

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

FACULTAD DE AGRONOMIA



“ EVALUACION DE UN PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO  
DE ESTACION DE CRECIMIENTO. ”

---

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A :

JAIME ALCALA GUTIERREZ

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. Mar. 1994

---



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION ESCOLARIDAD

EXPEDIENTE

NUMERO 228/93

08 de Febrero de 1993.

C. PROFESORES:

M.C. JOSE ARIEL RUIZ CORRAL, DIRECTOR  
M.C. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ, ASESOR  
M.C. SALVADOR HURTADO DE LA PEÑA, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

" EVALUACION DE UN PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE ESTACION DE CRECIMIENTO."

presentado por el (los) PASANTE (ES) JAIME ALCALA GUTIERREZ

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su --- Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto, me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

A T E N T A M E N T E  
" PIENSA Y TRABAJA "  
EL SECRETARIO

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA.

ryr\*



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD.....

Expediente .....

Número ... 228/93.....

08 de Febrero de 1993.

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)

\_\_\_\_\_  
JAIIME ALCALA GUTIERREZ  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

titulada:

" EVALUACION DE UN PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE ESTACION DE ----  
CRECIMIENTO."

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

\_\_\_\_\_  
M.C. JOSE ARIEL RUIZ CORRAL

ASESOR

\_\_\_\_\_  
M.C. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ

ASESOR

\_\_\_\_\_  
M.C. SALVADOR HURTADO DE LA PEÑA

srd'

ryr

Al contestar este oficio cítese fecha y número

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara que me ha brindado la oportunidad de una formación profesional. Especialmente a la Facultad de Agronomía.

A todos los catedráticos de la Facultad de Agronomía en quienes siempre he encontrado una fuente inagotable de buena intención y consejos desinteresados.

A los compañeros con quienes compartí clases, esfuerzos y momentos alegres durante este estudio.

Al M.C. José Ariel Ruiz Corral por su amistad y por las muchas horas que dedico a la dirección de esta tesis.

A los maestros M.C. Eduardo Rodríguez Díaz y M.C. Salvador Hurtado de la Peña, que nunca escatimaron su apoyo personal para la asesoría de esta tesis.

## DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico sinceramente a todas las personas que me han brindado su apoyo en la escuela y el trabajo, de quienes estoy muy agradecido.

A mis padres: Rafael y Rosa, les dedico este trabajo por darme una educación y todo su apoyo cuando más lo necesitaba.

A mis hermanos y demás familiares, que siempre están en la determinación de apoyarme en todas las acciones de la vida.

## CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. HIPOTESIS.....	3
IV. REVISION DE LITERATURA.....	4
4.1 Concepto de estación de crecimiento.....	4
4.2 Tipos de estación de crecimiento.....	5
4.2.1 Estación de crecimiento normal.....	5
4.2.2 Estación de crecimiento intermedia.....	7
4.2.3 Estación de crecimiento húmeda todo el año	8
4.2.4 Estación de crecimiento seca todo el año.	8
4.3 Cálculo de la estación de crecimiento.....	8
4.3.1 En regiones tropicales.....	8
4.3.1.1 Inicio estación de crecimiento....	8
4.3.1.2 Periodo húmedo.....	9
4.3.1.3 Terminación estación lluviosa.....	9
4.3.1.4 Terminación estación de crecimiento	9
4.3.2 En regiones templadas.....	10
4.4 La estación de crecimiento y patrón de cultivos	12
4.5 Antecedentes de investigación.....	12
4.6 Conclusiones.....	18
V. MATERIALES Y METODOS.....	19
5.1 Area de estudio.....	19

5.2	Materiales.....	19
5.2.1	Información meteorológica.....	19
5.2.2	Equipo de cómputo y software.....	19
5.3	Métodos.....	21
5.3.1	Base de datos.....	21
5.3.2	Cálculo de la estación de crecimiento...	21
5.3.2.1	Procedimiento de la serie histórica	21
5.3.2.2	Procedimiento probabilidad/promedio	23
5.3.2.3	Procedimiento de los promedios....	24
5.3.3	Análisis comparativo de métodos de cálculo.....	25
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
6.1	Procedimiento de la serie histórica.....	26
6.2	Procedimiento probabilidad/promedio.....	29
6.3	Procedimiento de los promedios.....	32
6.4	Análisis comparativo.....	33
VII.	CONCLUSIONES.....	53
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	54

## INDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 1. RESISTENCIA DE LOS CULTIVOS AL FRIO EN DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO.....	11
CUADRO 2. TIPOS DE AGRICULTURA Y POSIBLE PATRON DE CULTIVOS EN BASE A DURACION DE HUMEDAD DISPONIBLE EN EL SUELO.....	13
CUADRO 3. LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS DIVIDIDAS POR REGIONES.....	20
CUADRO 4. FECHAS DE INICIO, TERMINACION Y DURACION DE ESTACION DE CRECIMIENTO (EN FECHAS JULIANAS) PARA 25 ESTACIONES CLIMATOLOGICAS DE JALISCO, CALCULADAS A PARTIR DE 3 PROCEDIMIENTOS.....	27
CUADRO 5. FECHA DE INICIO Y TERMINACION DE ESTACION DE CRECIMIENTO PARA 25 ESTACIONES CLIMATOLOGICAS DE JALISCO, CALCULADAS A PARTIR DE 3 PROCEDIMIENTOS.....	30
CUADRO 6. FACTORES DE CORRECCION PARA EL CALCULO DEL INICIO Y DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO CON EL METODO PROBABILIDAD/PROMEDIO	34
CUADRO 7. FACTORES DE CORRECCION PARA EL CALCULO DE LA TERMINACION Y DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO CON EL METODO PROMEDIOS.....	37

## INDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. TIPOS DE ESTACION DE CRECIMIENTO.....	6
FIGURA 2. INICIO DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION ALTOS DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	38
FIGURA 3. INICIO DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION CENTRO DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	39
FIGURA 4. INICIO DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION COSTA DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	40
FIGURA 5. INICIO DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION NORTE DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	41
FIGURA 6. INICIO DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION SUR DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	42
FIGURA 7. TERMINACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION ALTOS DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	43
FIGURA 8. TERMINACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION CENTRO DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	44
FIGURA 9. TERMINACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION COSTA DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	45
FIGURA 10. TERMINACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION NORTE DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	46
FIGURA 11. TERMINACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION SUR DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	47
FIGURA 12. DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION ALTOS DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	48

FIGURA 13.	DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION CENTRO DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	49
FIGURA 14.	DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION COSTA DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	50
FIGURA 15.	DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION NORTE DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	51
FIGURA 16.	DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION SUR DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.....	52

## RESUMEN

Entre las variaciones de humedad que mayormente influyen en el rendimiento de los cultivos de temporal se encuentra la relativa a la estación de crecimiento. En relación a la estimación de la estación de crecimiento, en los últimos años, se ha utilizado sobre todo el método FAO, con un procedimiento de cálculo que incluye el uso de valores promedio o probabilísticos mensuales de precipitación (P) y evapotranspiración potencial (ETP) previamente calculados en sustitución de la posibilidad de generar series de tiempo de la estación de crecimiento (EC).

En el presente trabajo se calculó la estación de crecimiento, utilizando tres procedimientos: (A) Serie histórica, calculando la EC para cada año de la serie climática para después estimar probabilísticamente la EC. Este procedimiento se utilizó como patrón de comparación para probar el ajuste de dos métodos: (B) probabilidad/promedio, utilizando valores probabilísticos de P y promedio de ETP precalculados y (C) promedios, utilizando valores promedio de P y ETP.

Una vez obtenidos los cálculos de EC, se evaluó el ajuste de los procedimientos B y C mediante un análisis gráfico y pruebas de "t". De acuerdo a las desviaciones de ambos métodos, se calcularon factores de corrección para inicio (IEC), terminación (FEC) y duración (DEC) de la estación de crecimiento mediante análisis de residuales, análisis de regresión y promedios.

Se concluye que tanto el procedimiento B (probabilidad/promedio) como el procedimiento C (promedios) conducen a un cálculo erróneo de la duración de la estación de crecimiento; el primero de ellos subestimando y el segundo sobreestimando el parámetro.

## I. INTRODUCCION

El Estado de Jalisco cuenta con una gran diversidad de condiciones agroecológicas, producto, entre otras causas, de un amplio gradiente altitudinal. Esta diversidad de condiciones agroecológicas se refleja en una gran variabilidad de los niveles de productividad agrícola, ya que aproximadamente el 85% de la superficie cultivada corresponde a condiciones de temporal, es decir que depende estrictamente de las disponibilidades agroclimáticas para la producción de cultivos.

Bajo estas condiciones, el rendimiento de los cultivos es vulnerable también al efecto adverso de fenómenos meteorológicos como sequías, heladas, granizo e inundaciones, que con frecuencia hacen su aparición durante el ciclo agrícola.

Dentro de las variaciones ambientales que mayormente influyen el rendimiento de los cultivos de temporal se encuentra la relativa a la estación de crecimiento. Para contrarrestar esto, una de las estrategias establecidas por la investigación, ha sido caracterizar objetivamente este período en cuanto a su duración, fecha de inicio y fecha de terminación, asumiendo que una vez conseguido tal objetivo, se podrían seleccionar genotipos de siembra más adecuados a las dimensiones de dicho período.

En relación a la caracterización o estimación de la estación

de crecimiento, en los últimos años, se ha utilizado sobre todo el método de FAO (FAO, 1978). Con esta metodología, varios autores han cuantificado el periodo de crecimiento para diversas regiones del país (Bernache, 1984; Velázquez, 1985; Villalpando, 1986; Nuño, 1988). En todos estos trabajos se ha utilizado el método FAO, con un procedimiento de cálculo que incluye el uso de valores promedio o probabilísticos mensuales de precipitación y evapotranspiración potencial previamente calculados. Este procedimiento se ha popularizado debido a que representa una opción de cálculo relativamente breve en relación a la posibilidad de generar series de tiempo de estación de crecimiento para proceder después a la caracterización de este parámetro en base a probabilidades o promedios. Sin embargo, la precisión o desajuste de este método abreviado no ha sido aún discutida y cuantificada.

Por lo anterior, la presente investigación se avocó a evaluar el grado de precisión en la determinación de la estación de crecimiento mediante dos procedimientos abreviados y proponer factores de corrección en caso de detectar desviaciones consistentes.

## II. OBJETIVOS

1. Evaluar el grado de precisión en la estimación de la estación de crecimiento, utilizando el método FAO con valores de probabilidad precalculados y valores promedio de precipitación y evapotranspiración potencial.
2. Describir regionalmente los niveles de precisión de dichas metodologías en el Estado de Jalisco.
3. Proponer factores de ajuste en caso de detectar desviaciones significativas en las estimaciones de la estación de crecimiento.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESQUERÍA  
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

## III. HIPOTESIS

1. El uso de valores de probabilidad precalculados de precipitación y evapotranspiración potencial, así como los valores promedio, en la determinación de la estación de crecimiento, produce valores que subestiman o sobreestiman este parámetro.

## IV. REVISION DE LITERATURA

### 4.1 Concepto de la estación de crecimiento.

Uno de los parámetros más importantes en la evaluación de recursos agroclimáticos en una región, es la determinación de los periodos o estaciones de crecimiento disponibles para el desarrollo de cultivos. Una explicación detallada de su determinación y origen fue realizada por Frère y Popov (1979); Ortiz (1984); Villalpando (1985), quienes además establecen que la estación de crecimiento es una herramienta básica para la evaluación de los recursos climáticos. En las regiones templadas, la estación de crecimiento está en función de la humedad y temperatura, pero en ocasiones la estación libre de heladas define el periodo de crecimiento según lo señalan Aldrich y Leng (1974); Shaw (1977) y Williams (1983). En cambio en las regiones tropicales la disponibilidad de agua para los cultivos es determinante para su desarrollo (Ortiz, 1984; Villalpando, 1985). En regiones de agricultura de riego, la estación de crecimiento, además de la temperatura favorable está determinada por el régimen de radiación solar, la humedad ambiental y otros factores más (Villalpando, 1986).

Redd, Pendleton y Benoit, citados por Grassi (1983), exponen que existe un común denominador en el cual la estación de crecimiento de un genotipo esta determinada por algún o algunos de

los elementos ambientales.

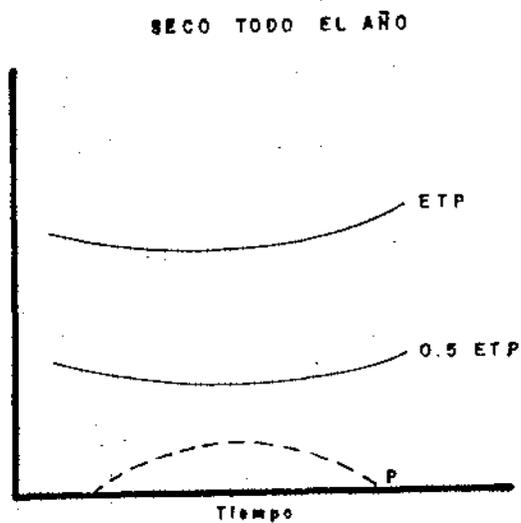
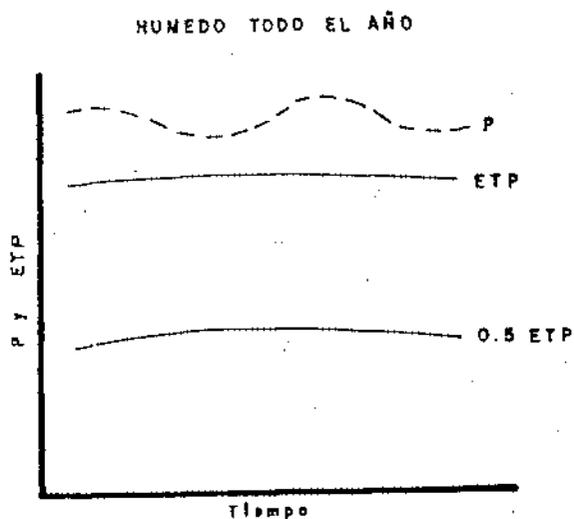
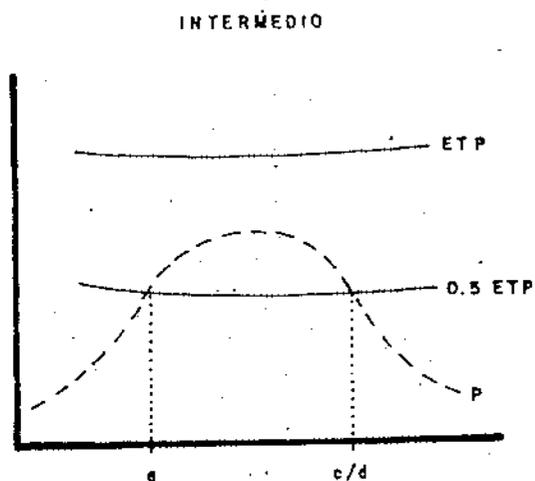
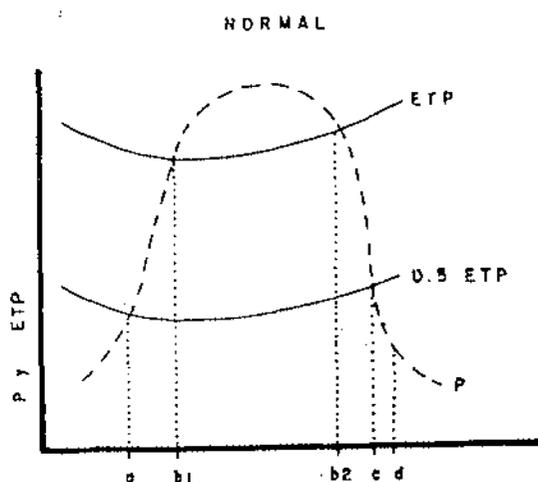
La FAO, (1981) en su proyecto de zonas agroecológicas utiliza una metodología con algunas modificaciones en su definición de los periodos de crecimiento disponibles en una región. La estación de crecimiento es el periodo en que el agua del terreno, producida en su mayor parte por las lluvias, está a libre disposición del cultivo. Esto sucede cuando el agua consumida por el cultivo mantiene un equilibrio con la lluvia y con el agua almacenada por el terreno (Frére y Popov, 1980).

#### 4.2 Tipos de estación de crecimiento.

Los periodos o estaciones de crecimiento de acuerdo a su disponibilidad de agua fueron clasificados por el grupo de trabajo de la FAO (1978) y citados por Ortiz (1984) y Villalpando (1986) en cuatro representaciones esquemáticas de balance hídrico, con evapotranspiración similar pero cantidad y distribución de lluvias muy diferentes (Figura 1)

##### 4.2.1 Estación de crecimiento normal.

Se define como aquella donde la precipitación es mayor o igual que el 50% de la evapotranspiración potencial ( $P \geq 0.5 \text{ ETP}$ ) para climas semi-áridos, donde se practica la agricultura pluvial; en este caso, tres periodos caracterizan la estación lluviosa, (Frére



- a: Comienzo de las lluvias y del período de crecimiento
- b1 y b2 : Comienzo y final respectivamente, del período húmedo
- c: Final de las lluvias y de la estación lluviosa
- d: Final del período de crecimiento
- p: Precipitación
- ETP: Evapotranspiración Potencial

**FIGURA 1. TIPOS DE ESTACIONES DE CRECIMIENTO**

y Popov, 1980).

4.2.1.1. Un primer período llamado "pre-húmedo" en el cual las precipitaciones permanecen por debajo de la evapotranspiración potencial. El período pre-húmedo corresponde al período de la siembra. La siembra se puede realizar con un grado de seguridad suficiente cuando la precipitación de una década (decena) determinada es mayor que 0.5 de la evapotranspiración potencial. En la práctica, de acuerdo con la experiencia de la FAO (1978), se establece un umbral de 30 mm de lluvia acumulados en una década.

4.2.1.2. Un segundo período llamado "húmedo" en el cual los valores del promedio de precipitaciones permanecen más altos que la evapotranspiración potencial. Al final de este período el balance hídrico es por lo general positivo, y una cierta cantidad de agua permanece almacenada en el terreno.

4.2.1.3. El tercer período llamado "post-húmedo" que coincide con la disminución y cese de las lluvias. El agua almacenada en el terreno continuará siendo usada por el cultivo hasta que se agote. En el mejor de los casos este período coincide con la maduración del cultivo.

#### 4.2.2. Estación de crecimiento intermedia.

Se define como el período durante el cual la  $P \geq 0.5$  ETP pero  $P$  nunca es mayor que ETP en todo el año, es decir, este tipo de estación de crecimiento carece de períodos húmedos (Ortiz, 1984 y

Villalpando, 1985).

#### 4.2.3. Estación de crecimiento húmeda todo el año.

La precipitación media mensual excede la evapotranspiración potencial mensual ( $P > ETP$ ) todos los meses del año. La estación de crecimiento es de 365 días.

#### 4.2.4. Estación de crecimiento seca todo el año.

La precipitación media para cada mes nunca excede a 0.5 ETP. La estación de crecimiento es de cero días.

### 4.3 Cálculo de la estación de crecimiento.

#### 4.3.1. En regiones tropicales.

El cálculo del período de la estación de crecimiento se basa en un modelo simple de balance de humedad, comparando la P con la ETP (FAO, 1978; Ortiz, 1984; Villalpando, 1986).

##### 4.3.1.1. Inicio de la estación de crecimiento.

La determinación del inicio de la estación de crecimiento se obtiene cuando la precipitación es mayor que el 50% de la evapotranspiración potencial ( $P > 0.5 ETP$ ). El valor de 0.5 ETP no

es casual, sino que fue determinado considerando las necesidades de agua para la germinación de cultivos y, cuando la  $P \geq 0.5$  ETP se satisface esta condición. El inicio de la estación de crecimiento también puede determinarse al inicio de la estación de lluvias, concretamente cuando la lluvia recibida para un periodo corto (1-3 días) es igual ó mayor a 25 ó 30 mm.

#### 4.3.1.2. Periodo húmedo.

El periodo húmedo es el intervalo de tiempo en el cual la precipitación es mayor a la evapotranspiración potencial ( $P > ETP$ ). Cuando existe un periodo húmedo, no solamente se satisfacen las demandas de la evapotranspiración de los cultivos a una completa o máxima cobertura, sino también el déficit de humedad del suelo.

#### 4.3.1.3. Terminación de la estación lluviosa.

La estación lluviosa termina cuando la precipitación de nuevo es igual o menor a 0.5 de la evapotranspiración potencial ( $P \leq 0.5$  ETP) después del periodo húmedo.

#### 4.3.1.4. Terminación de la estación de crecimiento.

La fecha de terminación de la estación de crecimiento depende de la cantidad de humedad almacenada en el suelo al finalizar la estación de lluvias. Para estaciones de crecimiento intermedias,

la fecha de terminación se da cuando  $P \leq 0.5$  ETP. En tanto para una estación de crecimiento normal, la terminación se tiene cuando  $P \leq 0.33$  ETP (Villalpando, 1985).

#### 4.3.2 En regiones templadas.

En regiones con clima templado (temperatura media del mes más frío  $< 18^{\circ}\text{C}$ ), la estación de crecimiento usualmente se determina en base al período libre de heladas. Los límites determinados por este criterio varían de acuerdo a la susceptibilidad de la especie a las bajas temperaturas (CUADRO 1) (Ortiz, 1984; Villalpando, 1986).

Por otra parte, en estas mismas regiones, además de establecer el período de humedad disponible para el desarrollo de cultivos, se evalúa el período con temperatura favorable que permita el desarrollo de plantas; es decir, se determina la estación de crecimiento con referencia a un cultivo en particular.

El límite mínimo de temperatura media diaria para que exista un crecimiento significativo en las plantas, se ha encontrado de aproximadamente  $4.4^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo este límite mínimo varía de acuerdo con la especie, por ejemplo para trigo es alrededor de  $5^{\circ}\text{C}$ , para maíz de  $10^{\circ}\text{C}$  y para sorgo de unos  $15^{\circ}\text{C}$ . Luego, si la temperatura media diaria es inferior a dichos límites, el crecimiento del cultivo será mínimo y por lo tanto habrá que restar este período de tiempo al período con disponibilidad de humedad

CUADRO 1. RESISTEANCIA DE LOS CULTIVOS AL FRIO EN DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO (DE VENTSKEVITCH, 1958; CITADO POR ROSENBERG, 1974).

TEMPERATURA PERJUDICIAL (GRADOS ABAJO DE 0°C)			
	GERMINACION	FLORACION	FRUCTIFICACION
<u>ALTAMENTE RESISTENTE</u>			
Trigo de primavera	9 - 10	1 - 2	2 - 4
Avena	8 - 9	1 - 2	2 - 4
cebada	7 - 8	1 - 2	2 - 4
<u>RESISTENTE</u>			
Arveja	6 - 7	3 - 4	2 - 4
Frijol	5 - 6	2 - 3	3 - 4
Girasol	5 - 6	2 - 3	2 - 3
Cártamo	6 - 4	2 - 3	3 - 4
Linaza	5 - 7	2 - 3	2 - 4
<u>MEDIANAMENTE RESISTENTE</u>			
Soya	3 - 4	2 - 3	2 - 3
<u>POCO RESISTENTE</u>			
Maíz	2 - 3	1 - 2	2 - 3
Mijo	2 - 3	1 - 2	2 - 3
sorgo	2 - 3	1 - 2	2 - 3
Papa	2 - 3	-	1 - 2
<u>NO RESISTENTE</u>			
Algodón	1 - 2	1 - 2	2 - 3
Arroz	0.5 - 1	0.5 - 1	0.5 - 1
Tomate	0 - 1	0 - 1	0 - 1
Melón	0.5 - 1	0.5 - 1	1

(Villalpando, 1986).

#### **4.4. La estación de crecimiento y el patrón de cultivos.**

El conocimiento de los periodos de crecimiento disponibles en una región es un requisito indispensable en la tarea de regionalización de especies; ya que la introducción o siembra de una especie de ciclo largo (tardía) dependerá de la duración de la humedad disponible en el suelo para un cierto nivel de probabilidad. El CUADRO 2 muestra el posible patrón de cultivos que podría esperarse de acuerdo a la disponibilidad de humedad en el suelo para varios tipos de agricultura (Villalpando, 1986).

#### **4.5 Antecedentes de investigación**

La FAO, (1978) ha realizado trabajos que utilizan una caracterización agroclimática para definir el potencial agrícola de una cierta región y clasificar el clima para su uso en agricultura en los países del continente africano y asiático.

Las metodologías que se han utilizado para realizar clasificaciones agrícolas, son una combinación de varias técnicas basadas en clasificaciones climáticas como la de Troll, Hargreaves, Cochemé y Franquin y otros; las cuales utilizan la precipitación y la evapotranspiración potencial como elementos para determinar la duración de la humedad en el suelo, útil para el crecimiento y

desarrollo de cultivos (ICRISAT, 1980).

CUADRO 2. TIPO DE AGRICULTURA Y POSIBLE PATRON DE CULTIVOS EN BASE A DURACION DE HUMEDAD DISPONIBLE EN EL SUELO.

TIPO DE AGRICULTURA	DURACION	PATRON DE CULTIVO
Temporal	Inicio a terminación temporal lluvia	1 cultivo/año
Humedad residual	Inicio a terminación humedad en el suelo	1 a 3 cultivos/año
Riego	365 días	2 a 3 cultivos/año

La FAO (1978) en su proyecto de zonas agroecológicas utiliza una metodología de este tipo, en la definición de los periodos de crecimiento disponibles. En México se han realizado algunos trabajos relacionados con la determinación de la estación de crecimiento (Ortiz, 1984; Velázquez, 1985; Villalpando, 1986; Nuño, 1988; Bernache, 1989).

El conocimiento de las variaciones en el régimen de humedad a lo largo del periodo de crecimiento, puede conducir a una planeación más acertada. Ruiz (1988) realizó un estudio del balance de humedad para el periodo de crecimiento en la localidad de Tecomate, Zac. Utilizó información a nivel decenal y una serie climática de 30 años concluyendo que durante la estación de crecimiento existen periodos de sequía y exceso de humedad que

afectan la satisfacción de la demanda hídrica del cultivo en un 14-22%.

Villalpando (1986) en un estudio para determinar las regiones con potencial climático para producir sorgo en México, hace un análisis utilizando 4 estaciones climatológicas representativas de regiones productoras de sorgo en México. En su estudio concluyó que a través de este análisis es posible determinar el periodo de cultivo y el tipo de gemoplasma (templado o tropical) más adecuado para cada una de las regiones examinadas. De igual forma en el sur del estado de Zacatecas Ruiz (1988), realizó un estudio para determinar la estación de crecimiento y precocidad requerida para maíz, trabajando con información climatológica decenal de 12 estaciones distribuidas en 5 sub-regiones, calculándose el periodo de crecimiento así como probabilidades para 7 ciclos vegetativos teóricos, utilizando un nivel de probabilidad de 70% para conocer la longitud del ciclo vegetativo adecuado para cada sub-región de estudio. Concluyó que dependiendo de la región, se debe utilizar un genotipo específico con un ciclo vegetativo igual o menor a la duración de la estación de crecimiento disponible. Ortiz (1984), presenta un inventario climático de la República Mexicana, donde utiliza la duración de los periodos de crecimiento; muestra las regiones de acuerdo a su potencialidad agrícola, para ello utilizó datos de 288 estaciones meteorológicas, estableciendo los periodos de crecimiento de acuerdo a la disponibilidad de agua y

temperatura.

Ruiz (1988), obtuvo una ecuación para estimar la cantidad de precipitación necesaria para dar inicio a la estación de crecimiento. Utilizó información agrupada en períodos de 10 días de 25 estaciones climatológicas del estado de Zacatecas. La altitud funcionó como variable estimadora de la demanda evapotranspirativa, sin embargo los resultados pueden ser no aplicables en lugares donde la influencia de otro elemento altere el efecto natural de la altitud sobre la temperatura y por ende sobre la evapotranspiración.

Frère, Rijks y Rea (1975), señalaron que el investigar la variabilidad de la lluvia y la estimación de probabilidades para su aplicación a la agricultura, trata en realidad de responder a la cuestión de saber con que frecuencia la tierra recibirá determinada cantidad de lluvia y la frecuencia con que la tierra recibirá una cantidad inferior ó superior a ella expresada en términos de probabilidad. Las consecuencias de estos análisis en las prácticas agrícolas son evidentes; una vez que se conozca la demanda mínima de lluvia de determinado cultivo, se pueden evaluar rápidamente los riesgos de llevar a cabo dicho cultivo en la región para lo cual los datos de lluvia son válidos.

La producción de cultivos en áreas de temporal está determinada en gran parte por la cantidad y oportunidad del agua de lluvia. En estas áreas, para desarrollar una tecnología enfocada a

incrementar y estabilizar la producción de cultivos, se requiere primero de un entendimiento de la variación en el tiempo y espacio de los elementos climáticos y de su influencia sobre el rendimiento de los cultivos. Bajo estas condiciones, la cuantificación de la precipitación pluvial en términos de probabilidad y no de promedios aritméticos es una estrategia adecuada. (Villalpando, 1986).

A través del cálculo de probabilidades de lluvia es posible determinar y optimizar varias actividades agrícolas. La aplicación de probabilidades de lluvias en diversas actividades, incluyendo a la agricultura, ha sido reportada por varios autores (Barger, 1948; Barger *et al*, 1959; Garcia *et al*, 1973; Carrillo y Casas, 1974; León y Palacios, 1977; Arruda y Pinto, 1980; Fernández y San Román, 1983.

Ruiz (1985), realizó un estudio de la estación de crecimiento utilizando datos de 13 estaciones climatológicas de la región de Los Cañones, Zac. (evapotranspiración potencial promedio y precipitación al 60, 70 y 80% de probabilidad). Como era de esperarse, la duración de la estación de crecimiento se acortó cuando el nivel de probabilidad se incrementó.

Villalpando (1984), hace un análisis comparativo en la determinación del periodo de crecimiento para la estación de Cuquio, Jal., utilizando datos promedio de precipitación contra probabilidades de lluvia (80%). Se observó una gran diferencia

entre el uso de promedios y valores probabilísticos de lluvia; el periodo de crecimiento se redujo con el uso del valor probable, esto ilustra la importancia de usar valores probables de lluvias en vez de promedios, para no sobreestimar la estación de crecimiento en estudios de planeación agrícola.

Velázquez (1985), llevó a cabo un estudio similar al del autor anterior en el estado de Hidalgo; Comparó la estación de crecimiento para Progreso, Hgo., utilizando un valor de lluvia promedio y un valor de lluvia al 50% de probabilidad dando como resultado una diferencia muy marcada en la duración de la estación de crecimiento, ya que usando el valor promedio la estación de crecimiento se disparaba considerablemente en relación al 50% de probabilidad en donde la duración era muy pequeña.

Ruiz (1988), utilizó información agrupada en periodos de 10 días pertenecientes a 13 estaciones ubicadas en la región de Los Cañones en el sur de Zacatecas, para evaluar un procedimiento probabilístico para el cálculo de la estación de crecimiento; el procedimiento consistió en la determinación de la estación de crecimiento a través de 2 maneras: la primera de ellas, constituyó el método corto o abreviado, utilizando valores probabilísticos fijos de precipitación y evapotranspiración potencial, realizando de esta manera, un único cálculo de la duración de la estación de crecimiento y tipo de estación. el segundo método constituyó el patrón de comparación, contra el cual se evaluó el ajuste del

primer método, calculando la estación de crecimiento año tras año de la serie climática de cada estación.

Para llevar a cabo la comparación entre un método y otro, se calculó la duración de la estación de crecimiento en días a tres niveles de probabilidad (60, 70 y 80%) mediante los 2 métodos. Se observó una diferencia entre las dos metodologías en relación a la duración de la estación de crecimiento, la cual se acentuó conforme el valor de probabilidad se incrementó. Se concluyó que todas las estimaciones de la duración de la estación de crecimiento que sean hechas a través del método abreviado, deberán ser compensadas con valores de ajuste que tienen que determinarse previamente.

#### **4.6 Conclusiones**

Uno de los parámetros más importantes en la evaluación de recursos agroclimáticos en una región, es la estación de crecimiento disponible para el desarrollo de cultivos. Se han propuesto y utilizado diversos procedimientos, la mayoría girando alrededor de la metodología FAO (1978), los cuales sin embargo, no han sido suficientemente validados en regiones agrícolas del país. La aplicación de un procedimiento u otro puede producir resultados diferentes en la evaluación o estimación de este parámetro ambiental, de ahí que es necesaria la evaluación y selección de metodologías adecuadas para la determinación de la estación de crecimiento en México.

## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Area de estudio.

El Estado de Jalisco cuenta con una amplia gama de condiciones climáticas, bióticas y edáficas, motivo por el cual generalmente se le divide en cinco regiones (altos, centro, costa, norte y sur). El presente trabajo se realizó tomando en cuenta a todo el estado y cada una de las regiones.

### 5.2 Materiales.

#### 5.2.1 Información meteorológica.

Se utilizó información climatológica de 25 estaciones perteneciente a la red de estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). La relación de estaciones y su localización geográfica se describe en el CUADRO 3.

#### 5.2.2 Equipo de cómputo y software.

Se utilizó una computadora Intelecsis 386 compatible y el software fue el siguiente: 123 Lotus, Versión 2.0; Statgraphycs, Versión 2.4; Harvard Graphycs (HG), Versión 2.0; Word Perfect (WP 5.1), versión 5.1; y el paquete SICA (Sistema de Información para Caracterizaciones Agroclimáticas), Versión 2.0.

CUADRO 3. LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS DIVIDIDAS POR REGIONES.

ESTACION	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
R. Altos				
La Red	Tepatitlán	20°43'	102°50'	1758
Michoacanejo	Teocaltiche	21°32'	102°36'	1895
Mexticacán	Mexticacán	21°16'	102°47'	1775
Teocaltiche	Teocaltiche	21°25'	102°34'	1745
Yahualica	Yahualica	21°11'	102°54'	1850
R. Centro				
Atequiza	Ixt. de los M.	20°24'	103°06'	1528
Cuixtla	Sn. Cristobal/Bca.	21°03'	103°26'	0806
Cuquío	Cuquío	20°56'	103°02'	1782
Guadalajara	Guadalajara	20°40'	103°23'	1580
Ixtlahuacán	Ixt. del Rio	20°52'	103°15'	1635
R. Costa				
La Desembocada	Pto. Vallarta	20°44'	105°09'	0080
La Huerta	La Huerta	19°29'	104°38'	0280
El Grullo	EL Grullo	19°48'	104°13'	0880
El Tuito	cabo Corriente	20°19'	105°19'	0600
Unión de Tula	Unión de Tula	19°57'	104°16'	1340
R. Norte				
Achimec	Colotlán	22°19'	103°13'	1840
Bolaños	Bolaños	21°50'	103°47'	0916
Casallanta	Colotlán	22°03'	103°22'	1775
Colotlán	Colotlán	22°07'	103°16'	1700
Totatiche	Totatiche	21°55'	103°26'	1789
R. Sur				
Amacueca	Amacueca	20°01'	103°36'	1439
Atoyac	Atoyac	20°01'	103°26'	1373
Cd. Guzmán	Cd. Guzmán	19°42'	103°28'	1535
Mazamitla	Mazamitla	19°47'	102°59'	2240
Quito	Tuxpan	19°31'	103°25'	1060

LA FACULTAD DE AGRONOMIA

## 5.3 Métodos

### 5.3.1 Base de datos.

La información climatológica fue agrupada en períodos de 10 días (1-10, 11-20, 21-Fin mes), para cada uno de los meses de Mayo a Octubre, considerando que la presencia del temporal ocurre dentro de este ámbito.

A partir de los registros de evaporación se estimaron los valores de evapotranspiración potencial, multiplicando el valor de evaporación registrada en tanques evaporímetros tipo "A" por un coeficiente  $k_p$  de 0.75, el cual es un factor de conversión aproximado (Villalpando, 1986).

### 5.3.2 Cálculo de la estación de crecimiento.

Para ilustrar la metodología en la determinación de la estación de crecimiento en una región de temporal a continuación se citan los pasos a seguir en cada uno de los procedimientos estudiados en este trabajo.

#### 5.3.2.1 Procedimiento de la serie histórica.

Para establecer de una manera fija un valor único de la estación de crecimiento (EC) es necesario analizar lo acontecido año con año a lo largo de una serie climática considerable que

permita estimar dicho valor asegurando al mismo tiempo cierto grado de representatividad (Ruiz, 1988).

En el cálculo de la estación de crecimiento para las estaciones seleccionadas, se utilizaron datos decenales de precipitación y evapotranspiración potencial para cada uno de los años de la serie climática.

a) Se tabularon los totales de precipitación (P) y evapotranspiración potencial (ETP) para cada período de 10 días, (1-10, 11-20, 21- fin mes) para dar un total de 18 columnas.

b) Se elaboraron gráficas, usando los valores de precipitación ETP, 0.5 ETP y 0.33 ETP.

c) En forma gráfica se determinó el inicio de la estación de crecimiento cuando  $P \geq 0.5 \text{ ETP}$  por primera vez (Frére y Popov, 1980) y el final de la estación de crecimiento cuando  $P \leq 0.33 \text{ ETP}$  (Villalpando, 1986).

Dicho procedimiento se repitió para cada uno de los años de la serie climática de las 25 estaciones.

d) Una vez generadas las series de tiempo para fecha de inicio (IEC), fecha de terminación (FEC) y duración de la estación de crecimiento (DEC), se procedió a la determinación probabilística de

estos tres parámetros utilizando un nivel de probabilidad de 70% y la distribución que mejor ajustara a los datos. Las distribuciones estadísticas probadas fueron la normal, la log-normal (galton) y la gama incompleta (2 parámetros). El ajuste de estas distribuciones se probó a través de la prueba de bondad de ajuste de Smirnov. Para evitar diferencias el FEC se determinó como  $FEC = DEC - IEC$ .

#### 5.3.2.2 Procedimiento probabilidad/promedio.

Este es un procedimiento corto ó abreviado que utiliza valores probabilísticos fijos de precipitación (P) y evapotranspiración potencial (ETP), utilizando de esta manera un único cálculo de la duración de la estación de crecimiento. Esta forma de cálculo se ha hecho popular debido a la rapidez con que se lleva a cabo. El procedimiento consistió en:

a) Tabular los totales de P, ETP, 0.5 ETP y 0.33 ETP para cada período de 10 días.

b) Calcular los valores promedio de ETP, 0.5 ETP y 0.33 ETP así como la cantidad de lluvia esperada al 70% de probabilidad con la distribución estadística de mejor ajuste. La evaluación de distribuciones se hizo de manera similar a la expuesta en el procedimiento anterior.

c) Elaborar la gráfica de estación de crecimiento utilizando

los valores promedio de ETP, 0.5 ETP y 0.33 ETP y los valores probabilísticos de P, bajo los mismos criterios de inicio y terminación de la estación de crecimiento descritos con anterioridad.

Dicho procedimiento se repitió para cada una de las 25 estaciones.

d) La duración de la estación de crecimiento (DEC) se determinó como:  $DEC = FEC - IEC$ .

#### 5.3.2.3. Procedimiento de los promedios

En algunas ocasiones no se cuenta con los registros (serie histórica ó valores probabilísticos) y en tal caso es necesario utilizar los valores promedios de clima, que generalmente se conocen como normales climatológicas. Este procedimiento consiste en:

- a) Graficar los valores normales de P, ETP, 0.5 ETP y 0.33 ETP para cada periodo de 10 días.
- b) Determinar gráficamente el IEC y el FEC.
- c) Calcular la DEC mediante  $FEC - IEC$ .

### 5.3.3 Análisis comparativo de métodos de cálculo de la estación de crecimiento.

El análisis utilizado a este respecto involucró básicamente dos tipos de comparación; una comparación gráfica y un procedimiento estadístico (prueba de "t" y cálculo de residuales).

El primero se realizó con una comparación visual mediante el uso de gráficas de barras (Figuras 2 a la 16) en donde se muestran diferencias entre los dos procedimientos.

El segundo consistió en la aplicación de la prueba de "t" (Steel y Torrie, 1989) y el cálculo algebraico y absoluto de residuales (Heuer et al, citados por Reicosky, 1989). Estos autores mencionan que el valor algebraico de los residuales puede ser utilizado para determinar la tendencia de un procedimiento a sub-estimar ó sobre-estimar.

La suma algebraica de los residuales es obtenida mediante:

$$RES= \Sigma (T_o - T_e).$$

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 Procedimiento de la serie histórica.

En los Cuadros 4 Y 5 se muestran los resultados obtenidos en cuanto a fecha de inicio y terminación de la estación de crecimiento así como también la duración de la misma, calculada año con año.

En la región Altos de Jalisco, los resultados fueron los siguientes: el inicio de la estación de crecimiento se ubicó en la primera decena de Junio para las estaciones de Teocaltiche y Yahualica y para la Red, Michoacanejo y Mexticacán ocurrió en la segunda de Junio. La terminación de la estación de crecimiento para Michoacanejo fue en la segunda decena de Septiembre, en cambio para Mexticacán, Teocaltiche y Yahualica el FEC se presentó en la 3a. decena de Septiembre y por último la estación más tardía fue la Red, en donde el FEC se presentó durante la 3a. decena de Octubre. En cuanto a la duración de la estación de crecimiento (DEC), ésta fue de 97, 131, 107, 113 y 115 días, para Michoacanejo, La Red, Mexticacán, Yahualica y Teocaltiche, respectivamente.

En la región Centro de Jalisco, el IEC ocurrió en la primera decena de Junio para Cuixtla e Ixtlahuacán y su terminación en la primera decena de Octubre. Para Atequiza, Cuquío y Guadalajara, el IEC se presentó en la segunda decena de Junio y el FEC durante la

CUADRO 4. FECHAS DE INICIO, TERMINACION Y DURACION DE ESTACION DE CRECIMIENTO (EN FECHAS JULIANAS) PARA 25 ESTACIONES CLIMATOLOGICAS DE JALISCO CALCULADAS A PARTIR DE 3 PROCEDIMIENTOS.

ESTACION	I E C			F E C			D E C		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
R. Altos									
La Red	168	169	164	299	281	304	131	112	140
Michoacanejo	165	181	171	262	270	288	97	89	117
Mexticacán	163	178	171	270	270	287	107	92	116
Teocaltiche	157	181	168	272	275	297	115	94	129
Yahualica	159	178	167	272	294	298	113	99	131
R. Centro									
Atequiza	167	169	164	291	270	293	124	103	129
Cuixtla	157	175	165	279	299	297	122	94	132
Cuquío	167	168	162	292	270	299	125	102	137
Guadalajara	162	159	155	291	290	300	129	131	145
Ixtlahuacán	155	174	165	282	280	300	127	106	135
R. Costa									
La Desembocada	174	179	165	295	283	299	121	104	134
La Huerta	171	174	167	302	296	310	131	122	143
El Grullo	171	170	164	291	279	308	120	109	144
El Tuito	170	175	163	316	290	312	146	115	149
Unión de Tula	167	167	164	293	285	304	126	118	140
R. Norte									
Achimec	165	191	176	263	263	306	98	72	130
Bolaños	164	179	172	256	273	291	92	94	119
Casallanta	157	183	171	279	273	294	122	90	123
Colotlán	163	181	169	267	262	298	104	81	129
Totatiche	162	181	167	264	301	298	102	92	131
R. Sur									
Amacueca	170	168	165	243	255	255	73	87	90
Atoyac	171	167	163	289	271	292	118	104	129
Cd. Guzmán	164	162	145	309	311	313	145	149	168
Mazamitla	160	164	144	306	280	311	146	116	167
Quito	164	166	156	301	280	309	137	114	153

1 = PROCEDIMIENTO DE LA SERIE

2 = PROCEDIMIENTO DE LA PROBABILIDAD/PROMEDIO

3 = PROCEDIMIENTO DE LOS PROMEDIOS

segunda decena de Octubre. La DEC para esta región osciló entre 122 y 129 días, correspondiendo estos valores a Cuixtla y Guadalajara, respectivamente.

Para la región Costa de Jalisco el IEC fue en la segunda decena de Junio para todas las estaciones, con excepción de La Desembocada, en donde el IEC ocurrió el 23 de Junio. El FEC fue variable; para El Grullo y Unión de Tula el FEC se presentó durante la segunda decena de Octubre, para La Desembocada y La Huerta, durante la tercera decena de Octubre y para El Tuito el FEC se registró el 12 de Noviembre. La DEC fue de 120, 121, 126, 131 y 146 días para el Grullo, La Dembocada, Unión de Tula, La Huerta y El Tuito, respectivamente.

En la región Norte de Jalisco el IEC ocurrió en la segunda decena de Junio, con excepción de Casallanta que fue el día 6 de Junio. El FEC fue variable, presentándose la 1a. decena de Octubre en Casallanta, la 2a. decena de Septiembre en Bolaños y Achimec y la 3a. decena de Septiembre en Totatiche y Colotlán. La DEC fue de 122, 92, 98, 102 y 104 días para Casallanta, Bolaños, Achimec, Totatiche y Colotlán, respectivamente. Como se puede ver, fue en esta región en la que se presentaron los valores más bajos de DEC, lo cual coincide con los bajos niveles de precipitación que se registran en la zona, tradicionalmente considerada como una de las más secas en el estado.

En la región Sur de Jalisco, en todos los casos, el inicio ocurrió en la segunda decena de Junio, con excepción de Mazamitla que fue el día 9 de Junio. La DEC tuvo mucha variación, en Amacueca su terminación fue el 31 de Agosto, con una duración de 73 días, en Atoyac fue un poco mas larga con 118 días y un FEC el 16 de Octubre; Para Quito el FEC fue el día 28 de Octubre con una DEC de 137 días y para Cd. Guzman y Mazamitla el FEC se registró la 1a. decena de Noviembre, con una duración de estación de crecimiento de 145 y 146 días, respectivamente.

## 6.2 Procedimiento probabilidad/promedio.

En los cuadros 4 y 5 se describen los resultados obtenidos en cuanto a fecha de inicio y terminación de la estación de crecimiento así como también la duración de la misma, calculada mediante el procedimiento probabilidad/promedio.

En la región Altos de Jalisco el IEC ocurrió en todas las estaciones en la tercera decena de Junio, con excepción de La Red, en donde el IEC se presentó durante la 2a. decena del mismo mes. El FEC para esta región se obtuvo entre la 3a. decena de Septiembre y la 2a. decena de Octubre; mientras tanto la DEC tuvo un valor de 89 a 112 días, correspondiendo el mínimo valor a la estación de Michoacanejo y el valor máximo a la estación de La Red.

Para la región Centro de Jalisco, el IEC osciló entre la 1a.

CUADRO 5. FECHAS DE INICIO Y TERMINACION DE ESTACION DE CRECIMIENTO PARA 25 ESTACIONES CLIMATOLOGICAS DE JALISCO, CALCULADAS A PARTIR DE 3 PROCEDIMIENTOS.

ESTACION	I E C			F E C		
	1	2	3	1	2	3
R. Altos						
La Red	17JUN	18JUN	13JUN	26OCT	08OCT	31OCT
Michoacanejo	14JUN	30JUN	20JUN	19SEP	27SEP	15OCT
Mexticacán	12JUN	27JUN	20JUN	27SEP	21SEP	14OCT
Teocaltiche	06JUN	30JUN	17JUN	29SEP	02OCT	24OCT
Yahualica	08JUN	27JUN	16JUN	29SEP	21OCT	25OCT
R. Centro						
Atequiza	16JUN	18JUN	13JUN	18OCT	27SEP	20OCT
Cuixtla	06JUN	24JUN	14JUN	06OCT	26OCT	24OCT
Cuquio	16JUN	17JUN	11JUN	19OCT	27SEP	26OCT
Guadalajara	11JUN	08JUN	04JUN	18OCT	11OCT	27OCT
Ixtlahuacán	04JUN	23JUN	14JUN	09OCT	07OCT	27OCT
R. Costa						
La Desembocada	23JUN	28JUN	14JUN	22OCT	10OCT	26OCT
La Huerta	20JUN	23JUN	16JUN	29OCT	23OCT	06NOV
El Grullo	20JUN	19JUN	13JUN	18OCT	06OCT	04NOV
El Tuito	19JUN	24JUN	12JUN	12NOV	17OCT	09NOV
Unión de Tula	16JUN	16JUN	13JUN	20OCT	12OCT	31OCT
R. Norte						
Achimec	14JUN	10JUL	25JUN	20SEP	20SEP	02NOV
Bolaños	13JUN	28JUN	21JUN	13SEP	30SEP	18OCT
casallanta	06JUN	02JUL	20JUN	06OCT	30SEP	21OCT
Colotlán	12JUN	30JUN	18JUN	24SEP	19SEP	25OCT
Totatiche	11JUN	30JUN	16JUN	21SEP	21OCT	25OCT
R. Sur						
Amacueca	19JUN	17JUN	14JUN	31AGO	12SEP	12SEP
Atoyac	20JUN	16JUN	12JUN	16OCT	28SEP	19OCT
Cd. Guzmán	13JUN	11JUN	25MAY	05NOV	07NOV	21OCT
Mazamitla	09JUN	13JUN	24JUN	02NOV	07OCT	07NOV
Quito	13JUN	15JUN	05JUN	28OCT	07OCT	05NOV

1 = PROCEDIMIENTO DE LA SERIE

2 = PROCEDIMIENTO DE LA PROBABILIDAD/PROMEDIO

3 = PROCEDIMIENTO DE LOS PROMEDIOS

y 3a. decena de Junio y el FEC entre la 3a. decena de Septiembre y la 3a. decena de Octubre con una DEC entre 94 y 131 días, correspondiendo estos valores a Cuixtla y Guadalajara, respectivamente.

En la región Costa de Jalisco el IEC ocurrió entre la 2a. y 3a. decena de Junio, mientras que el FEC se presentó entre la 1a. y 3a. decena de Octubre. La DEC en esta región varió de 104 días (La Desembocada) a 122 días (La Huerta).

Con respecto a la región Norte de Jalisco, el IEC se obtuvo entre la 3a. decena de Junio y la 1a. decena de Julio. El FEC varió mucho para esta región, ya que se obtuvo entre la 2a. decena de Septiembre y la 3a. decena de Octubre. La DEC osciló entre 72 y 94 días, correspondiendo estos valores a Achimec y Bolaños, respectivamente.

En la región Sur de Jalisco los resultados obtenidos fueron los siguientes: el IEC ocurrió durante la 2a. decena de Junio para todas las estaciones del grupo; el FEC en cambio presentó una alta variación, pues se obtuvo entre la 2a. decena de Septiembre y la 1a. decena de Noviembre. Finalmente la DEC también registró una alta variación en esta región con valores de 87 (Amacueca) a 149 (Cd. Guzmán) días.

### 6.3 Procedimiento de los promedios.

En los cuadros 4 y 5 se muestran los resultados obtenidos en el cálculo de la estación de crecimiento mediante el método de los promedios.

En la región Altos de Jalisco los resultados fueron los siguientes: el IEC ocurrió en la segunda decena de junio para todas las estaciones del grupo y la terminación entre la 2a. y 3a. decena de Octubre con una DEC de 116, 117, 129, 131 y 146 días para Mexxicacán, Michoacanejo, Teocaltiche, Yahualica y La Red, respectivamente.

En la región Centro de Jalisco, el IEC para todas las estaciones fue durante la segunda decena de Junio, con excepción de Guadalajara, donde éste ocurrió el día 4 de junio; la terminación de la estación de crecimiento varió entre la 2a. y 3a. decena de Octubre. Esto produjo una DEC entre 129 y 145 días, correspondiendo estos valores extremos a las estaciones de Atequiza y Guadalajara.

En la región Costa de Jalisco, el IEC ocurrió en la segunda decena de Junio para todas las estaciones del grupo; con respecto al FEC, este se presentó a partir de la 3a. decena de Octubre y se extendió hasta la 1a. decena de Noviembre, produciendo DEC de entre 134 y 149 días, correspondiendo estos valores a las estaciones de Unión de Tula y El Tuito, respectivamente.

En el Norte de Jalisco, Casallanta, Colotlán y Totatiche presentaron su IEC durante la 2a. decena de Junio y su FEC en la 3a. decena de Octubre; en Achimec y Bolaños el IEC fue en la 3a. decena de Junio y la terminación el día 2 de Noviembre (Achimec) y el día 18 de Octubre (Bolaños). La DEC fue de 119, 123, 129, 130 y 131 días para Bolaños, Casallanta, Colotlán, Achimec y Totatiche, respectivamente.

En la región Sur de Jalisco, se encontró mucha variación en los parámetros de la estación de crecimiento. El IEC ocurrió entre la 3a. decena de Mayo y la 3a. decena de Junio, mientras que el FEC se presentó entre la 2a. decena de Septiembre y la 1a. decena de Noviembre, causando esto a su vez una alta variabilidad en relación a la DEC, cuyos valores oscilaron entre 90 y 168 días. Estas DEC correspondieron a los valores extremos obtenidos en todo el estado mediante el procedimiento de promedios. El valor de 90 días se obtuvo para la estación de Amacueca y el de 168 días para la estación de Cd. Guzmán.

#### **6.4 Análisis comparativo.**

En las Figuras de la 2 a la 16 se muestra gráficamente una comparación de los métodos utilizados en el cálculo de la EC.

En las Figuras 12, 13, 14, 15 y 16, se puede comparar la duración de la estación de crecimiento obtenida por regiones con

CUADRO 6. FACTORES DE CORRECCION PARA EL CALCULO DEL INICIO Y DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO CON EL METODO PROBABILIDAD/PROMEDIO.

ESTACION	DESVIACION IEC	FACTOR DE CORRECCION	DESVIACION DEC	FACTOR DE CORRECCION
R. Altos		-15.0		15.4
La Red	-01		19	
Michoacanejo	-16		08	
Mexticacán	-15		15	
Teocaltiche	-24		21	
Yahualica	-19		14	
R. Centro		-07.4		18.2
Atequiza	-02		21	
Cuixtla	-18		28	
Cuquío	-01		23	
Guadalajara	03		-02	
Ixtlahuacán	-19		21	
R. Costa		-02.4		15.2
La Desembocada	-05		17	
La Huerta	-03		09	
El Grullo	01		11	
El Tuito	-05		31	
Unión de Tula	00		08	
R. Norte		-20.8		17.8
Achimec	-26		26	
Bolaños	-15		-02	
Casallanta	-26		32	
Colotlán	-18		23	
Totatiche	-19		10	
R. Sur		00.4		09.8
Amacueca	02		-14	
Atoyac	04		14	
Cd. Guzmán	02		-04	
Mazamitla	-04		30	
Quito	-02		23	
		RES ALGEBRAICA		382
		RES ABSOLUTA		426

cada método. En todas estas gráficas es notable que la DEC calculada con el método de los promedios fue superior a los valores obtenidos con los otros dos métodos. El DEC tuvo su valor más bajo cuando se estimó con el procedimiento probabilidad/promedio.

En relación al inicio de la estación de crecimiento, en las Figuras 2, 3, 4, 5 y 6 se describen los resultados por regiones. En estas gráficas se puede apreciar una tendencia a subestimar el IEC por parte del método probabilidad/promedio. El método de los promedios no presentó una desviación con tendencia muy definida.

Con respecto a la terminación de la estación de crecimiento, el método de los promedios en cambio, es el que si presenta una tendencia a sobreestimar el FEC (Figuras 7, 8, 9, 10 y 11).

Por otra parte, una vez evaluado el ajuste de los procedimientos Probabilidad/Promedio (B) y Promedio (C), mediante pruebas de "t" (Steel y Torrie, 1989) se obtuvieron los siguientes resultados:

Tanto el método B como el método C resultaron ser procedimientos estadísticamente diferentes al método patrón de series de tiempo (A). Esta diferencia fue altamente significativa, ya que para el caso del procedimiento B la diferencia es manifiesta con un 0.2% de probabilidad de error y en el caso del procedimiento C, esta probabilidad es de 0.3%.

En general para las cinco regiones del estado analizadas, se obtuvo una desviación ampliamente positiva para DEC calculada con el método probabilidad/promedio (Cuadro 6), La suma algebraica de residuales (382) para este método indica que este procedimiento tiene una tendencia a subestimar la DEC. Esta desviación al parecer se origina de una subestimación que el procedimiento hace de la fecha de IEC (Cuadro 6).

De manera opuesta, el cálculo de la DEC realizado con el procedimiento C, registró una desviación consistente y ampliamente negativa con una suma algebraica de residuales de -389, por lo cual puede deducirse que este procedimiento tiende a sobreestimar la DEC. Esta desviación estuvo relacionada con una desviación también negativa en la estimación del FEC. De aquí que el origen del error de este procedimiento principalmente estriba en el cálculo del FEC (Cuadro 7).

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

CUADRO 7. FACTORES DE CORRECCION PARA EL CALCULO DE LA TERMINACION Y DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO CON EL METODO PROMEDIOS.

ESTACION	DESVIACION FEC	FACTOR DE CORRECCION	DESVIACION DEC	FACTOR DE CORRECCION
R. Altos		-19.8		-14.0
La Red	-05		-09	
Michoacanejo	-26		-20	
Mexticacán	-17		-09	
Teocaltiche	-25		-14	
Yahualica	-26		-18	
R. Centro		-10.8		-10.2
Atequiza	-02		-05	
Cuixtla	-18		-10	
Cuquio	-07		-12	
Guadalajara	-09		-16	
Ixtlahuacán	-18		-08	
R. Costa		-07.2		-13.2
La Desembocada	-04		-13	
La Huerta	-08		-12	
El Grullo	-17		-24	
El Tuito	04		-03	
Unión de Tula	-11		-14	
R. Norte		-31.6		-22.8
Achimec	-43		-32	
Bolaños	-35		-27	
Casallanta	-15		-01	
Colotlán	-31		-25	
Totatiche	-34		-29	
R. Sur		-06.4		-17.6
Amacueca	-12		-17	
Atoyac	-03		-11	
Cd. Guzmán	-04		-23	
Mazamitla	-05		-21	
Quito	-08		-16	
RES ALGEBRAICA				-389
RES ABSOLUTA				389

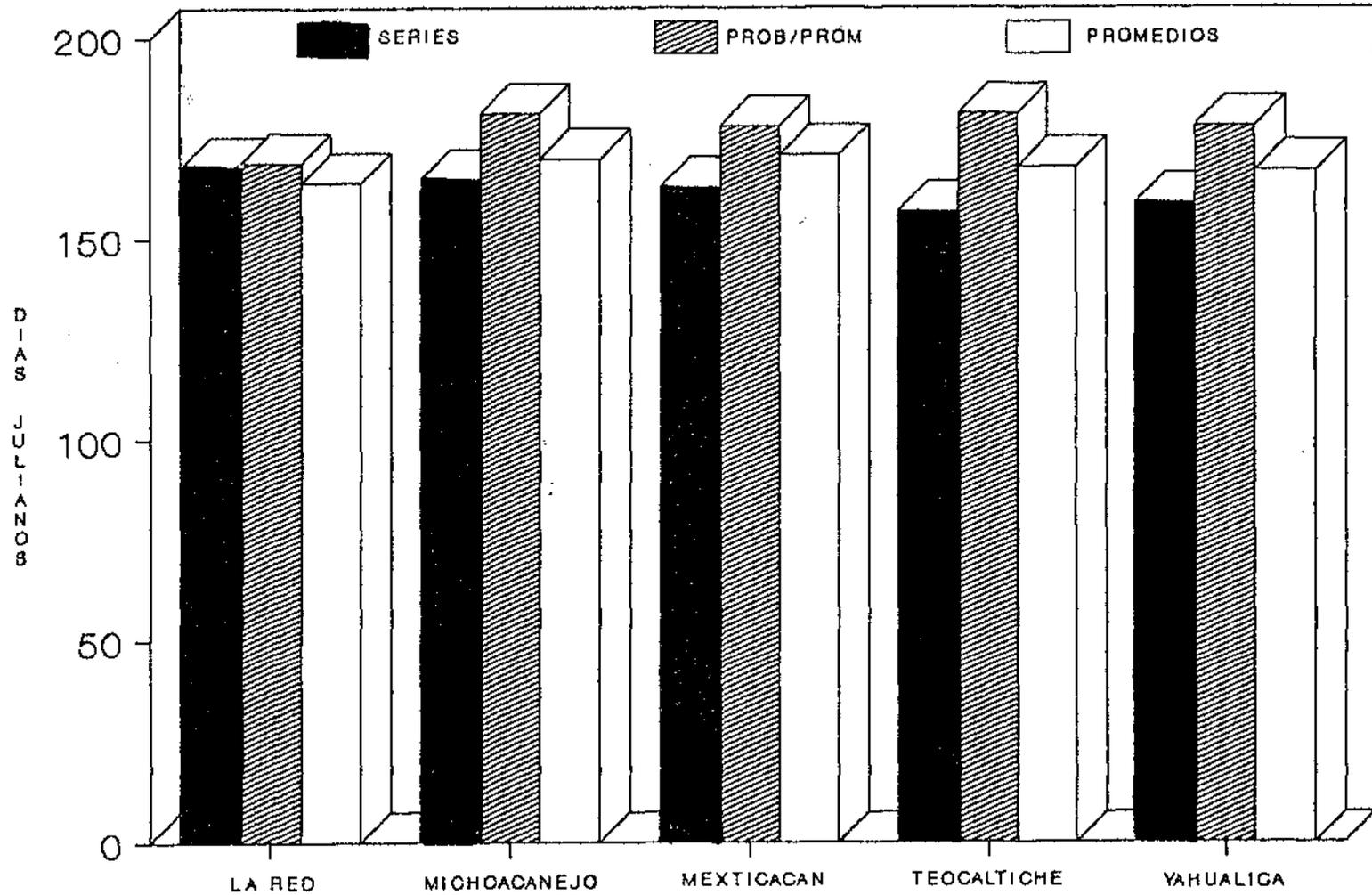


FIGURA 2. INICIO DE LA ESTACION DE ORECIMIENTO PARA LA REGION ALTOS DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

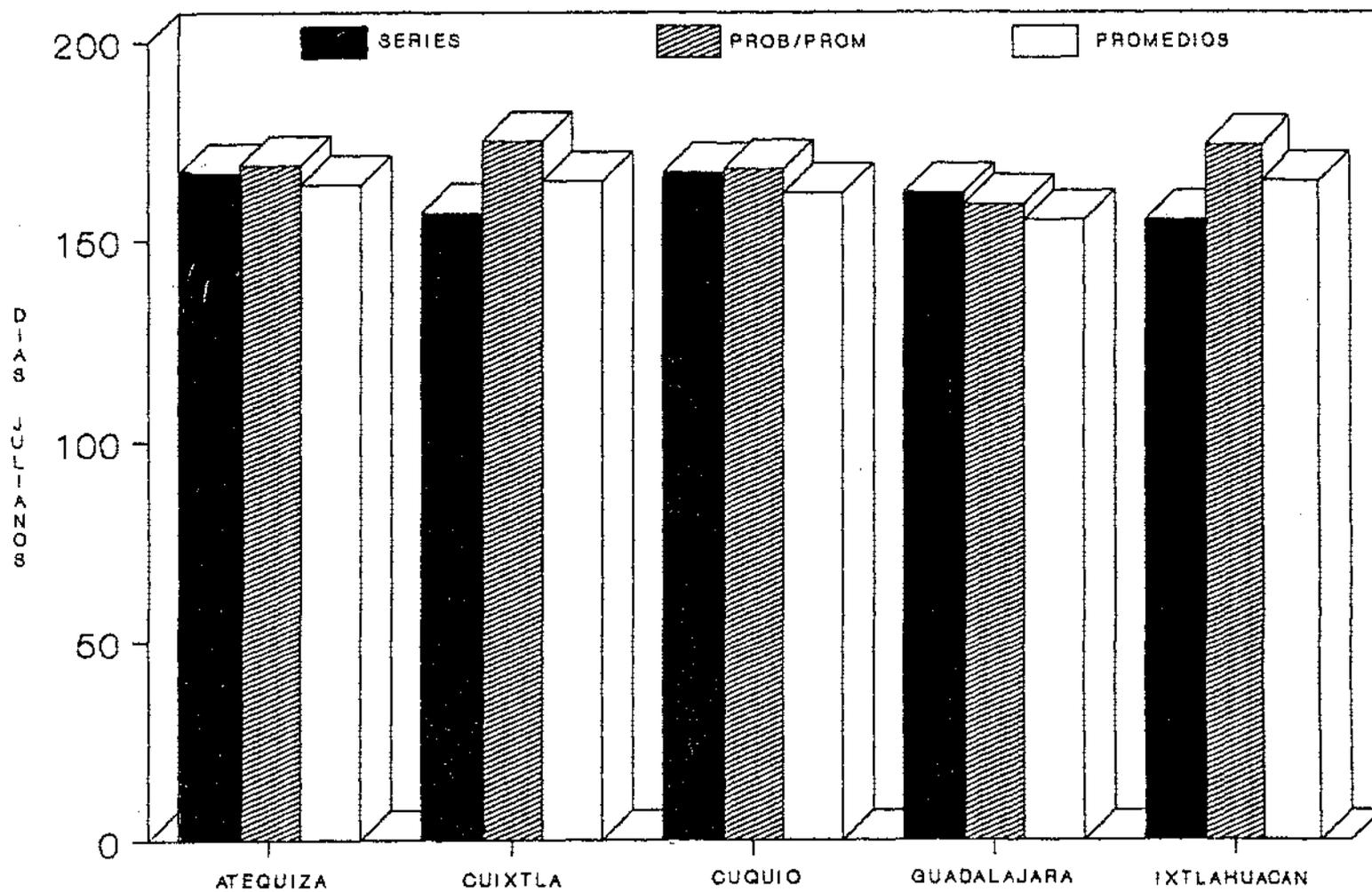


FIGURA 3. INICIO DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION CENTRO DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

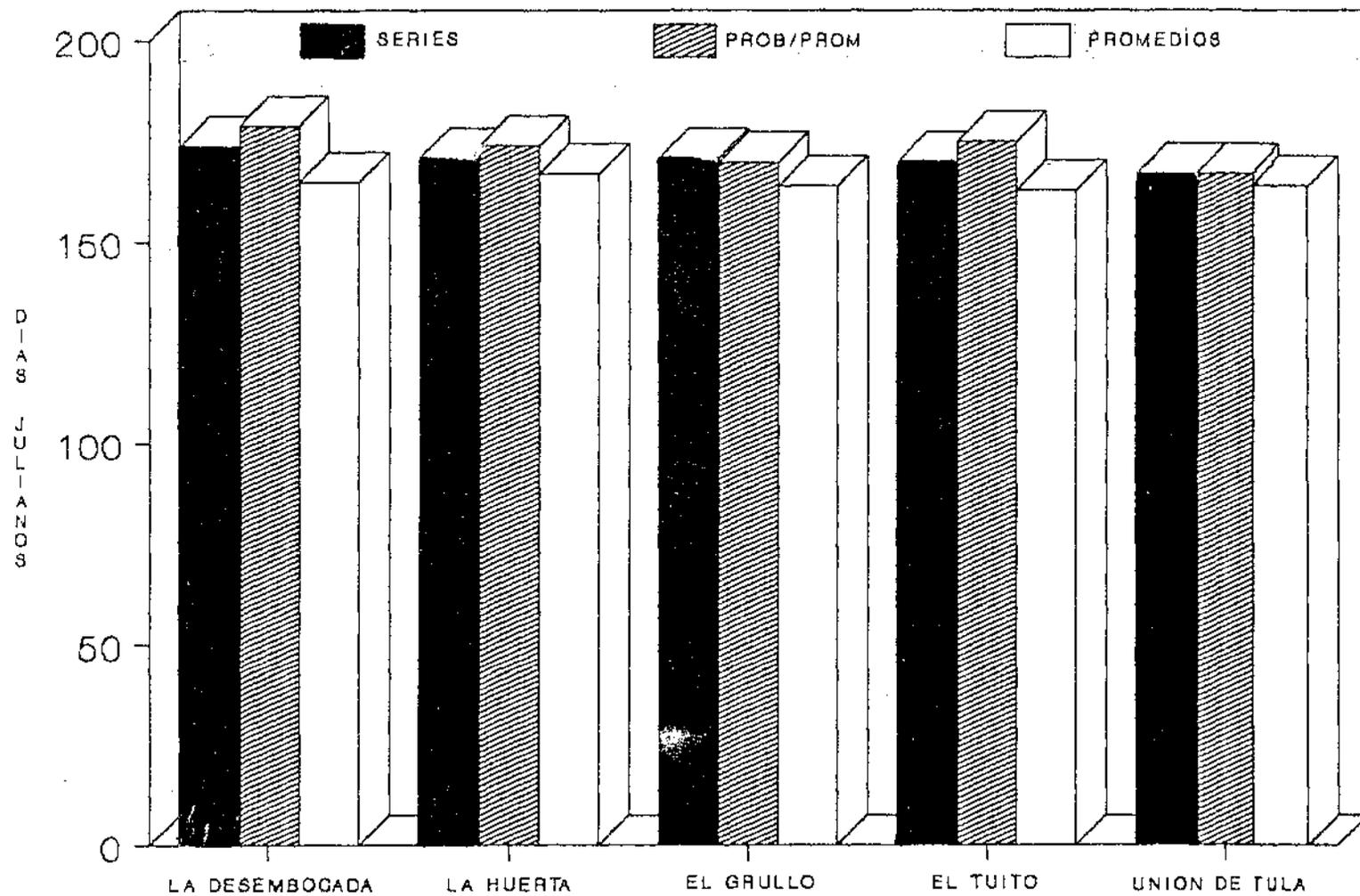


FIGURA 4. INICIO DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION COSTA DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

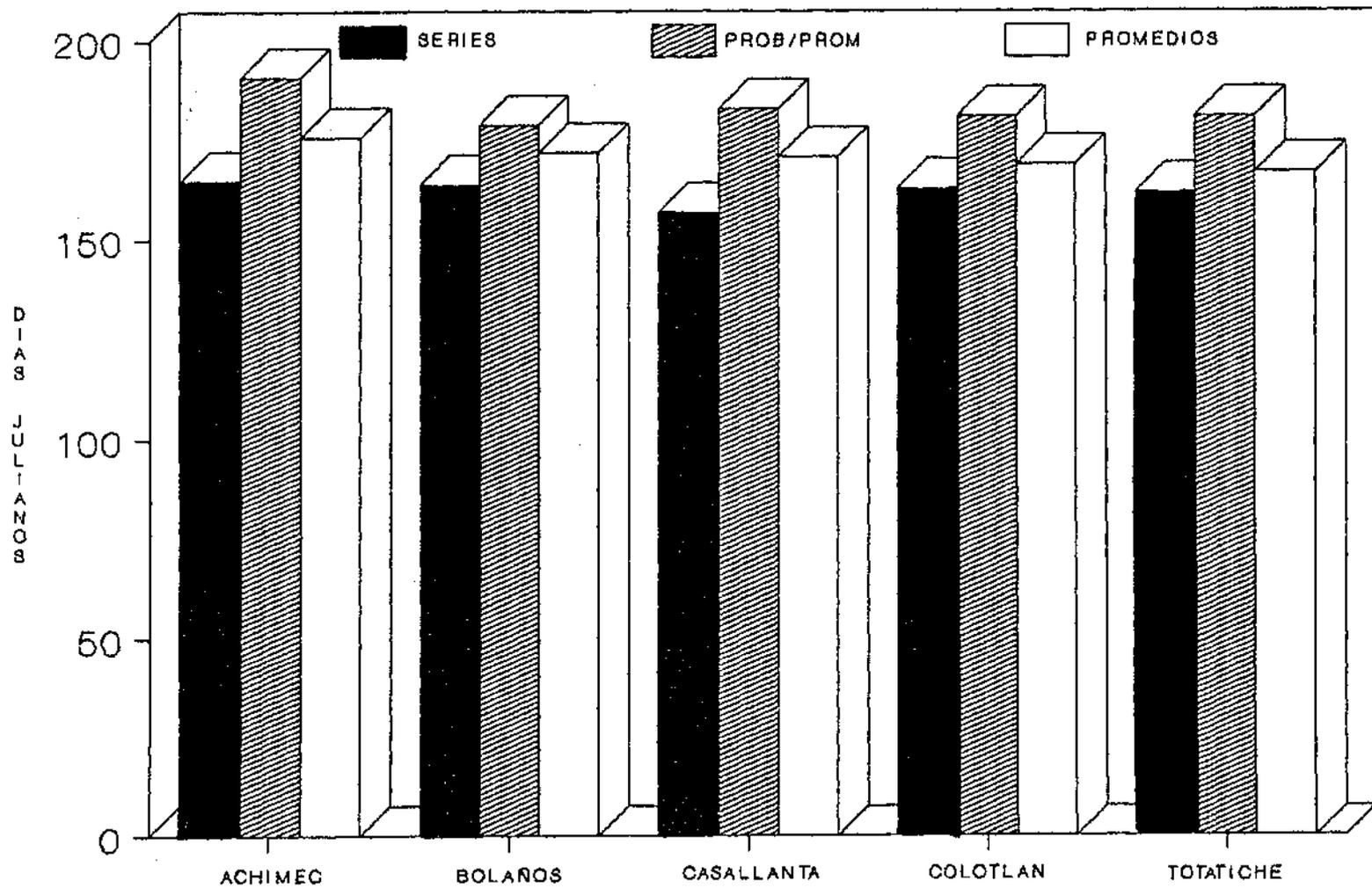


FIGURA 5. INICIO DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION NORTE DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

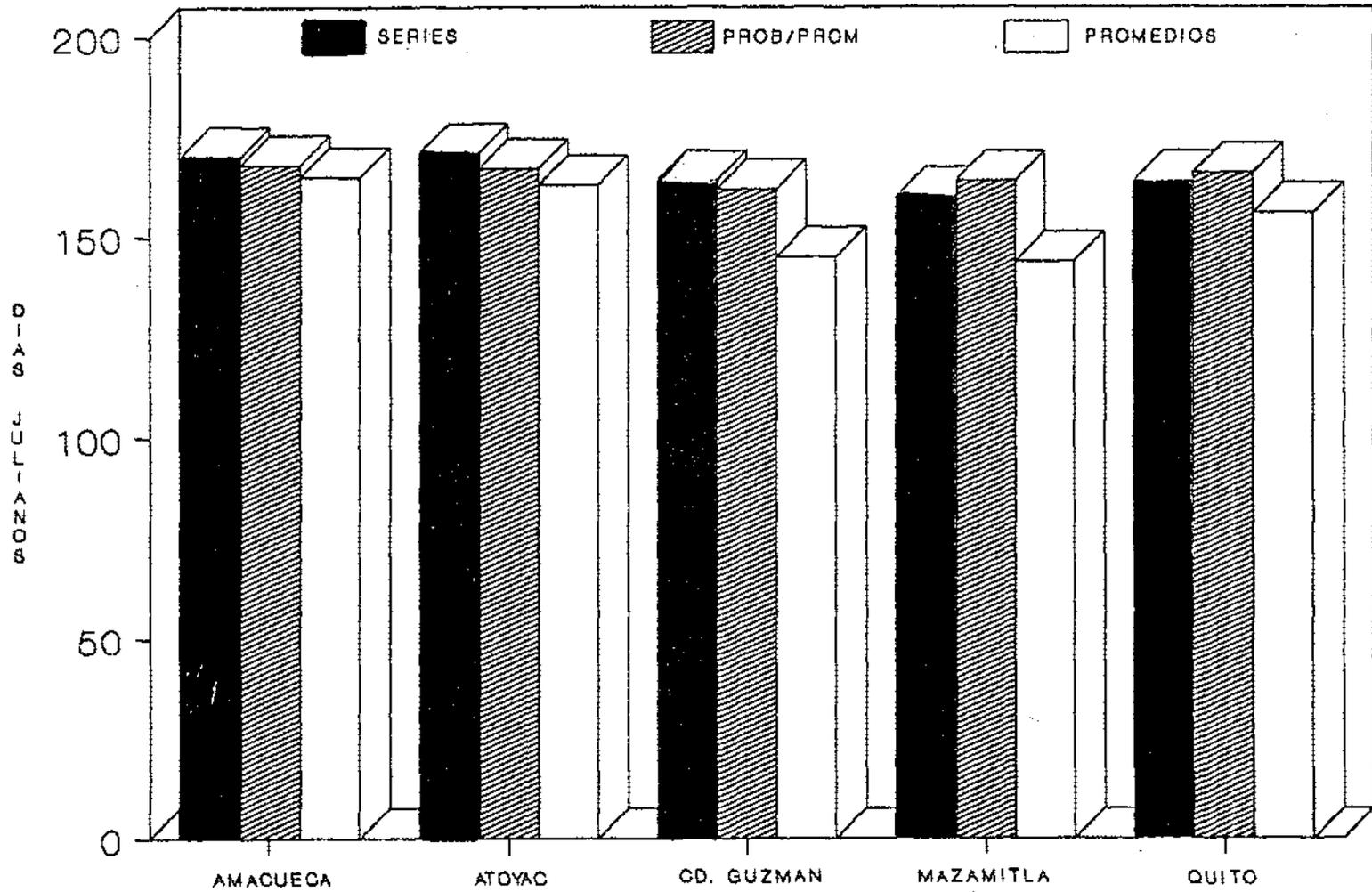


FIGURA 6. INICIO DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION SUR DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

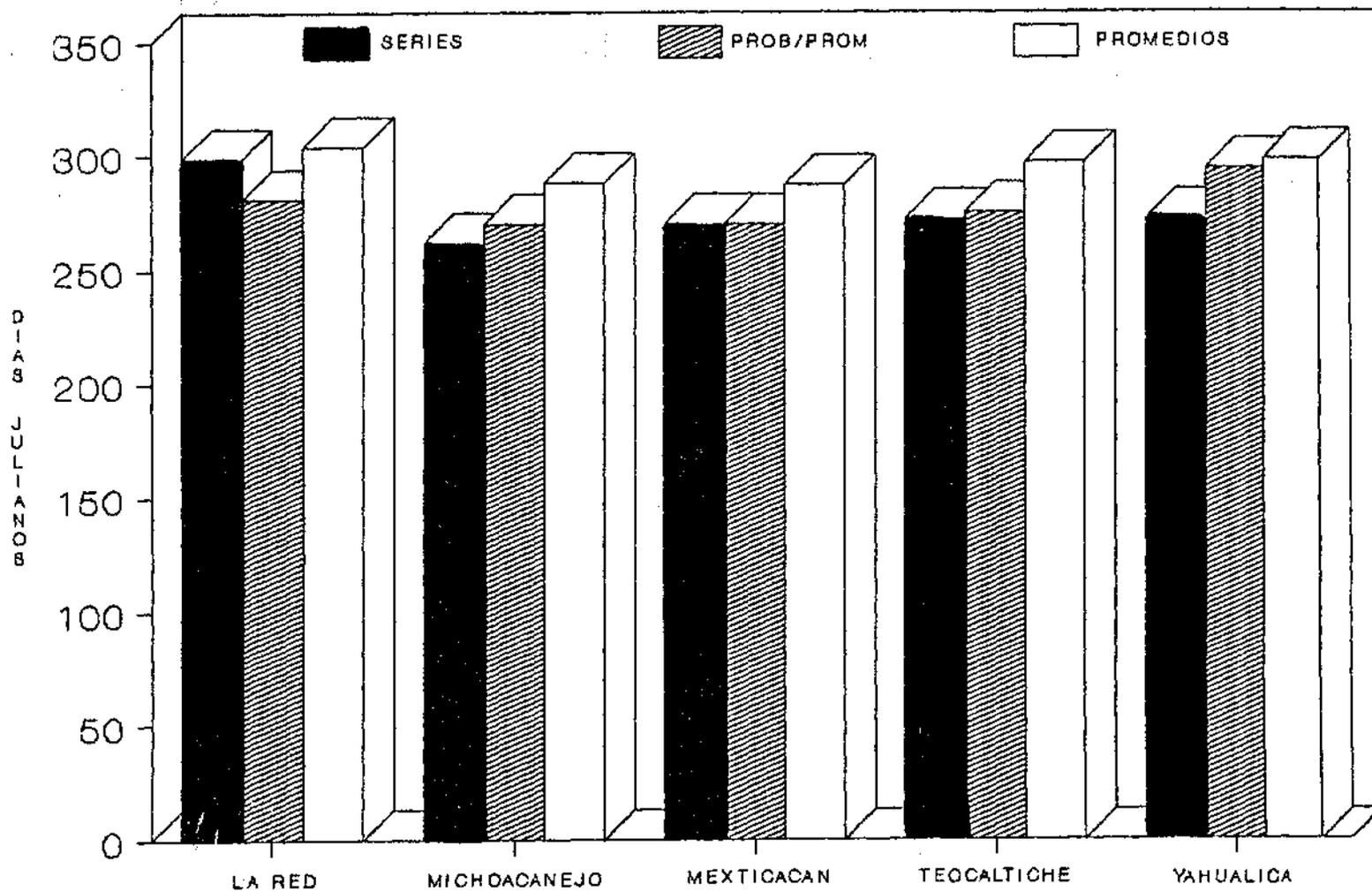


FIGURA 7. TERMINACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION ALTOS DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

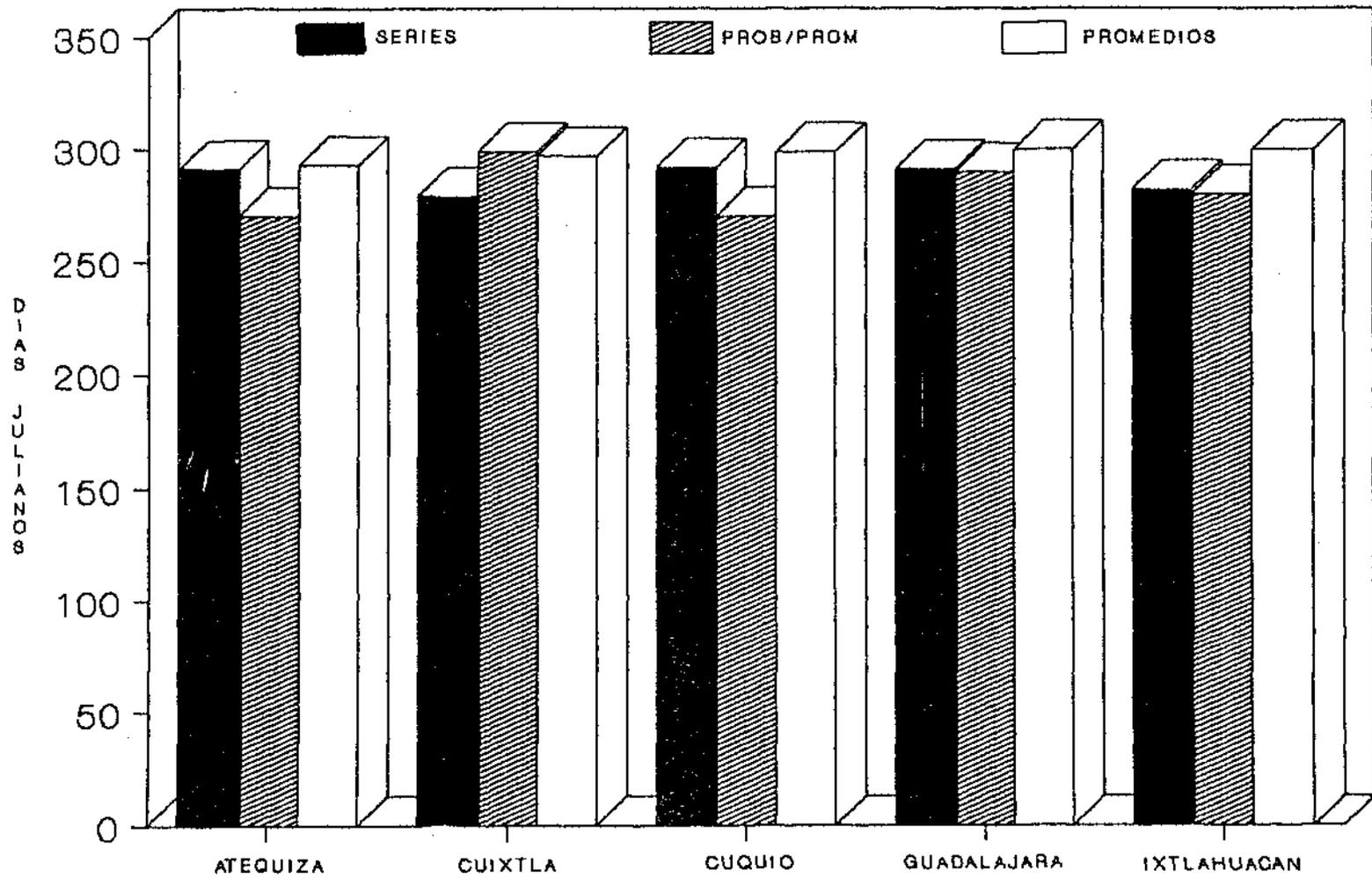


FIGURA 8. TERMINACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION CENTRO DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

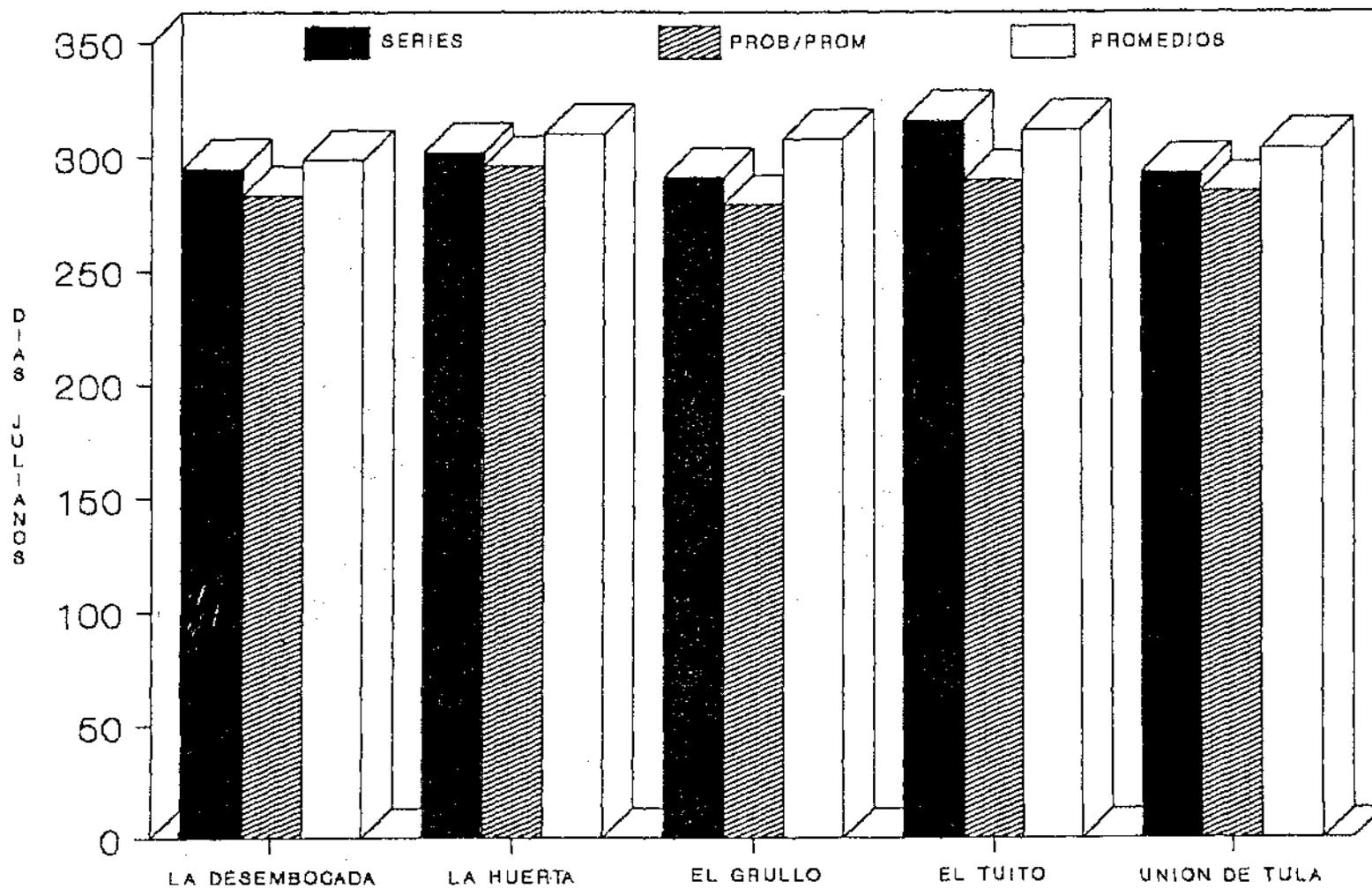


FIGURA 9 TERMINACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION COSTA DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

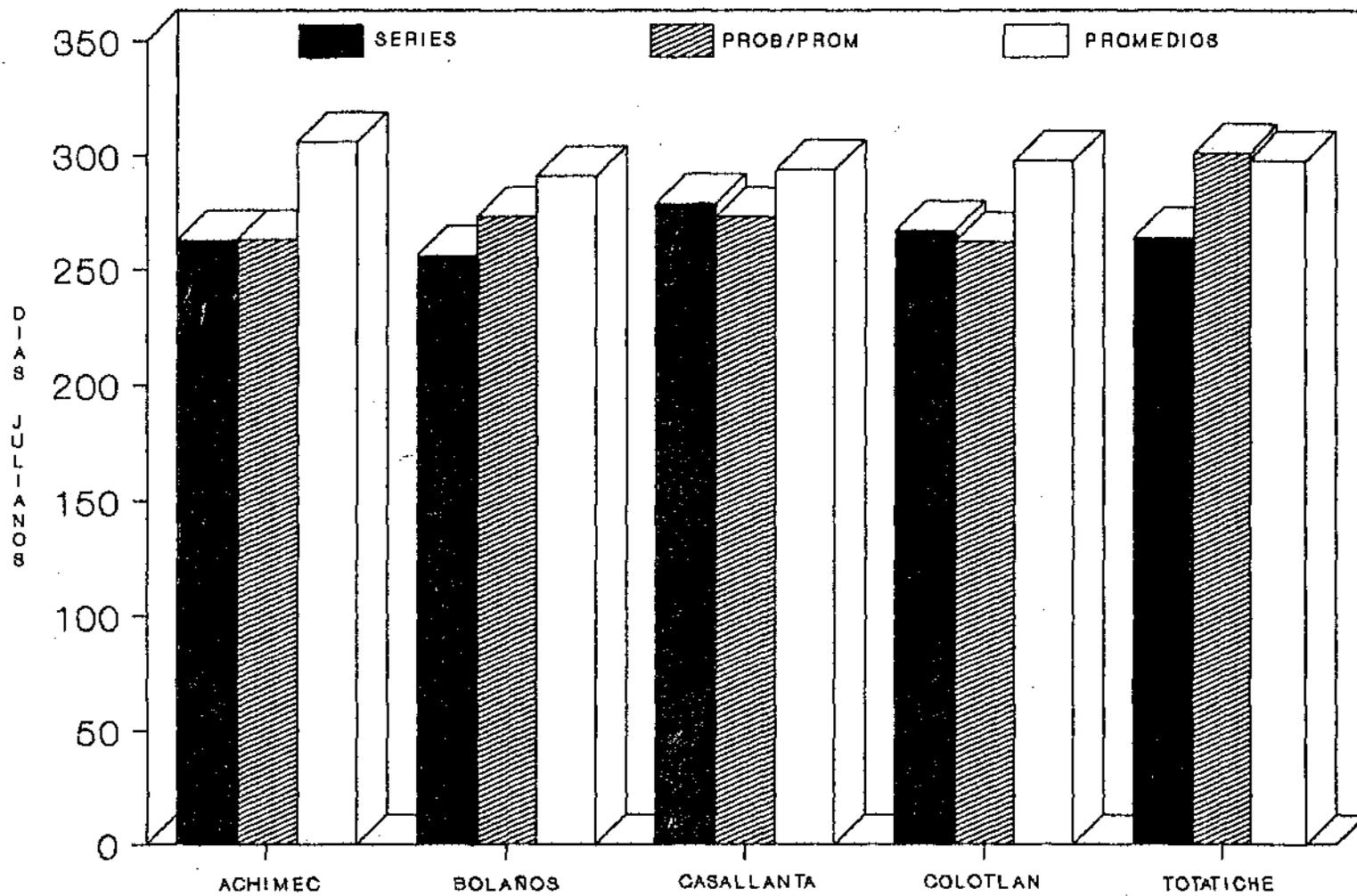


FIGURA 10. TERMINACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION NORTE DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

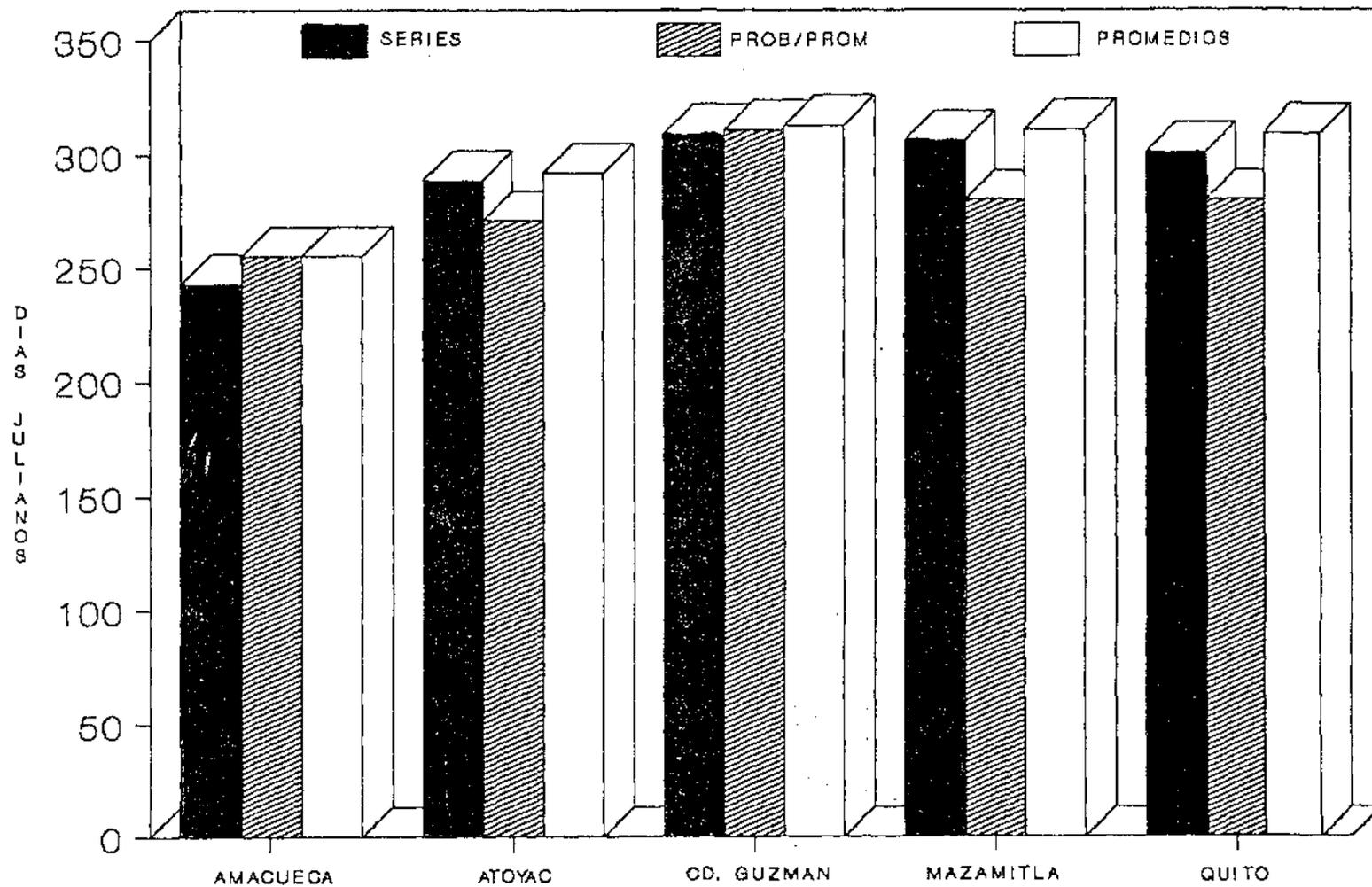


FIGURA 11. TERMINACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION SUR DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

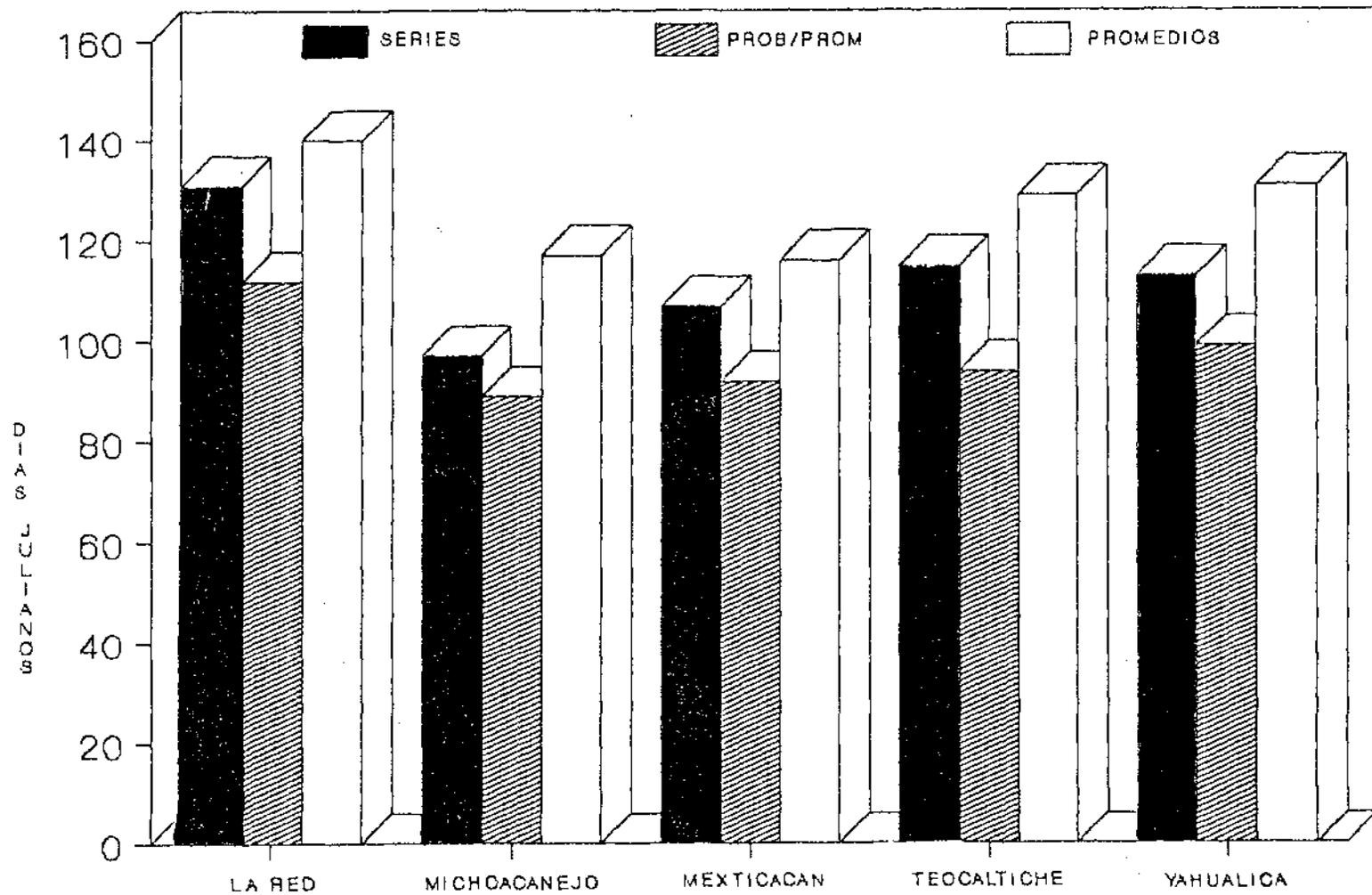


FIGURA 12. DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION ALTOS DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

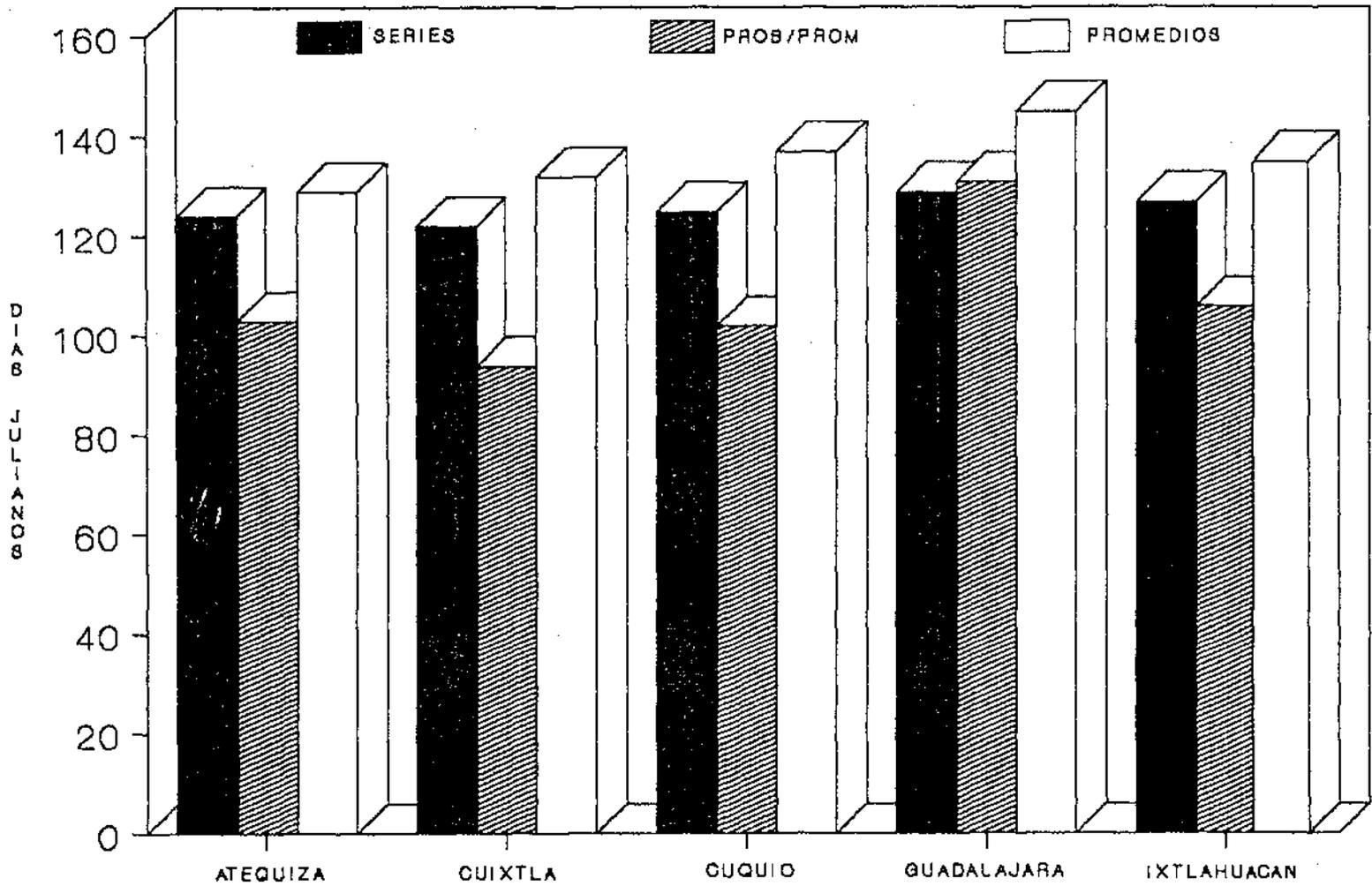


FIGURA 13. DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION CENTRO DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

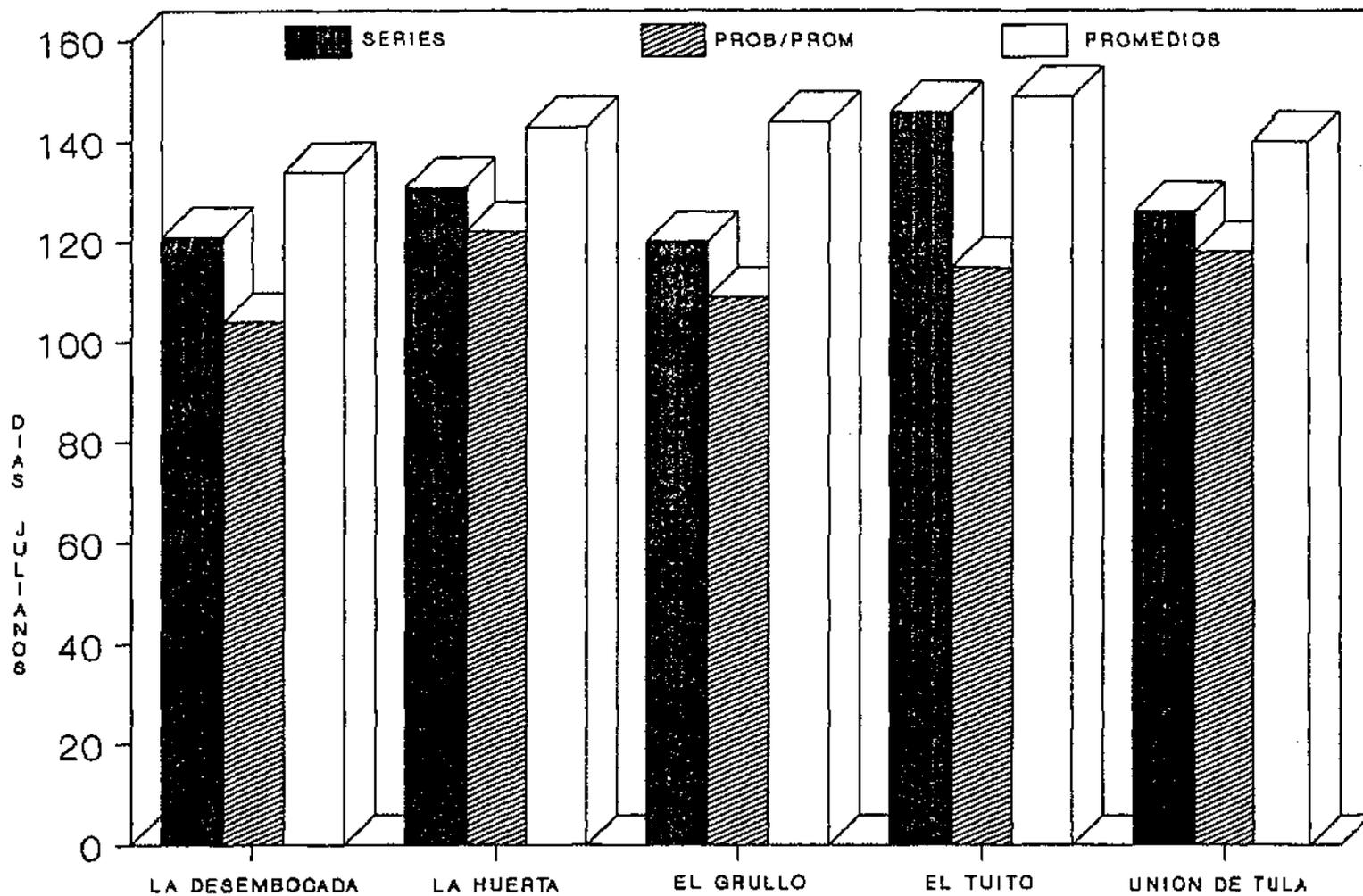


FIGURA 14. DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION COSTA DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

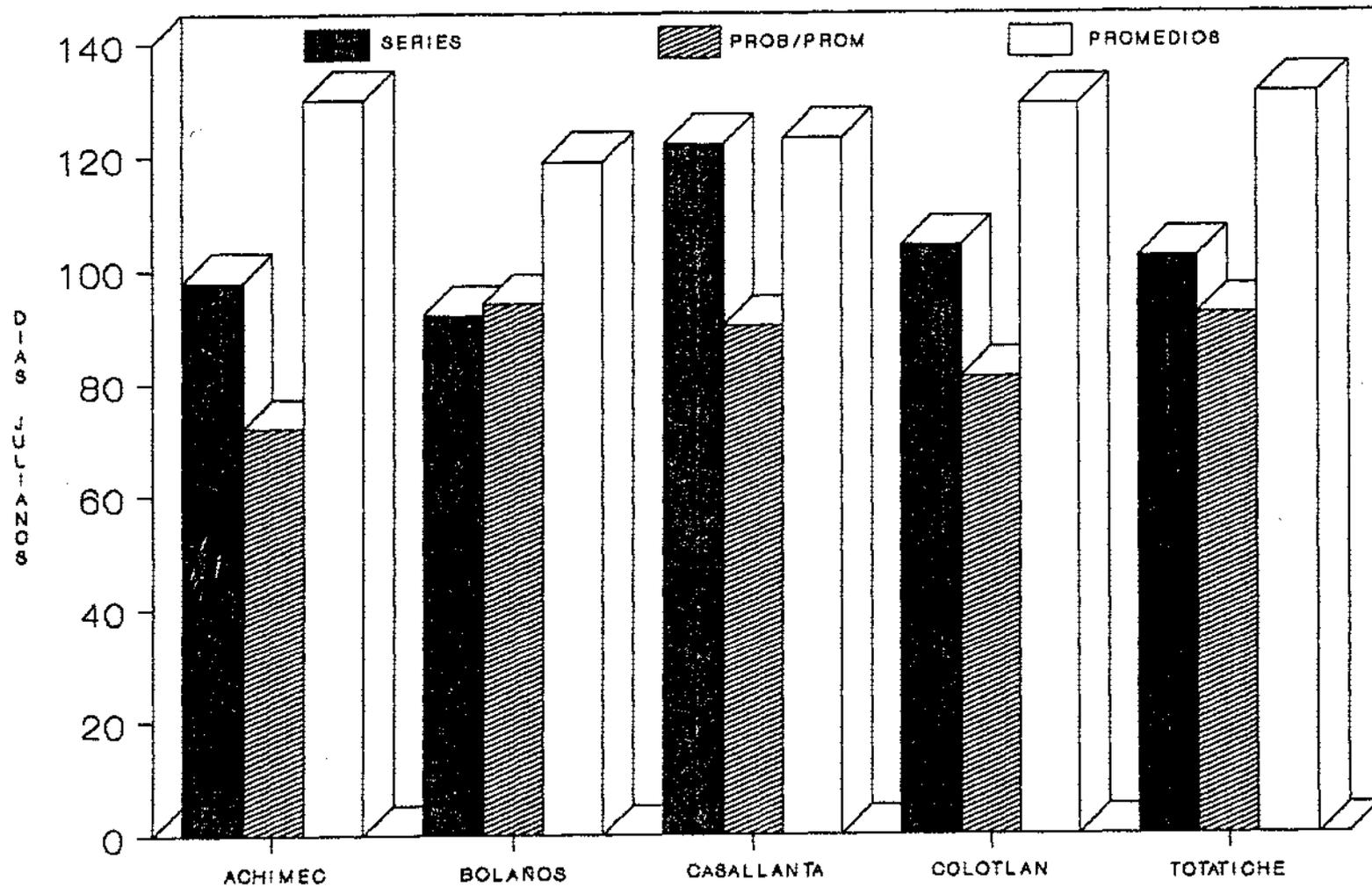


FIGURA 15. DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION NORTE DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

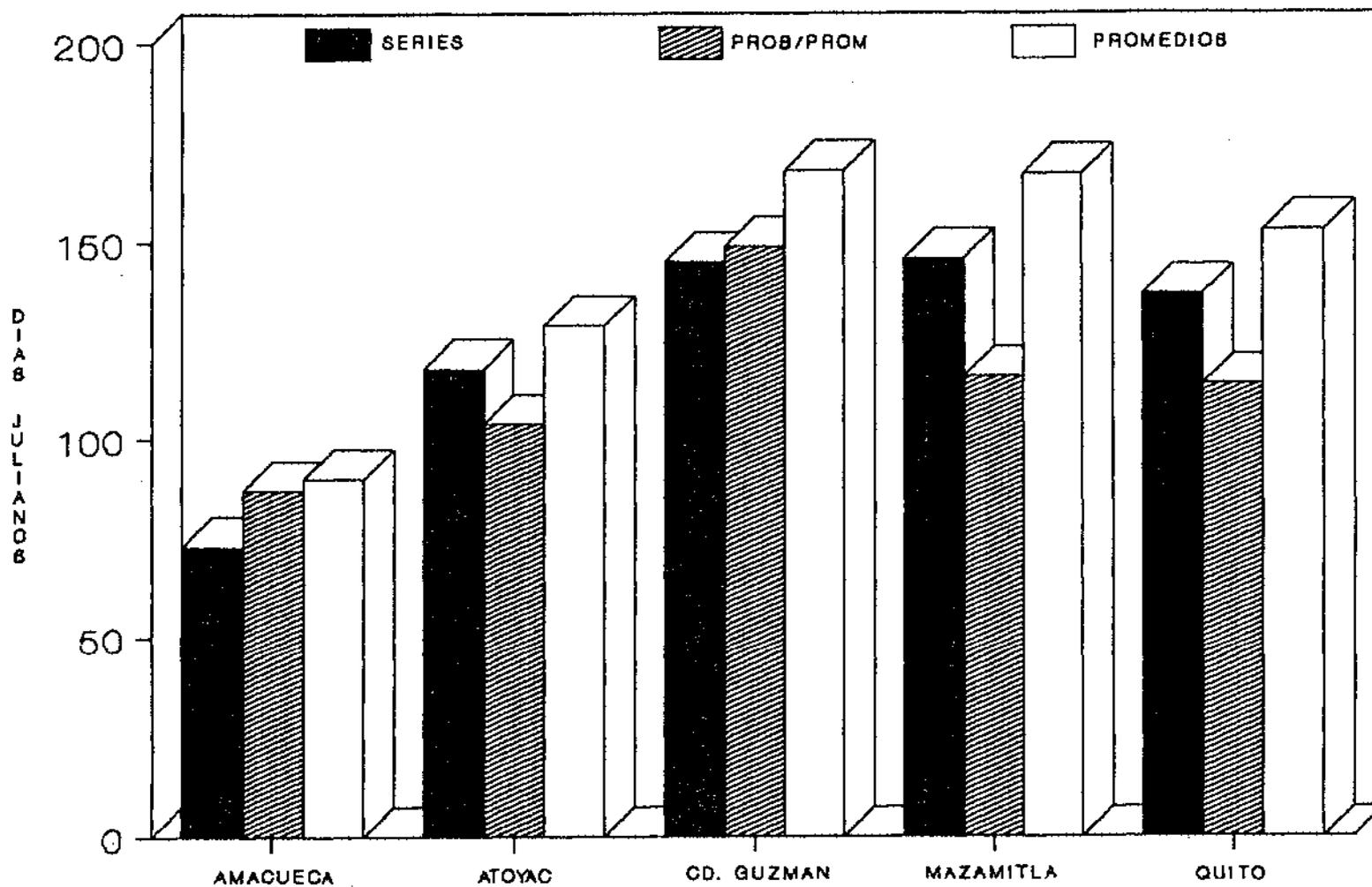


FIGURA 16. DURACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA LA REGION SUR DE JALISCO, OBTENIDA MEDIANTE 3 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO.

## VII. CONCLUSIONES.

1) Tanto el procedimiento B (probabilidad/promedio) como el procedimiento C (promedios) conducen a un cálculo erróneo de la duración de la estación de crecimiento; el primero de ellos subestimando y el segundo sobreestimando el parámetro.

2) El ajuste o desviación de los métodos varía dependiendo de la zona. Aparentemente las mayores desviaciones de ambos procedimientos parecen registrarse en las regiones en donde la precipitación tiende a ser menor y/o más irregular, como es el caso de la zonas Norte y Centro, y el mejor ajuste de los mismos parece presentarse en las zonas con precipitación mayor y/o más regular, como es el caso de las regiones Costa y Sur.

3) Se sugiere que se utilice el procedimiento de series de tiempo para la estimación del período de crecimiento o que se utilice factores de corrección cada vez que se empleen los métodos abreviados de probabilidad/promedio y promedios. Los factores de ajuste propuestos en el cuadro 6 y 7 pueden ser de utilidad.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- Aldrich, S.R. y E.R. Leng. 1974. Producción moderna de maíz Hemisferio Sur. 308 p. Argentina.
- Arruda, H. y H.s. Pinto. 1980. A simplified gamma-probability model for analysis of the frequency of distribution on rainfall in the region of Campinas, S.P. Brazil. Agricultural Meteorology. Vol. 22: 101 - 108.
- Barger, G.L. 1948. The characterization and evaluation of drought hazard in Iowa. Unpublished Ph. D.Thesis, Library. Iowa State College, Ames, Iowa.
- Barger, G.L., R.H. Shaw y R.F. Dale. 1959. Chances of receiving selected amounts of precipitation in the North Central region of United States Agricultural and Home Economics Experiment Station, Iowa State University, Ames, Iowa.
- Bernache Pérez, F. 1989. Caracterización agroclimática en la Cuenca endorréica Zacoalco-Sayula. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara, Facultad de Agricultura. Zapopan, Jalisco, Méx.
- Carrillo L, A. y E. Casas. 1974. Predicción de lluvia y su aplicación en la agricultura. C.P.E.N.A. Chapingo, Méx.
- F.A.O. 1978. Agro-ecological Zones Project. World Soil Resources Report. Vol. 1. Africa, 158 p.
- F.A.O. 1981. Informe del Proyecto de Zonas Agroecológicas. Metodología y resultados para América del Sur y Central. Recursos Mundiales de Suelos, Reporte Nº 48, Vol. 3. Roma.

- Fernández G, R. y G.M. San Román. 1983. El riesgo de los cultivos como discriminante para la planeación de la agricultura de temporal. Ingeniería Agronómica No. 26 Julio-Agosto. p. 18
- Frére, M., J.K. Rijks y J. Rea. 1975. Estudio agroclimatológico de la Zona Andina. FAO. Roma.
- Frére, M. y G.F. Popov. 1980. Pronóstico de cosechas basado en datos agrometeorológicos. Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal Nº 17. Roma.
- García y E.R. Vidal, L. Tamayo, T. Reyna, R. Sánchez, M. Soto y E. Soto, 1973. Precipitación y probabilidad de lluvia en la República Mexicana y su evaluación. 1ª Ed. CETENAL - Instituto de Geografía. UNAM.
- Grassi Cantero, B.A. 1983. Riesgo de primera y última helada en Puebla y Tlaxcala; respecto a los cultivos básicos. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- ICRISAT, 1980. Climatic classification. A Consultant's Meeting. 14-16 Abril, India.
- León Z, S. y O. Palacios. 1977. Bondad de ajuste de algunas funciones probabilísticas a la distribución de lluvia. Agrociencia, No. 27. 51-64.
- Nuño Romero, R. 1988. Determinación de zonas de eficiencia agroclimática para el maíz. Tesis de M.C. Universidad de Guadalajara. Escuela de Graduados. Zapopan, Jal.
- Ortiz Solorio, C.A. 1984. Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicación en la República Mexicana. 2ª Ed. UACH 235 p.

- Reicosky D.C., L.J. Winkelman, J.M. Baker y D.G. Baker. 1989. Accuracy of hourly air temperatures calculated from daily minima and maxima. Agric. For. Meteorol. (46): 193 - 209.
- Rosenberg, N.J. 1974. Microclimate: The biological environment. Wiley - Interscience, New York.
- Ruiz Corral, J.A. 1985. Determinación de la estación de crecimiento. Informe anual de investigación del Programa de Agroclimatología. Campo Agrícola experimental de los Cañones INIA-SARH.
- \_\_\_\_\_ . 1988. Evaluación de un procedimiento probabilístico para el cálculo de la estación de crecimiento. Memorias del XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chih. p. 131.
- \_\_\_\_\_ . 1988. Ecuación para estimar la cantidad de precipitación necesaria para dar inicio a la estación de crecimiento. Memorias del XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chih. p. 132.
- \_\_\_\_\_ . 1988. Determinación de la estación de crecimiento y precocidad requerida para el maíz en el Sur de Zacatecas. Memorias del XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chih. p. 133.
- \_\_\_\_\_ . 1988. Balance de humedad del suelo para el período de crecimiento en la localidad de Tecomate, Zacatecas. Memorias del XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chih. p. 134.

Shaw, R.H. 1977. Climate requirement. ASA. Madison, Wisc. pp. 591 - 623.

Steel, R.G.D. y J.M. Torrie. 1989. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2a. Ed. Mc Graw - Hill. México. 622 p.

Velázquez G, J.J. 1985. Caracterización agroclimática y alternativas de cultivo para la región de temporal deficiente en el Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Facultad de Agricultura, Zapopan, Jal.

Villalpando Ibarra, J.F. 1984. Metodología de investigación en agroclimatología. Documento de circulación interna. INIA - SARH.

\_\_\_\_\_. 1985. Caracterización agroclimática del área de influencia de los Campos Agrícolas Experimentales de la Zona Centro. Documento inédito. INIA-SARH.

\_\_\_\_\_. 1986. Agroclimatología y producción de semillas I. Documento inédito. Guadalajara, Jal.

Williams, G.D.V. 1983. Agroclimatic resource analysis: An example using an index derived and applied for Canada. Agricul. Meterol. (28): 31 - 47.