

## LA VARIABILIDAD DE LA LLUVIA AL SUR DEL PARALELO 20° NORTE EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Por: Ramón Sierra Morales

### RESUMEN

La finalidad primordial del estudio fué elegir las fórmulas mas adecuadas para determinar de una manera efectiva la variabilidad de la lluvia en nuestro país, a fin de preparar la programación primero, de la variabilidad de la lluvia en el estado de Veracruz y posteriormente en toda la República. Esta variación que se define como la diferencia con la media calculada en un período considerable de años de observación, es significativa debido a que tiene una relación directa con las explotaciones agrícolas, con la vegetación y suelos, así como con la distribución de los núcleos de población y la localización de zonas industriales y de almacenamiento de agua para diversos usos.

En este trabajo se tomaron como base 19 estaciones meteorológicas distribuidas en la parte meridional del Estado de Veracruz, evitando que quedaran muy aglomeradas, ya que por tratarse de un trabajo experimental no era necesario emplearlas todas. Una vez reunidos los datos de precipitación anual de un período mayor de 12 años se procedió a calcular la variación interanual de la lluvia cuantificando y calculando la desviación que acusan los valores individuales respecto al promedio aritmético.

Con el propósito de tener una idea de cómo la variabilidad afecta el desarrollo de la agricultura, se hizo un análisis de este tipo de actividad tomando como base datos estadísticos de producción de los siguientes cultivos: maíz, frijol, caña de azúcar y café, por tratarse de productos con un rendimiento y consumo muy elevados.

Se concluyó que, en general, el rendimiento de los cultivos ofrece una tendencia a disminuir a medida que el coeficiente de variación aumenta; sin embargo hay algunas estaciones en que esto no sucede, lo cual pone de manifiesto que las características agrícolas de un lugar no sólo dependen de la variabilidad, sino de otros factores como son la topografía del terreno, el tipo de clima, las prácticas agrícolas empleadas, los tipos de semilla que se utilicen en la siembra, los suelos, la cantidad total de lluvia, el régimen pluviométrico, etc.,

## INTRODUCCION

El estudio de la parte Sur del Estado de Veracruz es el primer trabajo, de una serie de estudios sobre el análisis de la variabilidad de la lluvia del país que van a realizarse, cuya finalidad será dar a conocer los índices de variabilidad de la lluvia en las diversas regiones de México, y tratar de buscar la causa o causas geográficas principales que la originan.

La variabilidad de la lluvia se puede definir como la fluctuación que se registra en los valores de la precipitación de un año a otro, debida principalmente a los cambios que se verifican en las capas bajas de la circulación general de la atmósfera, ya que es muy difícil que estos mecanismos presenten siempre exactamente las mismas características; además, generalmente la variación en la precipitación suele ser mayor que la de la temperatura sobre áreas extensas.

Esta variación es significativa en muchas partes del mundo ya que la variabilidad de la distribución de la lluvia, en un área determinada, está en relación directa con la agricultura y con la vegetación y suelo de esa zona. Wallén ( 1955 ) afirma que mientras la lluvia sea escasa la variabilidad será muy fuerte y ésto dificulta la agricultura. Las zonas limitadas por un bajo índice parecen ser las de un mejor aprovechamiento agrícola, ya que proporcionan, en general, un rendimiento más adecuado a las circunstancias del medio.

Se espera que las conclusiones que puedan ser extraídas de este estudio, sean de utilidad y que las sugerencias que justificadamente se den, representen una forma lógica de emplear las fuerzas del hombre en actividades que traigan como resultado un rendimiento que satisfaga sus más apremiantes necesidades, dentro del medio en que vive.

Mientras el hombre viva ignorando toda una serie de problemas que impiden el desarrollo de su región, será imposible señalar los caminos más adecuados que pueda seguir para mejorar la adaptación a su medio. Es necesario buscar y encontrar el o los puntos que deben atacarse primero, para de aquí ir deduciendo la forma de resolver, con bases bien fundamentadas, el mayor número posible de problemas.

En este trabajo que será la introducción de otros mayores: el de la variabilidad de la lluvia en el Estado de Veracruz y posteriormente en toda la República Mexicana; se intenta dar una idea del método que se seguirá en futuros trabajos, y para ello se calcula el índice de variabilidad de la lluvia en por ciento, en una zona del Estado de Veracruz.

Los cálculos se hicieron con máquina de calcular ordinaria para enfrentarse directamente con el problema y poder dar a los programadores las pautas a seguir en las máquinas electrónicas. Actualmente se están perforando en el Centro de Cálculo Electrónico de la U. N. A. M. todos los datos de precipitación anotados mes por mes y año por año, de las 150 estaciones meteorológicas que contienen datos de precipitación en un período mayor de 12 años en el lapso 1921-1966;

datos que fueron recopilados por el personal del Instituto de Geografía en los Archivos del Servicio Meteorológico Mexicano, de la Secretaría de Recursos Hídricos y de la Comisión Federal de Electricidad.

Por ser la precipitación uno de los elementos más importantes con el que se cuenta para la determinación de un clima, se consideró interesante un estudio acerca de la variabilidad de la lluvia al Sur del paralelo 20°N en el Estado de Veracruz que posee diferencias marcadas en cuanto a cantidad de lluvia en sus distintas zonas.

Se desea que ese trabajo sirva para presentar un panorama claro, que permita deducir cuáles son los lugares más adecuados para la agricultura, por lo menos en lo que se refiere a este elemento climático. Mientras tanto, este pequeño estudio es sólo una muestra de lo que se hará en dicho Estado y una vez terminado se procederá, como ya se indicó, a hacer otros semejantes de cada uno de los Estados que integran a la República Mexicana, con el objeto de brindar, a través del mayor número posible de datos estadísticos, una idea más aproximada de los medios de que nos podemos valer para la solución de problemas que impiden el desarrollo acelerado de nuestro país.

## SITUACION GEOGRAFICA DEL ESTADO DE VERACRUZ.

Veracruz es una de las entidades costeras localizadas en la parte este de nuestro país, que se encuentra en contacto con el Golfo de México. Es una faja de tierra, larga y estrecha, con una dirección más o menos de norte a sur, delimitada por los paralelos 18°10' y 22°15' de latitud norte.

El territorio veracruzano se encuentra comprendido casi totalmente entre la Sierra Madre Oriental y el Golfo de México. Esta situación determina un marcado declive desde las cimas de la Sierra hasta el mar. Debe hacerse notar que cerca del litoral se extiende una faja de tierras bajas y planas o sea una llanura costera. En el Norte dicha llanura se abre hasta llegar a los estados de Tamaulipas y San Luis Potosí; esta región se conoce con el nombre de la Huasteca.

En el sur, que es la zona de estudio, también se ensancha hasta llegar al Estado de Oaxaca; en esta porción de la llanura, ya para llegar a la costa, se localiza una sierra volcánica aislada, conocida con el nombre de Sierra de los Tuxtlas, con elevaciones hasta de 2000 m sobre el nivel del mar; algunas partes de la llanura costera son tan bajas y planas que las aguas se estancan formando lagunas, pantanos y ciénegas, y debido a la escasa profundidad de la plataforma continental suelen formarse esteros en el litoral.

## LIMITES

Como se sabe, Veracruz limita al este con el Golfo de México, al norte con el Estado de Tamaulipas, al sur con Oaxaca y Chiapas, al sureste con Tabasco y al oeste con San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Oaxaca.

## RELIEVE

La Sierra Madre Oriental que limita al Estado por la parte oeste, representa un factor importante en los cambios climáticos, debido a que sus alturas varían desde los 0 a los 5747 m. sobre el nivel del mar.

## CIRCULACION GENERAL DE LA ATMOSFERA

Vientos alisios. Veracruz, por su latitud, se encuentra en la zona donde predominan los vientos alisios del Hemisferio Norte, que se originan en la margen suroccidental de la celda de alta presión del Atlántico del Norte o Bermuda - Azores, la cual durante el verano se desplaza hacia el norte, haciendo que los alisios sean más intensos y profundos. En invierno, al desplazarse la celda de alta presión hacia el sur, los vientos alisios pierden en intensidad y profundidad, viéndose reemplazados en su parte superior por los vientos del Oeste; en esta forma los alisios dominan durante la época fría del año sólo en las partes bajas de la porción más austral del Estado.

Ciclones tropicales. Son perturbaciones atmosféricas que se originan en los mares Caribe y de las Antillas y que al pasar por las aguas cálidas del Golfo de México se cargan de humedad aumentando así su intensidad; tienen mayor frecuencia hacia fines del verano y principios del otoño, así que las precipitaciones son más abundantes en las zonas influenciadas por estas perturbaciones atmosféricas.

Nortes. Son masas de aire polar continental procedentes del norte de Estados Unidos y sur de Canadá, que durante el invierno se desalojan hacia el sur y así la República Mexicana se ve afectada por estas masas de aire, se cargan de humedad y llegan a Veracruz como masas de aire polar modificado, que producen aumento en la precipitación invernal.

## GENERALIDADES DE LA VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACION.

La variabilidad no es sino la diferencia que existe entre la cantidad de lluvia caída un determinado mes o año con respecto al promedio ( éste se obtiene de la suma de la precipitación total mensual o anual dividida entre el número de años que se tengan )

Es importante aclarar que son muy pocos los trabajos de investigación acerca de la variabilidad de la precipitación; uno de ellos fué presentado por el sueco C. Wallén en 1955, que brinda una idea muy valiosa en lo que se refiere al método a seguir en este tipo de trabajos.

Wallén tomó como base 53 estaciones de precipitación en toda la República Mexicana, distribuidas y seleccionadas convenientemente, de acuerdo con su propio criterio.

Es necesario decir que solo para el trabajo de Veracruz, con una extensión de 72 815 Km<sup>2</sup>, se han tomado aproximadamente 96 estaciones de precipitación con un período mínimo de 12 años de observación; es decir, el doble de

las que Wallén empleó para todo el país; sin embargo, a pesar de esta comparación, el trabajo del mencionado autor resultó eficiente y completo, brindando un panorama que aunque demasiado general se acerca a la realidad. La razón principal por la que se consideró de utilidad hacer un trabajo semejante pero más detallado sobre el mismo problema, fué la de buscar soluciones a nivel regional, que puedan servir para una mejor planeación agrícola.

### PROCESAMIENTO DE DATOS

Si se analizan los datos de precipitación anual en una misma estación meteorológica, se encuentra con frecuencia, que hay años en los cuales la precipitación es abundante y otros donde es escasa; es decir, hay años lluviosos y años secos. Por ejemplo, en el año de 1957 en que escasearon las lluvias en el país, las precipitaciones más bajas de la región Puebla-Tlaxcala ocurrieron en el área de Tecamachalco, Puebla y Tepeji, donde solo cayeron entre 200 y 300 mm anuales ( Jáuregui 1968 ). En cambio, 1958 fué un año de lluvias abundantes; las regiones donde la variación fué mayor son las que, en general, sufren deficiencias pluviométricas; en estas zonas la lluvia aumentó en muchos casos hasta el 100 % de su valor promedio y en cambio, en el valle de Puebla, con precipitaciones no muy bajas, la lluvia fué mayor en sólo un 25 o 30 %.

Las variaciones que se presentan en la lluvia anual, pueden cuantificarse calculando la desviación que acusan los valores individuales respecto al promedio aritmético. Para calcular la variabilidad media anual ( A.V. ) se siguen los pasos que a continuación se citan.

1. Se suman las precipitaciones totales anuales (  $a_1, a_2, \dots, a_n$  ) de todos los años de observación y se divide este resultado entre el número de años (  $n$  ):

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

2.- Se calcula la diferencia (  $d$  ) entre este valor (  $\bar{a}$  ) y la precipitación individual de cada año (  $a_1, a_2, \dots, a_n$  )  $d_1 = a_1 - \bar{a}$  ;

$$d_2 = a_2 - \bar{a}; \dots d_n = a_n - \bar{a}$$

3. Se suman las diferencias (  $d$  ) y esta suma se divide entre el número de años de observación: ( A.V. ) =  $\sum \frac{d}{n}$

Existen varias fórmulas para expresar la variabilidad media, que se usan con el objeto de buscar un valor más adecuado y decidir cual es la que mejor se adapta al tipo de trabajo que se realiza. Según Conrad ( 1952 ) la fórmula más fácil para expresar la variabilidad media es la expresada anteriormente:

Sin embargo, este valor no da una idea muy buena de la variabilidad de la lluvia ( Wallén, 1955 ), ya que depende por completo de la media aritmética. Se ha introducido por lo tanto el concepto de "variabilidad relativa" (VR) que se define así:

$$(VR) = 100 \frac{AV}{\bar{a}}$$

En donde  $\bar{p}$  es la media aritmética de la precipitación mensual o anual, según el caso, o sea;  $\bar{P} = a_1 + a_2 + \dots + a_n$

Sin embargo, Conrad ( 1952 ), señala que ni aún ( VR ) es independiente de la media.

Otra fórmula es la de desviación tipo o estandar que proporciona una medida aún más exacta de la fluctuación de las precipitaciones en un período determinado. La desviación  $\sigma$  se define como la raíz cuadrada de la suma de las diferencias al cuadrado entre el número de años de observación.

La fórmula de desviación tipo o estandar se expresa como sigue:

$$\sigma = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{n}}$$

siendo

$n$  = el número de años de la serie de precipitaciones.

$$d_1^2 = (a_1 - \bar{a})^2 ; d_2^2 = (a_2 - \bar{a})^2 ; \dots d_n^2 = (a_n - \bar{a})^2$$

La desviación tipo o estandar depende indiscutiblemente también de la media aritmética, por tal razón se ha propuesto otra medida que es el coeficiente de variación ( C.V. ) que se expresa así :

$$(C.V.) = \frac{100\sigma}{\bar{a}}$$

Con esta fórmula se mide el grado de dispersión de los valores individuales de una serie alrededor del promedio, ( C.V. ) es el coeficiente de variación,  $\sigma$  es la desviación tipo,  $\bar{a}$  es el promedio y 100 es un valor constante que convierte en porcentaje el dato que deseamos conocer. Todos estos datos, tanto la desviación tipo  $\sigma$  como el promedio ( $\bar{a}$ ) son valores que se han obtenido antes.

Wallén en su trabajo sobre algunas características de precipitación en México, demuestra que los más altos porcentajes de variabilidad se encuentran en regiones que tienen escasa precipitación: por ejemplo, hay regiones en Baja California, que son extremadamente secas; en ellas la precipitación total anual no llega ni siquiera a 100 mm; la variabilidad en esta región es superior al 60 % ( García y Mosiño 1968 ).

Para dejar más clara la explicación sobre el coeficiente de variación se reproduce aquí un mapa sacado del trabajo de Wallén ( 1955 ) Fig. ( 4 ) que muestra de una manera clara las zonas que tienen un coeficiente de variación más elevado expresado en porcentaje.

Si se analiza el mapa, se notará que en efecto, las partes norte y noroeste del país son las regiones con más alto índice de variación, en ellas se puede observar que coincide con las regiones más secas. En cambio, las áreas que tienen

un bajo índice de variación son aquéllas en donde las precipitaciones son, en general, abundantes y se localizan en la Meseta Central y hacia el norte y oeste, a lo largo de la Sierra Madre Occidental así como en la parte tropical del país.

## BREVE ENSAYO SOBRE EL MANEJO DE FORMULAS DE VARIABILIDAD.

Con el propósito de observar como funcionan las diferentes fórmulas de variabilidad de la lluvia y de brindar una idea de los pasos que se siguen para el manejo de los datos estadísticos, así como de los medios de que se dispone para darle una forma encauzada de acuerdo con los objetivos que nos hemos trazado, se incluye un ensayo del manejo de las fórmulas de este fenómeno en un área del Estado de Veracruz (cuadros, 2, 3, 4, 5, 6 y 7), incluidos al final.

Se creyó conveniente hacer esto para que el trabajo diera más o menos una noción de la forma en que se procesan los datos y lo laborioso que resulta su manejo.

Se tomaron como base 18 estaciones meteorológicas distribuidas en la parte meridional del Estado, entre los paralelos  $17^{\circ}$  y  $20^{\circ}$  de latitud norte y los meridianos  $94^{\circ}$  y  $97^{\circ}$  de longitud oeste de Greenwich, tratando de que no estuvieran muy aglomerados en una sola zona sino en una proporción adecuada de acuerdo a las exigencias del trabajo.

La variabilidad cambia frecuentemente en distancias relativamente cortas y muchas veces una alta variabilidad no es motivada por la escasa precipitación, ya que existen estaciones como Tierra Blanca (cuadro 5), con una altitud de 60 m y con una precipitación total anual promedio de 2 439 mm. en la cual la variabilidad resulta de 58 %; otro caso es Misantla, Ver. (cuadro 4) con una altitud de 410 m, precipitación total anual promedio de 2 137 mm y variabilidad de 45 %. Huatusco es un caso muy especial, que resulta con un alto índice de variabilidad pero tuvo que eliminarse debido a que sus datos de precipitación correspondientes al período 1947-1954, (cuadro 2), son muy bajos en relación con todos los demás datos de lluvia anual. No es posible aceptar que en una estación que tiene épocas lluviosas más o menos normales, entre 1500 y 2000 mm anuales baje hasta 400 ó 500 mm, sobre todo cuando se encuentra en una zona muy húmeda durante todo el año.

Como se puede observar con estos ejemplos, una gran cantidad de lluvia anual no necesariamente conduce a una baja variabilidad sino que ésta se halla, quizá, más íntimamente relacionada con fenómenos meteorológicos que no son muy constantes.

Entre los fenómenos meteorológicos que no son muy constantes y en los que se cree pueden estar el origen de estos cambios y variaciones pueden mencionarse: 1. Los ciclones tropicales. 2. Los nortes, 3. Las ondas del Este asociadas con los alisios. Todos estos meteoros unidos a diferencias de orientación orográfica y de altitud juegan un papel importante en la distribución de las precipitaciones y quizá también en la variabilidad de un año a otro.

La cantidad anual de precipitación en esta región aumenta con la altitud hasta ciertos límites. García (1965), señala como zona más lluviosa en la porción sur de la Sierra Madre Oriental, la comprendida entre 100 m

y 600 m de altitud. Aquí las lluvias ocurren todos los años, aunque no siempre presentan las mismas características de intensidad y duración.

Por otra parte, no debe despreciarse la influencia del relieve local. Un ejemplo claro de barrera montañosa es el de la Sierra de los Tuxtlas, donde se ve que a medida que la altitud es mayor la precipitación también aumenta, sin embargo, Zapotitlán, situado casi en la costa, a 4 m sobre el nivel del mar, tiene una precipitación total anual promedio de 3 271 mm, y en cambio, Nopalapan, más al interior con una altitud de 25 m. y al abrigo de la mencionada sierra, solo tiene una precipitación total anual promedio de 1 077 mm. Esto se explica por la presencia de la Sierra de los Tuxtlas que no permite el paso de las masas de aire húmedo procedentes del Golfo de México, las que al chocar con ella ascienden, condensan su vapor de agua que se precipita en sus laderas orientales ( caso de Zapotitlán ), y pasan a ser masas descendentes y de escasa humedad en el lado contrario ( Nopalapan ).

### PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LA PRECIPITACION EN MEXICO

La cantidad de lluvia anual en la República Mexicana muestra grandes contrastes en diversas zonas del país. El norte y particularmente la región noroeste, se caracteriza por tener precipitaciones bajas que van de 200 a 400 mm en la Llanura Costera, lo que hace difícil la agricultura, a menos que se construyan obras de riego que garanticen la seguridad de la siembra. Es de notarse que la precipitación aumenta ligeramente a medida que se asciende a las partes más altas de la Sierra Madre Occidental en los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila y Durango, en donde nacen los afluentes que forman las corrientes principales, como los ríos Sonora, Yaquí, Mayo y Fuerte, que desempeñan en la zona un papel importante, ya que gracias a dichas corrientes y a los sistemas nuevos de presas ha sido posible garantizar la siembra de una gran parte de la población que habita esta vasta tierra.

En cambio, en la región sureste del país, en los Estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas, las lluvias son muy abundantes presentándose en esta última, zonas aisladas con lluvias todo el año. Aquí las precipitaciones alcanzan hasta los 3000 ó 4000 mm anuales. La máxima precipitación que se llega a registrar en esta zona se debe en parte a la gran cantidad de ciclones tropicales, que al pasar por el Golfo de México se cargan de humedad la cual es depositada en forma de lluvia al chocar con las montañas; en parte la humedad se debe también al carácter permanente de los alisios del noreste y en parte a la orientación de los rasgos del relieve con respecto a los nortes que soplan en invierno.

En general, se puede decir que la precipitación en México se presenta en forma muy desigual, mostrando una extensa superficie árida en contraste con un área reducida de gran humedad. Todas estas diferencias en la precipitación, no sólo se atribuyen a la localización de montañas de considerable altura sino a la configuración misma que presenta nuestro país en relación con la mayor o menor distancia del mar.

En el Valle de México, por ejemplo, que se localiza entre los meri-

dianos  $98^{\circ}11'$  y  $99^{\circ}30'$  de longitud oeste y los paralelos  $19^{\circ}03'$  y  $20^{\circ}11'$  de latitud norte, la lluvia anual alcanza sólo alrededor de 750 mm; mientras que en el lado este de la Sierra Madre Oriental, el promedio es aproximadamente de 2000 mm y, por último, el lado oeste de la Sierra Madre Occidental tiene más o menos 1500 mm.

Regímenes pluviométricos. Por encontrarse una gran parte de México dentro de la zona tropical, es un país con lluvias estacionales, verano y otoño son las estaciones lluviosas, exceptuando una pequeña área en la porción noroeste, en donde el régimen de lluvia es invernal.

### FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRECIPITACION

Los principales factores que influyen en las condiciones de precipitación en la República Mexicana (Wallén, 1955) son:

1. El desplazamiento hacia el norte o hacia el sur de la zona intertropical de convergencia que introduce variaciones anuales de la precipitación. (en invierno, cuando esta zona se desaloja hacia el sur, los alisios actúan sólo en la región meridional; en cambio la parte norte tiene la influencia de los vientos del oeste de las latitudes medias. En verano la zona de convergencia se desplaza al norte por lo que domina un sistema de vientos del este o sureste que provienen del centro subtropical de alta presión del Atlántico y van hacia el de baja presión del Continente).
2. La localización, extensión e intensidad de los centros de alta presión, tanto del Atlántico como del Pacífico, de los que dependen los alisios en el área terrestre mexicana.
3. Las perturbaciones en verano que ocasionan los alisios del este sobre México, en concordancia con la posición de la zona de convergencia que esta época se desplaza hacia el norte.
4. La influencia de los ciclones tropicales que se originan en relación " con las ondas del este " y producen gran parte de la precipitación del verano y principios del otoño.
5. La influencia de las depresiones ciclónicas extratropicales con los vientos del oeste de las latitudes que atraviesan el país de norte a sur en invierno.

García, en su trabajo de 1965, añade la influencia de los nortes que son masas de aire polar continental modificado, que invaden nuestro país en invierno provenientes de Canadá y Estados Unidos.

Mosíño ( 1959 ), acepta que la orografía es el factor principal que determina la distribución de la precipitación en la República Mexicana; sin embargo dice " es evidente que el paso sobre ciertas localidades, de los rasgos

más prominentes de las configuraciones del flujo aéreo en escala sinóptica, tales como frentes, vaguadas, ondas, etc, debe ser causa, a menos en parte, de la distribución de la precipitación observada en sus cercanías".

El mismo autor añade la existencia de una "lengua" de aire húmedo que es común en verano. Sands (1960) sostiene que dicha lengua de aire húmedo del verano entra por el Pacífico y avanza hacia el norte sobre la Altiplanicie Mexicana y la Sierra Madre Occidental hasta internarse en los Estados Unidos de América.

### CAUSAS DE LA VARIABILIDAD DE LA LLUVIA.

Los datos pluviométricos comprueban que generalmente las precipitaciones disminuyen de sureste a noroeste en nuestro país, lo que no sólo se debe a la presencia de una faja subtropical de alta presión en las inmediaciones del paralelo 30° norte, sino a la orientación general de las sierras que limitan grandes zonas y las aíslan de la influencia de masas húmedas que provienen de los mares.

Debe recordarse que, no necesariamente a una escasa precipitación corresponde una alta variabilidad ni a una alta precipitación corresponde una baja variabilidad. En este caso se deben tomar muy en cuenta tanto las condiciones climáticas en sí como la constancia de los fenómenos atmosféricos. En el Estado de Veracruz existen áreas en las que, aunque la precipitación es abundante, la variabilidad es alta; sin embargo, estas regiones presentan su más bajo porcentaje de variabilidad en el mes de julio, que corresponde al mes de mayor precipitación: 300 a 400 mm, mientras que el mes con más alto porcentaje de variabilidad es abril, que corresponde al más pobre en lluvia: 50 a 60 mm. Como se ve en esta región la alta precipitación mensual corresponde a la menor variabilidad.

En el área costera de Salina Cruz, en el Pacífico, las precipitaciones de invierno y primavera, son insignificantes y esta época presenta una alta variabilidad; en cambio, durante el verano y otoño la variabilidad es baja, coincidiendo con épocas que registran gran cantidad de lluvia. La explicación de la existencia de estos fenómenos no es fácil de dar, ya que probablemente se deben a la frecuencia de ciertos movimientos atmosféricos cuya predicción es aún muy difícil de hacer.

### IMPORTANCIA DE LA VARIABILIDAD DE LA LLUVIA EN RELACION CON LA AGRICULTURA.

Las zonas en México con más alta variabilidad generalmente son zonas de agricultura difícil. En estas regiones no es fácil cultivar la tierra sin que se proporcione riego, especialmente cuando la lluvia anual no es suficiente para mantener el terreno húmedo. Esto es importante porque, a través de la variación de la lluvia, puede establecerse cuáles son las regiones más propicias para obtener buenos resultados en los cultivos de temporal.

Debido a que nuestro país basa su estabilidad económica en la agricultura, se considera interesante tratar de relacionar algunos de los elementos del medio ambiente entre sí; por ejemplo: la clase de suelos con la cantidad de precipitación y con la variabilidad de la misma. No cabe duda, que la estabilidad económica, tanto de las poblaciones urbanas como de las rurales, está en función directa de la forma en que los campesinos trabajan su tierra para obtener los mejores rendimientos. El día que al trabajador del campo se le den instrucciones precisas de métodos de cultivo, se le haga comprender la necesidad ineludible de pre-

servar el suelo y el agua y se le indique cuáles productos son más adecuados al medio ambiente en que vive, se empezará a asegurar no solamente el bienestar de las generaciones presentes y futuras sino la seguridad de la Nación.

En relación con la variabilidad de la lluvia Wallén ( 1955 ) encontró que el área de más alta variabilidad, es la región de Baja California, y como todos sabemos, ésta es una región en donde las precipitaciones son muy escasas por lo que no es posible realizar con éxito una actividad agrícola, a menos que la zona sea dotada de agua de riego.

Algo similar sucede en la región noroeste del país, en donde se combinan una baja lluvia anual con una alta variabilidad que hacen que la agricultura no se desarrolle sin crear zonas de riego.

En el Distrito del Papaloapan, las condiciones son más complicadas. En ciertas partes la lluvia es eficiente para realizar una actividad agrícola con éxito, sólo que en algunos casos resulta demasiado abundante, ocasionando inundaciones atrozés que traen como consecuencia la pérdida de la mayor parte de la agricultura, base y sustento para los habitantes de esta región.

Algunas veces la precipitación es demasiado abundante y por consiguiente el suelo sufre una sobresaturación; por tal motivo, permanece húmedo por un lapso considerable, que sirve para compensar períodos donde la lluvia es escasa, pero como la humedad se conserva, no afecta mucho las áreas cubiertas por cultivos diversos por lo que las pérdidas no son de gran consideración. En cambio, existen regiones en donde las lluvias son normales en un principio, pero en ocasiones se presenta un verano que puede ser seco. Si esto sucede en áreas con temperaturas elevadas, la evapotranspiración es muy fuerte y en pocos días la humedad se esfuma, causando grandes pérdidas en la agricultura.

Debido a la irregularidad de las precipitaciones y a las técnicas tan primitivas que aún se siguen usando en algunas regiones de nuestro país, así como al relieve tan accidentado, la agricultura resulta ser una actividad, en general, poco productiva que se circunscribe a regiones reducidas que no proporcionan los rendimientos adecuados. Por medio de estudios se ha comprobado que las áreas cultivadas en la mayor parte del país, no llegan al 15 % y sólo en pequeñas áreas alcanzan porcentajes mayores que el 40 %.

#### BREVE ANALISIS DE LA REGION EN ESTUDIO

La región en estudio como puede verse en la figura 1, abarca una extensa llanura de grandes dimensiones interrumpida por algunas elevaciones que pasan de 2500 m. en la zona de Los Tuxtlas. Por otra parte, las alturas comienzan hacia el oeste formando la llamada Sierra Madre Oriental; las curvas de nivel que se eligieron para representarla son las de 300, 600, 900, 1600, 2300 y 3000 m. Sin embargo, las altitudes de gran consideración sólo se presentan en la parte occidental del Estado, dominando en la mayor parte de él elevaciones que van de los 0 a los 300 m.

Las cuencas de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos son las más importantes en la zona sur del Estado. El río Papaloapan nace en la Sierra Madre

Oriental, en los estados de Puebla y Oaxaca, y atraviesa la llanura costera hasta desembocar en la Laguna de Alvarado, en cuyas márgenes se encuentra el puerto de Alvarado, que es de importancia pesquera. En el transcurso del río se han construido presas de considerable importancia, que hacen del valle de este río una de las zonas agrícolas más importantes de la República.

El río Coatzacoalcos nace en el estado de Oaxaca, a unos cuantos kilómetros del Océano Pacífico y cruza casi todo el Istmo de Tehuantepec y desemboca en el Golfo de México. En su recorrido atraviesa una región forestal, así como otra petrolera que es importante. Sobre sus márgenes se localiza el puerto fluvial de Minatitlán.

En general, la región comprendida entre estas dos cuencas se caracteriza por la existencia de extensas áreas cubiertas de pastos, sobre todo la faja costera y las llanuras del sur que ofrecen a la industria ganadera amplias perspectivas de desarrollo.

Se puede decir que las figuras 1 y 2 (relieve y variabilidad de la lluvia, respectivamente), tienen cierta relación pues se observa claramente que la variabilidad es mayor en las regiones, que están expuestas directamente a la influencia de masas húmedas del Golfo de México, así como a la de algunos fenómenos meteorológicos no muy periódicos que se presentan en diferentes épocas del año.

Como se puede ver en la figura 2, hay zonas con pocas o ninguna estación meteorológica tal es el caso de la región ístmica, sobre todo la situada entre los ríos Coatzacoalcos y Uspanapa que está totalmente despoblada y, por lo tanto, carece de estaciones meteorológicas que serían de utilidad.

### METEOROS QUE ALTERAN LA VARIABILIDAD

La variabilidad de la lluvia es un fenómeno muy difícil de poder atribuir a deducciones simplistas, por eso resulta necesario basarse en el mayor número posible de datos con el objeto de que las conclusiones obtenidas sean aseveraciones dignas de crédito que nos puedan indicar la relación existente con otros fenómenos meteorológicos y de esta forma buscar una explicación razonable del problema desconocido.

Al observar los datos de temperatura media anual de cada una de las estaciones de Veracruz, que en el trabajo se ha tomado como base, se encontró que los lugares con más alta variabilidad coinciden en general con las zonas que (García) determina como muy cálidas y cálidas (con temperatura media anual mayor de  $26^{\circ}$  y entre  $22$  y  $26^{\circ}\text{C}$ ) respectivamente en la entidad. Un ejemplo claro se ve en la región oeste, donde se localizan: Tierra Blanca, Durango, Las Vigas y Ototitlán, con temperaturas mayores de  $22^{\circ}\text{C}$ . Parece ser que la zona se alarga en dirección oeste sureste, comprendida entre una región desprovista de elevaciones montañosas importantes, lo que permite a los fenómenos atmosféricos como nortes, vientos alisios, ciclones, etc. recorrer toda una extensa área, la cual experimenta cambios muy marcados en la precipitación. Esto determina desde luego también cambios muy marcados en la variabilidad.

Al comparar la figura No. 4 del coeficiente de variación de la precipitación anual en por ciento ( Wallén 1955 ), con la figura No. 2, que contiene estos datos, pero para períodos distintos de observación, se comprueba que en ambas figuras la zona que comprende Tierra Blanca, Durango, Las Vigas y Ototitlán registran, aunque con valores diferentes, un alto índice de variabilidad.

## LA AGRICULTURA DE ALGUNOS CULTIVOS EN RELACION CON LA VARIABILIDAD.

Se ha considerado necesario hacer un análisis de la agricultura en la zona de estudio, aunque sea muy someramente, con el propósito de obtener una idea de cómo la variabilidad muy alta impide el desarrollo de este tipo de actividad en el campo. Para esto se tomaron como base algunos datos estadísticos de producción del Censo Agrícola Ganadero de 1965 ( ver cuadro No. 1 ).

Cuando en la agricultura existe un escaso rendimiento en la producción de un cultivo, independientemente de la variabilidad de la lluvia se deben tomar muy en cuenta entre otros factores físicos ambientales los siguientes: clima, suelo y relieve, ya que en función de éstos se van a determinar las condiciones naturales de un lugar y con base en esto se podrá indicar cuáles son las zonas más propicias para un determinado tipo de cultivo.

Se tomaron en cuenta sólo los cultivos más importantes de la entidad por tratarse de productos con un rendimiento muy alto en la producción.

El maíz y el frijol se cultivan en casi toda la extensión de la entidad, sobre todo en tierras de temporal y allí donde la densidad de la población es mayor y, por supuesto donde existen vías de comunicación adecuadas. Estos dos cultivos así como el de caña de azúcar, se han tomado como modelos, porque tienen importancia para la alimentación del pueblo, su cultivo se practica, en el caso del maíz y del frijol, desde épocas prehispánicas y se acostumbra sembrarlos intercalados, o solos. El café, aunque es un cultivo de exportación en su mayor parte, es importante no sólo para la economía regional sino para la de todo el país.

Veracruz es autosuficiente en cuanto se refiere a los productos de primera necesidad como maíz, frijol, arroz y caña de azúcar, pero aún la explotación agrícola sufre como la del país en general, un atraso en diversos aspectos que frena su desarrollo, pues todavía en amplias zonas se siguen empleando métodos primitivos de cultivo; otro factor adverso es el relieve de muchas regiones.

En algunos lugares, por encontrarse en las zonas más pobladas o cercanas a ellas, y en general donde los caminos las hacen accesibles, se cultivan tierras pobres o inapropiadas para una eficiente explotación agrícola; mientras existen extensas superficies con suelos y climas favorables; aún inexplorados por carecer de buenas vías de comunicación sobre todo allí donde los sistemas montañosos dificultan el desarrollo de la civilización.

En el cuadro 1 se puede ver claramente que, en general, el ren-

dimiento por hectárea de los productos elegidos, es alto, esto se debe a que en la mayor parte de la región las lluvias son superiores a los 1 500 mm anuales, de tal manera que con valores tan elevados de precipitación no importa que el porcentaje de variabilidad sea alto, ya que por muy escasa que sea la lluvia en un lugar, en el mes más seco, se tienen precipitaciones considerables que mantienen húmedo el suelo y, por lo tanto, el cultivo no sufre mayores daños que ocasione pérdidas considerables al cosecharse.

**MAÍZ.** El maíz es un cultivo que se puede desarrollar en casi todos los climas con diferentes variedades, por corresponder a una planta muy domesticada desde el punto de vista botánico.

Es originario de tierras cálidas y húmedas, los más altos rendimientos son de clima tropical y subtropical o sea con temperaturas medias superiores a 22°C en verano. El rendimiento por hectárea en la mayor parte de las estaciones escogidas, es mayor de 900 Kg.

El maíz es el cultivo de más bajo rendimiento entre los productos que aparecen en el cuadro 1, esto se atribuye en parte a que es un cultivo que ha perdurado durante mucho tiempo en diversas regiones del país. Esta práctica ha dado lugar a una erosión y un empobrecimiento crítico del suelo.

	Variabilidad en porcentaje	Rendimiento en kilogramos por hectárea del maíz
Tierra Blanca	58	989
Misantla	45	1090
Rinconada	40	1010

Lo anterior demuestra que el rendimiento por hectárea, en Tierra Blanca y Misantla aumenta cuando la variabilidad disminuye; sin embargo en Rinconada no sucede lo mismo, debido a que como ya se dijo anteriormente el rendimiento está sujeto a una serie de factores físicos como suelos, clima, relieve, etc. que actúan en forma directa en el desarrollo de la planta.

En la fig. 5 se muestra gráficamente la relación entre el coeficiente de variación y el rendimiento por hectárea de maíz. La mayoría de las estaciones que presentan un coeficiente de variación, entre el 15 y 30 %, tienen un rendimiento superior a 1000 Kg. En general, la producción de maíz ofrece una tendencia a disminuir a medida que el coeficiente de variación aumenta; sin embargo no en todas las estaciones sucede lo mismo, debido probablemente a que las características agrícolas de un lugar no sólo dependen de la variabilidad sino que la topografía de un terreno y de una serie de factores geográficos que determinan las regiones naturales de utilidad para el hombre. Las estaciones que se apartan del grupo: Tierra Blanca, Misantla, Rinconada y Zapotitlán que aunque aparecen en la figura con un coeficiente de variación mayor al 30 % tiene rendimientos altos. La elevada variabilidad puede obedecer, como ya se dijo, a que se trata de regiones bajas directamente expuestas al norte o noreste, lo que permite que los fenómenos atmosféricos procedentes de estos puntos cardinales descarguen su influencia en forma casi directa.

**FRIJOL.** El frijol es una planta de origen tropical que se ha adaptado a diferentes regiones templadas, secas con riego y frías; se localiza en las mismas

zonas que el maíz ya sea intercalado o sólo. La figura 6 intentó representar la relación entre el rendimiento por hectárea de frijol y el coeficiente de variación. Sin embargo, los datos graficados no la muestran tan claramente como el maíz.

**CAÑA DE AZUCAR.** La caña de azúcar es un cultivo tropical, sin embargo se ha adaptado a climas templados y subtropicales con temperaturas hasta 17°C. La mayor parte de la caña de azúcar se cultiva en temporal y únicamente en las regiones de Misantla, Jalapa, Rinconada y Huatusco se emplea el riego.

En general se puede observar que la caña de azúcar y el café son plantas que no se ven muy afectadas por la variabilidad; como el maíz, desde luego esto está sujeto a que su rendimiento no está solo en función de la variabilidad sino de los cuidados que se tengan, de las prácticas usadas, de los tipos de semilla que se siembre, de los suelos, de la cantidad de lluvia, del tipo de lluvia, etc.

La gráfica 7 representa la relación entre la precipitación anual y el coeficiente de variación. Aquí se observa claramente que a menor precipitación corresponde mayor variabilidad; sin embargo, se observa que hay algunas estaciones que se apartan notablemente; estas son: Tierra Blanca ( Cuadro 5 ), Misantla ( Cuadro 4 ) y Zapotitlán ( Cuadro 7 ), las cuales, como puede notarse en el mapa altimétrico, se encuentran directamente expuestas a los nortes en invierno, fenómenos que no son del todo regulares y vienen a aumentar la variabilidad.

## CONCLUSIONES

Si se analizan cuidadosamente las ideas expuestas en los párrafos anteriores, podrá deducirse lo siguiente:

1. La distribución de la precipitación sobre la superficie de la tierra y, por consiguiente, la localización y extensión de las zonas de alta o baja variabilidad de la lluvia, están determinados por dos factores principales a saber: 1) la circulación general de la atmósfera; 2) y el relieve continental.
2. Las áreas con un alto grado de variabilidad de la lluvia se caracterizan porque presentan muchas irregularidades en los fenómenos meteorológicos que traen como consecuencia marcados contrastes en la presentación de la lluvia y, por consiguiente, una agricultura que es aleatoria, hasta el grado de perderse en su mayor parte por falta de agua de lluvia.
3. Los estudios sobre variabilidad de las precipitaciones en México pueden ser de utilidad porque a través de ellas es posible delimitar las zonas afectadas en mayor grado por este tipo de fenómenos naturales.
4. Las áreas con un alto grado de variabilidad de las precipitaciones en México, coinciden en general precisamente con las zonas que tienen climas áridos o muy áridos con temperatura muy elevada que ocasionan una sobreevaporación.
5. Que las investigaciones sobre variabilidad pluvial tienen relación directa con la agricultura de una determinada región. Por medio de estudios de esta naturaleza se pueden planear mejor los métodos que el hombre debe asumir, para obtener resultados satisfactorios en donde se vea claramente el avance que se ha logrado y se justifique de esta manera la utilización de nuevas técnicas creadas con el propósito de eliminar poco a poco aquellas anquilosadas y anacrónicas.
6. Que en México estos estudios climáticos son de una importancia extraordinaria que deben tomarse muy en cuenta no solo porque se relacionan con la agricultura, sino porque es muy limitado el conocimiento que se tiene al respecto y, por tanto, no es posible discernir fenómenos que se suceden con frecuencia sin tener explicación alguna.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Contreras Arias A., 1955. Definición de las Zonas Aridas y su delimitación en el Territorio Mexicano. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C. México, D. F. P.P. 3-23.
- Conrad, V., Pollak, G. 1952. Methods in climatology, Cambridge, Mass.
- García, E., en prensa Los Climas del Estado de Veracruz (Según el sistema de Clasificación climática de Köppen Modificado por la autora). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Méx.
- García, E., 1965. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. I P.P. 178-186.
- García, E., y P. A. Mosiño, 1968. Los Climas de la Baja California. Comité Nal. Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional. Memoria 1966-67. UNAM.
- Jáuregui, O, Ernesto, 1968. Mesoclima de la Región Puebla-Tlaxcala. Universidad Nacional Autónoma de México. Méx. P.P. 8-21.
- Mosiño, A. P., 1959 La precipitación y las configuraciones del flujo aéreo en la República Mexicana. Rev. de Ing. en México. Vol. XIII, No. 3. Méx.
- S.C.O.P. ( S. F. ) Estudios del Estado de Veracruz. Dirección General de Planificación. México, D. F. P. P. 43-63.
- Sands, R. S. 1960. A Study t In the regional dynamic. Climatology of Mexico with precipitation as the correlative Factor. A dissertation for the P.h. D. Degree. Clark University of Wisconsin Press. Madison.
- Secretaría de Economía. 1965-Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal. Dirección General de Estadística. México, D. F.
- Valenzuela Rafael, 1923 Geografía elemental del Estado de Veracruz. Cía. Nacional Editora " Aguilar ", S. A. México, D. F. P.P. 13-29.
- Wallén, O. C., 1955 Some Characteristics of Precipitation in Mexico. Geografiska Annaler XXXVII, 1-2 P.P. 1-85
- Zill Juan, 1943. Geografía del Estado de Veracruz. Biblioteca del Maestro de el Nacional. México, D. F. P.P. 5-19

CUADRO No. 1

ESTACIONES	PRECIPITACION TOTAL ANUAL EN mm	VARIABILIDAD DE LA PRECI- PITACION ANUAL EN %	RENDIMIENTO EN Kg POR HECTAREA DE MAIZ	RENDIMIENTO EN Kg POR HECTAREA DE FRIJOL	RENDIMIENTO EN Kg POR HECTAREA DE AZUCAR	RENDIMIENTO EN Kg POR HECTAREA DE CAFE
1. Coatzacoalcos	2724	13	1012	1268	33722	2750
2. Río Blanco	1918	14	1121	--	35072	1753
3. Jalapa	1507	17	1050	1176	40465	2354
4. Jaltripan	1896	19	1060	3232	20000	2536
5. El Palmar	2833	21	1018	1011	32612	2441
6. Puente Henríquez	2439	22	997	898	37068	2358
7. Jesús Carranza	2377	23	954	5636	31373	2099
8. Veracruz	1665	24	1039	1061	31238	2177
9. Minatitlán	2416	25	1029	1268	36286	2430
10. Nopalapan	1077	27	992	1273	36143	2516
11. Las Vigas	1310	28	1035	2857	--	--
12. Villa José Cardel	1211	28	981	1500	38179	2393
13. Otatitlán	2079	29	1049	1231	35980	2099
14. Zapotitlán	3271	34	975	847	17000	--
15. Rinconada	872	40	1010	1205	31957	2273
16. Misantla	2137	45	1090	1049	38282	2265
17. Tierra Blanca	2079	58	989	907	40959	2500
18. Huatusco	1789	43	988	4750	36079	2177

Cuadro 2

Lat. 19°09'; Long. 96°57'; Altitud 1344 m Estación. Huatusco, Veracruz

Años	Precipitación total anual	d=Dif. entre a y la precipitación anual de cada estación.	d <sup>2</sup> = cuadrado de la diferencia	$\Sigma \frac{d^2}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n}}$	C.V. = $\frac{\sigma}{\bar{a}} \cdot 100$
1921						
22						
23						
24						
25						
26	2392.2	603.5	364212.2			
27	1718.5	70.2	4928.0			
28	1871.0	82.3	6773.3			
29	2232.6	443.9	197047.2			
30	1415.0	373.7	139651.7			
31	2405.9	617.2	380935.8			
32	1955.9	167.2	27955.8			
33	1444.2	344.5	118680.2			
34	2706.8	918.1	842907.6			
35	2448.2	659.5	434940.2			
36	2053.9	265.2	70331.0			
37	2575.9	787.2	619683.8			
38	4174.7	2386.0	5692996.0			
39	2081.9	293.2	85966.2			
40	1400.4	388.3	150776.9			
41	1834.0	45.3	2052.1			
42	1672.1	116.6	13595.6			
43	1328.8	459.9	211508.0			
44	2271.6	482.9	233192.4			
45	1417.3	371.4	137938.0			
46	1167.9	620.8	385392.6			
47	806.6	982.1	964520.4			
48	517.0	1271.7	1617221.0			
49	542.7	1246.0	1552516.0			
50	582.0	1199.7	1439280.1			
51	428.9	1359.8	1849056.0			
52	827.5	961.2	923905.4			
53	583.0	1205.7	1453712.5			
54	602.8	1185.9	1406358.8			
55	2576.3	788.2	621259.2			
56	2094.5	305.8	93513.6			
57	1533.6	255.1	65076.0			
58	2788.1	999.4	998800.4			
59	2538.3	749.6	561900.2			
60	1999.7	211.0	44521.0			
61	2054.9	266.5	71022.2			
62	2036.3	247.6	61305.8			
63	2011.0	222.3	49417.3			
64	1764.0	24.7	610.0			
65	2259.0	470.3	221182.1			
66	2214.1	425.4	180965.2			
suma	73336.7		23969816.8	584629.7	764.61	42.7
Prom.	1788.7					

Cuadro 3

Lat. 17°59'; Long. 94°32'; Altitud 64 m Estación. Minatitlán, Veracruz

Años	Precipitación total anual	d= Dif. entre $\bar{a}$ y la precipitación anual de cada estación	d <sup>2</sup> = cuadrado de la diferencia	$\sum \frac{d^2}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}}$	C.V. = $\frac{\sigma}{\bar{a}} \cdot 100$
1921						
22						
23	2898.3	481.9	232227.6			
24	2451.0	34.6	1197.2			
25	2666.1	249.7	62350.1			
26	3185.3	768.9	591207.2			
27	1803.0	613.4	376259.6			
28	2614.8	198.4	39362.6			
29						
30						
31	2310.4	106.0	11236.0			
32	2365.3	51.1	2611.2			
33	3854.7	1438.3	2068706.9			
34	2967.5	551.1	303711.2			
35	3380.9	964.5	930260.2			
36	2044.2	372.2	138532.8			
37	2919.0	502.6	252606.8			
38	2865.9	449.5	202050.2			
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45	2161.0	255.4	65229.2			
46						
47						
48	1969.7	446.7	199540.9			
49						
50	1524.5	891.9	795485.6			
51	2000.6	415.8	172889.6			
52						
53						
54						
55	2316.3	100.1	10020.0			
56	1877.5	538.9	290413.2			
57	1568.8	847.6	718425.8			
58	1969.5	446.9	199719.6			
59						
60						
61	1866.6	549.8	302280.0			
62						
63						
64						
65						
<b>suma</b>	<b>55576.9</b>					
<b>Prom.</b>	<b>2416.4</b>		<b>7966323.5</b>	<b>346361.89</b>	<b>588.52</b>	<b>24.6</b>

Cuadro 4

Lat. 19°56"; Long. 96°50"; Altitud 410 m. Estación. Misantla, Veracruz

Años	Precipitación total anual	d = Dif. entre $\bar{a}$ y la precipitación anual de cada estación	$d^2$ = cuadrado de la diferencia	$\Sigma \frac{d^2}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n}}$	C.V. = $\frac{\sigma}{\bar{a}} \cdot 100$
1921						
22						
23						
24						
25						
26						
27	2130.5	6.6	43.6			
28	658.0	1479.1	2187736.8			
29	630.9	1506.2	2268638.4			
30	1038.5	1098.6	1206922.0			
31	1035.7	1101.4	1213082.0			
32	3052.0	914.9	837042.0			
33	2005.3	131.7	17344.9			
34	2815.3	678.2	459955.2			
35	6568.4	4431.3	19636419.7			
36	2296.3	159.2	25344.6			
37	2133.5	3.6	13.0			
38	1583.4	553.7	306583.7			
39	1979.0	158.1	24995.6			
40	1467.8	669.3	447962.5			
41	1566.3	570.8	325812.6			
42	2093.0	44.1	1944.8			
43	1513.2	623.9	389251.2			
44	2607.1	470.0	220900.0			
45	1926.7	210.4	44268.2			
46	2210.1	73.0	5329.0			
47	2172.9	35.8	1281.6			
48	2390.3	253.2	64110.2			
49	2135.6	1.5	2.2			
50	2274.6	137.5	18906.2			
51	1952.6	184.5	34040.2			
52	3338.0	1200.9	1442160.8			
53	2074.9	62.2	3868.8			
54	2442.0	304.9	92964.0			
55	3341.8	1204.7	1451302.1			
56	2702.1	565.0	319225.0			
57	2739.7	602.6	363126.8			
58	2797.7	660.6	436392.4			
59	2769.3	632.2	399676.8			
60	2263.7	126.6	16027.6			
61	1924.3	212.8	45283.8			
62	1601.1	536.0	287296.0			
63	1123.3	1013.8	027790.4			
64	1684.4	452.7	204937.3			
65	1291.9	845.2	714363.0			
suma	85483.2		37512964.0	937824.1	968.4	45.3
Prom.	2137.2		181260.2	23212.8	244.8	11.4

Cuadro 5

Lat. 18°27' ; Long. 96°20' ; Altitud 60' m Estación. Tierra Blanca, Ver.

Años	Precipitación total anual	d = Dif. entre $\bar{a}$ y la precipitación anual de cada estación.	$d^2$ = cuadrado de la diferencia	$\Sigma \frac{d^2}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n}}$	C.V. = $\sigma \frac{100}{\bar{a}}$
1921						
22						
23	1885.1	343.4	117923.6			
24	1488.4	53.6	2873.0			
25	1775.6	233.9	54709.2			
26	1000.4	541.3	293005.7			
27	1905.0	363.3	131986.9			
28	936.0	605.7	366872.5			
29	1009.3	532.4	283449.8			
30	1324.7	217.0	47089.0			
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43	1260.0	281.7	79354.9			
44	2308.0	766.3	587215.7			
45	1424.6	117.1	13712.4			
46	1330.0	211.7	44816.9			
47	1769.6	227.9	51938.4			
48	1341.5	200.2	40080.0			
49	1003.7	538.0	289444.0			
50	1805.6	263.9	69643.2			
51	1300.8	240.9	58032.8			
52						
53	1376.5	165.2	27291.0			
54	1974.1	432.4	186969.8			
55	5402.5	3860.8	14905776.6			
56	2273.5	731.8	534799.8			
57	2119.9	578.2	334315.2			
58	2677.2	1135.5	1289360.2			
59	1616.5	74.8	5595.0			
60	1034.7	507.0	257049.0			
61	1406.5	135.2	18279.0			
62	1045.0	496.7	246710.9			
63	756.0	785.7	617324.5			
64	338.9	1202.8	1446727.8			
65	278.0	1263.7	1596937.7			
66	625.0	916.7	840338.9			
suma	47792.6					
Prom.	1541.7		24839723.4	801281.4	895.14	58.1

Cuadro 6

Lat. 19° 0'; Long. 96° 23'; Altitud 1000 m. Estación. Villa José Cardel Vera

Años	Precipitación total anual	d = Dif. entre $\bar{a}$ y la precipitación anual de cada estación.	$d^2$ = cuadrado de la diferencia	$\sum \frac{d^2}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}}$	C.V. = $\frac{\sigma}{\bar{a}} \cdot 100$
1921						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38	768.9	441.8	195187.2			
39	1139.1	71.6	5126.6			
40	776.1	434.6	188877.2			
41	1373.4	162.7	26471.3			
42	713.1	497.6	247605.8			
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51	1032.8	177.9	31648.4			
52	1902.0	691.3	477895.7			
53	895.2	315.5	99540.2			
54	1493.6	282.9	80032.4			
55	1824.1	613.4	376259.6			
56	1229.3	18.6	346.0			
57	1057.2	153.5	23562.2			
58	1586.7	376.0	141376.0			
59	789.4	421.3	177493.7			
60	1548.1	357.4	113838.8			
61	1044.5	166.2	27622.4			
62	1476.3	265.6	70543.4			
63	1116.8	93.9	8817.2			
64	1059.1	151.6	22982.6			
65	1389.2	178.5	31862.2			
suma	24214.9					
Prom.	1210.7		2347088.9	117354.4	342.57	28.3

Cuadro 6

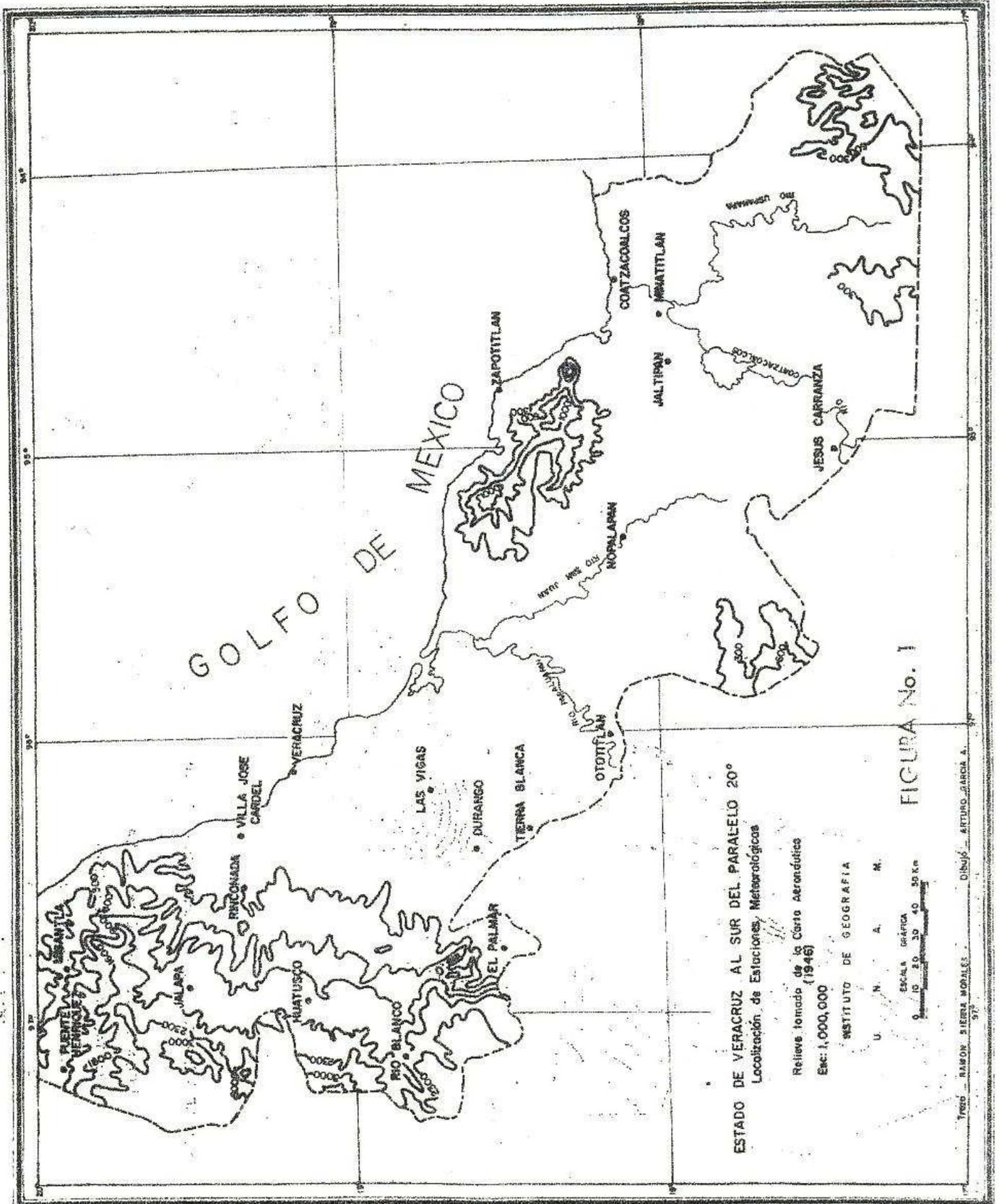
Lat. 19° 0'; Long. 96° 23'; Altitud 1007 m. Estación. Villa José Cardel Ver

Años	Precipitación total anual	d= Dif. entre $\bar{a}$ y la precipitación anual de cada estación.	$d^2$ = cuadrado de la diferencia	$\sum \frac{d^2}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}}$	C.V. = $\frac{\sigma}{\bar{a}} \cdot 100$
1921						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38	768.9	441.8	195187.2			
39	1139.1	71.6	5126.6			
40	776.1	434.6	188877.2			
41	1373.4	162.7	26471.3			
42	713.1	497.6	247605.8			
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51	1032.8	177.9	31648.4			
52	1902.0	691.3	477895.7			
53	895.2	315.5	99540.2			
54	1493.6	282.9	80032.4			
55	1824.1	613.4	376259.6			
56	1229.3	18.6	346.0			
57	1057.2	153.5	23562.2			
58	1586.7	376.0	141376.0			
59	789.4	421.3	177493.7			
60	1548.1	337.4	113838.8			
61	1044.5	166.2	27622.4			
62	1476.3	265.6	70543.4			
63	1116.8	93.9	8817.2			
64	1059.1	151.6	22982.6			
65	1389.2	178.5	31862.2			
suma	24214.9					
Prom.	1210.7		2347088.9	117354.4	342.57	28.3

Cuadro 7

Lat. 18°33'; Long. 94°46'; Altitud 4 m. Estación Zapotitlán Veracruz

Años	Precipitación total anual	d=Dif. entre $\bar{a}$ y la precipitación anual de cada estación.	$d^2$ = cuadrado de la diferencia	$\sum \frac{d^2}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}}$	C.V. = $\frac{\sigma 100}{\bar{a}}$
1921						
22						
23						
24						
25	3976.1	704.8	496743.0			
26	4956.4	1685.1	2839562.0			
27	4003.5	732.2	536116.8			
28	4306.4	1035.1	1071432.0			
29	4281.9	1000.6	1001200.4			
30	2861.0	410.3	168346.0			
31	2650.0	621.3	386013.7			
32	2141.7	1129.6	1275996.2			
33	1462.0	1809.3	3273566.5			
34	3659.0	387.7	150311.3			
35	2527.3	744.0	553536.0			
36	1431.0	1840.3	3386704.1			
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
suma	39256.3					
Prom.	3271.5		15139528.0	1261627.3	1123.22	34.33



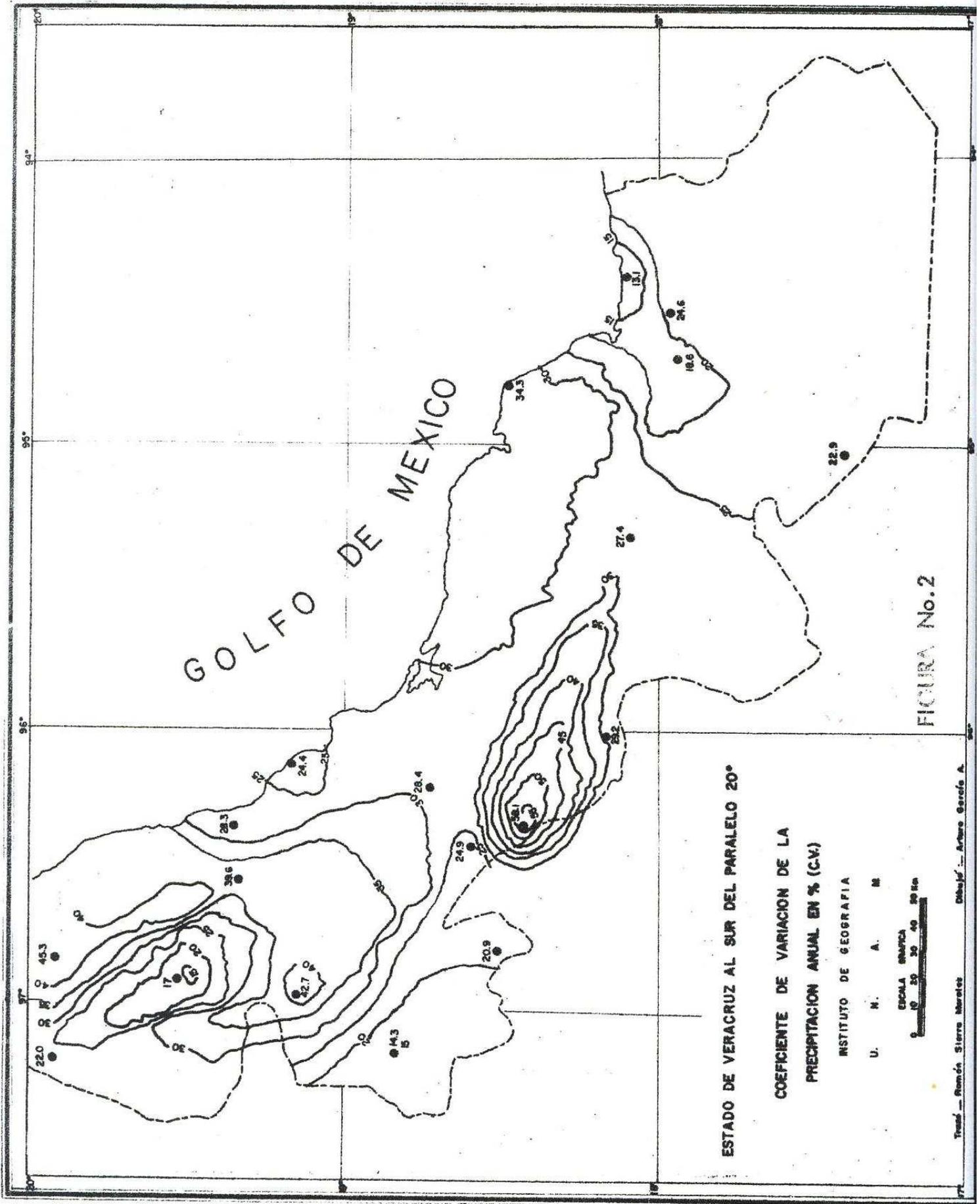


FIGURA No.2

ESTADO DE VERACRUZ AL SUR DEL PARALELO 20°  
COEFICIENTE DE VARIACION DE LA  
PRECIPITACION ANUAL EN % (C.V.)

INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
U. N. A. M.  
ESCALA GRÁFICA  
0 10 20 30 40 50 Km

Trasf. — Ramón Sierra Martínez      Dibujó: — Arturo García A.



Elabor. Felipe Guaderrama V.

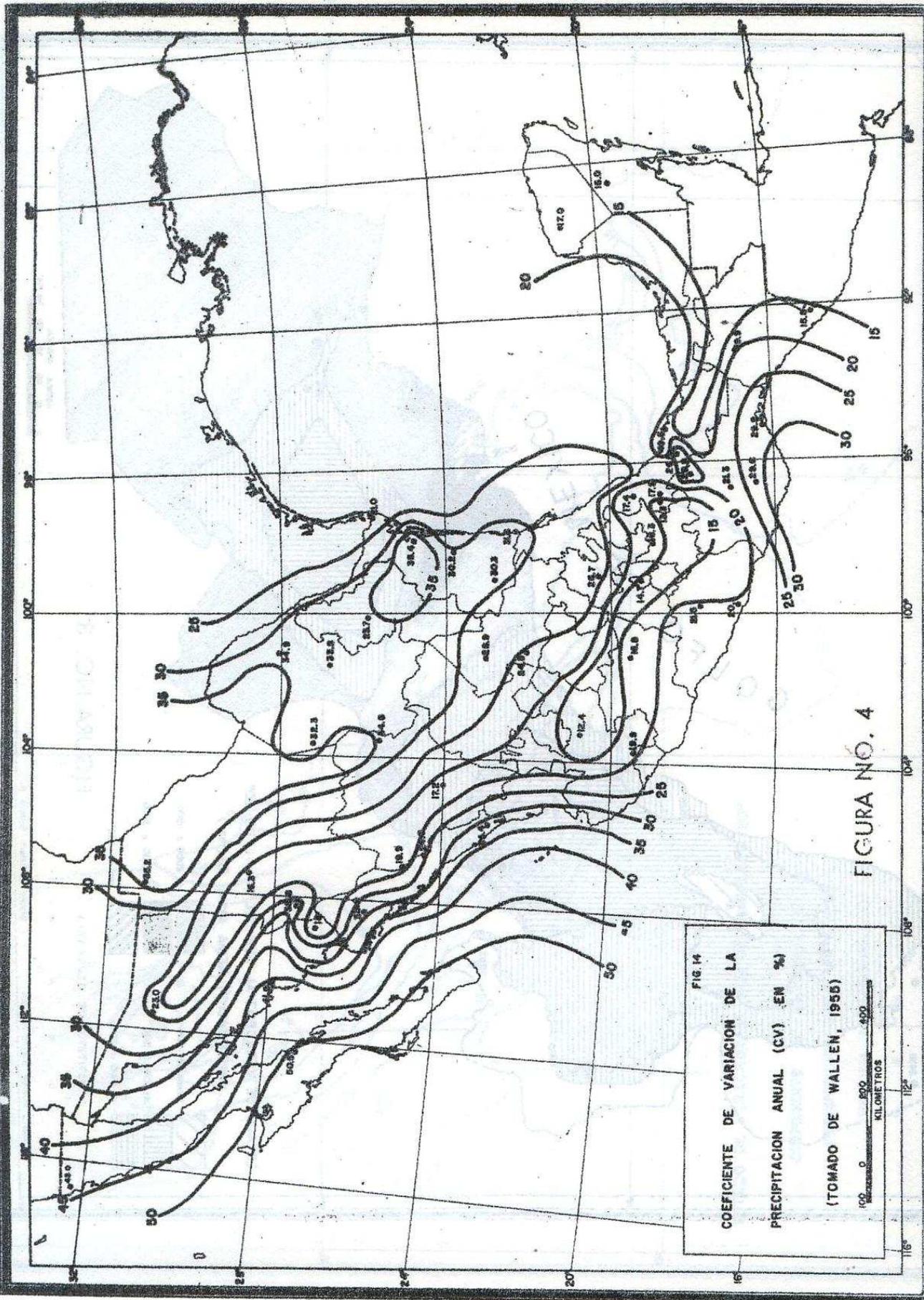


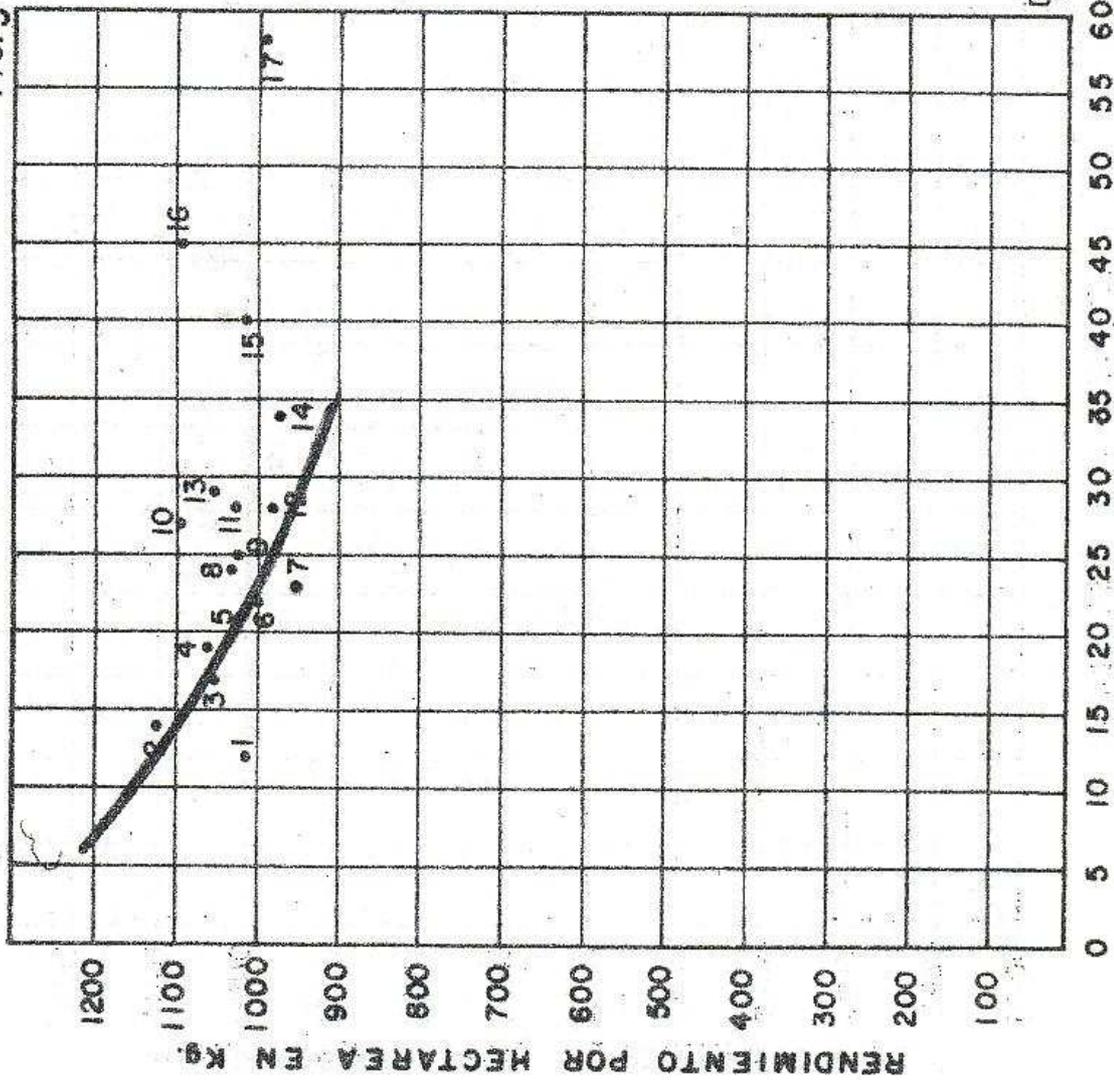
FIGURA NO. 4

DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO POR  
HECTAREA DEL MAIZ Y EL COEFICIENTE  
DE VARIACION

FIG. 5

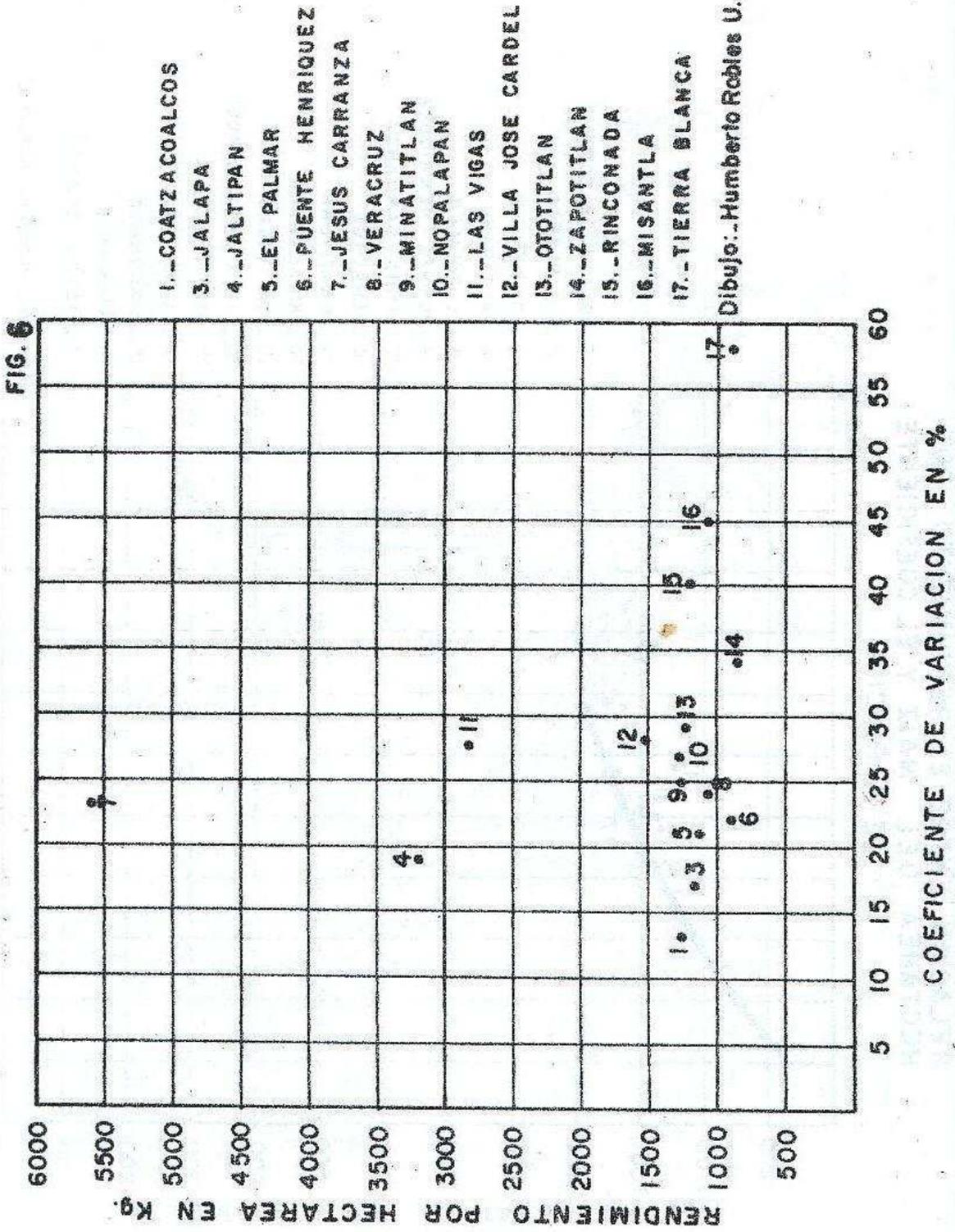


1. COATZACOALCOS
2. RIO BLANCO
3. JALAPA
4. JALTIPAN
5. EL PALMAR
6. PUENTE HENRIQUEZ
7. JESUS CARRANZA
8. VERACRUZ
9. MINATITLAN
10. NOPALAPAN
11. LAS VIGAS
12. VILLA JOSE CARDEL
13. OTOTITLAN
14. ZAPOTITLAN
15. RINCONADA
16. MISANTLA
17. TIERRA BLANCA

Dibujo: Humberto Robles U.

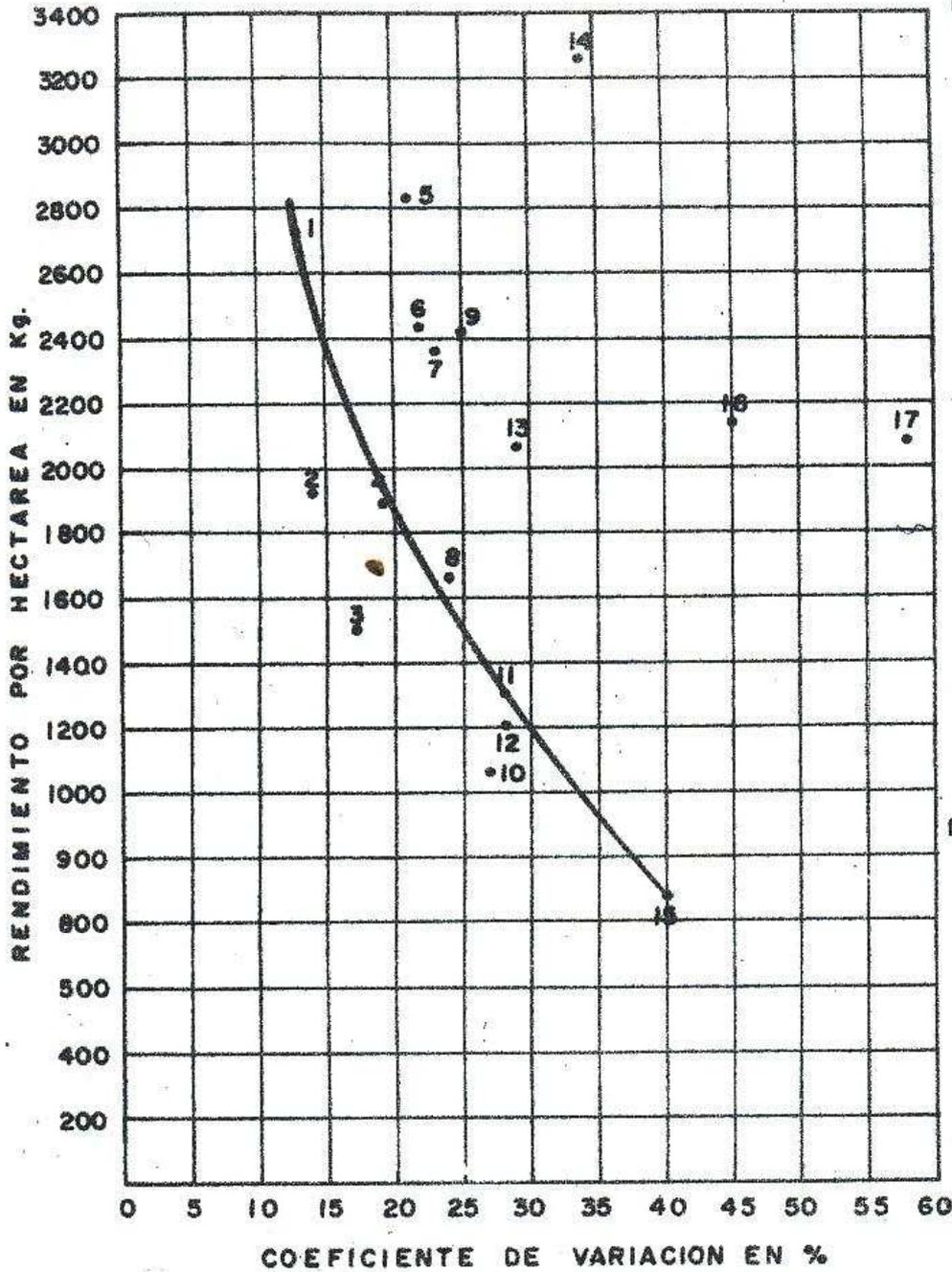
COEFICIENTE DE VARIACION EN %

RELACION ENTRE EL COEFICIENTE DE VARIACION Y EL RENDIMIENTO POR HECTAREA DE FRIJOL



### RELACION ENTRE LA PRECIPITACION ANUAL Y EL COEFICIENTE DE VARIACION

FIG. 7



- 1.- COATZACOALCOS
- 2.- RIO BLANCO
- 3.- JALAPA
- 4.- JALTIPAN
- 5.- EL PALMAR
- 6.- PUENTE HENRIQUEZ
- 7.- JESUS CARRANZA
- 8.- VERACRUZ
- 9.- MINATITLAN
- 10.- NOPALAPAN
- 11.- LAS VIGAS
- 12.- VILLA JOSE CARDEL
- 13.- OTOTITLAN
- 14.- ZAPOTITLAN
- 15.- RINCONADA
- 16.- MISANTLA
- 17.- TIERRA BLANCA

Dibujo: Humberto Robles U.