

01
T(136)
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**CONTRIBUCION AL ESTUDIO DEL REGIMEN
DE PRECIPITACION PLUVIAL
EN EL VALLE DE ASUNCION MITA**

TESIS

presentada a la Junta Directiva de la Facultad
de AGRONOMIA de la Universidad de San
Carlos de Guatemala por

**BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO
MARIO ADOLFO MARTINEZ GUTIERREZ**

En el acto de su investidura de

INGENIERO AGRONOMO

NOVIEMBRE DE 1960



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA**

**JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano	Ing. Marco Tulio Urízar M.
Vocal 1o.	Ing. Eduardo D. Goyzueta V.
Vocal 2o.	Ing. Mario Molina Llardén
Vocal 3o.	Lic. Alfredo Chacón Pazos
Vocal 4o.	Br. Rodolfo Martínez F.
Vocal 5o.	Br. Leopoldo Barreda
Secretario	Ing. Ovidio Amaya G.

TRIBUNAL QUE PRACTICO

EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Marco Tulio Urízar
Examinador Vocal 2o.	Ing. Mario Molina Llardén
Examinador	Ing. René Molina S.
Examinador	Ing. Armando Fletes G.
Secretario	Ing. Ovidio Amaya G.

Dedicatoria

A la memoria de mi padre:

Luis M. Martínez Bernaldo

A mi madre:

Carolina G. v. de Martínez

A mis hermanos:

Consuelo

Ana María

Roberto

A mis tíos, primos y demás familia

A la Junta Directiva de esta Facultad

A mis compañeros de promoción:

Leopoldo Sandoval

Edgar Ibarra

Carlos Krařka

Peter Oestman

Augusto Mérida

A mis catedráticos

Al Instituto Agropecuario Nacional

A mis compañeros y amigos.

CONTENIDO

Introducción

Generalidades

Objetivos

Datos Básicos

Metodología

Resultados

Honorable Junta Directiva:

Honorable Tribunal Examinador:

Tengo el honor de someter a vuestra consideración, en cumplimiento de lo estipulado en los Estatutos de la Universidad de San Carlos, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, el presente trabajo de tesis titulado

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DEL REGIMEN
DE PRECIPITACION PLUVIAL EN EL VALLE
DE ASUNCION MITA

En este trabajo, trato de resaltar la importancia de uno de los recursos naturales de mayor influencia para el desarrollo de las actividades humanas: el agua. Contiene un estudio sobre su fuente principal: la precipitación, y el procedimiento y análisis del mismo puede ser utilizado en cualquiera de los trabajos sobre su aprovechamiento: navegación, poder hidroeléctrico, riegos, abastecimiento, etc.

Con la esperanza de merecer vuestra aprobación, permítame esta oportunidad para expresar mi respetuoso saludo y mi muestra de distinguida consideración.

INTRODUCCION

Guatemala, país de grandes recursos y posibilidades, cuya economía descansa en la agricultura, necesita de planes integrales con los cuales se logre un mejor aprovechamiento de sus recursos naturales. El agua como llave del progreso humano, forma parte principal de éstos y su uso y control son preocupación constante de aquellos países deseosos de elevar el nivel de vida de sus habitantes al aprovechar ésta en todas sus formas conocidas.

En el valle de Asunción Mita, entidades especializadas del Estado, vienen volcando esfuerzos con el fin de aprovechar sus recursos hidrológicos; el manejo de los mismos, ya sea para su conservación o para controlar sus excesos, involucra un conjunto de factores y situaciones entre los cuales se encuentra el relativo a la precipitación, como fuente principal de agua.

Los datos de precipitación, análisis y resultados de los mismos, son de suma importancia para una interpretación adecuada de los datos de defludio, necesarios para determinar los requerimientos de agua en los cultivos, diseño de estructuras de riego, poder hidroeléctrico, control de inundaciones, control de la erosión, drenaje, etc.

Aunque no pretendo que el presente estudio sea exhaustivo, es mi intención contribuir a la formación de las bases fundamentales de los estudios hidrológicos del valle de Asunción Mita y despertar el interés para que en el futuro, trabajos similares se efectúen en áreas igualmente importantes de la república.

GENERALIDADES

DESCRIPCION DE LA CUENCA

La cuenca del río Ostúa (Gráfico 1) , se encuentra en la parte oriente del país, entre los límites $14^{\circ}12'$ - $14^{\circ}38'$ de latitud norte y $89^{\circ}32'$ - $90^{\circ}06'$ de longitud oeste. Su mayor área está comprendida en el departamento de Jutiapa y una porción menor, se localiza en el departamento de Jalapa.

Formada por los valles de Monjas, Asunción Mita y por los terrenos altos de las zonas de Jutiapa, San Carlos Alzatate, San Manuel El Chaparrón, Candelaria; de los volcanes Suchitán, Ixtepeque, Tahuatl y los cerros Xecón, Piedra Blanca, Yupiltepeque, Mongoy, Cerro Blanco, etc.

La red de drenaje del río Grande de Mita u Ostúa, que desemboca en el lago de Güija, es bastante extensa, sus principales tributarios son el río Ovejero, el río Tamasulapa, el río Mongoy y el río Chaparrón.

El área aproximada de la cuenca, tomando como base para los deflujos el límite topográfico, es de 1600 Kms² y su perímetro de 173 Kms.

DESCRIPCIÓN DEL VALLE

El valle de Asunción Mita, localizado dentro de la cuenca del río Ostúa, se encuentra entre los límites $14^{\circ}17'$ - $14^{\circ}22'$ de latitud norte y $89^{\circ}33'$ - $89^{\circ}44'$ de longitud oeste. Su área aproximada es de 127 Kms² (12,700 Ha.) de los cuales cerca de 100 Kms² (10,000 Ha.) son susceptibles de riego. En la actualidad el aprovechamiento de los recursos naturales es pobre y limitado, sin embargo por sus características y posibilidades, puede llegar a transformarse en una de las regiones de mayor desenvolvimiento agropecuario.

OBJETIVOS

Determinar algunas características del régimen pluviométrico, que sean útiles para el estudio del aprovechamiento de los recursos hidrológicos en el valle de Asunción Mita.

El caminamiento de este estudio está enfocado hacia las necesidades de riego, que dependen principalmente del uso consuntivo de los cultivos o evapotranspiración; pero su procedimiento y análisis puede ser utilizado para otras formas de aprovechamiento del agua. Se estiman para dicho fin:

1. Curva diferencial anual
2. Períodos de retorno anual y mensual
3. Tendencia de la precipitación
4. Curva de duración mostrando el porcentaje del tiempo en que una lluvia anual es igualada o excedida.
5. Medidas de dispersión anual y mensual
6. Distribución de frecuencias.

DATOS BASICOS

La precipitación como un fenómeno natural, muestra gran variabilidad, y para poder medir ésta y efectuar otros análisis, deben buscarse puntos de observación, que a la vez de ser representativos del área en estudio, contengan registros de largos períodos de tiempo. La mayor dificultad para efectuar estudios sobre precipitación u otros aspectos hidrológicos, estriba en la carencia de datos y la mayor de las veces hay necesidad de recurrir a métodos de ajuste e interpolación. Es pues el dato, la base de los estudios y debe dársele la importancia que se merece, sin embargo el hecho no consiste en llevar sólo un registro de observaciones, éstas deben sistematizarse para los fines que se proponen, las estaciones deben estar bien distribuidas y las personas encargadas de efectuar las lecturas en los aparatos deben ser responsables y estar compenetradas de sus obligaciones.

AÑOS REGISTRADOS DE PRECIPITACION

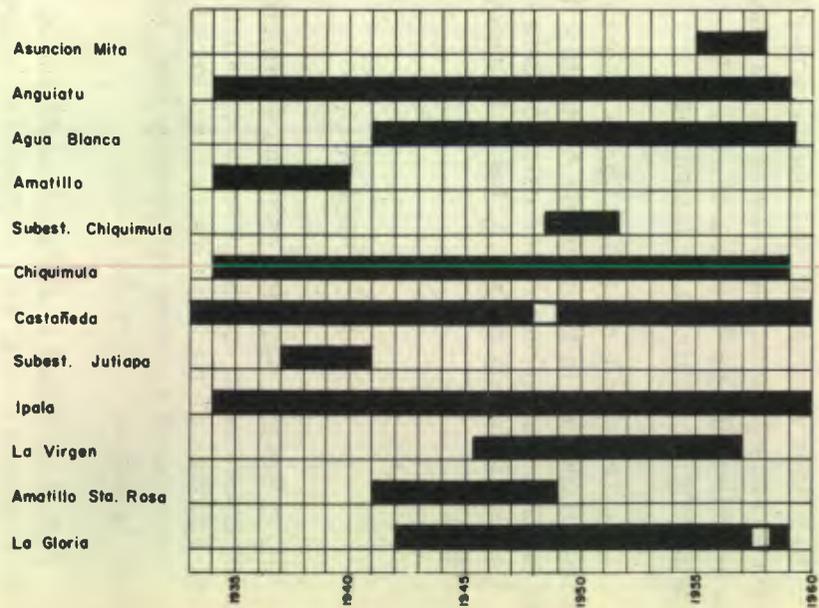


GRAFICO No. 2

El adelanto de un país, se mide muchas veces y con razón, por la cantidad de datos y números de años registrados, ya que en ellos están basados la mayor parte de los estudios que marcan la pauta del progreso; debemos grabarnos en la mente que un año que no se registra para una observación dada, es un año perdido, y un año perdido no es recuperado.

El Estado a través de sus organismos especializados, debe ser el encargado de preocuparse por la recolección, tabulación y publicación de estos datos, así como el de procurar mejorar la obtención y calidad de los mismos.

En este estudio me veo obligado a servirme solo de los datos registrados en la Estación de Anguiatú y las conclusiones que se emitan, tienen como base este conjunto de observaciones. La fuente de que me serví, fue el Observatorio Nacional de Guatemala.

METODOLOGIA

Para llevar a cabo los estudios sobre precipitación, se deben tomar en cuenta todos los registros provenientes de los diferentes aparatos de medida directa como los pluviómetros, o los de registro automático como los pluviógrafos, que se encuentren dentro de la cuenca o cercana a ella.

Para determinar la profundidad media de lluvia, puede usarse el promedio aritmético, siempre que la cuenca en estudio sea pequeña y la distribución de las estaciones presente cierta uniformidad. Cuando el espaciamiento entre estaciones no es uniforme, es preferible servirse del método conocido como de Thiessen. Si la cuenca es grande y existen variaciones notables dentro de ella, el método de Isoyetas da muy buen resultado, isoyeta es una línea que dibujada en un mapa conecta puntos de igual profundidad de lluvia.

La homogeneidad meteorológica por otra parte, juega un

papel decisivo para estimar la precipitación promedio en cualquier punto del área. Por homogeneidad meteorológica, se entiende que cualquier punto del área tiene la misma probabilidad de ocurrencia de una precipitación de intensidad dada. La homogeneidad meteorológica, está afectada por algunos factores, tales como: distancia del océano, dirección de los vientos dominantes, temperatura media anual, altitud y topografía.

La cuenca del río Ostúa puede considerarse meteorológicamente homogénea, desafortunadamente sólo existen dentro de ella una estación de medida directa y otra de registro automático localizada en el valle de Asunción Mita. De las estaciones fuera de la cuenca, cuatro de ellas cuentan con registros de más de 20 años como puede apreciarse en el diagrama de Barras (Gráfico 2). A pesar de que el régimen pluviométrico en las estaciones de Chiquimula, Ipala, Agua Blanca y Anguiatú, parece ser semejante como puede observarse en los pluviogramas elaborados (Gráfico 3), el número de años de datos es relativamente corto como para arriesgarse a trabajar con ellos y determinar un promedio de precipitación para el valle de Asunción Mita, además las diferencias en altura y las condiciones topográficas desiguales, no permiten sin un estudio detallado, estimar un promedio de precipitación que sea útil para el objetivo que persigue este estudio. Si se contara con un buen número de estaciones con largos registros, se podría precisar con cierta probabilidad el promedio de lluvia en la zona mencionada. Por otra parte un buen número de estaciones de largos registros serviría como base para estimar años faltantes en otras estaciones, aplicando métodos como el racional deductivo o el de precipitaciones duplica-cumulativas y análisis de correlación.

En vista de no contar con un buen número de estaciones con largos registros, me veo obligado a servirme sólo de los datos registrados en la Estación de Anguiatú situada en el departamento de Jutiapa a $14^{\circ}21'$ latitud norte y $89^{\circ}35'$ longitud oeste, a una altura de 500 metros sobre el nivel del mar y a 14 Kms. de la población de Asunción Mita.

En estudios sobre riego interesa determinar la cantidad

de agua mensual a aplicar a los cultivos, por lo que se hace necesario tener idea de la distribución mensual de la precipitación. No se puede utilizar el promedio sin conocer la variabilidad de los datos que lo componen. Si la variabilidad es grande el promedio mensual no podrá utilizarse para restarlo al uso consuntivo, pues en unos años la cantidad de agua a aplicar será insuficiente y en otros será excesiva; si es insuficiente las plantas tenderán hacia su punto de marchitamiento permanente ocasionando más tarde, si no su muerte, un decremento considerable en el rendimiento; si es excesiva la lixiviación de las sales y elementos empobrecerá el suelo, el agua podrá ocupar los puntos más bajos de las áreas de riego, elevando la capa freática y dando origen a problemas de drenaje; ocurrirán mayores complicaciones si en el suelo o en el agua se encuentra exceso de sales, como es común que suceda en las zonas áridas.

Se debe pues, conocer el período de retorno de una lluvia dada y verificar otros análisis estadísticos que permitan tener idea clara de la distribución, tendencia, etc., tanto de la lluvia anual como de la mensual.

A continuación se presenta un estudio estadístico de la distribución de la precipitación anual y mensual basado en el Cuadro No.1. Asimismo se incluyen cuadros mostrando períodos de retorno mensuales (Cuadros Nos. 6 a 17) entendiéndose por período de retorno, el intervalo medio en que puede ocurrir una lluvia igual o menor a una precipitación dada.

PRECIPITACION ANUAL

Promedio de Precipitación. Se obtuvo por el método común, dividiendo el total por el número de años, así:
 $22191.1 : 25 = 887.644 \text{ mm.}$

Error Estándar. La dispersión o error estándar se computó por la fórmula:

$$\sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}}$$

DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION EN 5 ESTACIONES



GRAFICO No. 3

sustituyendo los valores de \bar{x} , n del Cuadro No. 2, $\underline{s} = \pm 397.98$ y expresado como porcentaje de la media, tiene un coeficiente de variación de 44.84%. La dispersión encontrada (± 397.98), abarca el 68.27% de las probabilidades de ocurrencia.

Curva diferencial Anual. En ella se puede observar el número de años y los períodos en los cuales la precipitación anual es menor o mayor que el promedio de precipitación para el período estudiado; los valores se encuentran tabulados en el Cuadro No. 2 y ploteados en el Gráfico 4.

Tendencia de la Precipitación. Puede definirse como la disminución o incremento de la precipitación media bajo un período dado. La tendencia de la precipitación puede ser el resultado de algunas causas desconocidas o indeterminadas o puede ser debido a la acumulación de variaciones al azar. Los métodos estadísticos empleados para determinar la tendencia son diversos: en este trabajo se adoptó el de mínimos cuadrados. Su computación se muestra en el Cuadro No. 4, los valores encontrados para T y P son ploteados en el Gráfico No. 5 y la línea recta dibujada, muestra la tendencia.

Curva de Duración. Muestra el porcentaje del tiempo en que una lluvia anual es igualada o excedida. Los valores se encuentran tabulados en el Cuadro No. 5 y ploteados en el Gráfico 6.

PRECIPITACION MENSUAL

Promedio y Error Estándar. Para su determinación se procedió de la forma descrita para la precipitación anual.

Error Probable. Abarca el 50% del área bajo una curva normal de frecuencias. La constante 0.6745 abarca el 25% del área bajo la semi-superficie, dicha constante multiplicada por el error estándar es igual a error probable.

Coefficiente de Asimetría. Para conocer la distorsión de la curva y su dirección, se determinó el coeficiente de asimetría aplicando la fórmula de Bowley's con límites de -1 y +1. Su expresión matemática es la siguiente:

$$S_k = \frac{(Q_3 - 2Md + Q_1)}{2s}$$

donde

S_k = coeficiente de asimetría

Q_1 = primer cuartil

Q_3 = tercer cuartil

Md = mediana

Como ejemplo del proceso que se siguió se muestra en los Cuadros Nos. 20 y 21 y en el Gráfico 7 la distribución de frecuencia y el coeficiente de asimetría para el mes de Junio.

Otras Medidas. La relación de la media de la muestra a la del universo se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$\sigma_m = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

donde σ_m es la desviación estándar del universo; s es la desviación estándar de la muestra o error estándar y n es el número de observaciones (Ver Cuadros Nos. 18 y 19).

CALCULO PARA DETERMINAR LA CURVA
DIFERENCIAL ANUAL DE 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 2

Años	Precipitación Anual menos Precipitación media m. m	Diferencia	Diferencia Acumulada m. m
1934	1442.0 - 887.644	554.356	554.356
1935	1308.8 - "	421.156	975.512
1936	1452.4 - "	564.756	1540.268
1937	1367.7 - "	480.056	2020.324
1938	1500.5 - "	612.856	2633.180
1939	723.6 - "	- 164.044	2469.136
1940	1119.7 - "	- 232.056	2701.192
1941	1002.7 - "	- 115.056	2816.248
1942	1438.1 - "	- 550.456	3366.704
1943	1205.1 - "	- 317.456	3684.160
1944	1187.0 - "	299.356	3983.516
1945	1170.6 - "	282.956	4266.472
1946	713.7 - "	- 173.944	4092.528
1947	654.3 - "	- 233.344	3859.184
1948	520.6 - "	- 367.044	3492.140
1949	391.5 - "	- 496.144	2995.996
1950	534.2 - "	- 353.444	2642.552
1951	325.2 - "	- 562.444	2080.108
1952	483.4 - "	- 404.244	1675.864
1953	580.2 - "	- 307.444	1368.420
1954	308.6 - "	- 579.044	789.376
1955	793.8 - "	- 93.844	695.532
1956	836.8 - "	- 50.844	644.688
1957	516.2 - "	- 371.444	273.244
1958	614.4 - 887.644	- 273.244	000.000

Total : 22191.1

Media: 887.644

CURVA DIFERENCIAL ANUAL DEL PERIODO DE DATOS (25 AÑOS)

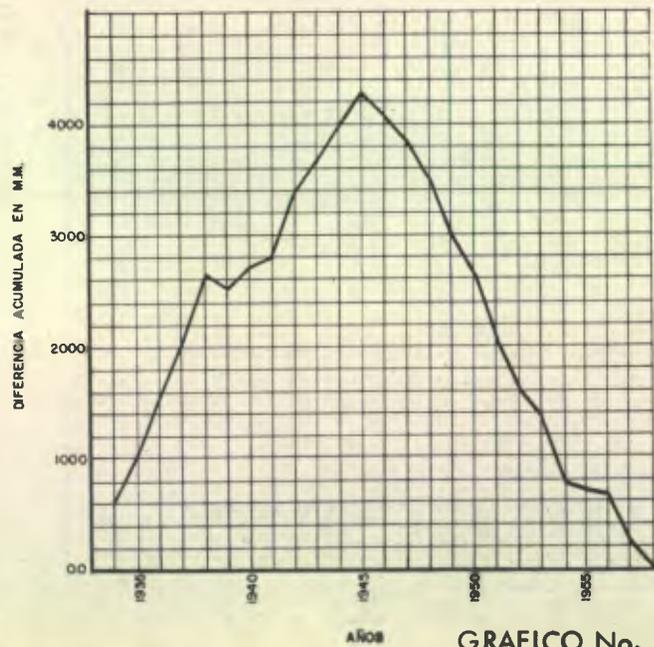


GRAFICO No. 4

DETERMINACION DEL PERIODO DE RETORNO (T)

EN AÑOS DE LLUVIA MEDIA ANUAL

Cuadro No. 3

Años	Orden creciente de magnitud M	Lluvia (en mm) igual o menor que	Intervalo de recu - rrencia en años $T = \frac{N}{M}$
1956	14	836.8	
1941	15	1002.7	
	14.31	887.644	1.75

TENDENCIA DE PRECIPITACION ANUAL,
ANGUIATU, JUTIAPA
PERIODO DE OBSERVACIONES, 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 4

Años	Orden	Precipitación		T ²
	T	en m. m P	TP	
1934	0	1442.0	0	0
1935	1	1308.8	1308.8	1
1936	2	1452.4	2904.8	4
1937	3	1367.7	4103.1	9
1938	4	1500.5	6002.0	16
1939	5	723.6	3618.0	25
1940	6	1119.7	6718.2	36
1941	7	1002.7	7018.9	49
1942	8	1438.1	11504.8	64
1943	9	1205.1	10845.9	81
1944	10	1187.0	11870.0	100
1945	11	1170.6	12876.6	121
1946	12	713.7	8564.4	144
1947	13	654.3	8505.9	169
1948	14	520.6	7288.4	196
1949	15	391.5	5872.5	225
1950	16	534.2	8547.2	256
1951	17	325.2	5528.4	289
1952	18	483.4	8701.2	324
1953	19	580.2	11023.8	361
1954	20	308.6	6172.0	400
1955	21	793.8	16669.8	441
1956	22	836.8	18409.6	484
1957	23	516.2	11872.6	529
1958	24	614.4	14745.6	576
Total :	300	22191.10	210672.5	4900
Media:		887.64		

Las fórmulas de las ecuaciones normales empleadas para la tendencia de precipitación anual son:

$$\sum P = aN + b \sum T$$

$$\sum TP = a \sum T + b \sum T^2$$

sustituyendo:

$$22191.10 = a25 + b 300$$

$$210672.50 = a 300 + b 4900$$

de donde:

$$\underline{b = 42,785}$$

$$a = \frac{P - b \sum T}{N}$$

de donde:

$$\underline{a = 1401.065}$$

$$P = a - b T$$

de donde:

$$\text{Para } T = 0 \quad \underline{P = 1401.065}$$

$$\text{Para } T = 25 \quad \underline{P = 331.438}$$

TENDENCIA DE PRECIPITACION ANUAL, EN ANGUIATU, JUTIAPA (25 AÑOS)

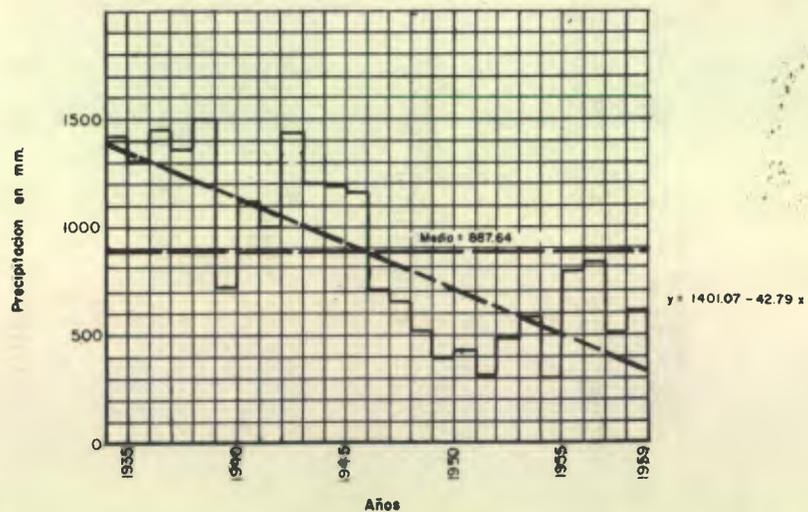


GRAFICO No. 5

CUADRO DE DURACION MOSTRANDO EL
PORCENTAJE DEL TIEMPO EN QUE UNA
LLUVIA ANUAL ES IGUALADA O EXCEDIDA

Cuadro No. 5

Clases	Frecuencias	Frecuencias acumuladas.	% total de frecuencias
308 - 382	2	25	100.0
383 - 457	1	23	92.0
458 - 532	3	22	88.0
533 - 607	2	19	76.0
608 - 682	2	17	68.0
683 - 757	1	15	60.0
758 - 832	2	14	56.0
833 - 907	1	12	48.0
908 - 982	0	11	44.0
983 - 1057	1	11	44.0
1058 - 1132	1	10	40.0
1133 - 1207	2	9	36.0
1208 - 1282	1	7	28.0
1283 - 1357	1	6	24.0
1358 - 1432	1	5	20.0
1433 - 1507	4	4	16.0



Curva de duracion mostrando el porcentaje del tiempo
en que una lluvia anual es igualada o excedida

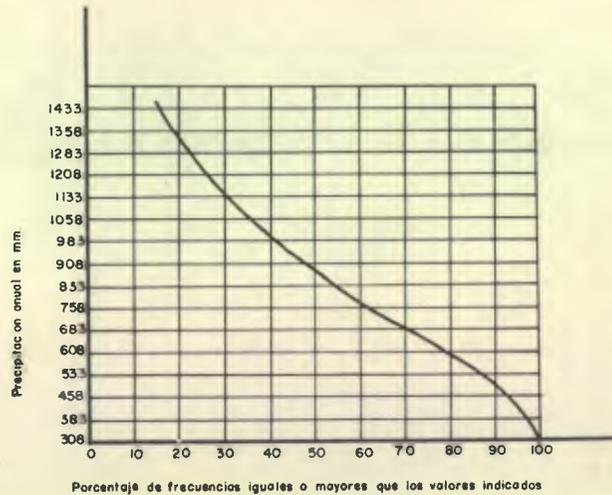


GRAFICO No. 6

CUENCA DEL RIO OSTUA (APROXIMADA)



GRAFICO No. 1

FRECUENCIA DE LLUVIAS DEL MES DE ENERO,
 EN ANGUISTU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES, N = 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 6

Años	Orden creciente de magnitud M	Lluvia (en mm) igual o menor que	Intervalo de recu - rrencia en años, $T = \frac{N}{M}$
1934	1	0.0	25.00
1935	2	0.0	12.50
1936	3	0.0	8.33
1937	4	0.0	6.25
1938	5	0.0	5.00
1939	6	0.0	4.17
1940	7	0.0	3.57
1941	8	0.0	3.12
1942	9	0.0	2.78
1943	10	0.0	2.50
1944	11	0.0	2.27
1945	12	0.0	2.08
1947	13	0.0	1.92
1948	14	0.0	1.79
1949	15	0.0	1.67
1950	16	0.0	1.56
1951	17	0.0	1.47
1952	18	0.0	1.39
1953	19	0.0	1.32
1954	20	0.0	1.25
1955	21	0.0	1.19
1956	22	0.0	1.13
1957	23	0.0	1.09
1958	24	0.0	1.04
1946	25	2.5	1.00

FRECUCENCIA DE LLUVIAS DEL MES DE
FEBRERO, EN ANGUIATU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES. N = 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 7

Años	Orden creciente de magnitud M	Lluvia (en mm) igual o menor que	Intervalo de recu - rrencia en años, $T = \frac{N}{M}$
1934	1	0.0	25.00
1935	2	0.0	12.50
1936	3	0.0	8.33
1938	4	0.0	6.25
1939	5	0.0	5.00
1940	6	0.0	4.17
1941	7	0.0	3.57
1942	8	0.0	3.12
1943	9	0.0	2.78
1944	10	0.0	2.50
1945	11	0.0	2.27
1946	12	0.0	2.08
1948	13	0.0	1.92
1949	14	0.0	1.79
1950	15	0.0	1.67
1952	16	0.0	1.56
1953	17	0.0	1.47
1954	18	0.0	1.39
1955	19	0.0	1.32
1956	20	0.0	1.25
1958	21	0.0	1.19
1937	22	2.0	1.13
1951	23	2.3	1.09
1957	24	8.1	1.04
1947	25	8.9	1.00

FRECUENCIA DE LLUVIAS DEL MES DE MARZO,
 EN ANGUIATU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES, N = 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 8

Años	Orden creciente de magnitud M	Lluvia(en mm) igual o menor que	Intervalo de recu- rrencia en años, $T = \frac{N}{M}$
1934	1	0.0	25.00
1935	2	0.0	12.50
1936	3	0.0	8.33
1937	4	0.0	6.25
1939	5	0.0	5.00
1940	6	0.0	4.17
1941	7	0.0	3.57
1942	8.	0.0	3.12
1944	9	0.0	2.78
1945	10	0.0	2.50
1946	11	0.0	2.27
1948	12	0.0	2.08
1949	13	0.0	1.92
1950	14	0.0	1.79
1951	15	0.0	1.67
1952	16	0.0	1.56
1953	17	0.0	1.47
1954	18	0.0	1.39
1955	19	0.0	1.32
1956	20	0.0	1.25
1957	21	0.0	1.19
1943	22	0.3	1.13
1958	23	5.1	1.09
1947	24	15.2	1.04
1938	25	34.3	1.00

FRECUENCIAS DE LLUVIAS DEL MES DE ABRIL,
 EN ANGUIATU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES, N = 25 Años (1934 - 1958)

Cuadro No. 9

Años	Orden creciente de magnitud M	Lluvia (en mm) igual o menor que	Intervalo de recu rrencia en años, $T = \frac{N}{M}$
1934	1	0.0	25.00
1935	2	0.0	12.50
1939	3	0.0	8.33
1946	4	0.0	6.25
1948	5	0.0	5.00
1949	6	0.0	4.17
1950	7	0.0	3.57
1951	8	0.0	3.12
1958	9	0.0	2.78
1955	10	0.8	2.50
1954	11	1.3	2.27
1953	12	2.5	2.08
1940	13	2.5	1.92
1957	14	3.8	1.79
1938	15	5.1	1.67
1952	16	5.8	1.56
1947	17	10.2	1.47
1942	18	17.8	1.39
1944	19	24.1	1.32
1956	20	25.4	1.25
1945	21	26.9	1.19
1936	22	35.0	1.13
1941	23	35.6	1.09
1937	24	54.0	1.04
1943	25	60.5	1.00

FRECUENCIA DE LLUVIAS DEL MES DE MAYO,
 EN ANGUIATU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES, N = 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 10

Años	Orden creciente de magnitud M	Lluvia(en mm) igual o menor que	Intervalo de re- currencia en a- ños, $T = \frac{N}{M}$
1950	1	2.5	25.00
1949	2	2.5	12.50
1953	3	4.8	8.33
1955	4	8.1	6.25
1952	5	14.0	5.00
1951	6	17.8	4.17
1946	7	19.1	3.57
1948	8	21.3	3.12
1945	9	34.3	2.78
1944	10	44.5	2.50
1957	11	58.2	2.27
1947	12	61.5	2.08
1939	13	65.3	1.92
1943	14	96.3	1.79
1956	15	97.8	1.67
1941	16	102.1	1.56
1940	17	102.2	1.47
1954	18	107.4	1.39
1937	19	121.0	1.32
1958	20	129.5	1.25
1936	21	196.0	1.19
1942	22	237.5	1.13
1938	23	262.1	1.09
1934	24	315.0	1.04
1935	25	367.0	1.00

FRECUENCIA DE LLUVIAS DEL MES DE JUNIO,
 EN ANGUIATU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES, N = 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 11

Años	Orden creciente en magnitud M	Lluvia (en mm) igual o menor que	Intervalo de recu- rrencia en años, $T = \frac{N}{M}$
1954	1	27.7	25.00
1949	2	46.0	12.50
1951	3	48.8	8.33
1955	4	69.1	6.25
1957	5	101.6	5.00
1958	6	109.2	4.17
1952	7	117.1	3.57
1947	8	120.1	3.12
1946	9	120.7	2.78
1945	10	135.1	2.50
1953	11	137.2	2.27
1948	12	142.2	2.08
1941	13	174.0	1.92
1943	14	226.3	1.79
1942	15	241.1	1.67
1936	16	245.0	1.56
1939	17	257.1	1.47
1944	18	280.7	1.39
1938	19	286.8	1.32
1956	20	300.0	1.25
1937	21	303.0	1.19
1950	22	323.9	1.13
1935	23	338.0	1.09
1940	24	377.2	1.04
1934	25	386.0	1.00

FRECUENCIA DE LLUVIAS DEL MES DE JULIO,
 EN ANGUIATU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES, N = 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 12

Años	Orden creciente en magnitud M	Lluvia (en mm) igual o menor que	Intervalo de recu- rrencia en años, $T = \frac{N}{M}$
1949	1	30.5	25.00
1954	2	55.9	12.50
1950	3	56.6	8.33
1947	4	58.9	6.25
1939	5	71.1	5.00
1946	6	77.5	4.17
1952	7	80.3	3.57
1951	8	83.8	3.12
1956	9	87.9	2.78
1957	10	88.7	2.50
1940	11	102.9	2.27
1953	12	111.8	2.08
1958	13	126.5	1.92
1948	14	130.8	1.79
1934	15	158.0	1.67
1938	16	178.1	1.56
1937	17	191.0	1.47
1942	18	209.6	1.39
1943	19	210.0	1.32
1944	20	214.1	1.25
1945	21	232.4	1.19
1941	22	238.8	1.13
1935	23	325.0	1.09
1955	24	329.7	1.04
1936	25	420.0	1.00

FRECUENCIA DE LLUVIAS DEL MES DE AGOSTO,
 EN ANGUIATU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES, N = 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 13

Años	Orden creciente de magnitud M	Lluvia (en mm) igual o menor que	Intervalo de recu- rrencia en años, $T = \frac{N}{M}$
1935	1	0.0	25.00
1949	2	6.4	12.50
1950	3	19.1	8.33
1954	4	21.6	6.25
1957	5	39.6	5.00
1953	6	57.2	4.17
1951	7	67.3	3.57
1952	8	97.3	3.12
1948	9	97.8	2.78
1958	10	107.7	2.50
1939	11	109.2	2.27
1940	12	114.3	2.08
1946	13	127.8	1.92
1956	14	128.8	1.79
1941	15	135.9	1.67
1947	16	171.2	1.56
1934	17	190.0	1.47
1944	18	207.0	1.39
1945	19	222.3	1.32
1955	20	231.1	1.25
1938	21	246.9	1.19
1942	22	314.7	1.13
1936	23	322.0	1.09
1943	24	323.9	1.04
1937	25	518.0	1.00

FRECUENCIA DE LLUVIAS DEL MES DE SEPTIEMBRE,
 EN ANGUIATU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES, N = 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 14

Años	Orden creciente de magnitud M	Lluvia (en mm) igual o menor que	Intervalo de recu- rrencia en años, $T = \frac{N}{M}$
1936	1	40.4	25.00
1948	2	63.6	12.50
1950	3	64.8	8.33
1954	4	66.0	6.25
1935	5	87.8	5.00
1951	6	88.7	4.17
1958	7	92.0	3.57
1955	8	99.8	3.12
1937	9	108.0	2.78
1952	10	130.8	2.50
1956	11	133.9	2.27
1947	12	152.4	2.08
1939	13	154.9	1.92
1943	14	163.3	1.79
1953	15	165.1	1.67
1940	16	184.2	1.56
1949	17	195.6	1.47
1957	18	203.2	1.39
1940	19	250.2	1.32
1946	20	267.0	1.25
1934	21	287.0	1.19
1945	22	323.3	1.13
1944	23	362.0	1.09
1941	24	398.0	1.04
1938	25	405.9	1.00

FRECUENCIA DE LLUVIAS DEL MES DE OCTUBRE,
 EN ANGULATU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES, N = 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 15

Años	Orden creciente de magnitud M	Lluvia (en mm) igual o menor que	Intervalo de recu- rrencia en años, $T = \frac{N}{M}$
1942	1	0.0	25,00
1957	2	13.0	12,50
1951	3	16.5	8,33
1958	4	27.9	6,25
1954	5	28.7	5,00
1948	6	30.5	4,17
1947	7	35.6	3,57
1952	8	38.1	3,12
1956	9	41.4	2,78
1955	10	42.2	2,50
1938	11	52.8	2,27
1944	12	54.6	2,08
1937	13	64.7	1,92
1939	14	66.0	1,79
1950	15	67.3	1,67
1940	16	88.9	1,56
1946	17	90.2	1,47
1953	18	101.6	1,39
1934	19	104.0	1,32
1949	20	110.5	1,25
1943	21	124.5	1,19
1940	22	134.5	1,13
1945	23	152.4	1,09
1935	24	191.0	1,04
1936	25	198.0	1,00

FRECUENCIA DE LLUVIAS DEL MES DE NOVIEMBRE,
 EN ANGUIATU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES, N = 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 16

	Orden creciente Años de magnitud M	Lluvia (en mm) igual o menor que	Intervalo de recu- rrencia en años, $T = \frac{N}{M}$
1935	1	0.0	25.00
1936	2	0.0	12.50
1939	3	0.0	8.33
1943	4	0.0	6.25
1944	5	0.0	5.00
1949	6	0.0	4.17
1950	7	0.0	3.57
1951	8	0.0	3.12
1952	9	0.0	2.78
1953	10	0.0	2.50
1954	11	0.0	2.27
1957	12	0.0	2.08
1937	13	1.0	1.92
1934	14	2.0	1.79
1955	15	5.1	1.67
1946	16	8.9	1.56
1942	17	9.7	1.47
1958	18	16.5	1.39
1947	19	20.3	1.32
1956	20	21.6	1.25
1938	21	28.5	1.19
1940	22	29.5	1.13
1948	23	34.4	1.09
1945	24	38.1	1.04
1941	25	43.2	1.00

FRECUENCIA DE LLUVIAS DEL MES DE DICIEMBRE,
 EN ANGULATU, JUTIAPA
 PERIODO DE OBSERVACIONES, N = 25 Años (1934-1958)

Cuadro No. 17

Años	Orden creciente de magnitud M	Lluvia (en mm) igual o menor que	Intervalo de recu- rrencia en años, $T = \frac{N}{M}$
1934	1	0.0	25.00
1935	2	0.0	12.50
1936	3	0.0	8.33
1938	4	0.0	6.25
1939	5	0.0	5.00
1941	6	0.0	4.17
1943	7	0.0	3.57
1944	8	0.0	3.12
1946	9	0.0	2.78
1947	10	0.0	2.50
1948	11	0.0	2.27
1949	12	0.0	2.08
1950	13	0.0	1.92
1951	14	0.0	1.79
1952	15	0.0	1.67
1953	16	0.0	1.56
1954	17	0.0	1.47
1956	18	0.0	1.39
1957	19	0.0	1.32
1958	20	0.0	1.25
1937	21	5.0	1.19
1945	22	5.8	1.13
1940	23	6.4	1.09
1955	24	7.9	1.04
1942	25	9.7	1.00

PRECIPITACION PLUVIAL, EN MILIMETROS, EN LA ESTACION DE ANGUIATU, JUTIAPA
DURANTE 25 AÑOS (1934 - 1958) *

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1934	0.0	0.0	0.0	0.0	315.0	386.0	158.0	190.0	287.0	104.0	2.0	0.0	1442.0
1935	0.0	0.0	0.0	0.0	367.0	338.0	325.0	0.0	87.8	191.0	0.0	0.0	1308.8
1936	0.0	0.0	0.0	35.0	192.0	245.0	420.0	322.0	40.4	198.0	0.0	0.0	1452.4
1937	0.0	2.0	0.0	54.0	121.0	303.0	191.0	518.0	108.0	64.7	1.0	5.0	1367.7
1938	0.0	0.0	34.3	5.1	262.1	286.8	178.1	246.9	405.9	52.8	28.5	0.0	1500.5
1939	0.0	0.0	0.0	0.0	65.3	257.1	71.1	109.2	154.9	66.0	0.0	0.0	723.6
1940	0.0	0.0	0.0	2.5	102.2	377.2	102.9	114.3	250.2	134.5	29.5	6.4	1119.7
1941	0.0	0.0	0.0	35.6	102.1	174.0	238.8	135.9	184.2	88.9	43.2	0.0	1002.7
1942	0.0	0.0	0.0	17.8	237.5	241.1	209.6	314.7	398.0	0.0	9.7	9.7	1438.1
1943	0.0	0.0	0.3	60.5	96.3	226.3	210.0	323.9	163.3	124.5	0.0	0.0	1205.1
1944	0.0	0.0	0.0	24.1	44.5	280.7	214.1	207.0	362.0	54.6	0.0	0.0	1187.0
1945	0.0	0.0	0.0	26.9	34.3	135.1	232.4	222.3	323.3	152.4	38.1	5.8	1170.6
1946	2.5	0.0	0.0	0.0	19.1	120.7	77.5	127.8	267.0	90.2	8.9	0.0	713.7
1947	0.0	8.9	15.2	10.2	61.5	120.1	58.9	171.2	152.4	35.6	20.3	0.0	654.3
1948	0.0	0.0	0.0	0.0	21.3	142.2	130.8	97.8	63.6	30.5	34.4	0.0	520.6
1949	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	46.0	30.5	6.4	195.6	110.5	0.0	0.0	391.5
1950	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	323.9	56.6	19.1	64.8	67.3	0.0	0.0	534.2
1951	0.0	2.3	0.0	0.0	17.8	48.8	83.8	67.3	88.7	16.5	0.0	0.0	325.2
1952	0.0	0.0	0.0	5.8	14.0	117.1	80.3	97.3	130.8	38.1	0.0	0.0	483.4
1953	0.0	0.0	0.0	2.5	4.8	137.2	111.8	57.2	165.1	101.6	0.0	0.0	580.2
1954	0.0	0.0	0.0	1.3	107.4	27.7	55.9	21.6	66.0	28.7	0.0	0.0	308.6
1955	0.0	0.0	0.0	0.8	8.1	69.1	329.7	231.1	99.8	42.2	5.1	7.9	793.8
1956	0.0	0.0	0.0	25.4	97.8	300.0	87.9	128.8	133.9	41.4	21.6	0.0	836.8
1957	0.0	0.1	0.0	3.8	58.2	101.6	88.7	39.6	203.2	13.0	0.0	0.0	516.2
1958	0.0	0.0	5.1	0.0	129.5	109.2	126.5	107.7	92.0	27.9	16.5	0.0	614.4
Total	2.5	21.3	54.9	311.3	2483.8	4913.9	3869.9	3877.1	4487.9	1874.9	258.8	34.8	22191.1
Media	0.100	0.852	2.196	12.452	99.352	196.556	154.796	155.084	179.516	74.996	10.352	1.392	887.644

* Fuente: Observatorio Nacional, I. A. N.

CUADRO No. 1

DATOS DE DISTRIBUCION MENSUAL DE
PRECIPITACION, EN ANGUIATU, JUTIAPA 1934-1958

Cuadro No. 18

Meses	Máxima mm	Mínima mm	Media mm	Error Es- tandar mm	Error Probable mm
Enero	2.5	0.0	0.10	-	-
Febrero	8.9	0.0	0.85	-	-
Marzo	34.3	0.0	2.20	-	-
Abril	60.5	0.0	12.45	17.85	12.04
Mayo	367.0	2.5	99.35	101.61	68.54
Junio	386.0	27.7	196.56	109.06	73.56
Julio	420.0	30.5	154.80	99.33	67.00
Agosto	518.0	0.0	155.08	123.15	83.06
Sepbre.	405.9	40.4	179.52	107.80	72.71
Octubre	198.0	0.0	75.00	53.74	36.25
Novbre.	43.2	0.0	103.52	14.23	9.60
Dicbre.	9.7	0.0	1.39	2.94	1.98

RELACION DE LA MEDIA DE LA
MUESTRA CON LA DEL UNIVERSO

Cuadro No. 19

Meses	Error Estándar s mm	Desviación estándar σ_m mm
Enero	-	-
Febrero	-	-
Marzo	-	-
Abril	17.85	3.57
Mayo	101.61	20.32
Junio	109.06	21.81
Julio	99.33	19.87
Agosto	123.15	24.63
Septiembre	107.80	21.56
Octubre	53.74	10.75
Noviembre	14.23	2.85
Diciembre	2.94	0.59

DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DEL MES DE JUNIO
N = 25 Años

Cuadro No. 20

Clases	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
0 - 19	0	0
20 - 39	1	1
40 - 59	2	3
60 - 79	1	4
80 - 99	0	4
100 - 119	3	7
120 - 139	4	11
140 - 159	1	12
160 - 179	1	13
180 - 199	0	13
200 - 219	0	13
220 - 239	1	14
240 - 259	3	17
260 - 279	0	17
280 - 299	2	19
300 - 319	2	21
320 - 333	2	23
340 - 359	0	23
360 - 379	1	24
380 - 399	1	25

CUARTILES, MEDIANA Y COEFICIENTE
DE ASIMETRÍA DEL MES DE JUNIO ,
N = 25 Años

Cuadro No. 21

Mes	Primer Cuartil	Tercer Cuartil	Mediana	Coefficiente Asimetría
Junio	114.5	297.0	169.5	0.40

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PARA EL MES DE JUNIO

Periodo de observacion: 25 años

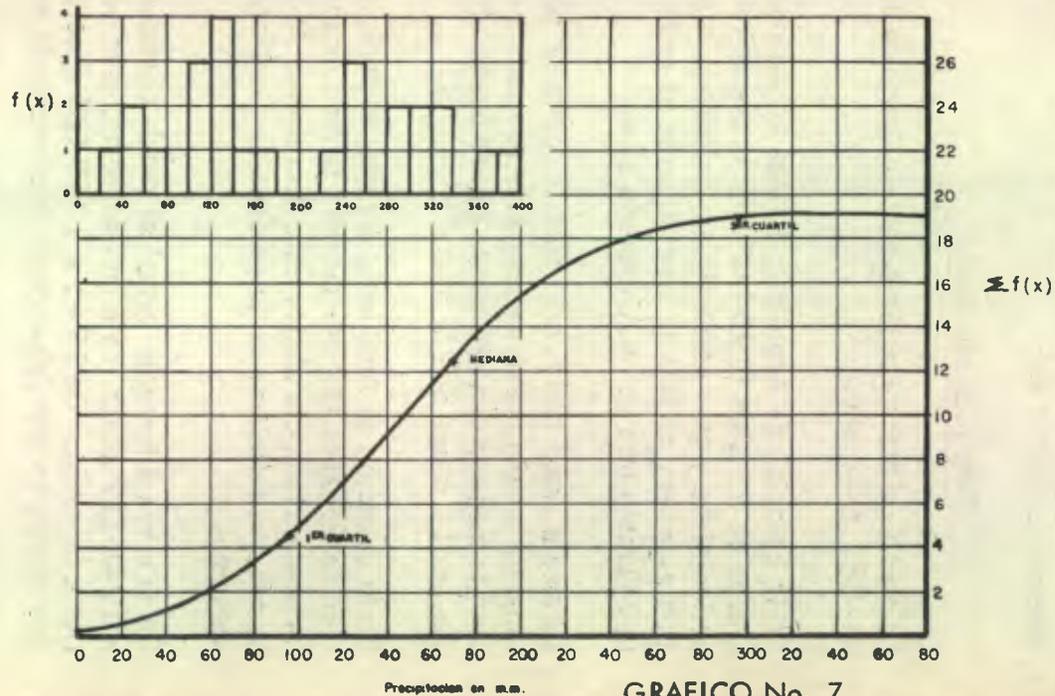


GRAFICO No. 7

RESULTADOS

Los resultados estadísticos del período de observaciones, pueden resumirse así:

1. Precipitación Anual

- a. La media de precipitación durante el período estudiado, es de 887.644 mm.
- b. En la Estación de Anguiatú, durante un período de observaciones de 25 años (1934-1958) la precipitación muestra periodicidad y gran variabilidad, infiriéndose de esto que durante cierto período la precipitación es relativamente baja y durante otro es relativamente alta.
- c. La media anual (887.644 mm), muestra un período de retorno de un año nueve meses, esto nos indica que con un intervalo medio de un año nueve meses puede ocurrir una lluvia igual o menor que la media.
- d. En la Estación de Anguiatú, durante un período de observación de 25 años (1934-1958), la precipitación muestra una tendencia hacia abajo, este decremento de la lluvia ha tenido que reflejarse en la producción disminuyendo los rendimientos.
- e. De la curva diferencial anual se puede observar que de 1934 a 1945 (12 años), sólo un año mostró precipitación inferior a la media. De 1945 a 1958 (13 años), todos los años mostraron precipitaciones inferiores a la media.
- f. La media del período de años secos, 559.5 mm (1945-1958), muestra un intervalo de recurrencia o período de retorno de 3.31 año.

2. Precipitación Mensual

- a. Los tres meses más secos son diciembre, enero y febrero.
- b. Los tres meses más húmedos son junio, julio y septiembre.
- c. La precipitación muestra gran variabilidad. Esto puede considerarse representativo del área alrededor de Anguiatú.
- d. Para los meses en que el coeficiente de asimetría (S_k) no es suficientemente grande, pueden fijarse límites entre los cuales va a estar comprendida la media del universo, sirviéndonos para esto de la desviación estándar del universo; así para el mes de junio, puede esperarse que con un 50% de probabilidad la media del universo esté comprendida entre ± 14.71 , (0.6745×21.81) en relación a la media de la muestra (196.56). Además puesto que con un rango de más o menos 3 veces la desviación estándar se incluye el 99.7% de todas las desviaciones, puede inferirse que la media del universo está comprendida entre 152.43 mm. y 240.69 mm $\{196.56 \pm (14.71 \times 3)\}$ para el mes de junio.
- e. Por la gran variabilidad que muestran los datos en el período estudiado, no es conveniente utilizar en caso de riego el promedio mensual para restárselo al uso consuntivo, el usarlo implica tener en un buen número de años cantidades de agua inferiores a las que necesitan las plantas. De aquí la necesidad de realizar trabajos de investigación y experimentación para determinar los niveles, la frecuencia y la cantidad total de riego para los cultivos económicos más adecuados de la región.
- f. Los promedios mensuales de precipitación para el período estudiado, tienen un intervalo de recurrencia que varía entre 1 año 5 meses a 1 año 10 meses.

Para calcular la necesidades de riego, debe trabajarse con intervalo de recurrencia superiores a los mencionados, ya que de no ser así la probabilidad de tener deficiencia de riego de acuerdo al uso consuntivo, es grande.

- g. Como límite de seguridad para el cálculo de la lámina total de agua, se puede escoger la lluvia correspondiente a un intervalo de recurrencia igual a 5 años, en la práctica la lámina puede ser menor variando como mínimo hasta la calculada con un intervalo de dos años.

Guatemala, noviembre de 1960

Mario A. Martínez G.

Vo. Bo.

Ing. Ovidio Amaya G.
Asesor

Imprímase

Ing. Marco Tulio Urizar M.
Decano

BIBLIOGRAFIA

- Arkinn, H. and Colton, R. Statistical Methods, Barnes & Noble, Inc. N.Y. 1957.
- Amaya Gálvez, O. Consideraciones, Objetivos y Proyecciones de un Programa General de Riego para Guatemala. Tesis Facultad de Agronomía, 1959.
- Blaney, H.F. Climate as an Index of Irrigation Needs. Water, The Yearbook of Agriculture, 1955 - U.S.D.A., USA.
- Blair, E.F. Manual de Riegos y Avenamiento. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Lima, Perú, 1957.
- Carton, J.E. and Criddle, W.D. Estimates of Consumptive Use and Irrigation Water Requirements of Crops and Oklahoma. Oklahoma. Bul. T-57, Oct. 1955.
- Croxtan, F.E. and Cowden, D.J. Estadística General Aplicada. Fondo de Cultura Económica. México - Buenos Aires 1957.
- Flanagan, J. E. y Otro. Principios que determinan las necesidades de riego en los Trópicos. Boletín Técnico No. 10 Ministerio de Agricultura y Ganadería Centro Nacional de Agronomía, Santa Tecla, El Salvador. Nov. 1951.
- Foster, E.E. Rainfall and Runoff. The MacMillan Company, 1949.
- Hodgman, Ch. D. and Others, Mathematical Tables from Handbook of Chemistry and Physics. Chemical Rubber Publishing Co. 1951.
- Israelsen, O.W. Irrigation Principles and Practices. John Wiley & Sons Inc. N.Y. 1956.

Jovel, S.E. Características Hidrológicas de la Cuenca del río Sucio. Tesis doctoral, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, San Salvador, El Salvador, 1958.

Kramer, P.J. Plant and Soil Water Relationships, McGraw-Hill Book Co. Inc., 1949.

Lambeth, V.N. Studies in Moisture Relationships and Irrigation of Vegetables. Missouri, Bul. 605, May, 1956.

Linsley and Franzini. Elements of Hydraulic Engineering McGraw-Hill Book, Co. Inc., 1955.

Maksoud, H. Um Estudo Hidrológico das Possibilidades de Irrigação na Bacia do Rio Una em São Paulo, Centro Panamericano de Aperfeiçoamento para pesquisas de Recursos naturais, Brasil, 1959.

Maksoud, H. Características Funcionais e Físicas das Bacias Fluviais Centro Panamericano de Aperfeiçoamento para Pesquisas de Recursos Naturais, Rio de Janeiro, Brasil. 1957.

Molina Sierra, R. Estudio sobre el riego de los Llanos de la Fragua desde el punto de vista agronómico y algunas consideraciones hidráulicas. Tesis, Facultad de Agronomía. 1957.

Monzón, O. W. and Others. Estimated Water Requirements of Crops in Irrigated. Montana Bul., 494, 1953.

Memorándum Técnico No. 140. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México.

Petterssen, S. Introduction to Meteorology. McGraw-Hill Book Co. Inc., 1958.

- Pieters, F. G. Consumo de Agua y otros datos sobre riego para el valle Salamá-San Jerónimo, Baja Verapaz. Boletín de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.
- Roe, H.B. Moisture Requeriments in Agriculture, McGraw-Hill Book Co., Inc., 1949.
- Simmons, Ch. S. y Otros. Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala, IAN y SCIDA, Ministerio de Agricultura, 1959.
- Wisler and Brater. Hydrology, John Wiley & Son, Inc. 1949.
- Hydrology Handbook. American Society of Civil Engineers, N.Y. USA. 1949.