

## 1. INTRODUCCIÓN

La lluvia como principal elemento agroclimático en cultivos de temporal (secano), es necesario caracterizarla en una dimensión amplia, más que en sus valores promedios. Un análisis agroclimático exhaustivo, para su aplicación en proyectos de caracterizaciones agroclimáticas de regiones o proyectos de zonificación de cultivos, deberá contar con el conocimiento de la cantidad, duración, intensidad, frecuencia y época de ocurrencia de esta variable agroclimática que causa impacto en los sistemas agrícolas.

Por dificultades para obtener el tipo de información que requiere un estudio en regiones extensas no pueden contener de manera completa el análisis anterior. Sin embargo la complementación de un análisis probabilístico en períodos adecuados (agrupaciones de cinco, diez o quince días o a nivel semanal) es necesario en un estudio agroclimático dirigido a obtener una evaluación del potencial de la precipitación de un área (Arteaga, 1985).

Martínez (1985), señala que la eventualidad de la época de siembra, de acuerdo con la época de lluvia y la aplicación de fertilizantes, herbicidas e insecticidas, con el riesgo de perder la inversión, es indudablemente una de las razones que limitan la planeación de la agricultura de temporal con más precisión y disminuye la confianza favorable a la inversión económica. El sur de Sinaloa es una región subtropical y semiárida en la que su mayor actividad agrícola depende de la presencia de la lluvia, por lo que los objetivos de este estudio son:

1. Definir de las distribuciones de probabilidad normal, lognormal, raíz cúbica y gama incompleta, cual presenta mejor ajuste a los datos observados de lluvia.
2. Con la distribución de probabilidad teórica seleccionada calcular las cantidades de lluvia que correspondan a diferentes niveles de probabilidad prefijados.
3. Calcular las fechas de las componentes de la estación de crecimiento con datos de lluvia a diferentes niveles de probabilidad seleccionados.
4. Determinar las mejores áreas y épocas para establecer los cultivos de temporal y el potencial hídrico de la región.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La región en estudio se ubica al noroeste de la República Mexicana en la parte sur del Estado de Sinaloa, sus coordenadas geográficas son entre los 22°30' a 22°45' de latitud norte y 105°30' a 107°25' de longitud oeste. La información climatológica fue proporcionada por la delegación estatal de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos del Estado de Sinaloa, consistió en datos diarios de lluvia y evaporación de 12 estaciones con registros que varían entre los 13 y 35 años, la mayoría de las estaciones presentan altitudes de 300m o menos es la excepción el Palmito con 1375m.

Los datos de cada estación se agruparon en cinco días (nivel pentadal), de esta manera se tienen 72 datos para cada año.

Las funciones de distribución de probabilidad teórica utilizadas para el análisis de lluvia agrupada a nivel pentadal son: Normal, Lognormal, Raíz cúbica y Gama incompleta, la prueba de bondad de ajuste que se utilizó para seleccionar la función que presento el mejor ajuste es la de Kolmogorov-Smirnov. La evapotranspiración potencial (ETP) se genero a partir de los datos de evaporación (EV) agrupados a nivel pentadal con la siguiente relación:

$$ETP_i = (K) EV_i$$

donde K, es el coeficiente de tanque (0.7). La FAO (1981) para definir la estación de crecimiento por disponibilidad de humedad considera datos normales mensuales de lluvia y ETP, en este trabajo se usaron datos de cantidad de lluvia pentadal a diferentes niveles de probabilidad de excedencia (80, 60, 40 y 20%), la ETP promedio de cada pentada y 0.5 ETP promedio de cada pentada con las cuales se realizaron los balances hídricos gráficos.

Al dibujar las líneas de cantidad de lluvia a un nivel de probabilidad dado, la ETP y 0.5 ETP todas a nivel pentadal para todo el año, se presenta cuatro intersecciones, si se define una estación de crecimiento normal, éstas son:

El inicio de la estación de crecimiento y el periodo húmedo, el fin del periodo húmedo y de la estación de crecimiento, las cuales se denominan componentes de la estación de crecimiento. Además se pueden presentar estaciones de crecimiento; intermedia, seca y húmeda.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las cuatro funciones de probabilidad propuestas, la que presento mejor ajuste a los datos históricos según la prueba de bondad de ajuste que se utilizó es la función de distribución de probabilidad Raíz cúbica, por lo que a partir de ésta, se calculó la cantidad de lluvia que corresponde a los diferentes niveles de probabilidad para todas las pentadas de cada una de las estaciones en estudio. En el cuadro 1 se presenta la cantidad de lluvia total anual pentadal para cada uno de los niveles de probabilidad prefijados y para todas las estaciones. A partir de éste, se observa que en la región de estudio se presentan lluvias de 5.5 mm hasta 302 mm para las estaciones La Cruz y el Palmito, respectivamente para el nivel de probabilidad al 80%. Para el 60% ésta varió de 4.1 a 570.3 mm para las estaciones Acatitan y el Palmito respectivamente. En el caso de la probabilidad al 40% la lluvia mínima de 156.3 mm se presentó en Acatitan y la máxima de 972.4 mm en el Palmito. Para el último nivel se tienen valores de 619.6 a 2125.4 mm para las estaciones La Cruz y Elota, respectivamente. A partir de la información del cuadro 1 se tiene que la cantidad de lluvia predicha a los diferentes niveles de probabilidad, determinan que en la zona se presentan condiciones contrastantes, al 80% las cantidades de lluvia estimadas definen que la zona tiene problemas de deficiencia de lluvia, pero al 20% se determinan condiciones que ocasionan excesos de agua.

Para calcular las componentes de la estación de crecimiento, para cada una de estaciones se realizaron cuatro figuras con la información a nivel pentadal de las variables; ETP, 0.5 ETP y la precipitación a sus diferentes niveles de probabilidad. Para el nivel 80%, en siete de las

<sup>1</sup> Departamento de Irrigación

<sup>2</sup> Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad autónoma Chapingo. Correo: Email:arteagar@taurus1.chapingo.mx

**Cuadro 1** - Cantidad de lluvia (mm) para diferentes niveles de probabilidad de excedencia (%)

Estación	Probabilidad (%)			
	20	40	60	80
Cosala	1730.9	649.0	231.0	41.3
Acatitan	791.0	156.3	41.1	8.9
Elota	2125.4	878.5	331.6	105.5
La Cruz	619.6	180.7	44.6	5.5
Dimas	1173.0	357.5	84.0	15.6
El Quelite	1372.0	507.0	185.8	48.8
Tapichahua	1234.4	363.7	113.6	48.9
Siqueiros	1232.7	525.8	194.1	49.5
Palmito	1811.9	972.4	570.3	302.2
Concordia	1455.2	887.2	493.4	275.6
Habitas	1690.6	609.9	275.0	128.1
Piactla	1699.9	835.7	432.3	193.0

estaciones en estudio no se define ninguna de las componentes de la estación de crecimiento y según la FAO es una estación de crecimiento seca, para las restantes el inicio varía de la pentada 36 a la 41 y el fin de la 43 a la 54, para el 60% dos tienen estación de crecimiento seca y para las restantes el inicio y fin varía de la 35 a la 40 y de la 49 a la 55 respectivamente, al 40% la fecha temprana del inicio corresponde a la pentada 32 y la tardía a la 38, para el fin la 52 y la 63. Para el último nivel de estudio es de la 22 a la 36 y de la 58 a la 8 para el inicio y fin respectivamente. La duración de la estación de crecimiento (cuadro 2) para cada una de las estaciones, al nivel más alto (80%) tiene una variación de 35 a 95 días, se tiene además variaciones de 70 a 117, de 73 a 140 y de 123 a 250 días para los niveles de 60, 40 y 20% respectivamente. Con la duración de la estación de crecimiento se realizaron cuatro figuras que corresponden a cada uno de los niveles de probabilidad de la lluvia, a partir de ésta se tiene el siguiente análisis al 80% no existe estación de crecimiento por disponibilidad de humedad en un porcentaje muy alto de la región en estudio.

La duración que se obtiene con este nivel únicamente permite que se establezcan pastos, en gran parte del área donde se define la estación de crecimiento y en una pequeña porción de ésta, alguna variedad precoz que sirva para ensilaje en verde, esto también es válido para el nivel del 60%, en el área de influencia del Palmito y Concordia se podrían establecer cultivos con ciclos vegetativos de 110 – 115 días. Para el 40% la mayoría de la región presenta duraciones en las cuales se pueden realizar cultivos anuales con ciclos vegetativos de 100 a 140 días, salvo para las estaciones Acatitan y la Cruz que tienen duraciones de 73 y 95 días. Al nivel del 20% se cuentan con periodos de disponibilidad de humedad suficientemente amplios, mayores de cuatro meses, para todas las estaciones.

#### 4. CONCLUSIONES

1. La prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov definió que la función de probabilidad raíz cúbica,

**Cuadro 2** - Duración del periodo de crecimiento (días) definido con lluvia a diferentes niveles de probabilidad de excedencia para las estaciones analizadas

Estación	Probabilidad de excedencia(%)			
	20	40	60	80
Cosala	135	122	100	0
Acatitan	123	73	0	0
Elota	250	140	80	0
La Cruz	150	95	0	0
Dimas	170	140	70	0
El Quelite	200	100	70	0
Tapichahua	145	100	70	35
Siqueiros	155	120	85	0
Palmito	245	140	110	95
Concordia	153	128	117	81
Habitas	140	100	85	60
Piactla	200	110	100	85

fue la que presento mejor ajuste a los datos históricos agrupados a nivel pentada para las estaciones en estudio.

2. Se determinó que cuando se utiliza la cantidad de lluvias con una probabilidad del 80% de excedencia, que es la más probable, en 7 de las 12 estaciones meteorológicas no se establece la estación de crecimiento, en las restantes el inicio varía de la pentada 36 a la 41 y su duración es de 35 a 95 días. Para la cantidad de lluvia al 20% de excedencia el inicio de la estación de crecimiento varía de la pentada 22 a la 36 y su duración en días es de 123 a 250.

3. La época más probable para el establecimiento de los cultivos (época de siembra) es del 25 de junio al 25 de julio.

4. El potencial hídrico de la zona es contrastante tanto en el tiempo como en el espacio. En el tiempo se tiene que dos de cada cinco años la zona presenta problemas de deficiencia de humedad y uno de cada cinco excesos.

En el espacio las mejores áreas para el establecimiento de cultivos de temporal en el sur de Sinaloa, son dos, la primera es la que está definida por el área de influencia de las estaciones meteorológicas del Palmito, Concordia y Habitas y la segunda la que conforman las estaciones Elota y Piactla.

#### 5. REFERENCIAS

- Arteaga R.R. Metodología para el análisis de la precipitación en: Memoria de la primera reunión Nacional de Agroclimatología pp.32-45. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 1985.
- FAO. Informe del proyecto de Zonas Agroecológicas: Metodología y resultados para América del sur y centro. Roma, Italia. 1981
- Martínez A. H.. Análisis probabilístico de la temporada de lluvias. Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo Estado de México. 1985.