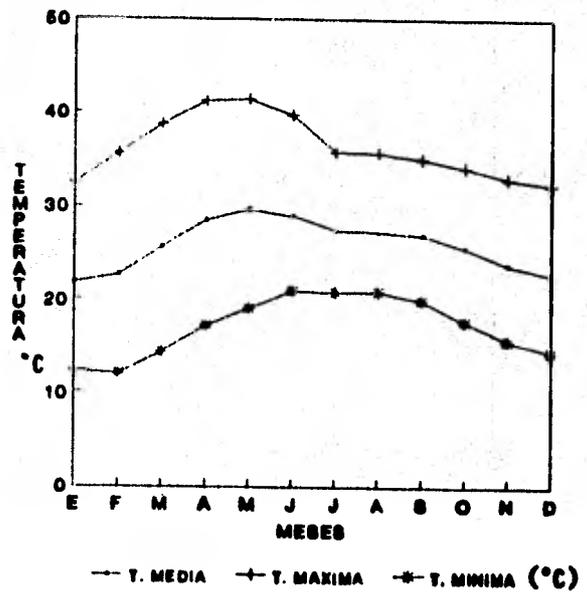
052 Juan Diaz Cobarrubias



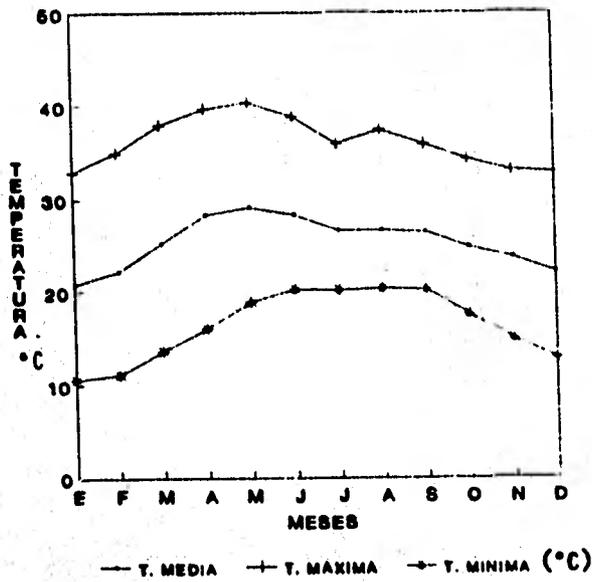
054 Lauchapan



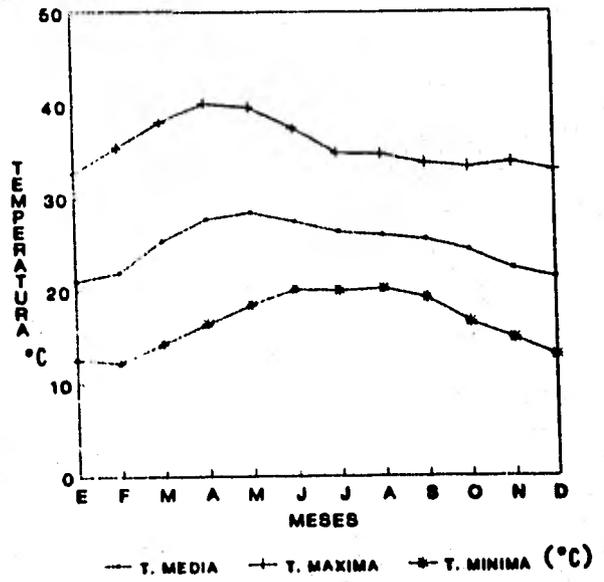
071 Morillo



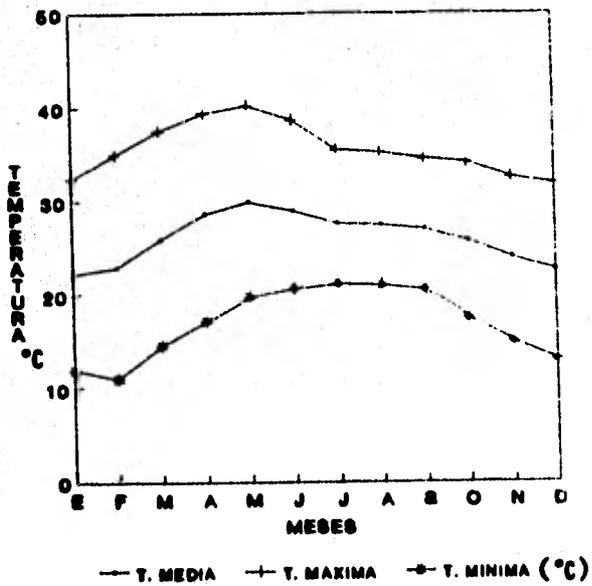
077 Nopalapan



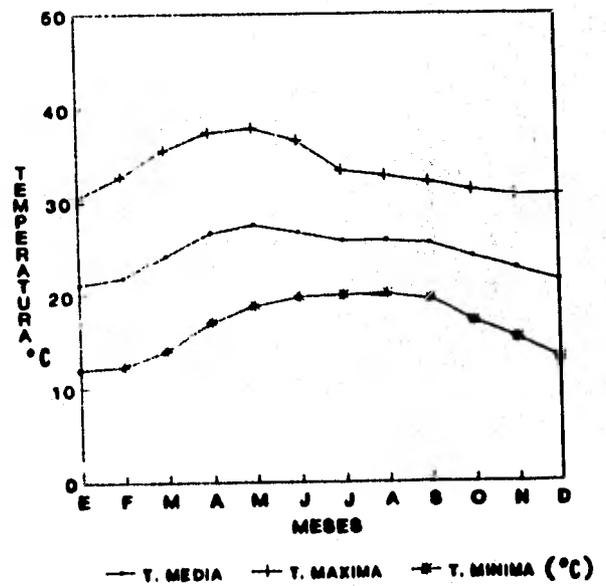
100 San Andres Tuxtla



104 San Juanillo

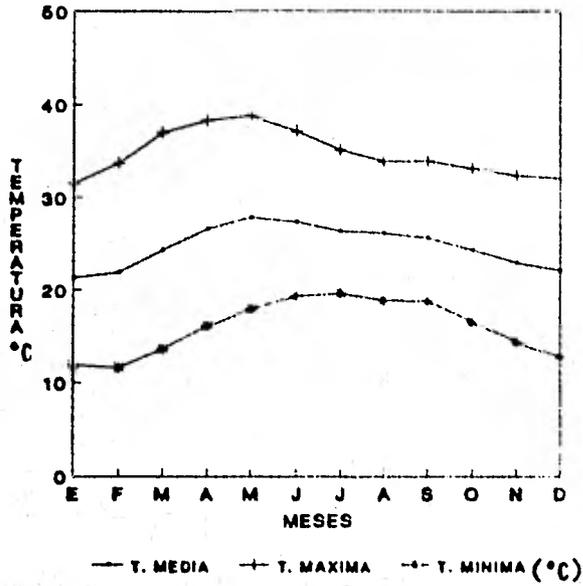


105 San Juan Seco

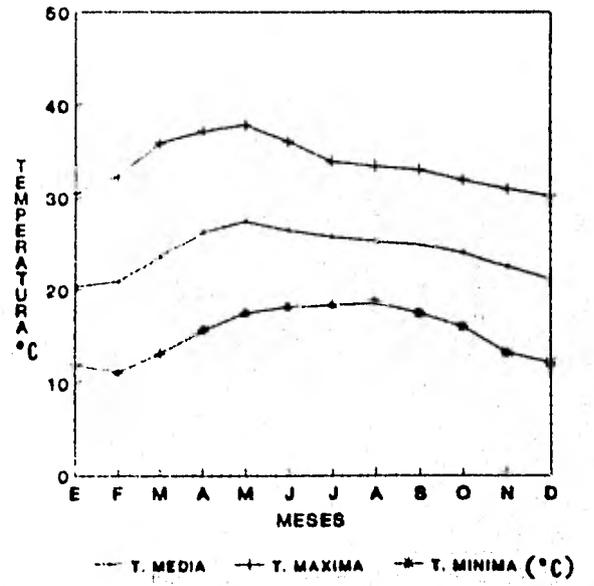


ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

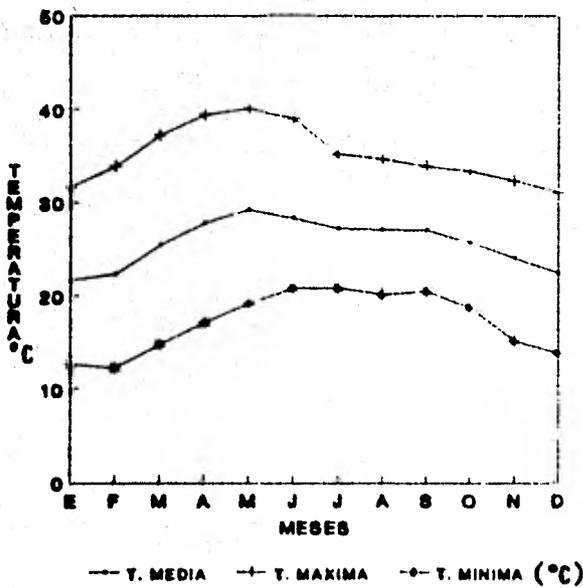
111 Santiago Tuxtla



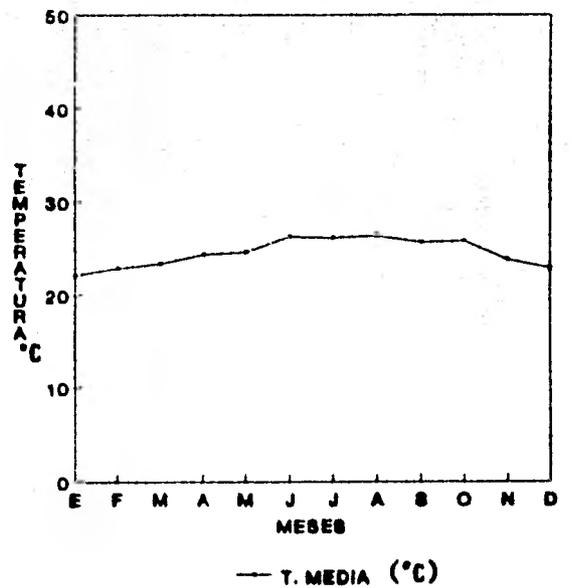
120 Tapalapa



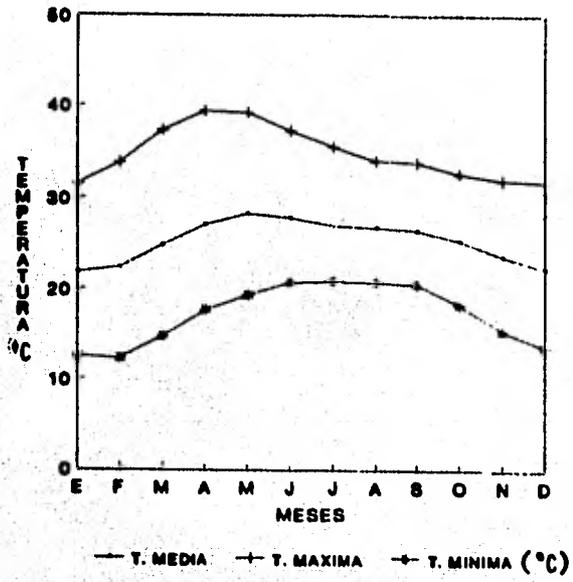
132 Tres Zapotes



146 Zapotitlan



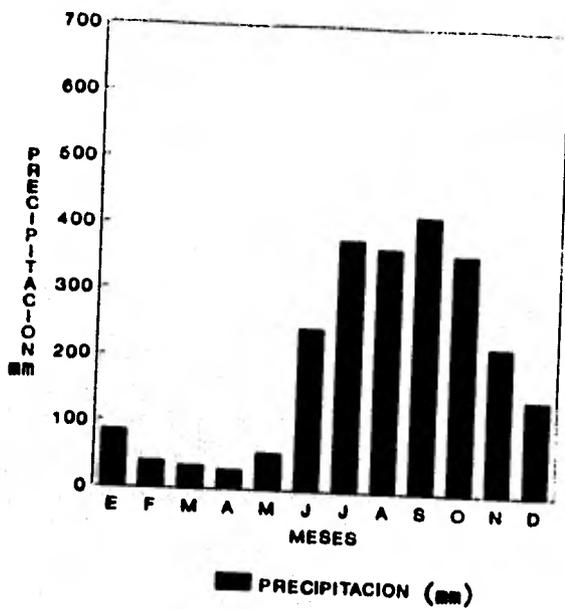
233 Sinaps Bajo



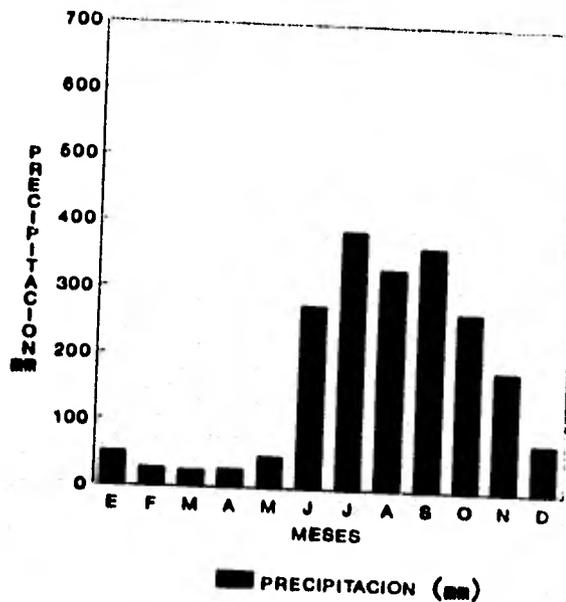
ANEXO 3

Gráficas de precipitación

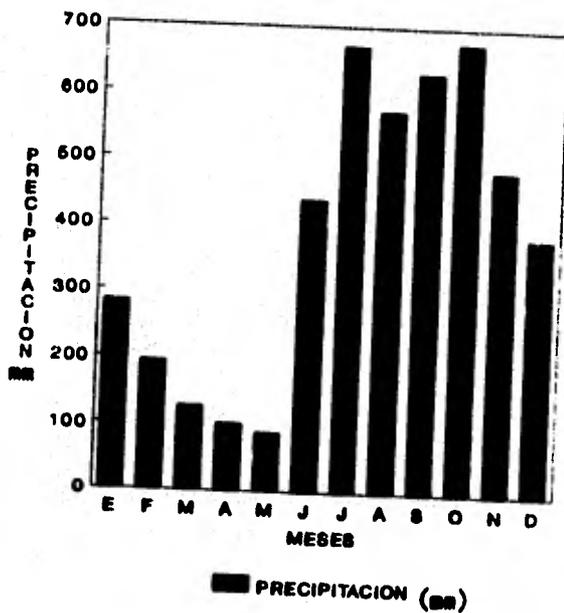
011 Angel R. Cabañas



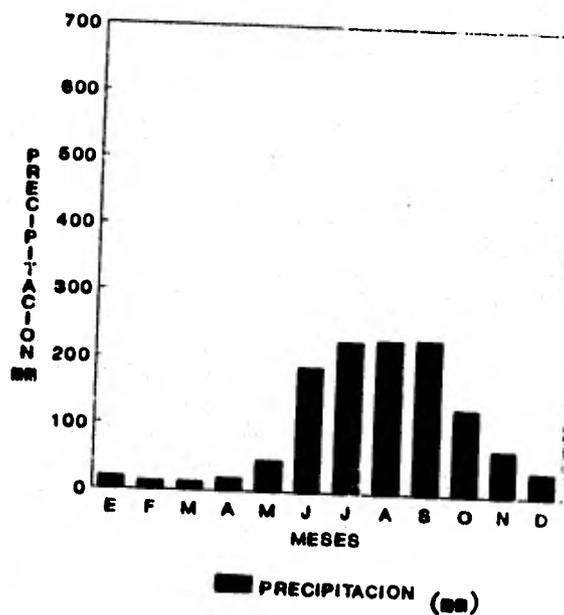
019 Catemaco



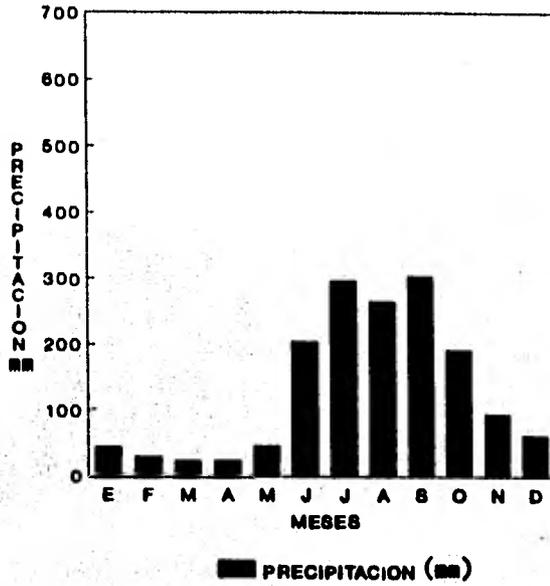
029 Coyame



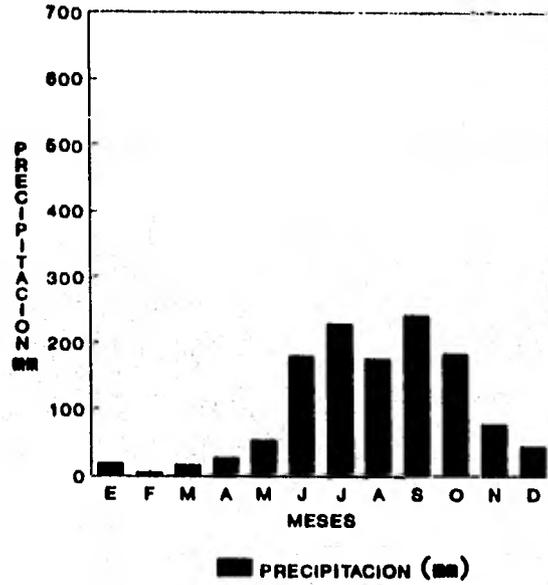
030 Cuatrotolapan



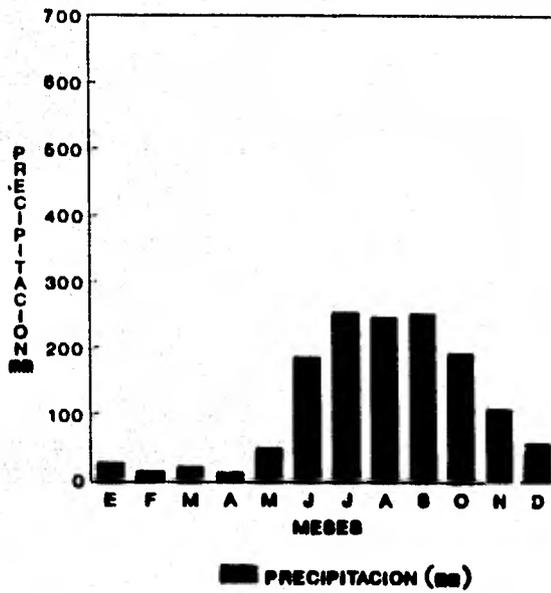
038 Huazuntlan



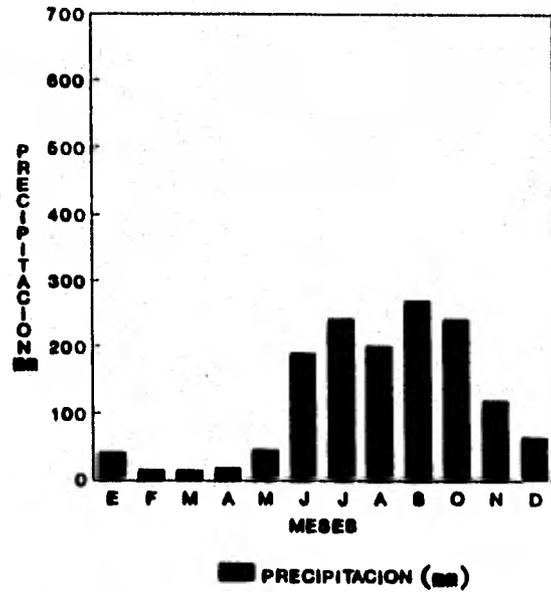
052 Juan Diaz Cobarrubias



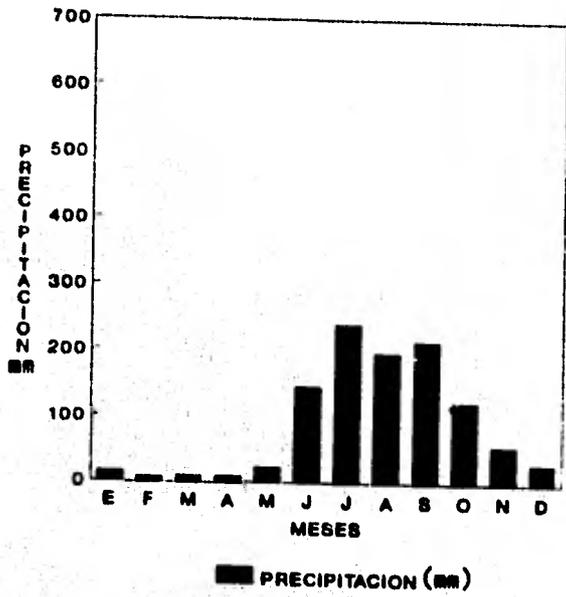
054 Lauchapan



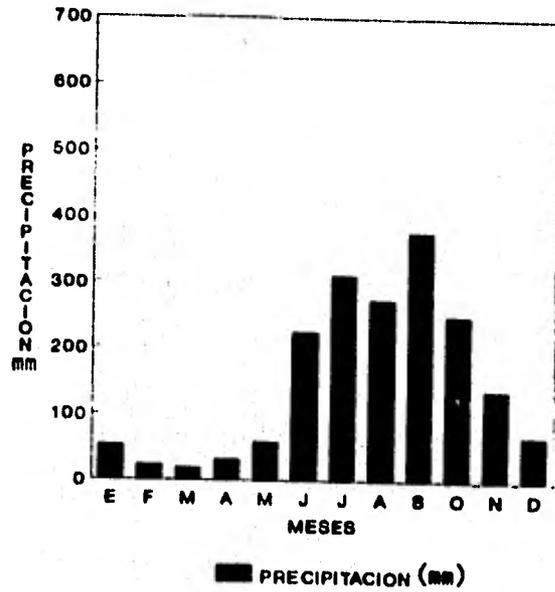
071 Morillo



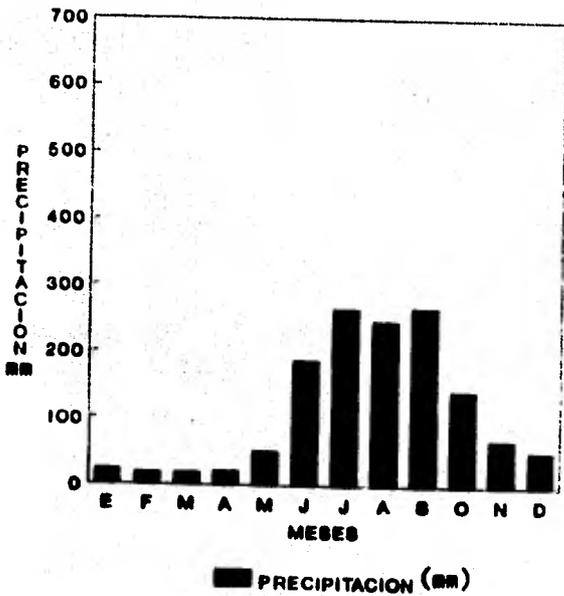
077 Nopalapan



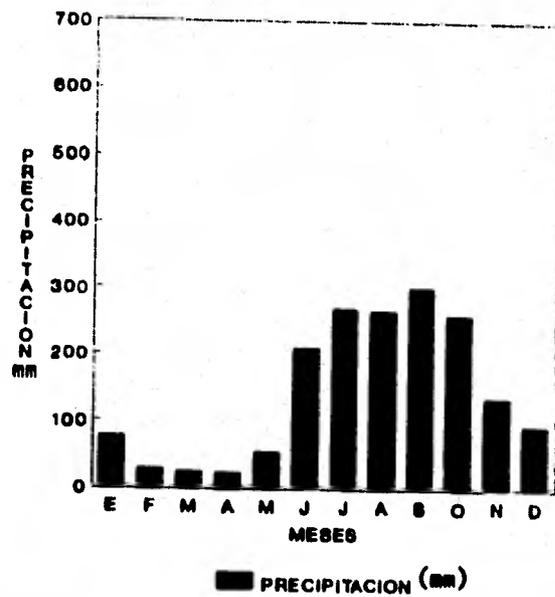
100 San Andres Tuxtla



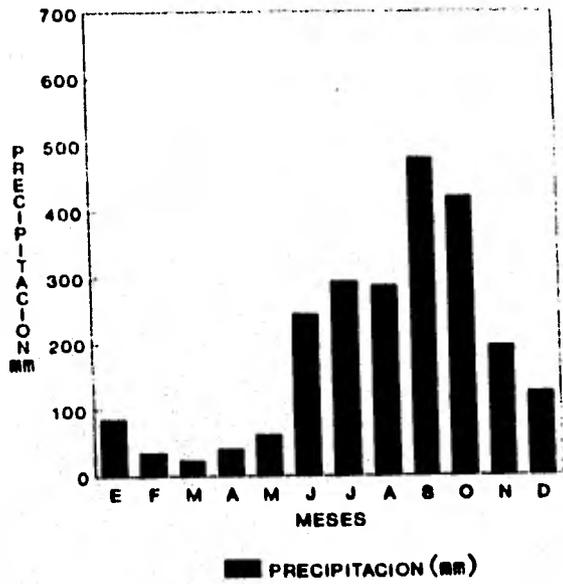
104 San Juanillo



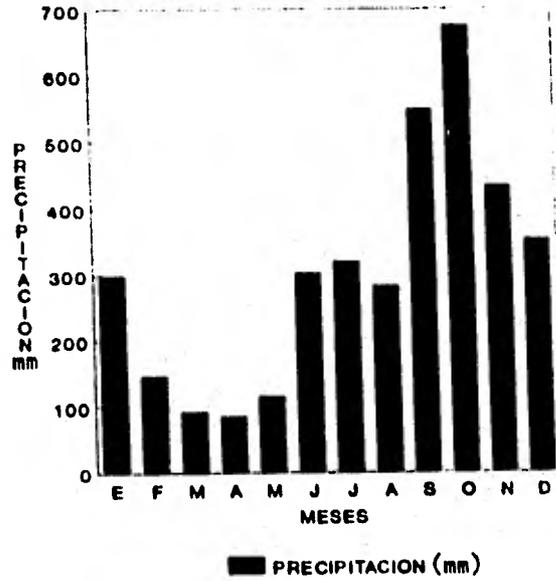
105 San Juan Seco



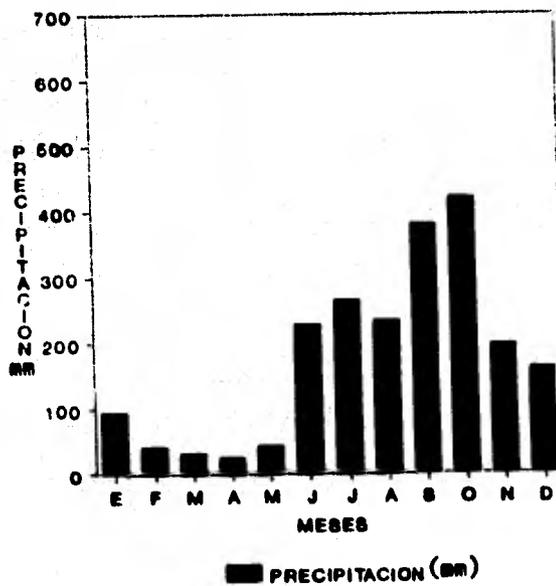
111 Santiago Tuxtla



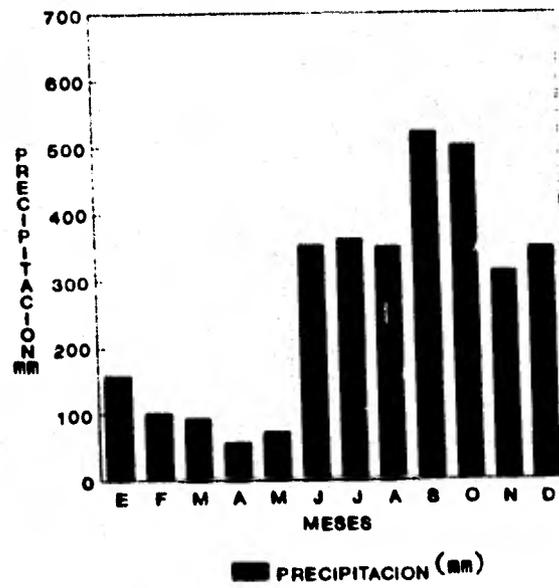
120 Tapalapa



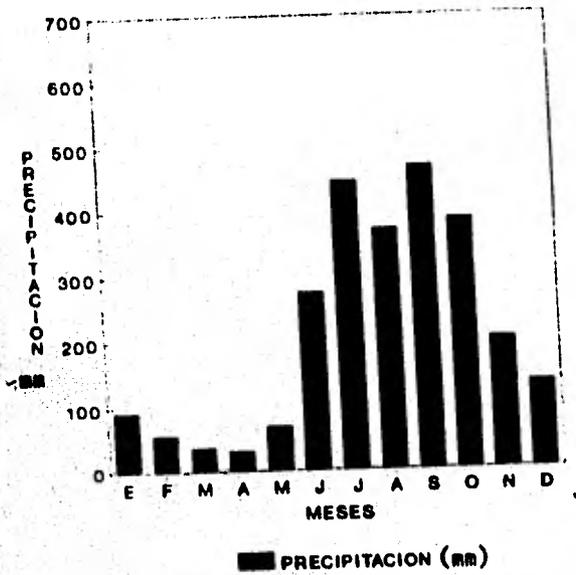
132 Tres Zapotes



146 Zapotitlan



233 Sinapa Bajo



ANEXO 4

Viento Dominante (Rosas de los vientos)

VIENTO DOMINANTE

En las siguientes tablas se describe la dirección del viento dominante en la sierra de Los Tuxtlas; se incluye el porcentaje de frecuencia de cada trayectoria y la intensidad de la misma según la escala de Beaufort (S.A.R., 1952).

Nota: El número después de la diagonal representa la intensidad del viento: \1, de 2 a 6 km/h; \2, de 7 a 12 km/h; \3, de 13 a 18 km/h.

Angel R. Cebadas (011)

Viento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
S	10% / 3	10% / 3	60% / 3	70% / 3	40% / 3	10% / 3	30% / 3		10% / 3	10% / 3			30% / 3
N	50% / 3	60% / 3	20% / 3						30% / 3	60% / 3	70% / 3	50% / 3	30% / 3
NE	30% / 3	30% / 3		10% / 3	20% / 3	50% / 3	40% / 3	60% / 3	20% / 3	20% / 3	10% / 3	30% / 3	10% / 3
SE	10% / 3		20% / 3	20% / 3	40% / 3	40% / 3	30% / 3	40% / 3	40% / 3	10% / 3	20% / 3	10% / 3	30% / 3

Catemaco (019)

Viento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
E	40% / 2	30% / 1	20% / 2	40% / 3	30% / 1	30% / 1	30% / 1	30% / 1	30% / 1	10% / 2	20% / 3	30% / 2	30% / 2
N	60% / 1	70% / 3	60% / 3	50% / 1	40% / 3	60% / 1	40% / 1	50% / 1	40% / 3	50% / 2	60% / 3	60% / 2	60% / 3
NE			10% / 1				10% / 2	10% / 2	10% / 1	10% / 1	10% / 1		10% / 1
SE					10% / 1								
S			10% / 1	10% / 1	20% / 3	10% / 1							
W							20% / 3	10% / 3	20% / 3	20% / 3	10% / 1	10% / 1	

Coyama (029)

Vento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	60% / 2	40% / 2	10% / 2				10% / 1	10% / 2	30% / 1	40% / 1	30% / 1	50% / 1	
E	40% / 2	30% / 1	60% / 1	30% / 1	70% / 1	100% / 1	70% / 1	80% / 1	50% / 1	30% / 2	60% / 1	30% / 1	80% / 1
S		10% / 2	30% / 2	50% / 2	30% / 3		20% / 3	10% / 1	20% / 3	30% / 1	10% / 2	20% / 3	20% / 3

Cuautotlan (030)

Vento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	60% / 2	50% / 2	20% / 2	10% / 2	20% / 2	30% / 2	40% / 2	50% / 2	40% / 2	30% / 2	40% / 2	30% / 2	50% / 2
E	10% / 1	10% / 1	10% / 1									10% / 1	
NW	10% / 2	10% / 2	10% / 2			10% / 2			20% / 2		20% / 2		10% / 2
NE	20% / 2	30% / 2	40% / 2	40% / 2	20% / 2	40% / 2	50% / 2	30% / 2	30% / 2	50% / 2	30% / 2	40% / 2	30% / 2
SE			20% / 2	50% / 2	60% / 2	20% / 2	10% / 2		10% / 2	20% / 2	10% / 2	20% / 3	10% / 2

Huazuilán (036)

Vento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
S	80% / 1	60% / 1	90% / 1	80% / 1	80% / 1	50% / 1	40% / 1	70% / 1	40% / 2	40% / 1	60% / 1	50% / 1	80% / 1
NE	10% / 3			10% / 3							10% / 3		
N		30% / 2				10% / 3	10% / 2		30% / 2	20% / 2			
W	10% / 1	10% / 1	10% / 1		10% / 1	40% / 1	40% / 1	20% / 1	10% / 1	30% / 1	20% / 2	40% / 1	10% / 1
SE				10% / 2	10% / 2				10% / 2				

Morillo (071)

Vento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	85% / 2	90% / 2	60% / 2	35% / 2	55% / 2	45% / 2	60% / 2	65% / 2	75% / 2	90% / 2	70% / 2	80% / 2	90% / 2
S		5% / 2	40% / 2	60% / 2	35% / 2	20% / 3		5% / 2	5% / 2			5% / 2	
NE	10% / 2	5% / 2		5% / 1	10% / 1	25% / 2	25% / 2	20% / 2	5% / 2			5% / 2	
SE						5% / 2							
W						5% / 1	5% / 2						

San Andres Tuxtla (100)

Vento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SW	5% / 1					10% / 1		5% / 1	5% / 1				
NE	20% / 1	10% / 1	10% / 2			25% / 1	30% / 1	40% / 1	40% / 1	35% / 1	5% / 1	35% / 1	15% / 1
N	50% / 1	55% / 1	5% / 1						5% / 1	15% / 1	60% / 1	35% / 1	10% / 1
W	5% / 1	5% / 1	5% / 1			5% / 1		10% / 1	5% / 1	15% / 1	5% / 1		
SE	5% / 1	10% / 1	10% / 1	5% / 1	10% / 1	45% / 1	50% / 1	30% / 1	25% / 1	15% / 2	5% / 1		5% / 1
S	10% / 1	20% / 1	70% / 1	90% / 1	90% / 1	10% / 1	10% / 1	15% / 1		5% / 1	5% / 1	5% / 2	40% / 1
NW	5% / 2								10% / 1	5% / 1	5% / 1	10% / 1	
E				5% / 1			5% / 1		5% / 1				

San Juanillo (104)

Vento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	75% / 1	80% / 1	55% / 1	25% / 1	15% / 1	60% / 1	85% / 1	85% / 1	80% / 1	85% / 1	90% / 1	80% / 1	90% / 1
E	15% / 1	5% / 1	15% / 1	5% / 1	35% / 1	15% / 1	5% / 1	5% / 1	5% / 1	5% / 1	10% / 2	5% / 1	5% / 1
S		10% / 1	20% / 1	50% / 2	30% / 2	5% / 1							
NE								5% / 1					
W			5% / 1	15% / 1	20% / 1	20% / 1	5% / 1		5% / 1	5% / 1			

San Juan Seco (105)

Viento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NE	30% / 2	15% / 2	15% / 2	5% / 2		30% / 1	30% / 1	20% / 1	20% / 1	15% / 1	20% / 1	10% / 1	20% / 1
N	20% / 1	15% / 1	10% / 2	5% / 2	5% / 2		10% / 1	10% / 2	25% / 1	35% / 1	15% / 1	40% / 1	15% / 1
SE		20% / 1	15% / 1	20% / 2	45% / 1	15% / 1	20% / 1	15% / 1	5% / 1		10% / 1		5% / 1
E	35% / 1	45% / 1	30% / 1	30% / 1	15% / 1	40% / 1	35% / 1	40% / 1	45% / 1	40% / 1	45% / 1	35% / 1	60% / 1
SW			5% / 1	5% / 1									
S		5% / 2	25% / 2	35% / 1	25% / 1	10% / 1							

Santiago Tuxtla (111)

Viento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	95% / 1	90% / 1	90% / 1	50% / 1	40% / 1	55% / 1	60% / 1	60% / 1	80% / 1	95% / 1	90% / 1	85% / 2	100% / 1
S			10% / 3	25% / 1	45% / 1	40% / 1	30% / 1	30% / 1	10% / 1				
NE		5% / 1		10% / 1	10% / 2				5% / 2		5% / 1	5% / 2	
E								10% / 1		5% / 1			

Tapalapan (120)

Viento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	90% / 2	75% / 2	45% / 2	45% / 2	60% / 2	60% / 2	95% / 2	75% / 2	95% / 2	85% / 2	75% / 2	75% / 2	100% / 1
W	5% / 2	15% / 2	5% / 1	5% / 1				20% / 1				5% / 1	
S			45% / 2	50% / 2	35% / 2	20% / 2				5% / 2	15% / 2	5% / 1	
SE		5% / 1	5% / 2		5% / 2	20% / 2	5% / 1	5% / 1	5% / 1				
NE											5% / 2		

Tres Zapotas (132)

Viento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	35% / 1	50% / 1	50% / 1	50% / 1	35% / 1	50% / 1	60% / 1	60% / 1	65% / 1	65% / 1	60% / 1	55% / 1	100% / 1
NE	35% / 1	10% / 2	5% / 1			15% / 1	10% / 1	10% / 1	10% / 1	15% / 1	10% / 1	20% / 1	
NW	10% / 1	5% / 1	5% / 1			5% / 1	15% / 1	5% / 1	10% / 1			5% / 1	
SE		10% / 2	25% / 2	35% / 2	30% / 1	5% / 1	5% / 1						
SW				5% / 1	5% / 1	5% / 1			5% / 1				
E		5% / 1			5% / 1	3% / 1		10% / 1		5% / 1	5% / 1	10% / 1	
W		10% / 1			5% / 1	10% / 2	10% / 1	15% / 1	10% / 1	5% / 1	20% / 1	5% / 1	
S			5% / 1	10% / 1	15% / 3	3% / 1							

Sinapa Hajo (233)

Viento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	35% / 2	20% / 2	20% / 1		5% / 1	10% / 2	15% / 2	10% / 2	15% / 1	40% / 2	30% / 1	25% / 1	20% / 2
E	35% / 1	33% / 1	35% / 1	50% / 1	30% / 1	50% / 1	40% / 1	50% / 1	50% / 1	35% / 1	35% / 1	40% / 1	60% / 1
NE	5% / 1	15% / 2		5% / 2	10% / 2	10% / 2	10% / 2	10% / 3	5% / 1	5% / 1			
SE		5% / 1	5% / 1	10% / 2									
S		5% / 1		15% / 2	30% / 2	5% / 1		5% / 1				5% / 1	
W											10% / 2		

Fig. 3 TOPOGRAFIA Y UBICACION
METEOROLOGICAS



UBICACION DE LAS ESTACIONES AS



TECOMAPAN

GOLFO DE MEXICO

- 011 Angel R. Cabadas
- 019 Catemaco
- 029 Coyame
- 030 Cuatotolapan
- 038 Huazuntlán
- 052 Juan Díaz Cobarrubias
- 054 Lauchapan
- 071 Morillo
- 077 Nopalapan
- 100 San Andrés Ixtla
- 104 San Juanillo
- 105 San Juan Seco
- 111 Santiago Ixtla
- 120 Tapalapa
- 132 Tres Zapotes
- 148 Zapotitlán
- 233 Sinapa Bajo

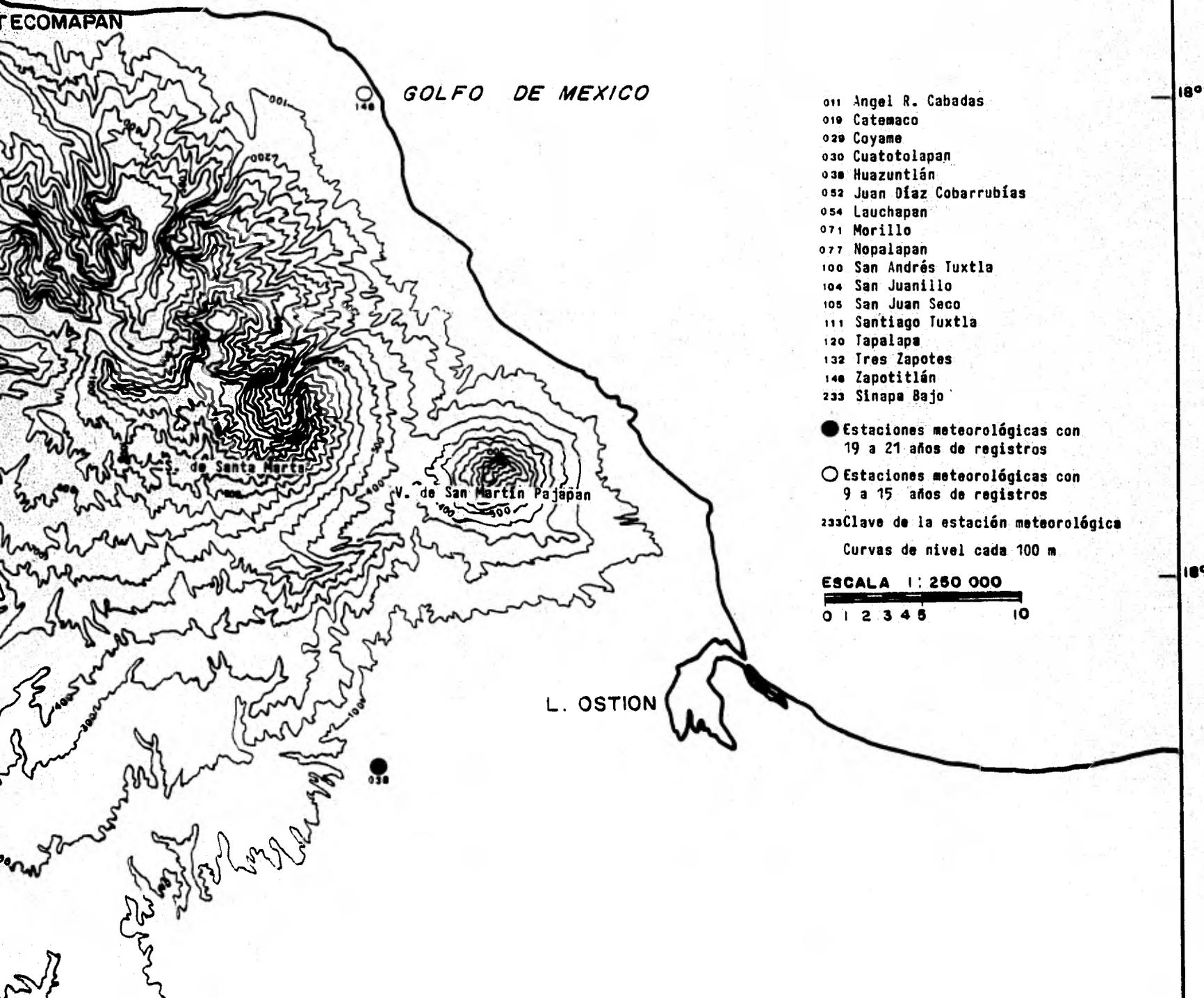
● Estaciones meteorológicas con
19 a 21 años de registros

○ Estaciones meteorológicas con
9 a 15 años de registros

233 Clave de la estación meteorológica
Curvas de nivel cada 100 m

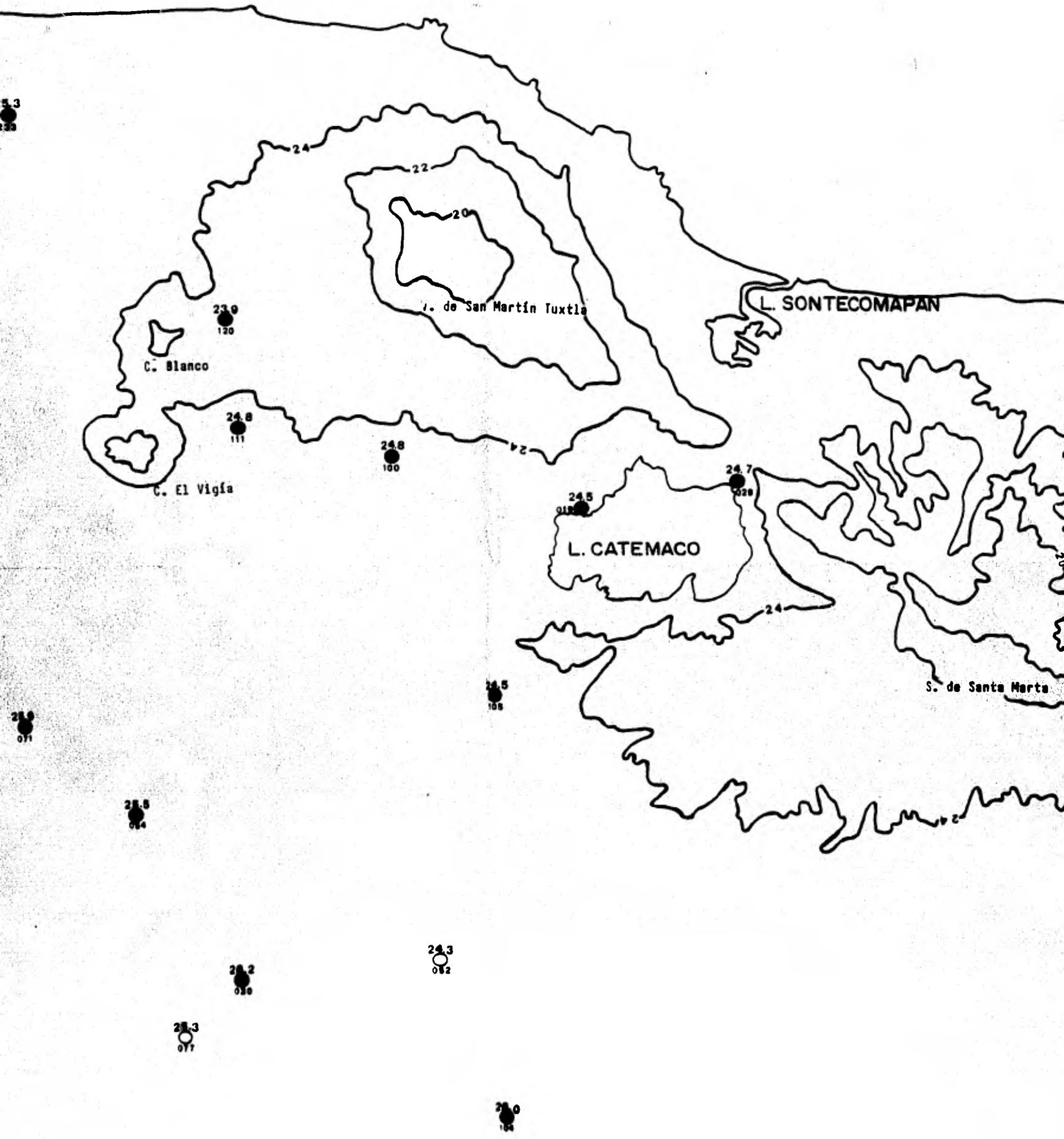
ESCALA 1 : 250 000

0 1 2 3 4 5 10

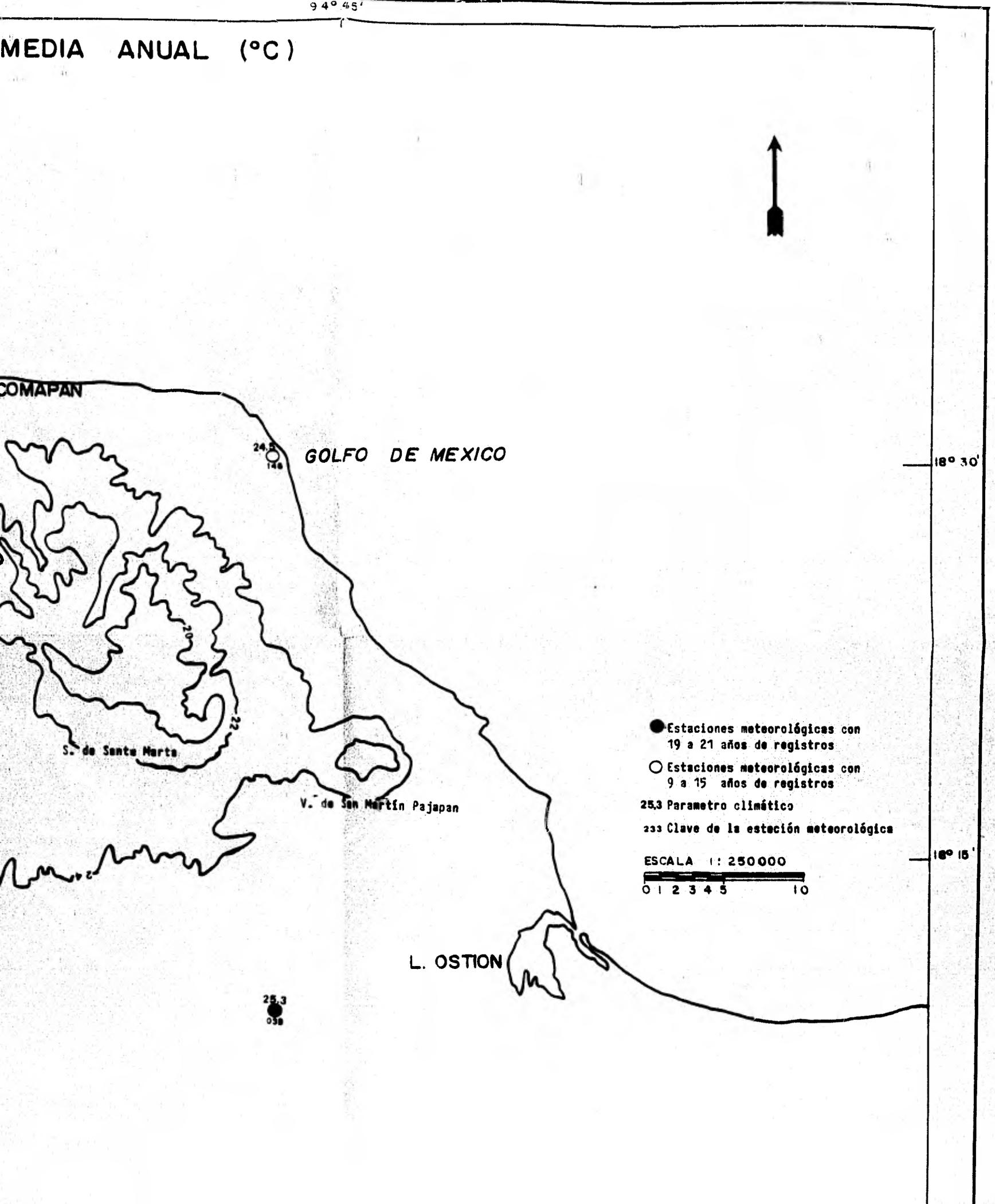


L. OSTION

Fig. 10 TEMPERATURA MEDIA ANUAL



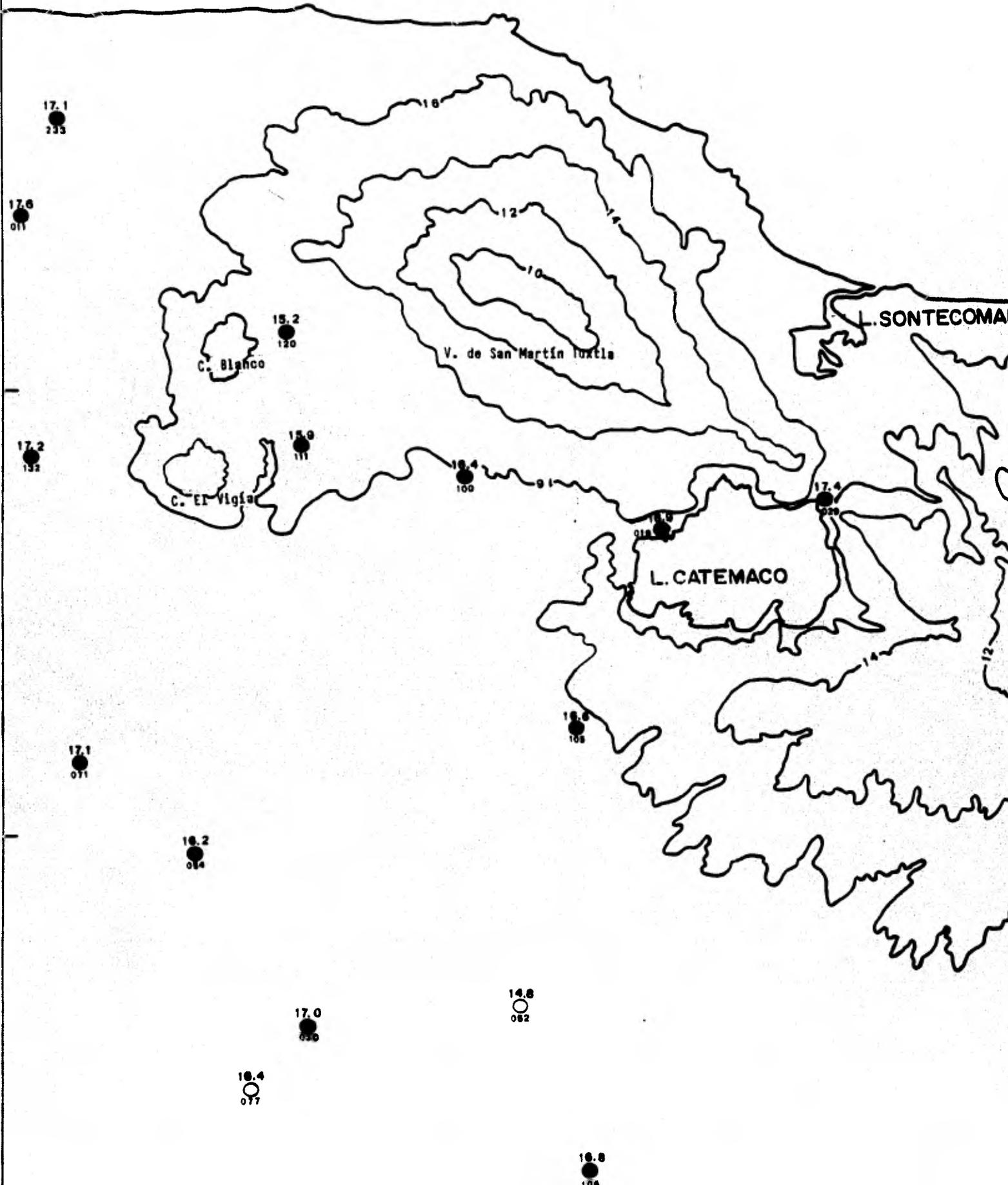
MEDIA ANUAL (°C)



95° 15'

95° 00'

Fig. 11 TEMPERATURA MINI

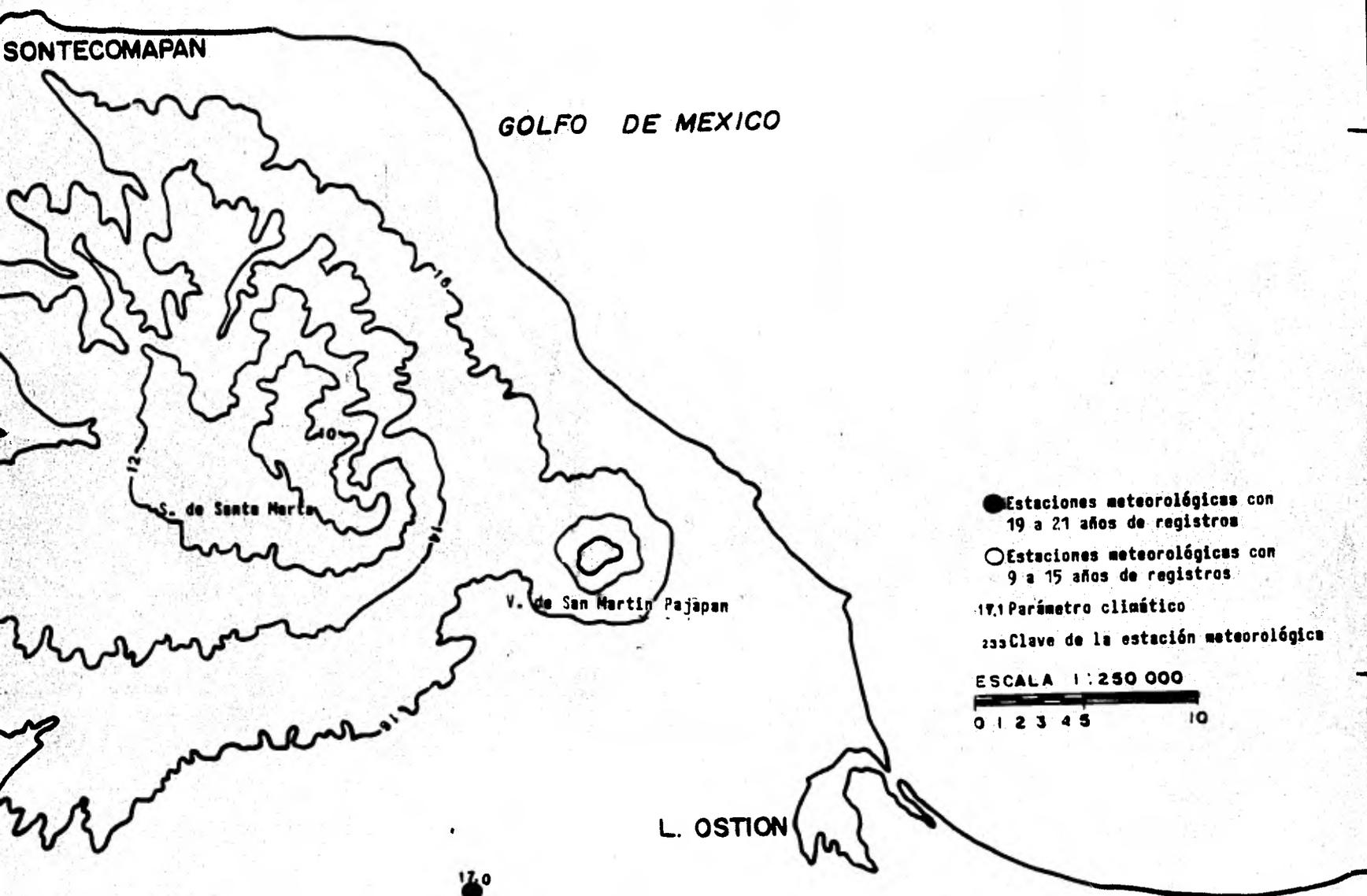


RA MINIMA EXTREMA (°C)



SONTECOMAPAN

GOLFO DE MEXICO



● Estaciones meteorológicas con 19 a 21 años de registros

○ Estaciones meteorológicas con 9 a 15 años de registros

17.1 Parámetro climático

233 Clave de la estación meteorológica

ESCALA 1:250 000



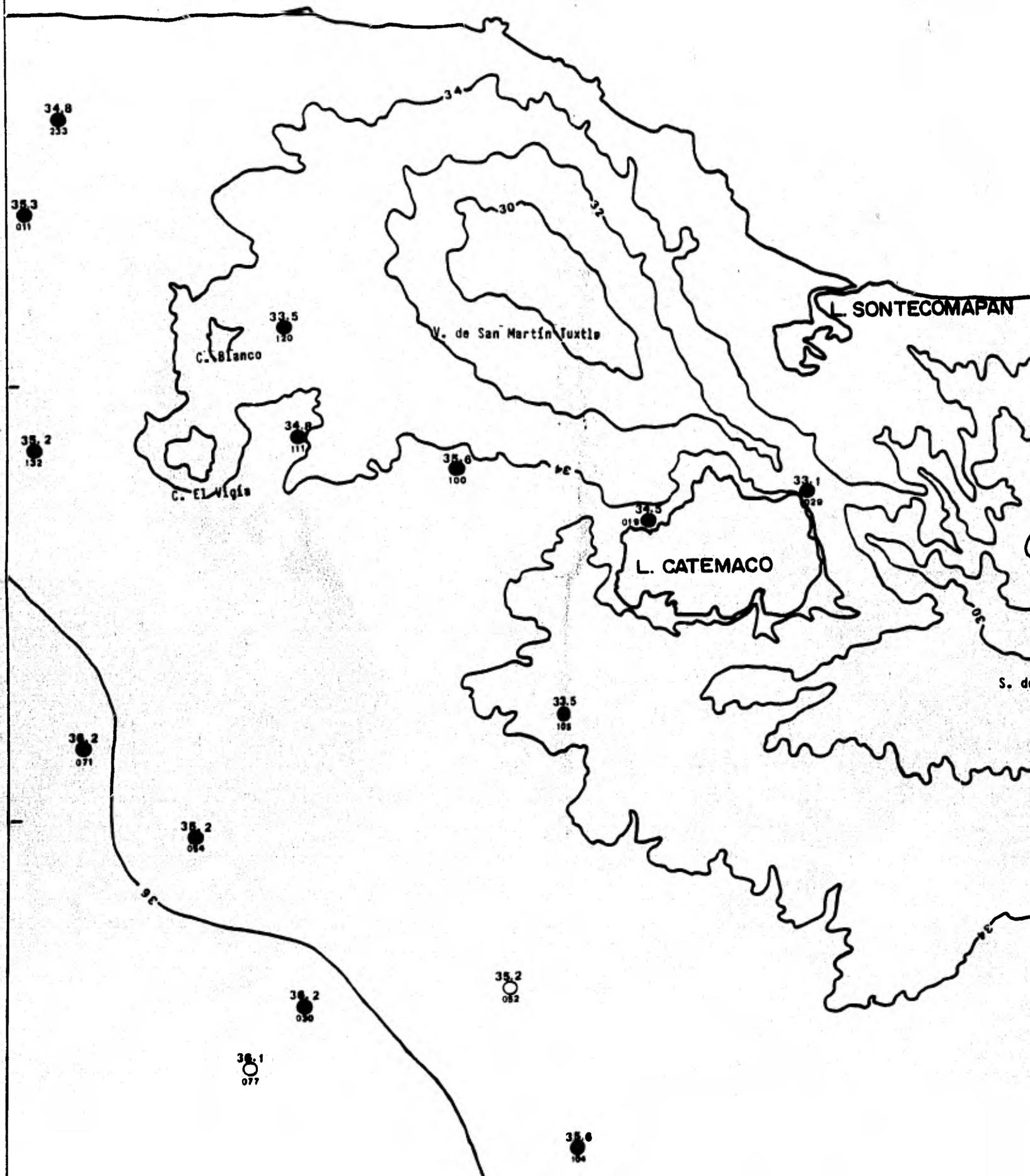
17.0
056

L. OSTION

95° 15'

95° 00'

Fig. 12 TEMPERATURA M

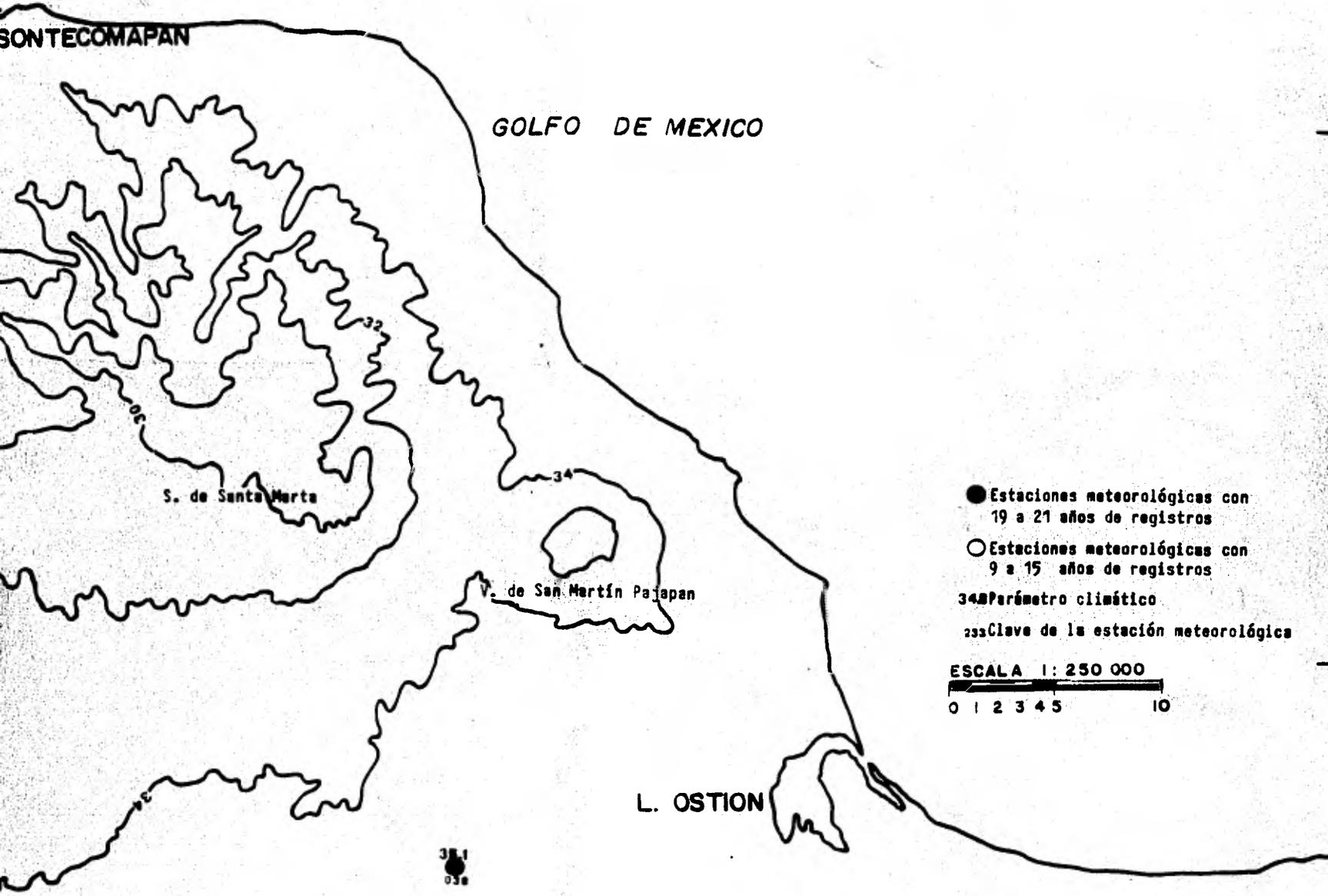


TEMPERATURA MAXIMA EXTREMA (°C)



SONTECOMAPAN

GOLFO DE MEXICO



- Estaciones meteorológicas con 19 a 21 años de registros
- Estaciones meteorológicas con 9 a 15 años de registros
- 34 Parámetro climático
- 233 Clave de la estación meteorológica

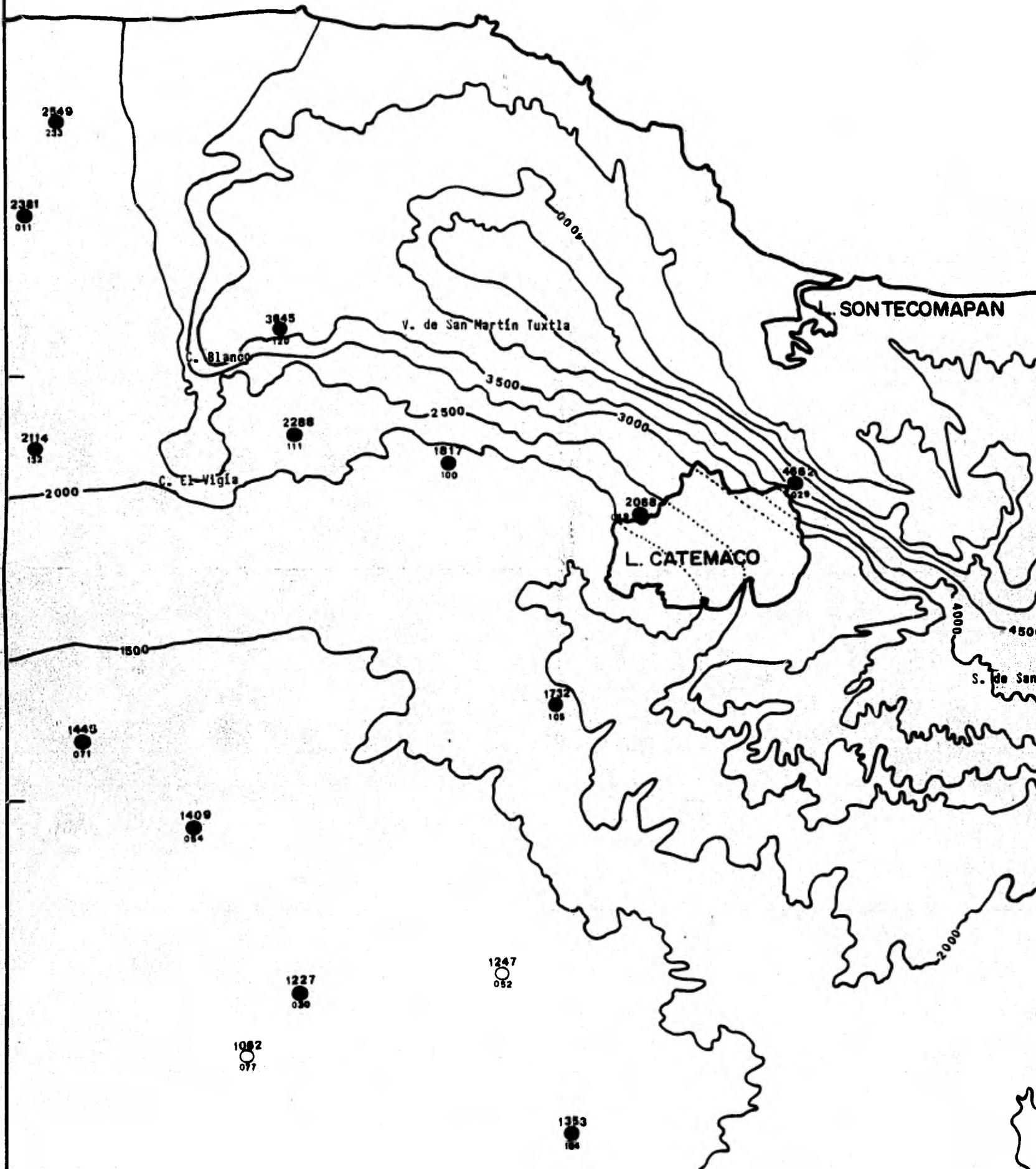
ESCALA 1: 250 000

38.1
038

95° 15'

95° 00'

Fig. 13 PRECIPITACION TOTAL



TOTAL ANUAL (mm)



COMAPAN

3218
148

GOLFO DE MEXICO

18° 30'

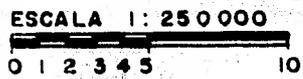


S. de Santa Marta

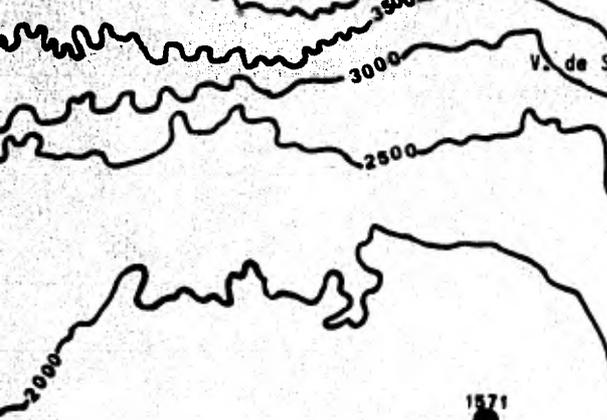
V. de San Martín Pejapan

- Estaciones meteorológicas con 19 a 21 años de registros
- Estaciones meteorológicas con 9 a 15 años de registros

2549 Parámetro climático
 233 Clave de la estación meteorológica

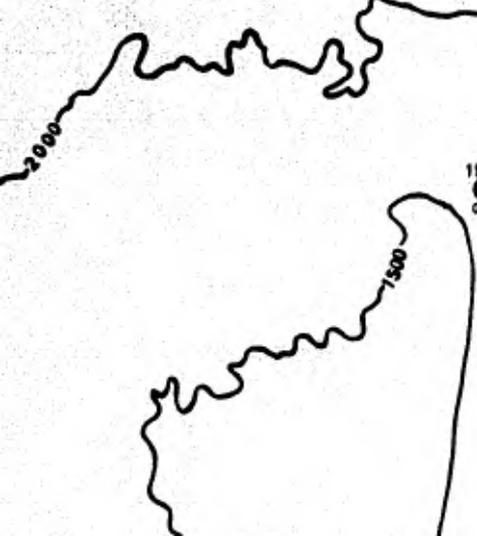


18° 15'



L. OSTION

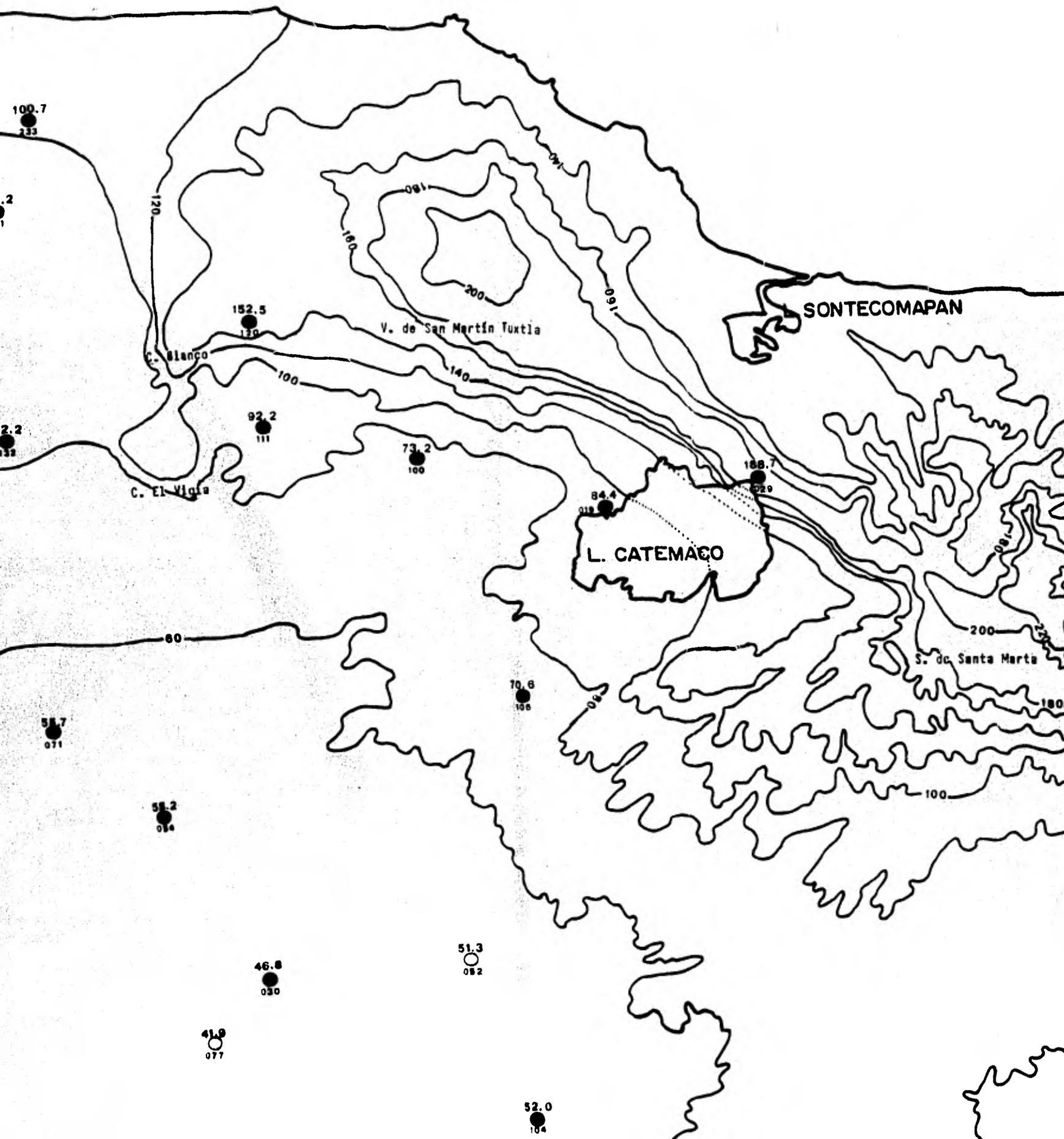
1571
038



95° 15'

95° 00'

Fig. 14 INDICE DE LANG (unidades)



E LANG (unidades)



SONTECOMAPAN

GOLFO DE MEXICO



- Estaciones meteorológicas con 19 a 21 años de registros
 - Estaciones meteorológicas con 9 a 15 años de registros
- 100.7 Parámetro climático
Clave de la estación meteorológica

ESCALA 1: 250 000

62.0
036

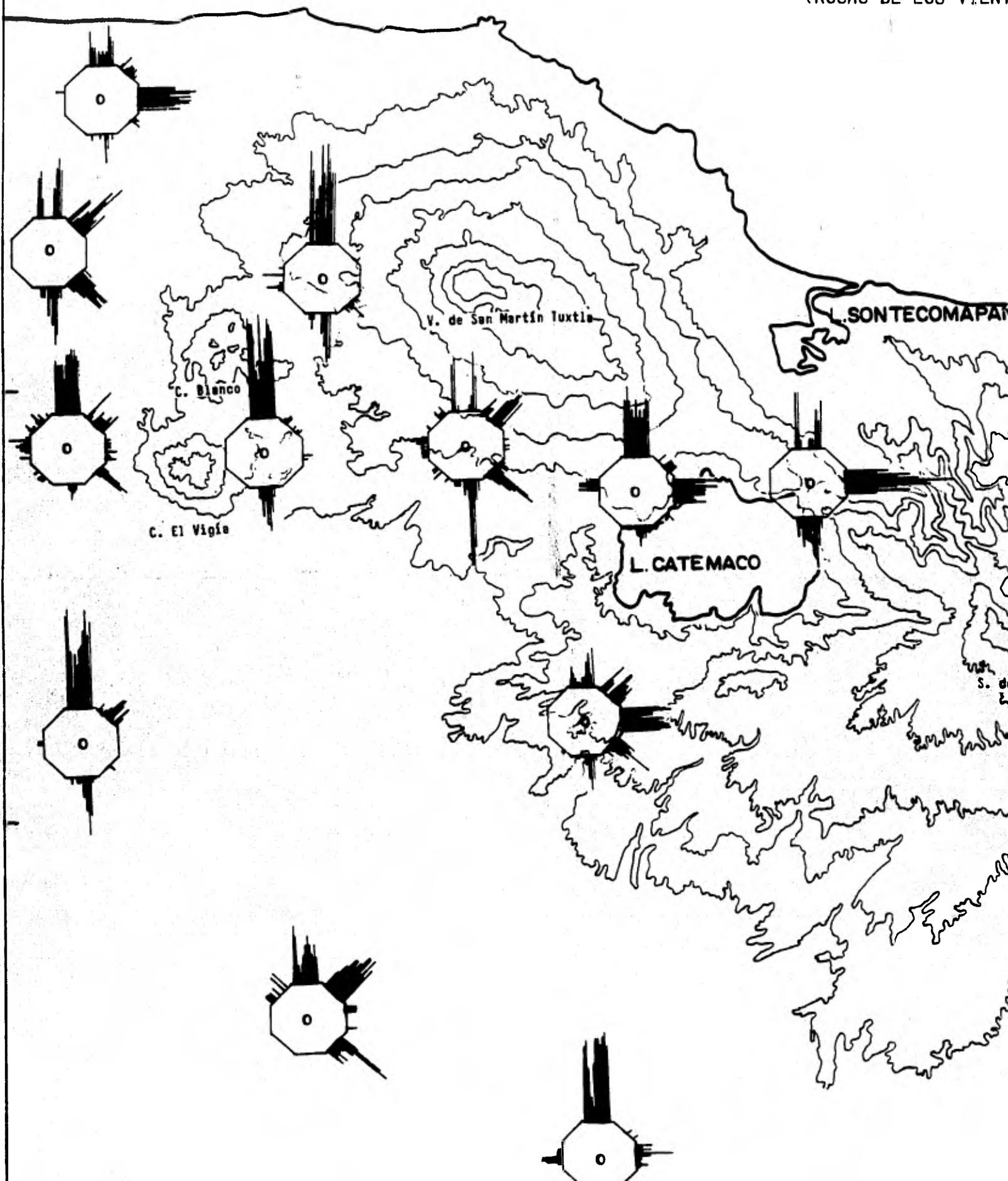
L. OSTION

95° 15'

95° 00'

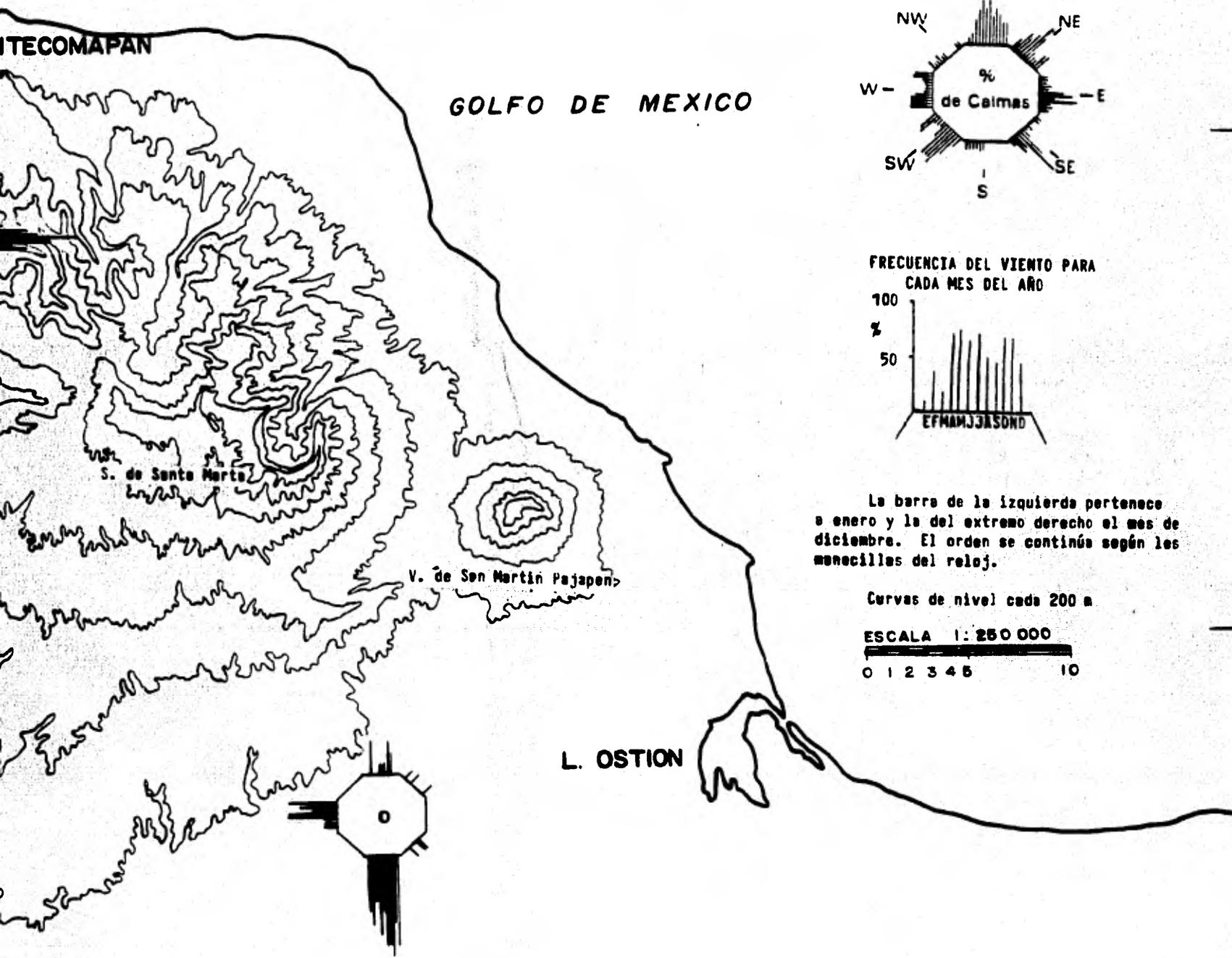
Fig. 15 VIENTO D

(ROSAS DE LOS VIENTOS)

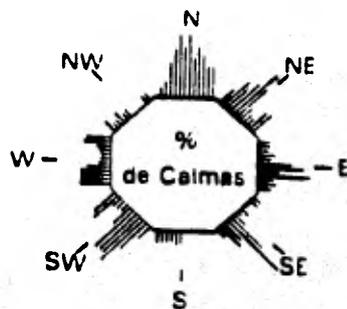


TO DOMINANTE

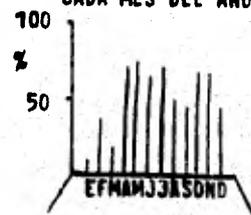
(DE LOS VIENTOS)



ROSAS DE LOS VIENTOS



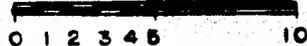
FRECUENCIA DEL VIENTO PARA CADA MES DEL AÑO



La barra de la izquierda pertenece a enero y la del extremo derecho el mes de diciembre. El orden se continúa según las manecillas del reloj.

Curvas de nivel cada 200 m

ESCALA 1:250 000

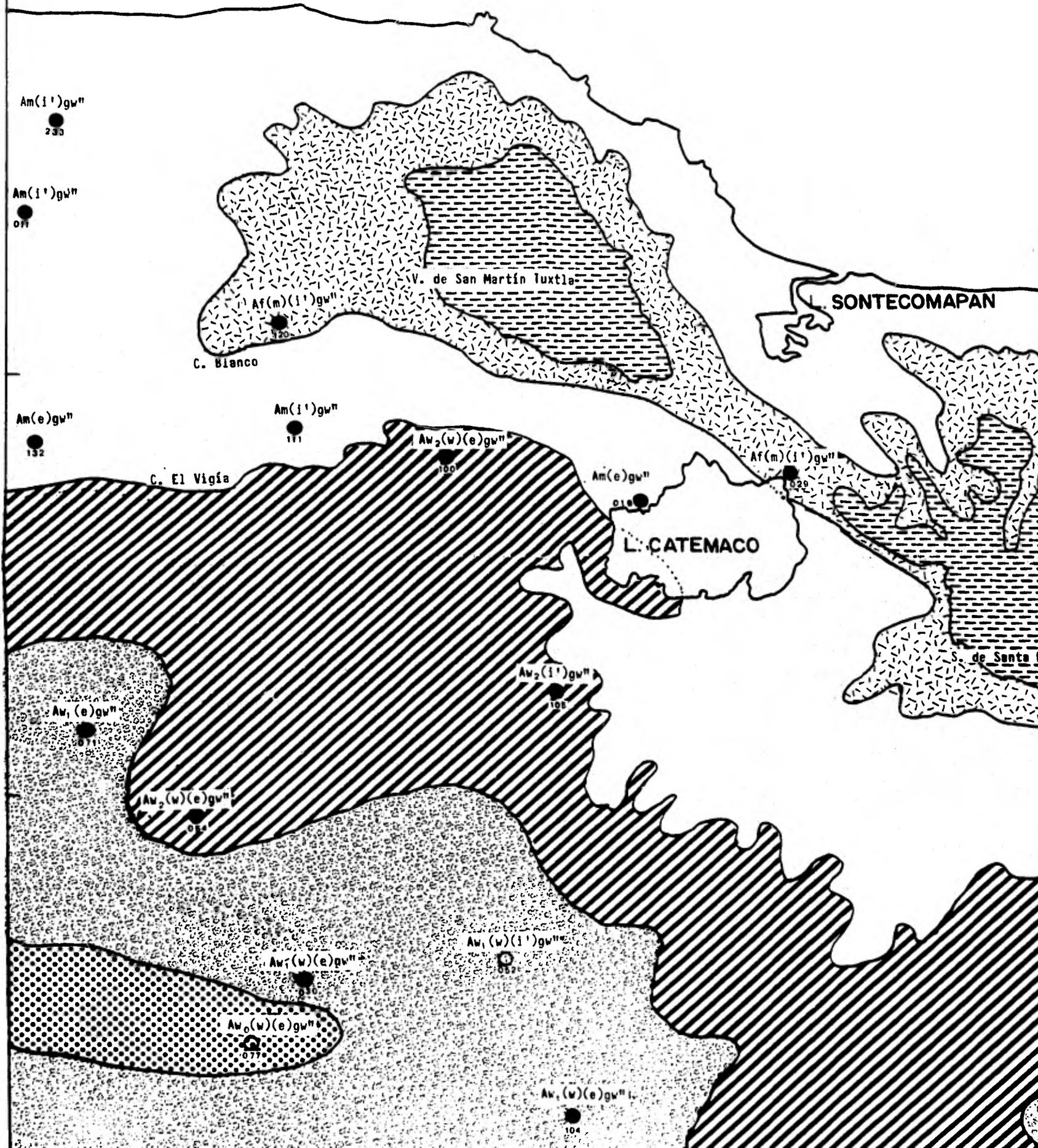


95° 15'

95° 00'

Fig. 16 CLIMA

SEGUN EL SISTEMA DE KÖPPEN MODIFICADO POR GARCIA



CLIMA

MODIFICADO POR GARCIA (1964)



ANTECOMAPAN

Am(f)gwⁿ

146

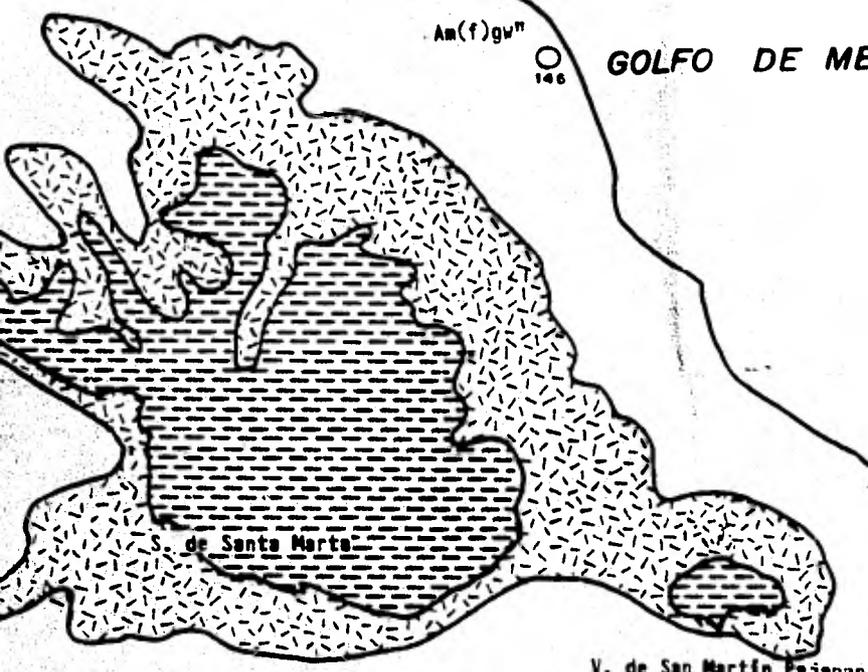
GOLFO DE MEXICO

-  Aw₀
-  Aw₁
-  Aw₂
-  Am
-  Af(m)
-  (A)C(fm)

- Estaciones meteorológicas con 19 a 21 años de registros
- Estaciones meteorológicas con 9 a 15 años de registros

Am fórmula climática
222 Clave de la estación meteorológica

ESCALA 1: 250 000



V. de San Martín Pajapan

L. OSTION

Aw₂(1')gwⁿ

121



94° 95'

Fig. 17 REGIONES CLIMATICAS

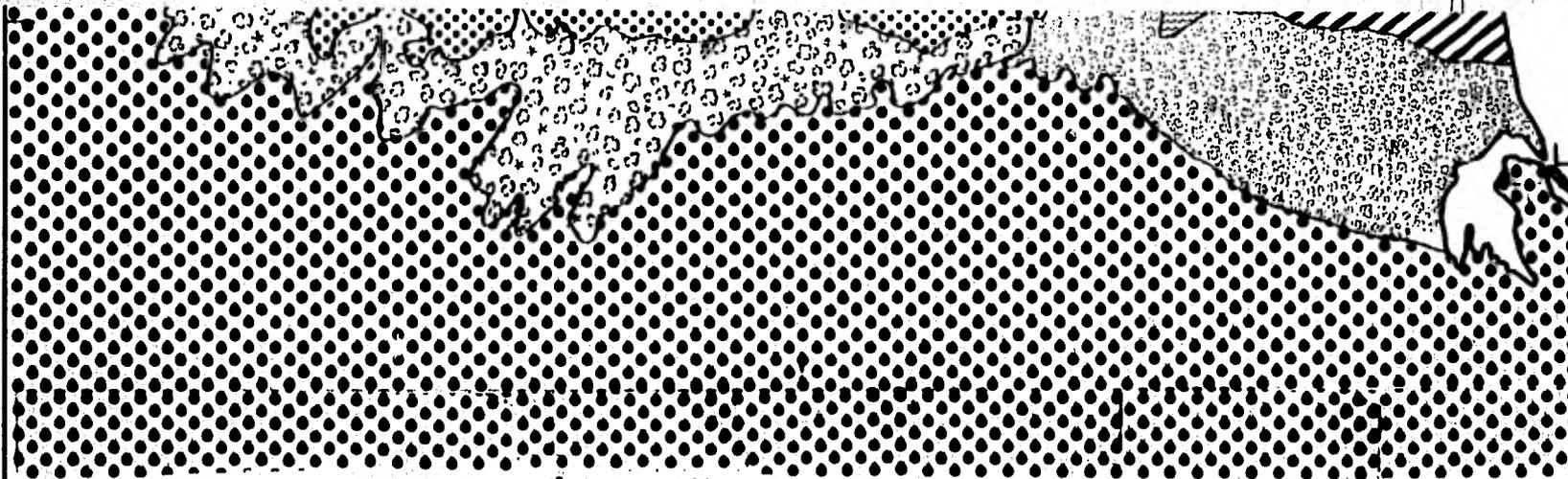


GOLFO DE MEXICO

18° 30'

V. de Santa Marta

V. de San Martín Tajapan



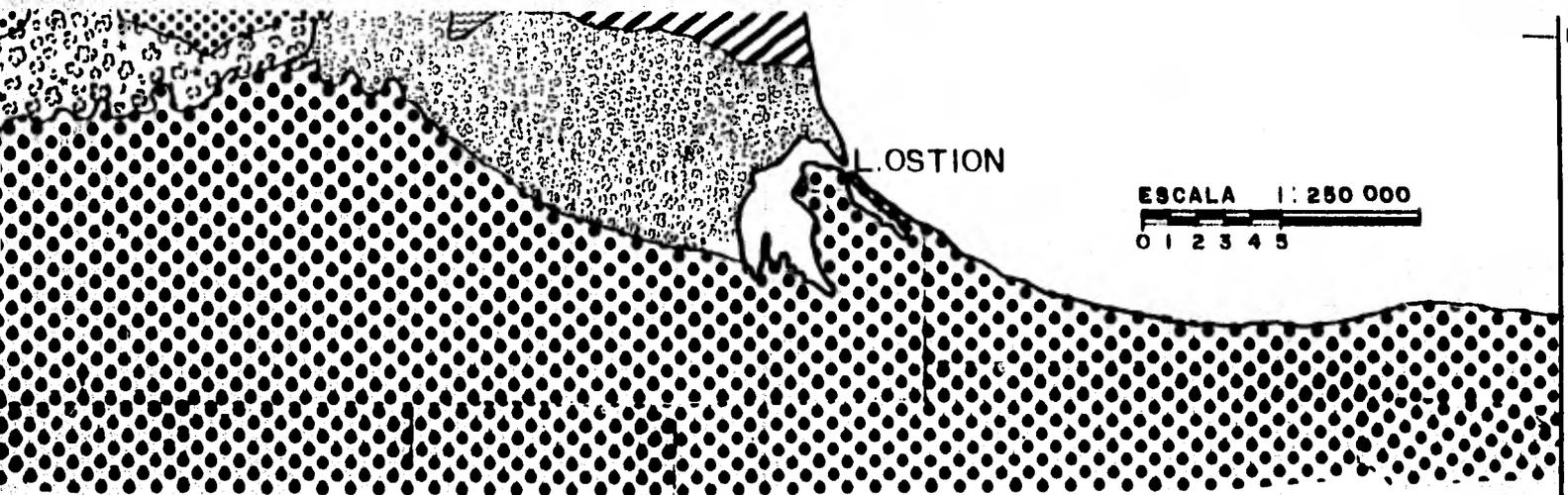
Interpretación general de las regiones climáticas de la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan, Ver.

REGION	TEMP. MEDIA ANUAL		TEMP. MINIMA EXT.		TEMP. MAXIMA EXT.		PRECI. ANUAL		PVI		ALTITUD m.	
	A (°C)	B (°C)	A (°C)	B (°C)	A (°C)	B (°C)	A (mm)	B (mm)	A (m)	B (m)		
I	-	>24	<16	>16	-	>32-34	-	>/<2000	-	80	<80	400
II	-	>24	16	14-16	-	32-34	-	2500	>2000-2500	80-100	80-100	400-600
IIa	-	>24	<16	>16	-	34	-	>34	2500-3000	80-100	80-100	200
III	-	22-24	<14	12-14	-	32-34	2500-3000	2500-3000	100-120	100-120	600-700	
IV	-	22-24	14	12-14	-	32	3000-3500	3000-3500	120-140	120-140	700-800	
V	-	22-24	<12	12-14	-	30-32	3500-4000	3500-4000	140-180	140-180	800-1000	
VI	20-22	20-22	10-12	10-12	-	30-32	4000-4500	4000-4500	180-200	180-200	1000-1300	
VII	20	<20	10	>10	-	<30	4500	>4500	200	>200	1300-1600	
VIIa	20	<20	10	<10	-	<30	4500	>4500	200-220	>200	1300-1600	
VIII	20	20-22	10-12	10-12	-	30-32	4000-4500	4000-4500	180-200	180-200	700-1000	
VIIIa	-	20-22	12	12-14	-	30	4000-4500	4000-4500	180	180-200	700-900	
IX	-	20-22	12-14	12	-	30-32	-	3500-4000	160-180	160-180	500-700	
X	-	22-24	14-16	14-16	-	34-36	-	3500-4000	140-160	140-160	200-500	
XI	24	>24	16	>16	-	34	3500	<3500	140	<140	0-200	
XII	-	22-24	-	>12-16	-	>32-34	-	3500	2500-3500	140-160	100-140	200-600
XIII	-	>/<22	14	<14	-	32	-	>3500	-	>140	800-1000	

Nota: A.- Isótermas que delimitan la región. B.- Caracterización climática de la región. // significa que la altitud va de la vertiente continental a la del Golfo, pa-
allo.

95° 00'

94° 95'



Mapa general de las regiones climáticas de la sierra de Santa Marta y el volcán de San Martín Pajapan, Ver.

P	MINIMA	TEMP.	MAXIMA	PRECIP.		PI		ALTITUD	TIPO DE CLIMA	
	EXT.		EXT.	ANUAL	ANUAL	A (m)	B (m)			
(C)	(°C)	(°C)	(°C)	A (mm)	B (mm)	A (m)	B (m)	m.		
6	>16	-	>32.34	-	><2000	-	<80	-	400	Aw
-	14-16	-	32.34	2500	>2000-2500	80-100	80-100	400-600		Am
6	>16	34	>34	-	2500 >3000	80-100	80 >100	-	200	Am
4	12-14	-	32.34	2500-3000	2500-3000	100-120	100-120	600-700		Am
-	12-14	32	30-32	3000-3500	3000-3500	120-140	120-140	700-800		Am
2	12-14	-	30-32	3500-4000	3500-4000	140-180	140-180	800-1000		(A)C(fm)
2	10-12	-	30-32	4000-4500	4000-4500	180-200	180-200	1000-1300		(A)C(fm)
-	>10	30	<30	4500	>4500	200	>200 >220	1300-1000		(A)C(fm)
-	<10	30	<30	4500	>4500	200-220	>200 >220	1300-1200		(A)C(fm)
2	10-12	30	30-32	4000-4500	4000-4500	180-200	180-200	700-1000		(A)C(fm)
-	12-14	-	30	4000-4500	4000-4500	-	180-200	700-900		(A)C(fm)
4	12	30	>30-32	-	3500-4000	160-180	160-180	500-700		A(fm) y (A)C(fm)
6	14-16	-	32-34	3500	3500-4000	140-160	140-160	200-500		A(fm)
-	>16	34	>34	3500	<3500	140	<140	0-200		Am
-	>12 >16	-	>32 >34	3500	2500-3500	140-160	100-140	200-600		Am
-	<14	32	<32	-	>3500	-	>140	800 >1000		(A)C(fm)

Verticalización climática de la región. // significa que la altitud va de la vertiente continental a la del Golfo, pasando por el punto más alto.