

Z 5053.08
UNAM
1968

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

LA VARIABILIDAD DE LA LLUVIA AL SUR
DEL PARALELO 20°N EN EL ESTADO DE -
VERACRUZ

T E S I S
QUE PRESENTA
RAMON SIERRA MORALES
PARA OBTENER EL TITULO DE
LIC. EN GEOGRAFIA.

MEXICO, D. F.

1968

TGg0244



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.

A MIS PADRES

CON RESPETO Y GRATITUD

A LOS MAESTROS:

ENRIQUETA GARCIA.

DR. JORGE A. VIVÓ.

ESPERANZA YARZA.

POR SUS INTELIGENTES

SUGERENCIAS.

A MIS HERMANOS

CON CARIÑO.

CONTENIDO

1. Introducción
2. Situación geográfica del Estado de Veracruz
3. Límites
4. Circulación general de la atmósfera
 Ciclones tropicales
 Nortes
5. Generalidades de la variabilidad de la precipitación
6. Proceso de datos
7. Breve ensayo sobre el manejo de fórmulas de variabilidad
8. Principales características de precipitación en México
9. Causas de la variabilidad de la lluvia
10. Importancia de la variabilidad de la lluvia en relación con la agricultura.
11. Breve análisis de la región en estudio.
12. Meteoros que alteran la variabilidad
13. La agricultura de algunos cultivos en relación con la variabilidad.
14. Conclusiones

I N T R O D U C C I O N

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 me propongo realizar, 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 parte 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.

Cuando en nuestro país se realicen mejores estudios de planeación regional y éstos realmente se apliquen, podremos recibir una compensación nivelada, de acuerdo a los esfuerzos empleados.

En México todavía el campo de la investigación es muy limitado por muchas razones que no voy a explicar aquí; sin embargo, en los últimos años se ha estado fomentando este campo ya que, representa una nueva forma de plantear los problemas y tratar de darles soluciones convenientes, mediante el análisis de los factores que puedan impedir o favorecer el desarrollo de las actividades humanas.

Se sabe perfectamente que la investigación es difícil y ardua y que para realizarse con éxito, aparte de una dedicación decidida, se necesita de una organización encaminada a dirigir estudios de acuerdo con las más urgentes necesidades del país en que se vive.

Desgraciadamente en México no se encamina la educación del profesionalista hacia el campo de la investigación ya que, en general, no se crea en él la conciencia de los problemas que es necesario escudriñar. Generalmente el profesionalista en México sólo persigue las buenas remuneraciones y una vez que las consigue queda satisfecho.

En este pequeño 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 ya mencionado, en una pequeña zona del Estado de Vera-

cruz.

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 Hidráulicos 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 detallado acerca de la variabilidad de la lluvia en el Estado de Veracruz que posee grandes diferencias en cuanto a cantidad de lluvia en sus distintas zonas.

Se desea que ese trabajo sirva para presentar un panorama claro, que permita deducir cuales 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 debemos valer para la solución de problemas que impiden el desarrollo acelerado de nuestro país.

Cuando todos los centros de investigación se pongan a trabajar en conjunto con el objeto de ir venciendo poco a poco las dificultades más

apremiantes, principiará a funcionar un nuevo método para solucionar lógicamente e inteligentemente los problemas que se presenten.

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 directo 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, cuya zona es la llanura de sotavento. 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 ciénagas, 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 5 747 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 o polar marítimo del este del océano Pacífico, que durante el invierno se desalojan hacia el sur y así la Repú-

blica 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 en determinado mes o año con respecto al promedio (este 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. 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 Km², 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.

En relación con esta investigación debe reconocerse que fué difícil y árdua la labor que desempeñó este autor para procesar toda una serie de datos estadísticos, que le sirvieron para formular su investigación acerca

de tan interesantes temas. La razón principal por la que consideré hacer un trabajo semejante pero más detallado sobre el mismo problema, fué con el propósito de buscar soluciones a nivel regional, que pueden servir para una mejor planeación agrícola en muchas zonas de nuestro país.

PROCESO DE DATOS

En México es realmente difícil hacer estudios climáticos debido a que muchas veces los datos son muy escasos y poco dignos de crédito o porque el número de estaciones con las que se cuenta no es en ciertas regiones el deseado para determinar las diferencias climáticas. Es cierto que en nuestro país se ha hecho muy poco por esta rama de la Geografía, pero también existen actualmente personas muy interesadas tales como: la Ing. Enriqueta García de Miranda, el Ing. Ernesto Jáuregui y la propia Directora del Instituto de Geografía, Consuelo Soto Mora, quienes muy entusiastamente desean se forme un departamento de Climatología dentro del mencionado Instituto con la finalidad de crear un sitio de investigación en donde se formen especialistas en este campo, que en nuestro país hasta ahora ha sido tan restringido. Asimismo son dignos de mención los trabajos del Ing. Pedro A. Mosiño, del Instituto de Geofísica. Si la formación del departamento de Climatología llegara a realizarse pronto, como es de esperarse, el Instituto empezaría a entrar en una época que no puede dejar desapercibido el avance acelerado en esta materia, que puede hacer mucho para solucionar las inquietudes en los geógrafos e investigadores que desean trabajar en este campo tan importante y reciente en nuestro país.

En México no se cuenta con períodos largos de observación, empero hay algunas estaciones meteorológicas que empezaron a funcionar normalmente a

partir de 1921, así que se tiene un período continuo de 45 años; otras estaciones que funcionaron durante un tiempo y después suspendieron sus observaciones, ya sea debido a que se cambiaron los aparatos de estas estaciones a otros lugares a donde para efectuar ciertos trabajos se creyó conveniente establecerlos, o porque las estaciones meteorológicas instaladas sólo funcionaron durante el tiempo indispensable para obtener datos que permitieran conclusiones satisfactorias de acuerdo a ciertos intereses específicos como son la construcción de presas o de sistemas de riego, etc.

Actualmente existe un número considerable de estaciones meteorológicas en el país, aproximadamente 2 000 operadas por el S. M. M. (Servicio Meteorológico Mexicano), la S. R. H. (Secretaría de Recursos Hidráulicos) y la C. F. E. (Comisión Federal de Electricidad). Generalmente, cuando se manejan estos datos, se encuentran muchos espacios vacíos en las tarjetas de control, ya sea porque de la estación no se reportan los datos o porque la observación no se hizo o se hizo mal. En otras ocasiones se encuentran períodos continuos de observación, que se interrumpen hasta por 5 ó 6 años y después vuelven a reanudarse normalmente; ésto se debe, en ocasiones, a que durante un período la estación tuvo que suspender sus servicios por determinadas circunstancias o se tuvo que cambiar la estación a otro lugar por considerarse así necesario.

Es importante aclarar que en los casos donde había una o dos interrupciones en los datos mensuales en tarjetas de control, se calculó el dato para el espacio vacío, haciendo el promedio entre el dato de ese mes en el año anterior y el posterior, de esta manera se obtuvo un promedio aproximado, que permitió obtener el dato faltante, para que el promedio

final no apareciera incompleto y para que el programa de las máquinas electrónicas no tuviera que cambiarse.

Por ésto y otras razones es realmente difícil y resulta complicado manejar todos estos datos, los que a pesar de sus deficiencias son de gran utilidad porque permiten efectuar cálculos bastante aproximados, que dan una idea cuantitativa de los fenómenos meteorológicos.

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 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; en cambio, en el Valle de Puebla, con precipitaciones no muy bajas, la lluvia fué mayor en sólo un 25 a 30 %. En estos casos 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, que es la más fácil de obtener en este tipo de cambios, se procede como sigue:

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 ($a_1, a_2 \dots a_n$) : $d_1 = \bar{a} - a_1$;

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

3. Se suman las diferencias (d) y esta suma se divide entre el número de años de observación $[A.V.]^* = \frac{d_1 + d_2 + \dots d_n}{n}$

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:

$$[V.R.] = 100 \frac{[AV]}{p}$$

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

Sin embargo, Conrad (1952) señala que ni aún RV 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 se define como la raíz cuadrada de la diferencia entre el promedio de los cuadrados de los años individuales y el cuadrado del promedio aritmético de la lluvia anual.

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

* Promedio de variabilidad.

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

n= al número de años de la serie de precipitaciones.

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

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

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

Con esta fórmula se mide el grado de dispersión de los valores individuales de una serie alrededor del promedio. El [C.V.] es el coeficiente de variación, σ 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 (σ) 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, en prensa).

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 las partes norte y noroeste del país son las regiones con más alto índice de variación, el área

que registra la máxima variación es la península de la Baja California, con más de 50 % en su extremo seco. Un máximo secundario aparece en el Estado de Sonora, particularmente en la llanura costera, con una variación de alrededor del 40 %. Aquí se puede observar que coincide con el área donde la precipitación es muy escasa, es decir coincide con las regiones más secas.

En cambio, las áreas que tienen un bajo índice de variación son aquellas 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; en la parte tropical del país, o sea en el sureste, la variabilidad es en general baja en una zona muy pequeña comprendida entre los estados de Chiapas, Tabasco y Campeche.

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 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 una área del Estado de Veracruz (cuadros 2, 3, 4, 5, 6 y 7), incluidos al final.

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

Las estaciones que se han tomado como referencia fueron seleccionadas y distribuidas como se creyó conveniente, pues lo que se pretende con esta sencilla demostración es dar una idea de lo que será este trabajo una vez concluido y aumentado.

Posteriormente, como ya se dijo, el presente trabajo servirá de

introducción a otro mayor en donde aparecerán los cálculos de todo el Estado de Veracruz.

Se tomaron como base 18 estaciones meteorológicas distribuidas en la parte meridional del Estado, entre los paralelos 17° y 20° de latitud norte y los meridianos 94° y 97° 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.

Como se puede observar 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. sobre el nivel del mar 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 sobre el nivel del mar, precipitación total anual promedio de 2 137 mm y variabilidad de 45 %. Huatusco es un caso muy especial, que aunque resulta con un alto índice de variabilidad no se puede aceptar como tal, debido a que sus datos de precipitación correspondientes al periodo 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 trata de lugares muy húmedos durante todo el año, y por lo tanto, esta estación fué eliminada.

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 ciertos fenómenos meteorológicos que no son muy constantes.

Entre los fenómenos meteorológicos que no son muy constantes y

en los que se cree que pueden estar el origen de estos cambios y variaciones pueden mencionarse: 1.- Los ciclones tropicales. 2.- Los nortes y 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, no sólo en la distribución de las precipitaciones sino en la variabilidad de un año a otro.

Como se puede observar, 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 100m 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 con la altura; sin embargo, Zapotitlán, situado casi en la costa a 4 m.s.n.m., tiene una precipitación total anual promedio de 3271 mm, y en cambio, Nopalapan, más al interior con una altitud de 25 m.s.n.m. y al abrigo de la mencionada sierra, solo tiene una precipitación total anual promedio de 1077 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 y pasan a ser masas descendentes y de escasa humedad.

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, Yaqui, 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 irregular, mostrando una extensa superficie árida en contraste con una área reducida de gran humedad. Todas estas irre

gularidades 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 meridianos 18°11' y 99°30' de longitud oeste y los paralelos 19°03' y 20°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 de lluvias en invierno.

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 solo 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 1955, añade la influencia de los nortes que son masas de aire polar continental o marítimo, que invaden nuestro país en invierno, provenientes de Canadá y Estados Unidos.

Mosiño (1959) no niega 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, deben 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 in-

ternarse en los Estados Unidos de América.

CAUSAS DE LA VARIABILIDAD DE LA LLUVIA

Ya se ha establecido que las precipitaciones dependen en gran parte de la circulación general de la atmósfera y que a través de este fenómeno natural, se puede explicar la existencia de un gran número de anomalías que se presentan en extensas áreas de nuestro territorio.

Los datos pluviométricos comprueban que generalmente las precipitaciones disminuyen de sureste a noroeste en nuestro país, esto no solo 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.

En la península de Baja California las precipitaciones son muy escasas y varían de acuerdo con la altitud, siendo mayores en las partes altas de las sierras principales, como son la Sierra de Juárez y la de San Pedro Mártir en el norte; Sierra de la Giganta y Sierra de San Lázaro en la parte meridional. En las primeras, las precipitaciones alcanzan más de 600 mm y en la última más de 800 mm anuales, mientras que en las regiones bajas solo se tienen de 50 a 100 mm al año. En la parte meridional de la península, generalmente ocurren abundantes precipitaciones durante el otoño, que parecen ser producidas por los huracanes del Pacífico creados durante esta temporada. El suelo de áreas extensas de la península es árido y desprovisto de vegetación, y el clima desértico caliente no permite la formación de corrientes hidrográficas permanentes. De todo lo anterior se desprende que en esta región es realmente difícil un control adecuado de las aguas para mejores métodos de planeación en la agricultura.

Debe aclararse que no necesariamente a una escasa precipitación, corresponde una alta variabilidad ni a una alta precipitación corresponde una baja variabilidad. En este caso se debe tomar muy en cuenta tanto las condiciones climáticas como que exista una constancia en la presentación 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 con mayor precipitación: 300 a 400 mm mensuales, mientras que el mes con más alto porcentaje de variabilidad es abril, que corresponde al mes más pobre en lluvia: 50 a 60 mm mensuales. 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 coincide con 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 impor

tante 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 preservar 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 la región noreste, Tamaulipas y norte de Veracruz así como en el sur y norte de Nayarit, la alta variabilidad está relacionada con la escasez de precipitación y parece probable que aquí la variabilidad juegue un

papel importante para que la agricultura se desarrolle debidamente, en cuanto proporciona rendimientos adecuados que satisfagan las necesidades más urgentes del trabajador del campo.

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 atroces 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 y en caso de afectarlas 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 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 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 representarle 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 de 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 cuyos 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 Océano, así como de algunos fenómenos meteorológicos que se presentan en diferentes épocas del año, sobre todo aquellas que no son muy constantes.

Como se puede ver en la figura 2 aparecen algunas isolíneas que no se pudieron cerrar por falta de un mayor número de estaciones meteorológicas a distancias aún más cortas.

Existe en esta misma figura una zona al sur, es decir, la región istmica, que no aparece con ningún dato; esto se debe a que la región, sobre todo la situada entre los ríos Coatzacoalcos y Uspanapa, está totalmente despoblada y, por lo tanto, carece de estaciones meteorológicas que serían de utilidad. La mayor parte de la región está constituida por suelos lateríticos que no son propicios para la agricultura, pero en cambio tiene un clima cálido y húmedo, lo que hace la región propia para la explotación forestal de maderas tropicales.

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.

Las altas variabilidades se presentan con mucha frecuencia en nuestro país, especialmente en extensas áreas con climas cálidos o semicálidos, que en su mayor parte resentan cierta escasez de lluvias; entonces la agricultura se ve gravemente afectada a tal grado de perderse las cosechas casi en su totalidad. Como estas zonas carecen de

sistemas de riego quedan expuestas exclusivamente a la poca o mucha agua que se precipita en verano, según sean las perturbaciones atmosféricas; de aquí que la planta pierda su equilibrio normal y su rendimiento tenga que ser bajo y a veces nulo.

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 la zona que (García) determina como muy cálida o cálida (mayor de 26°C y entre 22° y 26°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°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 como la variabilidad muy alta impide el desa-

rollo de este tipo de actividad en el campo. Para esto se tomaron como base algunos datos estadísticos de producción del Censo Agrícola y Ganadero de 1965 (ver cuadro 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.

En el cuadro 1 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 azúcar, se han tomado como modelos, porque tienen importancia para la alimentación del pueblo, así como para encontrar la relación que existe entre la variabilidad de la lluvia y su rendimiento por hectárea, su cultivo se practica, en el caso del maíz y del frijol, desde épocas prehispánicas y se acostumbra sembrar intercalado o solo. 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 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 inexplotados 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 rendimiento 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 1500 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.

MAIZ .- 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 superior a 22°C en verano. El rendimiento por hectárea en la mayor parte de las estaciones escogidas, es superior a 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; las estaciones que se apartan del grupo: Tierra Blanca, Misantla, Rinconada y Zarcotitlán aparecen en la figura con un coeficiente de variación mayor al 30 %. Este desplazamiento se debe, 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 del norte descarguen su influencia, en forma casi directa, originando una alta variabilidad en la zona que se encuentran.

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 de la topografía de un terreno y de una serie de

factores geográficos que determinan las regiones naturales de utilidad para el hombre.

FRIJOL. El frijol es una planta de origen tropical que se ha adaptado a diferentes regiones templadas, secas con riego y frías; al igual que el maíz se localiza en las mismas zonas ya sea intercalado o sólo. La figura 6 representa la relación entre el rendimiento por hectárea de frijol y el coeficiente de variación. Los datos graficados muestran un rendimiento parecido al del maíz, excepto en Jesús Carranza, Jaltipan y Las Vigas que se apartan de las demás estaciones, por tener una producción superior.

CAÑA DE AZÚCAR. La caña de azúcar es un cultivo tropical, sin embargo se ha adaptado a climas templados y subtropicales con temperaturas hasta de 27°C. La mayor parte de la caña de azúcar se cultiva en temporal; únicamente en la región 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 y frijol, 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, Misantla y Zapotitlán, 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 determinadas 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. Una vez logrado ésto se podrá planear mejor de acuerdo con cierto tipo de actividad que brinde mejores posibilidades de lograr objetivos comunes al bienestar de los habitantes de la región.

4.- Las áreas con un alto grado de variabilidad de las precipitaciones en México, coinciden en general precisamente con las zonas que tienen un clima BS y BW, es decir climas áridos o muy áridos con temperatura muy elevada que ocasionan una sobre evaporación.

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 satisfacto-

rios 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.

BIBLIOGRAFIA

- Contreras Arias A., 1955. Definición de las Zonas Áridas 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. Mex.
- 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
- Jauregui O. Ernesto, 1968. Mesoclima de la Región Puebla-Tlaxcala. Universidad Nacional Autónoma de México. Mex. 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 Mex.
- S. C. O. P. (S. F.). Estudio del Estado de Veracruz. Dirección General de Planificación. México, D. F. P.P. 43-63
- 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. Cia. Nacional Editora "Aguilas", S. A. México, D. F. P.P. 13-29
- Wallen, O. C., 1955. Some Characteristics of Precipitation in Mexico. Geografiska Annaler XXXVII, 1-2 P.F. 1-35
- Zill Juan, 1943. Geografía del Estado de Veracruz. Biblioteca del Maestro de el Nacional. México, D. F. P.P. 5-19

CUADRO # 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. Jaltipan	1896	19	1060	3232	20000	2536
5. El Palmar	2833	21	1018	1011	32612	2441
6. Puente Henriquez	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. Ototitlán	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 1344m.

Estación. Huatusco, Veracruz.

Años	Precipitación Total anual	D= Dif. entre M y la precipitación total anual de cada estación.	D ² (cuadrado de la diferencia)	$\frac{\sum D^2}{n}$ n: es el Núm. de los sumandos.	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum D^2}{n}}$	$V = \frac{\sigma \times 100}{M}$
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	589.0	1199.7	1439280.1			
51	428.9	1352.8	1849056.0			
52	827.5	961.2	923905.4			
53	583.0	1205.7	1453712.5			
54	602.8	1185.9	1406358.8			
55	2576.9	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 M y la precipitación total anual de cada estación.	D ² (cuadrado de la diferencia)	$\sum \frac{D^2}{n}$ n: es el Núm. de los sumandos.	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum D^2}{n}}$	$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$
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						
suma	55576.9					
Prom.	2416.4		7966323.5	346361.89	588.52	24.6

Cuadro 4

lat. 19° 56' ; Long. 96° 56' ; Altitud 410 m. Estación. Misantla, Veracruz

Años	Precipitación Total anual	D= Dif. entre M y la precipitación total anual de cada estación	D ² (cuadrado de la diferencia)	$\sum \frac{D^2}{n}$ n: es el Núm. de los sumandos.	$\sigma = \sqrt{\sum \frac{D^2}{n}}$	$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$
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	2268838.4			
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	459255.2			
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	1027790.4			
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.	2137.1					

Cuadro 5

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

Años	Precipitación Total anual	D= Dif. entre M y la precipitación total anual de cada estación.	D ² (cuadrado de la diferencia)	$\frac{\sum D^2}{n}$ n: es el Núm. de los sumandos.	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum D^2}{n}}$	$V = \frac{\sigma}{M} \times 100$
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

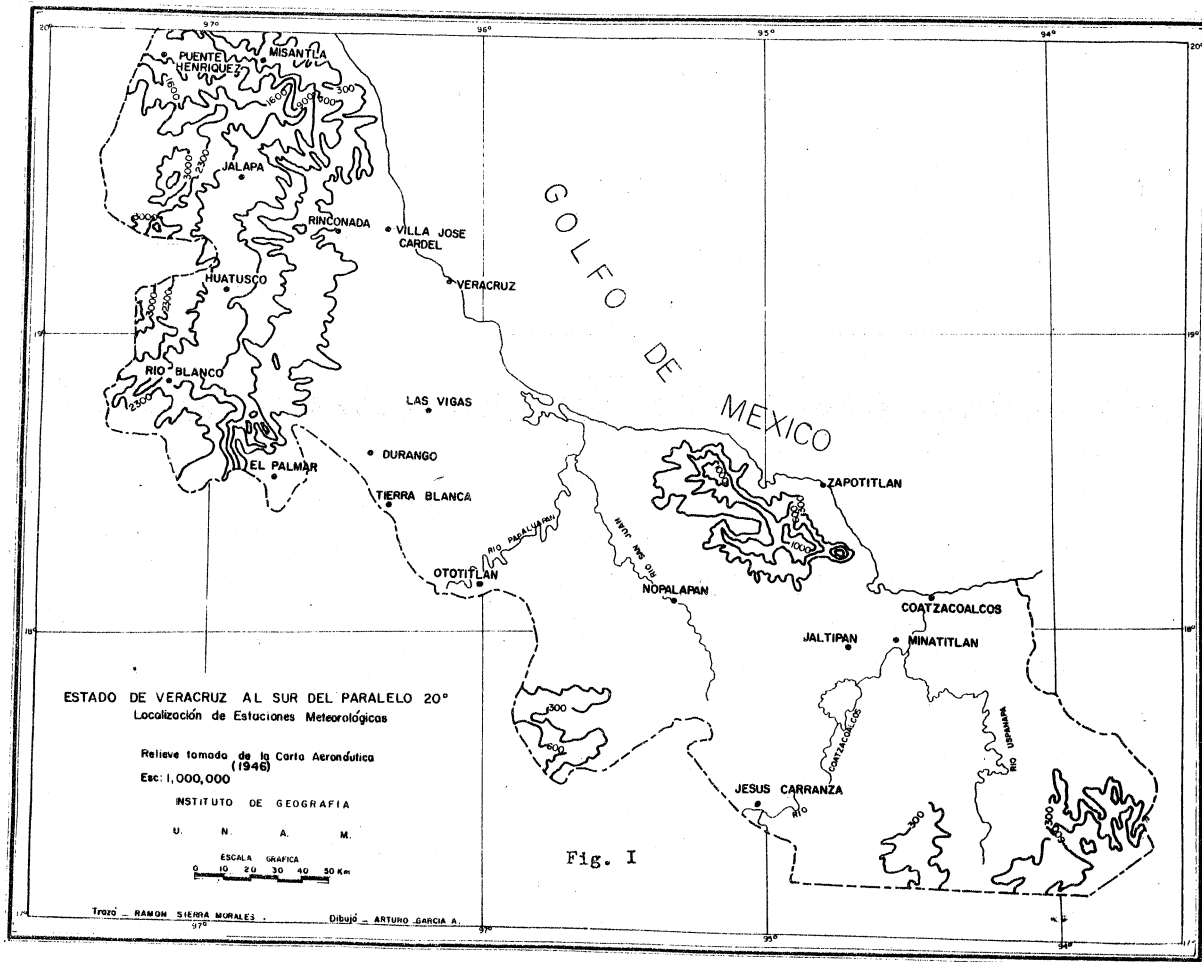
Lat. 19° ; Lon. 96° 23' ; Altitud 100 m. Villa José Cardel , Veracruz.

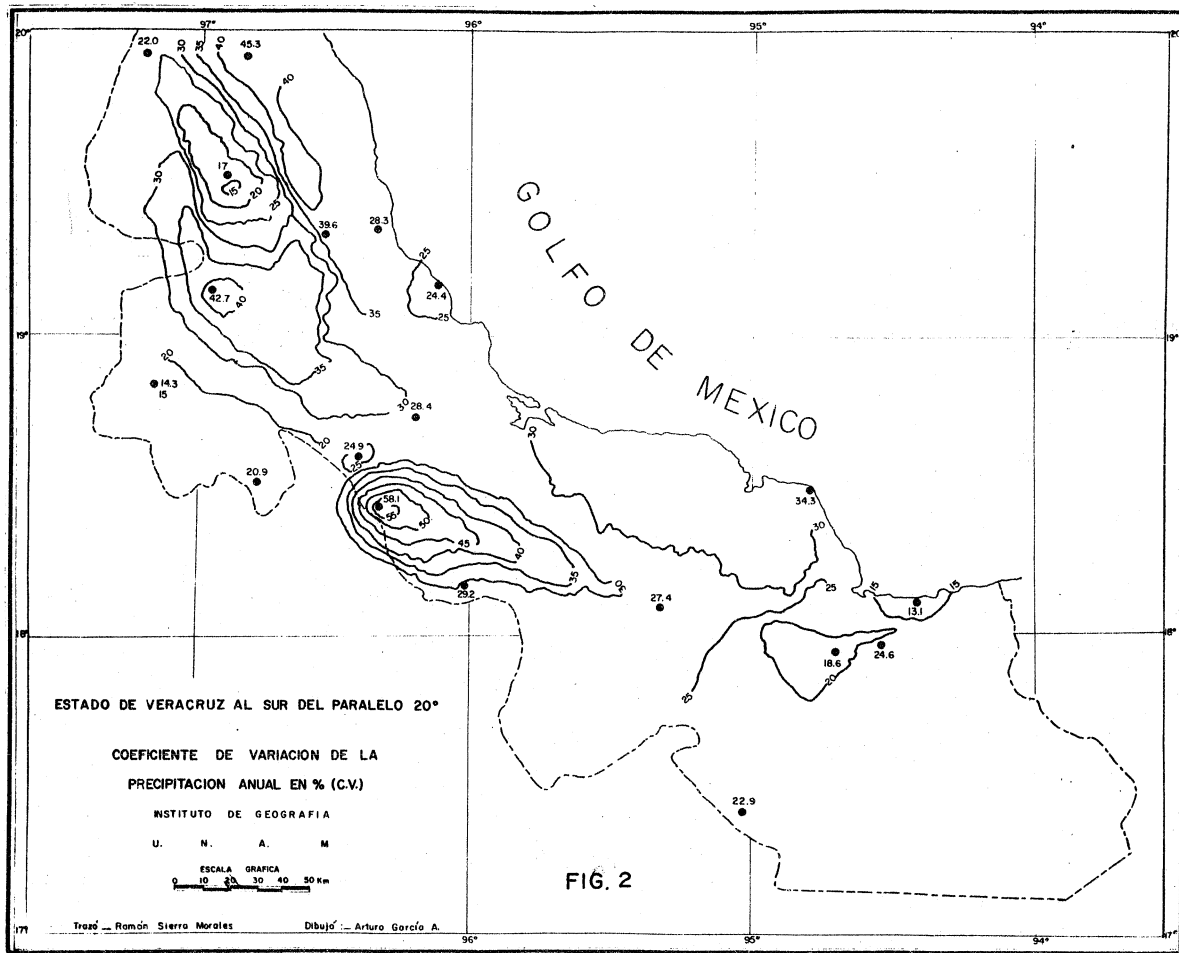
Años	Precipitación Total anual	D= Dif. entre M y la precipitación total anual de cada estación.	D ² (cuadrado de la diferencia)	$\sum \frac{D^2}{n}$ n: es el Núm. de los sumandos.	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \frac{D^2}{n}}{n}}$	$V = \frac{\sigma}{M} \times 100$
1921						
22						
23						
24						
25						
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

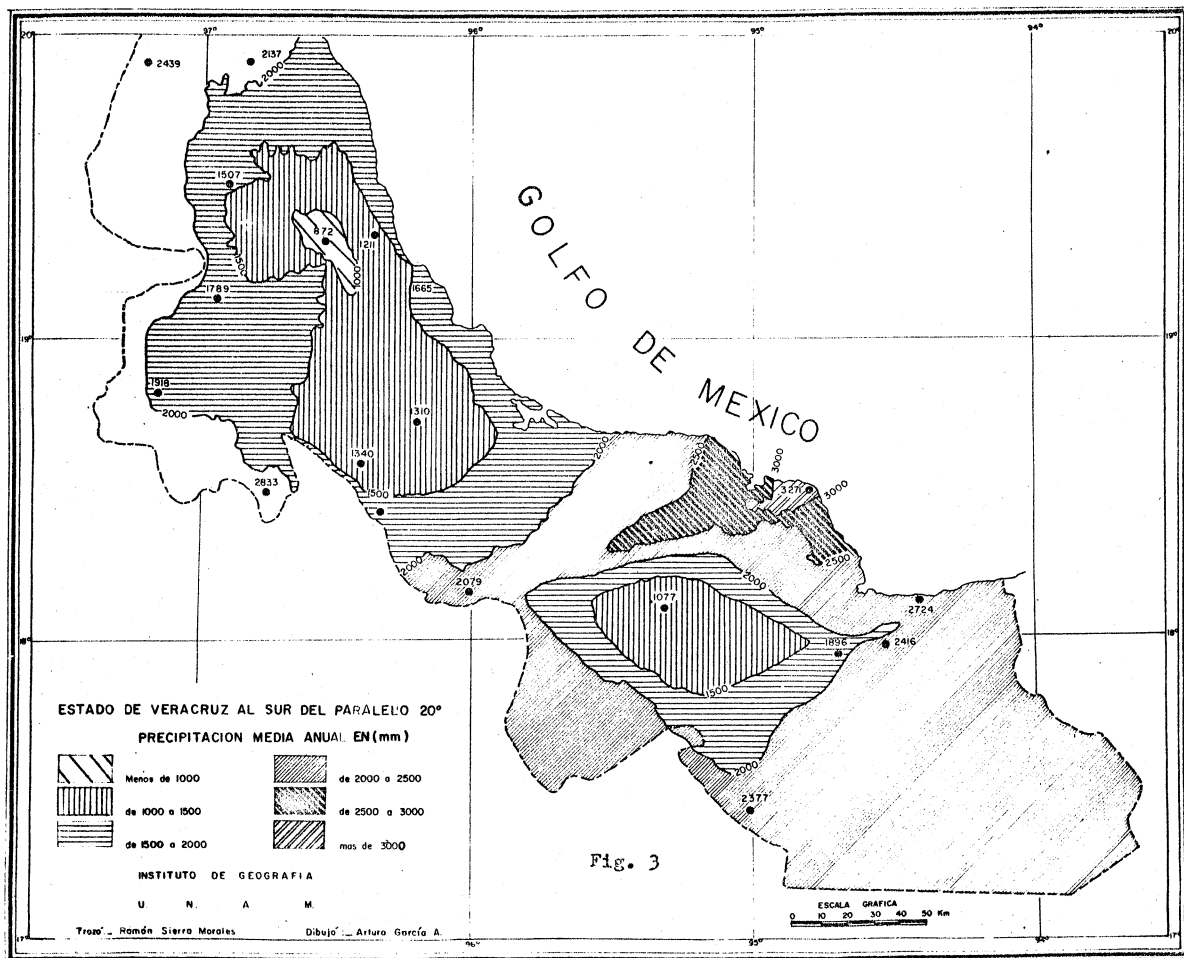
Cuadro 7

Lat. 18° 33' ; Lon. 94° 46' ; Altitud 4 m. Estación: Zapotitlán, Veracruz

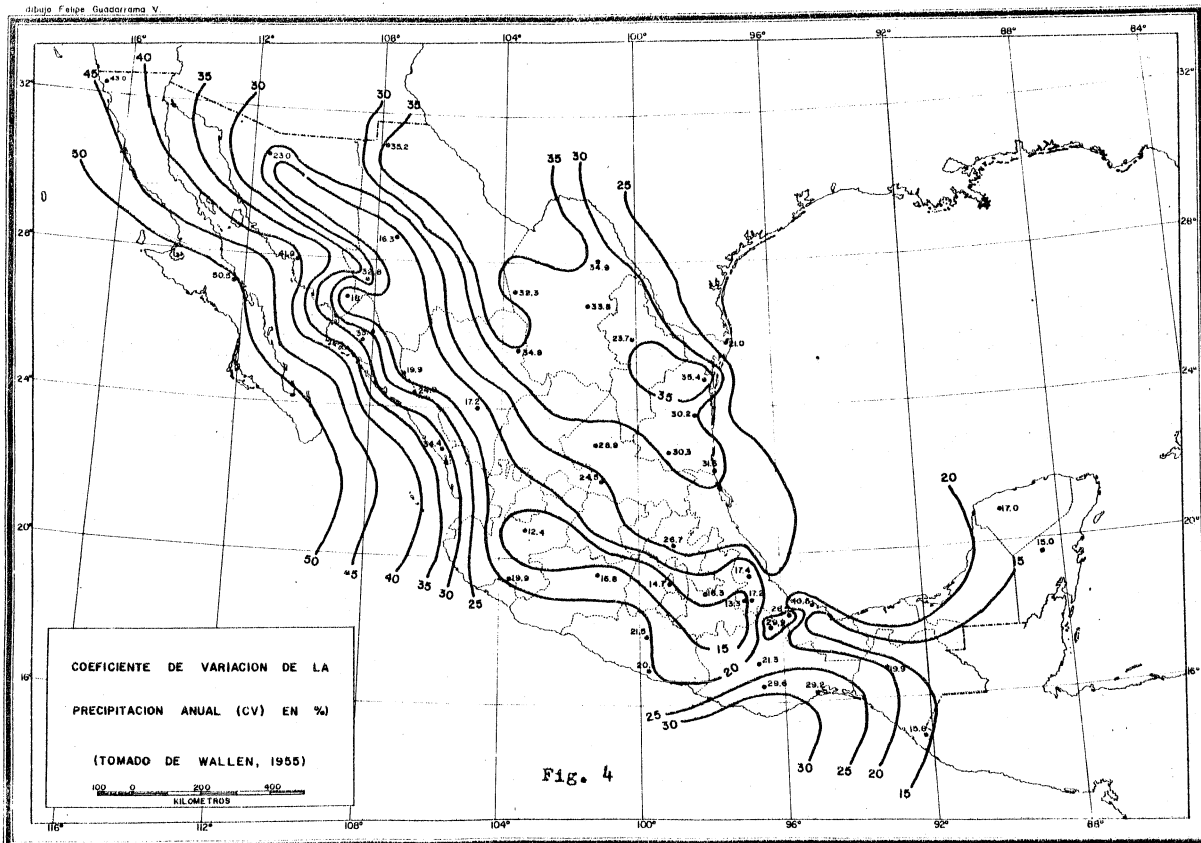
Años	Precipitación Total anual	D= Dif. entre M y la precipitación total anual de cada estación.	D ² (cuadrado de la diferencia)	$\sum \frac{D^2}{n}$ n: es el Núm. de los sumandos.	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \frac{D^2}{n}}{n}}$	$v = \frac{\sigma}{M} \times 100$
1921						
22						
23						
24						
25	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.	3271.3		15139528.0	1261627.3	1123.22	34.33







Dibujo Felipe Guadarrama V.

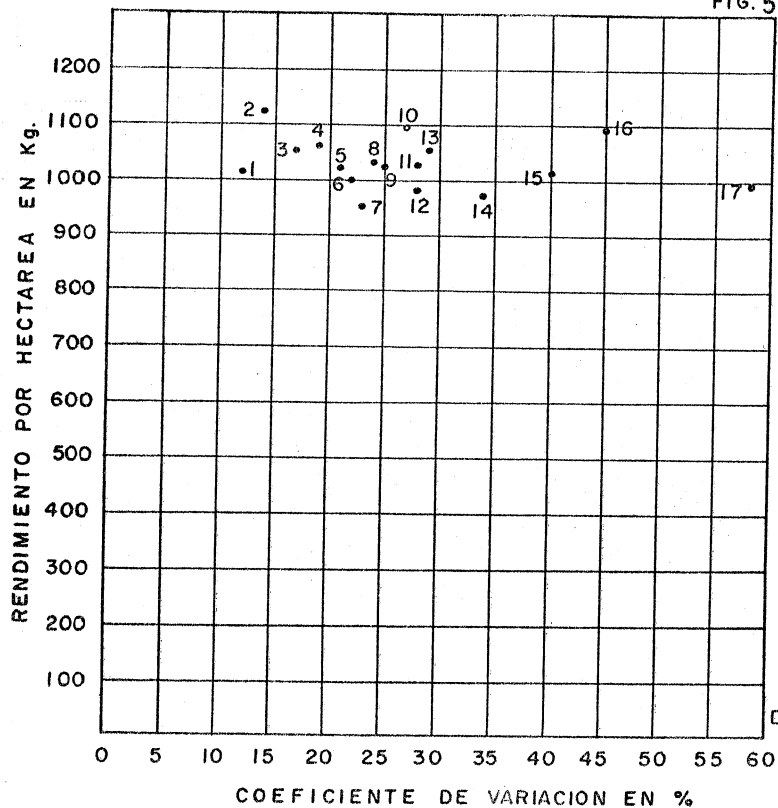


INSTITUTO DE GEOGRAFIA

DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA

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

FIG. 5

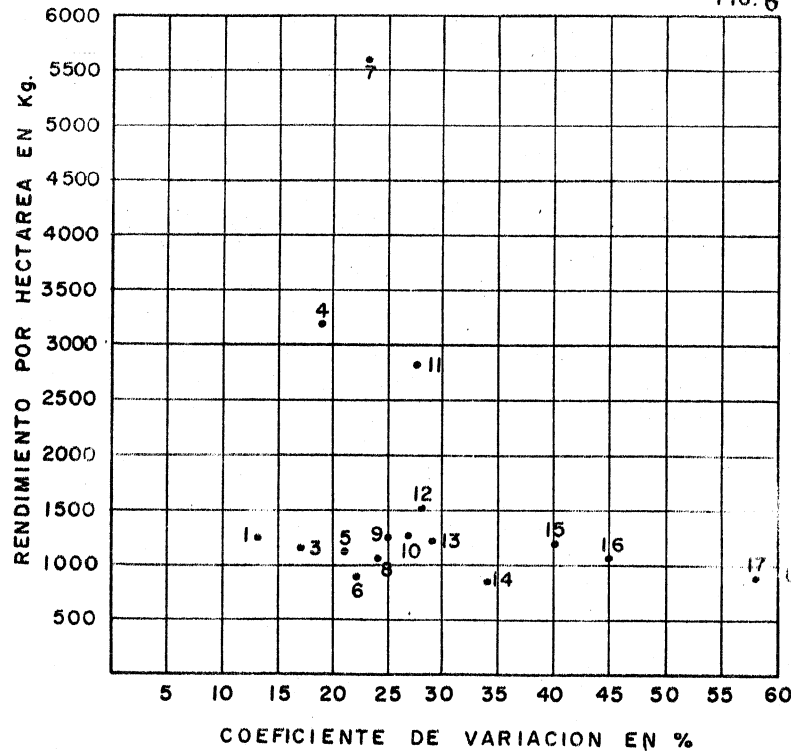


- 1. COATZACOALCOS
- 2. RIO BLANCO
- 3. JALAPA
- 4. JALTIPAN
- 5. EL PALMAR
- 6. PUENTE HENRIQUEZ
- 7. JESUS CARRANZA
- 8. VERACRUZ
- 9. MINATITLAN
- 10. NOPALAPAN
- 11. LAS VIGAS
- 12. VILLA JOSE CARDEL
- 13. OTOTITLAN
- 14. ZAPOTITLAN
- 15. RINCONADA
- 16. MISANTLA
- 17. TIERRA BLANCA

Dibujo: Humberto Robles U.

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

FIG. 6

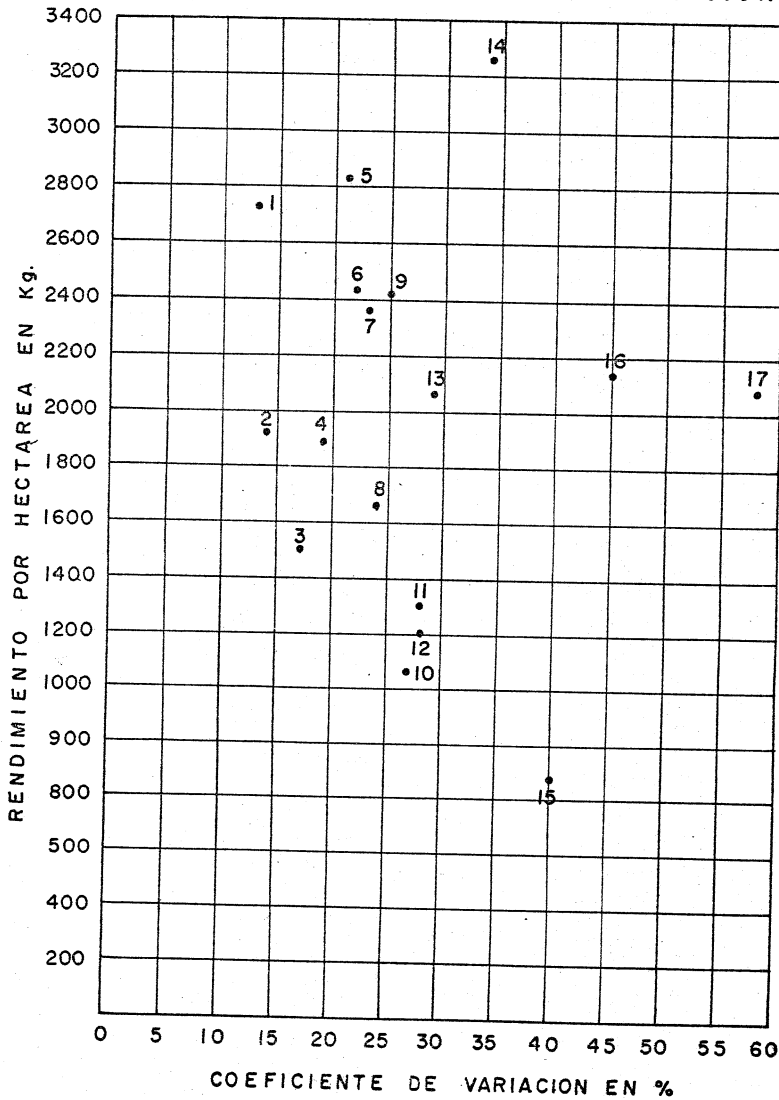


- 1. COATZACOALCOS
- 3. JALAPA
- 4. JALTIPAN
- 5. EL PALMAR
- 6. PUENTE HENRIQUEZ
- 7. JESUS CARRANZA
- 8. VERACRUZ
- 9. MINATITLAN
- 10. NOPALAPAN
- 11. LAS VIGAS
- 12. VILLA JOSE CARDEL
- 13. OTOTITLAN
- 14. ZAPOTITLAN
- 15. RINCONADA
- 16. MISANTLA
- 17. TIERRA BLANCA

Dibujo: Humberto Robles U.

RELACION ENTRE LA PRECIPITACION ANUAL Y EL COEFICIENTE DE VARIACION

FIG. 7



- 1. COATZACOALCO
- 2. RIO BLANCO
- 3. JALPAN
- 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.