

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
COORDINACIÓN DE POSGRADO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



RELACION ENTRE CRECIMIENTO PRIMARIO Y VARIABLES CLIMATICAS EN PITAYO ( *Stenocereus queretaroensis* ( Weber ) Buxbaum ) EN LA SUBCUENCA DE SAYULA, JALISCO.

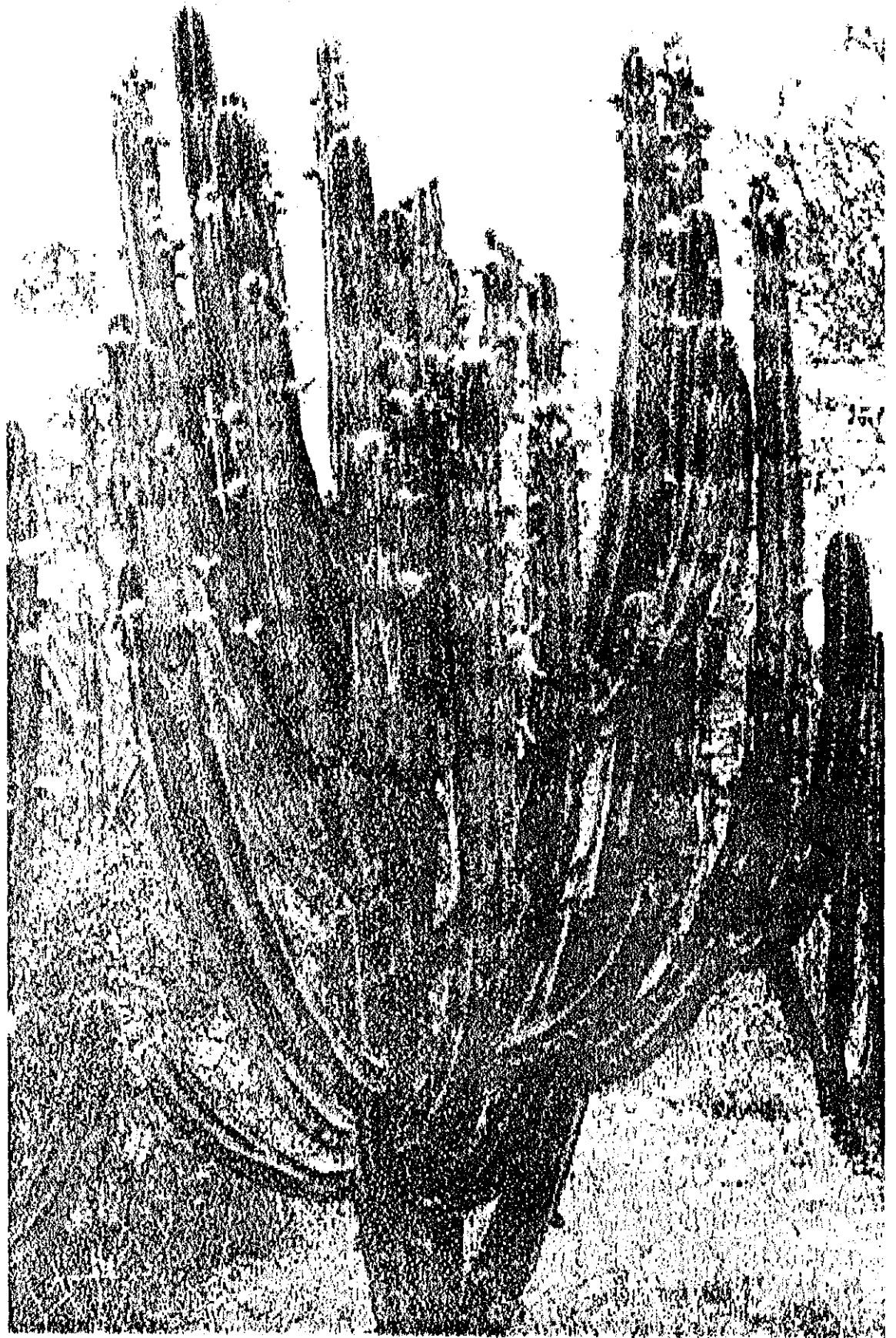
Carlos Manuel Durán Martínez

## TESIS

Presentada como requisito parcial  
para obtener el grado de :

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN MANEJO DE AREAS DE TEMPORAL

Zapopan, Jal. Enero de 1999

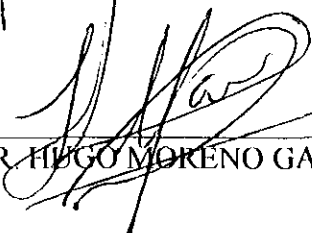



Esta tesis fue realizada bajo la dirección de Consejo Particular indicado, ha sido aprobado por este mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**EN**  
**MANEJO DE AREAS DE TEMPORAL**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR:   
PhD. EULOGIO PIMIENTA BARRIOS

ASESOR:   
DR. HUGO MORENO GARCIA

ASESOR:   
M.C. RICARDO NUÑO ROMERO

ZAPOPAN, JALISCO. DICIEMBRE DE 1998

## AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Universidad de Guadalajara, que me dio la oportunidad para el desarrollo profesional de postgrado de su personal docente.

A todos los catedráticos de la Maestría en Manejo de Aéreas de Temporal y de la División de Ciencias Agropecuarias del Centro Universitario de ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) que siempre encontré una fuente inagotable de buenas intenciones y consejos desinteresados.

Desco agradecer al Consejo Particular encabezado por el DhR. Eulogio Pimienta Barrios quien se merece un especial merecimiento quien ha sido un incansable promotor de líneas de investigación sobre el cultivo del pitayo. Su persistencia y interés por esta rama del conocimiento.

AL DR. Hugo Moreno García por sus comentarios como sugerencias en el trabajo estadístico, reconozco su valiosa colaboración.

Al M.C. Ricardo Nuño Romero por sus aportaciones en la revisión y comentarios como sugerencias, reconozco sus disciplina como tenacidad.

A los M.C. Santiago Sánchez Preciado, Juan Fco. Casas Salas, Moisés Morales a cada uno de ellos mis más sincero agradecimiento por el apoyo y enseñanzas recibidas durante la realización de esta tesis.

A las personas y compañeros que en forma directa ó indirectamente participaron en la elaboración de la presente tesis.

Al programa SUPERA por su apoyo con la BECA para la realización del presente trabajo de tesis.

## **DEDICATORIA**

La presente lo dedico sinceramente a todas las personas que me han brindado su apoyo en la vida, de quienes estoy muy agradecido.

### **A MIS PADRES**

Sr. Ignacio Duran García

Sra. Manuela Martínez Vda de Duran

Con mucho amor, por su empeño en que me superara.

### **A MI ESPOSA**

María Luisa

Por su amor y comprensión

### **A MIS HERMANOS**

M<sup>o</sup> Elena, Elia Rosa, José Raúl y Luz del Patrocinio.

Porque de cada uno de ellos he tomado ejemplos de vida, a quienes siempre los recuerdo.

### **A MIS HIJOS**

Carlos Manuel, Omar, Julio Cesar y Luis Eduardo.

A quienes dedico esta investigación, por ser un esfuerzo de superación

### **SOBRINOS, FAMILIARES Y AMIGOS**

Alma Rosa por su apoyo en la impresión del trabajo.

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	I
LISTA DE FIGURAS.....	II
LISTA DE CUADROS EN EL APÉNDICE.....	III
RESUMEN.....	IV
I.- INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
II.- REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Origen y Distribución de las Cactáceas.....	4
2.1.1 Distribución geográfica del género <i>Stenocereus</i> .....	4
2.2 Clasificación Botánica.....	5
2.3 Descripción Botánica del Género <i>Stenocereus</i> .....	6
2.3.1 Morfología del género <i>Stenocereus queretaroensis</i> .....	6
2.3.2 Anatomía del tallo de <i>S. queretaroensis</i> .....	7
2.4 Fenología del Género <i>S. queretaroensis</i> .....	9
2.5 Crecimiento Vegetativo.....	10
2.5.1 Dinámica de crecimiento.....	12
2.6 Descripción de las Zonas Semiáridas.....	13
2.7 Estímulos Ambientales que Afectan el Desarrollo de las Plantas.....	15
2.8 Factores Climáticos .....	16
2.8.1 Radiación solar.....	17
2.8.2 Temperaturas.....	19
2.8.3 Oscilación ó Amplitud térmica.....	20
2.8.4 Termoperiodo (Unidades calor).....	21
2.8.5 Precipitación.....	21
2.9 Efectos de las Temperaturas Diurnas y Nocturnas y la Sequía en la Actividad Fotosintética.....	23
2.10 Metabolismo de Azúcares Solubles y su Relación con el Crecimiento	

Vegetativo y Reproductivo.....	24
2.11 Nutrimiento y niveles elevados de CO <sub>2</sub> .....	24
<b>III.- MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
3.1 Zona de Estudio.....	25
3.1.1 Delimitación geográfica del área de estudio.....	25
3.1.2 Geomorfología.....	26
3.1.3 Suelo.....	26
3.1.4 Clima.....	29
3.1.5 Hidrografía.....	29
3.1.6 Vegetación.....	30
3.2 Métodos .....	31
3.2.1 Trabajo de gabinete .....	32
3.2.1.1 Nubosidad.....	32
3.2.1.2 Radiación.....	33
3.2.1.3 Temperatura.....	34
3.2.1.4 Oscilación térmica.....	34
3.2.1.5 Unidades calor.....	34
3.2.1.6 Precipitación pluvial.....	35
3.2.1.7 Evaporación.....	35
3.2.1.8 Índice de aridez.....	35
3.2.1.9 Estacion de crecimiento.....	35
3.2.2 Trabajo de campo.....	36
3.2.3 Análisis estadístico.....	38
<b>IV.- RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
4.1 Crecimiento vegetativo.....	40
4.2 Índice de variables climáticas.....	42
4.2.1 Estacion de crecimiento.....	44
4.3 Relación entre crecimiento y variables climáticas promedio.....	45

4.4 Relación entre el crecimiento y valores estacionales promedio de variables climáticas.....	48
4.5 Relación entre crecimiento y variables climáticas acumuladas.....	50
4.6 Relación entre crecimiento y valores estacionales acumulados De variables climáticas.....	57
<b>V.- DISCUSION.....</b>	<b>60</b>
<b>VI.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>VII.- LITERATURA CITADA .....</b>	<b>63</b>
<b>VIII.- APENDICE .....</b>	<b>70</b>



## LISTA DE CUADROS

CUADRO 1	Comparación fenológica del crecimiento reproductivo y vegetativo en pitayo <i>S. Queretaroensis</i> y durazno <i>Prunus persica</i> .....	10
CUADRO 2	Delimitación geográfica de las localidades estudiadas.....	26
CUADRO 3	Ubicación geográfica del estado de Jalisco.....	27
CUADRO 4	Croquis municipal de Atoyac, Jalisco.....	28
CUADRO 5	De acuerdo a el area é isoyetas la altura de precipitación media anual en la subcuenca de Sayula, Jal.....	30
CUADRO 6	Crecimiento promedio en (cm año <sup>-1</sup> y cm día <sup>-1</sup> ) observados en las ramas de plantas silvestres de <i>S. queretaroensis</i> durante los años de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco.....	43
CUADRO 7	Periodos humedad, y de crecimiento día año <sup>-1</sup> de 1983 a 1994 en Atoyac, Jal.....	47
CUADRO 8	Análisis de varianza de la regresión para las tres variable promedio, dependiente crecimiento vegetativo del pitayo <i>S. queretaroensis</i> independiente variables climáticas de 1983 a 1994 en Atoyac, Jal. ....	49
CUADRO 9	Modelo de regresión con la variable dependiente el crecimiento vegetativo de pitayo <i>S. queretaroensis</i> e independiente variables climáticas promedio de 1983 a 1994.....	49
CUADRO 10	Análisis de varianza de la regresión pare las variables acumuladas, el crecimiento vegetativo de pitayo <i>S. queretaroensis</i> e independiente variables .....	57
CUADRO 11	Modelo de regresión con la variable dependiente el crecimiento vegetativo de pitayo <i>S. queretaroensis</i> e independiente variables climáticas acumulados de 1983 a 1994.....	58
CUADRO 12	Relacion fenologica con las variables climaticas acumuladas Que mejor dependencia precentan en Atoyac, Jal.....	59

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 Presentación del tipo de crecimiento en ramas de pitayo *S. Queretaroensis* que se puede distinguir por presentar la apariencia de coronas sobrepuestas cada corona corresponde a un año; y en esta figuras con las flechas se distinguen dos coronas o dos años de crecimiento 1995 en Atoyac, Jal..... 39
- FIGURA 2 Crecimiento vegetativo promedio en ramas de plantas silvestres de pitayo *S. queretaroensis*, durante los años de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco..... 41
- FIGURA 3 Variación histórica de las principales variables climáticas promedio que mejor presentan el efecto en el área de estudio, colectado de la estación Meteorológica durante los años de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco..... 43
- FIGURA 4 Dependencia de crecimiento vegetativo en ramas de pitayo *S. queretaroensis* y las temperatura mínima del verano de 1983 al verano de 1994 en Atoyac, jalisco..... 46
- FIGURA 5 Dependencia de crecimiento vegetativo en ramas de pitayo *S. queretaroensis* y la radiación solar promedio de la primavera de 1983 a la primavera de 1994 en Atoyac, Jal..... 46
- FIGURA 6 Dependencia de crecimiento vegetativo de ramas de pitayo *S. queretaroensis* y oscilación térmica anual de 1983 a 1994 en Atoyac, Jal..... 47

FIGURA 7	Dependencia de crecimiento vegetativo de ramas de pitayo <i>S. queretaroensis</i> y la precipitación pluvial anual de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco.....	47
FIGURA 8	Variación histórica de las principales variables climáticas acumuladas que mejor presentan el efecto en el área de estudio, colectado de la estación Meteorológica durante los años de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco.....	51
FIGURA 9	Dependencia de crecimiento vegetativo en ramas de pitayo <i>S. queretaroensis</i> y las temperatura mínima acumulada del verano de 1983 al verano de 1994 en Atoyac, Jalisco.....	54
FIGURA 10	Dependencia de crecimiento vegetativo en ramas de pitayo <i>S. Queretaroensis</i> y las temperatura mínima acumulada del otoño de 1983 al otoño de 1994 en Atoyac, Jalisco.....	54
FIGURA 11	Dependencia de crecimiento vegetativo en ramas de pitayo <i>S. queretaroensis</i> y las precipitación pluvial acumula de primavera de 1983 a la primavera de 1994 en Atoyac, Jalisco.....	54
FIGURA 12	Dependencia de crecimiento vegetativo en ramas de pitayo <i>S. queretaroensis</i> y la evaporación acumulada del invierno de 1983 al invierno de 1994 en Atoyac, Jalisco.....	55
FIGURA 13	Dependencia de crecimiento vegetativo en ramas de pitayo <i>S. queretaroensis</i> y la temperatura media acumulada de la primavera de 1983 a la primavera de 1994 en Atoyac, Jalisco.....	55
FIGURA 14	Dependencia de crecimiento vegetativo en ramas de pitayo <i>S. queretaroensis</i> y las unidades calor acumuladas de otoño de 1983 al otoño de 1994 en Atoyac, Jalisco.....	55

FIGURA 15	Dependencia de crecimiento vegetativo en ramas de pitayo <i>S. queretaroensis</i> y la radiación solar acumulada del verano de 1983 al verano de 1994 en Atoyac, Jalisco.....	56
FIGURA 16	Dependencia de crecimiento vegetativo en ramas de pitayo <i>S. queretaroensis</i> y la oscilación acumuladas del verano de 1983 al verano de 1994 en Atoyac, Jalisco.....	56
FIGURA 17	Dependencia de crecimiento vegetativo en ramas de pitayo <i>S. queretaroensis</i> y la temperatura media acumuladas del verano de 1983 al verano de 1994 en Atoyac, Jalisco.....	56

## LISTA DE CUADROS EN EL APENDICE

- CUADRO 1ª Datos de campo del crecimiento vegetativo de ramas de plantas silvestres de pitayo *S. queretaroensis* de 1983 a 1994 Atoyac, Jalisco.
- CUADRO 2A Promedio mensual del índice de aridez de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco.
- CUADRO 3A Promedio mensual de unidades de calor de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco.
- CUADRO 4A Promedio mensual de temperatura mínima °C de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco.
- CUADRO 5A Promedio mensual de temperatura media °C de 1983 a 1994 en Atoyac, /□□
- CUADRO 6A Promedio mensual de temperatura máxima °C de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco.
- CUADRO 7A Promedio mensual de precipitación pluvial mm. de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco.
- CUADRO 8A Promedio mensual de evaporación mm de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco.
- CUADRO 9A Promedio mensual de oscilación termica °C de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco.
- CUADRO 10A Promedio mensual de radiación solar  $\text{cal/cm}^{-2} \text{mes}^{-1}$  de 1983 a 1994 en Atoyac, Jalisco
- FIGURA 11 A Estación de crecimiento para los años de estudio de 1983 a 1994 de Atoyac, Jal

## RESUMEN

En el país hay gran cantidad de zonas áridas y semiáridas, como también lo hay en el Estado de Jalisco. Y Actualmente siendo un reto la demanda alimenticia hacen necesario incrementar la productividad agrícola, de manera que se busca las distintas opciones que permitan una producción sostenida de alimentos, aun con ciertas limitantes climáticas, ó en suelos con baja fertilidad.

El presente trabajo se llevo a cabo en la subcuenca de Sayula, en el Municipio de Atoyac, Jal. Y los datos recabados son del periodo de 1983-1994. Con plantas silvestres de pitayo *S. queretaroensis*. Donde se evaluaron el crecimiento vegetativo del pitayo con variables climáticas, temperatura mínima, máxima y media, precipitación pluvial, evapotranspiración, oscilación térmica, unidades calor, radiación solar y índice de aridez.

El pitayo *S. queretaroensis* presento un a tasa lenta de crecimiento promedio en ramas de plantas silvestres de 1983 a 1994 de  $\bar{X} \pm 13.91 \text{ cm año}^{-1}$ . respuesta que es común en plantas que se desarrollan en ambientes de baja fertilidad.

Las variables ambientales que mejor respuesta presentaron en promedios fueron la temperatura mínima de verano, radiación solar de primavera, oscilación térmica total y la precipitación pluvial total.

Las variables estacionales acumuladas que mejor presentaron el efecto con el crecimiento vegetativo en forma conjunta con el coeficiente de correlación y ese mismo orden fueron temperatura mínima de verano  $r = 0.8$ , temperatura mínima de otoño  $r = -0.88$ , precipitación pluvial  $r = 0.95$ , evapotranspiración invierno  $r = 0.97$  temperatura media primavera  $r = -0.98$ , unidades calor otoño  $r = 0.99$ , radiación solar de verano  $r = 0.999$ , oscilación térmica verano  $r = 0.9999$

## I. INTRODUCCION.

Las regiones áridas y semiáridas ocupan cercas del 50% de la superficie de México, y en estas se encuentra una población humana superior a los 10 millones. En los últimos años se percibe en esta población la disminución en el nivel de vida, lo cual se atribuye a la explosión demográfica, ya que se requiere día con día una mayor producción para cubrir las necesidades de la creciente población (Mayena, 1983).

Algunas cactáceas se cultivan cada vez más por sus frutos así como también para usarlas como vegetales y forrajes. El pitayo (*Stenosereus Spp.*), después del nopal (*Opuntia Spp.*) es considerada como la segunda especie frutal nativa más importantes que ha sido domesticada en las zonas áridas de México; Ambas han llegado a ser cultivos importantes para la agricultura de subsistencia en las regiones semiáridas. Además esta especie presenta un conjunto de adaptaciones biológicas muy peculiares que permiten su desarrollo en suelos rocosos de baja fertilidad. ( Pimienta y Nobel; 1994).

El Estado de Jalisco cuenta con regiones áridas donde prosperan los dos tipos de cactáceas, como es el caso del municipio de Ojuelos, donde se cultiva el nopal (*Opuntia ssp.*), y la Subcuenca de Sayula el pitayo (*S. queretaroensis*). En estos lugares las bajas precipitación y la baja calidad de los suelos limitan el crecimiento y la productividad de los cultivos tradicionales, por lo que el nopal y el pitayo representan alternativas viable para la obtención de bienestar económico. (Pimienta, 1996).

En la Subcuenca de Sayula el cultivo del pitayo se lleva a cabo en dos sistemas de producción : las huertas de solar en los traspatio de las poblaciones rurales y las plantaciones comerciales con trazos definidos de plantación cuya superficie varía de 0.25 a 0.5 has ( López, 1993 ).

A pesar de ser zonas muy ricas en diversidad de recursos aprovechables, es necesario incrementar la productividad de estas regiones, ya que están aumentando

considerablemente las poblaciones humanas que dependen directamente del consumo o comercialización de dicha especie (Rzedowski, 1983). Para ello, se ha intentado imitar las condiciones ambientales que se presentan en otros ecosistemas con mayor productividad, implementado una serie de técnicas que pretenden incorporar, generalmente a través de métodos muy costosos, elementos que no presentan de manera natural en dicha regiones, situación que resulta no redituable (Pimienta, 1990); por lo que, el mejor aprovechamiento de los recursos naturales debe ser ajustado a las características propias de la especie y del ambiente; es a partir de estas condiciones como se puede establecer los sistemas de producción. Los organismos nativos de los ambientes áridos, no se desarrollan en condiciones de estrés, sino que las características que éstos presentan son el resultado de una serie de procesos de adaptación a las condiciones drásticas del ambiente. Por lo anterior, el aprovechamiento de las regiones áridas depende en gran medida, de conocer las características de cada una de las especies, así como las relaciones naturales que mantienen entre si los organismos como con el medio físico.

Las condiciones ambientales en que se desarrollan las especies vegetales, en los diferentes ecosistemas, pueden ser diversas, las cuales se pueden nombrar como factores ecológicos, que tal vez sean favorables o no, para el desarrollo de dicha especie (Daubenmire, op. cit). Por lo que se refiere a las zonas semiáridas y áridas de México se han acumulado amplia información básica de los factores que se han considerado fundamentales en un estudio ecológico. Estos factores son físicos o abióticos, dentro de los que se incluyen geología, geografía, clima, suelo; y factores bióticos que incluyen vegetación, fauna y hombre (Molina, 1983). Por tales razones, las especies vegetales no pueden ser estudiadas por si solas, ya que crecen en un ambiente físico con características similares.

El pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) es una cactácea columnar nativa de las regiones semiáridas tropicales de México, que produce frutos de colores atractivos, con una amplia demanda en los mercados regionales. Un aspecto atractivo del cultivo del pitayo es el rendimiento comercial, que contribuye a la economía local y es tan aceptable en comparación con otras especies frutales convencionales, a pesar de que se aplica poca



energía antropogénica ( e.g. riego, fertilización). El cultivo del pitayo en algunas regiones de México, como en la subcuenca de Sayula, Jalisco. Es una actividad agrícola de relevancia económica, ya que se ha incrementado en eficiencia y productividad en plantaciones pequeñas y medianas, debido al hecho de que los frutos se comercializan en los mercados regionales durante la estación de primavera, época del año en que pocas especies frutales presentan maduración de frutos (Pimienta y Nobel 1994).

Por lo antes expuesto es necesario para futuros estudios ecológicos de técnicos e investigadores que el presente trabajo contribuya al conocimiento de poblaciones silvestres de plantas de pitayo (*S. queretaroensis*) en la subcuenca de Sayula, Jal. Por tal motivo se evaluó el crecimiento primario con el ambiente físico, mediante variables climáticas de manera estacional promedio y acumulada; ( Temperatura mínima, máxima y media, Precipitación pluvial, Unidades calor, Evapotranspiración potencial, Radiación solar, Oscilación térmica y Índice de aridez), para verificar si se tienen un efecto en el crecimiento vegetativo del pitayo.

### 1.1 Objetivos

Identificar las variables climáticas que afectan crecimiento vegetativo del pitayo *Stenocereus queretaroensis*.

### 1.2 Hipótesis

Las variables climáticas (Temperatura mínima, máxima y media, Precipitación pluvial, Unidades calor, Evapotranspiración potencial, Radiación solar, Oscilación térmica y Índice de aridez), tienen efecto positivo ó negativo en el crecimiento vegetativo del pitayo *Stenocereus queretaroensis*.



## II REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Origen y Distribución de las Cactáceas.

De acuerdo con Bravo (1978) el origen de las Cactáceas se ha ubicado en el continente americano, particularmente en la región del caribe, a partir de donde emigraron hacia el norte y sur del continente. No se ha podido encontrar y precisar por la ausencia de restos fósiles de Cactáceas, no se conoce la época en que se produjo su diferenciación y origen.

Este mismo autor estableció que la distribución de las Cactáceas en el continente americano se encuentra desde el estrecho de Magallanes, a 50° de latitud sur, hasta el Canadá a latitud 56° norte y están representadas en distintos tipos de vegetación, como los tipos de vegetación de climas cálidos y subcálidos, la vegetación de zonas de clima templado y frío y la vegetación de zona de clima árido y semiárido, siendo en estos últimos tipos de vegetación, donde está distribuido el mayor número de géneros y de especies.

De acuerdo con la hipótesis de Buxbaum (citado por Bravo 1978) los géneros Mexicanos comprendidos taxonómicamente en la subfamilias Pereskioideae, Opuntioideae y Cereoideae tuvieron su origen, con las demás Cactáceas, diferenciándose durante su trayecto en los géneros actuales que crecen en la mayoría de los tipos de vegetación de México.

#### 2.1.1 Distribución geográfica del género *Stenocereus*.

Bravo (1978) quien es el investigador que más ha estudiado este género consignó que el género (*Stenocereus*) se encuentra ampliamente distribuido en México y tiene representantes en las Antillas y el norte de América del sur. Otro autor, Cruz (1985) reafirmó lo anterior y amplía que las especies silvestres del género (*Stenocereus*) que producen frutos comestibles comúnmente se encuentran en el interior de montañas costeras subtropicales y en las llanuras costeras de regiones semiáridas de la costa oeste

(desde Tamaulipas hasta Veracruz) de México. Las poblaciones silvestres se encuentran en manchones con densidades que varían de 50 a 200 plantas, formando parte integral de los ecosistemas naturales de los bosques tropicales y subtropicales deciduos.

Algunos autores entre otros Piña (1977) y Tapia (1984) han señalado que las especies cultivadas de mayor importancia son: *S. griseus*, *S. pruinosus* y *S. stellatus* en Oaxaca y *S. stellatus* en Puebla. Las poblaciones cultivadas más importantes en Oaxaca se encuentran en Tamazulapan, Curcatlán y Oaxacapan. También Arreola (1990) en su estudio ha concluido que *S. queretároensis*, *S. griseus*, *S. pruinosus* y *S. stellatus*. *Stenocereus queretároensis* es cultivado en los estados de Jalisco, Colima, Guanajuato y Querétaro y se encuentra ampliamente distribuido tanto en forma silvestre como en poblaciones cultivadas en el estado de Jalisco. Adicionalmente Cruz (1985) mencionó que este género se localiza en Puebla, Miahuatlán y Toltepe. Tomas en (1992) ha confirmado la importancia que tiene este género en la Subcuenca de Sayula ubicada al sur de Jalisco. Los frutos producidos en esta región son comercializados en los mercados locales o en las ciudades cercanas como, Querétaro, Ciudad de México, Puebla y Guadalajara. La "pitaya" es considerada por Pimienta y Nobel (1994) como el segundo fruto de importancia económica después de la "tuna" (*Opuntia* spp).

## 2.2 Clasificación Botánica.

Según Bravo (1978) la familia cactácea comprende la subfamilia *Pereskioideae*, *Opuntioideae* y *Cereiodeae*. En forma conjuntas tres subfamilias agrupan 125 géneros, de los cuales casi la mitad son de origen mexicano y estos a su vez comprenden unas 1500 a 2000 especies.

La ubicación taxonómica del genero *Stenocereus* (Bravo y Sánchez 1989).

REINO	Vegetal
SUBREINO	Embriophyta
DIVISION	Angiospermae
CLASE	Dicotiledoneae

ORDEN	Cactales
FAMILIA	Cactáceae
SUBFAMILIA	Cactoideae
TRIBU	Pachycereae
SUBTRIBU	Stenocereinae
GENERO	<i>Stenocereus</i>
ESPECIE	<i>queretaroensis</i>
NOMBRE COMUN	Pitayo de Querétaro

### 2.3 Descripción Botánica del Género *Stenocereus*.

Buxbaum (1961) describió al género *Stenocereus* como planta arborescentes, frecuentemente muy grande, en su mayoría con troncos definidos y ramificaciones desde la base; tallos jóvenes y ramas provistas de 4 a 20 ó más costillas, con senos más o menos amplios, flores dispuestas en las aréolas sustentadas por escamas pequeñas en cuyas axilas hay lana desde el principio y espinas después de la antesis; tubo receptacular grueso, con podarios decurrentes que se alargan hasta el pericarpelo y que llevan escamas paulatinamente mayores hacia el perianto; cámara nectarial abierta hasta cerrada por las bases engrosadas de los estambres primarios; Estambres secundarios muy numerosos, insertos en el tubo receptacular hasta la garganta; pistilo más corto que el perianto; tubo de estigma papiloso. Frutos carnosos; pericarpio provisto de aréolas que llevan lana y espinas, generalmente caducas; pulpa jugosa y dulce, comestible. semillas grandes y triangulares.

#### 2.3.1 Morfología de *S. queretároensis*.

La descripción morfológica de *Stenocereus queretároensis* más amplia es la que hizo Bravo en (1978) en la cuál señaló que es arborescente, mide más de ocho m de alto, con tronco de pared bien definida y numerosos brazos, los tallos cilíndricos generalmente tiene alrededor de costillas prominentes con un diámetro de 13 a 18 cm, cuando madura es de color verde, a veces forma una copa muy amplia, a veces como de cuatro m de diámetro. Aréola distante entre si como un cm, con fieltro café oscuro, casi negro, glándulosas. Espinas radiales de 6 a 9, las inferiores como de tres cm de largo, gruesas, aciculares, desiguales. Espinas centrales 2 a 4 gruesas, como de cuatro cm de

largo. Las flores se desarrollan en la mitad superior del brazo, miden de 10 a 14 cm de largo, son rojas con interior blanco. El fruto varío de globoso hasta ovoide, es de 6 a 8 cm de largo y madura desde finales de abril a junio, de color rojizo; aréola con lana amarillenta y espinas numerosas, largas del mismo color; cuando el fruto madura, las aréolas se desprenden quedando el pericarpelo desnudo. Presentan una gran cantidad de semillas pequeñas negras y frágiles (Bravo, op cit: Salcedo y Arreola, 1991).

### 2.3.2 Anatomía del tallo de *S. queretároensis*.

La primera descripción anatómica la hizo Jiménez, et al (1993), en la cual estableció que al igual que para otras Cactáceas. Los tallos de pitayo presentan una densidad baja de estomas, que varían de 10 a 40 mm<sup>2</sup> y son superficiales. La longitud de los estomas es de al rededor de 40 µm y las células están rodeadas por cuatro células subsidiarias en posición radial. El colénquima es de tipo lagunar debido a que presenta una gran cantidad de espacios aéreos. Los espacios aéreos también son abundantes en el clorénquima. La abundancia de espacios aéreos en la corteza es inusual en especie que se desarrollan en ambientes áridos, ya que esta característica es común en especie vegetales que se desarrollan en ambientes acuáticos. Las observaciones sobre morfología del xilema revelaron que las variedades de pitayo evaluadas han alcanzado niveles altos de especialización lo cual fue evidente por la presencia de placas de perforación simple, con paredes terminales transversales y oblicuas en transición a transversas, por lo que se puede considerar que el xilema de pitayo es altamente especializado, ya que sus características morfológicas corresponden a un grado mayor evolución (Jiménez et al. 1993). Otro aspecto importante según Salisbury y Ross (1994) es que estas estructuras tienen como función principal establecer un sistema de transporte de oxígeno de la atmósfera al sistema radical, facilitando la actividad metabólica de las raíces que se desarrollan bajo condiciones anaerobicas en suelos anegados .

Nobel (1994) realizo otra descripción sobre la anatomía del tallo en la que encontramos que la epidermis se caracteriza por presentar cutícula con grosor de 14 µm de grosor la cual es considerada gruesa comparada con plantas mesofitas. Una cutícula gruesa

CUCBA



representa una importante adaptación a regiones áridas y semiáridas, aumentando la habilidad de soportar largos períodos de sequía.

Bravo en (1978) describió que la estructura de la flor aparentemente es uniforme, presenta un perianto libre, contiene un ovario unicelular con estilo simple, en una zona pedicelar corta, la pericarpelar es de proporcional tamaño del ovario y la receptacular se alarga, hacia arriba adquiriendo la forma de una campana o tubo desarrollándose en su cara interna los estambres y en la externa los órganos foliares.

En el caso específico de *Stenocereus queretaroensis*, las flores abundan en el cuarto superior del brazo (aprox. en los primeros 25 cm del ápice de la base ) y son de color blanco, el pericarpelo tiene podarios prominentes, presenta cámara nectarial, los estambres son abundantes, las anteras de color crema, estilo de la misma longitud que el tubo y al mismo nivel que los estambres y los óvulos son numerosos (Bravo, 1978 ). Por otro lado Gibson (1990) en su descripción consigno que empezando por la base, es de color verdoso su pericarpelo es cercano a globoso y oblongo y durante el día se observan tricomas y débiles espinas sobre las flores. El tubo floral es de aproximadamente 4.5 cm de largo con estambres gruesos cespitosos extendiéndose alrededor del perianto. La flor de *S. queretaroensis* es efímera comenzando la apertura ( 7 p.m.) y dos horas mas tarde esta completamente abierta ( 9 p. m.) y permanece abierta, comenzando a cerrar durante las primeras horas del día, y cerrando totalmente al mediodía (Lomeli, 1991).

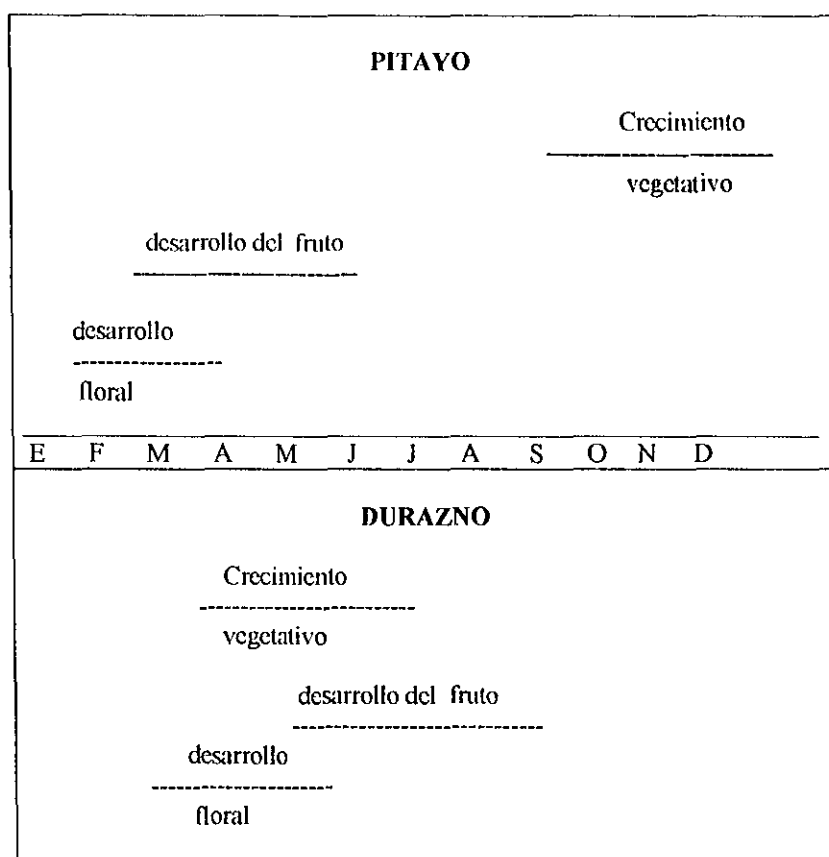
Las inflorescencias han sufrido una gran reducción en los meristemas reproductivos como posible resultado a la adaptación al medio seco. El fruto es considerado una baya con ovario infero. El fruto en su madurez es de forma globosa, con espinas cerosas caducas y semillas negras. El perianto permanece durante el desarrollo del fruto, las espinas y tricomas se desarrollan después de cerrado el perianto. Durante su desarrollo adquiere un color rojizo (Bravo 1978 ). Un aspecto importante es el señalado por Lomeli (1995) donde los frutos al madurar muestran dehiscencia longitudinal, lo que reduce la vida comercial del fruto. La maduración del fruto ocurre durante los meses de abril a mayo y en ocasiones hasta junio.

#### 2.4 Fonología del Género *S. queretároensis*

El crecimiento de las ramas o brazos se inicia al final del verano, alcanzando su tasa máxima durante el otoño, coincidiendo con el inicio de la estación seca. Poco tiempo después, al final del invierno empieza el crecimiento reproductivo (incluye desarrollo de yemas, florales y frutos), prolongándose hasta la primavera. Por otro lado, el desarrollo radical ocurre en el verano, iniciándose poco tiempo después de que empieza el periodo de lluvias. El comportamiento fenológico del pitayo se considera poco común debido a que tanto el crecimiento vegetativo como el reproductivo ocurren durante la estación seca del año y en diferentes fechas, por lo que no se traslapan en tiempo (Cuadro 1). Ryugo (1988) señaló que este comportamiento contrasta con el de algunas especies frutales, en las cuales los dos tipos de crecimiento ocurren simultáneamente en la primavera, es decir, se presenta traslape o coincidencia en tiempo esta, condición según (Fischer y Turner; 1978), ha considerado como una estrategia reproductiva que contribuye a su adaptación a las condiciones de aridez, ya que al no coincidir ambos tipos de crecimiento se reduce la competencia por fotosintetizados entre las demandas metabólicas vegetativas y reproductivas.

La manifestación de los principales eventos fenológicos durante el período seco, constituyen parte de la estrategia fisiológica y reproductiva del pitayo, que le permite competir con la vegetación asociada (selva baja caducifolia) por recursos ambientales como es la luz, ya que este tipo de vegetación desarrolla su follaje durante la estación húmeda del año, por lo que ocasiona sombreado en las plantas de pitayo. Este fenómeno de competencia por la luz es más acentuado, durante los primeros años de desarrollo de la planta, debido a que presenta bajas tasas de crecimiento, por lo que tarda más de 30 años en alcanzar una altura superior al dosel de las especies arbustivas, pero no de las arbóreas.

Por otro lado Jansen, (1967) *S. queretároensis* se comportó en forma similar a las especies forestales que se desarrollan en climas tropicales secos, en las cuales la floración y fructificación coincidieron con la estación seca del año y no empezaron el crecimiento vegetativo hasta que cesó el reproductivo.



CUADRO 1 COMPARACIÓN FENOLOGICA DEL CRECIMIENTO REPRODUCTIVO Y VEGETATIVO ENTRE EL PITAYO (*Stenocereus queretaroensis*) Y EL DURAZNO (*Prunus pérsica*)

### 2.5 Crecimiento Vegetativo.

Nerd *et al.*, (1993) mencionaron que el crecimiento primario del tallo de *S. queretaroensis* es lento, al igual que en otras Cactáceas columnares que producen frutos comestibles. Domínguez (1995) consignó que la tasa anual de crecimiento es de  $0.019 \text{ cm d}^{-1} \pm 0.03$  en plantas jóvenes (1.5m de tallo) lo cual es significativamente inferior a la registrada en *Opuntia ficus-indica* ( $0.57 \text{ cm, d}^{-1}$ ) Robles (1994). Sin embargo, Parker citado por Pimienta (1995) estableció que la tasa anual de crecimiento en *S. queretaroensis* es mayor que la estimada para *Stenocereus thurberi* en plantas jóvenes ( $0.019 \text{ cm, día}^{-1}$ ) y menor que en plantas adultas ( $0.16 \text{ cm, día}^{-1}$ ). Esta diferencia se debe a que en *S. thurberi*,



hay una correlación positiva directa entre la edad de la planta y su tasa de crecimiento. Mientras que Domínguez (1995) encontró que en pitayo la correlación es negativa y es mayor en plantas jóvenes (1-10 años), que en adultas (>20 años).

Grime, (1979) y Chapin, (1980), señalaron que comúnmente las especies silvestres de vida larga (longevas), que crecen en suelos infértiles, muestran patrones de crecimientos lentos, bajas tasas fotosintéticas y de absorción de nutrimento, lo que les permite mantener su crecimiento aún en períodos excepcionalmente secos.

Domínguez (1995) ha considerado que las tasas de crecimiento y la época en que éstas ocurren se encuentran bajo control genético, ya que estas variables no se modifican por la aplicación suplementaria de agua durante la primavera, no obstante, que la mayoría de los factores ambientales son favorables para el crecimiento y la reproducción. Sin embargo, en observaciones recientes realizadas por Hernández (1986) mostraron que la aplicación de ácido giberélico (AG) incrementó notablemente la tasa de crecimiento de las ramas del pitayo, incluso durante los períodos del año en que, la planta se encuentra en letargo. Por lo que se presume que las tasas bajas de crecimiento no se deben a niveles bajos de elementos minerales, como lo argumentó Chapin (1980), sino más bien a bajos niveles de endógenos de giberelinas. Por lo que es probable que nos encontremos ante un caso de enanismo genético, ya que las tasas de crecimiento en respuesta a la aplicación de ácido giberélico, llega ser hasta cinco veces superior a la registrada en plantas de pitayo en condiciones óptimas que llegan a presentarse en las plantaciones cultivadas. El enanismo de tipo genético generalmente se atribuye a fallas en la expresión de genes relacionados con la síntesis del ácido giberélico (Salisbury y Ross, 1994).

La baja actividad del crecimiento vegetativo y la ausencia de crecimiento reproductivo al inicio del verano, se debe en parte a que en este período se lleva a cabo la formación de las raíces nuevas, las que comúnmente se conoce como raíces de lluvia. de acuerdo a Arceta citado por Pimienta (1995)

### 2.5.1 Dinámica de crecimiento.

El cuerpo vegetal, así como cada uno de sus órganos, no crece a la misma velocidad cada día, sino que lo hacen con una tasas de crecimientos variables, que en la mayoría de los casos generan una curva sigmoide, en la cual se identifican tres fases: logarítmica, lineal y de senescencia (Rojas, 1979). (Bidwell, 1979) señala también que la cinética de crecimiento de una planta anual, sigue una curva sigmoide, en la que se distinguen tres partes, las que se describen a continuación: 1). fase logarítmica ó exponencial. Un período temprano de corta duración en el que el crecimiento es lento, correspondiente al estado de plántula; 2). fase lineal. Un período central de rápido crecimiento, que corresponde al período vegetativo de la planta; 3). fase de declinación de la tasa de crecimiento llamada envejecimiento ó senilidad. Un período final en que el crecimiento va siendo cada vez menos acelerado, hasta hacerse nulo.

En la mayoría de las plantas superiores presentan crecimiento localizado en los meristemas. Por lo que el crecimiento tiene lugar solamente en sitios discretos y es esencialmente unidimensional, y ocurre aumento en longitud (Bidwell, 1979).

En las de meristemas se producen células nuevas con la capacidad de crecer y diferenciarse, las que dejan un registro de su crecimiento y dan un indicio del potencial crecimiento futuro, ya que entre las células de un tallo o raíz en crecimiento siempre está ocurriendo alguna de las fases del desarrollo, como división, elongación y diferenciación celular. La historia de una célula diferenciada puede inferirse a partir de las células más jóvenes que están cercanas a la punta, y viceversa; el futuro de una célula joven puede predecirse examinando las células maduras que están más apartadas del ápice ( Salisbury y Ross, 1994).

Las curvas de crecimiento de los frutales como manzano, peral, plátano, fresa, dátil, naranja, aguacate y piña son de tipo sigmoideal; mientras que los de frambuesa, uva, zarzamora, higo, olivo y todos las drupas ó frutas de hueso (durazno, chabacano, cereza y ciruelo) presentan curva de crecimiento doble sigmoideal (Coombe, citado por Salisbury, 1994).

## 2.6. Descripción de las Zonas Semiáridas.

El carácter de aridez en el resultado de la combinación de una serie de factores físicos, químicos y geográficos que en conjunto caracterizan una región como pobre en agua, en donde la evaporación potencial es mayor que la precipitación pluvial (Gómez-Pompa; 1985).

La aridez se presenta en zonas con características muy distintas entre sí, sin embargo, estas regiones coinciden en presentar condiciones ambientales generalmente extremas (Maldonado 1983) tales como, un elevado nivel de insolación influenciado por la altitud y longitud, el cual conduce a una alta evaporación (Miller, 1994); límites de temperatura amplios, los que pueden ser muy extremos de una época a otra e inclusive en el mismo día. Suelos que en general presentan, poca capacidad de retención de agua, ya sea por ser pedregosos, salinos, arenosos (Flores y Valdés, 1990) o por presentar pendientes pronunciadas (Maldonado; 1983); además en este tipo de ambientes la precipitación generalmente es baja (Gómez-Pompa, 1985)

Se consideran zonas áridas aquellas regiones donde la precipitación es menor de los 350 mm al año; la temperatura oscila de 15 a 25 °C; y zonas poseen una cobertura vegetal menor al 70%. Las llamadas zonas semiáridas se caracterizan por presentar rangos de precipitación pluvial anual entre 350 y 600 mm, la temperatura varían de 15 a 25 °C. la cobertura vegetal es mayor del 70%. En la cual domina la vegetación de matorral y pastizales (Martínez y Maldonado, 1973).

Las condiciones drásticas del ambiente árido han ejercido un fuerte impacto sobre los seres vivos nativos, por lo que éstos se han adaptado a dichas condiciones a través del desarrollo de una variedad de formas y hábitos de vida (Flores y Valdés, 1990).

En el caso de los vegetales son muchas las características que les permitieron adaptarse al medio árido; entre las principales adaptaciones morfológicas se encuentran: a) la microfiliación, que consiste en la modificación de hojas y tallos en espinas a fin de disminuir la superficie de evaporación; b) cutícula gruesa, que en ocasiones presenta

revestimientos con ceras, pelos epidérmicos o tricomas; y c) una alta proporción de tejido parenquimatoso (Bravo-Hollis, 1978).

Una de las adaptaciones fisiológicas más importantes, es lograr una mayor producción fotosintética por unidad de superficie vegetal. Una vía metabólica preferentemente utilizada por algunas especies que habitan en ambientes áridos, es el Metabolismo Acido de las Crasuláceas (MAC). Las especies que presentan este tipo de metabolismo, mantienen abiertos los estomas durante la noche, lo cual permite la entrada del bióxido de carbono al mesofilo; el CO<sub>2</sub> incorporado es almacenado dentro pequeñas vacuolas en forma de ácido orgánicos, principalmente malato. Durante las primeras horas del día, la luz estimula el proceso fotosintético; en esta vía metabólica, la principal fuente de CO<sub>2</sub> que utiliza la planta en la síntesis de carbohidratos, en la descarboxilación de malato almacenado durante la noche, lo cual permite a la planta mantener sus estomas cerrados durante el día, y esto a su vez, disminuye la evotranspiración (Gibson y Nobel, 1986). La succulencia se presenta en especies de distintas como Crasuláceae y Cactáceas. Esta característica consiste en el engrosamiento de los tejidos parenquimatosos, lo que le permite el almacenamiento de grandes cantidades de agua (Curtis, 1990).

En los ambientes áridos las comunidades vegetales que predominan son básicamente pequeñas plantas anuales, suculentas y xerófilas, éstas últimas generalmente son bajas, leñosas y muy ramificadas desde la base y pueden llegar a formar grandes comunidades en zonas muy variadas en cuanto a topografía y substrato geológico (Flores y Valdés, 1990).

Otra adaptación importante a la aridez se encuentra, la gran mayoría de gramíneas y compuestas, estas especies presentan un ciclo de vida corto, que generalmente ocurre durante el temporal de lluvias, y se mantienen latentes mediante sus semillas en los periodos de extrema sequía (Maldonado, 1990).

En las regiones áridas y semiáridas se desarrollan un gran número de especies, las cuales, las cuales son aprovechadas en gran medida por los habitantes de estas zonas.

Algunas especies vegetales como el “mezquite” (*Prosopis glandulosa* y *P. juliflora*), el “huizache” (*Acacia farnesiana*) y la “palma semandoca” (*Yucca carnerosana*) son utilizadas como plantas forrajeras. Otras son reconocidas por su utilidad para la industria, como la “candelilla” (*Euphorbia antisyphilitica*) y la “jojoba” (*Simmondsia chinensis*) o el consumo humano como los “nopalitos” (*Opuntia spp.*) (Gomes-Pompa, 1985).

## 2.7 Estímulos Ambientales que Afectan el Desarrollo de la Planta.

Muchos estímulos ambientales o externos afectan el desarrollo de la planta. Puede tomar parte sustancias químicas producidas por otros organismos, pero la clase de factores que se consideran generalmente son los físicos: luz, temperatura, nutrimentos etc. Estos factores se sobrepone y a menudo minimizan los controles genéticos y orgánicos del individuo. Los estímulos ambientales a menudo inician eventos como sería de esperar, ya que para tener éxito en crecer y reproducirse se requiere una efectiva coordinación con las estaciones del año (Rojas, 1979).

El funcionamiento de un mecanismo de control del ambiente requiere de tres pasos:

- 1) Debe ser percibido ó medido por la planta;
- 2) Debe existir un mecanismo por el que la planta reaccione y traduzca el estímulo;
- 3) Debe de tener cierto grado de permanencia durante el cual tenga lugar la reacción al estímulo;

Muchos estímulos tienen efecto permanente ó semipermanentes; es decir, la planta continúa reaccionando mucho después de que el estímulo ha cesado de actuar.

Los principales estímulos ambientales que afectan el desarrollo de la planta son los siguientes:

- 1.- Luz. Intensidad, calidad (color), duración, periodicidad.
- 2.- Temperatura. Absoluta y periodicidad.
- 3.- Gravedad.
- 4.- Sonido.
- 5.- Campo magnético.
- 6.- Reacciones electromagnéticas.

- 7.- Humedad.
- 8.- Nutrimientos.
- 9.- Estímulos mecánicos (Rojas, 1979).

## 2.8 Factores Climáticos.

Los factores climáticos incluyen en intensidad y periodicidad de calor y luz, precipitación y humedad relativa; Los fisiográficos incluyen estructuras del suelo, acidez y composición de nutrientes; Los factores biológicos, resultan de la naturaleza de vegetación que se constituye e incluye el sombreado, competencia de agua, nutrientes, alteración del substrato, interacción planta-animales, acción antibiótica, relación saprofítica y parasitarias, así como modificación de condiciones microclimáticas tales como período húmedo ó vientos en el interior de las masas de vegetación Bidwell, (1969).

Factores climáticos.- El clima.- es el estado mas frecuente de la atmósfera, en un lugar determinado, a lo largo del año. Entonces el tipo de tiempo que normalmente prevalece, en cada época del año, en un lugar de la superficie terrestre.

Los principales elementos climáticos que originan el clima de un lugar, cuya situación o variación esta determinada por los factores siguientes: Radiación solar; Temperatura, Precipitación, Presión atmosférica, Dirección y velocidad del viento, Humedad.

Las fases del desarrollo vegetal dependen de la constitución genética del individuo y de los factores ambientales. De estos últimos, dos de ellos son críticos en la secuencia de las fases (no en la supervivencia): las horas de luz del ( fotoperiodo ) y las horas de frío ( termoperiodo). Cuando las condiciones del medio no cubre las exigencias genéticas en alguna fase del desarrollo, los cambios fisiológicos no ocurren y la secuencia de las fases se detienen. Así, si una planta requiere para florecer 14 h de luz al día y si solamente recibe 10 h, permanece en estado vegetativo indefinidamente, lo mismo sucede en relación con las horas frío. Cuando hay una concordancia entre las exigencias genéticas y el medio, el desarrollo es normal y los cambios de crecimiento y diferenciación se sincronizan ( Rojas y Ramírez , op. cit. 1978 ).

En los climas tropicales, la variabilidad estacional en la disponibilidad del agua determina el tiempo de ocurrencia de las fenófases, mientras que en climas templados son los cambios estacionales en la temperatura. Sin embargo, aún cuando *Stenocereus* crece en climas subtropicales, la disponibilidad del agua así como las temperaturas del aire, pueden no estar implicados como factores climáticos que regulen el desarrollo, ya que el crecimiento vegetativo comienza al final del verano, cuando la humedad del suelo y la temperatura son reducidas ( Pimienta et. al. 1996).

### 2.8.1 Radiación Solar.

La luz como componente del clima es el factor abiótico de mayor importancia en el desarrollo de especies vegetales; ésta proviene del sol, la cual llega a la tierra en forma de calor y es captada por plantas y animales en forma de energía, utilizable por los vegetales para realizar la fotosíntesis. El espectro solar se divide en tres regiones principales, estas son infrarrojo, visible y ultravioleta, de los cuales la mas importante para las plantas es la que contiene longitudes de onda entre 400-750 nm (vickery, op. cit. ).

Las plantas crecen hacia arriba, en busca de la luz, y las ramas superiores hacen sombra a las inferiores y compite con ellas por la luz. La competencia tiene éxito y la planta asciende. Esto lleva asociado el beneficio de tallos o troncos más robustos, altos y raíces extendidas, es decir, un mayor control de la absorción y utilización del agua y elementos químicos necesarios que con el agua, se toman del suelo ( Margalef, 1981). Esto origina a su vez, la formación de los tipos de vegetación, Tal es el caso de la vegetación xerófila, donde la luz influye en la temperatura de los tallos, para lo cual, la vegetación ha sufrido de ciertas adaptaciones para contrarrestar las elevadas temperaturas entre estas adaptaciones se encuentra el bajo índice de transpiración, y el almacenamiento de agua en sus tejidos (Daubenmire, op. cit.). Así mismo, entre estas adaptaciones en su metabolismo, conformación y desarrollo respecto a la cantidad y cualidad de la radiación de que disponen en su lugar de crecimiento, se incluye la formación de hojas adaptadas a la luz solar y a la sombra (Larcher, op cit. ).

De la misma manera la presencia o ausencia de luz puede originar microclimas, donde en estos puede, haber poca luz, incluso ausencia de la misma, se tiene como consecuencia temperaturas diferentes al medio externos, y la temperatura puede ser elevada debido a la luz solar que lleva durante el día (Odum, 1975).

Rojas, (1979). Comentó que la importancia de la luz como factor de crecimiento, las plantas que crecen en falta de luz, además de tener un pobre contenido de clorofila se alargan y muestran retardo en el desarrollo foliar.

En ese sentido Villalpando, (1985) estableció que es uno de los elementos más importantes desde el punto de vista de la producción vegetal, es la radiación o insolación, ya que en condiciones óptimas de agua, nutrimentos y manejo, es posible calcular mediante valores de radiación solar la cantidad de materia seca total y los rendimientos de una especie vegetal. Y que es prácticamente la fuente de toda la energía para todos los procesos físicos y biológicos que ocurren sobre la tierra. Se puede decir que la agricultura es una explotación de la energía solar, la cual es posible con el adecuado suministro de ella.

Por su parte Chang, citado por Nuño (1988) señaló que es la energía del sol transmitida en forma de ondas electromagnéticas. Se supone que es constante hasta llegar a la atmósfera, por lo que se le conoce como "constante solar". Su valor antes de entrar a la atmósfera es de  $2.0 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$

Por su parte Salisbury (1994) menciona que el fotoperiodo influye en muchos aspectos del ciclo de vida de una planta; los días largos casi siempre promueven el alargamiento del tallo, y los días cortos que se aplican a especies de regiones templadas inducen el síndrome de otoño.

La capacidad fotosintética máxima se producen entre las plantas anuales y pastos que crecen en desiertos, donde la luz no es un factor limitante y los demás recursos tienen abundancia intermitente, aunque los arbustos siempreverdes del desierto, que devén aguantar periodos de sequía, tienen capacidad fotosintética muy baja Ehleringer y Monroy, citados por Salisbury (1994).



### 2.8.2 Temperaturas.

La temperatura es un factor climático que determina la distribución de las comunidades vegetales ( Spurr y Barnes, 1982): es importante ya que influye en los órganos de las mismas siendo diferente en tallos, raíces y hojas y en general tiende a ser casi igual a la del ambiente inmediato. Si es alta puede dañar a las plantas ya que esta contribuye a la desecación y el desequilibrio entre la respiración y la fotosíntesis, incluso dañando al mismo protoplasma (Daubenmire, op. cit. ).

Entre algunas características que determinan diferentes valores de temperatura, se encuentran la altitud, latitud, cubierta del dosel, tipo de vegetación entre otros: por ejemplo, la exposición de las laderas al sur o al norte puede determinar temperaturas y tipos de vegetación distintos. En zona pendientes con aire frío de la noche tiene tendencia a bajar y acumularse al pie de la colina y en los valles donde el riesgo de heladas será mayor que en las laderas (De Morales, 1988).

Las temperaturas también influyen en la humedad disponible y en la velocidad que se lleva a cabo las reacciones químicas. A temperatura a nivel del punto de congelación, el agua se transforma en hielo y las plantas no pueden utilizarla para su crecimiento; debido a ello, en los climas fríos uno de los principales factores que limitan el crecimiento de los organismos es la sequía, las raíces absorben el agua más rápidamente en los suelos cálidos que en los fríos. A altas temperaturas, la evaporación elimina gran parte de la humedad del suelo antes de que el crecimiento de las raíces poco profundas puedan alcanzarlas; esto estimula también la transpiración, lo cual da como resultado un agotamiento todavía más rápido del agua del suelo (Rost et al op cit.).

Bidwell (1979) Mencionó que las plantas desérticas se caracterizan por su alta tolerancia al calor. Miembros del género *Cactus* que evaden la sequía pueden aguantar hasta 60 °C. Nobel (1982) señaló que los *Cactáceas* pueden sobrevivir a temperaturas inferiores a cero grados centígrados. Especies como *Stenocereus thurberi*, tiene capacidad para sobrevivir a temperaturas de -9 °C, por lo que el rango de adaptación de estas especies está indudablemente relacionado con su tolerancia a las bajas temperaturas.

El mismo autor (1984) acotó que las cactácea *Coriphanta vivipara* sobrevive a nevadas y temperaturas de sus tejidos de  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sin embargo, temperaturas de  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , produjeron la muerte del 40% de las plantas estudiadas y temperaturas de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  produjeron la muerte al 100% de las plantas en estudio.

Stanley et. al. (1984) estableció que 14 especies de cactáceas Americanas, entre ellas algunas del género *Stenocereus*, toleran temperaturas altas en sus tejidos, con promedios de tolerancia máxima de 64 a 69  $^{\circ}\text{C}$  en dos especies de *Ferocactus*, y de 66  $^{\circ}\text{C}$  para *Stenocereus thurberi*, lo cual confirma que la adaptación de algunas cactáceas está determinada más por las bajas temperaturas que por las temperaturas elevadas. Los mismos autores encontraron que una respuesta posible para la adaptación a altas temperaturas sobre todo en especies de la subfamilia *cereoidae* es la respuesta morfológica de disminuir el diámetro del tronco, para mejorar la efectividad en la disipación del calor.

Nobel (1995) consignó que de 18 especies que fueron mantenidas a temperaturas del aire relativamente altas, todas toleran una exposición de una hora a 60  $^{\circ}\text{C}$  y cuatro especies toleraron 70  $^{\circ}\text{C}$ , temperaturas que son mortales para casi el resto de las plantas vasculares. Además las temperaturas elevadas que prevalecen cercanos al ecuador tienden a disminuir la fijación neta del  $\text{CO}_2$  de las cactáceas. Por otra parte el aumento de las temperaturas en las latitudes medias reduciría el daño ocasionado por las temperaturas bajo cero de cactáceas comercialmente importantes.

Loik y Nobel (1995) afirmaron que *Opuntia humifusa*, es nativa del sur de Canadá y el este de los Estados Unidos, puede tolerar  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  cuando se aclimata adecuadamente y *O. feagils*, que es nativa de del oeste de Canadá y Estados Unidos, incluyendo hasta 58° latitud Norte en Alberta donde las temperaturas pueden bajar a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 2.8.3 Oscilación o amplitud térmica.

Anderson (1980) y Benacchio (1982) señalaron que la amplitud térmica es definida como la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima. Esta variación en la temperatura, llamada también oscilación térmica, tiene un efecto marcado en el

desarrollo y rendimiento de varias especies vegetales.

Se consideró que la amplitud térmica es un parámetro agroclimático importante a determinar ya sea al realizar una caracterización agroclimática regional, o bien como una variable que se relacione con el desarrollo y rendimiento de un cultivo Villalpando, (1985).

Calderón (1977) señala que los frutales cultivados en zonas desérticas ó semidesérticas, son objeto de grandes oscilaciones diarias de las temperaturas, del día a la noche, pueden presentar diferencias de más de 30° C.

#### 2.8.4 Termoperiodismo (Unidades Calor).

En fisiología vegetal se refiere a la reacción que tienen las plantas a una alteración de temperatura que en la naturaleza corresponde al día y la noche. Por lo tanto no se pueda concebir exclusivamente como reacción a la temperatura, sino que esta íntimamente ligado con las reacciones que requieren la presencia de luz, velocidad y tipo de reacciones que tienen lugar en la obscuridad (Went, 1948, 1961) citado por Brauer, (1969).

Las temperaturas bajas retardan el desarrollo, mientras que las altas temperaturas (hasta cierto límite) lo aceleran y acortan el ciclo vegetativo de las plantas. Para describir la influencia de la temperatura sobre la fonología de las plantas se ha usado desde el siglo XVIII el concepto de sumas de temperatura, más conocido como unidades calor, grados día, ó unidades térmicas de crecimiento. Este concepto postula que el crecimiento y desarrollo de un cultivo dependen de la cantidad de calor que este recibe. Esto quiere decir, que un cultivo alcanzará una determinada etapa fenológica cuando haya recibido cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello Hodges y Doraiswamy, citado por Villalpando, (1985).

#### 2.8.5 Precipitación.

El agua es un factor muy importante que determina la distribución de las plantas sobre la tierra y el carácter en particular. Es probable que ninguno de los factores del medio ambiente como tiene el abastecimiento del agua sobre las abundancias de la planta de un habitan determinado (Rost et al op cit.).

Las plantas se adaptan a los climas secos de varias formas como en el caso de las cactáceas que desarrollan tejidos de almacenamiento de agua en sus tallos y en esa forma disminuyen la transpiración debido a que carecen de hojas; todas sus actividades se llevan a cabo en el tallo (Rost et al op cit.).

Clavijero (1975) señaló que ya en siglo XVI, que el cuanto llueve un poco más de lo acostumbrado en la Península de Baja California, la cosecha de pitayas es escasa o casi nula, porque no hay planta a la que perjudique más la humedad que al pitayo". Por su parte Domínguez, (1995), en sus observaciones sobre el efecto del suministro del agua en pitayo, revelaron que su aplicación durante la estación seca, afecto favorable al desarrollo reproductivo.

Nobel, (1995) Consignó que los cambios globales en las precipitaciones debido al cambio global del clima tiene a favorecer a las plantas CAM (con su alta eficiencia de uso de agua), ya que ellas son más competitivas a bajas precipitaciones y además su productividad puede ser estimulado por precipitación pluvial alta.

Nuño (1988) consignó que el área de influencia de las estaciones climáticas de Amacueca y Zacoalco de Torres tienen muy baja producción de maíz, teniendo como factor común la pobre precipitación y las altas temperaturas, por lo que recomienda cultivos diferentes al maíz. En la zona de influencia de las estaciones de Atoyac, también parte del área en estudio, se tiene una baja producción, con un temporal corto y errático, donde la temperatura también puede ser limitante para el maíz y la mayoría de los cultivos tradicionales.

Torres, citado por López (1993) ha observado que las lluvias, determinantes para la agricultura de temporal, puede también afectar la producción de cosechas, tanto por su escasez o exceso, como por su presencia durante la época de floración de algunas especies, ya que pueden ocasionar la caída del polen al suelo, afectando la fecundación.

## 2.9 Efecto de las temperaturas diurnas y nocturnas y la sequía en actividad fotosintética.

Nobel y Pimienta (1995) consignaron que la asimilación neta de CO<sub>2</sub> en *S. queretároensis* ocurre en la noche, como es característico de la mayoría de las caucáceas que presentan metabolismo ácido crasuláceo (MAC). Bajo regímenes de temperatura diurna y nocturna similares a las que se registran en el ambiente en que se desarrolla esta planta, se encontró que la tasa neta de asimilación de CO<sub>2</sub> en un periodo de 24 horas es de 190 mmol m<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> y mostró una relación positiva directa con la intensidad de radiación fotosintética activa que incide sobre la planta. La actividad fotosintética es afectada por las temperaturas nocturnas y la duración del período de sequía. Cuando la temperatura diurna es de 35 °C y la nocturna es de 18 °C, la tasa fotosintética es de 230 m mol m<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, sin embargo se reduce 20% (177 m mol m<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>) cuando se mantiene la misma temperatura diurna y la nocturna se reduce a 8 °C. La actividad fotosintética no es afectada cuando el período de sequía es inferior a 15 días, sin embargo en períodos superiores a este lapso de tiempo, se reduce la tasa fotosintética, por ejemplo, en períodos de sequía superiores a 50 días se reduce hasta 90%. Nobel (1988) encontró que la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> registrada en *Stenocereus* es similar a las tasas observadas en especie perennes con metabolismo MAC nativo del desierto Chihuahuense ya que en éstas varía de 158 a 285 mmol m<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>, sin embargo, estas tasas son menores a las observadas en cinco especies MAC cultivadas y consideradas como las más productivas donde oscilan de 760 a 1170 mmol m<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> Nobel (1991) mas recientemente establecieron, que aunque *S. queretároensis* se encuentra en condición cultivada, su actividad fotosintética es parecida a la reportada en especie MAC silvestres.

Por su parte Salisbury (1994) aunque la capacidad de una planta de realizar metabolismo MAC ésta genéticamente determinada, su control también es ambiental. En general, el metabolismo MAC se ve favorecido por los días calurosos con niveles de irradiación elevados, noches frías y suelos secos situación que predomina en los desiertos.

### **2.10 Metabolismo de azúcares solubles y su relación con el crecimiento vegetativo y reproductivo.**

Kozłowski *et al.* citado por Pimienta (1995) menciona que los patrones de acumulación de azúcares en pitayo son similares a los que se han observado en especies leñosas caducifolias, las cuales presentan ciclos estacionales en la acumulación de reservas. Robles (1994) señaló que el pitayo acumula azúcares en dos períodos del año, durante la primera parte del verano y al inicio del invierno. La primera acumulación ocurre después de haber terminado el crecimiento reproductivo en la primavera y la segunda ocurre después de haber disminuido el crecimiento vegetativo al final del otoño. El inicio del crecimiento vegetativo es precedido por una disminución del contenido de azúcares totales e incremento en azúcares reductores. El contenido de azúcares totales disminuye de junio a diciembre, por otro lado, los azúcares reductores presentaron un patrón opuesto de variación estacional, ya que éstos se incrementan de junio a diciembre (Nobel y Pimienta, 1995).

### **2.11 Nutrimiento y niveles elevados de CO<sub>2</sub>.**

El nitrógeno es el más importante nutrimento del suelo para las caucáceas, como lo es para casi todas las especies cultivadas; el Fósforo y Potasio son también importantes (Nobel, 1989). De otros 25 elementos considerados dos muy importantes son: el Sodio, cuya presencia en el suelo afecta adversamente la fijación neta de CO<sub>2</sub> y el crecimiento de cactáceas, y el Boro, que puede limitar la productividad de bajo condiciones naturales en el desierto de Chihuahua pero que está comúnmente presente en cantidades suficientes (Nobel, 1995).

### III MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Zona de Estudio.

##### 3.1.1 Delimitación geográfica del área de estudio.

El área de estudio se ubica en la parte central del estado de Jalisco (Cuadro 2). Sus coordenadas extremas son 19° 46' 15" y 20° 12' 30" latitud norte, 103° 10' 40" y 103° 41' 33" longitud oeste del meridiano de Greenwich. Hay una depresión natural que es justamente la cuenca de la playa de Sayula, en cuya parte más baja se localiza las lagunas de Atotonilquillo, San Marcos, Zacoalco y Sayula. Es un poco más alto, unos diez metros, el valle de las primeras que el de las segundas. Bordea una playa las lagunas que no tiene orilla definidas, hasta alcanzar el pie de las montañas, constituyendo una vega alrededor de aquéllas de varios kilómetros de anchura en algunos casos; en otros sólo de algunos cientos de metros debido a la condición orográfica del sitio.

El resto es la cuesta arriba hasta encontrar los parteaguas de los valles circunvecinos, como son los de Toluquilla, Chápala, Zapotlan, Cocula y el Alto de Tapalpa, con elevaciones hasta de más de 2500 metros, la elevación de las orillas de la laguna es de 1300 msnm.( Matute, 1993).

La zona Zacoalco-Sayula pertenece a la región de las cuencas Centrales. Se denomina así en razón de estar conformado por una serie de hundimientos o fosas tectónicas que, geológicamente reciben el nombre de graben y en algunos casos han servido de embalse originando lagos, algunos someros o desaparecidos, otros aún persisten, como Cajititlan, Atotonilco o Villa Corona y Chápala ( Estrada, 1993).

CUADRO 2 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS LOCALIDADES ESTUDIADAS

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud
Atoyac	20° 01'	103° 29'	1373 msnm
Zacoalco	20° 14'	103° 34'	1348 msnm
Teocuitatlan	20° 06'	103° 23'	1357 msnm

### 3.1.2 Geomorfología.

La subcuenca se ubica en la región Guzmán de la subprovincia Chápala, es un graben endorreico rodeado por las anticlinales de la sierra: La Difunta, Del Tigre, Los Manzanillos y Tapalpa, presenta una serie de conjuntos como llanuras, mesetas, taludes, colinas etc.

El sistema montañoso de la sierra Tapalpa esta compuesto por rocas volcánicas sedimentarias mezozoicas y cuaternarias, además de algunos cuerpos intrusivos graníticos.

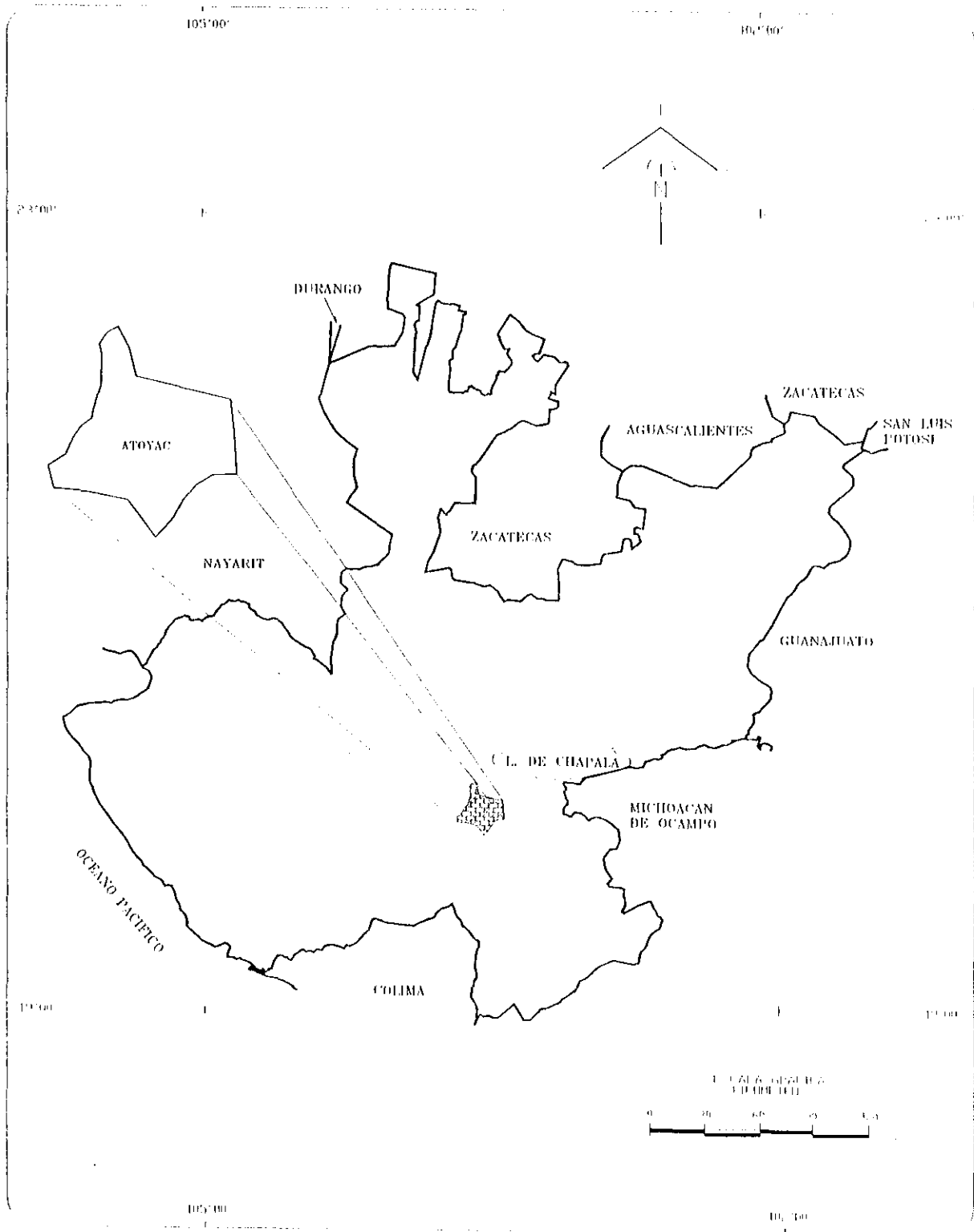
La tectónica de fines del terciario y principios del cuaternario es responsable de graben San Marcos-Zacoalco-Sayula-Valle de Zapotlan (Estrada, 1993).

### 3.1.3 Suelos.

La parte baja de la subcuenca esta constituida por suelos aluviales en diferentes etapas de desarrollo, conforme se asciende hacia el pie de monte y las laderas entre los suelos más frecuentes tenemos: Solonchak órtico de textura media y con altos grados de sodicidad en las partes bajas, Vertisol crómico y Feozem Háptico, moderadamente salinos y de texturas finas. Por lo general, son suelos de someros a poco profundos ( 0 a 40 cm de profundidad ), no se desarrollan horizontes, por lo que es difícil describir el perfil: Son "pedregosos" (25-50%) y en algunos casos " muy pedregosos" (50-75%): Las clases textual

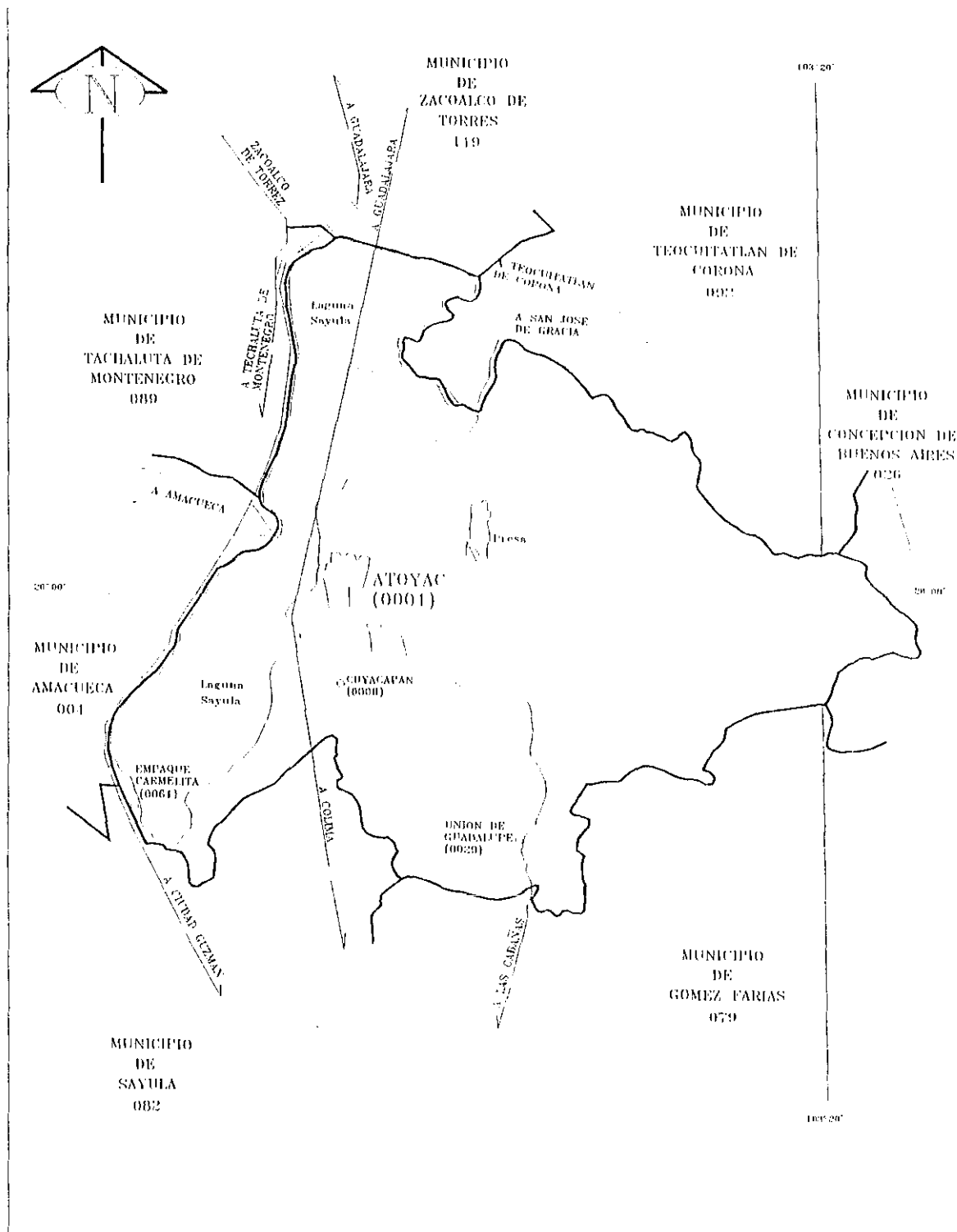


### CUADRO 3 UBICACION GEOGRAFICA DEL ESTADO DE JALISCO



FUENTE: Instituto de Geografía de la UNAM y el Departamento de Planeación y Desarrollo del Estado. Cartografía del Estado de Jalisco, 1990-1991.

CUADRO 4 CROQUIS MUNICIPAL DE ATOYAC, JALISCO



texturales son arcillo arenosos y arcillo limosos, con un contenido de materia orgánica promedio de 6%. El pH es de 7.1 y un contenido de fósforo de 26 ppm en promedio ( Estrada, 1993).

#### 3.1.4 clima.

El clima en la Subcuenca de Sayula, según Koppen modificado por Enriqueta García, donde se desarrolla el *S. queretároensis* presenta diferencias contrastantes en distancias pequeñas. Para la parte sur en Atoyac es clasificado como semiseco y semicalido BSlh\* (h) w (w) (i) g con lluvias en verano y escasas en el resto del año; La lluvia invernales menor al 5%, el verano es cálido con una temperatura media del mes más caluroso mayor de 22 °C con poca oscilación entre 5° y 7°; el mes con más alta temperatura se presenta antes del solsticio de verano ( Durán, 1993).

En el periodo de (1983-1994 ) se observo de la siguiente manera: con lluvia en verano 436.2 mm (1985) 835.8 mm (1992); con una temperatura media de 20.2 °C (1983) 22.4 °C (1994); Y temperatura máxima se presentaron con 28.8 °C (1992) y 31.6 °C (1994).

Días con helada.- En el análisis de 25 años, nos indica que el numero de días con helada es de 3 al año, las cuales pueden presentarse en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero.

Días con granizo.- Se obtiene un promedio 1.76 días con granizo, encontrandose que los meses más expuestos a este fenómeno son: mayo, junio y agosto (Alonso, 1981)

#### 3.1.5 Hidrografía.

De acuerdo con la clasificación elaborada por la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), la zona se ubica en la región hidrográfica numero 12, Lerma-Santiago y comprende en su totalidad la subcuenca "Lago de Sayula". Debido a que es de tipo endorreico, el comportamiento del drenaje es de forma centrípeta y las corrientes

CUCEA  
1993

de mayor importancia son los ríos Atoyac y Teocuitatlan, los arroyos Citala, San Juan y San Cayetano; existen, además, algunos embalses artificiales, como son las presas La Joya, Huejotitlán, Santa Rosa, La Yerbabuena y Los Arcos.

El balance hidrológico superficial del área de la subcuenca (Lago de Sayula) es de aproximadamente 1492 km<sup>2</sup> (Cuadro 5). Para determinar las condiciones de humedad y temperatura se consultó la carta hidrológica de aguas superficiales, a escala 1:250.000, de la que se obtuvieron las isoyetas, isotermas y coeficientes de escurrimiento (Medina, 1993).

CUADRO 5 DE ACUERDO A EL ÁREA É ISOYETAS LA ALTURA DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL MEDIA ANUAL EN LA SUBCUENCA DE SAYULA, JAL.

Isoyetas	Precipitación pluvial	Area entre isoyetas km <sup>2</sup>	Volumen de agua m <sup>3</sup> /año
600	600 mm	237.18 Km <sup>2</sup>	142.308x10 <sup>6</sup>
600-700	650 mm	270.49 Km <sup>2</sup>	175.818x10 <sup>6</sup>
700-800	750 mm	571.28 Km <sup>2</sup>	428.460x10 <sup>6</sup>
800-1000	900 mm	347.49 Km <sup>2</sup>	312.741x10 <sup>6</sup>
1000-1200	1100 mm	70.56 Km <sup>2</sup>	77.616x10 <sup>6</sup>
TOTAL		1497.00 Km <sup>2</sup>	1136.943x10 <sup>6</sup>

Fuente: Medina, (1993)

### 3.1.6 Vegetación

Miranda, y Hernández (1967). Clasifican los diversos tipos de vegetación presentes en la zona, donde el que mayor superficie ocupa es la selva baja caducifolia. Este tipo de vegetación se restringe a suelos someros en altitudes entre los 1450 y 1850 msnm, en las

laderas de las montañas o cerros y es común encontrar elementos asociados a *Stenocereus queretaroensis* tales como: *Coursetia glandulosa* Gray.(Leguminosae), *Croton adsperus* Benth.(Euphorbiaceae), *Bursera grandifolia* Engel(Burseraceae), *Euphorbia colletioides* Benth.(Euphorbiaceae), *Agonandra racemosa* (DC) stand.(Opiliaceae), *Bursera bipinnata* (DC) Engel.(Burseraceae), *Bursera fagaroides* (H.B.K.) Engel. (Burseraceae), *Stenocereus dumortieri* (Schied) Buxbaum (Cactaceae) . *Amphipterygium adstringens* (Schlecht) Schide (Julianaceae), *Ipomoea intrapilosa* Rose(Convulvaceae), (H.B.K.) Britt & Baker(Bombacaceae), *Guazima ulmifolia* Lam. (Sterculiaceae), *Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth.(Leguminosae), *Leucaena esculenta* (Moc.& Sessé ex DC) Benth.(Leguminosae) entre otras. En orden de importancia le siguen el bosque espinoso distribuido de los 1400 a los 1500 msnm. sobre suelos relativamente más profundos en comparación con el anterior.

Los elementos que se encuentran con mayor frecuencia son *Prosopis laevigata* (Willd) (Leguminosae), *Acacia cochliacantha* Humb.& Bonpl. ex Willd (Leguminosae), *Opuntia fuliginosa* Griffiths (Cactaceae), *Croton ciliato glandulosus* Ort.(Euphorblaceae ), *Celtis pallida* Torr.(Ulmaceae), y muy frecuentemente *Stenocereus queretaroensis*.

### 3.2 Métodos

El método para la realización del presente trabajo, consistió en tres etapas:

- a) Trabajo de gabinete.
- b) Trabajo de campo.
- c) Análisis estadístico.



#### 3.2.1 Trabajo de gabinete.

El trabajo de gabinete consistió en la recopilación de datos referentes al clima, consulta de material bibliográfico referente a la especie en estudio y a la zona. Se incluye también la revisión de cartografía de la zona escala 1: 50,000.

La información climática registrada por las estaciones meteorológicas de la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en la estación de Atoyac, que es la que contó con mayor cantidad de datos de los años de estudio y además son más confiables, y estos se localizan actualmente en la Comisión Nacional del Agua. Con los datos climáticos, se llevo a cabo la organización de estos en orden por mes y año; De ellos se procedió a calcular los índices correspondientes a cada variable.

Posteriormente se decidió tomar los valores de manera estacional con los datos climáticos; con los de Enero, febrero, marzo, como (**invierno**); Abril, Mayo, Junio, como (**primavera**); Julio, Agosto, Septiembre, como (**verano**); Octubre, Noviembre, Diciembre, como (**otoño**); y datos totales.

Con esta información se procedió a estimar las siguientes variables ambientales:

### 3.2.1.1 Nubosidad.

La metodología que se utilizó es la propuesta por Villalpando (1985) y (Ortiz 1984), de estimación indirecta de la radiación solar usando como base los grados de nubosidad en decimos, ya que las estaciones meteorológicas de la región, al igual que la mayoría de las estaciones del país, no cuentan con instrumentos para la medición directa de este índice climático.

Para determinar esta variable no es necesario el uso de aparatos, solamente a la falta de instrumentos adecuados se requiere uniformidad de criterio de los observadores.

En el presente trabajo se incluyeron los días despejados, días nublados y medio nublados en decimos para encontrar  $n/N$  mediante la fórmula siguiente:

$n$  = número real de horas de insolación.

$N$  = duración máxima astronómica de la insolación.

$$C = \frac{(N^{\circ} \text{ días despejados} \times 1) + (N^{\circ} \text{ días medio nublado} \times 5) + (N^{\circ} \text{ días nublados/cerrados} \times 9)}{N^{\circ} \text{ total de días}}$$

Obteniendo el resultado, observamos una tabla de (Doorenbos y Pruitt citados por Villalpando 1985) para obtener  $(n/N)$  que posteriormente se utilizara..

### 3.2.1.2 Radiación solar

El mismo autor señala, Como es muy difícil de obtener datos de radiación medios, con seguridad, varios autores han desarrollado relaciones empíricas entre el valor de la insolación y el grado de nubosidad; que uno de los primeros modelos usados fue el de Angstrom, (1924) cuya ecuación es:

$$R_s = ( a + b \frac{n}{N} ) R_a$$

Donde:  $R_s$  = Radiación solar, en ( $\text{cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ ).

$n$  = Número real de horas de insolación.

$N$  = Duración máxima astronómica de la insolación.

$R_a$  = Radiación solar teórica (constante de Angström).

$a$  y  $b$  = Coeficientes de regresión para zonas tropicales húmedas (0.29 y 0.42).

### 3.2.1.3 Temperatura.

Villalpando, (1985). Sugirió que se debe expresar en forma de parámetros agroclimáticos como: unidades calor, unidades fototérmicas, unidades frío, etc., si se desea hacer una caracterización agroclimática.

Se tomaron los valores promedios de temperaturas máximas y mínimas de los meses y años de estudio de 1983-1994. Los índices térmicos incluidos en el estudio fueron temperatura media, oscilación ó amplitud térmica y unidades calor.

La temperatura media se determinó por la semisuma de temperaturas máximas y mínimas mensuales.

$$\text{Temperatura media} = ( \text{Temperatura máxima} + \text{Temperatura mínima} ) / 2$$

### 3.2.1.4 Oscilación térmica

Oscilación ó Amplitud térmica se calculó a partir de temperaturas máximas y mínimas mensual de los años de estudio de 1983 a 1994.

$$\text{Oscilación ó amplitud térmica} = \text{Temperatura máxima} - \text{Temperatura mínima}$$



### 3.2.1.5 Unidades calor.

En las unidades calor se utilizo el método residual descrito por Villalpando (1985) para este índice agroclimático se requiere T. máxima + T. Mínima/2 y la temperatura base, en este caso se tomo 5 °C.

$$\text{Unidades calor} = \frac{(\text{Tem. maxima} - \text{Tem. Minima}) - \text{Temperatura base} \times 31}{2}$$

### 3.2.1.6 Precipitación pluvial.

Los datos que se registran a diario y que al final del mes son recabados, y son la suma de cada mes de las precipitaciones pluvial y durante el período de enero-diciembre para los años de estudio de 1983 a 1994.

### 3.2.1.7 Evaporación.

Esta variable fue tomada de los datos reportados a nivel mensual de los años de estudio de 1983 a 1994. Se estimo la evapotranspiración mensual (ETP) a partir de los datos del tanque evaporímetro y el factor de corrección (0.7) propuesto por Doorenbos y Pruitt (Villalpando, 1985).

$$\text{Evapotranspiración} = (\text{Evaporación})(0.7)$$

### 3.2.1.8 Índice de humedad (Aridez).

Se calculo el índice de humedad para cada mes, éste se determina realizando la cantidad de precipitación entre evapotranspiración potencial mensual.

$$\text{Indice de Humedad} = \text{Precipitación Pluvial} / \text{Evapotranspiración}$$

### 3.2.1.9 Estaciones de crecimiento.

La determinación del período de crecimiento se basa en un modelo simple de balance de humedad (Villalpando, 1985). Se determina gráficamente a partir de los valores mensuales de precipitación, evapotranspiración potencial total al 50% y 30 % receptivamente.

Los puntos cardinales de la estación de crecimiento son:

a = Inicio de la estación de crecimiento y la estación de lluvias.

b1 = Inicio del período húmedo.

b2 = Terminación del período húmedo.

c = Terminación de la estación de lluvias.

d = Terminación de la estación de crecimiento.

### 3.2.2 Trabajo de campo.

El presente trabajo se llevo acabo en el municipio de Atoyac, Jalisco; en el mes de Enero de 1995. Y los datos recabados son del período de 1983 a 1994. Una vez elegido el lugar se tomaron al azar las plantas. Se determinó que las observaciones no fueran en cultivares de plantas de pitayo (*S. queretaroensis*) establecidos, para no tener influencia de ninguna índole, sino de plantas silvestres.

En el caso de *S. queretaroensis* presenta la particularidad de que es fácil diferenciar el crecimiento que ocurre en cada año, debido a que esto ocurre en el ápice de las ramas, y el crecimiento de cada año se distingue porque en la base del crecimiento anual se forma una línea discontinúa en forma de corona.

Para llevar a cabo la medición de las coronas, que corresponden a un año de crecimiento se empleo un flexómetro graduado en mm y cm; De la parte superior se

colocaba el flexómetro ó cinta métrica hacia abajo y en punto basal (ciclo ó año) del crecimiento vegetativo (Figura 1). El primer dato del crecimiento correspondía al año 1994 el segundo 1993 y el tercero 1992 así sucesivamente según fuera el número de datos.

### 3.2.3 Análisis estadístico.

Con la información recabada, tanto del crecimiento como de las variables climáticas se procesaron utilizando el programa estadístico SAS (Martínez, 1988). Se llevó a cabo el análisis de regresión parcial y múltiple bajo los siguientes modelos:

Regresión lineal  $Y_i = B_0 + B_1 X$

Regresión múltiple  $Y_i = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + \dots + B_n X_n$

$Y_i$  = Valor de crecimiento vegetativo.

$B_0$  = Intercepto

$X_1$  = Índice de aridez.

$B_1$  = Coeficiente de regresión debido al índice de aridez

$X_2$  = Unidades calor

$B_2$  = Coef. de reg. debido a Unidades calor.

$X_3$  = Temperatura mínima.

$B_3$  = Coef. de reg. de temperatura mínima.

$X_4$  = Temperatura máxima.

$B_4$  = Coef. de reg. de temperatura máxima.

$X_5$  = Temperatura media.

$B_5$  = Coef. de reg. de temperatura media.

$X_6$  = Precipitación pluvial.

$B_6$  = Coef. de reg. de precipitación pluvial.

$X_7$  = Evapotranspiración potencial.

$B_7$  = Coef. de reg. de evapotranspiración potencial.

$X_8$  = Oscilación térmica.

$B_8$  = Coef. de reg. de Oscilación térmica

$X_9$  = Radiación solar.

$B_9$  = Coef. de reg. de radiación solar.

Posteriormente se utilizó en la computadora el procedimiento (SAS Stepwise) (Martínez, 1988) que valora y ajusta al para la selección de variables y que permite obtener el mejor modelo de regresión.

$X_8$  = Oscilación térmica.

$B_8$  = Coef. de reg. de Oscilación térmica

$X_9$  = Radiación solar.

$B_9$  = Coef. de reg. de radiación solar.

Posteriormente se utilizó en la computadora el procedimiento (SAS Stepwise) (Martínez, 1988) que valora y ajusta al para la selección de variables y que permite obtener el mejor modelo de regresión.



FIGURA 1 PRESENTACIÓN DEL TIPO DE CRECIMIENTO EN RAMAS DE PITAYO (*S. querétaroensis*) QUE SE PUEDEN DISTINGUIR POR PRESENTAR LA APARIENCIA DE CORONAS SOBREPUESTAS, CADA CORONA CORRESPONDE A UN AÑO; Y EN ESTA FIGURA CON LAS

## IV RESULTADOS

### 4.1 Crecimiento vegetativo.

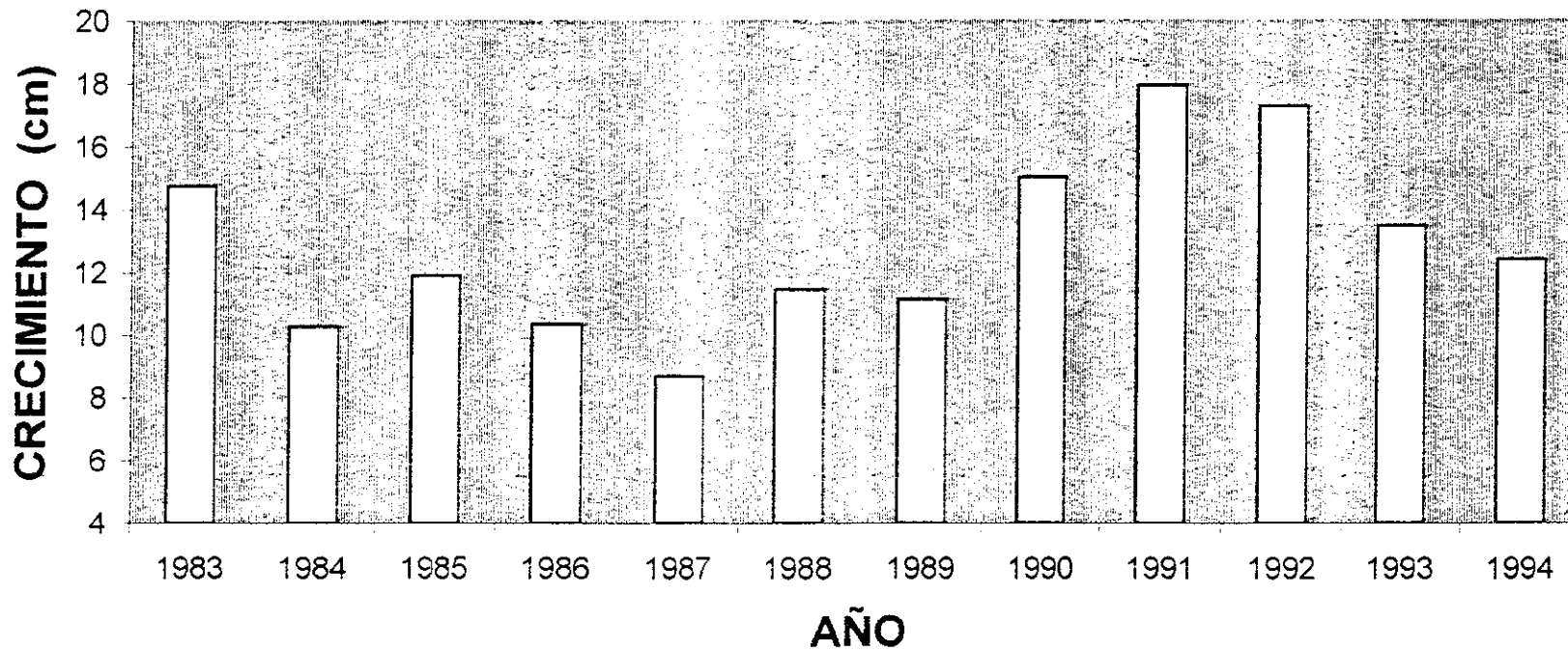
Se obtuvo información de 22 plantas, y 47 ramas, en las que se procedió a calcular la media del total de cada rama, siguiendo la misma secuencia en cada planta y brazo. En el (Cuadro 1 A) se presentan los datos de campo recabados durante el recorrido que se hiciera en el mes de enero de 1995 en el municipio de Atoyac, Jal.

En el (Cuadro 6) y (Figura 2) se presenta el crecimiento promedio registrado de 1983 a 1994, y la tasa de crecimiento en cada uno de éstos años. En el año 1991 y 1992 se obtuvieron los mayores crecimientos axiales ( $17.92$  y  $17.26$   $\text{cm año}^{-1}$ ) ( $0.049$   $\text{cm día}^{-1}$ ) y por consiguiente la tasa de menor crecimiento, se obtuvo en el año de 1987, ( $8.67$   $\text{cm año}^{-1}$ ) ( $0.0237$   $\text{cm día}^{-1}$ ).

CUADRO 6 CRECIMIENTO PROMEDIO EN  $\text{cm año}^{-1}$  Y  $\text{cm día}^{-1}$  OBSERVADOS EN LAS RAMAS DE PLANTAS SILVESTRES DE *S. queretaroensis* DE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JAL.

Años	Crecimiento durante el año en ( $\text{cm año}^{-1}$ )	Error estandar (cm)	Crecimiento durante el año en ( $\text{cm día}^{-1}$ )
1983	14.75	$\pm 0.53$	0.040
1984	10.25	$\pm 0.74$	0.028
1985	11.87	$\pm 0.64$	0.032
1986	10.33	$\pm 0.60$	0.028
1987	8.67	$\pm 0.40$	0.023
1988	11.43	$\pm 0.56$	0.031
1989	11.11	$\pm 0.53$	0.030
1990	15.00	$\pm 0.29$	0.041
1991	17.92	$\pm 0.34$	0.049
1992	17.26	$\pm 0.27$	0.049
1993	13.44	$\pm 0.14$	0.036
1994	12.36	$\pm 0.13$	0.033
	$\bar{X} \pm 13.91$		$\bar{X} \pm 0.038$

**FIGURA 2 CRECIMIENTO VEGETATIVO PROMEDIO EN RAMAS DE PLANTAS SILVESTRES DE PITAYO (*S. queretaroensis*) DURANTE LOS AÑOS DE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JAL.**





Obteniendo un rango de crecimiento vegetativo desde cero cm como mínimo hasta 52 cm como máximo; con una media de  $13.91 \text{ cm año}^{-1}$  general y una desviación estándar de 8.80 cm.

#### 4.2 Índices de variables climáticas.

En los años en que se registro el crecimiento se encontró que la temperaturas mínimas promedio más baja fue  $10.8 \text{ }^\circ\text{C}$ , la cual ocurrió en (1983), y la mínima más alta  $13.34 \text{ }^\circ\text{C}$  ocurriendo en (1994); por otra parte observamos que las temperaturas mínimas de verano son las más elevadas y más bajas las de invierno cuando la planta se encuentra en floración (Cuadro 2 A): La temperatura media promedio más baja fue  $20.2 \text{ }^\circ\text{C}$  y se registró en (1983), y la más elevada fue de  $22.4 \text{ }^\circ\text{C}$  y ocurrió en (1994); y refiriéndonos a las estacionales las de primavera son las más altas y más bajas las de invierno (Cuadro 3 A): Las temperaturas máximas promedio más baja fue de  $28.8 \text{ }^\circ\text{C}$  (1992) y la más alta  $31.6^\circ\text{C}$  (1994); y en tanto a las estacionales las de primavera es la más caliente el cual se presenta el periodo de floración y fructificación y la de verano la más baja (Cuadro 4 A): La precipitación pluvial anual más baja fue de  $436.2 \text{ mm}$  en (1985) y la más alta  $835.8 \text{ mm}$  en (1992); y en la estacional las de verano son las más altas, periodo en que la planta rehabilita su sistema radicular, y más bajas las de invierno cuando inicia la floración (Cuadro 5 A): La evaporación promedios anuales la más baja fue  $139.41 \text{ mm}$  y ocurrió en (1985) y como máximo  $180.85 \text{ mm}$  en (1989), y en las estacionales la máxima es la de primavera y la más baja en verano (Cuadro 6 A): El Índice de aridez promedio con el año más árido con  $0.4118$  en (1990) y más húmedo con  $0.5820$  en (1993); y en cuanto a las estaciones el más alto es en el verano y más bajo es invierno (Cuadro 7 A): Las unidades calor más bajas fue  $462.75 \text{ uc.}$  y se presentó en (1983) y la máximo  $531.33 \text{ uc.}$  en (1994), en cuanto a las estación es mayor la de primavera y la más baja la de verano (Cuadro 8 A): La oscilación térmica promedios más baja fue  $15.6 \text{ }^\circ\text{C}$ , y ocurrió en (1992) y la máxima  $19.5 \text{ }^\circ\text{C}$  en (1989); en cuanto a las estaciones, la mayor es la de invierno y la menor la de verano (Cuadro 9 A): La radiación solar promedio más baja fue  $337.56 \text{ Cal cm}^{-2} \text{ mes}^{-1}$  y ocurrió en (1992) y la máximo  $460.66 \text{ Cal cm}^{-2} \text{ mes}^{-1}$  en (1990); y en las estaciones la de primavera es la mayor, es durante el período seco del año y la más baja la de verano, en que inicia el sistema radicular (Cuadro 10 A):

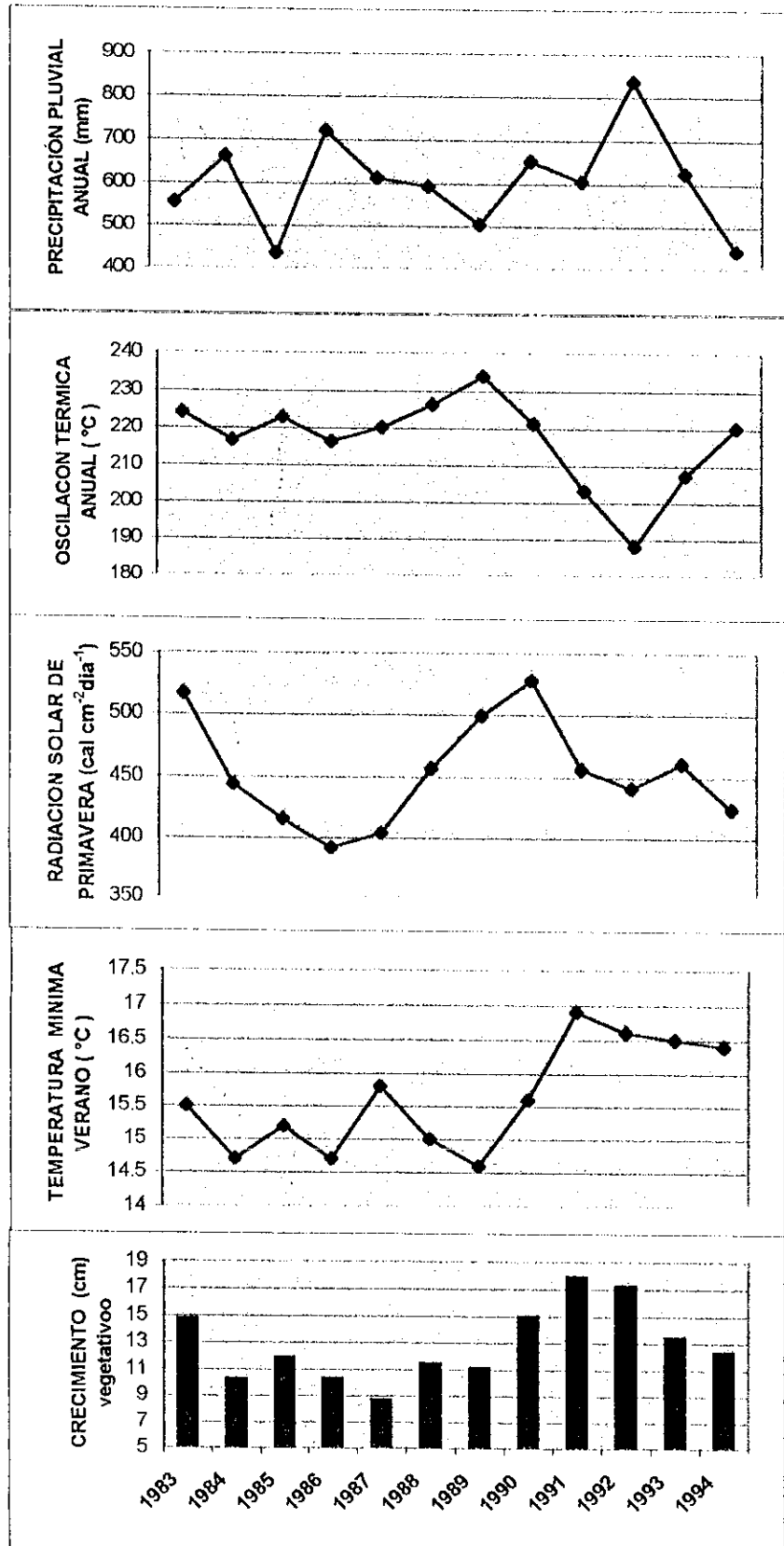


Figura 3 Variación histórica de las principales variables climáticas promedio que mejor presentan el efecto en el área de estudio, colectados de la estación metereológica de Atoyac, Jalisco.

Se realizó un climograma del crecimiento vegetativo, donde se tiene la variación histórica de las principales variables climáticas promedio ( Figura 3) que mejor presenta el efecto en el área de estudio de la estación meteorológica de Atoyac, Jalisco.

Es interesante hacer notar, que el incremento del crecimiento promedio de las ramas que se inicia en 1987 coincide con el incremento de la temperatura mínima promedio del verano, y no ocurre lo mismo con la radiación solar promedio de primavera, oscilación anual y precipitación pluvial total.

#### 4.2.1 Estación de crecimiento.

Se calculó la evapotranspiración mensual, evapotranspiración al 50 % y 30 % y juntos con la precipitación pluvial mensual, se realizaron gráficas para cada año de estudio correspondiente en la que se estimaron a cada una su periodo de humedad como periodo de crecimiento y gráficas por años que se presentan en el apéndice.

CUADRO 7 PERIODOS HÚMEDOS Y DE CRECIMIENTO  
días año<sup>-1</sup> de 1983 a 1994 de ATOYAC, JAL.

Años	Periodo Humedo días año <sup>-1</sup>	Periodo de crecimiento días año <sup>-1</sup>
1983	65	135
1984	89	154
1985	66	106
1986	73	167
1987	77	129
1988	93	126
1989	103	140
1990	105	161
1991	120	159
1992	44	126
1993	70	136
1994	40	137
	$\bar{X}$ 70 ±	$\bar{X}$ 139 ±

En el (Cuadro 7), se observan periodos húmedos que varían de 40 hasta 120 días en tanto que el periodo de crecimiento oscila de 106 hasta 167 días, El promedio de los periodos de humedad y crecimiento en los años observados es de 70 y 139 días respectivamente. En cuanto a la duración de la estación seca promedio de los años observados es de 224 días, y durante las cuales las precipitaciones totales son inferiores a 835 mm y superior a 442 mm.

#### **4.3 Relación entre el crecimiento y variables climáticas promedio.**

Haciendo uso de la técnica de regresión lineal, y utilizando como variable dependiente el crecimiento vegetativo y como independiente las variables climáticas; se llevo a cabo el análisis de correlación.

Se presentan estas rectas de crecimiento y variables ambientales en forma parcial, de menor a mayor importancia, por ser las que mejor representan el efecto en forma conjunta.

En la (Figura 4) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y temperatura mínima de verano de 1983 al verano de 1994. Esta fue positiva directa con una  $r = 0.68$  observando que el incremento en la temperatura mínima de verano, se acompaña de incremento en el crecimiento vegetativo.

En la (Figura 5) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y radiación solar de la primavera de 1983 a la primavera de 1994. Se presenta positiva directa con una  $r = 0.44$  observando que el incremento en la radiación solar de primavera, se acompaña de incremento en el crecimiento de la planta.

En la (Figura 6) se muestra una correlación entre el crecimiento vegetativo y la oscilación térmica anual de 1983 a 1994. Se presenta negativa directa  $r = 0.63$  observando que la disminución de la oscilación térmica total, decrece el crecimiento de la planta.

FIGURA 4 DEPENDENCIA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO EN RAMAS DE PITAYO (*S. queretaroensis*) Y LAS TEMPERATURAS MINIMA PROMEDIO DEL VERANO DE 1983 AL VERANO DE 1994 EN ATOYAC, JAL.

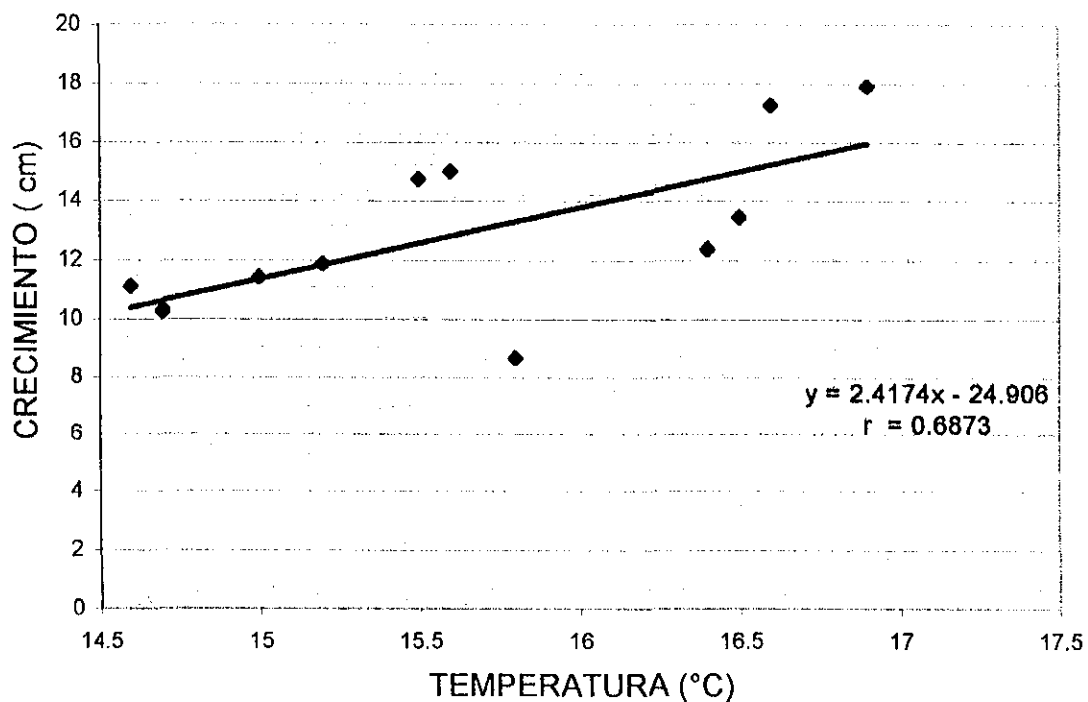
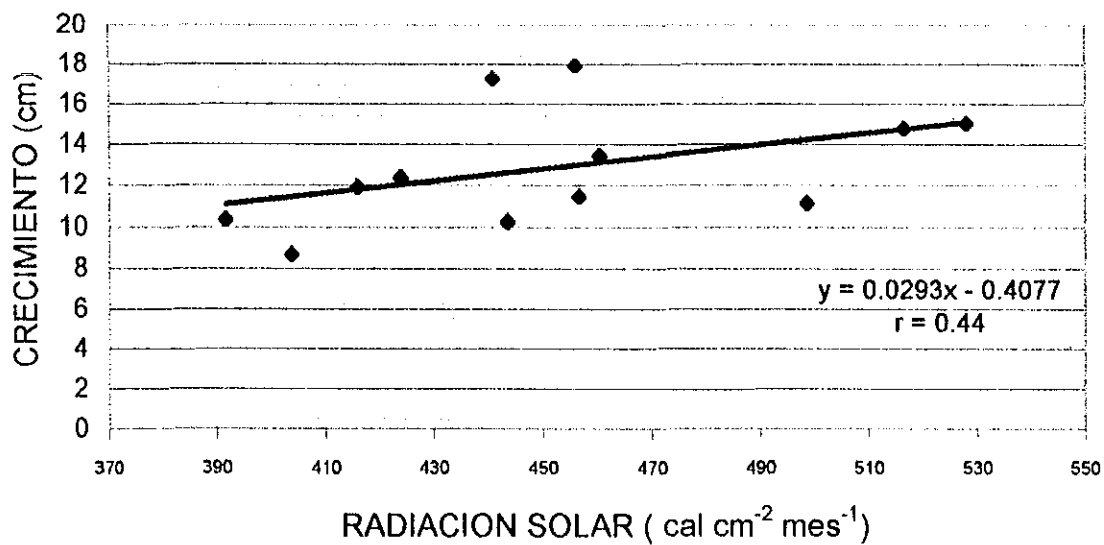


FIGURA 5 DEPENDENCIA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO EN RAMAS DE PITAYO (*S. queretaroensis*) Y LA RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO DE LA PRIMAVERA DE 1983 A LA PRIMAVERA DE 1994 EN ATOYAC, JAL.



En la (Figura 7) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y la precipitación pluvial anual de 1983 a 1984. Esta fue positiva lineal con una  $r = 0.28$  observando que el incremento en la precipitación pluvial, se acompaña de un incremento en el crecimiento.

#### **4.4 Relación entre el crecimiento y valores estacionales promedio de variables climáticas.**

Las correlaciones simples de cada variable con el crecimiento no son significativas; pero cuando las dos o más variables son consideradas simultáneas, la relación con el crecimiento es muy estrecha. Para llevar a cabo esta observación se tomaron los datos climáticos estacionales, y se relacionaron estos con las principales fenofases ó estadios fenológicos.

La evaluación del mejor modelo de regresión ( Cuadro 8 ) se puede apreciar que las tres variables obtenidas son significativas, con una probabilidad de 0.052 para precipitación total; 0.004 para oscilación total; y 0.0012 para la radiación solar de primavera; por lo tanto con un nivel de significancia del 0.05 de probabilidad en el efecto de la variación de este modelo.

También observa que los valores de tablas para las “Y “es significativo en ambos casos, lo cual quiere decir que para cada cambio de  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  la “Y” se vera afectado con un coeficiente de correlación múltiple  $r = 0.92$  teniendo como coeficiente de determinación  $r^2 =$  de 86% que es lo que explica este modelo.

Se presentan los modelos de regresión conjunta con mayor dependencia presentadas en el (Cuadro 9) uno para la temperatura mínima de verano, y la radiación solar de primavera, oscilación total, y precipitación pluvial anual que son por orden de importancia según el modelo Stepwise de regresión múltiple, el que más representa el efecto entre crecimiento como las variables climáticas las variables.

CUADRO 8 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN PARA LAS TRES VARIABLES PROMEDIO, COMO DEPENDIENTE CRECIMIENTO VEGETATIVO DEL PITAYO (*S. queretaroensis*), INDEPENDIENTE PRECIPITACIÓN TOTAL, OSCILACIÓN TOTAL, Y RADIACIÓN DE PRIMAVERA DE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JALISCO.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	P>F	R <sup>2</sup>	R
Regresión	3	77.9701	25.9900	16.52	0.0009	0.86	0.92
Error	8	12.5877	1.5734				
Total	11	90.5578					
Variable	Parámetro estimativo	Error estandar	Suma Cuadrados	F Calculada	P>F		
Intercepto	-54.33673	11.511736	35.056167	22.28	0.0015		
PTOT	-0.010674	0.004689	8.153287	5.18	0.0524		
OTOT	-0.255266	0.044642	51.44495	32.70	00.004		
RPRI	0.0447758	0.0091327	37.824694	24.04	0.0012		

CRE = Crecimiento vegetativo. RPRI = Radiación solar de primavera

PTOT = Precipitación total. TMVER = temperatura mínima de verano

OTOT = Oscilación total.

CUADRO 9 MODELOS DE REGRESIÓN CON LAS VARIABLE DEPENDIENTE ÉL CRECIMIENTO VEGETATIVO DEL PITAYO *S. queretaroensis*, Y INDEPENDIENTE VARIABLES CLIMÁTICAS PROMEDIO QUE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JAL.

Nº	Modelo de regresión	r <sup>2</sup>	r
1	$Y = -24.905 + 2.417(TMVER)$	0.47	0.68
2	$Y = -39.418 + 2.460(TMVER) + 0.030(RPRI)$	0.68	0.82
3	$Y = 6.019 + 1.10(TMVER) + 0.038(RPRI) - 0.12(OTOT)$	0.81	0.90
4	$Y = 33.805 + 0.419(RPRI) - 0.184(OTOT)$	0.77	0.87
5	$Y = 54.336 + 0.044(RPRI) - 0.25(OTOT) - 0.010(PTOT)$	0.86	0.92

#### **4.5 Relación entre el crecimiento y variables climáticas acumuladas.**

Haciendo uso de la regresión lineal, y utilizando como variables dependientes el crecimiento vegetativo y como independiente las variables climáticas; se llevo a cabo el análisis de correlación.

Presento la variación histórica de las principales variables estacionales de manera acumuladas (Figura 8) que mejor presentaron el efecto en el área de estudio, colectados de la estación meteorológica de Atoyac, Jal.

En la (Figura 9) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y temperatura mínima acumulada de verano de 1983 al verano de 1994. Esta fue positiva directa con una  $r = 0.67$  observando que el incremento en la temperatura mínima de verano, se acompaña de incremento el crecimiento vegetativo.

En la (Figura 10 ) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y temperatura mínima acumulada de otoño de 1983 al otoño de 1994. Esta fue positiva directa con una  $r = 0.33$  observando que el incremento en la temperatura mínima de otoño, se acompaña de un incremento el crecimiento vegetativo.

En la (Figura 11 ) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y la precipitación pluvial acumulada de la primavera de 1983 a al primavera de 1994. Esta fue negativa directa con una  $r = 0.14$  observando que el incremento de la precipitación pluvial, el crecimiento vegetativo disminuye.

En la (Figura 12 ) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y evaporación acumulada del invierno de 1983 al invierno de 1994. Esta es negativa directa con una  $r = 0.036$  observando que el incremento en la evaporación de invierno, se acompaña de una disminución en el crecimiento vegetativo.



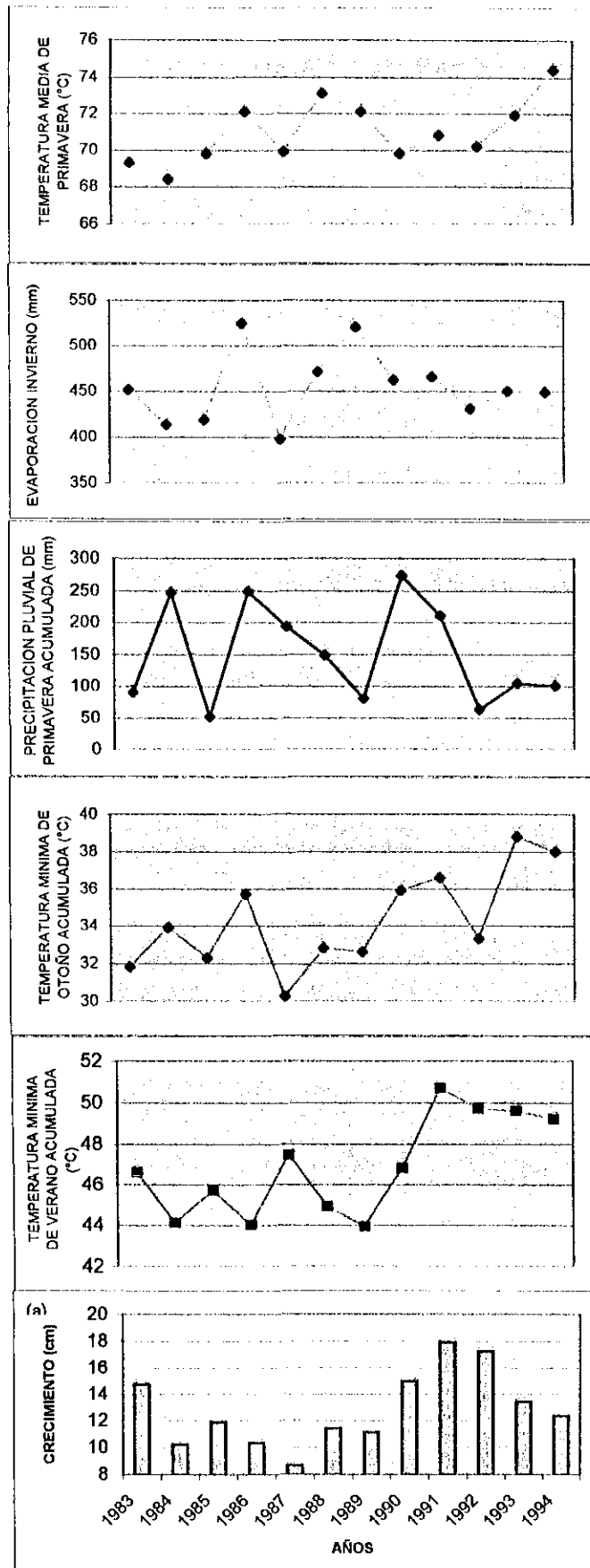


FIGURA 8 VARIACION HISTÓRICA DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS ACUMULADAS QUE MEJOR PRESENTAN EL EFECTO EN EL ÁREA DE ESTUDIO, COLECTADO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DURANTE LOS AÑOS DE DE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JALISCO.

CUCBA

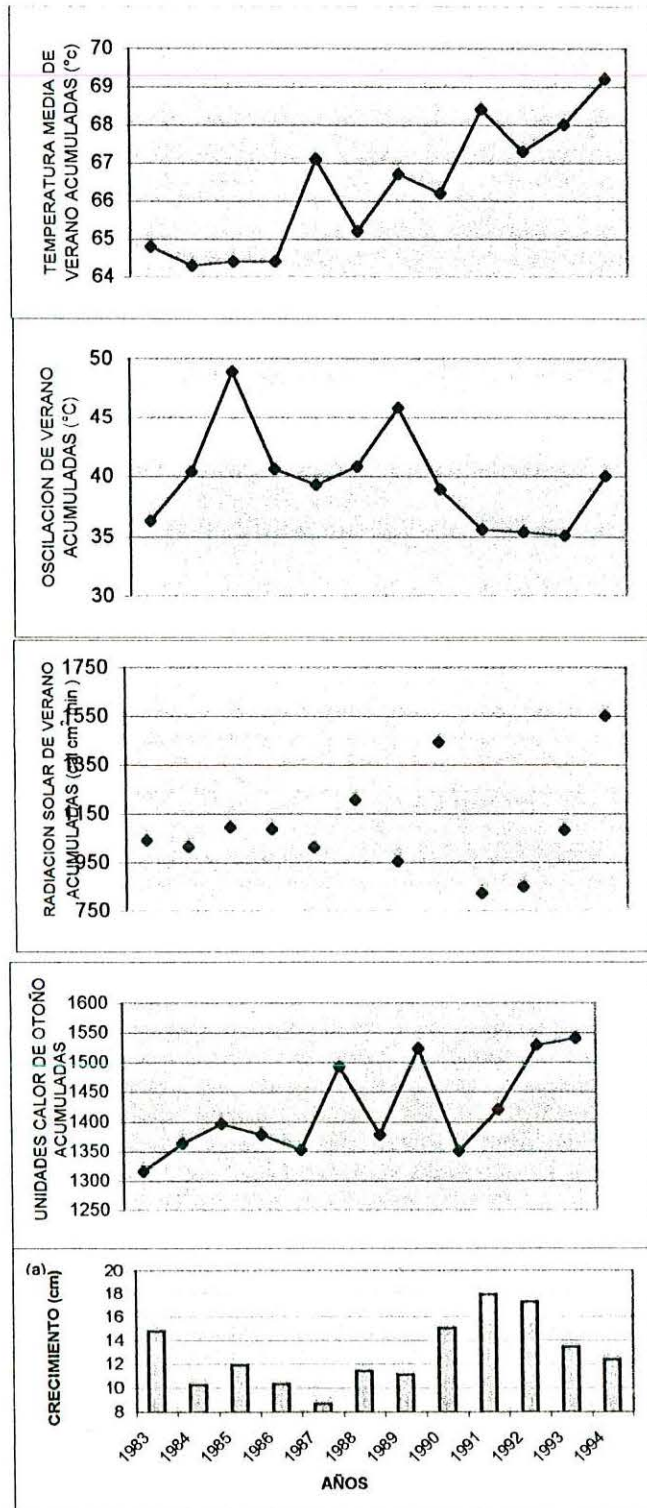


FIGURA 8 VARIACION HISTÓRICA DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS ACUMULADAS QUE MEJOR PRESENTAN EL EFECTO EN EL ÁREA DE ESTUDIO, COLECTADO DE LA ESTACIÓN METEREOLÓGICA DURANTE LOS AÑOS DE DE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JALISCO.

En la (Figura 13) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y temperatura media acumulada de la primavera de 1983 a la primavera de 1994. Esta fue negativa directa con una  $r = 0.10$  observando que el incremento en la temperatura media de primavera, se acompaña de un decremento en el crecimiento vegetativo.

En la (Figura 14) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y unidades calor acumulada de otoño de 1983 al otoño de 1994. Esta fue positiva directa con una  $r = 0.08$  observando que el incremento en las unidades calor de otoño, se acompaña de un incremento en el crecimiento vegetativo.

En la (Figura 15 ) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y la radiación solar acumulada del verano de 1983 al verano de 1994. Esta es negativa directa con una  $r = 0.20$  observando que el incremento en la radiación solar de verano, es acompañada de una disminución en el crecimiento vegetativo.

En la (Figura 16 ) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y la oscilación acumulada del verano de 1983 al verano de 1994. Esta fue negativa directa con una  $r = 0.56$  observando que el incremento en la oscilación de verano, es acompañada de una disminución en el crecimiento vegetativo.

En la (Figura 17 ) se muestra la correlación entre el crecimiento vegetativo y la temperatura media acumulada del verano de 1983 al verano de 1994. Esta es positiva directa con una  $r = 0.40$  observando que el incremento en la temperatura media de verano, es acompañada de un incremento en el crecimiento vegetativo.

FIGURA 9 DEPENDENCIA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO EN RAMAS PITAYO S. *queretaroensis* Y TEMPERATURA MINIMA DE VERANO ACUMULADA DE 1983 AL VERANO DE 1994 EN ATOYAC, JAL.

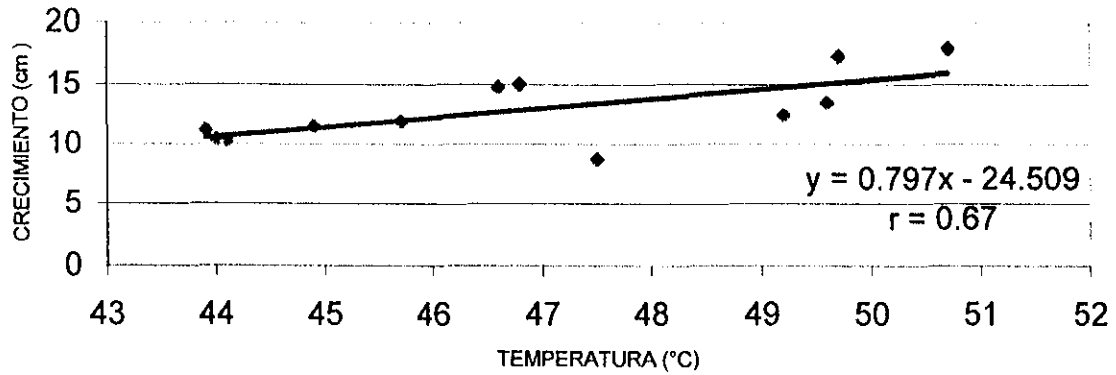


FIGURA 10 DEPENDENCIA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO EN RAMAS DE PITAYO S. *queretaroensis* Y TEMPERATURA MINIMA DE OTOÑO ACUMULADO DE 1983 AL OTOÑO DE 1994 EN ATOYAC, JAL.

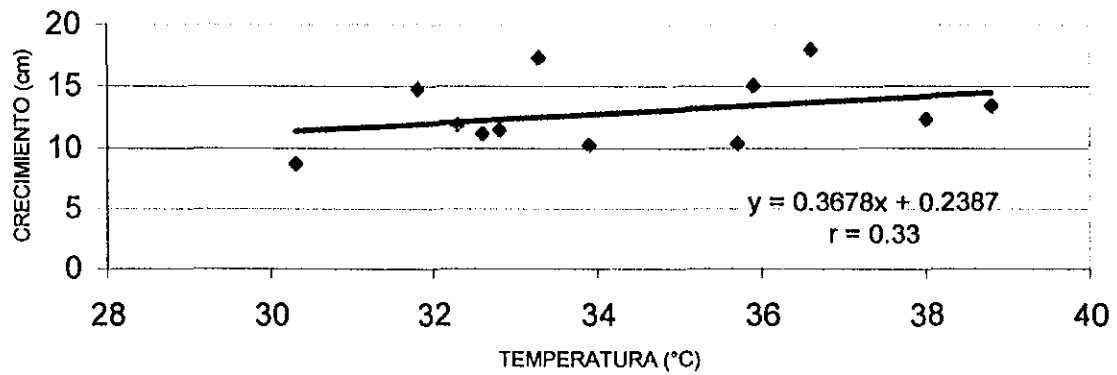


FIGURA 11 DEPENDENCIA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO EN RAMAS DE PITAYO S. *queretaroensis* Y LA PRECIPITACION PLUVIAL ACUMULADA DE LA PRIMAVERA DE 1983 A LA PRIMAVERA DE 1994 EN ATOYAC, JAL.

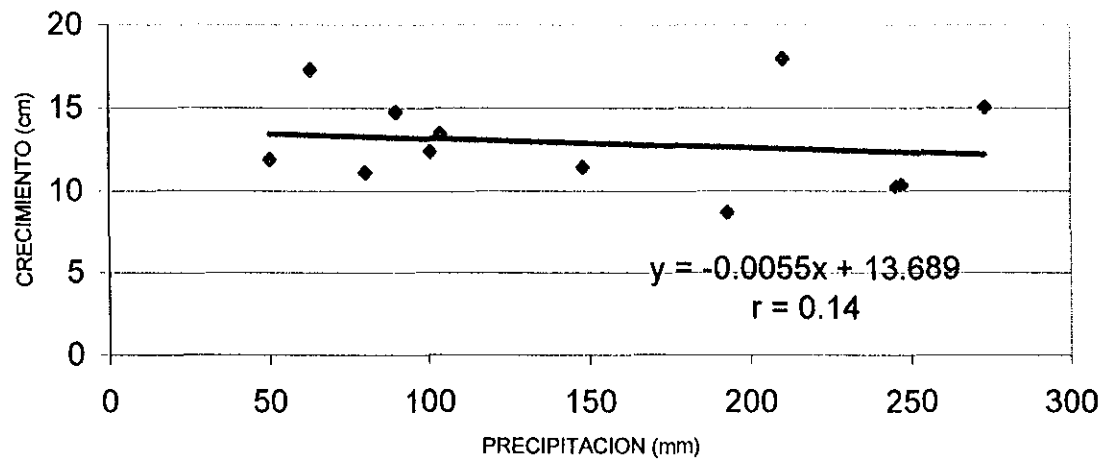


FIGURA 12 DEPENDENCIA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO EN RAMAS DE PLANTAS DE PITAYO *S. queretaroensis* Y LA EVAPORACION DEL INVIERNO DE 1983 AL INVIERNO DE 1994 DE MANERA ACUMULADA EN ATOYAC, JAL.

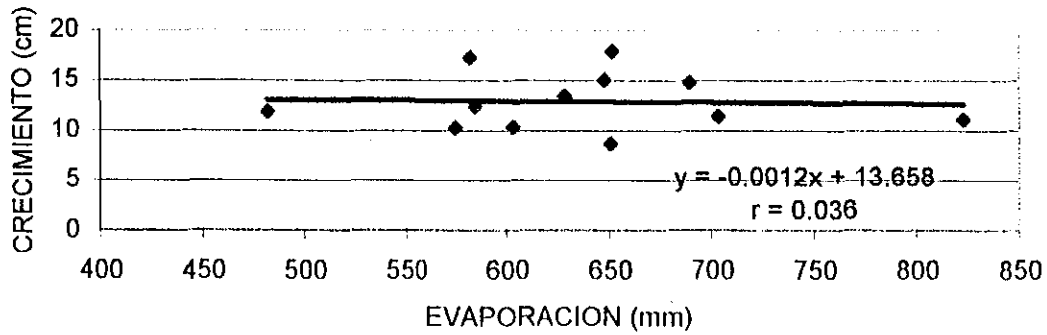


FIGURA 13 DEPENDENCIA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO EN RAMAS DE PITAYO *S. queretaroensis* Y LA TEMPERATURA MEDIA ACUMULADA DE LA PRIMAVERA DE 1983 A LA PRIMAVERA DE 1994 EN ATOYAC, JAL.

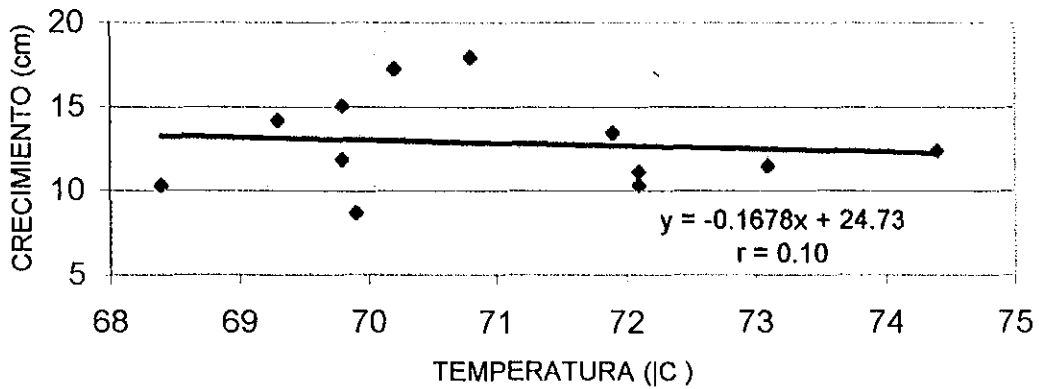


FIGURA 14 DEPENDENCIA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO EN RAMAS DE PITAYO *S. queretaroensis* Y UNIDADES CALOR DE OTOÑO DE 1983 AL OTOÑO DE 1994 DE MANERA ACUMULADA EN ATOYAC, JAL.

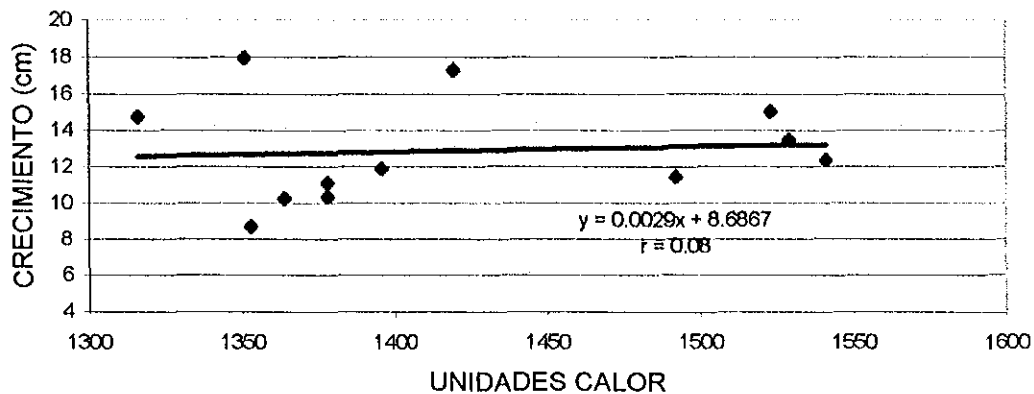


FIGURA 14 DEPENDENCIA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO EN RAMAS DE PITAYO *S.queretaroensis* Y RADIACION SOLAR DEL VERANO DE 1983 AL VERANO DE 1994 DE MANERA ACUMULADA EN ATOYAC, JAL.

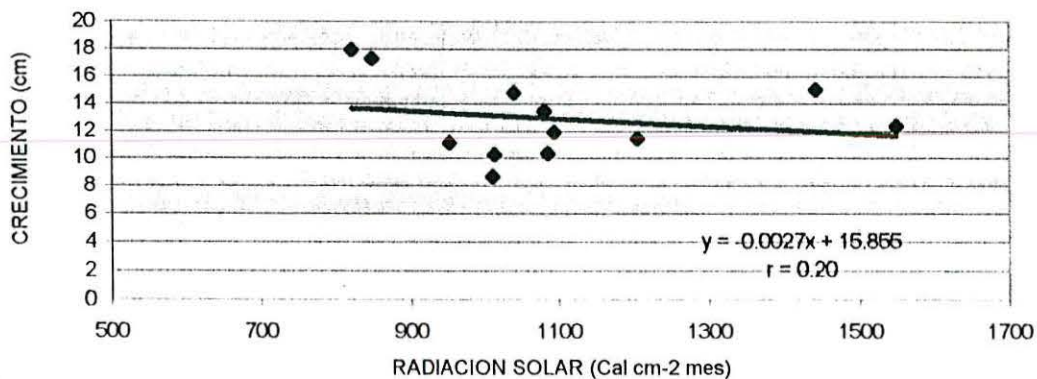


FIGURA 15 DEPENDENCIA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO EN RAMAS DE PITAYO *S. queretaroensis* Y LA OSCILACION DEL VERANO DE 1983 AL VERANO DE 1994 DE MANERA ACUMULADA EN ATOYAC, JAL.

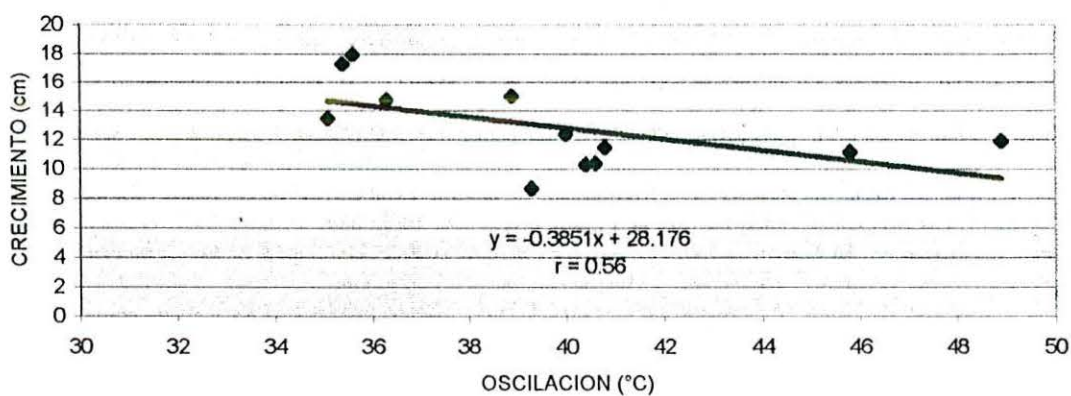
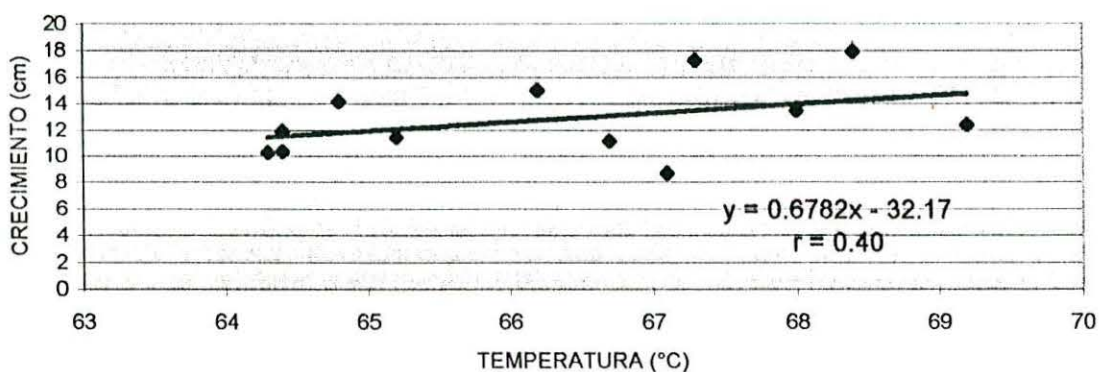


FIGURA 17 DEPENDENCIA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO EN RAMAS DE PITAYO *S. queretaroensis* Y LA TEMPERATURA MEDIA DEL VERANO DE 1983 AL VERANO DE 1994 DE MANERA ACUMULADA EN ATOYAC, JAL.



#### 4.6 Relación entre el crecimiento y valores estacionales acumulados de variables climáticas.

Para llevar a cabo esta observación se tomaron los datos climáticos estacionales acumulados, y se relacionaron estos con los principales fenofases o estadios fenológicos. La evaluación del mejor modelo de regresión (Cuadro 10) se puede apreciar que las nueve variables que presenta son altamente significativos al 0.05 de probabilidad.

CUADRO 10 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN, COMO DEPENDIENTE CRECIMIENTO VEGETATIVO DEL PITAYO (*S. queretaroensis*), INDEPENDIENTE VARIABLES CLIMÁTICAS ACUMULADAS DE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JALISCO.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	P F	R <sup>2</sup>	R
Regresión	9	71.3521	7.9280	30744.	0.0044	0.9999	1.00
Error	1	0.00025	0.00025				
Total	10	71.3524					
Variable	Parámetro estimativo	Error estándar	Suma de cuadrados	F calculada	P F		
Intercepto	-15.05067	0.3586	0.4541	1761.	0.015		
EINV	0.03428	0.0002	4.8760	18908.	0.0046		
TMDPRI	-0.6140	0.0059	2.7467	10651.	0.0062		
PPRI	0.0091	0.0001	1.8818	7297.	0.0075		
TMVER	1.5155	0.0061	15.9145	61715.	0.0026		
TMDVER	0.037	0.0075	0.0062	24.34	0.127		
OVER	0.017	0.0019	0.020	79.72	0.071		
RVER	0.0006	0.00003	0.063	247.41	0.0404		
UCOTO	0.0057	0.0001	0.538	2080.1	0.0139		
TMOTO	-0.809	0.0043	8.890	34475.4	0.0034		

CRE = Crecimiento vegetativo.      TMVER = temperatura mínima de verano      UCOTO = Oscilación otoño.  
 PPRI = Precipitación primavera.      TMDVER = temperatura media de verano      TMOTO = temperatura mínima otoño  
 EINV = Evapotranspiración de invierno      OVER = oscilación de verano  
 TMDPRI = temperatura media de primavera      RVER = Radiación solar de verano

También se observa que los valores de tablas para las "Y" es significativo en ambos casos, lo cual quiere decir que para cada cambio de ( $X^1, X^2, X^3$ ) la "Y" se vera afectada con un coeficiente de correlación múltiple  $r = 1$  teniendo como coeficiente de determinación  $r^2$  de 0.99 % que es lo que explica en este caso.

Se presentan los modelos de regresión múltiple con mayor dependencia presentados en el (Cuadro 11). Para las temperaturas mínimas acumuladas de verano, temperaturas mínimas acumuladas de otoño, precipitación pluvial acumulada de primavera, evaporación acumulada de invierno, temperatura media acumulada de primavera, unidades calor acumuladas de otoño, radiación solar acumulada de verano, oscilación acumulada de verano y temperatura media acumulada de verano, que son las que mejor ajustan al modelo Stepwise.

**CUADRO 11 MODELO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE CON LAS VARIABLE DEPENDIENTE EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DEL PITAYO *S. queretaroensis* Y INDEPENDIENTES VARIABLES CLIMÁTICAS DE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JALISCO.**

Nº	R <sup>2</sup>	R	Modelos de regresión
1	0.65	0.80	$Y = -26.30 + 0.84(TMVER)$
2	0.79	0.88	$Y = -21.43 + 1.11(TMVER) - 0.50(TMOTO)$
3	0.92	0.95	$Y = -25.20 + 1.37(TMVER) - 0.80(TMOTO) + 0.014(PPRI)$
4	0.95	0.97	$Y = -35.55 + 1.50(TMVER) - 0.90(TMOTO) + 0.014(PPRI) + 0.016(EINV)$
5	0.98	0.98	$Y = -16.69 + 1.44(TMVER) - 0.70(TMOTO) + 0.009(PPRI) + 0.025(EINV) - 0.37(TMDPRI)$
6	0.99	0.99	$Y = -13.97 + 1.48(TMVER) - 0.80(TMOTO) + 0.009(PPRI) + 0.033(EINV) - 0.57(TMDPRI) + 0.006(UCOTO)$
7	0.999	0.999	$Y = -12.63 + 1.50(TMVER) - 0.80(TMOTO) + 0.008(PPRI) + 0.034(EINV) - 0.60(TMDPRI) + 0.006(UCOTO) + 0.0006(RVER)$
8	0.9999	0.9999	$Y = -14.57 + 1.53(TMVER) - 0.80(TMOTO) + 0.009(PPRI) + 0.034(EINV) - 0.60(TMDPRI) + 0.005(UCOTO) + 0.0006(RVER) + 0.0006(OVER)$
9	0.9999	1	$Y = -15.05 + 1.51(TMVER) - 0.80(TMOTO) + 0.009(PPRI) + 0.034(EINV) - 0.61(TMDPRI) + 0.005(UCOTO) + 0.0006(RVER) + 0.037(TMDVER)$



**CUADRO 12 RELACIÓN FENOLÓGICA CON LAS VARIABLES CLIMÁTICAS QUE MEJOR DEPENDENCIA PRESENTAN EN ATOYAC, JAL.**

<b>PITAYO</b>											
<u>desarrollo del fruto</u>						<u>Crecimiento vegetativo</u>					
<u>desarrollo floral</u>				<u>reposo</u>							
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>INV IERNO</b>			<b>PRIMAVERA</b>			<b>VERANO</b>			<b>OTOÑO</b>		
EVA 151.4mm			PRECI 50. mm			T. MIN. 15.6 °C			T. MIN. 11.4 °C		
			T. MED 23.4 °C			OSCI 13 °C			U. C. 473(20°C)		
						R. SOL 365 Cal					
						T. MED 22 °C					

Observaciones en el (Cuadro 12 ) anterior nos hace suponer que en el período de reposo que se presente en verano, le sirve para acumulación de unidades calor, favorables para el metabolismo de crecimiento de la planta.

## V DISCUSION

La tasa anual de crecimiento del tallo de *S.queretaroensis* promedio de 12 años fue de 0.038 cm día<sup>-1</sup> en plantas adultas lo cual es un crecimiento reducido, comparado con otras como Opuntia (Ficus-indica)(0.057 cm día<sup>-1</sup>) Robles,1994.

Lo que mas llama la atención es la relación directa entre el crecimiento de las ramas de pitayo *S. queretaroensis* y las temperaturas mínimas de verano y en el otoño se reportan más bajas en las que se detiene el crecimiento. Este hecho refuerza las observaciones recientes sobre fotosíntesis en pitayo y otras suculentas en las que es claro que las temperaturas nocturnas son muy importantes en la actividad fotosintética, lo cual es lógico por ser esta una planta con metabolismo CAM que presenta apertura o fijación nocturna de CO<sub>2</sub>. La disminución de las temperaturas del aire en el verano y comienzo de la estación seca coincide con el inicio del crecimiento de ramas.

La precipitación pluvial de primavera en forma acumulada es la que influye de manera positiva y es el inicio de la época de lluvias, cuando el pitayo *S. queretaroensis* se encuentra en fructificación, y se tiene ausencia de crecimiento vegetativo hasta mediados de verano periodo máximo de lluvias; sugiere la posibilidad que durante ese tiempo se lleve a cabo el desarrollo del sistema radicular, que inicia poco después de este evento, para la siguiente estación seca del año y, además puede ser de utilidad para entender los patrones de distribución de carbohidratos, debido a que las fluctuaciones de azúcares totales en los tallos de pitayo *S. Queretaroensis*, registrados son inferiores a la producción mensual de fotosintetizados producidos por la planta (Nobel y Pimienta, 1995).

La radiación solar se reporta en forma directa y la que afecta es la de verano de manera acumulada ( $\bar{X} \pm 365 \text{ cal cm}^{-1} \text{ mes}^{-1}$ ), época de lluvias en donde la calidad de la luz disminuye significativamente debido a la sombra generada por la nubosidad y la vegetación natural asociada que es abundante durante el periodo que es normal en esta época. siendo una limitante para el crecimiento de ramas del pitayo *S. queretaroensis*. La luz le sirve a la planta de pitayo para fotosintetisar carbohidratos, y empezar la

acumulación de azúcares a principios de verano ocurriendo inmediatamente después de la producción. Este patrón de acumulación de azúcares es similar al reportado en especies leñosas caducifolias, las que presentan ciclos estacionales en la acumulación de reservas. Por otro lado, desde el punto de vista fenológico, el pitayo se comporta en forma similar a la especie forestales que se desarrollan en climas tropicales secos, en las que la floración y fructificación coinciden con la estación seca del año y no empieza el crecimiento vegetativo hasta que ha terminado el crecimiento reproductivo (Jansen, 1967; Longino, 1986).

Una observación es que, los índices de temperatura que más influyeron en el crecimiento de ramas de pitayo en verano son: temperatura mínima, oscilación y temperatura media; En el otoño las unidades calor, influyen en el crecimiento pero a temperatura mínima de 11.4 °C se detiene; Y en primavera ocurre algo similar el crecimiento se detiene a 23 °C. Lo que hace suponer que estamos determinando su límite de adaptación favorable que es de un rango de 11.4 °C mínima y 23.6 °C máxima para el crecimiento vegetativo de pitayo, que depende de la cantidad de calor que este recibe. La temperatura afecta el desarrollo de la planta a través de los procesos metabólicos; Esto quiere decir, que el pitayo alcanzara una determinada etapa fenológica cuando haya recibido cierta cantidad de calor. Cada especie o variedad posee, en cualquier estado determinado de su vida ó condiciones una temperatura mínima debajo de la cual no crece, una temperatura óptima en la que crece con una tasa máxima y temperatura máxima por encima de la cual no crecerá y con la que incluso puede morir (Salisbury, 1994).

## VI CONCLUSIONES

Aunque el pitayo ha sido cultivado en México por más de 100 años, es poco lo realizado en torno a su domesticación. Los trabajos de domesticación han sido realizados principalmente por los campesinos que habitan las regiones en que se desarrolla esta planta, y estos han centrado su esfuerzo principalmente a la selección de fenotipos sobresalientes en las poblaciones naturales, asignando una especial importancia a la calidad de los frutos ( Nobel y Pimienta , 1994) y no ha la producción de biomasa (Nobel y Pimienta, 1995).

La subcuenca de Sayula reúne las condiciones ambientales propicias para el establecimiento de huertos de pitayo.

El pitayo presento una tasa de crecimiento promedio de 12 años en el periodo de estudio de 1983 a 1994 fue baja de  $13.91 \text{ cm año}^{-1}$  . siendo similar a otras especies columnares y menor en comparación con otras especies. Se establece que el pitayo presenta una tasa lenta de crecimiento, respuesta que es común en plantas que se desarrollan en ambientes de baja actividad fotosintética.

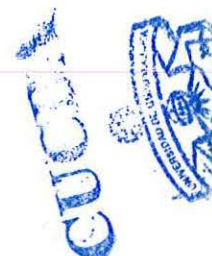
De las variables climáticas ambientales evaluadas y que mejor respuesta presentaron de manera acumulada estacional, en el análisis son: temperatura mínimas y media, oscilación y radiación de verano, precipitación y temperaturas medias de primavera, temperatura mínima y unidades calor de invierno, evaporación de invierno.

Por su parte Salisbury (1994) aunque la capacidad de una planta de realizar metabolismo CAM ésta genéticamente determinada, su control también es ambiental. En general, el metabolismo CAM se ve favorecido por los días calurosos con niveles de irradiación elevados, noches frías y suelos secos situación que predomina en los desiertos.

## VII LITERATURA CITADA.

- Alonso, A. A. 1981. Estudio ecológico para la introducción de variedades mejoradas de nogal pecanero (*Carya illinoensis*, Moch) en el Municipio de Atoyac. Jal. Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara.
- Arreola, N. 1990. Inventario de las cactáceas de Jalisco y su distribución. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. XXXV: 3-13
- Bidwell, R. G. 1979. Fisiología Vegetal. 2ª ed Ed. A.G.T. México 784 p.
- Breuer, O.H. 1969. Fitogenética Aplicada. Ed. Limusa-Wiley, México.
- Bravo, H. H. 1978. Las Cactáceas de México. vol. 1 Universidad Nacional Autónoma de México, 735 p.
- Cruz, H. P. 1984. Algunas características del cultivo de la pitaya (*Stenosereus spp*) en el estado de Puebla. En: Memoria del simposio sobre Aprovechamiento del pitayo. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. pp. 49-62
- Chapin, S. F. 1980. The mineral nutrition of wild plants. Ann. Rev. Ecol. Syst. 11: 233-260.
- Daubenmire, R. F. 1990. Ecología vegetal, Tratado de Autoecología de Plantas. Noriega-Limusa, México, D. F. 496 p.
- De Morales, C. B. 1978. Manual de Ecología. UMSA. Bolivia. Instituto de Ecología 364 p.

- Domínguez, D.A 1995. Efectos del suministro de agua en el desarrollo y esfuerzo reproductivo de pitayo (*Stenocereus queétaroensis* (Weber) buxb). Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. México.
- Duch, G. J. 1982. El concepto de medio geográfico y el problema de la diferenciación regional en los estudios sobre la producción agrícola. *Revista de Geografía Agrícola* Enero de 1982. pp. 45-55.
- Duran, N.T. 1993. Climatología. Análisis geográfico y social de la zona zacoalco-sayula. Benemérita Sociedad de Geografía y Estadística del Estado de Jalisco. Guadalajara, México. pp. 52-51.
- Estrada, F. E. 1993. El entorno natural de la zona zacoalco-sayula. Análisis geográfico y social de la zona zacoalco-sayula. Benemérita Sociedad de Geografía y Estadística del Estado de Jalisco. Guadalajara, México. pp.19-26.
- Fischer, A. R. and Turner, N. C. 1978. Plant productivity in the árid and semiarid zones. *Ann. Rev. Plant physiol.*29: 277-317
- Flores, H. Y J. Valdés. 1990. Desiertos de Iberoamérica. Iberoamérica, México.
- Gibson, A. C. 1990. The systematic and evolution of the subtribe Stenocereinae. *Stenocereus queretároensis* and its closest relatives. *Cactus and succulent journal* (U.S.A.) 62 (4):170-176.
- Gómez-Pompa, A 1985. Los Recursos Bióticos de México (reflexiones). Ed. Alhambra Mexicana. México.



- Grime, P. J. 1979. *Plant Strategies and Vegetation Processes*. John Wiley & Sons. New York, N. Y.
- Hernández, X. E. 1954. *Las Zonas Agrícolas de México*. Nueva agronomía, Ed Alenagro. Serie Técnica, Ateneo Nacional Agronómico.
- INEGI . 1998 Instituto de Geografía , Departamento de Programación y Desarrollo del Estado.
- Jansen, H. D. 1976. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in central America. *Evolution* 21: 620-637
- Jiménez, L. G. 1993. Estudio anatómico preliminar del tallo en pitayo (*Stenocereus queretaroensis* (Web) Buxb). Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. México.
- Little, T. M. y Hills, F.J. 1981. *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*. Ed. Trillas. México. 269 .
- Lomelí, M. E. 1995. Demografía reproductiva y fenológica floral en pitayo (*Stenocereus queretaroensis* (Web) Buxb). Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. México.
- López, P. J. 1993. Caracterización Agroecológica y Social del Pitayo (*Stenocereus queretaroensis*), En la Subcuenca de Sayula, Jalisco. México. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. México. 183 p.

- Maldonado, J. L. 1983. Caracterización y usos de los recursos naturales de las zonas áridas. In: Molina J. J.(ed.). Recursos Agrícolas de las Zonas Áridas y Semiáridas de México. colegio de Post-graduados de Chapingo, México.
- Margalef, R. 1981. Ecología. Ed. Planeta . Barcelona, España. 252 p.
- Martínez, G. A. 1988. Diseños Experimentales. Métodos y Elementos de Teoría. Ed. Trillas. México. 756 p.
- Matute, R. J. 1993. Cuenca de las playas de Sayula. Análisis Geográfico y Social de la Zona Zacoalco-Sayula. Benemérito Sociedad de Geografía y Estadística del Estado de Jalisco. Guadalajara, México. pp. 27-37.
- Medina, R. J. Y Hernandez, G. E.1993. Evaluación Hidrológica de la Subcuenca del Lago de Sayula. Análisis Geográfico y Social de la Zona Zacoalco-Sayula. Benemérito Sociedad de Geografía y Estadística del Estado de Jalisco. Guadalajara. México. pp. 38-51
- Miller, G.T. 1994. Ecología y Medio Ambiente. Iberoamericana. México.
- Miranda, F. G. Y Hernandez, E. 1976. Un Método para la Investigación Ecológica en las Regiones Tropicales. Inst Biol. UNAM, México, 38 Ser, Bot. (1):101-110.
- Molina, G. J. 1983 Recursos Agrícolas de Zonas Áridas y Semiáridas de México. Simposio Vigésimo Aniversario del Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 159 p.
- Munguía, C. F.1988. La Provincia de Avalos. Depto. de Bellas Artes. Gobierno del Estado de Jalisco, 2º Ed. Jalisco, México.



- 1993. Datos Históricos del Valle de Zacoalco-Sayula. Análisis Geográfico y Social de la Zona Zacoalco-Sayula. Benemérito Sociedad de Geografía y Estadística del Estado de Jalisco. Guadalajara, México. pp. 172-194.
- Nava, C. R., R. Armijo, T. Y J. Gasto. 1979. Ecosistemas: La Comunidad de la Naturaleza y el Hombre. Ed. Univ. Auto. Agraria. "Antonio Navarro", Chile 332 p.
- Nerd, V. B. and J. C. Crane. 1962. Cell division and enlargement in mesocarp parenchyma of gibberellin-induced parthenocarpic peaches. *Botanical Gazette* 123 (4): 243-246.
- Nobel, P. S. 1982. Low temperature tolerance and cold hardening of cacti. *Ecology* 63(6):1650-1656.
- 1984. Influence of freezing temperatures on a cactus, (*Coryphantha vivipara*. *Oecología (Berl)*. 48: pp. 194-198.
- 1995. Avances recientes en la ecofisiología de *Opuntia ficus-indica* y otras cactáceas. In Pimienta Barrios E, C. Neri Luna, A. Muñoz Urias y F.M. Huerta. Martínez. Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. 6 Congreso Nacional y 4 Congreso Internacional. Zapopan, Jalisco, México. pp. 77-83
- Nuño, R. R. 1988. Determinación de Zonas de Eficiencia Agroclimática para el Maíz. Tesis de Maestría. División de Ciencias Agronómicas, Universidad de Guadalajara. México.
- Odum, P. E. 1975. *Ecología*. Editorial C.E.C.S.A. México, D.F. 295 p.

- Parra, V. M. Perales, R. M y Hernández, X. E. 1982. Desarrollo Histórico del Concepto de Región y su Aplicación en México. Revista de Geografía Agrícola N° 2 Enero. 31 p.
- Pimienta, B. E. Tomas, V. M. 1992. Caracterización de la Variación de algunos Componentes Químicos de la Pulpa y Semilla del Fruto Pitaya (*Stenocereus queretaroensis* (Web) Buxb). Revista Cact. Suc. Mex. 38 pp. 82-88.
- y Nobel, P. S, 1994. Pitaya (*Stenocereus* spp), Cactaceae): An Ancient and Modern Fruit Crop of México. Economic Botany 48: pp.76-83.
- C. Robles. M, P. S. Nobel, F. M. Huerta. M y A. Domínguez. T, 1995. Ecofisiología y productividad de pitayo (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum).  
In: Pimienta Barrios E, C. Neri. Luna, A. Muñoz Urias y F.M. Huerta. Martínez. Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. 6 Congreso Nacional y 4 Congreso Internacional, Zapopan, Jalisco, México. pp. 176-185.
- Piña, L. I. 1977. Pitayas y otras Cactáceas afines de Estado de Oaxaca. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. México. XX11: pp.3-14.
- Robles, M. C. 1994. Estudio Anatómico-Fisiológico comparativo entre el Nopal (*Opuntia ficus-indica* ( L ) Miller). y el Pitayo (*Stenocereus queretaroensis* ( Web) Buxb). Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara, México.
- Rojas, G. M. 1979. Fisiología Vegetal Aplicada. 2ª Ed. Me Graw-Hill de México. México. 262 p.
- Ryugo, K. 1988. Fruit culture. John Wiley. New York.

- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa . México . 432 p.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1992. Fisiología Vegetal. Ed. Iberoamericana S. A. de CV México. 759 p.
- Standley, D. S. Didden-zopfy, B. and Nobel, P. S. 1984. High temperature responses of North American cacti. Ecology 65-2. 1984. 643 p.
- Tomas, V. M. 1992. Caracterización de la Variación de algunos Componentes Químicos de la Pulpa y Semilla del Fruto Pitaya (*Stenocereus queretaroensis* (Web) Buxb). Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. México.
- Torres, N. W. 1984. Análisis del Crecimiento de las Plantas. INCA, Cuba. 38 p.
- UCAR, 1991. Arid Ecosystem Interaction Workshop on Recommendations of Dryland Research in the Global Changes Research Program. Boulder, Colorado. october 25-27 1989.
- Vickery, M. L. 1984. Ecology of Tropical Plants. Ed. John Wiley & sons. Canadá. 174 p.
- Villalpando, I. J. F. 1985. Metodología de Investigación en Agroclimatología. Curso para Aspirantes a Investigadores del INIP, INIF, INIA, SARH. Cons. Dir. de la Inv. Agr. Pec. y Forestal. México.

## **APENDICE**



CUADRO I A DATOS DE CAMPO DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE RAMAS DE PLANTAS SILVESTRES DE PITAYO (S. queretaroensis) DE 1983 a 1994 EN ATOYAC, JAL.

PLANTA	BRAZO	1994	1993	1992	1991	1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984	1983
1	1	16	15.7	10	23	24	12	15.5	13				
	2	14	16	14	20	20.7	5						
2	1	8	7	42	11								
	2	7	7.5	38	35	9.5	12	9	9.1	13	15	10	12
	3	14	21										
	4	9	9.3	32	23	12							
3	1	14	16	43	18	27	43	24	11				
	2	20.2	15.5	42									
	3	10	8	20.5	12	22	9	17	10	11	4	3	22
4	1	11	14	30	26	9							
	2	11	20	18	39	21							
	3	7	29	4	22	20	8	5					
	4	12	16	5									
5	1	24	23										
	2	22	12	42	52	36							
6	1	14	13	16	35	21	8						
	2	16	24	32	17	7							
7	1	4	8	11	7.5	6	5	3	4	5	16	13	12
	2	9	11	13	16								
8	1	14	9	9	8	13	12	24					
	2	5	5	9	8	13	3	3.5	4.3	4	9	5	10
9	1	4	4	3.5	3.5	11	3	16	7	18	17	17	14
10	1	7	6	7	12	18	12	9	10	7	5	4	12
	2	4	7.5	3.2	6	3	4.5	7	6	5	13	17	20
11	1	16	14	6									
12	1	0	16	15	12	13	17						
13	1	13	17	22	11	18	24						
	2	30	18	13									
14	1	14	7	22	30	12							
	2	15	20	16	16	13							
	3	13	16	34	26								
15	1	24	19	30	17.5								
	2	18	8										
16	1	3	7	7	8	9.9	11						
17	1	8	8	7.2									
	2	4	3.2	3.7	4.2	6	4.5	11.7	18	12	16	13	16
18	1	8	6.7	6									
	2	4.5	3	7.5									
19	1	19	24	13	8								
	2	15	17	26									
20	1	14	16	3									
	2	12	15.5	15									
	3	27	33	10									
21	1	17	16	14									
	2	14	9	15	20	26							
22	1	7	9	11	12	4	7	4	3	18			
	2	9.5	12	19	15	10							
		12.365957	13.444681	17.263636	17.928125	15.003704	11.111111	11.438462	8.6727273	10.3333333	11.875	10.25	14.75

CUADRO 2A PROMEDIO MENSUAL DE LAS TEMPERATURAS MINIMAS °C DE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JAL.

AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
83	5.4	5.4	6.5	8.3	12	14.2	16	15.5	15.1	14.5	11	6.3
84	7.1	7.8	9.4	10.7	12.9	14	15.1	15	14	13.9	11.1	8.9
85	6.9	8.5	11.8	12	14	15.5	15.5	15.1	15.1	13.9	8.9	9.5
86	7.4	9.9	12.9	15.6	13.1	13.8	14.7	14.3	15	13.6	12.4	9.7
87	7.6	8.1	8.8	12.4	12.7	14.5	15.9	15.9	15.7	12.3	10	8
88	7.7	9.1	11.3	14.1	13.7	14.1	14.9	14.5	15.5	13.8	10.5	8.5
89	7.8	8.5	8.3	9.7	14.3	15.5	16.1	16.1	11.7	13.6	10.6	8.4
90	7.8	8.5	10	12.2	13.6	15.4	15.9	15.7	15.2	13.8	12.3	9.8
91	8.7	10.1	10.2	12.5	16.9	14.4	16.8	16.8	17.1	14.6	11.5	10.5
92	10.5	8.1	11.8	14.5	12	18.3	16.9	16.4	16.4	11.1	11.1	11.1
93	9.8	8.2	9.1	12.1	13.3	17.6	16.7	16.6	16.3	15.7	12.2	10.9
94	8	9.8	10.3	12.8	15.5	16.5	16.5	16.5	16.2	15.2	12.3	10.5

CUADRO 3A PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURAS MEDIAS °C DE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JAL.

AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
83	16.2	16.3	17.9	21.4	23.4	24.5	21.7	21.8	21.3	21.5	19.2	17.2
84	17.4	17.9	20.7	22.4	23.8	22.2	21.9	21.9	20.5	21.3	20	18.1
85	17	18.8	21.8	22.3	24.7	22.8	21.4	21.5	21.5	21.2	19.3	20
86	19.6	20.9	22.6	25	24.6	22.5	21.3	21.4	21.7	20.6	20.6	18.8
87	17.3	18.3	20	23.3	23.2	23.4	22.2	22.1	22.8	21.3	19.7	18.1
88	18.2	19.7	20.7	24.6	25.1	23.4	21.3	21.1	22.8	22.8	21.6	19.2
89	19.3	19.6	19.7	21.6	25.5	25	23.5	23.8	19.4	21.4	20	18.5
90	20	19.5	21.6	23	24.1	22.7	22.3	22.1	21.8	21.6	22.5	20.6
91	19.6	21.1	19.9	22.4	23.9	24.5	23	22.5	22.9	22.3	20.4	18.6
92	16.2	17.7	21.5	23.1	21.6	25.5	22.8	22.5	22	19.5	19.8	19.8
93	18.9	19.4	20.3	22.9	23.5	25.5	22.7	22.9	22.4	23.1	21.3	20.4
94	18.7	20.2	21.9	24.1	25.9	24.4	23.9	22.4	22.9	22.9	21.8	20.6

CUADRO 4 A PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURAS MAXIMAS °C DE 1983 A 1994 ATOYAC, JAL.

AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
83	27	27.2	29.4	34.4	34.6	34.8	27.4	28.1	27.4	28.5	27.5	28.1
84	27.6	28	32	34.1	34.7	30.5	28.7	28.7	27.1	28.8	29	27.4
85	27.2	29.1	31.8	32.7	35.5	30.1	27.3	28	28.6	28.5	29.6	30.5
86	31.8	31.8	32.2	36.3	36.1	31.2	27.8	28.4	28.4	27.6	29.2	27.8
87	27.1	28.6	31.3	34.2	33.7	32.4	28.6	28.3	29.9	30.3	29.5	28.2
88	28.7	30.3	30.2	35.2	36.5	32.8	27.8	27.7	30.2	31.9	32.7	30
89	30.9	30.8	31.1	33.5	36.8	34.5	31	31.6	27.1	29.2	29.5	28.6
90	32.2	30.5	31.2	33.8	34.6	30	28.7	28.6	28.4	29.3	32.8	31.4
91	30.5	32.5	29.7	32.4	31.4	34.7	29.2	28.3	28.8	30	29.4	26.7
92	21.9	27.3	31.2	31.8	31.2	32.7	28.8	28.6	27.7	27.9	28.5	28.5
93	28.1	30.7	31.6	32.7	33.7	33.4	27.8	28.3	28.6	30.6	30.4	29.9
94	29.4	30.5	33.6	35.4	36.7	32.3	31.3	28.3	29.6	30.7	31.3	30.7

CUADRO 5 A PROMEDIA MENSUAL DE PRECIPITACION PLUVIAL mm. DE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JAL.

AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
83	14.2	0	0	0	50.9	38.8	238.9	109.7	68.9	28.6	4.4	0
84	10.8	0	0	0	94.1	151.4	137.1	140.1	66.1	20.7	23.4	18.6
85	3.5	0	2.7	0	0	50.2	193.7	117.6	50.7	0	17.8	0
86	0	3.5	0	2.7	16.2	228.4	224.2	100.2	64.7	65.4	6	8.7
87	3.5	22.9	0	2.5	15.5	175	217.7	115.2	58.6	0	1	0
88	0	0	10.7	0	0	148.4	153.7	148.6	130.7	0	0	1.5
89	0	0	0	2.1	0	78.1	156.1	42.9	98.9	110.6	9.5	6.1
90	6.1	14.9	0	5.2	81	187.3	115.4	89.6	99.6	38.8	2.9	10.7
91	1.5	0	0	3	207.2	0	74	186.5	54.7	13.8	25.8	39
92	331.5	4.5	0	18.5	17	27.4	97.4	127	74.8	113.2	3.5	21
93	32	0	0	0.5	2.5	100.9	251.3	145.8	48.2	42.8	0	0
94	0	0	0	0	15.5	85.2	84.1	137.9	66.6	38.7	11.1	3



CUARO 6 A PROMEDIO MENSUAL DE LA EVAPORACIÓN mm. DE 1983 A 1994  
EN ATOYAC, JAL.

AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
83	100.6	135.2	215.6	228.2	242.4	219	110.9	98.7	119	135.2	112.9	128.8
84	121.2	124.9	167.5	194.4	201.7	179	164.9	159.9	117.3	125	125.5	115.6
85	115.6	122.9	180	183.3	123.2	175.5	142.5	99.1	131.2	143.2	129.5	127
86	162.7	160	202.3	216.8	212.7	173.8	138.6	143.6	122.6	101.9	109.4	105.1
87	97.9	133.9	165.9	223.6	243.8	183.2	156.3	128	129.6	160.6	147.1	142.9
88	136.5	162.1	172.1	226	264.5	212.9	139	111.7	112.1	152.8	141.1	132.8
89	151.7	161.6	207.4	225.2	313.1	284.2	151.1	163.6	131.2	134	123.1	124.1
90	128	137.9	196.2	228.6	223.3	196.3	139.8	129.3	122.9	137.7	128	130.3
91	125.7	141	198.5	214.8	222.5	214.5	140.9	132.4	122.8	168.2	162.6	157.7
92	120.2	136.5	173.9	174.2	197.5	210.9	149.5	130.5	123.8	164.8	165.7	196.2
93	132.1	146	171.5	196.8	208.7	223.4	140.2	128.2	122.2	143.7	138.1	145.5
94	132.4	136.7	179.5	196.5	200.2	188	143.8	130.3	122.6	140.6	141.5	142.6

CUADRO 7A PROMEDIO MENSUAL DEL INDICE DE ARIDEZ DE 1983 A 1994  
DE ATOYAC, JAL.

AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
83	0.188	0	0	0	0.279	0.236	2.846	1.482	0.771	0.282	0.051	0
84	0.118	0	0	0	0.622	1.127	1.108	1.167	0.75	0.22	0.269	0.186
85	0.04	0	0.02	0	0	0.381	1.811	1.582	0.515	0	0.183	0
86	0	0.029	0	0.016	0.101	1.751	2.155	0.93	0.703	0.855	0.073	0.11
87	0.047	0.228	0	0.014	0.084	1.273	1.856	1.197	0.602	0	0.009	0
88	0	0	0.082	0	0	0.929	1.474	1.773	1.554	0	0	0.015
89	0	0	0	0.005	0	0.366	1.378	0.349	0.913	1.099	0.102	0.065
90	0.062	0.144	0	0.03	0.484	1.272	1.099	0.924	1.081	0.376	0.03	0.11
91	0.015	0	0	0.018	1.241	0	0.7	1.877	0.593	0.109	0.211	0.329
92	3.676	0.043	0	0.141	0.114	0.173	0.868	1.297	0.805	0.915	0.028	0.142
93	0.322	0	0	0.003	0.015	0.602	2.389	1.515	0.525	0.396	0	0
94	0	0	0	0	0.103	0.604	0.779	1.41	0.724	0.366	0.104	0.028

CUADRO 8A PROMEDIO MENSUAL DE UNIDADES CALOR DE 1983 A 1994 DE ATOYAC, JAL.

AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
83	347	316	401	492	570	585	517	520	489	511	427	378
84	384	374	486	522	582	516	523	523	466	506	451	407
85	373	386	520	520	612	534	508	513	495	502	429	465
86	452	445	545	600	607	525	505	508	501	483	468	427
87	382	387	466	549	564	553	534	530	534	505	442	406
88	409	426	488	589	623	553	506	499	535	553	498	441
89	444	424	455	498	637	600	575	584	432	508	452	418
90	465	406	483	540	592	533	536	531	505	514	526	483
91	347	368	511	544	514	615	535	542	510	449	444	458
92	452	466	463	523	587	586	558	544	538	536	463	421
93	432	404	475	537	573	615	534	540	523	562	489	478
94	424	425	523	573	647	582	585	539	537	554	504	483

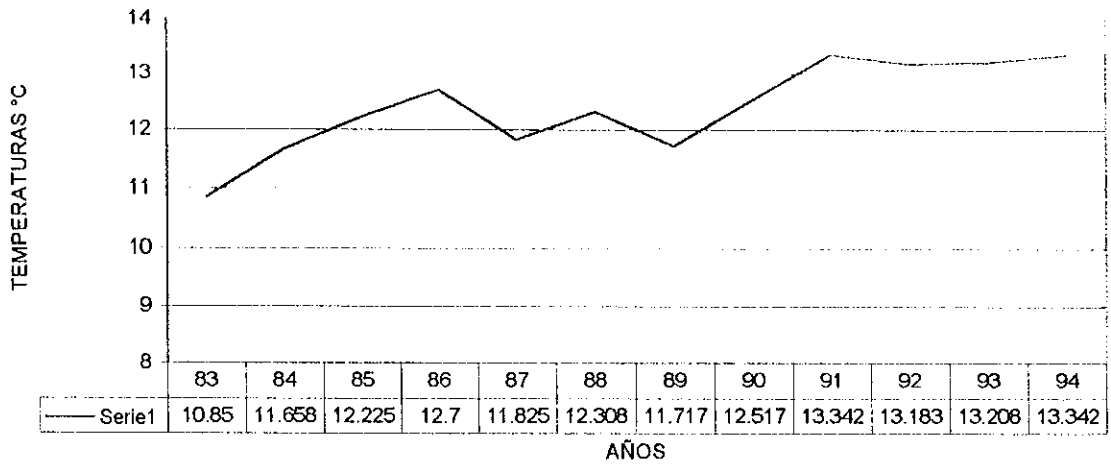
CUADRO 9A PROMEDIO MENSUAL DE LA OSCILACION TERMICA °C. DE 1983 A 1994 ATOYAC, JAL.

AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
83	21.6	21.8	22.9	26.1	22.6	20.6	11.4	12.6	12.3	14	16.5	21.8
84	20.5	20.2	22.6	23.4	21.8	16.5	13.6	13.7	13.1	14.9	17.9	18.5
85	20.3	20.6	20	20.7	21.5	14.6	11.8	22.9	14.2	14.6	20.7	21
86	24.4	21.9	19.3	20.7	23	17.4	13.1	14.1	13.4	14	16.9	18.1
87	19.5	20.5	22.5	21.8	21	17.9	12.7	12.4	14.2	18	19.5	20.2
88	21	21.2	18.9	21.1	22.8	18.7	12.9	13.2	14.7	18.1	22.2	21.5
89	23.1	22.3	22.8	23.8	22.5	19	14.9	15.5	15.4	15.6	18.9	20.2
90	24.4	22	21.2	21.6	21	14.6	12.8	12.9	13.2	15.5	20.5	21.6
91	21.8	22	19.5	19.9	14.5	20.3	12.4	11.5	11.7	15.4	17.9	16.2
92	11.4	19.2	19.4	17.3	19.2	14.4	11.9	12.2	11.3	16.8	17.4	17.4
93	18.3	22.5	22.5	20.6	20.4	15.8	11.1	11.7	12.3	14.9	18.2	19
94	21.4	20.8	23.3	22.6	21.6	15.8	14.8	11.8	13.4	15.5	19	20.2

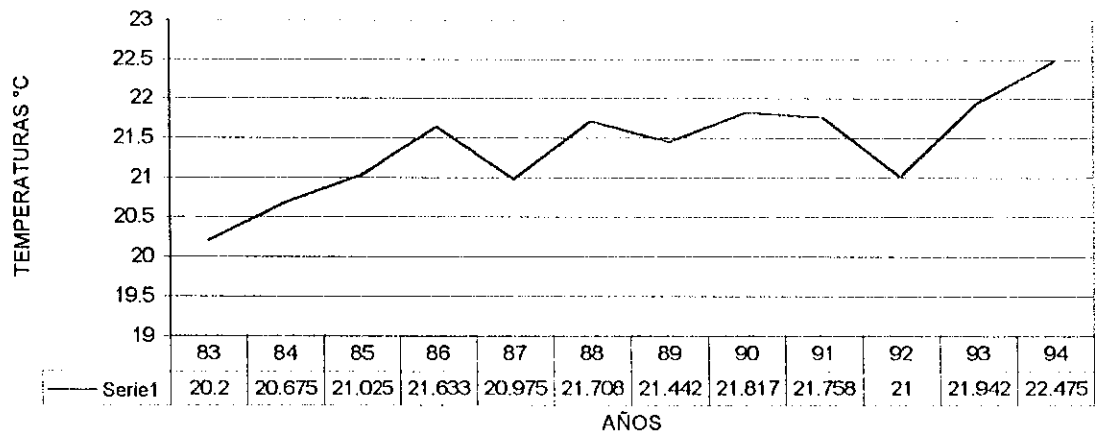
CUADRO 10 A PROMEDIO MENSUAL DE LA RADIACION SOLAR Cal cm<sup>-2</sup> mes<sup>-1</sup>. DE 1983 A 1994 EN ATOYAC, JAL.

AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
83	311.9	412.4	497.6	545.2	548.3	456	352	356.1	333.1	351.8	313.9	346.5
84	362.7	406.6	413.1	544.9	446.5	339.8	351.6	349.2	314.6	368	366.8	351
85	348.6	396.1	401.4	441.2	446.5	360.3	345.1	342.8	406.6	356.8	376.2	293
86	381.4	564.4	491	395.5	399	380.9	365	375.6	345.7	297.6	332.8	293
87	348.6	364.4	401.4	486.3	378.5	346.9	338.1	329.3	345.1	427.1	284.7	275.4
88	353.3	364.4	365.6	434.8	527.9	407.8	554.9	349.2	301.7	335.1	332.8	297.6
89	348.6	406.6	503.3	505.7	547.9	442.4	258.6	369.1	326.9	276	318.7	304.1
90	376.7	427.7	497.5	525.6	547.9	510.4	467	501	474.6	421.5	405.5	372.6
91	358	401.4	503.3	499.2	358.6	510.4	297.6	290	234.4	308.2	255.4	239.6
92	185.7	364.4	413.1	434.8	452.9	435.3	324.6	296.5	227.9	303.9	323.4	288.3
93	321.1	444.1	503.3	486.3	527.9	367.4	331.6	454.7	295.9	259.5	290.8	346.3
94	302.3	438.9	467.6	505.7	399	367.4	554.9	513.9	481.1	373.2	381.4	346.3

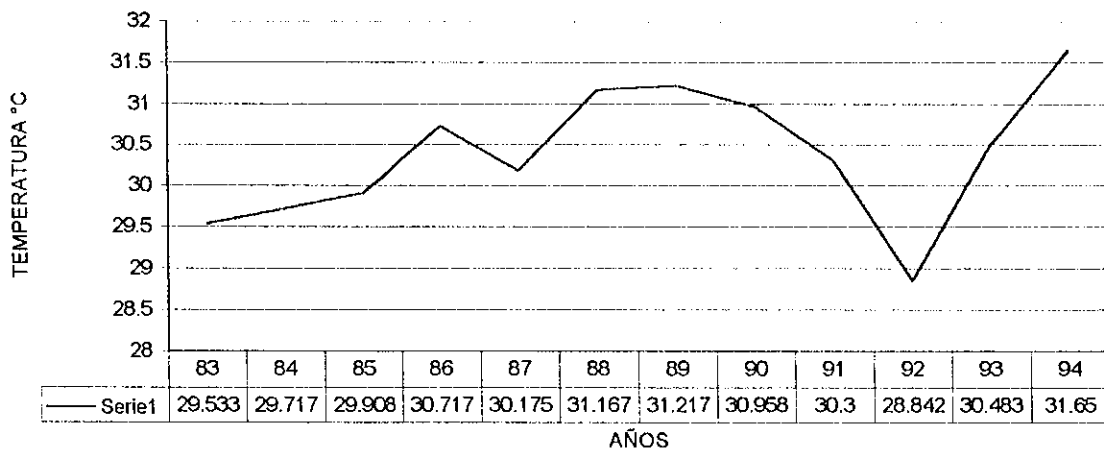
PROMEDIO DE TEMPERATURA MINIAMA



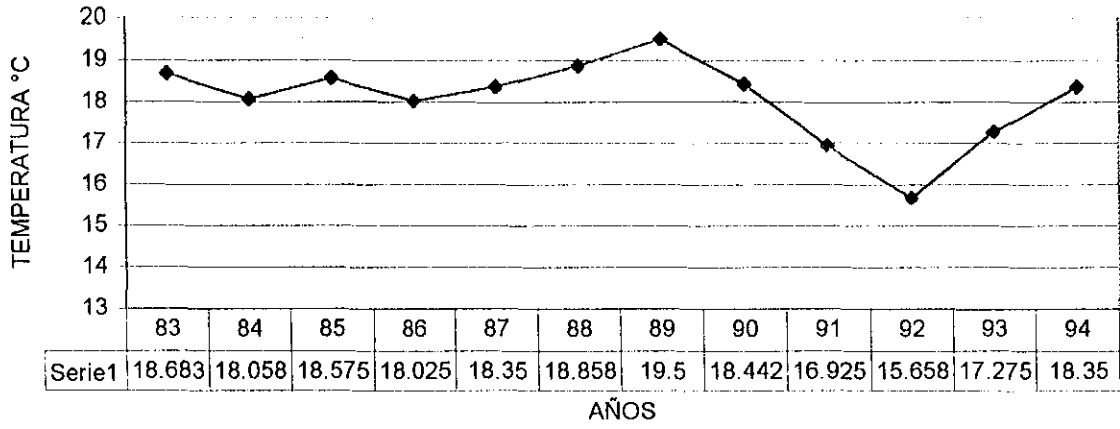
PROMEDIO DE TEMPERATURAS MEDIAS



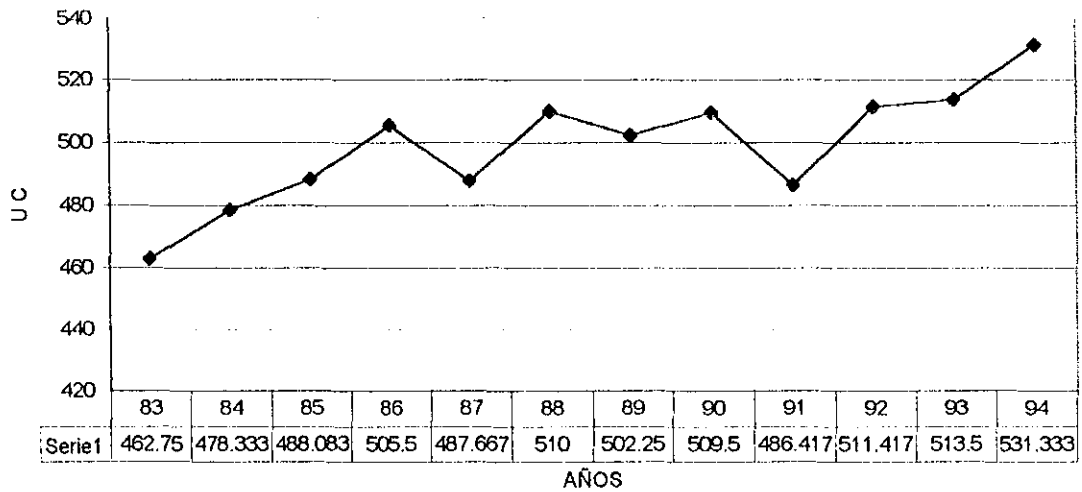
PROMEDIO DE TEMPERATURAS MAXIMAS



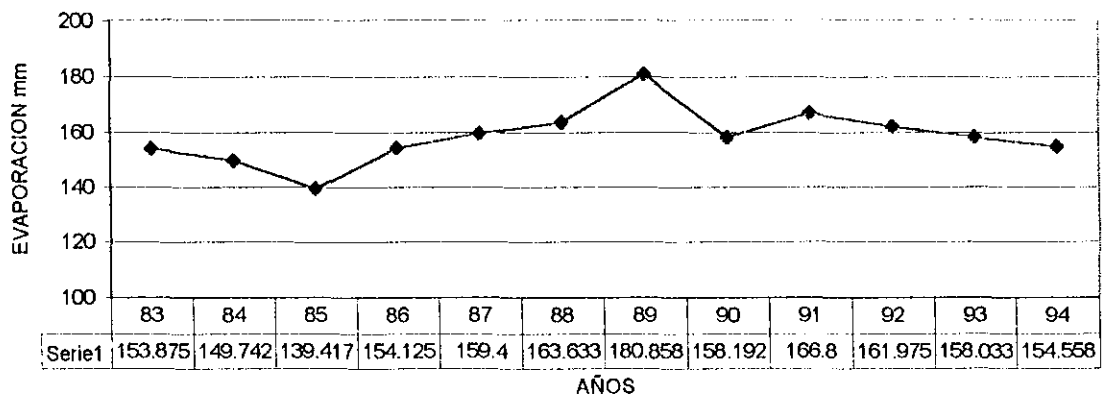
### OSCILACION



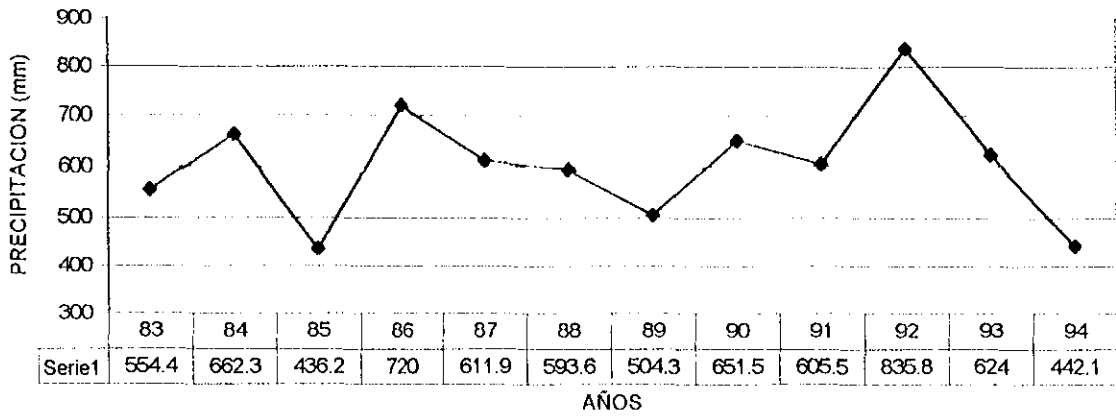
### UNIDADES CALOR



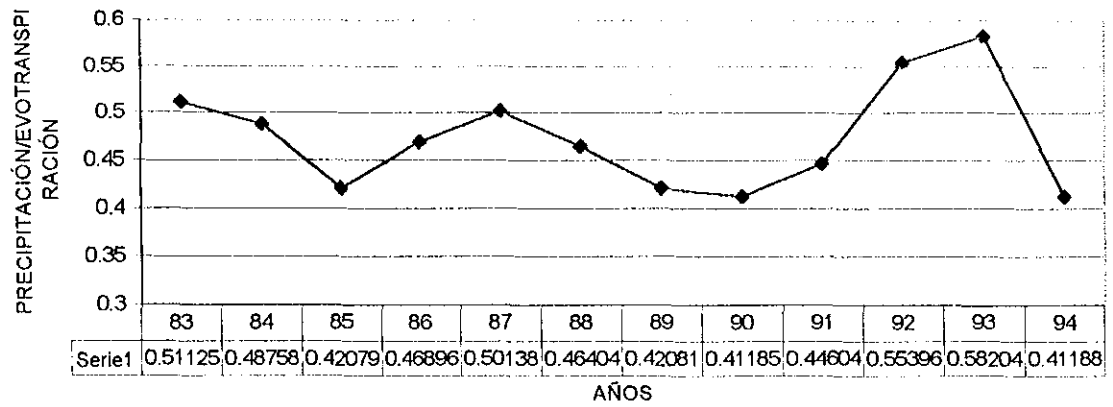
### EVAPORACION



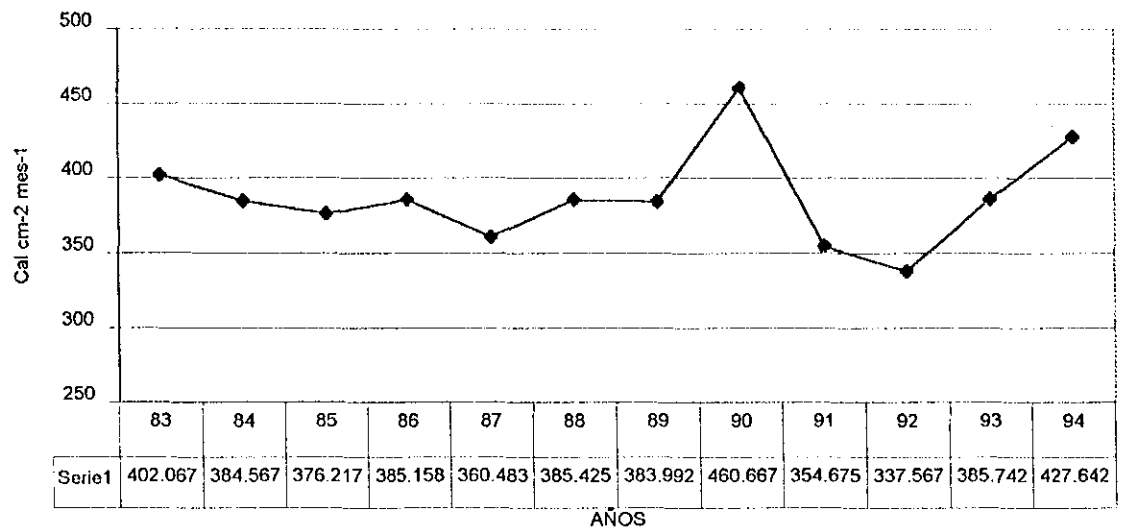
### PRECIPITACION PLUVIAL



### INDICE DE ARIDEZ



### RADIACION SOLA



ESTACION DE CRECIMIENTO DE 1983 A 1994 DE ATOYAC, JAL

