



9
24
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

**LA PRECIPITACION EN RELACION A
CICLONES TROPICALES EN EL VALLE
DE TEHUACAN-CUICATLAN (PUE-OAX)**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFIA
P R E S E N T A :
GERMAN CARRASCO ANAYA



MEXICO, D.F.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

"LA PRECIPITACIÓN EN RELACIÓN A CICLONES TROPICALES EN EL VALLE
DE TEHUACÁN-CUICATLÁN (PUE-OAX)"

PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

GERMÁN CARRASCO ANAYA

Agradecimientos

A la Dra. María Engracia Hernández Cerda por todo el apoyo recibido de su parte, su paciencia, así como sus enseñanzas en la dirección de este trabajo.

Al jurado que revisó la tesis, constituido por las siguientes personas: Mtra Rosalia Vidal Zepeda, Dr. Juan Carlos Gómez Rojas, Mtra. Gracielela Pérez Villegas y Lic. Jorge Manuel Vázquez Álvarez. Cada una de sus observaciones fueron enriquecedoras y gran parte de ellas están contenidas en el trabajo final.

Así mismo agradezco el apoyo de el Departamento de Climatología del Instituto de Geografía de la UNAM, y las becarias de la Dra. Hernández.

Indice

	pag.
Introducción	1
Antecedentes	2
Objetivos	3
Localización y medio físico	4
Metodología	8
Circulación General	13
Circulación regional	13
a) Masas de aire polar	13
b) Vientos alisios y Ondas del Este	14
Los sistemas del tiempo y precipitación	17
Los ciclones tropicales	18
Estructura de los ciclones tropicales	22
Principales efectos de los ciclones tropicales	25
viento	25
precipitación	25
Precipitación máxima en 24 horas	29
Climatología	31
Temperatura	
Precipitación	
Análisis de resultados y discusión	34
Precipitación anual	34
Ciclones tropicales (1970 - 1980)	46
Precipitación mensual	57
Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas	69
Conclusiones	75
Bibliografía	77

Introducción

Un rasgo relevante de las regiones áridas de México es la extrema variabilidad espacial y temporal de la lluvia, característica de gran importancia biológica, ya que solamente algunas plantas o animales son capaces de sobrevivir en dichas regiones.

También es típico de estas áreas la ocurrencia de aguaceros irregulares y repentinos los cuales producen grandes cantidades de agua, que cae con gran intensidad. La razón de estos aguaceros cortos y de gran fuerza es que la mayoría de las lluvias en zonas áridas son causadas por celdas convectivas locales. La precipitación ciclónica es rara y ocurre principalmente en los límites norte y sur de los desiertos subtropicales.

Estas perturbaciones atmosféricas, en particular, los ciclones tropicales generan efectos positivos y negativos, pues favorecen la entrada de humedad a regiones internas del continente que originan lluvias benéficas para las actividades humanas; pero pueden ocasionar daños materiales y humanos sobre todo en zonas costeras.

El estudiar el papel de estos fenómenos meteorológicos en una zona árida permite señalar entre otros aspectos su aporte en el volumen, distribución espacial y estacional de la lluvia. Información fundamental de apoyo para la mejor planeación de las actividades humanas en estas áreas con escasez de precipitación pluvial, así como un aporte en el conocimiento de la ecología de la vegetación y fauna natural.

El valle de Tehuacán-Cuicatlán por presentar climas áridos, ubicarse al sur del Trópico de Cáncer y por su cercanía al mar, resulta una zona ideal para estudiar el efecto de los ciclones tropicales en la cantidad y distribución de la lluvia en la región.

El presente trabajo intenta aportar un conocimiento mayor de las causas de la distribución espacial y estacional de la precipitación en zonas áridas intertropicales a través del análisis de la precipitación mensual y de otro parámetro climático poco utilizado como es la precipitación máxima en 24 horas.

Antecedentes

Es importante señalar que la aridez en la zona de estudio es originada principalmente por efectos orográficos, que de acuerdo con Cloudsley-Thompson, Logan, Reitan y Evenary, García, Mosiño, entre otros, son denominados desiertos de sombra pluviométrica. Al estudiar una zona como el valle de Tehuacán-Cuicatlán es necesario puntualizar los diferentes aspectos que tienen relevancia de este espacio de trabajo que van desde botánicos hasta antropológicos y geográficos sin olvidar por supuesto sus características climáticas que lo hacen una unidad diferenciable de su área circundante.

Los estudios realizados sobre el valle de Tehuacán-Cuicatlán tienen diversos enfoques entre los que destacan los referidos a la vegetación de la zona. Los principales investigadores que han trabajado sobre este aspecto, son: Miranda (1947), Ramírez (1948); recientemente Ledezma (1979); Cruz-Cisneros y Rzedowski (1980); Zavala (1980, 1982) y Jaramillo-Gonzalez Medrano (1983).

Los estudios enfocados a cuestiones climáticas no son abundantes, sólo destaca el de Byers (1967), quien hace un análisis de la circulación de la atmósfera y de las condiciones termopluviométricas del valle; este trabajo tiene diversas limitantes, sobre todo de información meteorológica suficiente para poder establecer con mayor precisión el comportamiento de la precipitación de esta zona árida del sur de México.

El objetivo central de este trabajo es analizar la distribución espacial y temporal de la precipitación del valle de Tehuacán-Cuicatlán en relación a la presencia de ciclones tropicales en la vecindad del Golfo de México.

Los objetivos secundarios son:

*-Determinar áreas con mayor influencia de entrada de humedad, originada por ciclones tropicales al valle de Tehuacán-Cuicatlán con apoyo del análisis de las imágenes de satélites meteorológicos para los años 1970-1980.

*- Con base en los datos de precipitación máxima en 24 horas a nivel mensual establecer la frecuencia de la intensidad de la lluvia que se presenta en el valle de Tehuacán -Cuicatlán para el período 1960-1980.

*- Relacionar la intensidad de la lluvia con la entrada de humedad de ciclones tropicales en el valle para 1970 - 1980.

*- Cartografiar la distribución de la precipitación en el valle para años seleccionados.

*- Relacionar el comportamiento espacial de la lluvia con los vientos más frecuentes en el valle en el período 1960-1980.

*- Señalar las trayectorias de los ciclones tropicales que se aproximaron a la zona de estudio durante 1962-1980.

*- Por último, establecer las bases metodológicas para una investigación posterior donde se abarque un mayor número de años.

Localización geográfica y Medio Físico

La delimitación del área de estudio fue tomada de Hernández(*) quien trabaja en la zona y considera a los valles de Tehuacán y Cuicatlán como una unidad climática.

El valle de Tehuacán-Cuicatlán como se muestra en la (figura 1) está localizado en el centro sur de México aproximadamente a 180 km al sureste de la Cd. de México, abarca el extremo sureste del estado de Puebla y noroeste del estado de Oaxaca, entre los 17° 18' y 19° 05' de Latitud norte y los 96° 38' y 97° 57' de Longitud oeste, (figura 2). La orientación general del valle es norte-noroeste a sur-sureste. El extremo noroeste, es una extensión meridional de la Meseta Central de Anáhuac; aquí el valle es amplio y con mayor altitud, en cambio en el extremo sur se presenta más estrecho y con menor altitud, esto se debe a la presencia de una serie de escalonamientos que originan un gradiente descendente de norte a sur.

Al norte el valle se encuentra limitado por el Pico de Orizaba con altitudes mayores a 4000 m. y al este es bordeado por las estribaciones de la Sierra Madre Oriental que reciben los nombres de Sierra Zongolica con altitudes de más de 3000 m y Sierra Mazateca al sureste, la cual alcanza de 2500 a 3000 msnm. Al sur y oeste se localizan la Sierra de Zapotitlán y otras cordilleras que pertenecen a la Mixteca Alta o Sierra Mixteca. Estas montañas tiene una elevación máxima de 2500 m, (figura 3).

La zona de estudio comprende desde el punto de vista biológico la mayor parte de la provincia florística del valle Tehuacán-Cuicatlán que son parte de la región xerófila mexicana (Rzedowski, 1978). Por su fisiografía forma parte de la provincia denominada Mixteca - Oaxaqueña (Tamayo, 1962) que abarca varios valles entre los que destacan los de Cuicatlán, Tehuacán, Tepelmeme y Zapotitlán, que a su vez forman parte de la Cuenca Alta del Río Papaloapan .

Dentro de la zona se encuentra una red hidrológica formada al norte por el río Salado y al sur por los ríos Tomellín, de las Vueltas y Grande. Todas las corrientes confluyen en la parte más baja del valle cerca de Quiotepec para formar el río Quiotepec o Santo Domingo, que corta la Sierra Madre Oriental y vierte sus aguas en el Río Papaloapan.

*Proyecto: "Climatología del valle de Tehuacán-Cuicatlán, Pue-Oax, México.
Departamento de Geografía Física. Instituto de Geografía. UNAM.



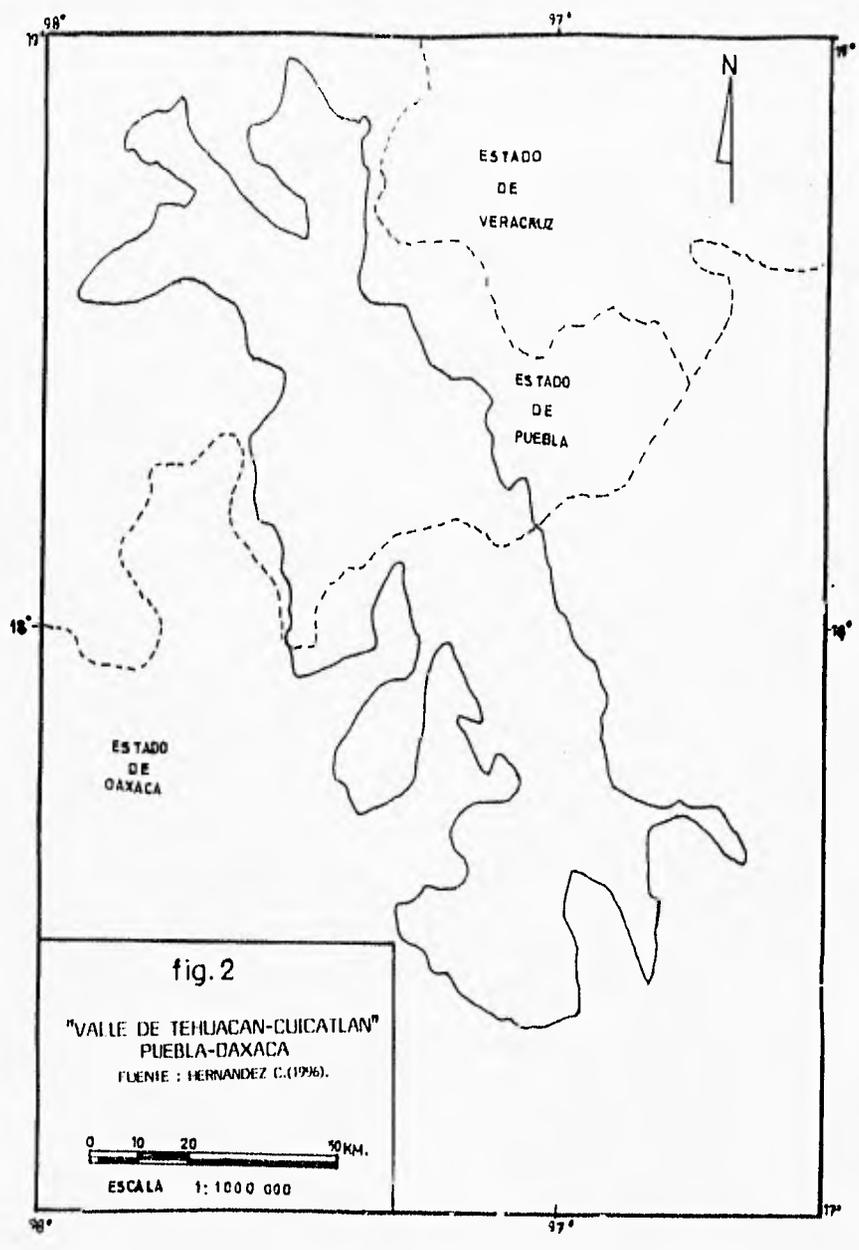


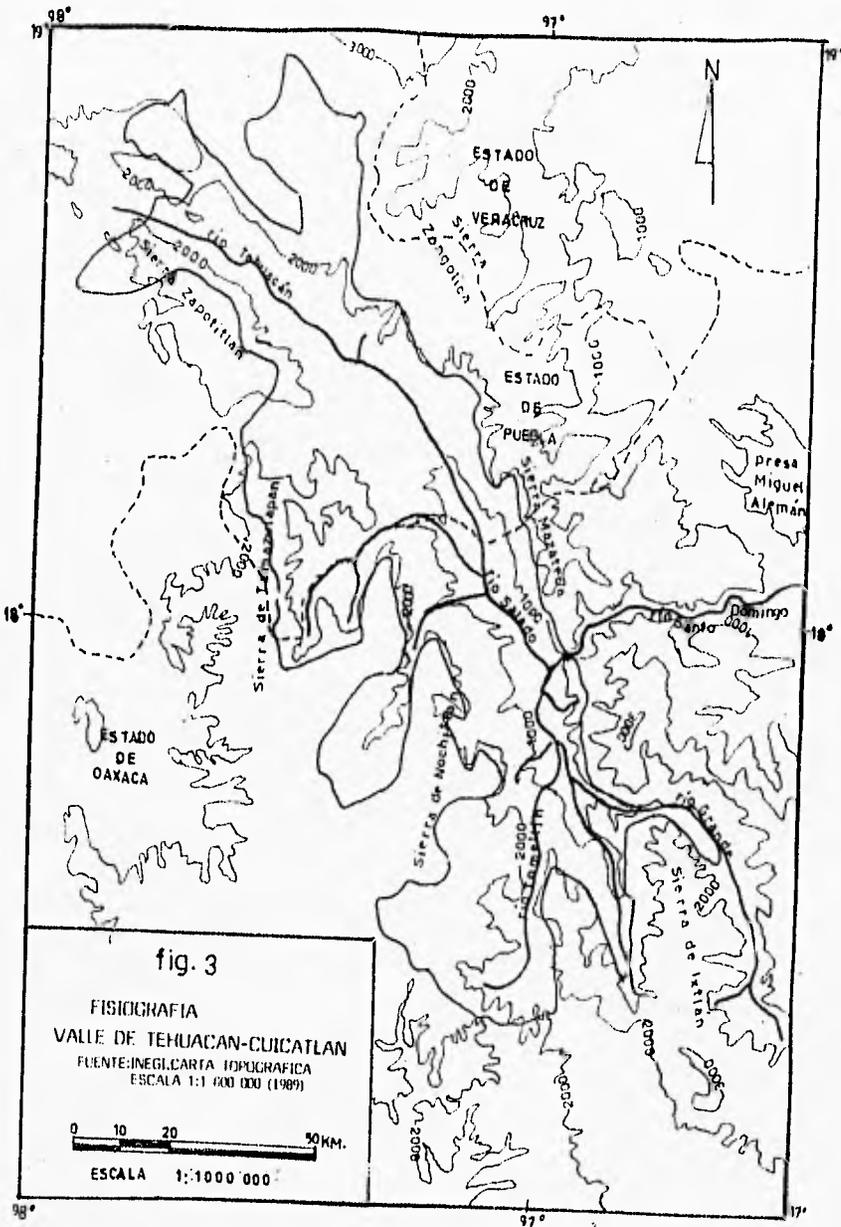
fig. 2

"VALLE DE TEHUACAN-CUICATLAN"
PUEBLA-OAXACA

FUENTE : HERNANDEZ C. (1976).

0 10 20 50 KM.

ESCALA 1:1000000



Metodología

Para la realización de la presente investigación se elaboró el mapa base de la zona de estudio a una escala 1:1 000 000 que permite representar el espacio de trabajo en un tamaño acorde con los intereses propios de la misma.

Se tomaron los datos climatológicos de precipitación mensual, máxima en 24 horas y viento dominante de la base de datos del proyecto "Climatología del valle de Tehuacán-Cuicatlán, Pue-Oax, México" Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM; de aproximadamente 40 estaciones que se ubican dentro del área de estudio. (figura 4).

Se utilizó el Atlas de Huracanes(1979) y la información de artículos de Jáuregui y Rosengaus para la ubicación de las trayectorias de los ciclones en el Golfo de México.

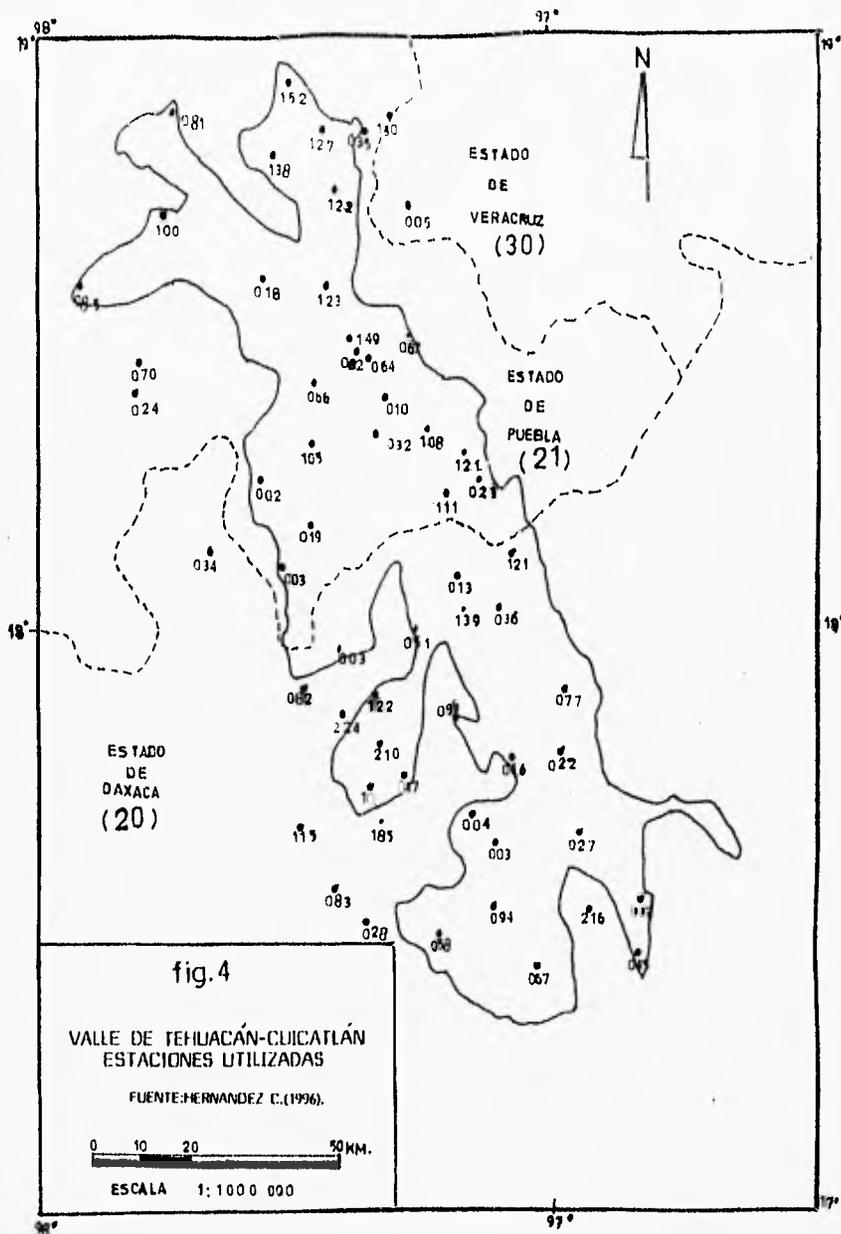
Se tomaron como apoyo las cartas de anomalías de la precipitación con respecto al valor modal a escala 1:8 000 000 del archivo de la sección de climatología del Instituto de Geografía de la UNAM. Por último se contó con las imágenes de satélites meteorológicos del archivo que tiene el mismo departamento de climatología. Así como los boletines meteorológicos mensuales del Servicio Meteorológico Nacional que apoyan a la información anterior. El período estudiado fue de 1970 -1980.

Se considera que a partir de 1970, la información tanto de las trayectorias ciclónicas como las imágenes mismas, tienen una mayor confiabilidad, Jáuregui (1988).

Se analizaron los datos de precipitación máxima en 24 horas del período 1962-1980 para seleccionar años que presentaran los valores más altos, y se correlacionaron con las trayectorias ciclónicas de el Golfo de México.

Se seleccionaron años con y sin trayectorias ciclónicas próximas al área de estudio, se tomó como punto de influencia máximo una distancia de 180 millas náuticas - aprox 333 km - (Brand, citado por Jáuregui, 1990).

De los mapas de anomalías de la precipitación se observó el comportamiento de la lluvia de los años 1970 -1980 y se seleccionaron dos años, 1976 y 1977 como ejemplos de años húmedo y seco respectivamente.



Se trazaron isoyetas de precipitación anual de 1974, 1976, 1977, 1979 y de la lluvia total; precipitación de los meses más lluviosos junio y septiembre. Y de estos mismos pero para el año correspondiente a 1976.

Se trabajó con los datos de precipitación máxima en 24 horas para las estaciones con más de 15 años de datos, para poder establecer la frecuencia de la intensidad de la lluvia. La mejor definición de esto se realizó a través de establecer 3 categorías de los valores que corresponden a : 0-25 mm, 25-50 mm y más de 50 mm de lluvia. Se les denominó baja, media y alta frecuencia de precipitación máxima en 24 horas.

Con la información se elaboró un cuadro de concentración para cada uno de los rangos, a nivel mensual de la mitad húmeda del año. Se obtuvieron las sumas acumuladas para determinar el mes con mayor frecuencia para las tres categorías utilizadas. Se mapeó la frecuencia relativa para cada rango y así establecer la frecuencia relativa de la distribución espacial de la intensidad de la lluvia para cada uno de las categorías estudiadas.

Se establecieron las condiciones de circulación del viento en el valle y se relacionaron con la variación pluviométrica a través de la frecuencia del viento dominante tanto para la mitad húmeda del año como para la mitad seca.

Circulación General

Para conocer mejor las condiciones climáticas que prevalecen en el valle es necesario hacer una descripción general de la circulación atmosférica que afecta a nuestro país y en particular a el área de estudio.

Por su localización, el país se encuentra en la zona de transición entre las latitudes medias y tropicales del globo, dominando sobre su territorio fenómenos meteorológicos propios de ambas latitudes. Tales fenómenos sufren corrimientos estacionales hacia el norte en verano y hacia el sur en invierno, por lo que en la primera época mencionada dominan los fenómenos propios de bajas latitudes, en tanto en la mitad fría del año, los de las latitudes medias. Según los resultados del estudio "Nubes, precipitación y agricultura mediante el uso de imágenes de satélite", (García y Trejo citado por García, 1996), en el que se analizaron las imágenes diarias tomadas por los satélites meteorológicos durante quince años (1970-84), se detectaron 14 fenómenos meteorológicos productores de nubosidad en el territorio nacional, con los que se puede señalar que:

En verano, durante la mitad caliente del año, el país se encuentra bajo el dominio de los vientos alisios del hemisferio norte que tiene su origen en el margen sur de la celda de alta presión Bermuda-Azores, localizada en el Océano Atlántico, a una latitud promedio de 30 a 40° N, e introduce humedad del Océano Atlántico y del Golfo de México.

Los vientos alisios se ven reforzados, en numerosas ocasiones, por las "Ondas del Este", perturbaciones tropicales que viajan dentro de la corriente de los alisios, y provocan incremento en las precipitaciones en el centro y este del país.

También, durante esta época del año, los ciclones tropicales que tienen su origen en el Mar de las Antillas y en el Pacífico, influyen en la cantidad de precipitación del sur y este de México, aunque sus trayectorias no cruzan exactamente el país.

Estos fenómenos, dado su carácter giratorio, introducen humedad a la troposfera media, que de manera común es seca, esta humedad es transportada sobre el territorio nacional por los vientos dominantes. Por otra parte, también es en la temporada caliente del año cuando la zona intertropical de convergencia (ITC), zona nubosa que se aprecia frente a las costas del sur de México, se desplaza hacia el norte, algunas veces hasta una latitud de 20° norte y enriquece de humedad las costa del sur del país: muchos de los ciclones tropicales del Pacífico tienen su origen en esta zona de gran inestabilidad.

También, debe hacerse notar que en esta época, debido al enorme calentamiento del continente, sobre la Altiplanicie Mexicana se forman centros de baja presión, que contrastan con lo de alta relativa de los océanos vecinos, originándose movimientos monzónicos del mar al continente (García, 1996), que se enriquecen de humedad con los ciclones tropicales, y también con la contenida en la zona intertropical de convergencia. Es así como el oeste y sur del país presentan su temporada lluviosa en esta época del año.

En el invierno, durante la mitad fría del año, la República Mexicana se encuentra bajo el influjo de las celdas de alta presión, tanto del Pacífico del norte como de la Bermuda-Azores, que se ha corrido hacia el sur, dominando de los 25 a los 35° norte y se oponen a toda clase de precipitación dado el carácter descendente del aire que priva en ellas. El extremo noroeste de la península de Baja California es la única porción del territorio nacional que escapa a su influjo, ya que se halla dominada por los vientos del oeste que tienen su origen en el borde norte de la celda del Pacífico, y transportan humedad de dicho océano hacia el noreste (García, op.cit), produciendo precipitación en el litoral y en las laderas de las sierra de Baja California que se inclinan hacia el oeste, así como sobre las partes más elevadas de la Sierra Madre Occidental.

Frecuentemente, en la temporada fría del año, el país se ve invadido por masas de aire polar procedentes del norte de los Estados Unidos y sur de Canadá; cuando ese aire frío y seco llega al norte de la Altiplanicie se presenta un ascenso orográfico sobre la Sierra Madre Occidental y las sierras que la cruzan, liberando algo de precipitación que generalmente es en forma de nieve; pero cuando penetra al Golfo de México incrementa su contenido de humedad, y al ascender por las laderas de la Sierra Madre Oriental que se inclina hacia dicho golfo, la libera en forma de lluvia.

A lo largo de la superficie de separación entre el aire frío y el caliente que priva en la región, se forma un frente, esto es, el aire frío penetra debajo del caliente, el cual asciende, se enfría y condensa su vapor de agua formando nubes que se alinean a lo largo de la superficie frontal; en las imágenes de satélites las trayectorias y formas de los sistemas frontales pueden distinguirse claramente. Dichas invasiones de aire frío son conocidas en México como "Nortes".

Si la masa de aire polar es muy profunda, es capaz de atravesar la Sierra Madre oriental y afectar el sur de la Altiplanicie Mexicana y otras regiones del interior, produciendo condiciones lluviosas y frías, (Mosiño, 1989). Especialmente hacia fines del invierno, el país se ve invadido por la corriente de chorro o "Jet stream", que tiene su origen en el Pacífico del sur y propicia el intercambio de aire de las latitudes bajas con las altas; es una corriente de aire a muy alta velocidad que cruza de suroeste al noroeste a nuestro país en la parte alta de la troposfera, introduciendo humedad; si coincide esta corriente con un norte, lo cual es común en el invierno, la precipitación que se produce es muy abundante y muchas veces se da en forma de nieve en las montañas.

Circulación Regional

a) Masas de aire polar.

En el caso particular de la circulación que afecta a el Golfo de México tenemos que en los meses de invierno y primavera la corriente de vientos del oeste se manifiesta en forma de desprendimientos de aire polar modificado (Ondas Frías) que barren toda la región norte central del país. Producen lluvias de origen frontal cuando en la planicie costera el aire frío desplaza a la masa de aire tropical. Este aire frío y seco forma los llamados "Nortes" en el lado del Golfo de México que al llegar a costas mexicanas ya han recogido humedad de este depósito de agua produciendo lluvias de tipo orográfico cuando el aire polar húmedo asciende por las laderas de la Sierra Madre Oriental que se inclinan hacia el golfo.

Los satélites meteorológicos han facilitado la observación desde el espacio de los "Nortes" con las formaciones nubosas que los acompañan. El efecto de la orografía en la distribución de dichas cubiertas nubosas, asociadas a los "Nortes", pone de manifiesto el carácter somero de la mayoría de las invasiones de aire polar modificado, al este de la Sierra Madre Oriental, (Mosiño, 1989).

Asimismo, la superposición de la capa de aire denso inferior, escurriéndose de norte a sur, por aire tropical superior relativamente seco, que se encuentra durante la mitad fría del año sobre la Altiplanicie Mexicana moviéndose de suroeste a noreste.

De acuerdo con Mosiño (op.cit.), los "Nortes" pueden clasificarse de una manera sencilla, en someros y profundos. Los primeros corresponden a invasiones de masas de aire polar modificado a lo largo de la llanura costera y Golfo de México, cuya profundidad no supera la altitud del Altiplano Mexicano, estos son los más comunes durante el invierno.

En cambio los "Nortes" profundos se caracterizan porque la invasión de la masa de aire polar supera la altitud de la Altiplanicie Mexicana manifestándose sobre ella, como una corriente del noroeste o del norte-noroeste, así como del norte, de manera que produce descensos de temperatura importantes. En los estados fronterizos de Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas, la invasión tiene lugar por la altura sobre la Altiplanicie, apareciendo luego el borde frontal como un frente frío superior sobre la llanura costera del Golfo de México. Estos "Nortes" pueden producir precipitaciones en el altiplano si llevan suficiente humedad adquirida en su paso por las aguas del golfo.

b) Vientos Alisios y Ondas del Este.

Los vientos Alisios húmedos dan origen al régimen de lluvias de verano predominante de la región (mayo-octubre), cuya intensidad está determinada por la posición y grado de desarrollo del anticiclón semipermanente del Atlántico Norte, (Jáuregui, 1975). Los vientos Alisios comienzan a manifestarse desde el mes de abril, cuando el ciclón semipermanente del Atlántico inicia su desplazamiento hacia el norte.

En su corrimiento hacia latitudes mayores el flujo anticiclónico sobre México y el área del golfo característico del invierno va cediendo terreno a los vientos del este, primero en los niveles inferiores. Esto es el resultado del calentamiento gradual de la masa continental de Norteamérica que, a su vez, origina un descenso en los valores de la presión en los niveles bajos y medios de la troposfera.

Las invasiones de aire polar de la corriente del oeste, pierden su intensidad y predominan los vientos húmedos del este, que se profundizan en la región hasta llegar a la troposfera alta, (Jáuregui, op.cit.).

En plena época de lluvias prevalecen en el área movimientos ascendentes y convergentes a los 12 kilómetros de altura compensados por el flujo divergente en los niveles altos de la troposfera, (Jáuregui, op.cit.).

A la mitad de la estación de lluvias, se observa una tendencia del aire a subsidir asociada con el desarrollo de una área de alta presión ubicada al noroeste del Golfo de México, la cual queda separada del anticiclón del Atlántico Norte por una vaguada, que penetra profundamente en los trópicos. El resultado de esta distribución de presión en la troposfera media y en la alta es el establecimiento de vientos con una componente del norte, en el noroeste del golfo, que en ocasiones se extiende hacia el extremo oriental del Golfo.

La vaguada que se instala sobre el golfo reduce las posibilidades de llegada de aire húmedo al noroeste y norte de México. Esta situación propicia lluvias deficitarias sobre el norte de México y del golfo, esto asegura en cambio, movimientos ascendentes y abastecimiento de humedad suficiente para producir precipitaciones abundantes en la mitad sur del Golfo de México, siempre que la vaguada se prolongue hasta el sur del mismo.

Los periodos con valores bajos de precipitación que se presentan principalmente en julio y agosto están asociados con el flujo del norte en la troposfera alta. La influencia del flujo anticiclónico en el Golfo de México, sobre la precipitación de agosto, se extiende a

la Altiplanicie que también presenta lluvias deficitarias debido a la desviación de la corriente de humedad de los Alisios de la costa del Atlántico de los Estados Unidos; es necesario señalar, que este flujo reduce en mayor o menor grado la posibilidad de formación de tormentas en la región del Golfo de México y sus alrededores; esto no significa que desaparezca el abastecimiento de humedad sobre todo en la mitad sur del golfo en donde el flujo predominante es del este o sureste.

En estos meses el anticiclón del Atlántico Norte ha alcanzado su mayor desplazamiento hacia el norte extendiéndose al mismo tiempo hacia el oeste y se ubica en el Golfo una baja que se desplaza hacia el norte y noroeste de México, (Jáuregui, op.cit.).

Entre los sistemas tropicales que afectan al Golfo de México se encuentran la zona intertropical de convergencia que permanece al sur de golfo, pero cuando ocupa su posición más al norte en el verano frente a las costas de Oaxaca y Chiapas puede originar áreas de flujo perturbado en la porción sur del golfo.

Otro de los sistemas es el denominado "surgencias de los Alisios" que corresponden a áreas de actividad convectiva que están asociadas a una depresión barométrica y se relacionan con las llamadas "Ondas del Este" que se consideran como centros isobaricos. La perturbación ondulatoria o "V" invertida que se desarrolla en África Occidental y viaja a el oeste y puede llegar a entrar al Golfo de México, una vez aquí puede intensificarse si encuentra condiciones propias para eso o también pueden estancarse en aguas bajas y tibias de la costa de Texas, Tamaulipas o frente a Yucatán, (Jáuregui, op.cit.).

En cambio la disolución de la "Onda del Este" puede ocurrir cuando se presenta advección de aire seco desde el oeste, al aproximarse en la altura una vaguada del oeste de Estados Unidos, al introducirse aire seco del sur o suroeste por causa de la baja térmica del noroeste de México y al aumentar la presión en el norte del país y Texas, lo que origina un flujo de aire seco al noroeste.

En general la actividad de las "Ondas del Este" en el Golfo es baja en los veranos cuando predomina ahí flujo del oeste en los niveles medios y altos; en cambio es elevada cuando el flujo del este se mantiene por la presencia de un anticiclón en altura, al sur de Estados Unidos. Lo cual acentúa la corriente del este en el área del golfo, este flujo del este no necesariamente genera una onda, pero sí ayuda a mantenerla, (Jáuregui, op.cit.).

La gran mayoría de las "Ondas del Este" que llegan del Caribe, al cruzar el golfo se desaceleran al debilitarse la componente del este a medida que la onda rodea el borde suroeste del anticiclón del Atlántico Norte; el resultado es un decremento de la humedad en la onda por la entrada de aire más seco, por el sur. Es en estos casos cuando la porción Este de la Onda se disuelve y sólo en ocasiones el extremo oeste de la misma continúa mostrando actividad al viajar frente a las costas del Pacífico entre Oaxaca y Jalisco.

Las perturbaciones anteriores pueden intensificarse y dar origen a tormentas o ciclones tropicales, que siempre se acompañan del predominio del calor latente como fuente de energía y la formación de un núcleo cálido.

La mayoría de los ciclones tropicales se desarrollan en perturbaciones preexistentes, es decir una masa de aire tropical.

Los Sistemas del tiempo y Precipitación

La precipitación en la zona de estudio es originada principalmente por : Los Alisios, "Ondas del Este", ciclones tropicales y las invasiones de aire polar.

El sistema dominante en el Golfo de México durante la mitad caliente del año corresponde a la circulación del viento que proviene del anticiclón del Atlántico Norte, los vientos denominados Alisios que vienen cargados de humedad, pueden entrar a la zona interior del continente para producir precipitaciones en el área de estudio.

Muy relacionadas con las anteriores se encuentran las ondulaciones en la corriente de los Alisios que viajan hacia el oeste y se acompañan de un aumento de la profundidad de la capa de humedad, con el consecuente incremento de la nubosidad, al mismo tiempo que se generalizan las lluvias por detrás del eje de la onda. La máxima frecuencia se presenta en agosto, cuando ocurren de una a dos ondas; siguen en importancia de frecuencia junio, julio y septiembre con una onda al mes. En octubre la incidencia de las ondas decrece, (Jáuregui, op.cit.).

Los ciclones tropicales siguen una trayectoria errática aunque viajan siempre en la corriente de los Alisios, cuando tocan la costa del estado de Veracruz, pueden penetrar hacia el interior y la circulación ciclónica se debilita disipándose por la fricción con las montañas, pero deja una amplia zona de lluvias continuas y aguaceros que pueden afectar a la zona de estudio. Son sistemas que aportan humedad a esta región del país.

En la mitad fría del año, aire frío, seco e intenso en el lado del Golfo de México puede afectar el área donde generalmente origina un descenso de temperatura y en ocasiones produce lluvias ligeras.

Los Ciclones Tropicales

Son perturbaciones atmosféricas de las aguas cálidas de zonas tropicales durante el verano y otoño, como grandes remolinos o vórtices que se mueven hacia los polos con trayectorias difíciles de predecir pero que en general tienen una componente hacia el oeste en latitudes bajas y hacia el este en latitudes superiores a los 25° de latitud.

Por su mecanismo de crecimiento, los ciclones tropicales concentran enormes cantidades de energía provenientes de las aguas oceánicas cálidas, a través de la condensación del vapor de agua. Por ello elevan grandes cantidades de vapor de agua que después se precipita al encontrar condiciones atmosféricas y orográficas adecuadas.

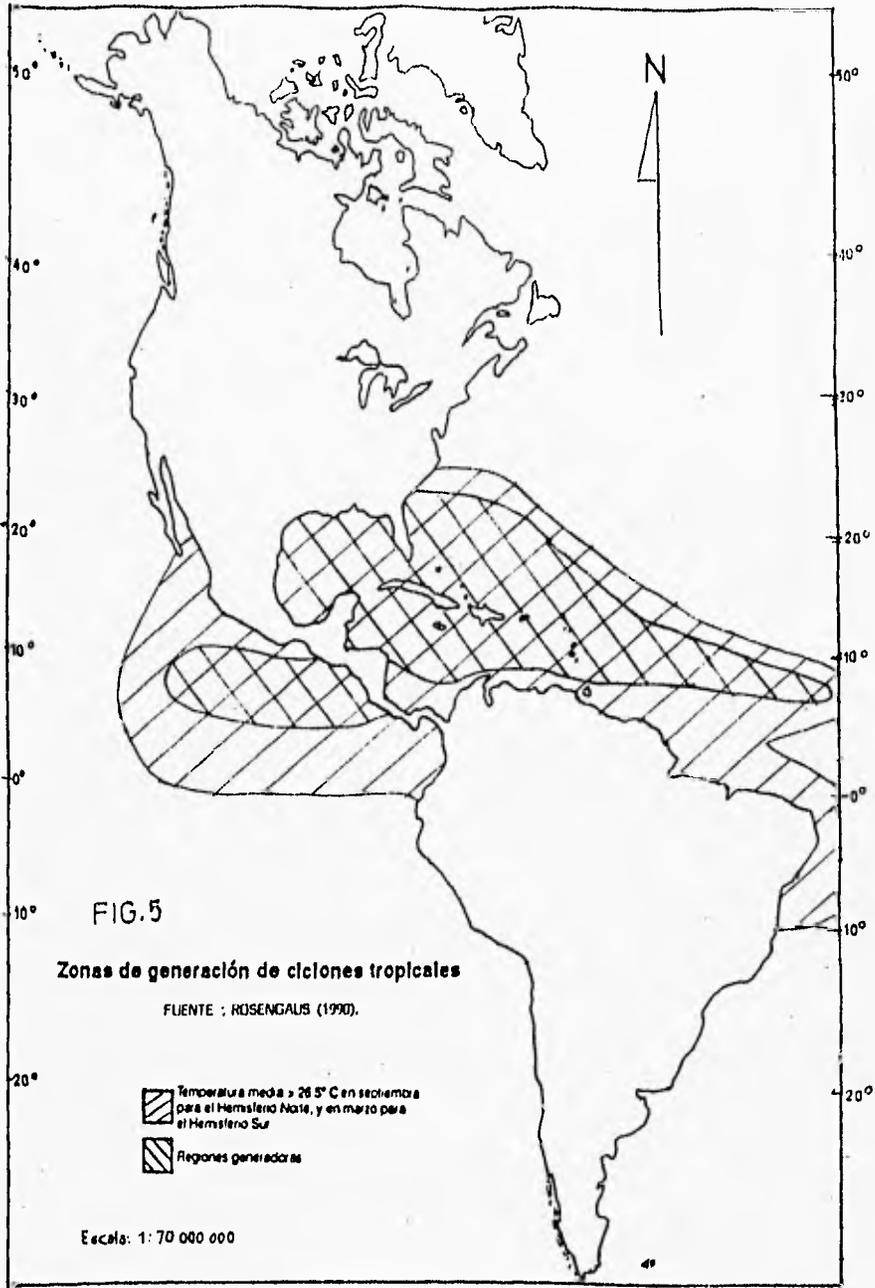
Se disipan al alejarse de la fuente de energía básica, ya sea que se dirijan al norte sobre aguas frías, o que se adentren a tierra, donde pierden fuerza relativamente rápido sobre todo cuando se encuentran con alguna cadena montañosa. Sus manifestaciones más notorias, además de sus intensos vientos y bajas presiones centrales, son los oleajes, las mareas y las precipitaciones pluviales.

Los ciclones tropicales son una manifestación de la gran concentración de energía cerca del Ecuador y sirven como válvula de escape y mecanismos de transporte de dicha energía hacia latitudes altas.

Ocurren durante el verano y el otoño, cuando el ecuador térmico se recorre hacia el polo unos cuantos grados, lo que permite que coincidan la fuerza de Coriolis con las inestabilidades atmosféricas, producto de la gran concentración de energía en las aguas superficiales oceánicas y de las capas bajas de la atmósfera.

La ocurrencia de los ciclones en su etapa inicial está asociada a las elevadas temperaturas oceánicas superficiales, mayores de 27° C (Rosengaus, 1990) las cuales se presentan en las latitudes bajas.

Las principales zonas de generación de ciclones tropicales que afectan al continente americano se encuentran en el Pacífico central que incluye las costas del sur de México, de Centro-América, y la cuenca del Mar de las Antillas. México es un país afectado por estos fenómenos, dado que sus costas están cerca de dos de las principales zonas de generación de tormentas tropicales en el mundo, el Mar de las Antillas y el Golfo de Tehuantepec, (Rosengaus, op.cit.)(figura 5).



Una parte considerable de los ciclones y tormentas tropicales que cruzan por el Golfo de México tiene su origen en perturbaciones que se forman fuera de esta región, desde el Atlántico tropical, frente a la costa oeste Africana, hasta el Mar de las Antillas pero sobre todo en la porción occidental de este último.

El Mar de las Antillas occidental y el Golfo de México son conocidas áreas de formación de estas tormentas tropicales desde los inicios de la temporada en el mes de Mayo hasta su término en el mes de octubre. La mayor actividad ciclónica en el Golfo de México ocurre durante el mes de septiembre .

Una vez generados, los ciclones se desplazan con patrones poco definidos. Las trayectorias ciclónicas varían de un litoral a otro sin embargo, la dirección generalmente en latitudes bajas es hacia el oeste y para latitudes mayores el movimiento tiende hacia el este. Estas tendencias de desplazamiento de los ciclones son también propias de los vientos superficiales a escala global, denominados vientos Alisios, (figura 6).

FIG. 6

Trayectorias típicas y frecuencia de ciclones



FUENTE : ROSENDAIS (1990).

Escala 1 : 100 000 000

Estructura de los ciclones tropicales

Los ciclones tropicales presentan una estructura aproximadamente axisimétrica alrededor de la vertical que pasa por el centro de la tormenta. La presión y la temperatura son las variables más cercanas a dicha axisimetría, (Rosengaus, op.cit.).

La presión es muy baja en el centro de la tormenta en cambio la temperatura es más alta a medida que aumenta la distancia al centro, los valores de ambas variables pueden cambiar a las condiciones normales.

Los ciclones son vórtices de eje vertical con un flujo inferior convergente y uno superior divergente, (figura 7).

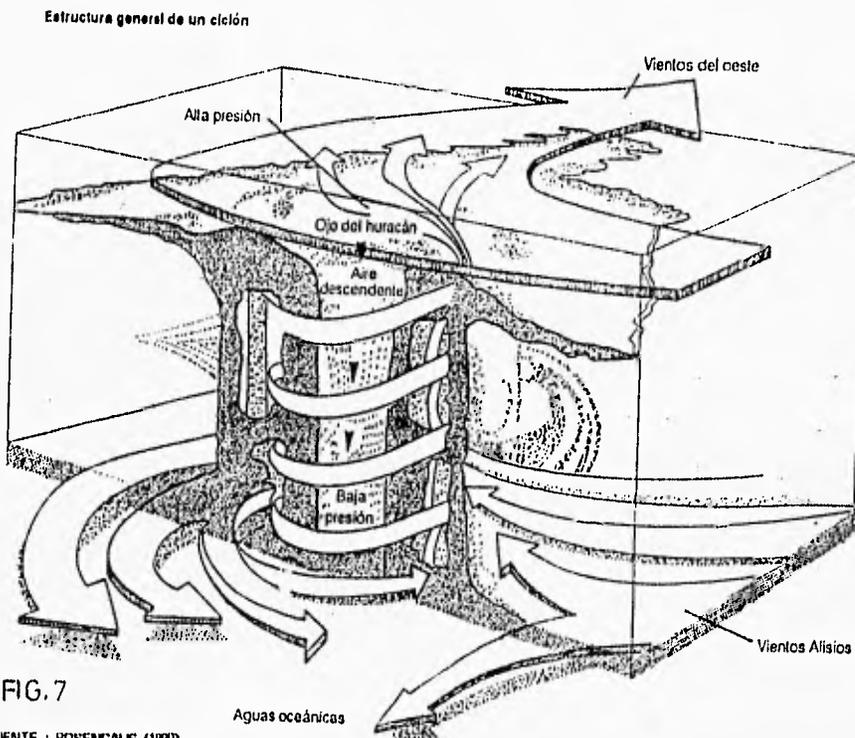


FIG. 7

FUENTE : ROSENGAUS (1990).

En su centro se produce una zona con baja presión y aire relativamente en reposo y seco que se denomina ojo, alrededor de este, existe una zona anular central donde convergen las corrientes superficiales, se producen fuertes lluvias y flujos ascendentes. Es en esta área donde se tienen las velocidades máximas del viento. El flujo convergente suministra calor al centro del ciclón, a través del calor latente liberado al condensarse el vapor de este aire. Este calor asegura la distribución de densidades y consecuentemente de las presiones y flujos para la continuidad del fenómeno.

De acuerdo con (Rosengaus, op.cit.) si se supone una simetría axial, en un ciclón pueden representarse cuatro zonas sobre un corte radial vertical.

La primera zona corresponde al ojo del ciclón, con aire caliente y seco con poca recirculación, la segunda zona contiene a los vientos y lluvias más intensos; en ella existe un fuerte flujo ascendente donde se libera el calor latente del vapor de agua. La tercera engloba al flujo giratorio asociado con el gradiente radial de presiones. La cuarta zona contiene a la capa límite atmosférica, donde el flujo circulatorio interactúa con la superficie terrestre (océano o tierra) en esta zona se presenta un flujo radial de aire caliente y húmedo. Debe señalarse que en las partes externas de las zonas dos y tres existe un pequeño movimiento descendente que equilibra al flujo ascendente de la zona dos, (figura 8).

Corte vertical de un ciclón con zonas características

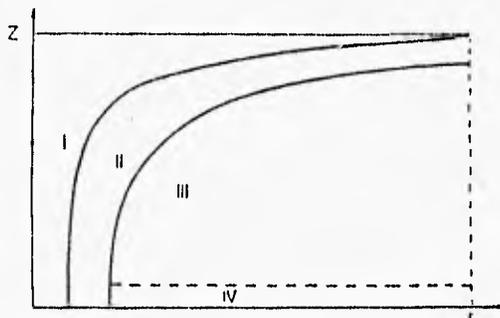


FIG.8

FUENTE : ROSENGAUS (1990).

En la zona cuatro, los efectos de fricción superficial juegan un papel sumamente importante, ya que retardan al flujo giratorio y conservan el mismo gradiente radial de presiones. Estos últimos mantienen el flujo superior (zona tres), y ocasionan que la fuerza centrípeta resultante genere un flujo radial acelerado que alimenta al ciclón.

La estructura de los ciclones tropicales, además de ser modificada por su movimiento de traslación, es alterada por las masas continentales, en especial por las cadenas montañosas o sierras que cambian, entre otras variables, los contenidos de vapor de agua, las variaciones verticales de viento y los flujos convectivos los cuales pueden producir diversos efectos de vientos y precipitación.

Principales Efectos de los Ciclones Tropicales.

Para la población los efectos o acciones producidas por los ciclones tropicales son de mayor interés que los detalles meteorológicos y la estructura de estas tormentas. Son estos efectos los que ponen en peligro a la población, sus bienes materiales, sus actividades económicas y a las diferentes obras de protección, comunicación y transporte, aprovechamiento hidráulico etc. En general los principales efectos de ciclones tropicales e inclusive de aquellos de máxima intensidad son: vientos, oleaje, marea de tormenta y precipitaciones.

Viento.

Los vientos son la característica que mayor identifica a los ciclones y son estos, con excepción de los tomados, los fenómenos que representan las mayores intensidades de viento que en ocasiones sobrepasan velocidades de 300 km/h. Estos vientos producen daños importantes, ya que las fuerzas que ejercen sobre las construcciones son muy notorias, (Rosengaus, *op.cit.*).

En nuestro país las zonas que son más afectadas por vientos huracanados significativos son las vertientes del Pacífico y del golfo; así como la totalidad de la península de Yucatán, los vientos que sobreviven al paso de un ciclón sobre el parteaguas de alguna cadena montañosa de cierta altura no son significativos.

Precipitación

El efecto más importante para el presente estudio son las precipitaciones generadas por estas tormentas tropicales y que en ocasiones son más notorias para los pobladores del altiplano.

Los ciclones tropicales arrastran consigo enormes cantidades de humedad que al precipitarse pueden provocar avenidas extraordinarias, deslizamientos de tierra e

inundaciones en las zonas mal drenadas; cuando estos encuentran en su trayectoria una barrera montañosa. Las precipitaciones son abundantes e intensas, aunque parezca paradójico, este es también el medio por el que los ciclones benefician a la población y sus actividades económicas, sobre todo en aquellas zonas que poseen infraestructuras para el almacenamiento y distribución de grandes volúmenes de agua. Lo que permite asegurar el riego en el siguiente ciclo agrícola y la producción de electricidad sin uso de recursos naturales no renovables.

Las lluvias se distribuyen de manera diferencial y sobre todo la precipitación acumulada ya que ésta tiende a disminuir conforme se acorta la distancia a la trayectoria como puede observarse en la (figura 9) en el caso de Gilberto. Los valores mayores de precipitación acumulada (300 mm) se presentaron a una distancia de aproximadamente 100 km y no sobre la trayectoria misma, (Rosengaus, op.cit.)(figura 10).

Precipitaciones acumuladas al paso del Gilbert (en mm)

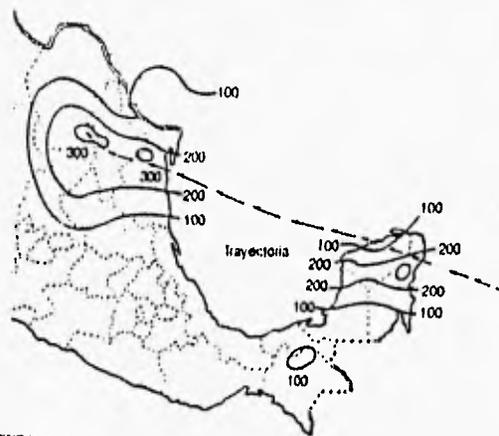


FIG.8
FUENTE : ROSENGAUS (1990).

Precipitación acumulada en función de la distancia mínima al centro del Gilbert

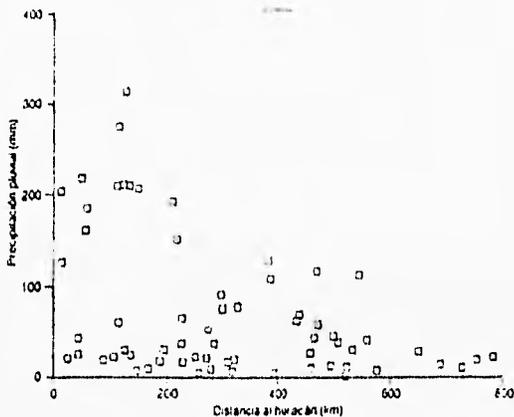


FIG.10

FUENTE : ROSENGALIS (1990).

También se considera la relación de que si es mayor la altura del terreno sobre el nivel del mar es mayor la cantidad de lluvia recibida. Otra variable importante es la pendiente del terreno, que puede hacer que la precipitación se incremente significativamente, (figura 11).

Precipitación acumulada en función de la altura sobre el nivel del mar

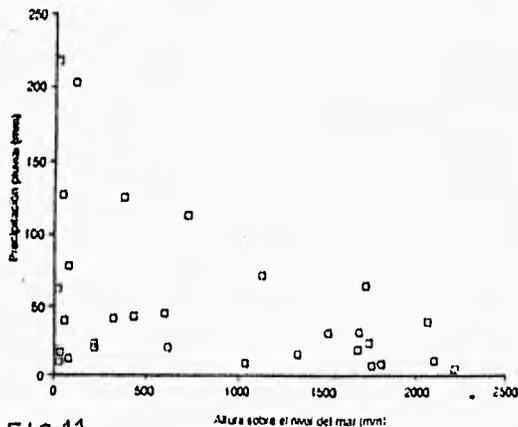


FIG.11

FUENTE : ROSENGALIS (1990).

Segun Kwong (1974) la precipitación originada por un ciclón puede presentarse de dos formas:

a) Lluvias causada por el fenómeno en sí, es decir el agua de lluvia sin alguna modificación por alguna barrera o algún sistema meteorológico, a esto se le conoce como lluvia directa.

b) Lluvia que antecede o precede a la entrada de un ciclón en tierra. Antes de presentarse, un sistema ciclónico puede ocasionar el ascenso de masas de aire en la costa y con ello provocar lluvias.

Así también una montaña o alguna barrera aumenta la cantidad de precipitación que ocurre, esto es denominada como lluvia indirecta.

Se ha observado que después del paso de un ciclón existen lluvias que podrían llamarse residuales y pueden ocurrir hasta tres días posteriores al paso de una perturbación tropical.

Precipitación máxima en 24 horas

En las zonas áridas, la forma de precipitación es regularmente de gran intensidad en un periodo de tiempo relativamente corto -horas-. Como en el caso de la precipitación ocurrida en la estación de Monterrey al paso del huracán Gilberto en septiembre de 1988 que correspondió al 92.2 % del total del mismo mes, (Hernández C., 1992). Su cantidad puede evaluarse a través de un dato meteorológico como lo es la precipitación máxima en 24 horas, el cual es generalmente utilizado en estudios de ingeniería e hidrología para la construcción de obras hidráulicas de diversos tipos, así también en el diseño y construcción de drenaje pluvial urbano, obras de control de avenidas, conservación de suelos, entre otros muchos aspectos.

En climatología se utiliza para profundizar en el análisis pluviométrico de una región, ya que las cantidades de precipitación máxima revelan la presencia de grandes tormentas de corta duración.

En el caso de las zonas áridas, en particular la zona de estudio, esta forma de precipitación puede asociarse con diversos fenómenos meteorológicos en especial con los ciclones tropicales.

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional SMN la precipitación máxima en 24 horas es la cantidad de lluvia registrada en un periodo de tiempo determinado (un día) y representa lo que se ha acumulado por una sola precipitación o la presencia de varias lluvias durante ese tiempo.

Como es sabido, las tormentas que producen más de 18 mm de lluvia en 24 horas son el resultado de varios aguaceros fuertes o de un gran chubasco, (Winkler 1988, citado por Vidal, 1994) estudió las características de las tormentas de verano en Minesota, E.U.A. y definió la cantidad de 75 mm como la lluvia extrema en 24 horas; sin embargo, aclara que el potencial de una tormenta para causar inundaciones varía con la cantidad de precipitación recibida anteriormente, con la topografía, la intensidad de lluvia, su duración, la cubierta del suelo y la estación del año, por lo que todos estos factores deben tenerse en cuenta.

En general las tormentas más intensas son más frecuentes en el verano por la presencia de condiciones y sistemas del tiempo que las producen.

La importancia de la precipitación máxima en 24 horas radica en la distribución que presenta la lluvia, pues ocurre una gran variación espacial y temporal de la misma, fuertemente relacionada con el tipo y escala de los sistemas meteorológicos productores de precipitación, así como, la influencia de factores locales y regionales como lo es la topografía y la dirección del viento, (Wilson y Atwater citado por Vidal, *op.cit.*).

Climatología

Desde el punto de vista climático, los valles de Tehuacán y Cuicatlán, forman una unidad.

Presenta los tres subtipos climáticos de los áridos, es decir: el semiárido BS1, el árido BSo y el muy árido BW, (figura 12).

Respecto a las condiciones de temperatura, se presentan cuatro zonas térmicas la cálida, semicálida, templada y semifría, esta última sólo en áreas con altitudes mayores a 2600 msnm.

El mes más caliente es antes de Junio, es decir se caracteriza por una marcha de la temperatura tipo Ganges.

El régimen de lluvias es de verano el cual tiene una pequeña época donde disminuye la precipitación es decir presenta el fenómeno de la sequía intraestival, canícula o sequía de medio verano. El porcentaje de precipitación invernal en la mayor parte del valle es menor del 5%, en el extremo norte aumenta a valores entre 5 y 10.2%.

Temperatura.

Las condiciones de temperatura cambian inversamente con la altitud de las estaciones del valle es decir ha menor elevación es mayor la temperatura media, por lo que se presentan valores de temperatura en mes más frío sobre 18°C y media anual sobre 22°C (Quiotepec, Cuicatlán); hasta semicálidos con temperatura media del mes más frío bajo 18° C y media anual entre 18° y 22° C (Tehuacán, Tecamachalco).

La oscilación térmica dentro de diferentes áreas del valle se encuentra entre 5° y 7° C (poca oscilación), pero variaciones más extremas (7°-14°C) entre el día y la noche son comunes e inclusive pueden presentarse hasta de 30° C, Kjell (1989). La temperatura media más baja ocurre en diciembre y enero; abril y mayo son los meses más cálidos. La marcha anual de la temperatura se considera de tipo ganges es decir, que el mes más cálido se presenta antes del Solsticio de verano y de la temporada de lluvias.

Precipitación.

La mayoría de la lluvia se presenta durante una estación que normalmente inicia a principios de mayo, aumentando en junio, disminuye hacia finales de julio y agosto; puede ocurrir nuevamente en el mes de septiembre. Los valores de precipitación de 250 a 450 milímetros por año, es común en el área central del valle, característica de climas áridos y semiáridos.

Los años con valores bajos de precipitación son frecuentes y fueron registrados para 3 veranos durante el periodo de 10 años de 1950 a 1960 (Comisión del Papaloapan). Un patrón similar de años secos ha sido registrado para las dos décadas siguientes, Kjeil (op.cit.).

De manera general las áreas que están situadas cerca de las estribaciones y sierras en la parte este de valle reciben más lluvia que las del centro.

Análisis de resultados y discusión

Precipitación anual

El patrón de precipitación en el valle de Tehuacán-Cuicatlán se presenta de acuerdo a las condiciones particulares del lugar, que la hacen una región árida muy diferente de otras del norte de México, ya que presenta una menor variabilidad de la lluvia, así como una constancia de los fenómenos meteorológicos productores de precipitación.

Como se observa en las siguientes gráficas de precipitación total de estaciones correspondientes al valle y a otras zonas secas con el mismo tipo climático, la cantidad de lluvia, así como su variabilidad son diferentes a las que presenta el área de estudio, (figuras 13, 14 y 15).

Se pueden señalar las siguientes características generales de la precipitación en el valle. En primer lugar las lluvias se distribuyen durante el año en dos periodos bien marcados, la temporada seca y la húmeda.

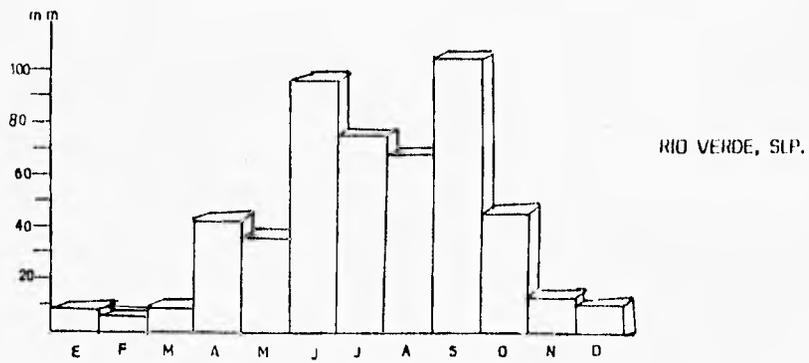
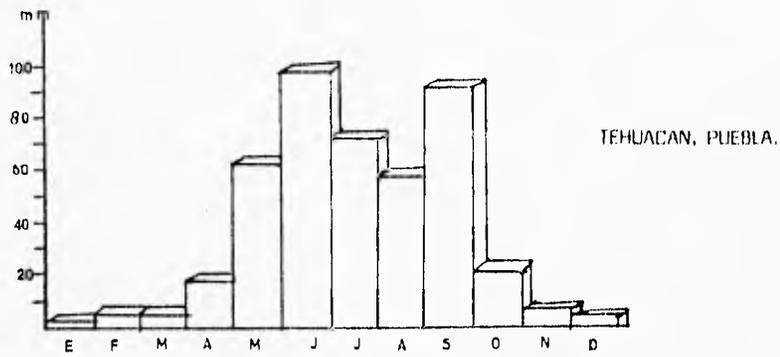
La primera ocurre de noviembre-abril en donde las precipitaciones son escasas, la mayoría de las estaciones tienen un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 %, sólo en la porción más septentrional del valle se presentan valores mayores al 5 %. La causa de estas precipitaciones se asocia con la entrada de masas frías (Nortes) en el Golfo de México y cuando son intensas y profundas logran pasar la Sierra Madre Oriental, generando lluvias ligeras en el norte del valle de Tehuacán-Cuicatlán .

La temporada húmeda ocurre de mayo a octubre, es decir el régimen de lluvias que tienen las estaciones es de verano, aunque la distribución de la precipitación no es tan regular, pues se presentan dos máximos, uno de ellos en el mes de junio y el otro regularmente en septiembre. Los valores de la precipitación tampoco son tan constantes a lo largo de todo el valle, ya que dependen mucho de la presencia o ausencia de algunos fenómenos meteorológicos para que se produzcan lluvias importantes.

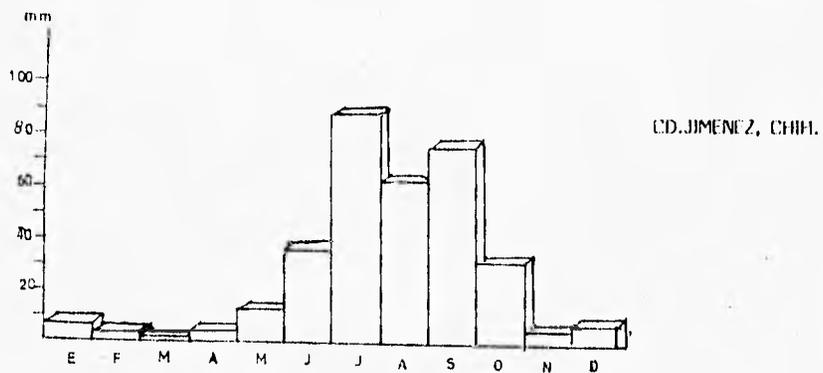
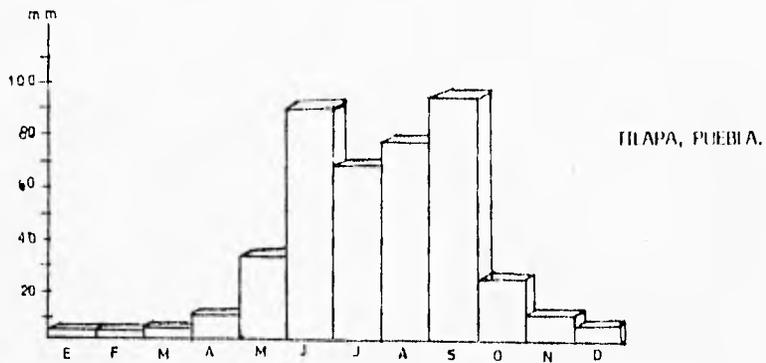
Para entender el patrón de precipitación del valle de Tehuacán-Cuicatlán debe hacerse una revisión de los principales fenómenos meteorológicos que influyen en la entrada de humedad y la posterior presencia de lluvias.

PRECIPITACION MEDIA CLIMA BS₁

FIG.13

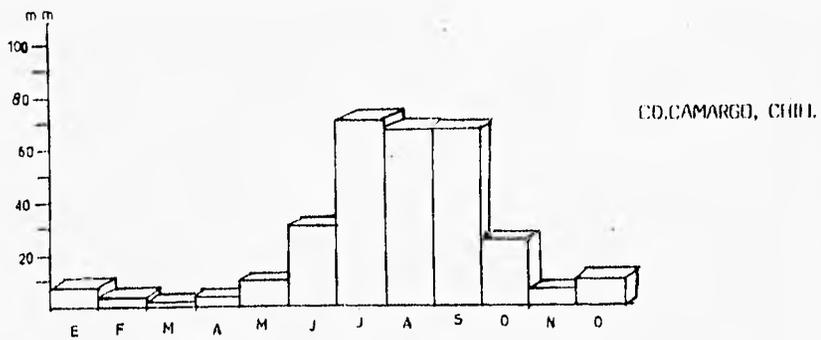
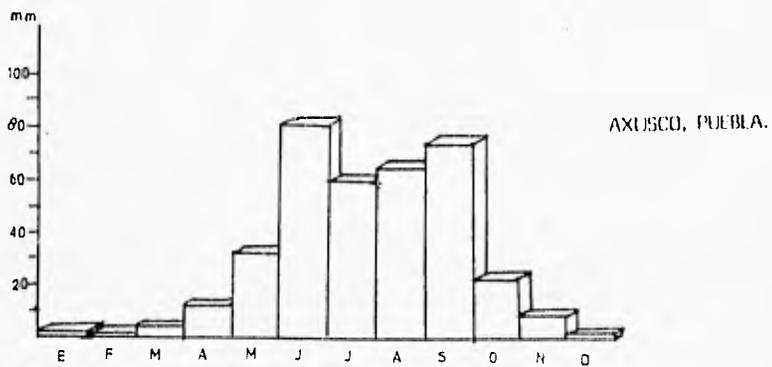


PRECIPITACION MEDIA CLIMA BS₀
FIG.14



PRECIPITACION MEDIA CLIMA BU

FIG.15



El inicio de la temporada de lluvias en mayo coincide con los cambios en la circulación general y regional del área del Golfo de México. Cuando los vientos Alisios del Sistema Anticiclónico del Atlántico llegan cargados de humedad a las costas de Golfo, estos vientos ascienden por la Sierra Madre Oriental se condensan y producen abundantes precipitaciones del lado este de la Sierra, parte de esta humedad puede cruzar la Sierra y llegar al otro lado a sotavento, es decir al valle de Tehuacán- Cuicatlán.

Sin embargo como el ambiente del valle es muy seco y cálido, el aire con poca humedad difícilmente puede precipitar hasta que su contenido sea mayor para poder hacerlo, por medio de lluvias de tipo convectivo.

Esto ocurre en el mes de junio cuando todo el sistema de vientos junto con la zona intertropical de convergencia (ITC) se desplaza hacia el norte y la actividad de los Alisios es mayor. Es por ello que en este mes se presentan valores altos de precipitación (primer máximo) como puede observarse en las gráficas de lluvia diaria de la estación de Tehuacán, (figuras de la 16 a la 25).

En el mes siguiente julio, también ocurren precipitaciones que continúan asociadas a la actividad de los Alisios, como el paso de las perturbaciones denominadas "Ondas del Este", que generan algunas lluvias de tipo convectivo sobre algunas estaciones del valle.

Para el mes de agosto de manera regular se presenta un descenso de la precipitación que puede relacionarse con cambios de la circulación regional es decir la formación de un sistema de alta presión en el noroeste del Golfo de México y una vaguada en el Golfo que la separa del anticiclón del Atlántico Norte, en estas condiciones la corriente alisia es bloqueada por dicha vaguada y no penetra al Golfo de México (Mosiño y García, 1968), esto no favorece la entrada de humedad a la región.

La interrupción temporal de la corriente alisia y, por tanto, de la alimentación de la lengua de humedad (Mosiño y García op.cit.) así como la entrada de aire seco sobre el Golfo de México, a mediados de la estación lluviosa, pueden explicar en parte la existencia de esta sequía conocida como de medio verano, intraestival o canícula que afecta la mitad oriental del país e incluye a la zona de estudio.

Esta situación meteorológica sobre el valle de Tehuacán-Cuicatlán origina una disminución relativa de la lluvia, pues las estribaciones montañosas que dan al golfo cortan la escasa humedad alimentada por la corriente alisia debilitada. Esto propicia que la zona de estudio presente la situación meteorológica conocida como canícula. En la figura 12 se muestran las fórmulas climáticas donde se indica la presencia de este fenómeno con el símbolo w".

FIG.16

PRECIPITACION DIARIA AÑO 1970 TEHUACAN PUE.

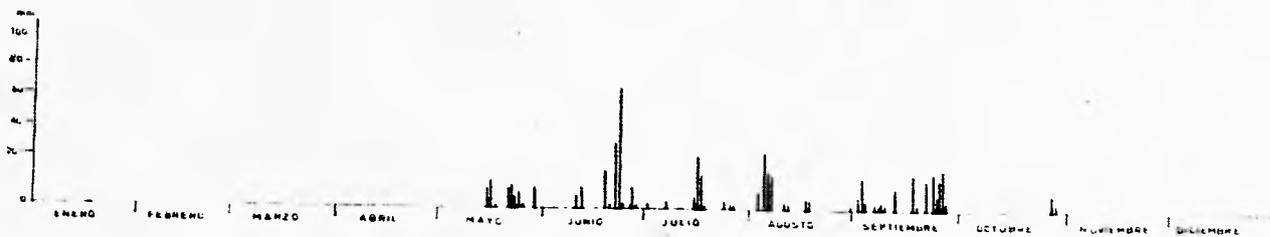


FIG.17

PRECIPITACION DIARIA AÑO 1971 TEHUACAN PUE.

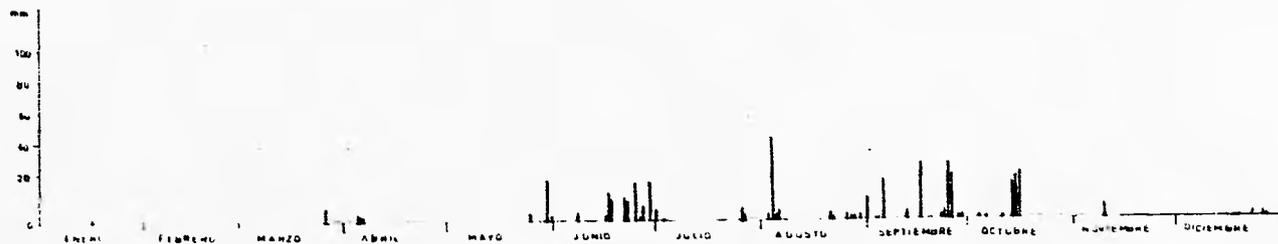


FIG.18

PRECIPITACION DIARIA AÑO 1972 TEHUACAN PUE.

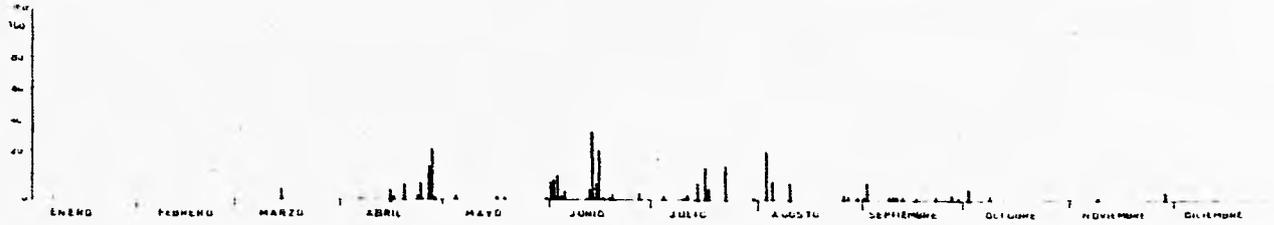


FIG.19

PRECIPITACION DIARIA AÑO 1973 TEHUACAN PUE.

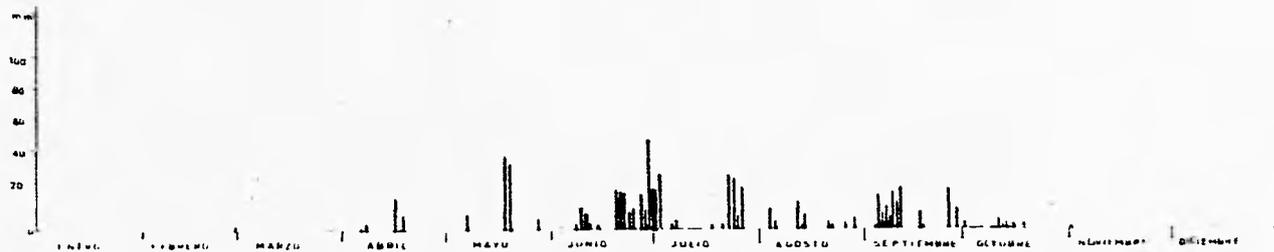


FIG.20

PRECIPITACION DIARIA AÑO 1974 TEHUACAN PUE.

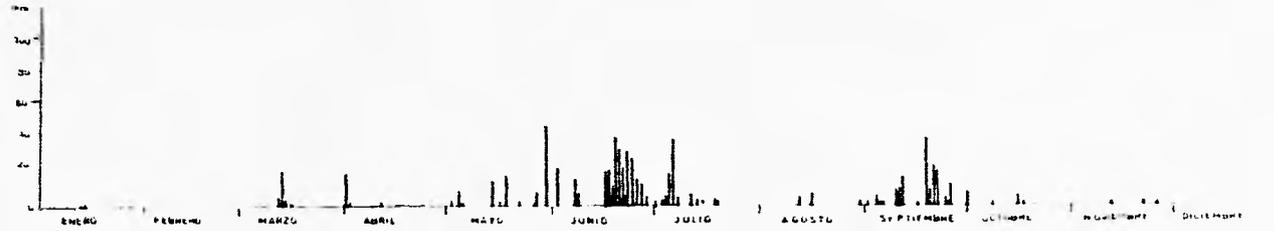


FIG.21

PRECIPITACION DIARIA AÑO 1975 TEHUACAN PUE.

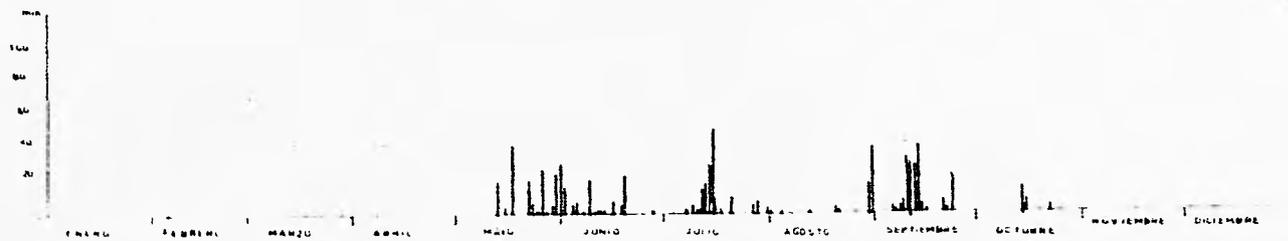


FIG.22

PRECIPITACION DIARIA AÑO 1976 TETIJACAN PUE.

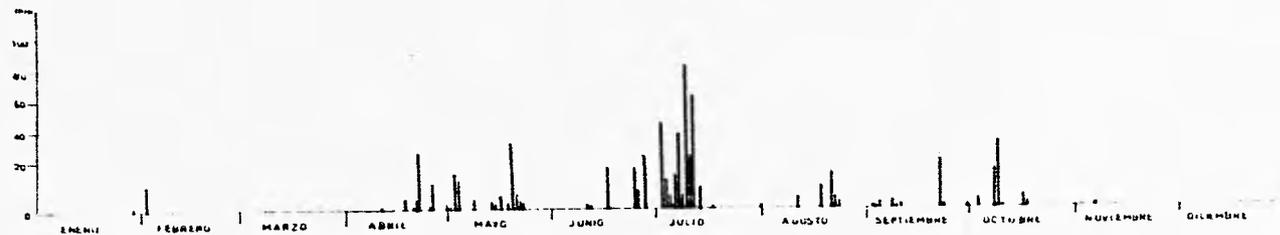
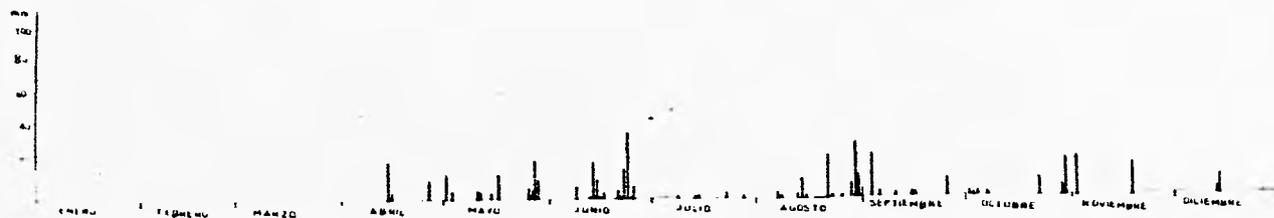


FIG.23

PRECIPITACION DIARIA AÑO 1977 TETIJACAN PUE.



Esta condición es de gran relevancia para las plantas y cultivos, ya que las primeras lluvias permitieron su desarrollo y en estos momentos sus necesidades de humedad aumentan, es por ello que la etapa de menor precipitación no puede prolongarse por mucho tiempo pues pone en peligro el crecimiento de algunas especies vegetales y cultivos. Por ello se requiere la presencia de otros fenómenos atmosféricos que aporten humedad y consecuentemente produzcan lluvias para el buen desarrollo y logro de los cultivos.

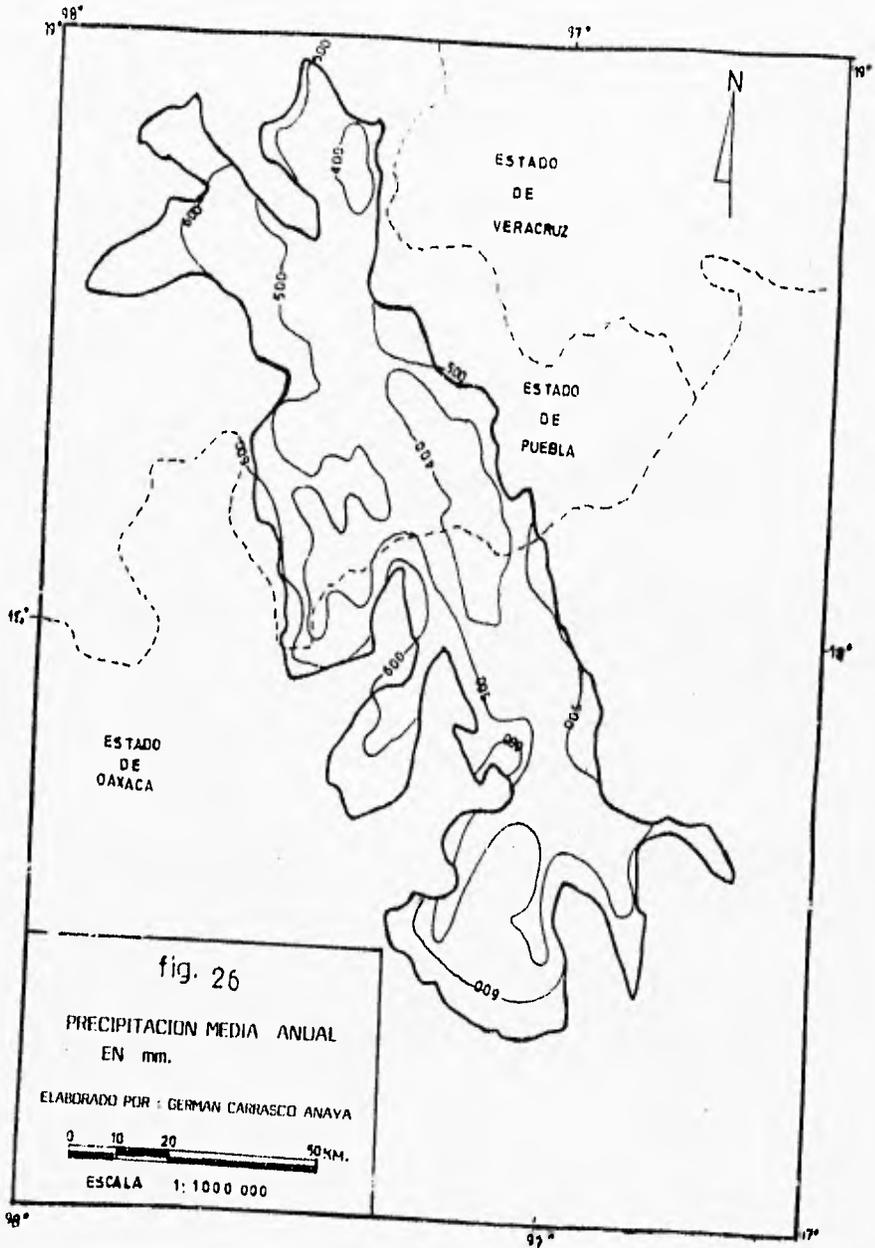
Los fenómenos atmosféricos más importantes durante el verano y el otoño en el área del Golfo de México, son las perturbaciones tropicales que pueden llegar a convertirse en poderosos huracanes. Estos se desplazan de acuerdo con la trayectoria de la masa de aire cálido y húmedo generadora, que al aproximarse a las costas propician la entrada de humedad y lluvias que llegan inclusive a zonas del Altiplano, como en el caso del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Su influencia en la zona de estudio depende de varios factores como su permanencia, intensidad y proximidad a el valle.

El patrón de precipitación media anual en el valle de Tehuacán- Cuicatlán presenta valores que van desde menos de 400 mm hasta más de 600 mm muy característicos de zona áridas o secas. Como se observa en la figura 26. La mayor parte del valle se encuentra con variaciones de precipitación entre 400 y 500 mm.

Las lluvias más escasas se distribuyen desde la porción central hasta la parte norte del valle, donde se marcan dos áreas bien definidas, una situada en la región meridional que corresponde a la parte central del valle, e incluye estaciones como Axusco, Calapilla, Xiquila, Zinacatepec y Altepexi entre otros, y la otra el norte en el área de Cañada Morelos.

En ambos casos la menor precipitación puede deberse a su posición con respecto a la Sierra Madre Oriental, pues son en estas porciones donde alcanza la sierra una mayor altitud la cual actúa claramente como una barrera orográfica que impide el paso de la humedad al valle, sobre todo a estos lugares.

En cambio los valores mayores a 600 mm se presentan en las áreas del sur y poniente del valle, lo que puede indicar paso de humedad, que es detenida por las serranías localizadas en el extremo oeste del valle, lo que propicia la formación de nubes, que dan lugar al aumento de la precipitación en estas zonas del valle.



Estas variaciones espaciales de la lluvia permiten señalar una serie de cambios en las condiciones de humedad disponibles en distancias muy cortas e inclusive en las laderas de las serranías dependiendo de su orientación, pues existen lugares que por su ubicación reciben mayor humedad que otros.

La única entrada libre de gran humedad al valle, es el cauce del río Santo Domingo, ya que la circulación de los vientos dominantes sobre todo en el verano (del NE) posibilitan la entrada de humedad que posteriormente se distribuye a lo largo de toda la zona de estudio favorecida por la circulación local del mismo valle, (figura 27).

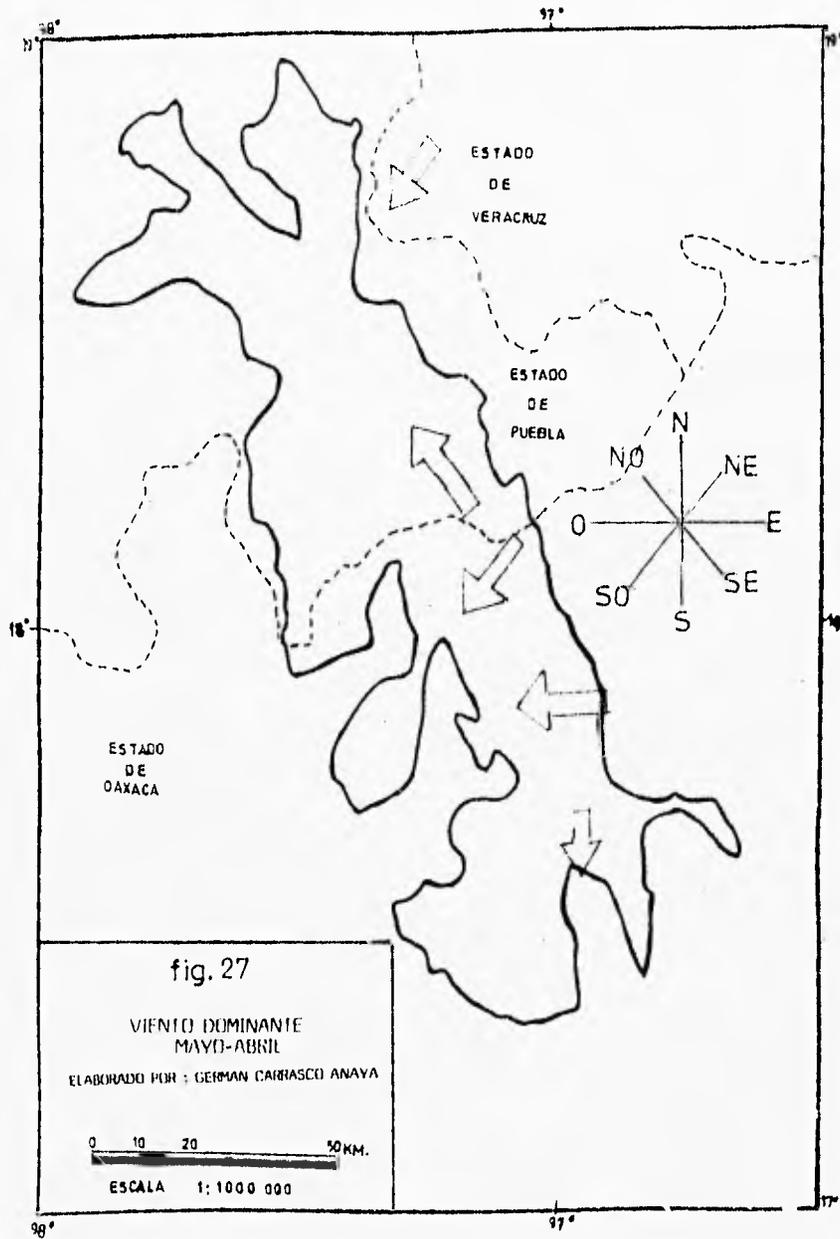
Ciclones tropicales (1970 - 1980).

Como ya se mencionó la precipitación ciclónica es rara en los desiertos, por ello el valle de Tehuacán-Cuicatlán como zona árida es un espacio adecuado para la determinación de los efectos de estas perturbaciones. En los años estudiados 1970-1980 se pudo determinar las perturbaciones que más se aproximaron a el área de estudio:

En el año de 1970 no se presentó ningún ciclón de importancia próximo al valle (+- 100 km) . Sólo ocurrieron vaguadas entre finales de Julio y principios de agosto, las demás perturbaciones se encontraron muy alejadas de la zona de estudio, a más de 100 y 500 km de distancia. En 1971 también se caracterizó por pocas perturbaciones cercanas a la zona de estudio , el que más se aproximó fue Chloe a mediados de agosto a una distancia de 150 a 200 km. en este año. De acuerdo con las imágenes meteorológicas diarias, la actividad de los vientos alisios se presentó desde mayo, en junio se acentuaron las ondas del este y en agosto fue mayor su frecuencia.

1972 fue un año con baja actividad de perturbaciones tropicales, se presentaron varias vaguadas que se aproximaron al área de estudio en la segunda quincena de julio y a mediados de octubre, sin embargo ninguna propició mayor precipitación en el valle.

Las condiciones en 1973 propiciaron que los vientos alisios se manifestaron más activos a partir de junio, en julio se presentaron algunas vaguadas, pero la mayoría a más de 100 km del valle. Según Jáuregui (1995) la disminución en la entrada de ciclones al Golfo de México es propiciada por la presencia del fenómeno del "Niño", condiciones ocurridas en este año y el anterior.



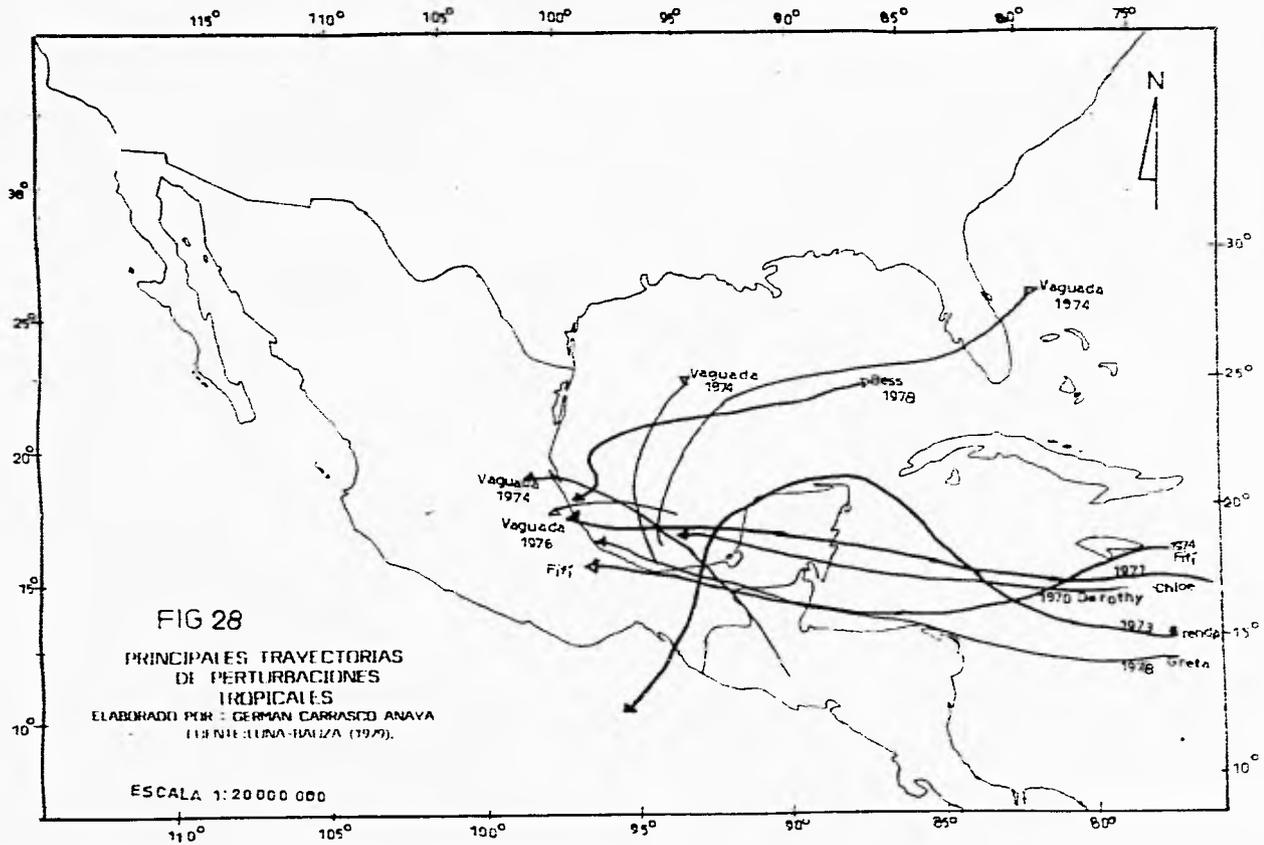
El año de 1974 fue muy significativo por la influencia de una fuerte perturbación tropical denominada Fifi a mediados de septiembre, la cual tuvo como lugar de origen al este del Mar de las Antillas. Se intensificó en los días subsecuentes en su trayectoria hacia el oeste sobre las aguas tibias del mismo mar. Con gran fuerza entró a tierra por Belize y cruzó el sur de la península de Yucatán. Ya debilitado como depresión tropical afectó el sur del valle de Tehuacán-Cuicatlán, generando lluvias importantes en algunas áreas del valle. Parte de la masa nubosa de esta perturbación situada en el continente es atraída por una zona de baja presión localizada en el Océano Pacífico de la cual se genera una nueva perturbación tropical denominada Norma. Su paso por el valle puede observarse en la gráfica de datos diarios del mes de septiembre de la estación de Tehuacán ya que en sólo tres días precipitó más del 60 % de la lluvia de ese mes (figura 20).

Aparte de la perturbación tropical mencionada en ese mismo año en el mes de junio (16-17) entró a tierra por el estado de Guerrero una perturbación tropical denominada Dolores que provocó una mayor nubosidad y precipitación en el centro del país.

A partir del día 25 de ese mismo mes se presentó una onda tropical sobre el Golfo de México, con movimiento lento hacia el oeste, la cual quedó estacionada como a los 19° de latitud N por la presencia de una masa de aire polar continental modificado. El efecto de estas perturbaciones en el valle se pueden apreciar en la gráfica de datos diarios del mes de junio de la estación de Tehuacán donde se observa la precipitación concentrada en la segunda quincena de este mes. Por último se presentó también un ciclón tropical denominado Carmen, a principios del mes de septiembre por el Golfo de México pero muy alejado de la zona de estudio, a más de 500 km de distancia, fenómeno que no propició un aumento notable de la precipitación.

Las tormentas tropicales en 1975 fueron de menor intensidad que el año anterior, pues sólo se presentaron vaguadas la más próxima en los primeros días del mes de septiembre, y la única con nombre Caroline a fines de agosto pero muy distante del valle al que aportó algo de humedad, (figura 28).

El año de 1976 es significativo en la década, pues fue el único en el que no se presentó entrada de ciclones al Golfo de México, por lo que este año se consideró como típico en el comportamiento de la precipitación o como año "tipo de condiciones normales de lluvia. Las vaguadas que ocurrieron se ubicaron a una distancia de más de 500 km de la zona de estudio, el aporte de humedad al valle en el mes de junio correspondió a una mayor actividad de los alisios que dieron origen a diversas vaguadas que influyeron en las condiciones de humedad durante este mes. La menor actividad ciclónica del año parece estar relacionada con la presencia de otro fenómeno, la denominada presencia del "Niño" (Jáuregui, *op.cit.*).



En el año de 1977 también se presentaron muy pocas perturbaciones tropicales importantes, ya que las más próximas ocurrieron a más de 100 km de distancia de la zona de estudio, las cuales sólo alcanzaron la categoría de vaguada a finales de septiembre y mediados de octubre. La única que recibió nombre fue Anita a finales de agosto y principios de septiembre pero muy alejada del valle, (figura 28).

Para 1978 ocurrió mayor actividad ciclónica y se presentaron dos perturbaciones intensas muy próximas al valle de Tehuacán-Cuicatlán a menos de 100 km de distancia. Bess en la primera semana de agosto y Greta a mediados de septiembre; en julio se formaron diversas vaguadas a mayor distancia de la zona de estudio, (figura 28).

1979 fue un año marcado por una importante presencia de perturbaciones tropicales en las que destaca por su cercanía y efecto a el valle, Henry a finales del mes de septiembre. Se presentó otra denominada David pero en el extremo norte de Golfo de México, ocurrieron también algunas vaguadas próximas al valle que aportaron cierta cantidad de humedad .

En 1980 la actividad ciclónica de mayor relevancia correspondió a las tormentas Allen y Hermine, una en agosto con poca influencia al valle y la otra a mediados del mes de septiembre, la cual propició la entrada importante de humedad al valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Con base en lo anterior se pueden resaltar los siguientes años que permiten caracterizar diversos aspectos relacionados con los efectos de los ciclones tropicales en la precipitación del valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Los años con presencia de ciclones tropicales que propiciaron la entrada de humedad a la zona de estudio fueron 1974, 1979 y 1980. Para este trabajo se consideraron relevantes los años 1974 y 1979. El primero por ser el único de los años analizados donde estos fenómenos tuvieron efecto directo en el área de estudio, el segundo debido a que en este año el ciclón presentó una trayectoria paralela a la costa.

1976 se consideró importante por la ausencia de las perturbaciones tropicales en el valle, es decir, nos indica condiciones "normales de precipitación", lo que permite comparar su comportamiento con los demás años.

La interpretación de los diversos aspectos meteorológicos que influyen en las condiciones de precipitación requieren el apoyo de la distribución espacial de este parámetro climático en diferentes circunstancias.

En la década de 1970 - 1980, las variaciones en la precipitación en el valle de Tehuacán-Cuicatlán son significativas, pero su presencia es casi constante, es decir que el efecto de diversos fenómenos meteorológicos sobre todo en la mitad caliente del año proporcionan humedad en mayor o menor medida durante la temporada de lluvias.

Para una mejor comprensión de estas variaciones es necesario señalar cómo fue el patrón de los años estudiados y seleccionados, en la distribución de la precipitación ocurrida.

El año de 1976 sin presencia de ciclones, como ya se mencionó tiene un patrón de distribución espacial de la precipitación muy parecido al de la lluvia media anual (promedio de 1921-1980) (figura 29), sólo que la zona de 300 mm tiene mayor extensión y una pequeña área en el norte del valle se mantiene con valores menores a 400 mm.

En este año el límite del valle queda marcado por la isoyeta de 500 mm a diferencia de la anual, donde el límite es de 600 mm. Sólo se presentan valores mayores a 600 mm en una pequeña zona en el poniente del valle.

Del análisis de los mapas sinópticos de los boletines mensuales del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) se pueden señalar las condiciones sinópticas más relevantes de mayo a octubre, un predominio de sistemas de alta presión en el Golfo de México, ocasionado por invasiones de aire frío, lo que originó un retraso en el desplazamiento hacia el norte de los sistemas tropicales.

En el año seco correspondiente a 1977, (figura 30), el comportamiento de la precipitación fue también similar a las condiciones medias anuales, es decir se presentan dos áreas con menor lluvia, al centro y parte norte del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Los valores de la precipitación son más bajos, en la zona central, se presentan menos de 200 mm de lluvia y en la porción norte menos de 300 mm. El límite del valle es bordeado por la isolínea de los 400 mm, esto significa que la mayor extensión del valle en un año seco recibe precipitaciones entre 200 y 400 mm y sólo en la parte poniente del valle ocurren valores mayores a 400 mm. Las condiciones sinópticas en este año se caracterizaron por un ligero desplazamiento de la ITC hacia el norte que propició una menor entrada de humedad a nuestro país. Así mismo los Alisios tuvieron una baja actividad.

El año 1979 fue húmedo, (figura 31), conserva el patrón general de la precipitación, sin embargo el área central se amplía y muestra valores menores de 500 mm, con excepción del área localizada al norte del valle, que mantuvo valores similares a las condiciones medias anuales, es decir con menos de 400 mm. El límite lo marca la isoyeta de 800 mm y en la parte poniente-sur del valle se presentaron valores cercanos a los 800 mm.

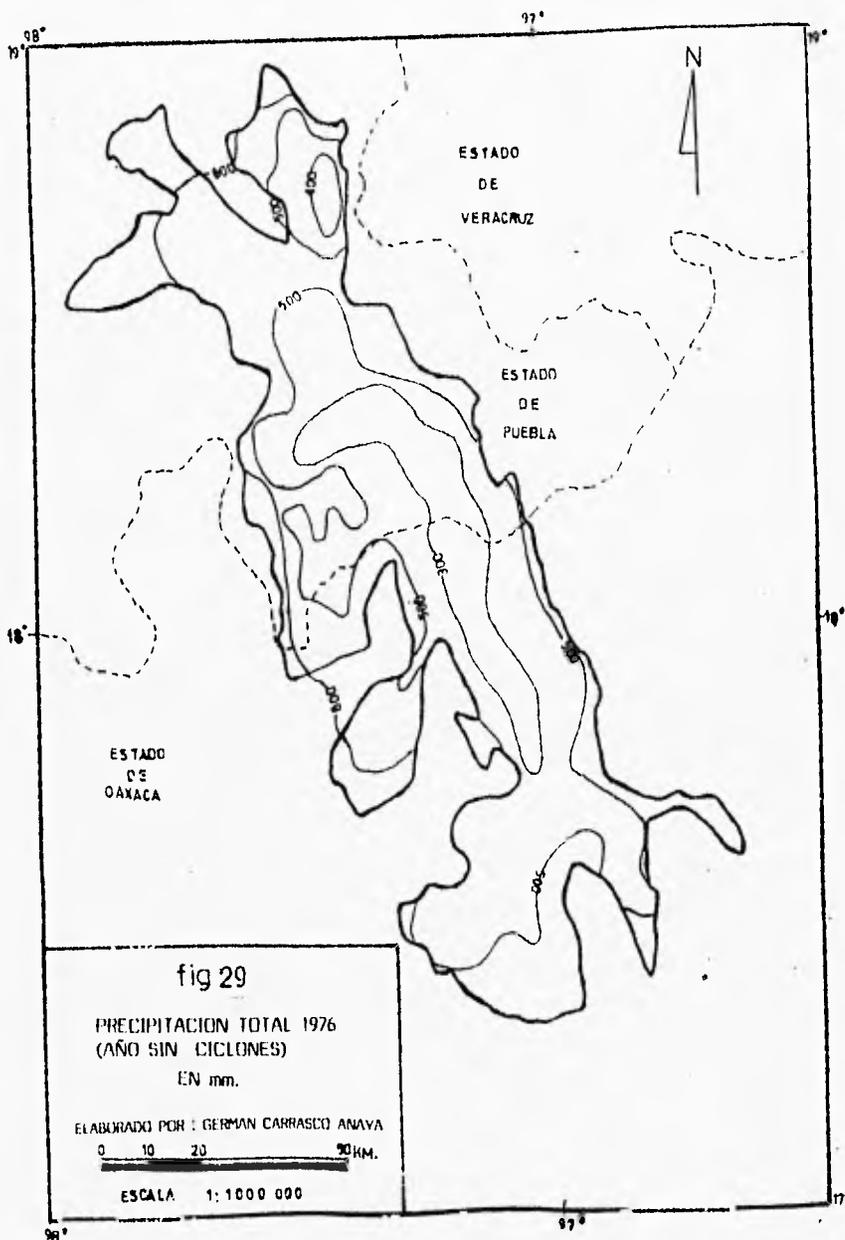


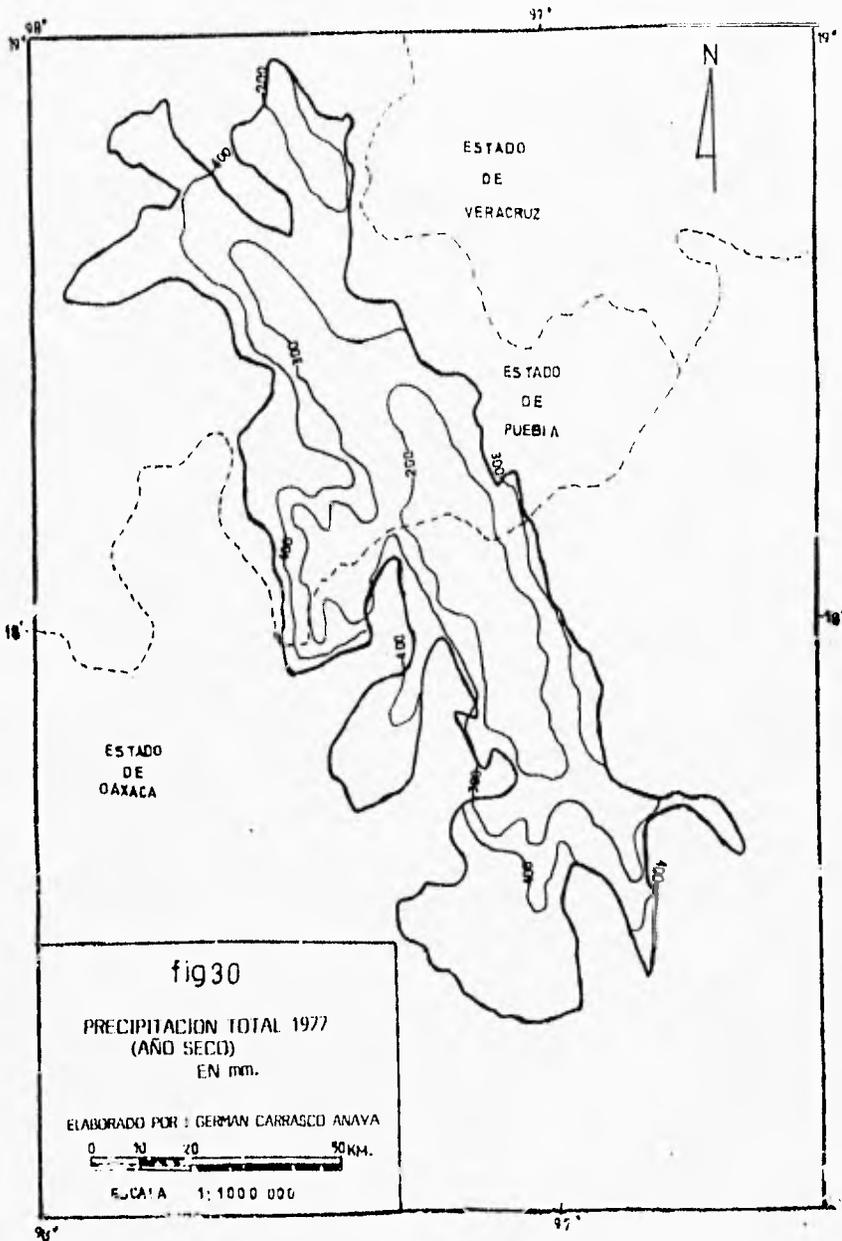
fig 29

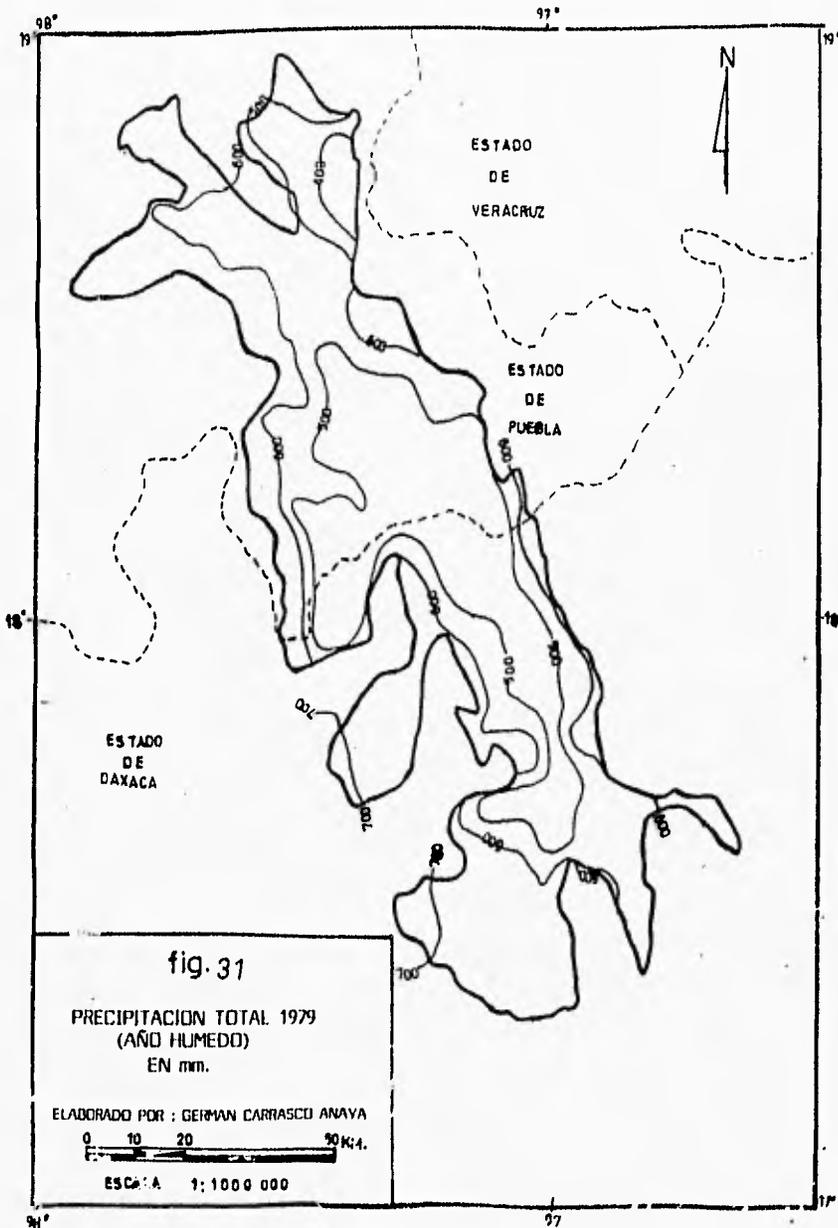
PRECIPITACION TOTAL 1976
(AÑO SIN CICLONES)
EN mm.

ELABORADO POR : GERMAN CARRASCO AMAYA

0 10 20 30 KM.

ESCALA 1:1 000 000



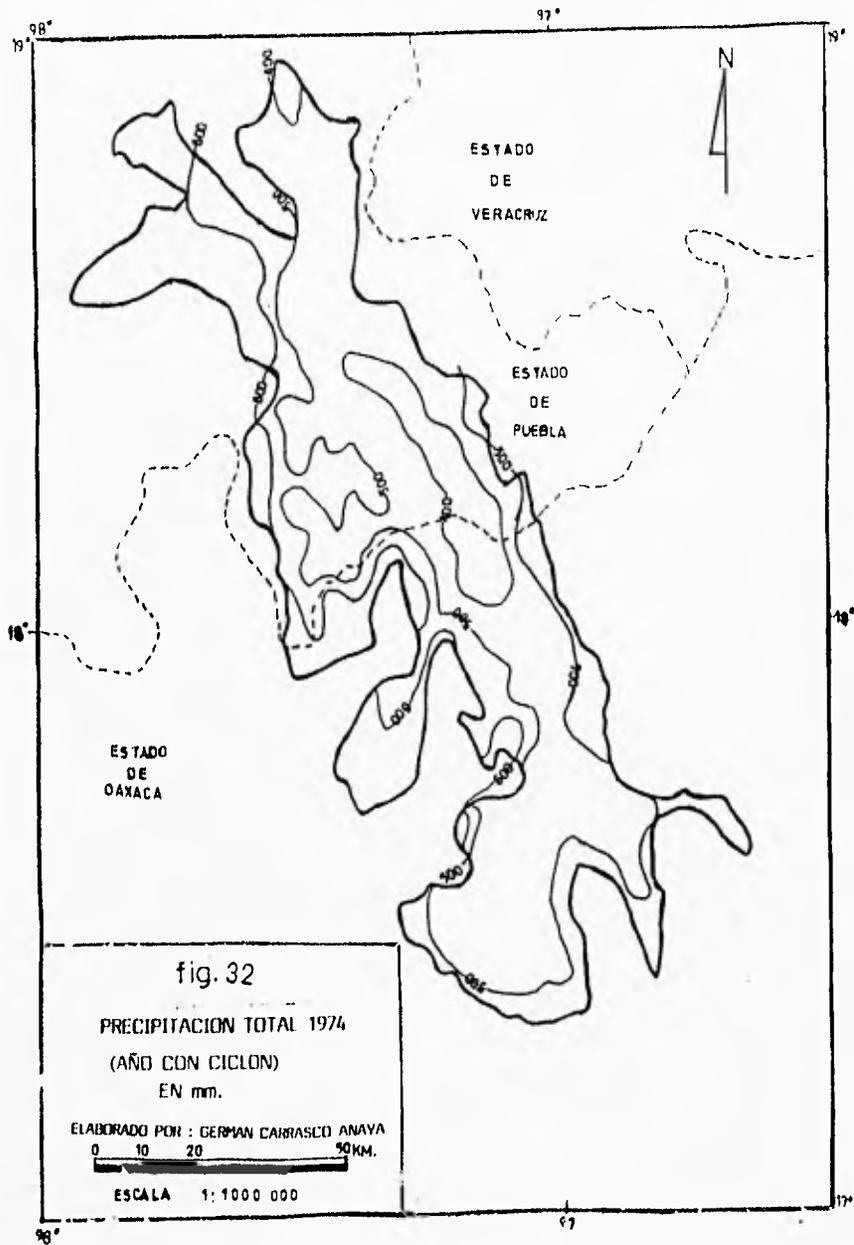


Esto en cierta forma corrobora que la presencia de un ciclón próximo (+- 100 km) en el Golfo de México, introduce humedad al continente y en particular al valle de Tehuacán-Cuicatlán. Como ya se mencionó la posible entrada de humedad por el cauce del río Santo Domingo en este año permitió una mayor precipitación en las áreas sur y central del valle. El análisis de las condiciones sinópticas de 1979 indican que en el mes de junio se presentaron sistemas de alta presión sobre el Golfo de México lo que no permitió la influencia de los sistemas tropicales en nuestro país y por ende en la zona de estudio. En cambio en el mes de septiembre hay una mayor frecuencia de los sistemas de baja presión que propiciaron la formación de perturbaciones tropicales.

Otro año seleccionado por el efecto más directo de ciclones fue 1974, (figura 32) Fifi, como depresión tropical cruzó la parte sur del valle. El patrón de la distribución de la precipitación fue muy similar al de la media anual o sea que la parte central y norte presentaron valores menores a 400 mm. Las precipitaciones más altas fueron de más de 600 mm y se localizan en los límites del valle.

Este año se caracterizó por un predominio de zonas de baja presión y un desplazamiento marcado de la ITC hacia el norte en la mayor parte de la temporada de lluvias (mayo-octubre).

El estudio de la distribución espacial de la precipitación anual nos permite visualizar el fenómeno dentro de un panorama general, si bien es importante también analizarlo desde un aspecto temporal es decir a nivel mensual, diario, etc. Pues de esta forma se pueden identificar los efectos de las perturbaciones atmosféricas que producen la lluvia, en forma precisa. Es por ello que a continuación se plantea un análisis mensual de la precipitación del valle.



Precipitación mensual

Como ya se indicó la estacionalidad de la temporada de lluvias en el valle de Tehuacán-Cuicatlán es claramente de verano, en la cual se presentan dos máximos de precipitación uno de ellos en junio y el otro en septiembre, por lo cual se analizan las condiciones de ambos meses para el área de estudio.

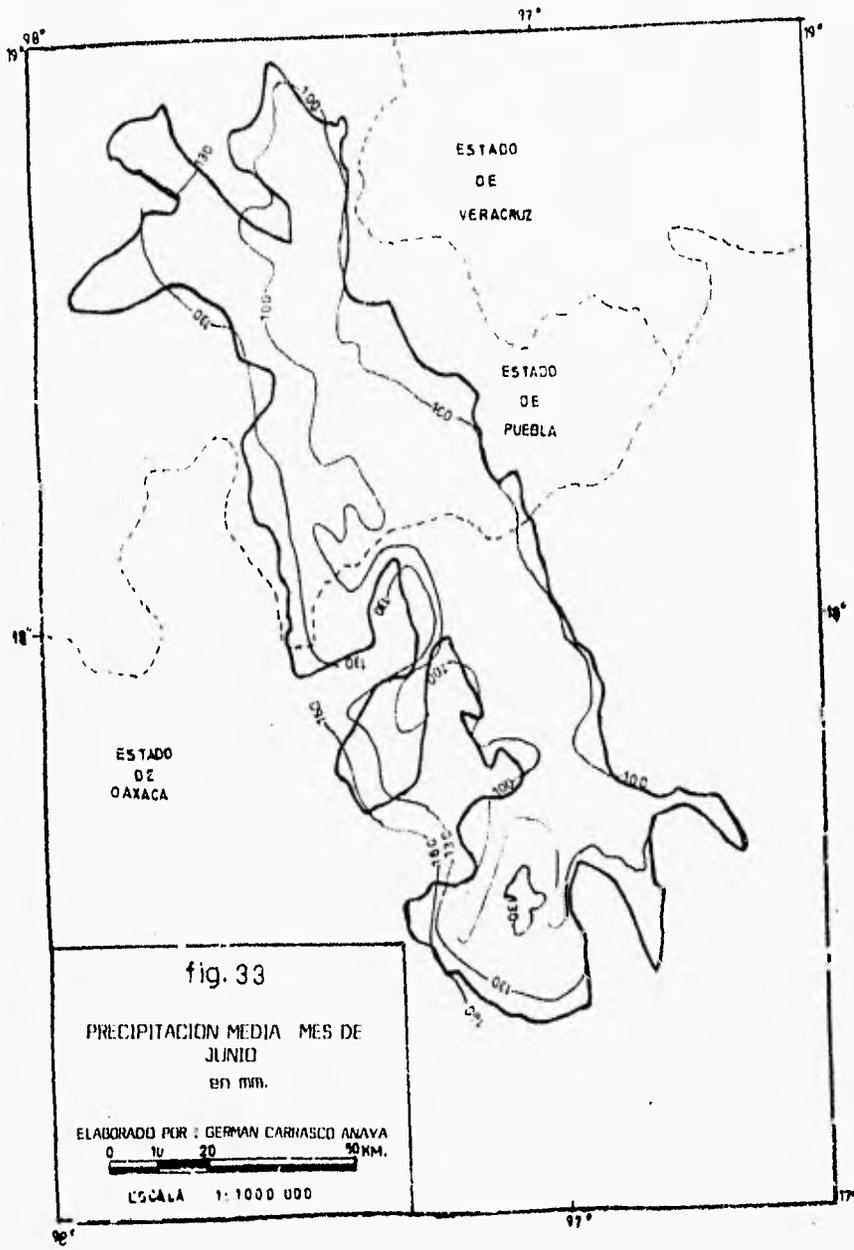
De acuerdo con Valiente (1991) junio el primer máximo de lluvia en el valle es el de mayor predecibilidad, es decir la temporada de lluvias inicia comúnmente en este mes, ya que es más consistente en cuanto a la presencia de la precipitación. Sin embargo, este máximo de lluvia no coincide con la mayor temperatura promedio mensual, la cual ocurre en abril y mayo. Esto contrasta con lo que sucede en otras zonas áridas en donde la época de lluvias de verano coincide con los registros máximos de temperatura (Ezcurra y Rodríguez 1984; Cornet 1988 citados por Valiente op.cit.).

El hecho de que la temporada de lluvias inicie en meses donde la temperatura desciende, debe tener implicaciones importantes en una disminución de la evaporación y en la disponibilidad de agua para los organismos, tal y como lo ha sugerido, (Shreve citado por Valiente op.cit.) para los desiertos.

En el caso particular del valle de Tehuacán-Cuicatlán, la evaporación como la temperatura están muy relacionadas y el inicio de la temporada de lluvias favorece la disminución de la temperatura.

El patrón de precipitación promedio durante el mes de junio como se observa en la (figura 33), presenta una área que se extiende a todo el valle de Tehuacán-Cuicatlán con valores menores a 100 mm. El mismo valle es limitado por valores de lluvia de 130 mm y sólo en la parte poniente se pueden señalar precipitaciones mayores de los 130 mm. El valor promedio de la precipitación en junio es de 111.4 mm, corresponde al 24.2 % de la que ocurre en la temporada de lluvias (mayo-octubre).

El mes de junio de 1976 (sin presencia de ciclones figura 34), se caracterizó por una distribución de la lluvia entre 50 y 100 mm en la mayor parte del área de estudio; en el centro del valle una zona con precipitación menor a 50 mm, en la región oriental, así como los valores mayores a 130 mm en su extremo sur.



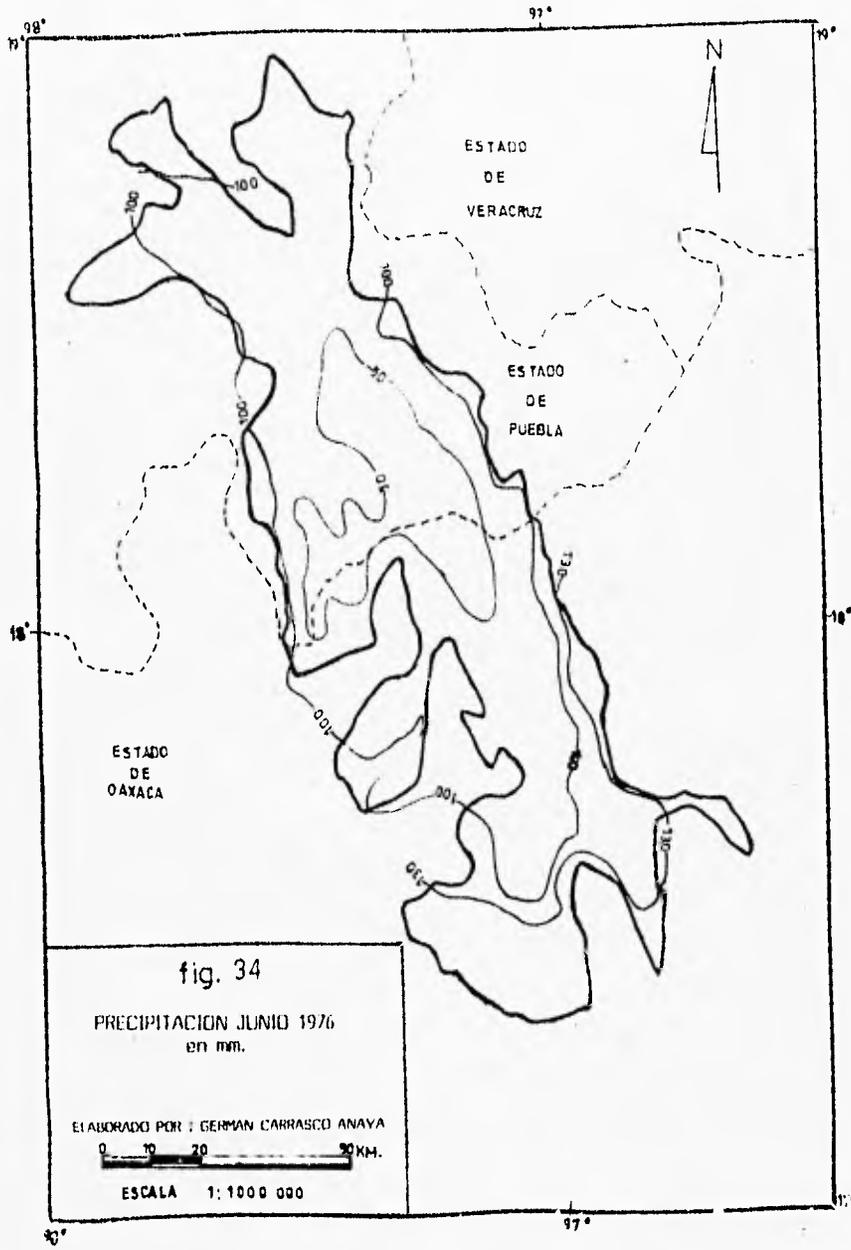


fig. 34

PRECIPITACION JUNIO 1976
en mm.

ELABORADO POR : GERMAN CARRASCO ANAYA

La menor precipitación durante este mes puede asociarse a un retraso de la temporada de lluvias como se observa en la gráfica de datos diarios de la estación de Tehuacán, (figura 22) donde las cantidades más altas se presentaron en el mes de julio y no en junio como en la mayoría de los años analizados.

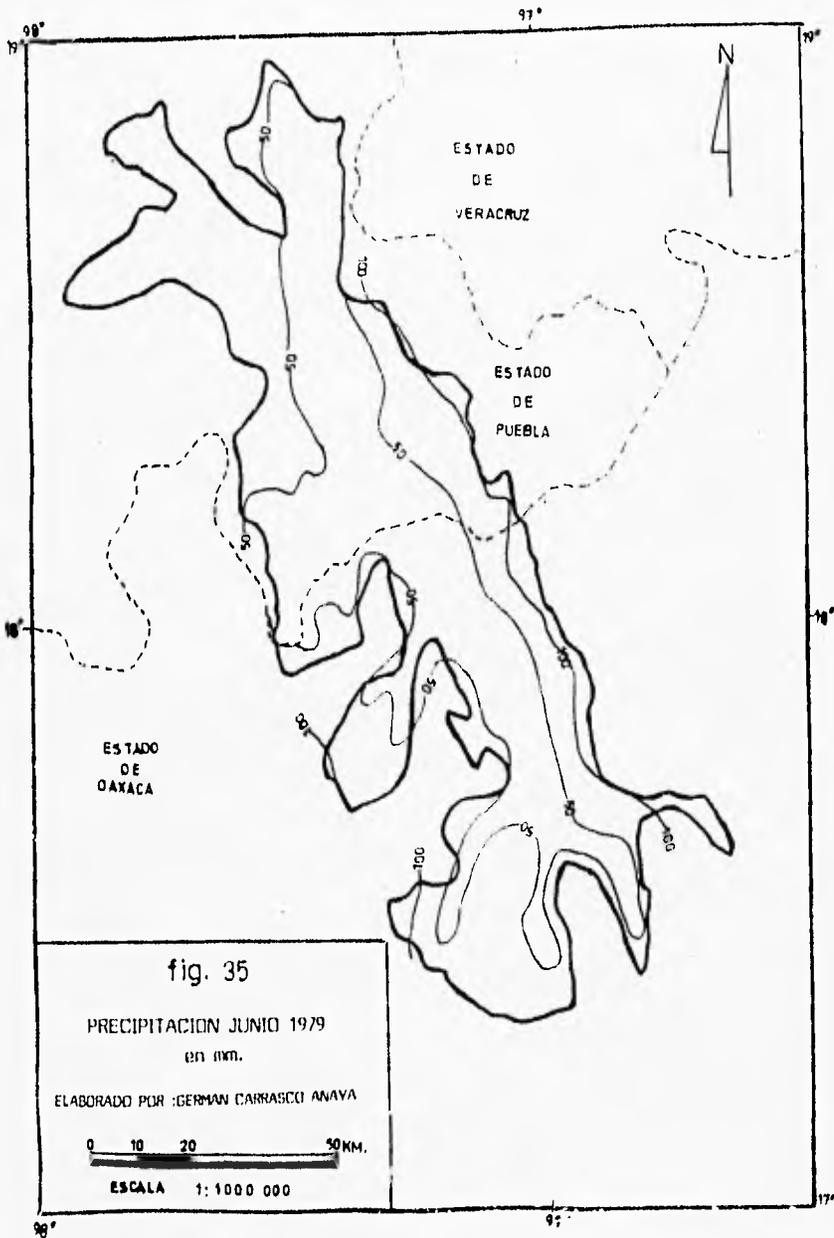
Por la circulación débil de los alisios que no logra atravesar la Sierra Madre Oriental, existen zonas como el valle de Tehuacán-Cuicatlán, aunque la orografía local es un factor que también afecta a la precipitación sobre todo en sus cantidades.

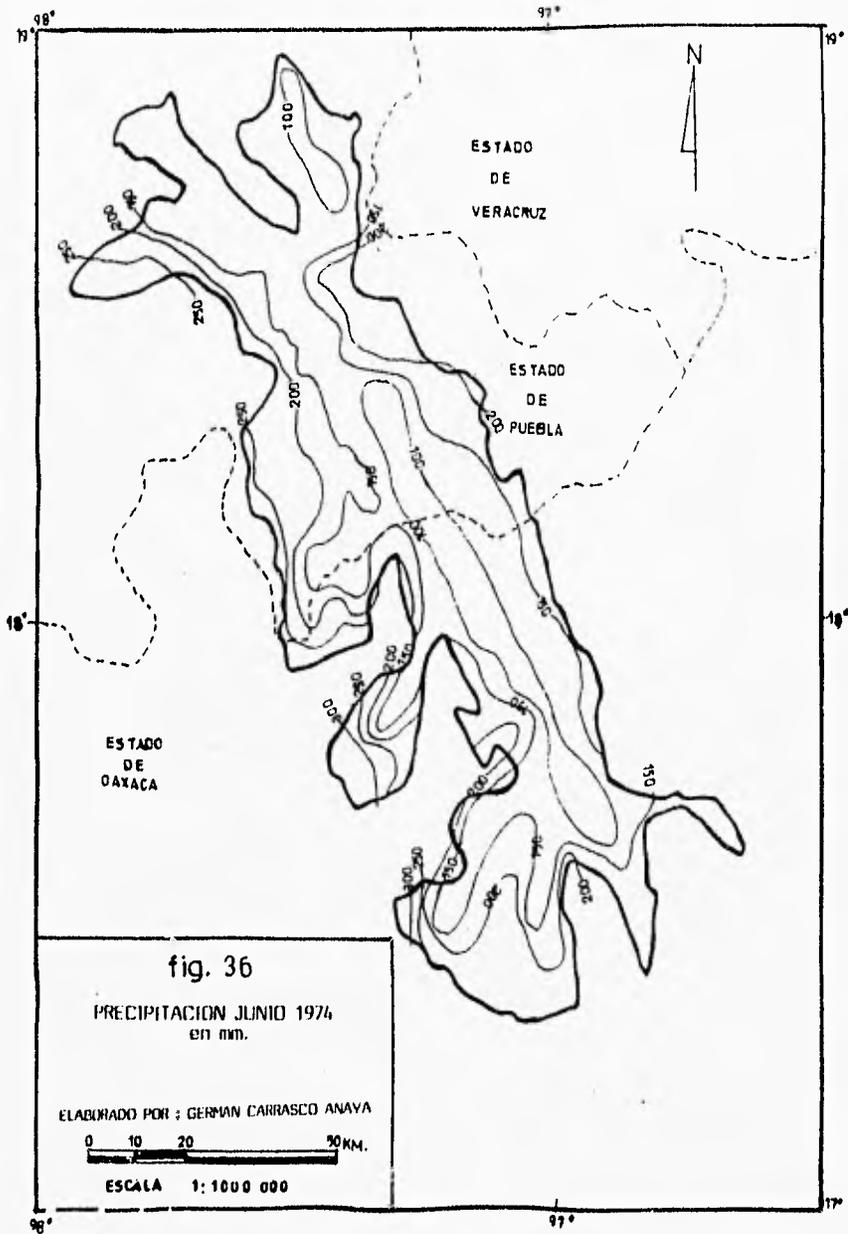
El inicio de las lluvias es un evento clave en los ciclos biológicos y en diversos procesos naturales, en la zona de estudio donde las precipitaciones inician en junio, originadas por la corriente de los alisios y sin humedad previa en el suelo, debe permitir una alta infiltración y consecuentemente es un recurso disponible para las plantas.

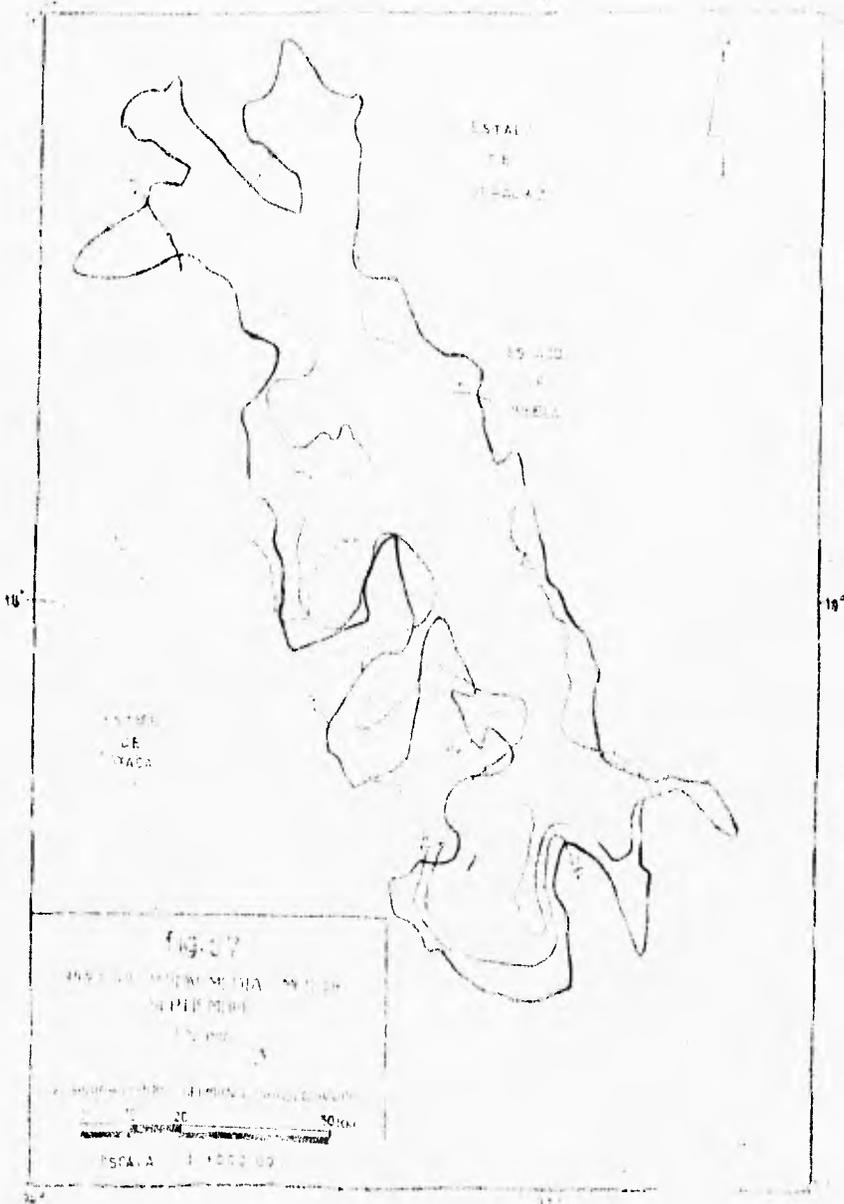
El mapa de la distribución de la lluvia de junio de 1979 (figura 35) muestra que durante ese año considerado como húmedo, la entrada de humedad no fue muy significativa, ya que una amplia extensión del valle recibe lluvias menores a 50 mm. y los valores entre 50 y 100 mm bordean y limitan al valle. El patrón pluviométrico durante el mes de junio de 1974 fue de lluvias abundantes, (figura 36). Se definen dos áreas con menos de 100 mm en el centro del valle y una en la parte norte del mismo, es también de notar una pequeña zona al NW del valle en Caltepec. En el resto del área de estudio los valores que ocurren se ubican entre los 100 y 150 mm, pero en la porción oeste del valle se presentan lluvias hasta de más de 200 mm. Esto se debe a la actividad mayor de los alisios, así como a la entrada de humedad por el sur del valle por efecto de una perturbación tropical que ocurrió en este año por el océano Pacífico.

Los efectos de esta situación única en los diez años analizados se puede observar en Tehuacán, donde los datos diarios de las precipitaciones en este mes fueron altas y se distribuyeron en mayor número de días, (figura 20).

La precipitación media mensual de septiembre considerado como el segundo máximo del año presenta un patrón similar al del mes de junio antes analizado. En la mayor parte del valle predominan valores menores a 100 mm (figura 37). Los valores mayores se presentaron bordeando todo el valle, aunque estos no superan los 130 mm, excepto en el suroeste. La diferencia de este mes con el de junio radica principalmente en la constancia de cómo se presentan las lluvias y en sus cantidades, junio es un mes con alta predecibilidad, en cambio septiembre no. (Valiente, op.cit.)







Los valores de precipitación en septiembre varían fuertemente de un año a otro debido a que en este mes como lo sugieren Byers (1967) y Jáuregui(1967) existe una marcada influencia de las perturbaciones tropicales como son los ciclones.

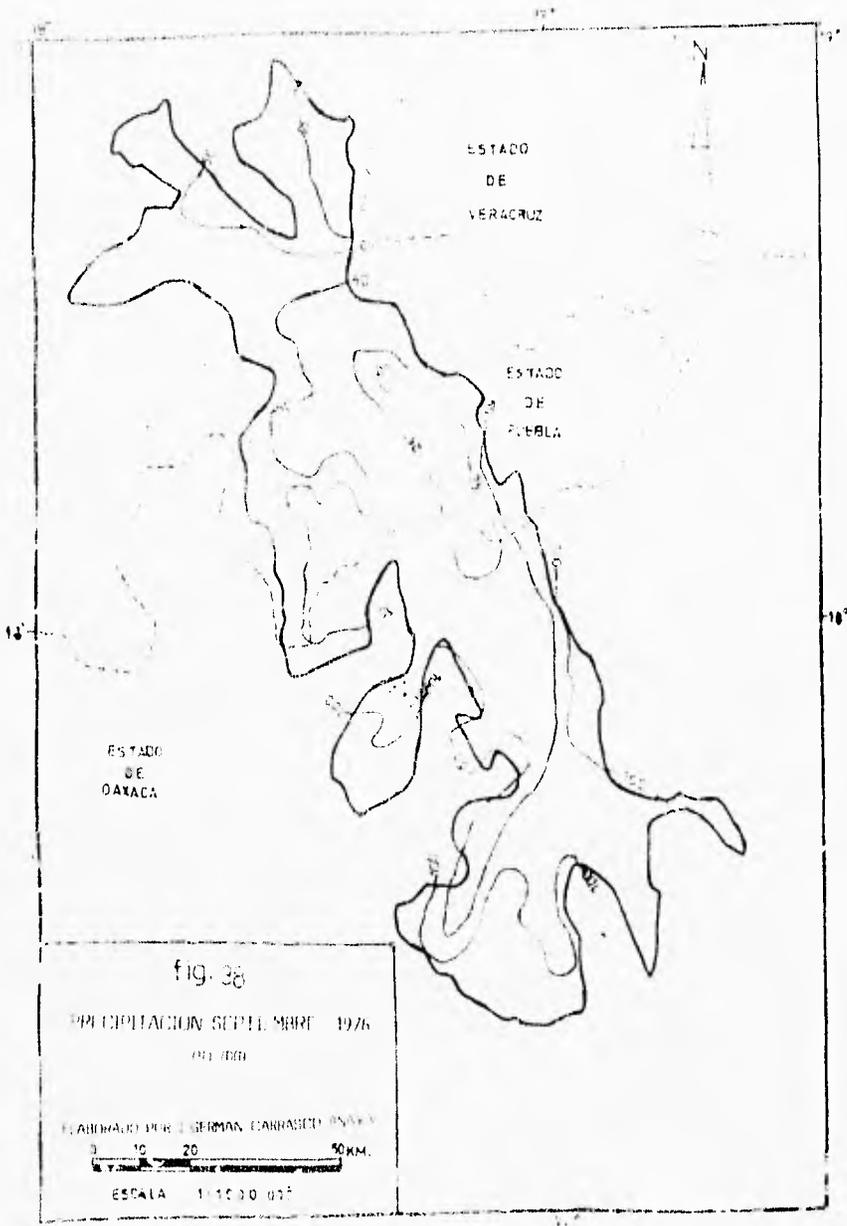
Estos generan en ocasiones abundantes precipitaciones y en otras su ausencia influye en un descenso significativo de la lluvia. Es así que el valor promedio de la precipitación en todo el valle de 102.6 mm, que corresponde al 22.3 % de la lluvia que cae en la temporada (junio 24.2 %), y no permite diferenciar claramente el efecto de las perturbaciones tropicales. Para establecer dicho efecto, se necesita analizar el comportamiento de la lluvia de septiembre correspondiente a años con presencia de ciclones tropicales, así como con ausencia de los mismos.

Del periodo de años estudiados, septiembre de 1976 presenta, (figura 38) valores muy bajos de lluvia inclusive de 0.0 mm en el área de Altepexi, Pue. Se forman dos zonas con valores menores a 25 mm, una en la parte norte del valle y otra en la parte central, el área restante aumenta a valores entre 25 y 50 mm; sólo en la parte sur y suroeste del valle recibe más de 100 mm de lluvia.

La falta de perturbaciones tropicales es muy evidente en la menor precipitación que recibió el valle de Tehuacán-Cuicatlán. Por lo que como describen Latorre y Penilla (1988) en el caso de regiones áridas de Baja California, la dinámica de la lluvia anual recibida y la derivada de la influencia de ciclones son independientes. En el valle de Tehuacán-Cuicatlán se puede distinguir la influencia de perturbaciones tropicales que aportan mucha de la lluvia en la mayoría de los años analizados, principalmente en el mes de septiembre; según Valiente (op. cit.) en su análisis estadístico de la lluvia para algunas estaciones del valle, este mes resulta en el tercer lugar de predecibilidad.

Junio, como ya se indicó es el de más alta predecibilidad, por lo tanto el área de estudio presenta alta predecibilidad anual.

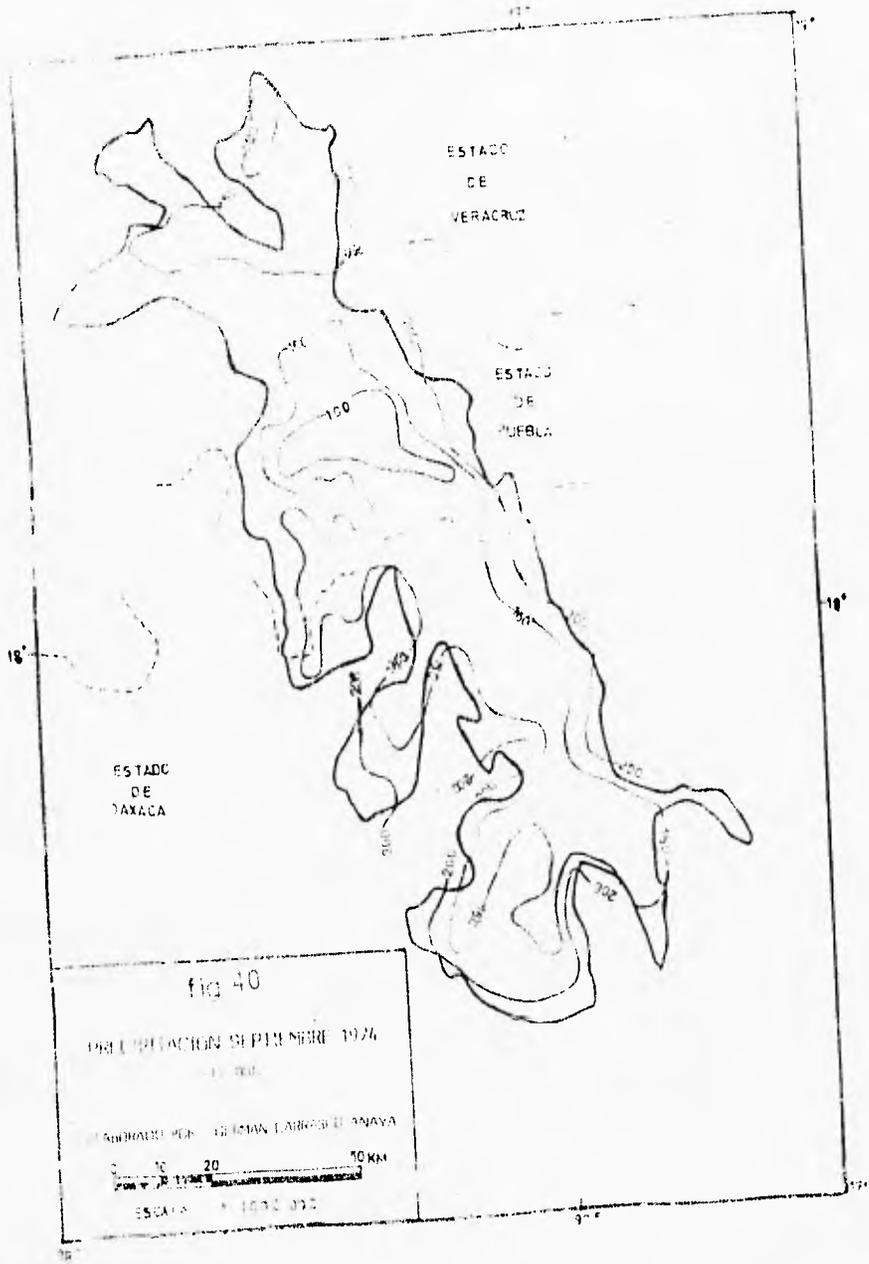
En el año de 1979 (figura 39) el patrón de precipitación no se modifica en general, la mayor parte del valle presenta valores entre el intervalo de 100 a 200 mm. Se forman dos áreas con valores menores a 100 mm, corresponden a lugares donde el efecto de sombra pluviométrica es muy evidente, se localizan en la parte norte del valle, en la ladera a sotavento de la Sierra de Zongolica cerca de Zinacatepec.



También se presenta una pequeña zona de menos de 100 mm en el área de Tepelmeme, Pue. puede deberse a condiciones locales topográficas. Los valores más altos de lluvia se encuentran por arriba de los 300 mm en áreas situadas al poniente y en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental. La evaluación de la importancia de los ciclones y su efecto en la vegetación, es quizás uno de los aspectos a considerar en futuras investigaciones. Cuando las precipitaciones son abundantes y se presentan en un corto período de tiempo, como lo reportado por (Nelson citado por Valiente, op.cit.) en ambientes áridos como el desierto de Nuevo México, algunas especies vegetales que sólo aparecen en años excepcionalmente húmedos y poco frecuentes. Es así que las lluvias de septiembre pueden tener una gran importancia para el establecimiento de algunas plantas sin olvidar la influencia de otros factores microambientales sumamente importantes.

La distribución de la lluvia del mes de septiembre de 1974 (figura 40) muestra que la mayor parte del valle recibe entre 100 y 200 mm. También presenta dos áreas de menos de 100 mm al igual que el patrón pluvial de septiembre de 1979, sólo que con un corrimiento hacia el oeste tanto al norte como en el centro-norte del valle. Además se forma otra pequeña zona correspondiente en el área de Caltepec, Pue., ocasionada por las condiciones topográficas locales. Los valores mayores a 200 mm se presentan en la parte suroeste del valle, así como en la zona de Teotitlán del Camino, Oax. Es decir sobre las estribaciones de la Sierra Madre Oriental.

A diferencia del año 1979, 1974 año considerado como especial por la influencia de una perturbación tropical, que afectó directamente al área de estudio en forma de tormenta tropical, sólo que más debilitado por lo que su aporte de humedad no es mayor que como en el caso anterior, ya que en 1979 si bien la perturbación tropical no entró al valle si permaneció durante varios días en el Golfo de México, influyendo en el aporte de humedad al valle de Tehuacán-Cuicatlán.



Frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas

La precipitación originada por los ciclones tropicales tiende a ser muy intensa y ocurrir en un lapso de tiempo corto, por ello el emplear la precipitación máxima en 24 horas puede ayudar a poder determinar la influencia de estos fenómenos atmosféricos en el patrón de precipitación de un lugar.

En el caso de este estudio la información de este parámetro se concentró en el siguiente cuadro, en donde se indican las frecuencias de precipitación máxima en porcentaje con respecto al total de años para cada una de las estaciones del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Se presentan tres categorías designadas de la siguiente forma valores bajos (de 1 a 25 mm); valores medios (de 25 a 50 mm) y valores altos (de más de 50 mm).

La frecuencia de la categoría "valores bajos" fluctúa entre un 38.8 % (Acatepec, Pue.) a un 88.5 % (El Parian, Pue.). La mayoría de las estaciones presenta una frecuencia de más del 50 % lo que indica una constancia de las precipitaciones durante la época de lluvias, esto es concomitante con su alta predecibilidad anual (Valiente op.cit.).

En "valores medios" el orden es de 44.4 % (Nacaltepec, Pue.) a 5.2 % (El Parian, Pue.). Respecto a esta categoría se puede señalar que la precipitación de más de 25 mm pero menor a 50 mm es en general común para un gran número de lugares, ya que más de la mitad de las estaciones estudiadas presentan un porcentaje mayor al 25 %.

En el caso de la categoría "valores altos" esta se caracteriza por que la frecuencia es en general menor a 10 %, sólo tres estaciones superan este porcentaje Acatepec (18.0 %), San Antonio Cañada (12.0 %) y Quiotepec (12.5 %).

Estos valores probablemente se deban a efectos topográficos muy locales.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Cuadro. Frecuencia de valores de precipitación máxima en 24 horas en porcentaje.

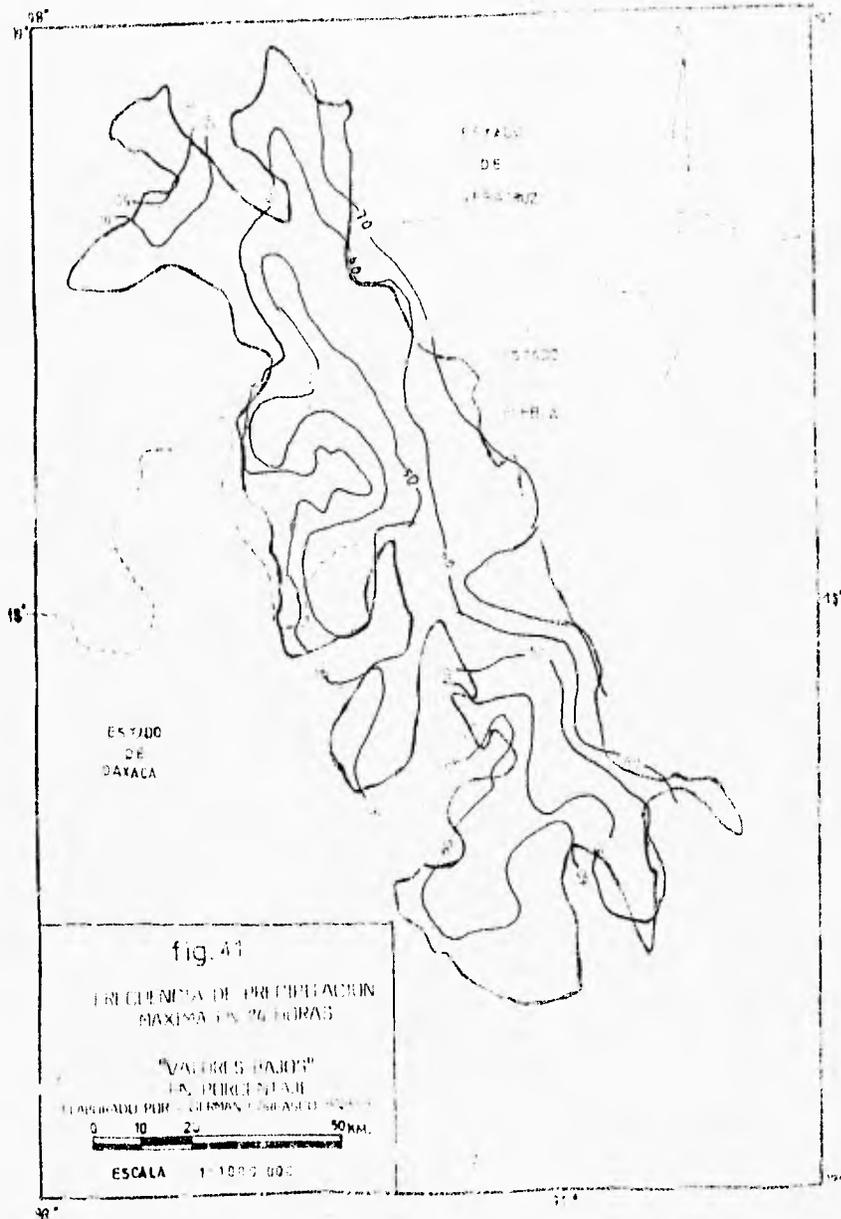
N	Estación	BAJOS	MEDIOS	ALTOS
1	Acatepec	38.8	36.8	18.0
2	Altepexi	58.5	28.9	7.2
3	D. Cacaloapan	49.1	40.8	10.0
4	Caltepec	60.4	29.8	4.1
5	Coxcatlan	61.7	28.8	4.0
6	San A. Cañada	59.2	28.8	12.0
7	Tecamachalco	48.8	42.4	7.9
8	Tehuacán	59.0	30.5	9.0
9	Tlacotepec	55.1	35.5	7.7
10	Xochistlan	48.0	38.4	9.9
11	Zapotitlan Salinas	50.7	34.7	6.4
12	Zinacatepec	67.5	22.8	1.7
13	Axusco	68.2	23.8	5.5
14	Calipan	69.8	23.0	3.1
15	El Carmen	53.7	36.1	8.3
16	Palmar del Bravo	62.2	26.6	2.2
17	San Lorenzo	53.9	31.3	9.8
18	Tlapa	68.8	25.5	4.4
19	Acutzingo	72.8	22.8	3.5
20	Apoala	62.2	31.5	3.5
21	San M. Astatia	40.3	43.8	4.3
22	Atlatluaca	41.8	40.7	8.3
23	Coixtlahuaca	54.1	34.7	6.9
24	Domingullo	56.2	32.6	9.0
25	Jayacallán	50.8	38.8	8.7
26	Jacotipac	60.0	25.0	9.1
27	Nochistlan	51.0	26.0	3.1
28	El Parian	88.5	5.2	1.7
29	Quiotepec	60.8	23.3	12.5
30	San Pedro Cantaros	59.6	31.7	2.8
31	Sta Ma. Ixcatlán	50.5	41.1	7.7
32	Suchistlahuaca	53.5	38.8	5.5
33	Teotitlán del Camino	53.3	34.5	9.1
34	Tepelmeme	59.0	31.9	5.7
35	Xiquila	70.3	22.2	3.0
36	Sn S. Nacaltepec	45.5	44.4	10.0
37	Tlacotepec	59.0	34.8	6.0

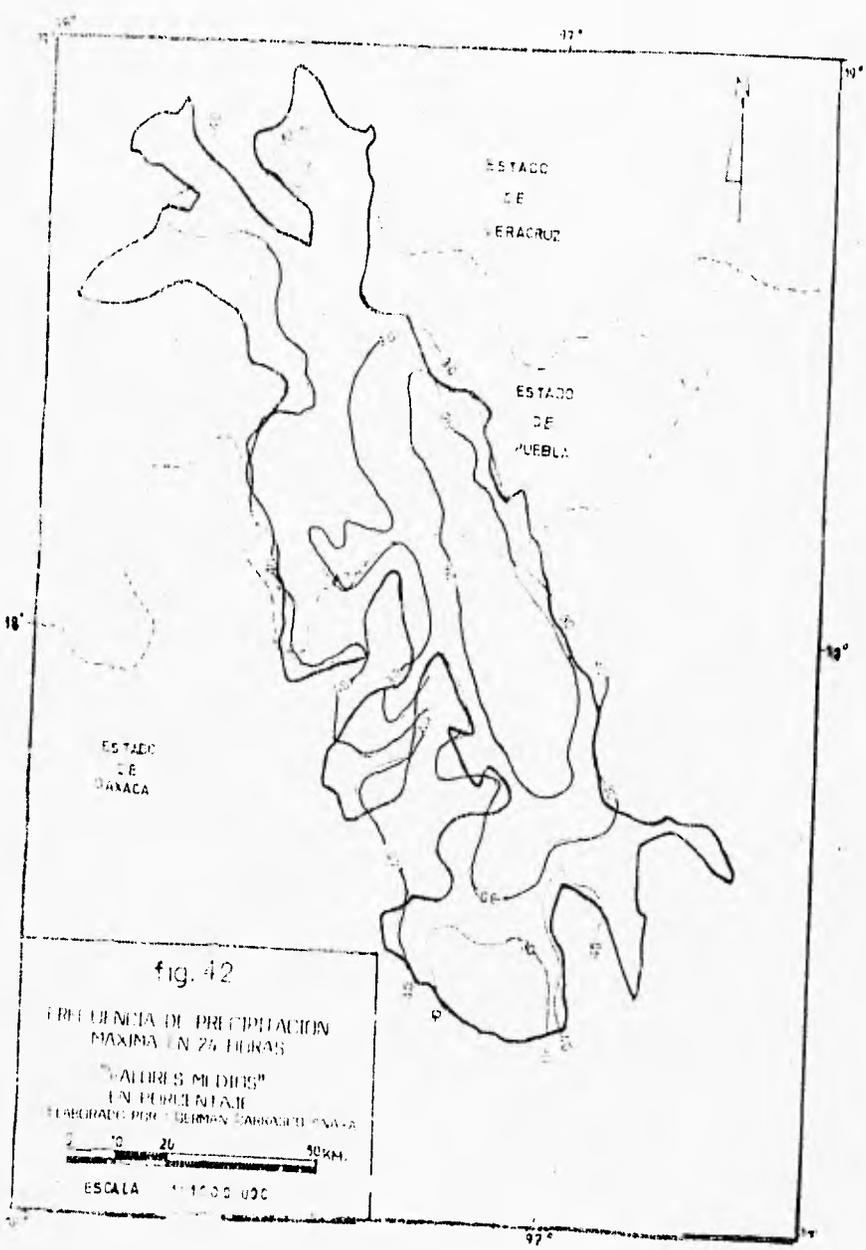
La mejor representación de la distribución espacial de los valores obtenidos de la precipitación máxima en 24 horas, es posible mediante su expresión cartográfica, lo que permite ubicar áreas de mayor a menor frecuencia dentro del valle de Tehuacán-Cuicatlán.

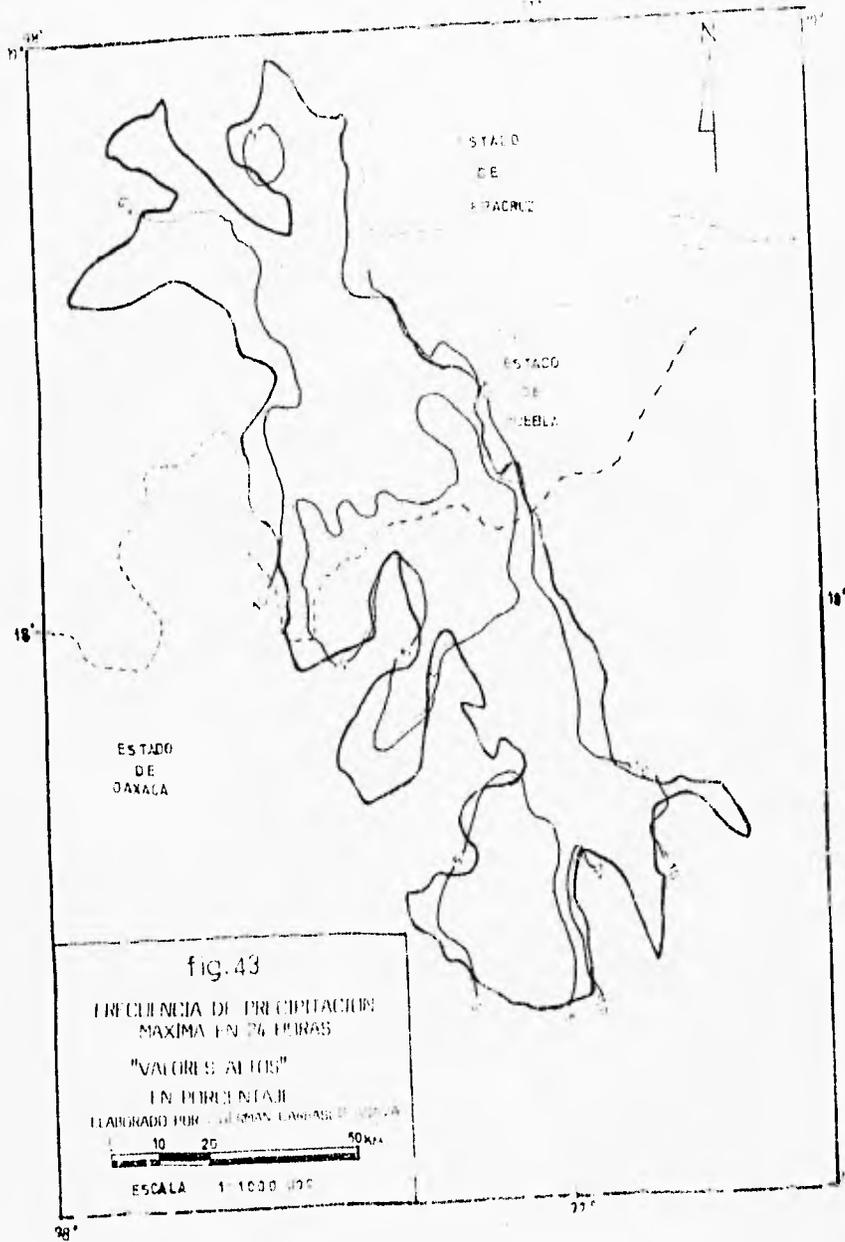
En el caso de la categoría "valores bajos" (1 a 25 mm), el mapa correspondiente, (figura 41), presenta que la mayor extensión del valle se ubica entre una frecuencia del 50 al 60 %. Se localizan áreas definidas en el sur y centro oeste del valle, así como en el extremo noroeste del mismo, con valores menores al 50 %. Los valores mayores al 70 % se concentran en lugares como Xiquila. Es posible explicar esta distribución a partir de la entrada de humedad al valle por la parte sur en donde el cauce del río Santo Domingo lo permite. Posteriormente esta se reparte en el valle por efecto de la circulación local de vientos, como por la topografía misma del valle.

En el caso de "valores medios" (25 - 50 mm) (figura 42), su distribución de la frecuencia se ubica entre 25 y 40 %. Se comporta de manera similar al patrón general de lluvias del valle, es decir se forma una área en el centro del valle que presenta valores de menos del 25 %, y mayores a 40 % al poniente y sur del valle.

La distribución espacial de la categoría "valores altos" (figura 43), precipitación máxima en 24 horas mayor a 50 mm, presenta valores entre 5 y 10 %. En la parte central del valle donde se localiza el área más árida se presentan menos de 5 %. También se forma una pequeña zona en el norte del valle y otra hacia el sur. Más del 10 % ocurre en las laderas de las sierra que bordean al área de estudio en lugares como Acatépec, en el poniente del valle.







Conclusiones

Los resultados de este trabajo nos muestran al valle Tehuacán-Cuicatlán como una zona árida tropical de baja precipitación debida al marcado efecto de sombra pluviométrica provocado por la Sierra Madre Oriental.

EL patrón de precipitación, tiene una marcada estacionalidad en verano, con la presencia regular de fenómenos meteorológicos productores de lluvia.

Destacan eventos meteorológicos como los vientos alisios y la influencia de la Zona Intertropical de Convergencia en los primeros meses de la temporada de lluvias, primer máximo en las gráficas de distribución anual.

La influencia de perturbaciones tropicales está muy marcada en la cantidad de la precipitación que recibe el valle sobre todo en el mes de septiembre segundo máximo en las gráficas.

La distribución espacial de la precipitación no sufre grandes cambios de un año a otro, solo se presenta una ligera variación en las cantidades totales. Estas variaciones son originadas principalmente por la topografía propia del valle, así como la circulación de vientos locales.

La precipitación máxima en 24 horas es un parámetro que proporciona información más detallada sobre el comportamiento, temporal de la lluvia, es importante sobre todo en las zonas áridas donde su ocurrencia en cortos períodos es común. Su frecuencia permite señalar áreas donde se presenta una mayor o menor lluvia la cual puede relacionarse con el desarrollo de algunas especies que requieren una cantidad de humedad específica para su ciclo de vida. Así también con los recursos hidrológicos disponibles para la población y sus actividades económicas.

Es posible considerar este comportamiento en la precipitación máxima como un elemento de apoyo, junto con, la caracterización de los microambientes que determinan algunos de los endemismos que se presentan en el valle.

Para estudiar con mas detalle los cambios temporales sería conveniente comparar los valores de precipitación máxima en 24 horas con el comportamiento de la lluvia a nivel diario, lo que permitiría hacer de manera más adecuada la caracterización del patrón pluviométrico del área.

Bibliografía

- * Byers, D.S. 1967. Climate and Hidrology. en: Byers, D.S. (Ed.) The Prehistory of the Tehuacán Valley. Vol. 1 Enviroment and Subsistence. University of Texas press. Austin. p 48-65.

- * García, E. 1965. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. Publicaciones del Instituto de Geografía. Vol. 1 México p171-191.

- * _____. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Ciiimática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Offset, 5a ed. México.

- * Jaramilo, L.V. y González M.F. 1983. Análisis de la vegetación Arbórea en al Provincia florística de Tehuacán-Ciucatán. Boletín de la sociedad Botánica de México. 45:49-64.

- * Jauregui, O.E. 1967. Las "Ondas del Este" y los ciclones tropicales en México. Ingeniería Hidráulica de México. 1(21):197-206.

- * _____. 1975. Los sistemas del tiempo en el Golfo de México y su vecindad. Boletín del instituto de Geografía. México. 6:7-36.

- * _____. 1969. Los huracanes prefieren a México. en: información Científica y Tecnológica. 3(15):48-51.

- * _____. 1990. Evaluación del riesgo de ciclones tropicales en las costas de Nayarit-Sinaloa. Memoria del XII Congreso Nacional de Geografía. México. 1:244-256.

- * _____. 1995. Rainfall Fluctuations and Tropical Storm Activity México. In: Erdkunde. 39-48.

- * Kjell, I. E. and S. Whiteford. 1989. The keepers of water and earth Mexican rural social organization and irrigation. University of Texas press. Austin. 12-35.

- * Kwong Woo-pui. 1974. Tropical cyclone rainfall in Hong Kong. in: Royal Observatory Hong Kong Technical. 38.

- * Latorre, C.D. y L. Penilla. 1988. Influencia de los ciclones en la precipitación de Baja California sur. Atmósfera. 1:99-112.

- * Luna-Bauza, C. 1979. Atlas de huracanes en el Océano Pacífico y en Océano Atlántico. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, SPP. México. pp

- * Mosiño, P.A. y E. García. 1968. Evaluación de la sequía intraestival en la República Mexicana. Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. México. p 35-51.

- * Rosengaus, M. y J. Sánchez. 1990. Gilberto ejemplo de huracanes de gran intensidad . en: Ingeniería Hidráulica de México. México 5(1):

- * Valiente, B.L. 1991. Patrones de precipitación en el valle semlárido de Tehuacán Puebla, México. Tesis licenciatura Biología. Fac. Ciencias, UNAM. México. p

- * Vidal, Z.R. 1994. Condiciones pluviométricas del norte de México. Boletín de Investigaciones Geográficas. México. 29: -85.

- * Villaseñor, J. y L. Davila. 1990. Fitogeografía del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Boletín de la Sociedad Botánica de México. México.


 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS
 COLEGIO DE GEOGRAFIA