

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS



POSGRADO EN MANEJO DE ÁREAS DE TEMPORAL

**CAMBIOS EN LA CLASIFICACION CLIMATICA ASOCIADOS A CAMBIOS EN
LA VEGETACION NATURAL EN EL ESTADO DE JALISCO**

SERGIO HONORIO CONTRERAS RODRÍGUEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO

PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO DE ÁREAS DE TEMPORAL

ZAPOPAN, JALISCO

2006

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

**MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO DE ÁREAS
DE TEMPORAL**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR: _____


Dr. José Ariel Ruiz Corral


ASESOR: _____


Dr. Hugo Moreno García

ASESOR: _____


M.C. Rosa de Lourdes Romo Campos

ASESOR: _____


Dr. Diego Raymundo González Eguiarte

ASESOR: _____


Dr. Eduardo López Alcocer

Zapopan, Jalisco, Enero de 2006.

AGRADECIMIENTOS

Un especial y dedicado agradecimiento para las siguientes personas e instituciones que con su activa participación y colaboración hicieron posible el buen término del presente trabajo.

Al Dr. José Ariel Ruiz Corral por su valiosa dedicación y esmero en la dirección de este trabajo de investigación.

A la M. en C. Rosa de Lourdes Romo Campos por su colaboración en el trabajo de investigación así como su objetividad en la revisión del presente documento.

Al Dr. Hugo Moreno García, quien con su soporte y guía permitió la elaboración de este proyecto de investigación llevándolo a buen término.

Al Dr. Diego Raymundo González Eguiarte, por su apoyo y participación como asesor del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Eduardo López Alcocer, por el apoyo mostrado para la presentación de este trabajo.

Al Dr. Rogelio Lépiz Ildelfonso, Coordinador del Programa de Postgrado de Ciencias Agrícolas y Forestales, por las facilidades y el apoyo otorgados para la elaboración de este trabajo de investigación.

Al Pas. Ing. Aldebarán Contreras Rivera por su colaboración en el análisis y manipulación de la información satelital.

Al Ing. Rafael Romero Luna por su dedicado esfuerzo y cooperación durante la elaboración de este estudio

Al Ing. Enrique Reyes Solorio por aportar su experiencia y conocimiento para la culminación del presente proyecto.

Al Ing. José Ariel Ruíz Rodríguez cuyo generoso apoyo permitió la culminación del proyecto de investigación

Agradezco a la Universidad de Guadalajara la oportunidad de formarme como maestro a través del Postgrado en Manejo de Áreas de Temporal.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por todas las facilidades y el apoyo que dieron para la culminación del trabajo de investigación.

Al personal que labora en Geoservicios por prestar apoyo en la logística y presentación del documento final.

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre que me apoyó en los años de mi formación profesional y que inculcó en mi el trabajo y esfuerzo esmerado en todo lo que hiciese.

A mi esposa Yolanda quien me ha dado todo el apoyo y comprensión que he necesitado durante todos estos años compartidos.

A mis hijos que son el reflejo de mi vida y para los cuales he trabajado forjando un mejor futuro.

La ocupación de mis negocios es tan grande que ni tengo lugar para rascarme la cabeza ni aun para cortarme las uñas, así las traiga tan crecidas cual dios lo remedia.

Digo esto señor mío de mi alma por que mesa merced no se espante, si hasta agora no he dado aviso de mi bien o mal estar en este gobierno en el cual tengo más hambre que cuando andabamos los dos por las selvas y por los despoblados.

Carta de Sancho Panza a Don Quijote de la Mancha

ÍNDICE

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	OBJETIVOS	3
III.	HIPOTESIS.....	4
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1.	Cambio Climático	5
4.2.	Cambio de Uso de Suelo y Deforestación.....	13
4.2.1.	Vegetación potencial de México.....	18
4.3.	Vegetación y Fenología.....	19
4.4.	El Clima y la Vegetación en México.....	19
4.5.	Circunstancias Nacionales.....	26
4.5.1.	Recursos naturales.....	26
4.5.2.	Recursos forestales.....	27
4.5.3.	Recursos energéticos.....	27
4.5.4.	Estudios de vulnerabilidad.....	32
4.5.4.1.	Zona norte.....	32
4.5.4.2.	Zona centro.....	33
4.5.4.3.	Zona sur.....	33
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
5.1.	Área de estudio.....	34
5.2.	Materiales.....	36
5.2.1.	Bases de datos.....	36
5.2.2.	Imágenes de satélite.....	38
5.3.	Metodología.....	38
5.3.1.	Integración de una matriz de datos.....	38
5.3.2.	Clasificación climática con el sistema Köppen-García.....	42
5.3.3.	Identificación de variaciones en la clasificación climática.....	43
5.3.4.	Mapeo de las tendencias de las variaciones de clasificación climática.....	44
5.3.5.	Dinámica de la cobertura vegetal en suelos del estado de Jalisco.....	45
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION	47
6.1.	Clasificación climática con el sistema Köppen-García.....	47
6.2.	Identificación de variaciones en la clasificación climática.....	50
6.3.	Mapeo de las tendencias de las variaciones de clasificación climática.....	62
6.2.1.	Desertización.....	62
6.2.2.	Incremento de temperatura.....	64
6.2.3.	Cociente Precipitación/Temperatura.....	65
6.2.4.	Cambio en la estacionalidad del mes más cálido.....	68
6.3.	Dinámica de la cobertura vegetal en suelos del estado de Jalisco.....	69
6.4.	Análisis de las posibles implicaciones climáticas asociadas al cambio de uso del suelo.....	83
6.5.	Nuevos escenarios climáticos y necesidades de actualización de la carta de climas del estado de Jalisco.....	84
VII.	CONCLUSIONES	87
VIII.	BIBLIOGRAFIA	89
IX.	ANEXOS.....	98

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cambios en la atmósfera, clima y sistema biológico terrestre durante el Siglo XX.....	8
Cuadro 2. Tipos de Inventarios Nacionales Forestales realizados en México.....	16
Cuadro 3. Estimación del porcentaje del área desforestada y afectada por incendios forestales según la actividad de cambio de uso del suelo (miles de ha año ⁻¹).....	17
Cuadro 4. Países con mayores emisiones de carbono (c) <i>per cápita</i> en 1994.....	29
Cuadro 5. Inventario nacional de emisiones de gases de invernadero por fuentes y sumideros.....	30
Cuadro 6. Localización geográfica y altitud de estaciones climatológicas del estado de Jalisco, México.....	36
Cuadro 7. Grupos climáticos según el sistema Köppen-García (García, 1988).....	42
Cuadro 8. Cambios identificados en las fórmulas climáticas según el Sistema Köppen-García (1988) para 65 estaciones climatológicas en el estado de Jalisco.....	48
Cuadro 9. Parámetros hídricos de clasificación climática en 82 localidades del estado de Jalisco, México.....	55
Cuadro 10. Parámetros térmicos de clasificación climática en 81 localidades del estado de Jalisco, México, durante los periodos A (1961-1981) y B (1982-2002).....	58
Cuadro 11. Variaciones en la precipitación y temperatura promedio del mes de Junio en 12 localidades del estado de Jalisco.....	61
Cuadro 12. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona norte en el año 2000.....	74
Cuadro 13. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona norte en el año 1990.....	75
Cuadro 14. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona norte en el año 1980.....	75
Cuadro 15. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona norte en el año 1970.....	75
Cuadro 16. Superficie estimada de los tipos de vegetación potencial de la zona Norte.....	75
Cuadro 17. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Altos en el año 2000.....	78
Cuadro 18. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Altos en el año 1990.....	78
Cuadro 19. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Altos en el año 1980.....	78
Cuadro 20. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Altos en el año 1970.....	78
Cuadro 21. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona	

Altos en el año 1960.....	79
Cuadro 22. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Sureste en el año 2000.....	81
Cuadro 23. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Sureste en el año 1990.....	81
Cuadro 24. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Sureste en el año 1980.....	82
Cuadro 25. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Sureste en el año 1970.....	82
Cuadro 26. Superficie estimada de los tipos de vegetación potencial de la zona Sureste	82

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del efecto invernadero.....	7
Figura 2. Cambios de temperatura global.....	10
Figura 3. Porcentaje de contribución a las emisiones de gases invernadero en diferentes sectores en México.....	28
Figura 4. Generación de emisiones de CO ₂ por unidad de PIB de México y de otros países de la OCDE.	30
Figura 5. Distribución espacial de las áreas con tendencia de desertización.....	64
Figura 6. Distribución espacial de las áreas con tendencia a un clima cálido.....	66
Figura 7. Distribución espacial de las áreas con tendencia a una disminución del Cociente Precipitación/Temperatura.....	67
Figura 8. Distribución espacial de las áreas en las que el mes más cálido pasó de Mayo a Junio.....	68
Figura 9. Distribución espacial de tipos climáticos en la región Noreste del Estado de Jalisco con actualización a 1981 (a) y 2002 (b).....	71
Figura 10. Distribución espacial de la cobertura vegetal y uso del suelo en el Estado de Jalisco.....	72
Figura 11. Porcentaje de las variaciones de los tipos de vegetación de la Zona Norte del Estado de Jalisco.....	74
Figura 12. Variaciones de los tipos de vegetación en la zona Altos del estado de Jalisco en superficie (%).	77
Figura 13. Variaciones de los tipos de vegetación en la zona Sureste del estado de Jalisco de superficie en porcentaje.....	81
Figura 14. Distribución espacial de los tipos climáticos en la región Noreste del Estado de Jalisco, con actualización a 1981 (a) y 2002 (b).....	86

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló con el objetivo de identificar y cuantificar el nivel de estabilidad o variación de la clasificación climática de 82 localidades de Jalisco durante los últimos 42 años, y determinar su posible relación con cambios en la vegetación o uso del suelo. Para lograr este objetivo se utilizó la base de datos climáticos del INIFAP para el período 1961-2003, integrada por datos mensuales y anuales de precipitación y temperatura provenientes de la Red de Monitoreo Meteorológico de la Comisión Nacional del Agua en el estado de Jalisco. En cada una de las 82 localidades de estudio se utilizaron como períodos de estudio 1961-1981 (A) y 1982-2002 (B). Para estos períodos se clasificó el clima de cada sitio con base en el sistema de clasificación climática de Köppen-García. La fórmula climática, así como cada uno de los parámetros requeridos para obtener ésta, se compararon para los períodos A y B, mediante la elaboración de matrices en Excel de Microsoft. Mediante esta comparación se identificaron cambios en la fórmula climática de las 82 localidades. Paralelamente se trabajó en la obtención de mapas de cobertura y usos del suelo, para lo cual se utilizaron imágenes de satélite Landsat 5 MSS (Multispectral Scanner, 1976) con pixel de 60 metros; Landsat 5 MSS (1986) con pixel de 60 metros; Landsat 5 MSS (1993) con pixel de 60 metros, Landsat 7 ETM (Enhanced Thematic Mapper, 2002) con pixel de 30 metros. Con el sistema ER Mapper 6.3 se clasificaron las imágenes de satélite en las siguientes categorías: Bosques, selvas, matorral, pastizal, agricultura de riego, agricultura de temporal, áreas desnudas (incluye zonas urbanas) y cuerpos de agua. La clasificación supervisada sobre la imagen se realizó con el método de Máxima Probabilidad (con distintos filtros) que es un método contemplado en el programa ER Mapper 6.3. Se analizaron los cambios en la vegetación y uso del suelo para tratar de explicar los cambios de clasificación climática obtenidas para las localidades de estudio. Una vez analizadas las variaciones climáticas se identificaron las tendencias de mayor significancia y se procedió a mapearlas mediante un proceso de interpolación, utilizando el sistema IDRISI32. De las 82 estaciones climáticas estudiadas, 65 experimentaron cambios en la fórmula climática según el sistema de clasificación climática Köppen-García (1988), lo que representa el 80% de las estaciones. En 18 estaciones (23%), los cambios estuvieron relacionados con el grupo climático y

podrían ser considerados como los de mayor relevancia. Dentro de éstos, llama la atención el cambio de clima subhúmedo a clima seco que ocurrió en un grupo de estaciones ubicadas en las regiones Noreste (Altos) y Norte del Estado, las que ya de por sí son las áreas más secas de la Entidad. Además de estos cambios, resultaron significativas variaciones en el cociente anual Precipitación/Temperatura, donde la tendencia predominante fue hacia una disminución; el paso de grupos de climas menos cálidos a grupos climáticos más cálidos y, cambios en la estacionalidad del mes más cálido, predominando la tendencia de que hoy Junio es el mes más cálido en lugar de Mayo. Con respecto a cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo se obtuvo que el área de afectación en las última décadas comprende una superficie total de 4'246,580.93 ha que corresponden a un 53.06% de la superficie del Estado. Se observó que en todas las regiones donde ocurrieron cambios en la clasificación climática, se registraron tasas drásticas de deforestación, las cuales sin duda están contribuyendo a cambios climáticos regionales, que sin embargo no pueden ser aún cuantificados con certeza.

Se concluye que las variaciones climáticas que se han verificado en el estado de Jalisco durante los últimos 21 años, han impactado de manera relevante a la clasificación climática de la mayor parte de las localidades de Jalisco (tomando una muestra de 82 localidades). En todas las regiones en las que se identificaron cambios de clasificación climática relevante se tienen tasas drásticas de deforestación o cambio de uso del suelo.

I. INTRODUCCION

La especie humana es una de las principales fuerzas evolutivas del mundo, ya que sus actividades han alterado los ecosistemas en forma global y han modificado la evolución de muchas especies (Palumbi, 2001) y de acuerdo a múltiples evidencias científicas, se considera que el factor antropogénico ha sido determinante en el cambio climático (Levitus, 2001), aunque algunos autores reportan también una contribución natural a este calentamiento, como puede ser la radiación solar y la emisiones volcánicas (Stott, 2000). Entre las principales causas de origen antropogénico se encuentran el incremento en los gases efecto invernadero de la atmósfera, principalmente CO₂ (Joos, 1999) la deforestación y la agricultura (Tilman, 2001).

El desarrollo y la estabilidad ecológica de los países con bosques tropicales está ligada a la salud de esos bosques. Ellos contienen la mitad de las especies faunísticas y florísticas del mundo y proveen materia prima, mantienen la precipitación pluvial en las tierras de agricultura cercanas, mantienen niveles de pesca saludables y suministros de agua y previenen la erosión del suelo, azolve de presas e inundaciones repentinas. Global, regional y localmente los climas están ligados a la salud de los bosques tropicales (Kupfer y Karimanzira, 1990). La deforestación puede ser responsable de un quinto a un cuarto de las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono, de uno a cuatro décimos de todas (naturales o antropogénicas) liberaciones de metano, además de contribuir a las concentraciones de óxidos nitrosos, ozono, monóxido de carbono y otros gases implicados en el calentamiento global. Regionalmente la deforestación puede interrumpir el rocío y la humedad así como la transferencia de calor latente de los trópicos a latitudes más elevadas, influenciando en clima y la temperatura de la zona. Localmente, la remoción parcial o total de la cobertura forestal puede causar que el microclima de la zona sea más seco llevando a un incremento en los incendios naturales que evitan la regeneración natural de los bosques.

Otra contribución detrimental importante del factor antropogénico, es la tala inmoderada de los bosques o deforestación en general de los tipos naturales de cubierta vegetal de los ecosistemas. Actualmente este problema alcanza dimensiones considerables, de tal forma que comienza a interactuar con los factores ambientales más vulnerables de modificarse, como son algunos de los elementos del clima.

Aún cuando se tiene certeza de la influencia decisiva de la deforestación sobre la modificación del clima local y regional, pocos son los estudios que se han realizado al respecto. En el caso de México y en particular del estado de Jalisco, existen escasos antecedentes sobre la materia, lo cual impide cuantificar de una manera más objetiva las dimensiones que alcanza este problema. En algunas ocasiones los efectos climáticos de la deforestación incluso se llegan a soslayar, al priorizar los efectos de la pérdida de vegetación sobre la erosión y pérdida de suelo, así como la eliminación de especies vegetales deseables.

En el presente estudio se aborda el fenómeno de la deforestación ocurrida durante los últimos 40 años en el estado de Jalisco y se asocia a cambios en los patrones de precipitación y temperatura de 82 localidades, con lo que se pretende contribuir al conocimiento cuantitativo de las variaciones climáticas, como producto de la pérdida de vegetación.

II. OBJETIVOS

1. Integrar una base de datos climáticos con historial de más de 40 años para el estado de Jalisco.
2. Actualizar la clasificación climática de las diversas localidades del estado de Jalisco según el sistema Köppen-García.
3. Identificar y cuantificar el nivel de estabilidad o variación de la clasificación climática de localidades de Jalisco.
4. Cuantificar el nivel de asociación de cambios en clasificación climática con cambios en la cobertura de la vegetación.

III. HIPOTESIS

1. Las variaciones climáticas que se han verificado durante las últimas décadas en el estado de Jalisco, han redundado en cambios en la clasificación climática de diversas localidades del Estado.

2. Tales cambios en la clasificación climática, están asociados a cambios en la cobertura de la vegetación.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. *Cambio Climático*

La tierra es un sistema dinámico donde los cambios ambientales globales han sido parte de su evolución. Se pueden identificar dos tipos principales de cambios globales, aquellos que alteran el equilibrio de las cubiertas de la tierra (atmósfera y océanos) y que se experimentan globalmente y aquellos que ocurren en sitios discretos, pero que son expandidos hasta constituir un cambio global (Vitousek, 1992).

La energía recibida por la Tierra desde el Sol, debe ser balanceada por la radiación emitida desde la superficie terrestre. En la ausencia de cualquier atmósfera, la temperatura superficial sería aproximadamente $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta es conocida como la temperatura efectiva de radiación terrestre. De hecho la temperatura superficial terrestre, es de aproximadamente $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. La razón de esta discrepancia de temperatura, es que la atmósfera es casi transparente a la radiación de onda corta, pero absorbe la mayor parte de la radiación de onda larga emitida por la superficie terrestre. Varios componentes atmosféricos, tales como el vapor de agua, el dióxido de carbono, tienen frecuencias moleculares vibratorias en el rango espectral de la radiación terrestre emitida. Estos gases de invernadero absorben y reemiten la radiación de onda larga, devolviéndola a la superficie terrestre, causando el aumento de temperatura, fenómeno denominado Efecto Invernadero (GCCIP, 1997).

El vidrio de un invernadero similar a la atmósfera es transparente a la luz solar y opaca a la radiación terrestre, pero confina el aire a su interior, evitando que se pueda escapar el aire caliente (McIlveen, 1986). Por ello, en realidad, el proceso involucrado es distinto y el nombre es bastante engañoso, el interior de un invernadero se mantiene tibio, pues el vidrio inhibe la pérdida de calor a través de convección hacia el aire que lo rodea. Por ello, el fenómeno atmosférico se basa en un proceso distinto al de un invernadero, pero el término se ha popularizado tanto, que ya no hay forma de establecer un término más exacto.

Uno de los resultados del Efecto Invernadero, es mantener una concentración de vapor de agua en la baja tropósfera mucho más alta que la que sería posible en las bajas temperaturas que existirían si no se diera el fenómeno (Miller, 1991).

Los principales factores naturales que afectan la variabilidad del clima de la Tierra son las variaciones en la órbita y la inclinación de la Tierra, los cambios en la actividad solar, las emisiones producidas por las erupciones volcánicas y cambios en la distribución de aerosoles atmosféricos que se producen naturalmente (Gallardo, 1997). Los Ciclos Milancovitch que son cambios en el carácter de la órbita terrestre alrededor del Sol, se dan en escalas de tiempo de milenios o más largos. Pueden significativamente alterar la distribución estacional y latitudinal de la radiación recibida (Hays, 1976). Son estos ciclos los que fuerzan cambios entre condiciones glaciales e interglaciares sobre la Tierra, con escalas de entre 10,000 y 100,000 años. El máximo de la última glaciación, ocurrió hace 18,000 años (Deming, D. 1995). Se especula que en Venus, el vulcanismo elevó las temperaturas hasta el punto que no se pudieron formar los océanos y el vapor resultante produjo un Efecto Invernadero, exacerbado más aún por la liberación de dióxido de carbono en rocas carbonatadas, terminando en temperaturas superficiales de más de 400° C (Anderson, 1987).

A medida que el efecto se propaga en cascada, a través de los componentes asociados en el sistema climático, se amplifica. Esto es conocido como retroalimentación. El sistema climático está en un balance dinámico. Por ello está continuamente ajustándose a perturbaciones forzadas, y como resultado, el clima se ve alterado. Un cambio en cualquier parte del sistema climático, iniciado por mecanismos forzados internos o externos, tendrá una consecuencia mucho más amplia. A medida que un efecto es transferido, desde un subcomponente del sistema a otro, se verá modificado en carácter o en escala. En algunos casos el efecto inicial puede ser amplificado (feedback positivo), mientras que en otros, puede verse reducido (feedback negativo). Un ejemplo de un mecanismo de feedback positivo, involucra el vapor de agua. Una atmósfera más caliente potencialmente aumentará la cantidad de vapor de agua en ella. Ya que el vapor

de agua es un gas invernadero, se atrapar  más energía que aumentará la temperatura atmosférica más todavía. Esto a su vez, produce mayor vapor de agua, estableciéndose un feedback positivo.

La capa más baja de la atmósfera, conocida como tropósfera, contiene a los gases que son responsables, en gran parte, de la temperatura del planeta y, por lo tanto, de crear condiciones aptas para la vida. Los gases referidos son principalmente el vapor de agua, el bióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y los clorofluorocarburos (CFC), también conocidos como gases de efecto invernadero. A excepción de los CFC, todos estos gases existen de manera natural y representan menos del 1% de la atmósfera y atrapan parte del calor (radiación infrarroja o de onda larga) que emite la superficie de la Tierra al absorber la energía solar que la calienta (Figura 1).

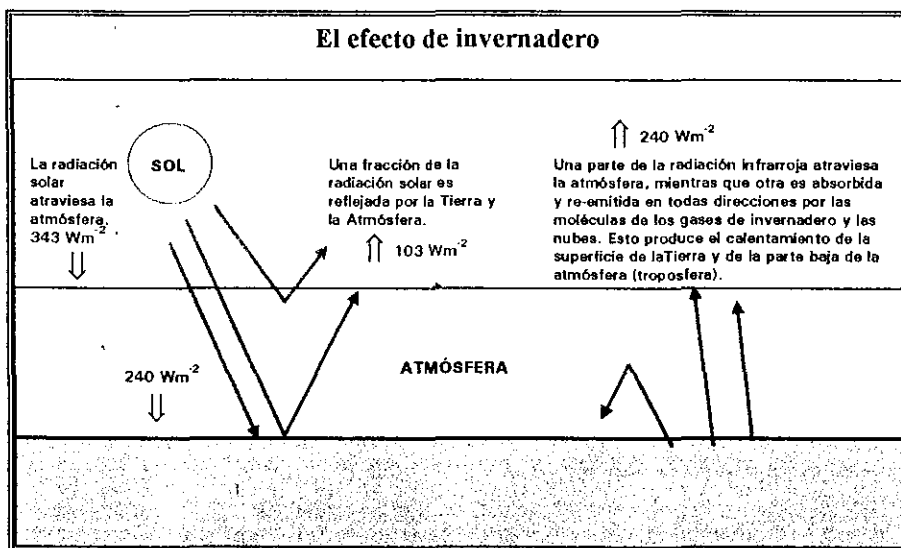


Figura 1. Diagrama del efecto invernadero (Adaptado de IPCC, 1994).

Las concentraciones de CO_2 y de N_2O se han incrementado a causa de la quema de combustibles fósiles y de la deforestación. El CH_4 ha aumentado debido, entre otras causas, al incremento de los hatos ganaderos, a la fermentación entérica de materia orgánica y a la explotación del gas natural. Los CFC son producidos por el hombre y utilizados en la fabricación de refrigerantes, solventes e impelentes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cambios en la atmósfera, clima y sistema biológico terrestre durante el Siglo XX (Adaptado de IPCC, 1994).

Gas	Concentraciones preindustriales	Concentraciones actuales	Potenciales de calentamiento global			Crecimiento (ritmo anual)	Vida Atmosférica (años)
			20	100	500 años		
Bióxido de Carbono CO ₂ *	280	350	1	1	1	1.6	50 a 200
Metano CH ₄ *	0.7	1.8	62	24.5	7.5	0.02	10
Óxido Nitroso N ₂ O**	270	320	290	320	180	0.8	150

*Partes por millón

**Partes por mil millones

El más abundante de estos gases es el CO₂, que se encuentra en concentraciones de 368 partes por millón (ppm) en el año 2000 según el IPCC. El bióxido de azufre, que se encuentra presente en una proporción máxima de 0.05 ppm, contribuye a la deposición ácida de la lluvia, a la corrosión de algunos materiales y a la disminución de la visibilidad. Los óxidos de nitrógeno son precursores de la lluvia ácida, del smog fotoquímico y de la reducción del ozono en la estratósfera. Los CFC, en 0.003 ppm, contribuyen al adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico y, junto con el metano, el óxido nitroso y el bióxido de carbono, son responsables del aumento de la temperatura del planeta y de producir posibles cambios climáticos graves a través del incremento del efecto de invernadero.

No obstante que la composición atmosférica ha sufrido variaciones naturales a lo largo de millones de años, las emisiones antropogénicas están produciendo cambios en el clima del planeta en unos cuantos decenios. También los cambios regionales han sido evidentes: el calentamiento reciente ha sido mayor sobre las latitudes medias de los continentes en invierno y primavera, con pocas áreas de enfriamiento, como el norte del océano Atlántico; mientras que las lluvias han aumentado sobre los continentes en latitudes altas del hemisferio norte, en especial durante la época de frío. Otro síntoma del calentamiento global ha sido el aumento del nivel medio del mar a una velocidad media anual de 2 mm durante el siglo XX.

La mayoría de los investigadores ambientales coinciden en que el mundo se ha calentado durante el siglo pasado y principalmente en las dos últimas décadas (Kerr, Hansen y Ruedy, 2002). Aunque hay mucha discusión en cuanto al ritmo de calentamiento de la atmósfera existe un acuerdo general en el hecho de que se está calentando. Los modelos más aceptados corrientemente predicen un aumento de 0,3 por ciento de grado Celsius por década en las temperaturas globales durante el siglo XXI (Ciesla, 1995). Ello se debe a un aumento en el dióxido de carbono presente en la atmósfera, que ha aumentado un 25 por ciento en los últimos 150 años. Aunque es menor que 1/20 de uno por ciento de la atmósfera terrestre, el dióxido de carbono tiene una gran capacidad de absorción del calor radiante (Cohen, 1991). Se estima que el rango de calentamiento en el período 1990-2010 en un intervalo de confianza del 90% sea del orden de 1.7 a 4.9 °C . La IPCC (Panel Internacional sobre Cambio Climático), acordó que "un cambio discernible de influencia humana sobre el clima global ya se puede detectar entre las muchas variables naturales del clima". Según el panel, se ha observado que la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado entre 0.3 y 0.6°C desde 1886. Las emisiones de dióxido de carbono por quema de combustibles, han aumentado a 6.25 mil millones de toneladas en 1996. Por otro lado, 1996 fue uno de los cinco años más calurosos que existe en los registros (desde 1866). Por otro lado se estima que los daños relacionados con desastres climáticos llegaron a 60 mil millones de dólares en 1996, (IPCC, 1997).

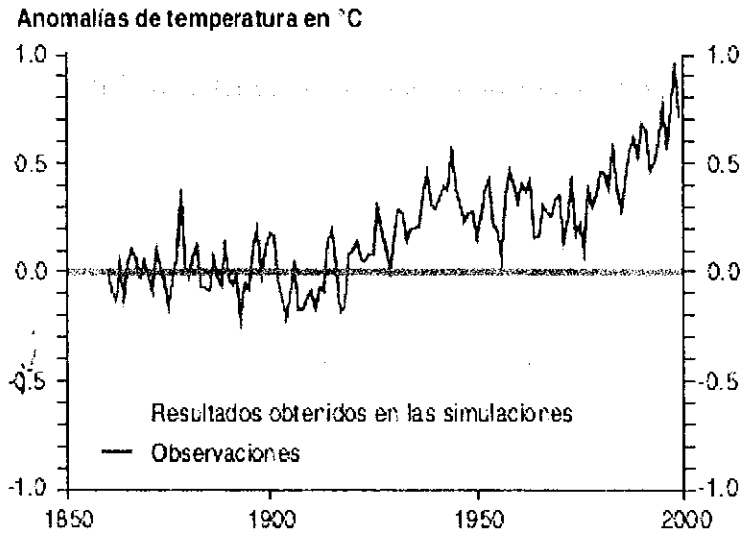


Figura 2. Cambios de temperatura global (IPCC, 2001)

Recientemente se ha detectado que las concentraciones de CO_2 se incrementan año con año en aproximadamente un 1.6%. Se estima que este aumento se debe principalmente a las emisiones producidas por la quema de combustibles fósiles, que no se equilibran con los sumideros de CO_2 (fotosíntesis en la vegetación terrestre, acuática continental y marina, entre otros). Es decir, la actividad industrial está emitiendo alrededor de 6 mil millones de toneladas de carbono por año, de las cuales alrededor de 3 mil millones permanecen y se acumulan en la atmósfera. También se ha observado un aumento en las concentraciones atmosféricas de metano y óxido nitroso, los cuales se incrementaron en un 112% y un 7%, respectivamente, desde la Era preindustrial hasta 1992.

Las principales predicciones globales sobre las consecuencias del cambio climático se pueden resumir en los siguientes puntos:

De mantenerse los niveles de emisiones de CO_2 a la atmósfera ocasionados por la quema de combustibles fósiles así como la tala y quema de bosques, conllevarían al aumento sostenido de las concentraciones atmosféricas por al menos 200 años,

alcanzando cerca de 500 ppm y (casi el doble de la era preindustrial de 280 ppm) para fines del siglo XXI.

En los próximos 45 años el nivel del mar aumentaría su nivel lo suficiente como para inundar ciudades costeras en zonas bajas y deltas de ríos. También alteraría drásticamente la producción agrícola internacional y los sistemas de intercambio (WMO, 1986).

Una variedad de modelos del ciclo del carbono indican que la estabilización de las concentraciones de este gas en la atmósfera en 450, 650 o 1000 ppm podría alcanzarse sólo si las emisiones antropogénicas globales de CO₂ bajarán a los niveles de 1990 en los próximos 40, 140 o 240 años respectivamente, y posteriormente se mantuvieran de manera sustancial por debajo de este nivel:

- De continuar el aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, la temperatura promedio de la Tierra se podría incrementar entre 1 y 3.5° C para el año 2100, lo que significaría un aumento mayor a cualquier otro observado en los últimos 10 mil años.
- El nivel medio del mar podría incrementarse entre 15 y 95 centímetros (la estimación más aceptada es de 50 cm) adicionales para el año 2100, las zonas costeras y los pequeños estados insulares serían los más afectados.
- Aun si se estabilizaran las concentraciones de gases de invernadero para el año 2100, las temperaturas seguirían incrementándose durante varias décadas, y el nivel del mar continuaría subiendo durante siglos, debido a la larga vida en la atmósfera de muchos gases de efecto invernadero y a la inercia térmica de los océanos.
- Los posibles eventos climáticos extremos (inundaciones, huracanes, etc.) asociados al cambio climático, podrían causar grandes estragos.
- Algunos de los cambios pronosticados incluyen efectos potencialmente perjudiciales, tanto a la economía como a la calidad de vida, de la actual y de futuras generaciones, manifestándose en problemas de salud, escasez de agua y alimentos, así

como en la pérdida de viviendas y en la degradación de ecosistemas, entre otros. (INE-SEMARNAP, 1997).

Los incrementos de temperatura pueden afectar tanto a los sistemas físicos como a los sistemas biológicos del planeta en distintos niveles (McCarthy *et al.* 2001). La alteración de la temperatura de la atmósfera genera cambios en la dinámica misma y por tanto modifica los patrones de precipitación en el planeta (Magaña. 2004). Este fenómeno tiene repercusiones particularmente graves para los ecosistemas naturales, ya que deriva en la pérdida y degradación de la riqueza biótica del planeta, la erosión de suelos, cambios en los patrones de evapotranspiración, contaminación de los mantos acuíferos, entre otros (Villers y Trejo. 2004).

A nivel de ecosistemas se prevén cambios en los niveles de nitrógeno, fósforo, calcio y pH del suelo; cambios en la concentración de CO₂ atmosférico, incremento de la herbivoría y en las densidades de patógenos y depredadores (Tilman, 2001), acción de la resistencia de los hospederos y cambios en la fisiología de las interacciones hospedero-patógeno (Coakley, 1999), incremento en el uso de pesticidas; eutroficación de los ecosistemas dulceacuícolas, marinos y terrestres; cambios en la diversidad, composición y funcionamiento de los ecosistemas, pérdida de especies (Tilman, 2001). También se afectarán las interacciones de tipo multiespecies (Buse, 1999).

Los cambios climáticos están afectando los comportamientos de hibernación y las migraciones en especies animales (Inouye, 2000), la abundancia de macro invertebrados en ecosistemas marinos (Sagarin, 1999), la evolución morfológica de gasterópodos marinos (Hellberg, 2001). Se prevé además que la riqueza de vertebrados ectotérmicos se incrementará en Norteamérica, disminuirá la riqueza de mamíferos y aves en el sur de Norteamérica y se incrementará en las áreas montañosas. En zonas áridas se ha observado que algunas especies animales anteriormente comunes se han extinguido localmente en las últimas décadas, mientras que otras que antes eran raras se han incrementado (Brown, 1997).

La quema de biomasa en la agricultura y en los bosques representa una fracción de las emisiones, pero en combinación con la deforestación y cambio de uso del suelo de zonas boscosas y selvas son especialmente perniciosas no sólo porque liberan dióxido de carbono, sino porque disminuye la captura del carbono mediante la fotosíntesis.

4.2. Cambio de Uso de Suelo y Deforestación.

El hombre se ha convertido en el principal desencadenador de la actividad transformadora de los ecosistemas. Su impacto global ha sido evaluado desde diversas perspectivas entre las que destacan la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y el cambio de uso de suelo entre muchas otras consecuencias ambientales de mayor relevancia regional tales como la alteración de ciclos hidrológicos, introducción de especies exóticas y pérdida de hábitats, entre otros (Vitousek, 1997).

La deforestación significa la pérdida permanente bosques y selvas, generalmente asociada a los cambios de ocupación del suelo (Landcover), cuando éstos son convertidos a tierras para la agricultura, ganadería o simplemente son quemados para establecer infraestructura, construir presas o establecer nuevos asentamientos humanos (Turner, 1995).

Una manera confiable para medir el grado de conversión ambiental antropogénica es a través del estudio de la dinámica espacio temporal de la cubierta vegetal. La dinámica de la cubierta vegetal y su uso están íntimamente relacionados y es por eso que esta línea de investigación requiere para su abordaje, de disciplinas tanto sociales como naturales. A este tema se le denomina análisis del cambio de uso/cobertura del suelo (Turner y Meyer 1994; Lambin *et al.*, 2001).

Algunos de los procesos que determinan el cambio en el uso del suelo han recibido especial atención. Tal es el caso de la deforestación, que es el cambio de una superficie cubierta por vegetación arbórea o forestal, hacia una que carece de ella (SEMARNAT, 2002).

La alteración implica una modificación inducida por el hombre en la vegetación natural, pero no un reemplazo total de la misma, como en el caso de la deforestación. La fragmentación es la transformación del paisaje, dejando pequeños parches de vegetación original rodeados de superficie alterada.

Los factores que inducen el cambio de uso del suelo son muy complejos. Incluyen aspectos económicos (por ejemplo, la ganancia esperada por usos alternativos del suelo), demográficos (como la presión por tierra para agricultura), políticos (las normas que regulan la tenencia de la tierra) y técnicos (como la aptitud de los terrenos para diferentes usos) (SEMARNAT, 2002).

En general, entender el proceso de deforestación implica tanto la identificación de lo que podríamos llamar *factores puntuales* del cambio de uso del suelo (por ejemplo, la agricultura, la ganadería, la tala clandestina y otros) como el análisis de las políticas específicas por sector o de tipo estructural que brindan varios de los incentivos básicos para la remoción de la cobertura vegetal (Masera, 1995).

La acelerada pérdida de bosques desde los albores de la humanidad al presente, van de un tercio a casi la mitad de la superficie total original (Gardner-Outlaw y Engelman, 1999). Este último autor refiere que este proceso se agudizó durante los últimos dos siglos al cuadruplicarse la población y desaparecer más superficie forestal que durante toda la historia del hombre en la Tierra. Actualmente, se estima que un tercio de la superficie terrestre continental (3.54 mil millones de ha) aún se encuentra bajo cubierta forestal (Williams y Balling, 1996). La proporción bosque/población humana, sin embargo, ha venido disminuyendo de 1.2 ha *per cápita* en 1960 a 0.6 ha *per cápita* en 1995; la expectativa para 2025 es de 0.4 ha *per cápita*. Esta desmesurada pérdida de la cubierta forestal lleva consigo el exterminio del bagaje genético inherente a los ecosistemas autóctonos y el potencial de uso de todos los bienes y servicios ambientales que éstos proveen para el bienestar humano (Gardener-Outlaw y Engelman, 1999).

De acuerdo con la definición de la FAO (1990) (que considera que una zona forestal es aquella que tiene al menos un 10% de su superficie cubierta por árboles),

durante la última década del siglo XX hubo una pérdida neta anual de más de nueve millones de hectáreas en el mundo; una tasa de deforestación del 0.22% anual. Como resultado, hacia el año 2000 quedaban aún 3 869 millones de hectáreas de bosques en el planeta (FAO, 2001).

En México la situación es aún más severa. La media mundial describe que México debería tener alrededor de 0.7 ha *per cápita* para la presente década. Los datos actuales, no obstante, indican que México alberga tan solo un 0.5 ha de cubierta forestal *per cápita* y que la predicción para el 2025 será de un 0.3 ha *per cápita*; es decir por debajo de la media mundial (Masera 1996; Vázquez 2001).

Se estima que las selvas mexicanas cubrían alrededor de un 20 por ciento de la superficie nacional y entre 1976 y 1980 la deforestación anual de éstas fué de 160,000 ha/año (Masera, 1987). En 1994, las cifras del Inventario Forestal Nacional (1992-94) señalan que en el país quedaban un total de 196,724 km² de selvas. En la región Lacandona, las selvas húmedas tenían una extensión original de aproximadamente 1,300,000 ha y para 1982 se habían reducido a 584,178 ha. Para los bosques la situación es también alarmante pues diversos autores señalan una reducción que va de un 5 a un 25 por ciento de la superficie en un período de 30 años (Palacio *et al.* 2000, Bocco. *et al.* 2001).

En México se han realizado tres inventarios nacionales forestales con las siguientes características:

Cuadro 2. Tipos de Inventarios Nacionales Forestales realizados en México.

Nombre y Período	Materiales y metodología	Escala Cartográfica	Resultados
Primer Inventario Nacional Forestal. 1961 - 1985	Fotografías aéreas escala prom. 1:50,000 de zonas arboladas y muestreo intensivo de campo.	1:50,000	Áreas arboladas con valor comercial
Inventario Forestal de Gran Visión. 1991	Imágenes de satélite NOAA de baja resolución, sin muestreo de campo.	1: 1,000,000	Superficie de tipos de vegetación forestal
Inventario Nacional Forestal Periódico. 1992 - 1994	Imágenes de satélite Landsat TM con resolución espacial de 30 x 30 m y muestreo de campo de baja intensidad.	1: 250,000	Tipos de vegetación forestal y zonificación forestal
Inventario Nacional Forestal 2000-2001	Imágenes diurnas del satélite NOAA 14. Corregirlas y ajustarlas a la Proyección Cónica de Lambert.	1: 250,000	Base de datos, cartografía, estudio de investigación

Un análisis muy aproximado realizado por Masera en 1992, que incluye el total de la superficie afectada por incendios forestales, indica el siguiente patrón de cambio de uso del suelo, según los distintos factores puntuales: a) en los bosques prácticamente el 50% de la superficie afectada se debe a incendios, un 28% a ganadería y un 17% a la agricultura; b) en las selvas, la ganadería es responsable de casi el 60% de la superficie deforestada, los incendios representan entre 7 y 22% y la agricultura del 10 al 14%; c) de manera agregada, la ganadería es responsable en un 49% del cambio de uso del suelo, los incendios afectan un 24% y la agricultura 13% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estimación del porcentaje del área desforestada y afectada por incendios forestales según la actividad de cambio de uso del suelo (miles de ha año⁻¹).

Actividad	Bosque de coníferas hectáreas en %	Bosque de encino hectáreas en %	Selva alta hectáreas en %	Selva baja hectáreas en %	Total de hectáreas en %
Deforestación Incendios forestales	163	82	237	322	804
Ganadería	28	28	58	57	49
Agricultura	16	17	10	14	13
Extracción de madera	5	5	2	5	4
Incendios forestales	49	47	22	7	24
Otros ^a	3	3	7	16	10

Fuente: Masera *et al*, 1992. En esta estimación se incluye toda el área afectada por incendios forestales. (a). Incluye pérdida forestal por erosión, construcción de carreteras, etcétera.

Contrariamente a la noción difundida de que el crecimiento poblacional es el responsable por excelencia del cambio del uso del suelo, análisis detallados para México muestran que no existe una correlación definida entre el aumento de la población y la deforestación (FAO, 1990).

La deforestación es una condición que a nivel mundial motiva serias controversias ecológicas relacionadas al cambio climático global e incluso "pone en riesgo la seguridad alimentaría y la continuidad de la vida" (INE-SEMARNAP, 1997).

Análisis recientes nos permiten establecer algunos escenarios en el sector forestal (Bellón, 1994; Masera, 1995), si se continúan con las tendencias actuales y perder el 50% de los bosques existentes, para el año 2030 se tendrá aceleramiento del proceso de deterioro ambiental local (erosión, pérdida de recarga de acuíferos, etcétera) y global

(emisiones de CO_2). Se calcula que 2,000 millones de toneladas, o alrededor del 25 por ciento del total de las emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera, son una consecuencia de la deforestación y de los incendios forestales (WCFSD, 1997). La deforestación de bosques y selvas también perturba los modelos normales de temperatura, creando un clima más caliente y seco. Estos cambios están asociados a múltiples impactos, como cambios microclimáticos, reducción de la recarga de acuíferos, erosión de suelos, azolve de presas y lagos, pérdida de la biodiversidad y emisiones de gases de invernadero que contribuyen al cambio climático (Macera, 1996).

4.2.1. Vegetación potencial de México

En México se han realizado diversos estudios para determinar un sistema de clasificación de la vegetación de México sobresaliendo el trabajo realizado por Miranda y Hernández X., realizada en 1963 bajo el nombre de "Clasificación de los tipos de vegetación de México, aplicable a los levantamientos forestales" y en este se presenta una clave para determinar los tipos de vegetación distinguiendo 32 unidades y un apéndice. Completa el trabajo una lista de los tipos de vegetación más importantes de México según la clasificación climática de Köppen. Este trabajo representa un avance muy significativo en el desarrollo de los estudios de vegetación de México (González, 2004). En 1978 Rzedowski publicó "Vegetación de México", este trabajo representa el estudio más extenso e integrado de la vegetación de México, agrupando los tipos de vegetación en 10 unidades.

En 1968 la Comisión Técnico Consultiva para la determinación de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA), agrupa los tipos de vegetación de acuerdo a Miranda y Hernández X. (1963) para la determinación de los coeficientes de agostadero y la capacidad forrajera para la pequeña propiedad ganadera. Por otro lado se han realizado diferentes estudios para determinar la vegetación potencial de México, por COTECOCA, SARH (1994) en base a la clasificación de Miranda y Hernández X., (1963) y Rzedowski, la cual fue modificada por la CONABIO en el año de 1998 y algunos más.

Los investigadores han clasificado los tipos de vegetación en base a Miranda y Hernández X. o Rzedowski para la determinación de la vegetación potencial en México. Pero tal como se observa en el Cuadro A1, se adecuó la clasificación de Rzedowski a la de COTECOCA para poder homogenizar los resultados y éstos son similares, presentando variaciones poco significativas por lo que es válido utilizar cualquiera de ellas para los diferentes estudios que se realicen para determinar procesos de deforestación y cambio de uso de suelo.

4.3. Vegetación y Fenología.

Se han documentado ampliamente diversos efectos del cambio climático sobre las comunidades vegetales. Así, por ejemplo, se sabe que las plantas han respondido a dicho cambio en dos formas principales, migración y adaptación (Etterson, 2001); sin embargo, en la actualidad los altos niveles de fragmentación del hábitat podrían afectar las migraciones en el futuro (Schwartz, 1999). Por otra parte el incremento en la concentración de CO₂ en la atmósfera ha permitido a los árboles desarrollarse en zonas donde la vegetación estaba restringida a plantas de mucho menor tamaño (Farquhar, 1997). Peteet en el 2000, señaló con base en evidencia paleontológica, que la respuesta de la vegetación a rápidos cambios climáticos se expresa mejor en los ecotonos, donde la sensibilidad al cambio climático es mayor.

4.4. El Clima y la Vegetación en México.

El clima de México, como el de otras partes del mundo, está determinado por diferentes factores, como la latitud geográfica, la altitud con respecto al nivel del mar, la distribución y la proporción de tierras y mares así como por diversas condiciones atmosféricas, como la temperatura, la precipitación, la presión y la nubosidad entre otras (Medina *et al.*, 1998).

La gran amplitud altitudinal de México, su ubicación a ambos lados del Trópico de Cáncer y la influencia oceánica debida a la estrechez de la masa continental, son quizá los factores determinantes más significativos del clima que prevalece en el país y de su diversidad, aunque cabe destacar como elementos de segundo orden, sobre todo a nivel regional, la forma del territorio, su variada topografía y la situación de las principales sierras (Rzendowski, 1978).

En México están representados los grupos de climas A, B y C de Köppen. El clima E se encuentra sólo en áreas muy reducidas. En un país como México, los climas D o boreales, no existen (García, 1973).

El clima es el factor ambiental más importante, por la influencia que ejerce sobre las comunidades bióticas, especialmente la vegetación. En México se pueden agrupar las grandes unidades vegetales en aquellas cuya expresión y distribución están determinadas mayormente por el factor clima. Así tenemos aquellas con clima tropical y subtropical (sin heladas) y las templadas y frías (con heladas). Las zonas tropicales y subtropicales se pueden diferenciar en trópico húmedo y trópico seco (González, 2004).

En los últimos años se han propuesto múltiples modelos predictivos del cambio climático, considerando cada uno de ellos una diversidad de variables, por lo que se ha obtenido una serie de posibles escenarios, algunos de ellos contrastantes. Entre las principales predicciones de estos modelos tenemos que, en el futuro se espera que cambie drásticamente la distribución y composición de los bosques de Norteamérica (Iverson, 2001). Por su parte Bachelet (2001) en un estudio para Norteamérica reporta que un moderado incremento en la temperatura produciría un incremento en la densidad de vegetación y secuestro de carbono en la mayor parte de Norteamérica y habría pequeños cambios en los tipos de vegetación. En tanto que, grandes incrementos en la temperatura causarían pérdida de carbono, modificaciones en la precipitación y grandes cambios en los tipos de vegetación, pudiendo desaparecer los bosques y convertirse en sabanas. Por otra parte, estudios en ecosistemas áridos reportan que la densidad y cobertura de arbustos leñosos se ha incrementado (Brown, 1997); asimismo, se ha

incrementado la herbivoría, reduciendo la biomasa de los pastos, lo cual ha favorecido el desarrollo de arbustos leñosos (Van Auken, 2000).

A escala más pequeña se sabe que los cambios en la concentración del CO₂ atmosférico afecta la fisiología del estoma, la cual es de vital importancia para el intercambio de CO₂ entre las plantas y la atmósfera (Morrison, 1998). Por su parte, Field (1992) menciona que las plantas responden a los desequilibrios causados por variaciones ambientales y tienden a compensarlo, al menos parcialmente. Estos mecanismos de ajuste son principalmente cambios en la capacidad bioquímica para asimilación de recursos, cambios en biomasa y cambios en la tasa de pérdida de tejido; esta adaptación permite a las plantas desarrollarse en un amplio rango de niveles de recursos; sin embargo, la plasticidad o habilidad de adecuación de las especies es limitada y grandes cambios en el balance de recursos puede ocasionar cambios en la composición de especies.

Uno de los mayores efectos sobre la vegetación tiene lugar sobre la fenología de las plantas. Existen muy pocas regiones en el planeta donde las condiciones ambientales sean continuamente favorables para todas las funciones de las plantas, lo que sí es frecuente es que a lo largo del año se produzcan cambios estacionales en el clima y por lo mismo en la disponibilidad de recursos, lo que obliga a las plantas a crear mecanismos de cambio estacional en morfología y fisiología para poder sobrevivir (Vázquez-Yáñez, 1999); el estudio de estos mecanismos está fuertemente ligado a la fenología, la cual ha sido definida formalmente como el estudio de la secuencia temporal de eventos biológicos recurrentes, con la finalidad de interpretar las causas bióticas y abióticas de tales secuencias.

En forma más simple podemos decir que la fenología es "una lectura del pulso de la vida", la repetición sincronizada con el clima de los eventos fenológicos, tales como floración y fructificación, son frecuentemente utilizadas para definir las secuencias estacionales (Bradley, 1999). Esta estacionalidad se refiere tanto a los cambios regulares que se presentan en el ambiente, como a las respuestas biológicas condicionadas por

esos cambios en el mismo, de tal forma que podemos entender las estaciones como un integrador natural (Battey, 2000).

Los cambios en el ambiente ejercen diferentes presiones en las plantas e influyen en forma prácticamente única en el desarrollo de cada una de las especies, dando como resultado diversas formas de crecimiento, las cuales deben ser interpretadas como caminos distintos que han seguido las plantas para adaptarse a un determinado ambiente (Montenegro, 1999). No obstante, es posible identificar diferentes grupos funcionales de plantas que responden de manera similar a los cambios ambientales, aunque presentan diferencias con otros grupos, de tal manera que podemos encontrar especies cuya floración u otra fenofase está controlada por la temperatura, otras plantas donde el fotoperíodo es determinante, e incluso algunas especies donde la disponibilidad de agua sea el factor que desencadene un determinado evento fenológico.

El principal factor climático que afecta la fenología de las plantas es la temperatura y se sabe que incrementos en la temperatura del aire pueden ser detectados fácilmente en los datos fenológicos (Menzel, 2000).

Europa es, por mucho, la región donde se ha estudiado con mayor detalle el efecto del cambio climático sobre la fenología de las plantas. Diversos estudios realizados en el viejo continente revelan que los eventos fenológicos de primavera son particularmente sensibles a la temperatura y el calentamiento que se ha experimentado en las últimas décadas ya ha mostrado efectos en la fenología, provocando en la mayoría de los casos un adelanto de los eventos fenológicos de primavera y un retraso de la época de desarrollo (Peñuelas, 2001). Así por ejemplo, tenemos que entre 1959 y 1996 los eventos fenológicos de primavera de un gran número de especies se han adelantado en promedio 6.3 días, mientras que los de otoño se han retrasado 4.5 días en promedio. De esta manera, tenemos que la estación de crecimiento se ha alargado 10.8 días en promedio (Menzel, 2000). Resultados y predicciones similares han sido obtenidos por otros autores como Roetzer y Walkovsky, 2000. Otros han sido más precisos en sus predicciones

(Bergant, 2001), quien predijo para Eslovenia que *Taraxacum officinale* adelantará el inicio de su floración en cinco días para el año 2019 y en 10 a 11 días para el año 2049.

En otros estudios Spano (1999) evaluó la sensibilidad natural de nueve especies a la variabilidad climática en Sardinia, Italia, durante el período 1986-1996 y donde cinco de las especies son típicas mediterráneas y cuatro son típicas de altas latitudes, reportan que se encontró una buena relación entre la aparición de las fenofases y la temperatura en las especies mediterráneas, las cuales estuvieron poco afectadas por variaciones en la precipitación, en tanto que el desarrollo fenológico de las especies no nativas se vio más afectado por los patrones de precipitación primaverales.

Si este patrón de floración temprana se extiende hacia el ártico tendrá severos efectos en las plantas ya que la fría y corta estación de crecimiento pone severas restricciones a los ciclos de vida y reproducción de la flora. Los patrones fenológicos anticipados pueden alterar la distribución de recursos en las plantas, tener implicaciones en los sistemas de polinización y pueden incrementar el tamaño, la riqueza de especies y la diversidad genética intraespecífica del banco de semillas del suelo (Thorhallsdottir, 1997). En la tundra se espera que las plantas respondan con patrones de desarrollo vegetativo y de floración más tempranos, aunque esto está fuertemente influido por las formas biológicas, ya que las plantas herbáceas responden de forma diferente a las leñosas (Arft *et al.*, 1999).

En los bosques boreales la fenología está principalmente controlada por la temperatura, con lo cual se afectaría el período de inicio de la estación de crecimiento y por lo tanto su duración, así como la capacidad fotosintética. En los bosques templados es también la temperatura el factor determinante de los patrones fenológicos; en estas zonas los bosques están compuestos por mezclas de especies deciduas y diferencias en las respuestas fenológicas pueden afectar la competencia de las especies. Por otra parte la fenología de los bosques mediterráneos está principalmente afectada por la disponibilidad de agua, lo cual afecta el desarrollo de área foliar más que el desarrollo de

los eventos fenológicos (Kramer, 2000) aunque, según Royce y Barbour (2001), en el clima mediterráneo es fundamental el fotoperíodo para el inicio del crecimiento.

En cuanto a las regiones tropicales, se sabe que la mayoría de las plantas leñosas tropicales producen nuevas hojas y flores en períodos específicos, más que en forma continua, y la mayoría de los bosques tropicales presentan variación estacional en la aparición de nuevas hojas, flores y frutos, lo cual sugiere que los cambios fenológicos representan adaptaciones a factores bióticos y/o abióticos (Van Schaik, 1993).

En América se han realizado menos estudios sobre la fenología y el cambio climático y la mayoría de ellos han evaluado el efecto en la fenología de las plantas de Norteamérica, así tenemos, por ejemplo, que durante el siglo XX en el oeste de Canadá se han observado inviernos y primaveras con temperaturas más cálidas y en un estudio reciente en Alberta, Canadá, utilizando datos históricos y recientes se observó una tendencia de floración más temprana en *Populus tremuloides*, la cual es de casi 26 días, y se encontró una fuerte relación de este evento con las temperaturas del Océano Pacífico (Beaubien, 2000). Por su parte, Bradley (1999) estudió la fenología primaveral de 55 fenofases en Wisconsin durante 61 años, encontrando que 19 de los eventos fenológicos han ocurrido en fechas cada vez más tempranas, lo cual de acuerdo con ellos es resultado del incremento en la temperatura. Reportan también que 20 fenofases no mostraron este comportamiento, lo cual indica que éstas son controladas por fotoperíodo o señales fisiológicas, más que por la temperatura.

Además del efecto de la temperatura se sabe que la concentración de CO₂ influye en la fenología de las plantas Sigurdsson (2001), quien investigó el efecto del incremento en CO₂ sobre plantas de *Populus trichocarpa* en Islandia y reporta que no se observaron cambios en la fenología de primavera; sin embargo, sí se afectó notablemente la fenología de otoño de las plantas, las cuales mostraron cambios similares a los de las plantas que crecen en ambientes con poca disponibilidad de nutrientes. La concentración elevada de CO₂ afecta, además de la fenología de floración, la producción de néctar y el contenido de aminoácidos (Rusterholz y Erhardt, 1998).

En México los estudios científicos formales de la fenología de las plantas de zonas áridas apenas han comenzado (Challenger, 1998), y los pocos trabajos existentes se circunscriben en su mayoría a las dos últimas décadas y sólo cubren pequeños períodos de observación, por lo que ante los cambios climáticos globales que se están presentando y se pronostica que continuarán, urge conocer el escenario fenológico actual, a fin de poder evaluar los cambios que ya se están presentando.

El uso de los eventos fenológicos como registro del avance de los meses y las estaciones ha sido utilizado desde hace siglos, por ejemplo, en el calendario fenológico chino, en el cual se ilustra la forma en que los cambios biológicos están sincronizados con los cambios climáticos estacionales (Battey, 2000). Los estudios fenológicos también han mostrado utilidad en la predicción de las etapas de producción en cultivos y en la medición de la respuesta de las plantas a cambios en la temperatura (Bradley, 1999).

En la actualidad, se están llevando a cabo intensas investigaciones sobre la variabilidad ambiental, cambio climático y la estimación de los efectos antropogénicos. Para esto se han utilizado métodos estadísticos, aunque el uso de plantas como indicadores biológicos se está haciendo más popular, dada su sensibilidad a las condiciones ambientales (Walkovszky y Linkosalo, 1998).

Las observaciones fenológicas son una valiosa fuente de información para investigar las relaciones entre la variación climática y el desarrollo vegetal. La floración es considerada como una de las etapas fenológicas más sensibles a cambios climáticos (Spano, 1999). Si nosotros entendemos esta relación, entonces los datos fenológicos nos proporcionarán información adicional acerca de las condiciones climáticas, incluso cuando los datos meteorológicos no estén disponibles o sean inadecuados (Walkovszky, 1998).

Por lo anterior, la fenología ha emergido recientemente como un importante enfoque de la investigación ecológica, esto principalmente debido a su probado potencial en la investigación sobre cambio global. El desarrollo tecnológico de los sensores remotos también ha contribuido a su resurgimiento mediante la generación de extensas bases de

datos sobre la biosfera y que requieren cuidadosa calibración e interpretación. El factor principal para concretar la contribución de la fenología en el estudio del cambio global dependerá del desarrollo sistemático de redes de observación a escala nacional y global en los próximos años (Schwartz, 1999), para poder así conocer la fenología actual y poder determinar la magnitud de los cambios e incluso poder predecirlos.

4.5. Circunstancias Nacionales.

México tiene una extensión territorial de 1'964,381.7 km², con gran diversidad de climas: los cálidos subhúmedos cubren el 23% del territorio nacional; los secos el 28%; los muy secos 21%, y los templados subhúmedos el 21% de su superficie. Su patrimonio biológico es uno de los más importantes del mundo, razón por la cual está incluido en la lista de los 12 países megadiversos (INE-SEMARNAP, 1997).

De acuerdo al XII Censo Nacional de Población y Vivienda en el año 2000, la población registrada era de 97.5 millones de habitantes, de los cuales el 75% vivía en localidades de más de 2,500 habitantes (INEGI, 2001).

En el año 2000 el PIB de México ascendió a 534,213 millones de dólares. Su producción de petróleo crudo fue de 3.3 millones de barriles diarios. Por su parte, la participación de los principales sectores económicos en el PIB puede desglosarse como sigue: agropecuario 3.7%; industrial 24.5% (donde las manufacturas constituyen el 75.5% de su valor); y servicios 71.8% (INEGI, 2001).

4.5.1. Recursos naturales.

En México, los recursos naturales y el medio ambiente están sometidos a tendencias de deterioro crónicas que se expresan en elevadas tasas de pérdida de

biodiversidad, deforestación, erosión de suelos, desertificación, contaminación de las principales cuencas hidrológicas y contaminación atmosférica en las grandes zonas metropolitanas. Estas tendencias se agravan por una distribución territorial de asentamientos humanos y actividades económicas totalmente inadecuada respecto a la distribución espacial de los recursos hídricos, ya que la mayor densidad de población se presenta en las zonas centro, norte y noroeste, donde el agua es escasa, mientras que las regiones menos habitadas del sureste concentran la mayor parte del recurso hídrico (INE-SEMARNAP, 1997).

4.5.2. Recursos forestales.

En México, los bosques, las selvas y otras áreas con vegetación natural ocupan 141.7 millones de hectáreas, aproximadamente un 72% del territorio nacional. De esta superficie, 56 millones de hectáreas son de bosques y selvas, de las cuales 32.5 millones de ha están ocupadas por formaciones cerradas y 22.9 millones de ha son abiertas. Los bosques de coníferas ocupan 21 millones de ha, las latifoliadas 9.5 y 1.4 los mesófilos. Las selvas incluyen en su integración vegetación del trópico húmedo y del seco. La vegetación del trópico húmedo incluye selvas altas y medianas y ocupa aproximadamente 14.1 millones de hectáreas (INE-SEMARNAP, 1997).

4.5.3. Recursos energéticos.

Las reservas probadas de hidrocarburos en el año 2000 fueron de 26,941 millones de barriles de petróleo crudo y 1,059 billones de pies³ de gas natural (PEMEX, Anuario Estadístico, varios años). Durante el año 2000 la producción de energía en México fué de 193,589 Giga watt/h, generada principalmente por: hidroeléctricas, vapor, Ciclos Combinados turbotas, dual, carboeléctrica y núcleoeléctrica principalmente. (CFE, Informe de Operación, 2001)

Las emisiones totales de bióxido de carbono de México están asociadas principalmente al cambio de uso de suelo, a la generación de energía y al transporte. Si

bien México se encuentra entre los 20 países con mayores emisiones de gases de invernadero *per capita*, éstas son muy inferiores a las de los países desarrollados.

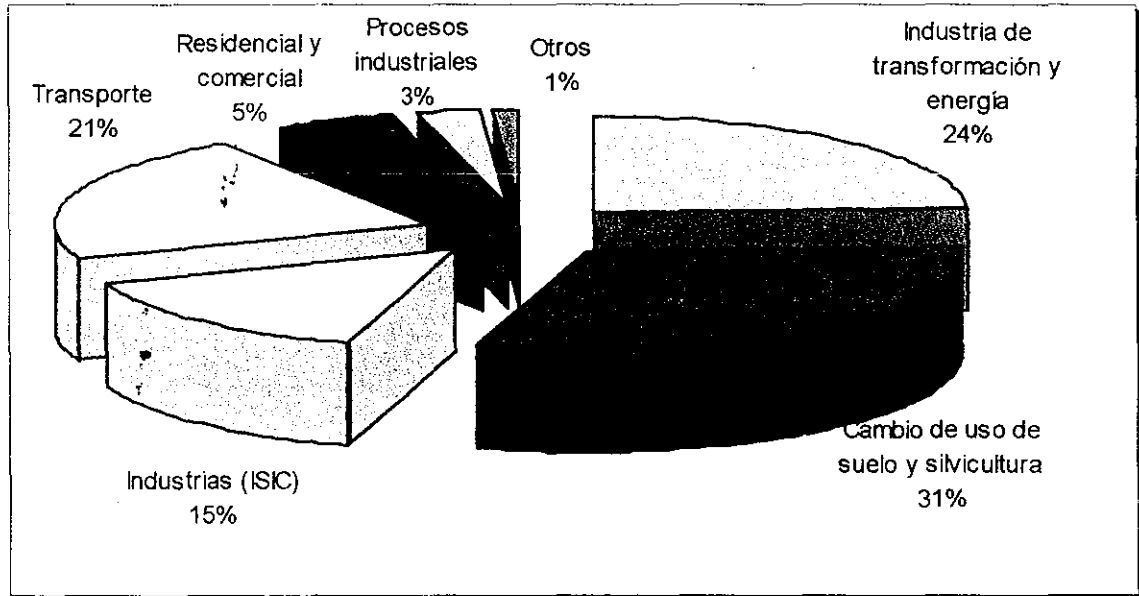


Figura 3. Porcentaje de contribución a las emisiones de gases invernadero en diferentes sectores en México.

Con respecto a la figura 3, se pueden observar las contribuciones de emisiones de gases invernadero en los principales sectores en nuestro país, en donde la mayor aportación está derivada del cambio de uso del suelo y la selvicultura con 31%, seguida de la industria de la transformación y energía con 24%; estas cifras dan una idea de la importancia que conlleva la deforestación y sus efectos en el cambio climático.

Cuadro 4. Países con mayores emisiones de carbono (c) *per cápita* en 1994.

País	Emisiones anuales <i>per cápita</i> (Ton)
1.Estados Unidos	5.26
2.Kazajstán	4.71
3.Australia	4.19
4.Canadá	3.97
5.Rusia	3.08
6.Corea del Norte	2.90
7.Alemania	2.89
8.Reino Unido	2.62
9.Ucrania	2.43
10.Japón	2.39
11.Polonia	2.31
12.África del Sur	2.07
13.Corea del Sur	1.98
14.Italia	1.81
15.Francia	1.56
16.Irán	1.09
17.México	0.96
18.China	0.71
19.Brasil	0.39
20.India	0.24

Fuente: G. Marland, R.J. Andres T. A. Boden, "Global, Regional and National CO2 Emission Estimates from Fossil Fuel Burning, Cement Production and Gas Flaring: 1950-1992" (Electronic database) (Oak Ridge, Tenn. Carbon Dioxide Information Analysis Center. Oak Ridge National Laboratory, 1995). World watch estimates based on *ibid.*, and on British Petroleum, BP Statistical Review of World Energy (London: Group Media & Publications, 1995). Population Reference Bureau, 1994 World Population Data Sheet (Washington, D. C.: 1994); World Bank, The World Bank Atlas 1995 (Washington, D. C.: 1995).

A medida que los países se desarrollan, tienden a aumentar sus emisiones *per cápita*, al tiempo que aumentan su intensidad energética y, por lo tanto, la relación entre sus emisiones de gases de invernadero con respecto al producto interno bruto (Cuadro 4).

México presenta una menor eficiencia energética que el promedio de países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (Figura 4), lo que significa que genera más emisiones de gases de invernadero por unidad de PIB que ellos. Sin embargo, son los países más desarrollados los que emiten mayores cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera *per cápita*; lo cual sustenta el principio de la responsabilidad común, pero diferenciada, ante el fenómeno del cambio climático.

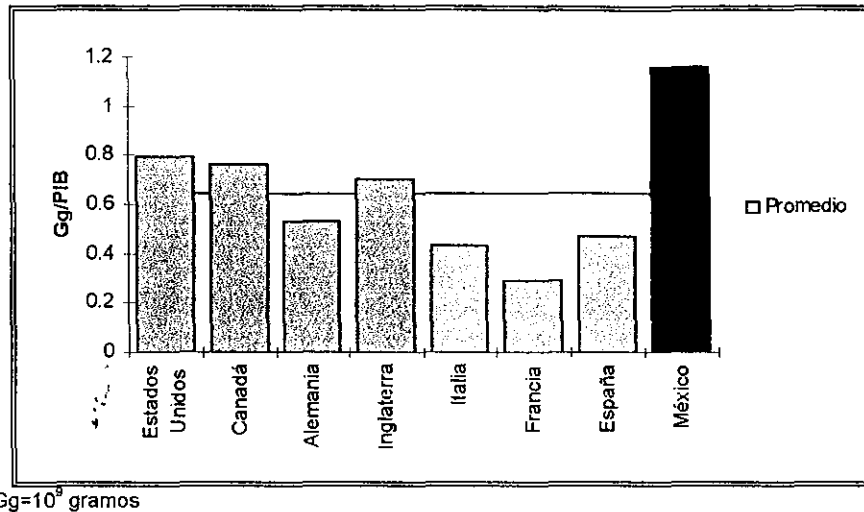


Figura 4. Generación de emisiones de CO₂ por unidad de PIB de México y de otros países de la OCDE. (Fuente: United Nations. Climate Change Bulletin, 2do. Trimestre, 1996).

A continuación se presentan los resultados detallados donde se identifica las zonas, recursos y actividades económicas que registrarán mayor vulnerabilidad ante los efectos potenciales del cambio climático (Cuadro 5) y donde se identifica a Jalisco como uno de los estados dentro de la República Mexicana con vulnerabilidad para la desertización y la sequía meteorológica.

Cuadro 5. Inventario nacional de emisiones de gases de invernadero por fuentes y sumideros.

<p>Agricultura: Las regiones identificadas como más vulnerables son el norte y el centro del país.</p> <p>Asentamientos humanos: Regiones de mayor vulnerabilidad: Centro (Distrito Federal, Estado de México, Guanajuato, Jalisco).</p> <p>Desertificación: 48.21% de la superficie del país tendrá altos índices de vulnerabilidad. Estados más vulnerables: Aguascalientes, Baja California,</p>	<p>Ecosistemas forestales: Los bosques templados serán muy vulnerables, cerca del 50% de la cobertura vegetal cambiará.</p> <p>Recursos hidrológicos: Las cuencas más vulnerables serán: Pánuco y Lerma Chapala Santiago y la Península de Baja California.</p> <p>Industria y energía: Sectores de alta vulnerabilidad: <i>Industria petrolera.</i> <i>Industria eléctrica.</i></p>
--	---

Coahuila, Jalisco, Colima, Nayarit, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Sonora e Hidalgo.	<i>Industria petroquímica.</i>
Sequía meteorológica: Estados más vulnerables: Norte de Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Campeche y Chiapas.	Zonas costeras: Zonas de mayor vulnerabilidad: Tamaulipas (Laguna deltaica del río Bravo). Veracruz (Laguna de Alvarado, río Papaloapan). Tabasco (Complejo deltaico Grijalva Mezcapala Usumacinta). Yucatán (Los Petenes). Quintana Roo (Bahía de Sian Ka'an y Chetumal).

En 1996 comenzaron las tareas de actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero de México, tomando como datos base los de 1990 (PNUMA, 1990).

Este Inventario incluye gases efecto invernadero directos: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O); indirectos (que contribuyen a la formación atmosférica del ozono): monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOX) y compuestos orgánicos volátiles no metano (COVNM). Cabe destacar los siguientes indicadores básicos del Inventario:

- En México, las emisiones provienen principalmente del uso de combustibles para la generación de energía, el cambio de uso del suelo, la agricultura y procesos industriales.
- Del total de las emisiones de gases efecto invernadero, el bióxido de carbono contribuye con el 96.42%, el metano con el 0.79% y otros gases con el 2.79%.
- El sector energético es la fuente antropogénica de CO₂ más importante de México.
- El sector transporte representa el 32% de las emisiones por consumo de combustibles fósiles, seguido por el de la generación eléctrica (23%) y la

aptas para el cultivo de maíz de temporal. Un posible aumento en el nivel del mar afectaría la laguna deltaica del Río Bravo en Tamaulipas.

4.5.4.2. Zona centro

Por concentrar el mayor volumen de población y actividades económicas, esta zona presentaría una situación de alta vulnerabilidad. Los climas templados húmedos y subhúmedos tenderían a desaparecer en esta zona, aumentando los secos y los cálidos. La sequía y la desertificación, aun cuando en la actualidad presentan grados bajos, aumentarían y se agravarían los problemas de disponibilidad de agua. Los campos de cultivo de maíz de temporal pasarían de ser medianamente aptos a no aptos. Los ecosistemas forestales más afectados en la región central del país serían los bosques templados y los bosques húmedos. La zona costera también se consideraría vulnerable al ascenso del nivel del mar.

4.5.4.3. Zona sur

La zona sur del país es la que, para distintos escenarios, presenta los menores impactos ante un cambio climático. Por ejemplo, los recursos hídricos no rebasarían los índices de vulnerabilidad considerados en el estudio, aunque en el caso de las costas del Golfo de México y del Mar Caribe se presentan regiones susceptibles al ascenso del nivel del mar. Las zonas de producción de petróleo son las más sensibles, principalmente las que forman parte del conjunto de actividades industriales. En agricultura, de presentarse dicho cambio, la superficie apta para el cultivo de maíz de temporal desaparecería en las regiones sur y sureste, y la franja costera considerada como no apta se extendería hacia el interior.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. *Área de estudio.*

El estado de Jalisco se encuentra en el occidente de México, es considerado puerta del Pacífico; con respecto a las comunicaciones del centro de la República Mexicana. Limita al norte con los estados de Aguascalientes, Zacatecas, Durango y Nayarit; al sur con Colima y Michoacán; al este con San Luis Potosí, Guanajuato y Michoacán y al oeste con el océano Pacífico. Está ubicado entre los 18° 55'06'' hasta los 22° 46'24'' de latitud norte y desde los 101° 30'54'' hasta los 105° 41'20'' de longitud oeste, su eje longitudinal tiene una distancia de 428 kilómetros y su eje transversal de 464 kilómetros aproximadamente (Barrera y Zaragoza, 1999).

Es considerada una importante zona de traslapamiento de tres grandes provincias fisiográficas que son entre la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico, entre la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Occidental y entre la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico. Su relieve se caracteriza por la predominancia de montañas que le permite tener una gran variedad de climas. Durante el verano y gran parte del año, Jalisco sufre la influencia de las masas de aire provenientes del anticiclón del Atlántico responsables del régimen térmico y de una proporción relativa de las precipitaciones. También influyen los vientos ciclónicos del Pacífico, que penetran en Jalisco como vientos del suroeste y son los causantes de la mayoría de las precipitaciones de verano. El oeste y el sur del estado presentan clima tropical húmedo con más de 1000 mm de precipitación anuales, el centro tiene clima tropical subhúmedo con lluvias de 900 a 800 mm anuales y el norte y noreste clima tropical semiseco con precipitaciones de 700 a 500 mm (Barrera y Zaragoza, 1999).

En cuanto a los recursos hídricos en Jalisco se encuentran cuatro cuencas importantes:

- a) Cuenca Lerma-Santiago
- b) El río Ameca
- c) El río Armerías
- d) El río Tepalcatepec

El clima, el relieve y la litología se conjuntan para dar lugar a una gran variedad de suelos cuya distribución esta basada en las unidades geomorfológicos. Los litosoles predominan en las vertientes de las montañas; los regosoles se distribuyen sobre las planicies de piedemonte principalmente de las montañas graníticas del oeste. En los llanos y valles del centro se desarrollan los andosoles y fluvisoles. En el este, sobre los llanos de la fosa de Chapala predominan los gleysoles y los suelos hidromorfos. Los suelos limoarcillosos ácidos se distribuyen en la cuenca del río Verde. En Sayula, San Marcos, Zacoalco y Atotonilco aparecen suelos salinos y como relictos aparecen los ferruginosos o suelos rojos hacia los altos de Jalisco (Barrera y Zaragoza, 1999).

Las formaciones vegetales están en concordancia con el relieve, el clima y el suelo. El bosque espinoso y el matorral xerófilo se extienden en las zonas bajas y planas; el bosque tropical pertenece a las zonas bajas de las vertientes de las montañas; por encima del este, el bosque de encinos y en las partes más altas el bosque de pinos. En las montañas más húmedas el bosque de encinos le sucede en altura al bosque mesófilo de montaña y el bosque de pinos y abetos. En las zonas de mayor precipitación y humedad de la costa del Pacífico se desarrolla la selva tropical subcaducifolia y la selva baja caducifolia que se asemeja al bosque tropical caducifolio del interior del estado (Barrera y Zaragoza, 1999).

El área de estudio del presente estudio la compone el estado de Jalisco, específicamente las localidades donde se ubican las estaciones climatológicas de la Entidad.

5.2. Materiales.

5.2.1. Bases de datos.

Se utilizó información de temperatura y precipitación diaria de 82 estaciones climatológicas de tipo ordinario (Castro y Arteaga, 1993), provenientes de la base de datos climáticos del INIFAP (Ruiz *et al.*, 2003a), la cual está integrada por datos de las estaciones meteorológicas pertenecientes a la Red de Monitoreo Meteorológico de la Comisión Nacional del Agua en el estado de Jalisco. Esta base de datos considera información correspondiente al período 1961-2003. La homogeneidad de los datos, así como la calidad de la información climatológica de las estaciones fué probada por Ruiz *et al.* (2003a). De acuerdo con estos autores, algunas de las estaciones poseen series de datos ya sea de temperatura o precipitación no homogéneas; sin embargo, esto se debe a la presencia de tendencias o fenómenos de cambio climático (Villalpando, 1985; Ruiz, 1998), lo cual es tema del presente estudio y permite incluir las estaciones bajo estas condiciones de información. En el Cuadro 6 se describe la localización geográfica de las estaciones bajo estudio.

Cuadro 6. Localización geográfica y altitud de estaciones climatológicas del estado de Jalisco, México.

Estación	Municipio	Latitud N	Longitud W	Altitud (m)
Acatlán de Juárez	Acatlán de Juárez	25°25'	103°35'	1340
Ajojúcar	Teocaltiche	21°34'	102°26'	1745
Ameca	Ameca	20°33'	104°03'	1419
Antonio Escobedo	Antonio Escobedo	20°48'	104°00'	1380
Atemajac de Brizuela	Atemajac de Brizuela	20°08'	103°43'	2260
Atequiza	Ixtlahuacán de los Membrillos	20°23'	103°08'	1550
Atoyac	Atoyac	20°00'	103°31'	1375
Atotonilco	Atotonilco	20°33'	102°31'	1535
Autlán de Navarro	Autlán de Navarro	19°46'	104°21'	920
Bolaños	Bolaños	21°49'	103°47'	850
Cajón de Peñas	Tomatlán	20°00'	105°07'	35
Calera	Teocaltiche	21°31'	102°36'	1860
Casallanta	Colotlán	22°03'	103°21'	1835
Casimiro Castillo	Casimiro Castillo	19°37'	104°27'	450
Chapala	Chapala	20°17'	103°12'	1532
Cihuatlán	Cihuatlán	19°15'	104°33'	20

Colotlán	Colotlán	22°06'	103°16'	1735
Corrinchis	Mascota	20°30'	104°47'	1263
Cuixtla	San Cristóbal de la Barranca	21°05'	103°25'	816
Cuquío	Cuquío	20°56'	103°02'	1742
Ejutla	Ejutla	19°54'	104°10'	1120
El Bramador	Talpa de Allende	20°15'	105°05'	750
El Fuerte	Ocotlán	20°18'	102°46'	1620
El Nogal	Tapalpa	19°52'	103°44'	1828
El Pinito	Huejuquilla El Alto	22°36'	103°56'	1764
El Salitre	San Martín Hidalgo	20°31'	103°51'	1300
El Tule	Arandas	20°43'	102°25'	2033
Guadalajara	Guadalajara	20°39'	103°21'	1550
Higuera Blanca	Tomatlán	19°42'	105°10'	200
Hostotipaquillo	Hostotipaquillo	21°06'	104°03'	1260
Huascato	Degollado	20°29'	102°15'	1560
Huejuquilla El Alto	Huejuquilla El Alto	22°37'	103°53'	1774
Huerta Vieja	Ixtlahuacán de los Membrillos	20°23'	103°14'	1580
Ixtlahuacan del Río	Ixtlahuacán del Río	20°52'	103°14'	1600
Jalostotitlán	Jalostotitlán	21°09'	102°28'	1782
Jamay	Jamay	20°18'	102°46'	1620
Jesús María	Jesús María	20°36'	102°13'	2085
Jocotepec	Jocotepec	20°17'	103°26'	1548
Juchitlán	Juchitlán	20°05'	104°06'	1200
La Cuña	Yahualica	21°00'	102°49'	1489
La Desambocada	Puerto Vallarta	20°44'	105°09'	60
La Magdalena	Magdalena	20°55'	103°58'	1410
La Red	Tepatitlán de Morelos	20°43'	102°50'	1760
La Vega	Teuchitlán	20°36'	103°50'	1257
Lagos de Moreno	Lagos de Moreno	21°22'	101°55'	1932
Mascota	Mascota	20°31'	104°47'	1268
Mazamitla	Mazamitla	19°54'	103°01'	2220
Michoacanejo	Teocaltiche	21°32'	102°35'	1860
Ojuelos	Ojuelos	21°52'	101°35'	2270
Palo Verde	Zapotlanejo	20°38'	102°58'	20°48'
Plan de Barrancas	Hostotipaquillo	21°02'	104°12'	863
Poncitlán	Poncitlán	20°23'	102°55'	1565
Presa de Hurtado	Acatlán de Juárez	20°28'	103°39'	1450
Presa La Duquesa	Lagos de Moreno	21°44'	101°50'	2088
Quito	Tuxpan	19°31'	103°23'	1045
Quitupan	Quitupan	19°55'	102°53'	1593
San Bernardo	Teocaltiche	21°37'	102°23'	1800
San Diego de Alejandría	San Diego de Alejandría	20°59'	101°59'	1920
San Gaspar de los Reyes	Jalostotitlán	21°16'	102°29'	1705
San Gregorio	Gómez Farías	19°53'	103°21'	1845
San Marcos Tonila	Tonila	19°27'	103°31'	1220
San Miguel El Alto	San Miguel El Alto	21°00'	102°24'	1845
Santa Rosa	Amatitán	20°54'	103°42'	750
Tamazula	Tamazula de Gordiano	19°41'	103°15'	1148
Tapalpa	Tapalpa	19°56'	103°45'	2080
Tecolotlán	Tecolotlán	20°12'	104°13'	1285

Tecomates	Casimiro Castillo	19°34'	104°30'	280
Tenasco	Colotlán	22°10'	103°13'	1850
Teocaltiche	Teocaltiche	21°24'	102°34'	1700
Tizapan El Alto	Tizapan El Alto	20°19'	103°03'	1534
Tomatlán	Tomatlán	19°56'	105°15'	35
Totatiche	Totatiche	21°56'	103°27'	1770
Tototlán	Tototlán	20°33'	102°48'	1540
Tuxcueca	Tuxcueca	20°10'	103°12'	1540
Tuxcacuesco	Tuxcacuexco	19°42'	103°59'	740
Tlaquepaque	Tlaquepaque	20°40'	103°17'	1567
Unión de San Antonio	Unión de San Antonio	21°08'	102°00'	1930
Unión de Tula	Unión de Tula	19°57'	104°16'	1340
Villa Guerrero	Villa Guerrero	21°59'	103°36'	1785
Villa Obregón	Villa Obregón	21°08'	102°41'	1860
Zacoalco de Torres	Zacoalco de Torres	20°13'	103°33'	1360
Zapopan	Zapopan	20°44'	103°24'	1580
Zapotlanejo	Zapotlanejo	20°38'	103°04'	1530

5.2.2. Imágenes de satélite.

Para la obtención de mapas de cobertura y usos del suelo, se utilizaron imágenes de satélite Landsat 5 MSS (Multispectral Scanner, 1976) con pixel de 60 metros; Landsat 5 MSS (1986) con pixel de 60 metros; Landsat 5 MSS (1993) con pixel de 60 metros, Landsat 7 ETM (Enhanced Thematic Mapper, 2002) con pixel de 30 metros. En la clasificación de las imágenes se utilizó el programa ER Mapper 6.3.

5.3. Metodología.

La metodología contempló el desarrollo de las siguientes etapas:

5.3.1. Integración de una matriz de datos.

Se conformó una matriz de datos de valores normales mensuales y anuales de temperatura y precipitación de estaciones climatológicas con 42 años de información. Esta matriz se integró en Excel de Microsoft con cálculos derivados del sistema SICA25

(Medina y Ruiz, 2004), a partir de la base de datos climáticos diarios del INIFAP (Ruiz *et al.*, 2003a). Las normales se calcularon para dos subperíodos resultantes de dividir en dos la serie de datos de las estaciones climatológicas, quedando como períodos de estudio 1961-1981 y 1982-2002, eliminándose el año 2003, para que los períodos de estudio fueran comparables en cuanto a tamaño de muestra.

Se determinaron los siguientes parámetros:

Temperatura media anual

Se calculó el valor promedio de temperatura media anual, mediante:

$$T_{na} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}$$

Donde:

T_{na} = Valor normal de temperatura anual
 T_{ha} = Temperatura media anual en cada uno de los años
 n = Número total de años de la serie histórica de datos

Temperatura media mensual

Se calculó el valor normal de temperatura de los 12 meses del año para cada estación, de la siguiente forma:

$$T_{nm} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}$$

Donde:

Tnm = Valor normal de temperatura mensual
Tna = Temperatura media mensual en cada uno de los años
n = Número total de años de la serie histórica de datos

Oscilación térmica anual

Se obtuvo mediante:

$$OTa = Tmc - Tmf$$

Donde:

OTa = Oscilación Térmica anual (°C)
Tmc = Temperatura mes más caliente
Tmf = Temperatura del mes más frío

Precipitación acumulada promedio anual

Constituye el valor promedio normal de la precipitación acumulada del año:

$$Pna = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Donde:

Pna = Valor normal de precipitación anual
Pna = Precipitación acumulada anual en cada uno de los años
n = Número total de años de la serie histórica de datos

Precipitación acumulada promedio mensual

Se calculó el valor promedio normal de la precipitación de los 12 meses del año para cada estación, de la siguiente forma:

$$P_{nm} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Donde:

- P_{nm} = Valor normal de precipitación mensual
- P_{na} = Precipitación acumulada mensual en cada uno de los años
- n = Número total de años de la serie histórica de datos

Porcentaje de lluvia invernal

Se calculó mediante la expresión:

$$P_{li} = \frac{P_{n1} + P_{n2} + P_{n3}}{P_{na}} * 100$$

Donde:

- P_{li} = Porcentaje de lluvia invernal (%)
- P_{n1} = Precipitación normal del mes de Enero
- P_{n2} = Precipitación normal del mes de Febrero
- P_{n3} = Precipitación normal del mes de Marzo

Cociente P/T

Se determinó con la expresión:

$$C P/T = \frac{Pna}{Tna}$$

Donde:

CP/T = Cociente Precipitación/Temperatura

Pna = Precipitación normal anual

Tna = Valor normal de temperatura anual

Presencia de canícula (sequía intraestival). Se determinó al identificar la presencia de un patrón bimodal de precipitación durante la temporada de lluvias, haciendo uso de los valores de precipitación acumulada promedio mensual.

5.3.2. Clasificación climática con el sistema Köppen-García.

Se clasificó el tipo climático de las estaciones climatológicas, para cada uno de los períodos de estudio, utilizando el sistema Köppen-García (García, 1973-1988), el cual se basa en cinco grandes categorías o grupos climáticos y dos subgrupos (Cuadro 7), un aspecto medular de este sistema es que intenta establecer una correlación entre el clima y la vegetación (Rzedowski, 1983).

Cuadro 7. Grupos climáticos según el sistema Köppen-García (García, 1988).

Grupo climático	Subgrupo climático	Descripción
Clima A		Cálido húmedo
	Clima A (C)	Semicálido A con tendencia a C

	Clima (A) C	Semicálido C con tendencia a A
Clima C		Templado húmedo
Clima D		Subártico húmedo
Clima E		Frío o Polar
Clima B		Seco

La secuencia de clasificación climática de una localidad bajo este sistema, contempla los siguientes aspectos:

- 1) Determinación del régimen de lluvias. Existen tres posibilidades: régimen de lluvias de verano, régimen de lluvias de invierno y régimen intermedio.
- 2) Cálculo del porcentaje de lluvia invernal.
- 3) Cálculo del factor "r" o valor umbral que separa a climas secos de húmedos.
- 4) Clasificación del clima como húmedo o seco, al comparar la precipitación acumulada promedio anual de la localidad en cuestión con el factor "r".
- 5) Determinación del tipo climático
- 6) Determinación del subtipo climático
- 7) Valoración de la oscilación térmica anual
- 8) Valoración de la estacionalidad del mes más cálido.
- 9) Valoración del carácter unimodal o bimodal del régimen de lluvias.

Para aplicar el sistema de clasificación Köppen-García, se desarrolló un programa de cómputo en el lenguaje C++, lo cual facilitó esta tarea.

5.3.3. Identificación de variaciones en la clasificación climática.

Con los resultados del proceso de clasificación climática de cada período de estudio de las estaciones climatológicas se procedió a una comparación visual entre las fórmulas climáticas para 1961-1981 y 1982-2002 de cada estación. De aquí se derivaron

las variaciones que se han experimentado durante los últimos 21 años en la clasificación del clima de las localidades de estudio.

Estas variaciones de clasificación se agruparon en las siguientes categorías:

- a) Cambio de clima subhúmedo a clima seco. También llamado en este trabajo con el título de desertización.
- b) Cambio de clima menos cálido a clima más cálido. Consiste en el paso de un tipo climático templado a semicálido ó de un tipo semicálido a un tipo cálido, ó de un tipo semicálido derivado de un C templado a un tipo semicálido derivado de un A cálido.
- c) Cambio en el valor del cociente P/T. Se refiere al paso de una condición más favorable a una menos favorable en cuanto al balance de humedad expresado por el cociente P/T. En el ámbito del sistema de clasificación Köppen-García estos cambios se traducen en el paso de un clima w_2 a un clima w_1 ó en el paso de un clima w_1 a un clima w_0 .
- d) Cambio en la estacionalidad del mes más cálido. Se refiere a la variación del mes más cálido. Por ejemplo si el mes más cálido pasa de ser Mayo a Junio, de Junio a Mayo, de Julio a Mayo, etc. Básicamente que pase de ser antes del solsticio de verano a después de éste o viceversa.

5.3.4. Mapeo de las tendencias de las variaciones de clasificación climática.

Se analizaron las variaciones identificadas en el punto 5.3.3. y se identificaron las tendencias de mayor predominancia, las cuales se procedieron a mapear mediante un proceso de interpolación, utilizando el sistema IDRISI 32 con el algoritmo de distancia inversa ponderada usando un exponente 2. Para la interpolación se integró una matriz de datos georreferenciados, codificando con valor 1 a las estaciones que presentaban la

tendencia en análisis y valor 0 a las estaciones en las que la tendencia estaba ausente. El resultado de este proceso de interpolación fueron imágenes raster de estas tendencias.

5.3.5. Dinámica de la cobertura vegetal en suelos del estado de Jalisco.

En la generación de los mapas de cambios en la cobertura y usos del suelo para el estado de Jalisco, las imágenes de satélite mencionadas en el apartado 5.2.2, se clasificaron de manera independiente; previo al proceso de clasificación se editaron las escenas multiespectrales, utilizando el programa ER Mapper 6.3 formando un mosaico de imágenes con base a sus propiedades geográficas balanceando sus valores numéricos de brillantez (Campbell, 1996).

Las imágenes fueron georreferenciadas buscando puntos comunes localizables a simple vista, utilizando los mapas vectoriales en proyección UTM (Universal Transversal de Mercator) del INEGI correspondientes al estado de Jalisco, escala 1: 50,000 (1976 a 1998). Posteriormente se usó un Polinomio de Ajuste Lineal en X e Y con el método del vecino más próximo, realizado con el programa ER Mapper 6.3 (2002). Esta georreferenciación se realizó para la zona 13 norte UTM utilizando el Datum WGS 84, con resolución espacial de 60 metros para las imágenes MSS y de 30 metros para la imagen ETM.

Las escenas fueron clasificadas de manera supervisada con el algoritmo de máxima verosimilitud que se basa en la probabilidad de que el pixel pertenezca a una clase determinada, tomando como herramienta los datos de varianza-covarianza y promedios de las firmas espectrales. La clasificación supervisada se puede definir como el proceso de usar muestras de identidades conocidas para clasificar pixeles de identidades desconocidas. Las muestras de las identidades conocidas son los pixeles localizados dentro de los campos conocidos (Campbell, 1996).

Dadas las características espectrales de las imágenes, las diferencias de fechas y épocas de toma, se clasificaron en forma independiente con base en categorías equivalentes, las cuales posteriormente fueron reclasificadas y agrupadas en 9 clases definitivas apoyándose en el modelo digital de elevación (Velázquez *et al.*, 2002).

El criterio empleado para realizar dicha reclasificación se apoyó en el hecho de que la vegetación se distribuye bajo un gradiente altitudinal (Miranda y Hernández X., 1963; Rzedowsky, 1988). Si bien este criterio de reclasificación limita la distribución natural que la vegetación puede presentar, se hace necesaria toda vez que el área presenta una gran variabilidad altitudinal y por tanto ambiental.

Las clases utilizadas fueron: Bosques, Selvas, Matorral, Pastizal, Agricultura de riego, Agricultura de temporal, Áreas desnudas (incluye zonas urbanas) y Cuerpos de agua.

El proceso de clasificación supervisada se inició con la ubicación de los campos de entrenamiento sobre imágenes en falso color y la extracción de la firma espectral de cada una de las clases definidas. Los campos de entrenamiento son muestras de píxeles de información del terreno definidas con base al conocimiento previo de los diferentes usos del suelo y la vegetación natural. La firma espectral es un patrón de referencia de reflectancia en cada banda del espectro electromagnético (Berlanga, 2002). La clasificación supervisada sobre la imagen se realizó con el método de Máxima Probabilidad (con distintos filtros) que es un método contemplado en el programa ER Mapper 6.3.

Las clasificaciones resultantes fueron comparadas con mapas de vegetación obtenidos con datos de campo, que fueron los siguientes:

- a) Mapa de Tipos de Vegetación realizado por COTECOCA (1979) escala 1:500,000 y modificado por Contreras a escala 1: 250,000 para el Ordenamiento Ecológico del Estado de Jalisco (1995).
- b) Mapa de uso del suelo apoyados con información de la carta de uso del suelo y vegetación (INEGI, 1985).

VI.RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Clasificación climática con el sistema Köppen-García.

En el Cuadro 8 se presenta la fórmula climática obtenida para los períodos de estudio en cada una de las estaciones analizadas. En este mismo cuadro se señalan los tipos de cambios registrados en la clasificación climática de las estaciones al comparar los datos climáticos de 1961-1981 (1) con los de 1982-2002 (2).

Cuadro 8. Cambios identificados en las fórmulas climáticas según el Sistema Köppen-García (1988) para 65 estaciones climatológicas en el estado de Jalisco.

ESTACIÓN	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA	Cambio grupo	Cambio CPT*	Cambio PLLI**	Cambio OTA***	Cambio EMMC****	TMMC *****	Régimen Térmico Clima seco	Régimen de distribución de lluvias
Acatlán (1)	(A)Ca(w ₀)(w)(i)								
Acatlán (2)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)				X				
Ajojúcar (1)	BS ₁ kw(e)								
Ajojúcar (2)	BS ₁ kw(w)(e)			X					
Atemajac de Brizuela (1)	Cb(w ₂)(e)g								
Atemajac de Brizuela (2)	Cb(w ₂)(i)g				X				
Atequiza (1)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)g								
Atequiza (2)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)g		X						
Atoyac (1)	BS ₁ hw(w)(i)g								
Atoyac (2)	BS ₁ h'(h)w(i)g							X	
Autlán (1)	BS ₁ (h')w(i)								
Autlán (2)	Aw ₀ (i)	X							
Bolaños (1)	BS ₁ (h')w(w)(e)g								
Bolaños (2)	BS ₁ (h')w(w)(e)					X			
Cajón de Peña (1)	Aw ₁ (w)(i)								
Cajón de Peña (2)	Aw ₀ (w)(i)		X						
Casimiro Castillo (1)	Aw ₂ (w)(i)								
Casimiro Castillo (2)	Aw ₂ (w)ig				X	X			
Cihuatlán (1)	Aw ₀ i								
Cihuatlán (2)	Aw ₀ (w)i			X					
Corrinchis (1)	(A)Ca(w ₂)(w)(e)								
Corrinchis (2)	(A)Cb(w ₂)(w)(e)						X		
Cuquío (1)	Cb(w ₁)(w)(e)g								
Cuquío (2)	Cb(w ₁)(w)(e)					X			
Ejutla (1)	Aw ₀ (w)(i)g								
Ejutla (2)	Aw ₀ (w)(i)g								X

El Bramador (1)	Aw ₂ (w)(i)								
El Bramador (2)	Aw' ₂ (w)(i')								X
El Fuerte (1)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)g								
El Fuerte (2)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)		X				X		
El Nogal (1)	Cb(w ₁)(i')g								
El Nogal (2)	Cb(w ₁)(w)(i')			X			X		
El Pinito (1)	Ca(w ₀)(e)								
El Pinito (2)	BS ₁ hw(e)	X							
El Salitre (1)	(A)Ca(w ₁)(e)								
El Salitre (2)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)		X	X					
El Tule (1)	Cb(w ₂)(w)(e)g								
El Tule (2)	Cb(w ₁)(w)(e)		X				X		
Higuera Blanca (1)	BS ₁ (h')w(w)(i')								
Higuera Blanca (2)	BS ₁ (h')w(i')			X					
Hostotipaquillo (1)	Aw ₀ (w)(e)								
Hostotipaquillo (2)	Aw ₀ (w)i					X			
Huascato (1)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)g								
Huascato (2)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)g		X						
Huejuquilla (1)	Ca(w ₀)(w)(e)								
Huejuquilla (2)	BS ₁ kw(w)(e)	X							
Huerta Vieja (1)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)g								
Huerta Vieja (2)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)g		X						
Ixtlahuacán del Río (1)	(A)Cb(w ₁)(w)(i')								
Ixtlahuacán del Río (2)	Cb(w ₀)(w)(i')g	X	X				X		
Jalostotitlán (1)	Ca(w ₀)(w)(e)								
Jalostotitlán (2)	Ca(w ₀)(w)(e)								
Jamay (1)	(A)Ca(w ₁)(e)g								
Jamay (2)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)g		X	X					
Jesús María (1)	Cb(w ₁)(w)(e)g								
Jesús María (2)	Cb(w ₁)(w)(i')g					X			
Jocotepec (1)	(A)Ca(w ₀)(w)(i')g								
Jocotepec (2)	(A)Ca(w ₁)(w)(i')g		X						
Juchitlán (1)	(A)Cb(w ₁)(w)(e)								
Juchitlán (2)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)							X	
La Calera (1)	Cb(w ₀)(w)(e)								
La Calera (2)	BS ₁ kw(w)(e)	X							
La Cuña (1)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)g								
La Cuña (2)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)						X		
La Red (1)	(A)Cb(w ₁)(w)(e)g								
La Red (2)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)						X		
Lagos de Moreno (1)	Cb(w ₀)(e)								
Lagos de Moreno (2)	BS ₁ kw(w)(e)	X		X					
Mascota (1)	(A)Ca(w ₁)(i')								
Mascota (2)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)			X	X				
Mazamitla (1)	Cb(w ₂)(i')g								
Mazamitla (2)	Cb(w ₂)(i')g								

Michoacanejo (1)	BS,kw(w)(e)g								
Michoacanejo (2)	BS,kw(w)(e)						X		
Ojuelos (1)	BS,kw(e)g								
Ojuelos (2)	BS,kw(w)(e)			X			X		
Palo Verde (1)	Cb(w ₁)(w)(e)								
Palo Verde (2)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)g	X	X				X		
Poncillán (1)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)g								
Poncillán (2)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)						X		
Presa Hurtado (1)	(A)Cb(w ₁)(w)(e)								
Presa Hurtado (2)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)							X	
Presa La Duquesa (1)	BS,hw(e)								
Presa La Duquesa (2)	BS,hw(e)g						X		
Presa La Vega (1)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)								
Presa La Vega (2)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)			X					
Quito (1)	(A)Ca(w ₁)(i')								
Quito (2)	(A)Ca(w ₀)(e)			X			X		
Quitupan (1)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)g								
Quitupan (2)	(A)Ca(w ₀)(i')g			X	X		X		
San Bernardo (1)	BS,kw(e)								
San Bernardo (2)	BS,kw(w)(e)				X				
San Diego de Alejandría (1)	Cb(w ₀)(e)g								
San Diego de Alejandría (2)	BS,kw(w)(i')g	X			X		X		
San Gregorio (1)	Cb(w' ₂)(i')								
San Gregorio (2)	Cb(w ₂)(w)(i')				X				X
San Marcos Tonila (1)	A(C)w ₁ (w)(i')								
San Marcos Tonila (2)	Aw ₁ (w)(i')	X							
Santa Rosa (1)	Aw ₀ (w)(e)g								
Santa Rosa (2)	Aw ₀ (w)(e)						X		
San Gaspar de los Reyes (1)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)								
San Gaspar de los Reyes (2)	BS,hw(w)(e)	X							
Tamazula (1)	(A)Ca(w ₁)(w)(i')g								
Tamazula (2)	A(C)(w ₁)(w)(i')	X					X		
Tapalpa (1)	Cb(w' ₂)(i')g								
Tapalpa (2)	Cb(w' ₁)(i')g			X					
Tecolotlán (1)	Aw ₀ (w)(e)g								
Tecolotlán (2)	Aw ₀ (e)g					X			
Tenasco (1)	BS,hw(e)								
Tenasco (2)	(A)Ca(w ₀)(e)	X							
Teocaltiche (1)	Ca(w ₀)(w)(e)								
Teocaltiche (2)	BS,kw(w)(e)	X							
Tlaquepaque (1)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)g								
Tlaquepaque (2)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)g			X					
Tomatlán (1)	Aw ₀ (w)(i')								
Tomatlán (2)	BS ₁ (h')w(w)(i')	X			X				

Totatiche (1)	Ca(w ₀)(w)(e)									
Totatiche (2)	(A)Ca(w ₀)(e)	x		x						
Tototlán (1)	BS ₁ hw(w)(e)									
Tototlán (2)	Cb(w ₀)(e)	x		x						
Tuxcacuesco (1)	BS ₁ (h')w(l')g									
Tuxcacuesco (2)	BS ₁ (h')w(w)(l')g			x						
Unión De San Antonio (1)	Cb(w ₀)(w)(e)g									
Unión De San Antonio (2)	BS ₁ hw(w)(e)g	x								
Villa Guerrero (1)	Cb(w ₀)(w)(e)									
Villa Guerrero (2)	(A)Ca(w ₀)(e)	x		x						
Zacoalco (1)	BS ₁ hw'(w)(e)g									
Zacoalco (2)	BS ₀ hw(w)(e)g		x						x	
Zapotlanejo (1)	(A)Ca(w ₁)(w)(e)g									
Zapotlanejo (2)	(A)Ca(w ₀)(w)(e)g		x							
TOTAL	*		18	18	21	9	16	3	1	4

* Cambio en el Cociente Precipitación/Temperatura

** Cambio en el Porcentaje de Lluvia Invernal

*** Cambio en la Oscilación Térmica

**** Cambio en la Estacionalidad del Mes Más Cálido

***** Cambio en la Temperatura del Mes Más Cálido

6.2. Identificación de variaciones en la clasificación climática.

De las 82 estaciones climáticas estudiadas, 65 experimentaron cambios en la fórmula climática según el sistema de clasificación climática Köppen-García (1988), lo que representa el 80% de las estaciones (Cuadro 8). En 18 estaciones (23%), los cambios estuvieron relacionados con el grupo climático, y podrían ser considerados como los de mayor relevancia. Llama la atención el cambio de clima subhúmedo a clima seco que ocurrió en un grupo de estaciones ubicadas en las regiones Noreste (Altos Norte) y Norte del Estado, las que son consideradas como las áreas más secas de la Entidad (Ruiz *et al.*, 2003b). Las estaciones incluidas son La Calera, Lagos de Moreno, San Diego de Alejandría, San Gaspar de los Reyes, Teocaltiche y Unión de San Antonio en el Noreste y, El Pinito y Huejuquilla El Alto, en el Norte. Esto puede explicarse al observar que en todas estas estaciones los valores de precipitación anual disminuyeron (Cuadro 9). Esto coincide con Ruiz (1998) quien identificó una tendencia de disminución de la lluvia anual en las regiones Norte y Noreste del Estado al analizar datos climatológicos mensuales actualizados a 1996.

Otro cambio de grupo climático en el mismo sentido que los anteriores pero que se verificó en una zona diferente a las mencionadas arriba, fue el que se suscitó en Tomatlán en donde ocurrió un cambio de clima A cálido subhúmedo, a un clima B seco. Esto también se atribuye a la disminución de la precipitación anual (Cuadro 9).

Por otro lado, tres localidades experimentaron un cambio en sentido inverso a la tendencia anteriormente descrita, esto es, pasaron de un clima seco a un clima subhúmedo, como respuesta también de un incremento de la precipitación pluvial anual (Cuadro 9). Entre estas localidades destacan Autlán, Tenasco y Tototlán.

En algunos casos en que se pasó de un clima subhúmedo a un clima seco, la disminución de la precipitación anual se asoció además con un incremento de la temperatura. Este es el caso de estaciones La Calera, Lagos de Moreno, San Gaspar de Los Reyes, Unión de San Antonio y El Pinito. Esto también coincide con lo señalado por Ruiz (1998) al reportar tendencias opuestas en los regímenes de temperatura y precipitación de algunas localidades del Norte y Noreste del Estado.

Otro tipo de cambio a nivel de grupo climático es el que se identificó al pasar de un clima menos cálido a un clima más cálido. Aquí se incluyen cambios de clima templado a semicálido; de semicálido a cálido, y de semicálido derivado del templado a semicálido derivado del cálido. Ejemplo del primer caso son las estaciones de Palo Verde, Totatiche y Villa Guerrero; en el segundo caso se encuentra la estación de San Marcos Tonila y el tercer caso en Tamazula (Cuadro 8).

El calentamiento que sufrieron dichas estaciones se puede corroborar al observar que tanto la temperatura media anual, como la temperatura promedio mensual del mes más frío y la temperatura del mes más cálido mostraron un incremento (Cuadro 10). Esto coincide con las observaciones de Lemus y Gay (1988), quienes reportaron un calentamiento estatal promedio de 0.4°C de 1921 a 1985 en el estado de Aguascalientes.

En 66 de las 82 estaciones analizadas se identificó una disminución en el cociente Precipitación anual/Temperatura anual (P/T) (Cuadro 9). De estos 66 casos, solamente 15 significaron una clasificación de menor grado en cuanto a la valoración de P/T, por lo general pasándose de una nomenclatura w_1 a w_0 (Cuadro 8). Entre estos 15 casos se encuentran Atequiza, Cajón de Peña, El Fuerte, El Salitre, El Tule, Huascato, Ixtlahuacán del Río, Jamay, Palo Verde, Presa La Vega, Quito, Quitupan, Tapalpa, Zacoalco de Torres y Zapotlanejo (Cuadro 8). Esta tendencia negativa se explica por un descenso de la precipitación anual en todos los casos (Cuadro 9), y por un incremento de la temperatura media anual en algunos casos (Cuadro 10). Estos resultados señalan una menor disponibilidad de humedad para el desarrollo de la vegetación, lo que coincide con lo reportado por Ruiz *et al.* (2000a), quienes encontraron un recorte de la estación de crecimiento para el desarrollo de cultivos en el estado de Jalisco, debido a un incremento de temperatura asociada a una disminución de la precipitación pluvial. Esto redundó en una menor capacidad de producción de biomasa de la vegetación nativa y rendimiento agronómico (Ruiz *et al.*, 2000b).

En 15 de las 82 estaciones que se estudiaron, el cociente P/T presentó un incremento, pero sólo tres de estos 15 casos significaron un ascenso en la clasificación climática, refiriéndose al cambio de w_0 a w_1 (Cuadro 8). El incremento de P/T en estas tres estaciones se explica por un ascenso de la lluvia anual en Jocotepec y Huerta Vieja (Cuadro 9), y en la estación de Tlaquepaque fue por un descenso de la temperatura media anual (Cuadro 10).

Con respecto a la estacionalidad del mes más cálido, se identificaron 16 localidades que resultaron impactadas. De esas 16, en 12 cambió la incidencia del mes más cálido de antes del solsticio de verano a después de este fenómeno. Es decir anteriormente el mes más cálido en esas localidades era Mayo y ahora lo es Junio. Dichas localidades son Bolaños, Cuquío, El Fuerte, El Nogal, El Tule, La Cuña, La Red, Michoacanejo, Ojuelos, Poncitlán y Santa Rosa y Tamazula. Esta tendencia se puede explicar por un incremento de la temperatura media del mes de Junio durante el período 1982-2002 (Cuadro 11), el cual estuvo asociado a un descenso de la precipitación

promedio de este mes en localidades como Cuquío, El Fuerte, El Nogal, La Red, Michoacanejo y Santa Rosa, sobresaliendo El Fuerte, La Red y Santa Rosa, donde la pérdida promedio de precipitación superó los 20 mm (Cuadro 11). Este fenómeno muestra cierta coincidencia con la tendencia de atraso del inicio de la estación de crecimiento reportado para una buena parte del estado de Jalisco (Ruiz *et al.* 2000a).

Cuatro de las 16 estaciones que fueron impactadas en cuanto a la estacionalidad del mes más cálido, registraron una tendencia opuesta, esto es, el mes más cálido es ahora Mayo cuando antes lo era un mes posterior a éste. Estas localidades son Casimiro Castillo, Palo Verde, Ixtlahuacán del Río y Presa La Duquesa.

Otro cambio importante se registró en el porcentaje de lluvia invernal (PLLI). En 52 de las 82 estaciones estudiadas, se observó una tendencia a disminuir y en 21 de estos casos, significó un cambio en la clasificación climática de las estaciones estudiadas, al pasar de más a menos de 5% de PLLI. La disminución de la lluvia invernal ha sido referenciada como un síntoma de la modificación del clima por otros autores, tales como Williams y Balling (1996). Esta tendencia ha sido reportada ya con anterioridad como una evidencia de cambio climático regional (IPCC, 2001).

Cuadro 9. Parámetros hídricos de clasificación climática en 82 localidades del estado de Jalisco, México.

Estación	Período	% lluvia invernal I	Lluvia anual (P) (mm)	Distribución De la lluvia	Cociente P/T	Estación	Período	% lluvia invernal I	Lluvia anual (P) (mm)	Distribución De la lluvia	Cociente P/T
Acatlán	1961- 1981	3.4	845.7	Unimodal	41.4	La Red	1961- 1981	3.29	924.2	Unimodal	50.78
Acatlán	1982- 2002	3.16	763.0	Unimodal	37.5	La Red	1982- 2002	2.23	837.1	Unimodal	45.5
Ajojúcar	1961- 1981	3.9	632.2	Unimodal	35.9	Lagos M.	1961- 1981	3.9	629.2	Unimodal	37.0
Ajojúcar	1982- 2002	3.8	590.9	Unimodal	33.9	Lagos M.	1982- 2002	3.55	582.1	Unimodal	33.26
Ameca	1961- 1981	3.11	863.4	Unimodal	40.1	Magdalena	1961- 1981	3.05	774.2	Unimodal	36.86
Ameca	1982- 2002	3.42	843.9	Unimodal	39.4	Magdalena	1982- 2002	3.53	881.0	Unimodal	41.17
Antonio Escobedo	1961- 1981	2.81	1018.1	Unimodal	51.9	Mascota	1961- 1981	4.46	1011.1	Unimodal	47.47
Antonio Escobedo	1982- 2002	3.14	957.9	Unimodal	49.1	Mascota	1982- 2002	3.63	911.7	Unimodal	44.9
Atemajac de Brizuela	1961- 1981	4.9	937.6	Unimodal	60.9	Mazamitla	1961- 1981	4.62	1104.9	Unimodal	70.82
Atemajac de Brizuela	1982- 2002	4.6	950.8	Unimodal	59.0	Mazamitla	1982- 2002	4.10	880.9	Unimodal	60.55
Atequiza	1961- 1981	3.43	916.0	Unimodal	44.9	Michoacanejo	1961- 1981	3.9	600.4	Unimodal	35.31
Atequiza	1982- 2002	2.11	807.3	Unimodal	39.3	Michoacanejo	1982- 2002	3.51	584.6	Unimodal	33.6
Atotonilco	1961- 1981	2.32	927.3	Unimodal	46.8	Ojuelos	1961- 1981	6.98	534.3	Unimodal	33.8
Atotonilco	1982- 2002	3.5	842.9	Unimodal	43.6	Ojuelos	1982- 2002	3.88	545.3	Unimodal	34.7
Atoyac	1961- 1981	3.38	693.7	Unimodal	33.5	Palo Verde	1961- 1981	3.99	881.5	Unimodal	49.8
Atoyac	1982- 2002	5.78	596.1	Unimodal	27.6	Palo Verde	1982- 2002	1.72	720.3	Unimodal	37.9
Autlán	1961- 1981	6.53	670.5	Unimodal	28.5	Plan de Barrancas	1961- 1981	2.83	942.7	Unimodal	39.1
Autlán	1982- 2002	4.57	826.2	Unimodal	37.5	Plan de Barrancas	1982- 2002	3.14	894.6	Unimodal	37.27
Bolaños	1961- 1981	3.63	591.2	Unimodal	24.7	Ponciltán	1961- 1981	3.36	838.7	Unimodal	42.8
Bolaños	1982- 2002	4.4	591.8	Unimodal	24.1	Ponciltán	1982- 2002	2.56	760.1	Unimodal	39.18

Cajón de P.	1961-1981	2.37	1305.1	Unimodal	50.6	Presa Hurtado	1961-1981	3.32	829.9	Unimodal	46.1
Cajón de P.	1982-2002	4.75	1068.0	Unimodal	41.9	Presa Hurtado	1982-2002	3.01	870.6	Unimodal	44.87
Casallanta	1961-1981	4.34	754.1	Unimodal	38.9	Presa Duquesa	1961-1981	6.76	523.9	Unimodal	29.9
Casallanta	1982-2002	3.28	678.9	Unimodal	34.6	Presa Duquesa	1982-2002	5.13	451.6	Unimodal	24.9
Casimiro Castillo	1961-1981	1.19	1635.8	Bimodal	63.16	Presa La Vega	1961-1981	2.89	948.5	Unimodal	45.8
Casimiro Castillo	1982-2002	0.62	1560.8	Unimodal	55.5	Presa La Vega	1982-2002	2.93	878.3	Unimodal	40.4
Chapala	1961-1981	3.16	953.3	Unimodal	47.66	Quito	1961-1981	4.48	938.0	Bimodal	43.42
Chapala	1982-2002	1.72	893.2	Unimodal	43.8	Quito	1982-2002	4.74	889.3	Unimodal	41.75
Cihuatlán	1961-1981	4.64	849.1	Unimodal	32.8	Quitupan	1961-1981	2.64	1060.7	Unimodal	50.27
Cihuatlán	1982-2002	2.33	941.1	Unimodal	34.9	Quitupan	1982-2002	3.9	868.5	Unimodal	41.75
Colotlán	1961-1981	4.85	650.3	Unimodal	34.0	San Bernardo	1961-1981	4.26	617.6	Unimodal	35.49
Colotlán	1982-2002	4.85	650.3	Unimodal	35.1	San Bernardo	1982-2002	3.92	518.8	Unimodal	28.98
Corrinchis	1961-1981	3.66	1240.0	Unimodal	66.6	S Diego de Alejandria	1961-1981	6.17	717.8	Unimodal	40.78
Corrinchis	1982-2002	4.04	1078.9	Unimodal	58.3	S Diego de Alejandria	1982-2002	2.88	646.8	Unimodal	37.6
Cuixtla	1961-1981	2.76	877.5	Unimodal	35.2	San Marcos	1961-1981	3.79	1108.4	Unimodal	50.6
Cuixtla	1982-2002	2.9	885.5	Unimodal	35.7	San Marcos	1982-2002	3.19	1224.5	Unimodal	54.9
Cuquío	1961-1981	3.25	882.2	Unimodal	49.8	San Gaspar	1961-1981	2.53	705.5	Bimodal	38.9
Cuquío	1982-2002	1.42	772.4	Unimodal	43.6	San Gaspar	1982-2002	2.92	625.3	Unimodal	34.35
Ejutla	1961-1981	4.07	951.5	Unimodal	41.19	San Gregorio	1961-1981	5.22	1330.3	Unimodal	88.1
Ejutla	1982-2002	4.35	846.2	Bimodal	36.8	San Gregorio	1982-2002	2.71	1224.9	Unimodal	78.52
El Bramador	1961-1981	2.11	1714.0	Unimodal	68.28	San Miguel El Alto	1961-1981	3.76	708.3	Unimodal	40.9
El Bramador	1982-2002	2.49	1915.4	Bimodal	75.41	San Miguel El Alto	1982-2002	2.08	727.7	Unimodal	40.88
El Fuerte	1961-1981	2.38	1007.0	Unimodal	50.6	Santa Rosa	1961-1981	2.31	948.9	Unimodal	36.35

El Fuerte	1982-2002	2.19	810.1	Bimodal	40.5	Santa Rosa	1982-2002	2.73	849.4	Unimodal	32.29
El Nogal	1961-1981	6.58	830.9	Unimodal	50.35	Tamazula	1961-1981	3.54	1068.3	Unimodal	49.45
El Nogal	1982-2002	2.9	734.5	Unimodal	45.34	Tamazula	1982-2002	3.13	1013.5	Unimodal	55.68
El Pinito	1961-1981	4.8	662.7	Unimodal	37.44	Tapalpa	1961-1981	5.42	917.3	Bimodal	56.27
El Pinito	1982-2002	6.63	646.7	Unimodal	35.14	Tapalpa	1982-2002	6.13	863.8	Bimodal	53.98
El Salitre	1961-1981	6.6	979.5	Unimodal	47.9	Tecolotlán	1961-1981	5.07	809.9	Unimodal	35.68
El Salitre	1982-2002	1.95	863.2	Unimodal	42.9	Tecolotlán	1982-2002	4.18	759.8	Bimodal	33.77
El Tule	1961-1981	6.18	940.2	Unimodal	55.3	Tecomates	1961-1981	2.25	1546.8	Bimodal	60.42
El Tule	1982-2002	2.4	855.6	Unimodal	51.5	Tecomates	1982-2002	2.15	1457.8	Unimodal	57.4
Guadalajara	1961-1981	2.65	1013.4	Unimodal	48.7	Tenasco	1961-1981	5.21	617.4	Unimodal	33.73
Guadalajara	1982-2002	2.19	952.9	Unimodal	45.16	Tenasco	1982-2002	5.55	665.5	Unimodal	36.76
Higuera Blanca	1961-1981	3.6	699.7	Unimodal	28.44	Teocaltiche	1961-1981	4.00	638.6	Unimodal	35.87
Higuera Blanca	1982-2002	4.5	703.6	Unimodal	27.16	Teocaltiche	1982-2002	3.12	499.8	Unimodal	30.66
Hostotipaquillo	1961-1981	3.67	916.1	Unimodal	41.45	Tlaquepaque	1961-1981	3.61	935.5	Unimodal	42.91
Hostotipaquillo	1982-2002	2.81	865.6	Unimodal	39.34	Tlaquepaque	1982-2002	1.88	916.4	Unimodal	43.43
Huascato	1961-1981	2.79	893.0	Unimodal	45.1	Tomatlán	1961-1981	2.76	831.5	Unimodal	31.26
Huascato	1982-2002	2.66	755.9	Unimodal	36.8	Tomatlán	1982-2002	4.09	774.4	Unimodal	29.44
Huejuquilla El Alto	1961-1981	3.95	655.9	Unimodal	36.6	Totatiche	1961-1981	3.17	760.0	Unimodal	42.45
Huejuquilla El Alto	1982-2002	3.9	510.1	Unimodal	30.18	Totatiche	1982-2002	5.26	763.5	Unimodal	41.27
Huerta Vieja	1961-1981	2.52	858.2	Unimodal	42.7	Totatlán	1961-1981	4.13	582.4	Unimodal	32.17
Huerta Vieja	1982-2002	2.61	922.4	Unimodal	48.5	Totatlán	1982-2002	5.12	632.1	Unimodal	35.91
Ixtlahuacán del Río	1961-1981	2.96	931.8	Unimodal	50.64	Tuxcacuesco	1961-1981	3.8	759.2	Unimodal	31.24
Ixtlahuacán del Río	1982-2002	2.86	886.6	Unimodal	50.9	Tuxcacuesco	1982-2002	3.23	673.1	Unimodal	27.36

Jalostotitlán	1961-1981	3.30	727.5	Unimodal	40.64	Tuxcueca	1961-1981	3.98	782.0	Unimodal	40.73
Jalostotitlán	1982-2002	2.49	678.6	Unimodal	37.9	Tuxcueca	1982-2002	2.92	705.6	Unimodal	35.6
Jamay	1961-1981	2.57	736.2	Unimodal	39.15	Unión de San A.	1961-1981	2.82	709.8	Unimodal	40.1
Jamay	1982-2002	1.14	728.7	Unimodal	38.55	Unión de San A.	1982-2002	2.8	619.4	Unimodal	39.45
Jesús María	1961-1981	3.62	878.5	Unimodal	50.48	Unión de Tula	1961-1981	4.4	868.6	Unimodal	42.58
Jesús María	1982-2002	2.43	757.4	Unimodal	44.55	Unión de Tula	1982-2002	4.87	825.9	Unimodal	39.9
Jocotepec	1961-1981	3.52	772.2	Unimodal	39.6	Villa Guerrero	1961-1981	3.17	734.4	Unimodal	41.26
Jocotepec	1982-2002	4.12	850.7	Unimodal	44.77	Villa Guerrero	1982-2002	4.78	762.9	Unimodal	41.9
Juchitlán	1961-1981	3.29	821.9	Unimodal	45.66	Villa Obregón	1961-1981	3.36	661.3	Unimodal	35.17
Juchitlán	1982-2002	3.2	871.6	Unimodal	44.69	Villa Obregón	1982-2002	1.98	677.3	Unimodal	34.2
La Calera	1961-1981	3.16	627.9	Unimodal	36.29	Zacoalco	1961-1981	2.95	564.5	Bimodal	27.14
La Calera	1982-2002	2.00	469.7	Unimodal	26.68	Zacoalco	1982-2002	3.01	434.9	Bimodal	21.63
La Cuña	1961-1981	3.38	849.4	Unimodal	42.05	Zapopan	1961-1981	2.65	1004.4	Unimodal	48.52
La Cuña	1982-2002	2.16	818.6	Unimodal	40.32	Zapopan	1982-2002	2.47	947.5	Unimodal	45.99
La Desembocada	1961-1981	2.95	1054.2	Unimodal	40.5	Zapotlanejo	1961-1981	3.01	892.4	Unimodal	46.0
La Desembocada	1982-2002	4.11	1025.9	Bimodal	39.45	Zapotlanejo	1982-2002	2.08	838.6	Unimodal	41.3

Cuadro 10. Parámetros térmicos de clasificación climática en 82 localidades del estado de Jalisco, México, durante los periodos A (1961-1981) y B (1982-2002).

Estación	Temperatura anual (T) (°C)	Temp. Mes más frío	Mes más cálido	Temp. Mes más cálido	OT anual	EMMC (Tipo ganges)
Acatlán A	20.4	16.6	Junio	23.3	6.7	No
Acatlán B	20.3	16.2	Junio	23.8	7.6	No
Ajajácar A	17.6	12.8	Junio	21.5	8.7	No
Ajajácar B	17.4	12.7	Junio	21.7	9.0	No
Ameca A	21.5	17.3	Junio	24.7	7.4	No
Ameca B	21.4	17.5	Junio	24.8	7.3	No
Antonio Escobedo A	19.6	15.1	Junio	23.4	8.3	No
Antonio Escobedo B	19.5	14.3	Junio	23.9	9.6	No
Atemajac A	15.4	11.7	Mayo	19.0	7.3	Si
Atemajac B	16.1	13.4	Mayo	18.9	5.5	Si
Atequiza A	20.4	16.2	Mayo	24.4	8.2	Si
Atequiza B	20.5	16.2	Mayo	24.6	8.4	Si
Atotonilco A	19.8	16.0	Mayo	23.2	7.2	Si
Atotonilco B	19.4	15.5	Mayo	22.5	7.0	Si
Atoyac A	20.7	17.6	Mayo	23.9	6.3	Si
Atoyac B	21.6	18.3	Mayo	24.6	6.3	Si
Autlán A	23.5	19.9	Junio	26.2	6.3	No
Autlán B	22.0	18.7	Junio	25.0	6.3	No
Bolaños A	23.9	19.4	Mayo	28.0	8.6	Si
Bolaños B	24.5	19.3	Junio	28.9	9.6	No
Cajón de Peña A	25.8	22.8	Junio	28.5	5.7	No
Cajón de Peña B	25.5	21.9	Junio	28.4	6.5	No
Casallanta A	19.4	14.9	Junio	23.3	8.4	No
Casallanta B	19.6	14.6	Junio	23.9	9.3	No
Casimiro Castillo A	26.9	23.9	Junio	29.5	5.6	No
Casimiro Castillo B	28.1	25.4	Mayo	30.3	4.9	Si
Chapala A	20.0	17.1	Mayo	23.6	6.5	Si
Chapala B	20.4	17.2	Mayo	23.7	6.5	Si
Cihuatlán A	25.9	24.0	Julio	27.9	3.9	No
Cihuatlán B	26.9	25.0	Agosto	28.8	3.8	No
Colotlán A	19.1	14.2	Junio	23.8	9.6	No
Colotlán B	18.5	14.4	Junio	22.1	7.7	No
Corrinchis A	18.6	14.1	Junio	22.1	8.0	No
Corrinchis B	18.5	14.3	Junio	21.8	7.5	No
Cuixtla A	24.9	20.0	Mayo	29.7	9.7	Si
Cuixtla B	24.8	19.9	Mayo	29.5	9.6	Si
Cuquío A	17.7	12.9	Junio	21.7	8.8	No
Cuquío B	17.7	13.3	Junio	21.9	8.6	No
Ejutla A	23.1	20.1	Mayo	26.0	5.9	Si
Ejutla B	23.2	20.1	Mayo	25.8	5.7	Si
El Bramador A	25.1	22.5	Junio	27.5	5.0	No
El Bramador B	25.4	22.0	Junio	28.3	6.3	No
El Fuerte A	19.9	15.9	Mayo	23.3	7.4	Si
El Fuerte B	20.0	15.8	Mayo	23.4	7.6	Si
El Nogal A	16.5	13.3	Mayo	19.0	5.7	Si
El Nogal B	16.2	12.6	Junio	19.2	6.6	No

El Pinito A	17.7	12.2	Junio	22.7	10.5	No
El Pinito B	18.4	13.0	Junio	23.2	10.7	No
El Salitre A	21.3	16.7	Junio	24.6	7.9	No
El Salitre B	20.1	15.6	Junio	23.6	8.0	No
El Tule A	17.0	13.1	Mayo	20.5	7.4	Si
El Tule B	16.6	12.8	Junio	20.2	7.4	No
Guadalajara A	20.8	16.8	Mayo	24.6	7.8	Si
Guadalajara B	21.1	17.4	Mayo	24.7	7.4	Si
Higuera Blanca A	24.6	22.5	Julio	27.0	4.5	No
Higuera Blanca B	25.9	23.3	Agosto	28.6	5.3	No
Hostotipaquillo A	22.1	18.1	Junio	25.6	7.5	No
Hostotipaquillo B	22.0	20.6	Junio	23.5	2.9	No
Huascato A	19.8	15.3	Mayo	23.7	8.4	Si
Huascato B	20.5	16.1	Mayo	24.4	8.3	Si
Huejuquilla A	17.9	12.8	Junio	22.2	9.4	No
Huejuquilla B	16.9	11.9	Junio	21.8	9.9	No
Huerta Vieja A	20.1	16.3	Mayo	23.8	7.5	Si
Huerta Vieja B	19.0	14.9	Mayo	23.3	8.4	Si
Ixtlahuacán del Río A	18.4	14.7	Junio	21.4	6.7	No
Ixtlahuacán del Río B	17.0	13.8	Mayo	19.5	5.7	Si
Jalostotitlan A	17.9	13.4	Junio	22.4	9.2	No
Jalostotitlan B	17.9	13.2	Junio	22.4	9.2	No
Jamay A	18.8	14.6	Mayo	22.4	7.8	Si
Jamay B	18.9	14.7	Mayo	22.3	7.0	Si
Jesús María A	17.4	13.9	Mayo	21.0	7.1	Si
Jesús María B	17.0	13.8	Mayo	20.3	6.5	Si
Jocotepec A	19.5	16.4	Mayo	22.3	5.9	Si
Jocotepec B	19.0	15.1	Junio	21.8	6.7	No
Juchillán A	18.0	14.1	Junio	21.3	7.2	No
Juchillán B	19.4	15.1	Junio	23.1	8.0	No
La Calera A	17.3	12.7	Junio	21.3	8.6	No
La Calera B	17.6	13.4	Junio	21.3	7.9	No
La Cuña A	20.2	15.5	Mayo	24.2	8.7	Si
La Cuña B	20.3	15.6	Junio	24.3	8.7	No
La Desembocada A	26.0	22.5	Agosto	28.6	6.1	No
La Desembocada B	26.0	22.3	Junio	29.0	6.7	No
La Red A	18.2	13.9	Mayo	21.8	7.9	Si
La Red B	18.4	14.4	Junio	22.1	7.7	No
Lagos de Moreno A	17.0	12.5	Junio	20.7	8.2	No
Lagos de Moreno B	17.5	12.5	Junio	21.4	8.9	No
Magdalena A	21.0	16.9	Junio	24.1	7.2	No
Magdalena B	21.4	17.0	Junio	25.1	8.1	No
Mascota A	21.3	17.6	Junio	24.2	6.6	No
Mascota B	20.3	16.2	Junio	23.4	7.2	No
Mazamitla A	15.6	12.4	Mayo	18.9	6.5	Si
Mazamitla B	16.2	13.3	Mayo	19.4	6.1	Si
Michoacanejo A	17.0	12.6	Mayo	20.8	8.2	Si
Michoacanejo B	17.4	13.8	Junio	20.8	7.1	No
Ojuelos A	15.8	11.1	Mayo	19.7	8.6	Si
Ojuelos B	15.7	11.4	Junio	19.1	7.7	No
Palo Verde A	17.7	13.4	Junio	21.3	7.9	No

Palo Verde B	19.0	15.2	Mayo	22.8	7.6	Si
Plan de Barrancas A	24.1	19.7	Junio	27.9	8.2	No
Plan de Barrancas B	24.0	19.3	Junio	28.4	9.1	No
Poncillán A	19.6	15.4	Mayo	23.3	7.9	Si
Poncillán B	19.4	15.1	Junio	22.8	7.7	No
Presa de Hurtado A	18.0	14.0	Junio	21.3	7.3	No
Presa de Hurtado B	19.4	15.2	Junio	23.0	7.8	No
Presa de Duquesa A	17.5	12.5	Junio	21.3	8.8	No
Presa La Duquesa B	18.1	13.0	Mayo	21.9	8.9	Si
Presa La Vega A	21.7	17.1	Junio	25.5	8.4	No
Presa La Vega B	21.7	17.1	Junio	25.8	8.7	No
Quito A	21.6	17.7	Junio	24.7	7.7	No
Quito B	21.3	17.2	Junio	24.6	7.4	No
Quitupan A	21.1	17.1	Mayo	24.6	7.5	Si
Quitupan B	20.8	16.9	Mayo	23.9	7.0	Si
Sn Bernardo A	17.4	13.0	Junio	21.5	8.5	No
Sn Bernardo B	17.9	13.1	Junio	21.9	8.8	No
Sn Diego de Alejandría A	17.6	13.4	Mayo	21.4	8.0	Si
Sn Diego de Alejandría B	17.2	13.9	Mayo	20.6	7.0	Si
Sn Gaspar A	18.0	13.1	Junio	22.4	9.3	No
Sn Gaspar B	18.2	12.9	Junio	23.2	10.3	No
Sn Gregorio A	15.1	11.2	Junio	18.2	7.0	No
Sn Gregorio B	15.6	12.0	Junio	18.8	6.8	No
San Marcos A	21.9	19.0	Junio	24.1	5.1	No
San Marcos B	22.3	19.7	Junio	24.7	5.0	No
Sn Miguel El Alto A	17.3	13.1	Junio	21.1	8.0	No
Sn Miguel El Alto B	17.8	13.3	Junio	21.8	8.5	No
Sta Rosa A	26.1	21.5	Mayo	30.6	9.1	Si
Sta Rosa B	26.3	21.8	Junio	30.4	8.6	No
Tamazula A	21.6	17.8	Mayo	24.6	6.8	Si
Tamazula B	21.8	18.2	Junio	24.6	6.4	No
Tapalpa A	16.3	13.1	Mayo	19.2	6.1	Si
Tapalpa B	16.0	12.7	Mayo	18.7	6.0	Si
Tecolotlán A	22.7	18.7	Mayo	26.1	7.4	Si
Tecolotlán B	22.5	18.1	Mayo	25.8	7.7	Si
Tecomates A	25.6	22.4	Junio	28.2	5.8	No
Tecomates B	25.4	22.3	Junio	28.1	5.8	No
Tenasco A	18.3	13.9	Junio	22.0	8.1	No
Tenasco B	18.1	13.2	Junio	22.4	9.2	No
Teocaltiche A	17.8	12.7	Junio	22.3	9.6	No
Teocaltiche B	17.0	12.5	Junio	20.9	8.4	No
Tlaquepaque A	21.8	17.7	Mayo	25.7	8.0	Si
Tlaquepaque B	21.1	17.2	Mayo	24.9	7.7	Si
Tomatlán A	26.6	24.0	Julio	29.1	5.1	No
Tomatlán B	26.3	23.2	Julio	29.1	5.9	No
Totatiche A	17.9	13.2	Junio	22.1	8.9	No
Totatiche B	18.5	13.4	Junio	22.3	8.9	No
Tototlán A	18.1	13.8	Junio	22.0	8.2	No
Tototlán B	17.6	12.9	Junio	21.8	8.9	No
Tuxcacuesco A	24.3	20.7	Mayo	27.2	7.5	Si
Tuxcacuesco B	24.6	20.4	Julio	27.1	6.7	No

Tuxcueca A	19.2	15.0	Mayo	22.8	7.8	Si
Tuxcueca B	19.8	15.4	Mayo	23.6	8.2	Si
Unión Sn Antonio A	17.7	13.7	Mayo	21.3	7.6	Si
Unión Sn Antonio B	18.3	14.1	Mayo	22.0	7.9	Si
Unión de Tula A	20.4	16.4	Junio	23.7	7.3	No
Unión de Tula B	20.7	16.5	Junio	24.0	7.5	No
Villa Guerrero A	17.8	13.5	Junio	21.5	8.0	No
Villa Guerrero B	18.2	13.9	Junio	22.1	8.2	No
Villa Obregón A	18.8	14.5	Mayo	22.6	8.1	Si
Villa Obregón B	19.7	15.7	Mayo	23.6	7.9	Si
Zacoalco T. A	20.8	17.0	Mayo	24.2	7.2	Si
Zacoalco T. B	20.1	16.2	Mayo	23.2	7.0	Si
Zapopan A	20.7	17.2	Mayo	24.2	7.0	Si
Zapopan B	20.6	16.5	Mayo	24.4	7.9	Si
Zapotlanejo A	19.4	15.6	Mayo	23.2	7.0	Si
Zapotlanejo B	20.3	16.4	Mayo	23.9	7.6	Si

Cuadro 11. Variaciones en la precipitación y temperatura promedio del mes de Junio en 12 localidades del estado de Jalisco.

Estación	Período	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Bolaños	1961-1981	97.7	27.7
Bolaños	1982-2002	110.3	28.9
Cuquío	1961-1981	144.5	21.7
Cuquío	1982-2002	136.0	21.9
El Fuerte	1961-1981	198.8	22.8
El Fuerte	1982-2002	173.0	23.4
El Nogal	1961-1981	142.3	18.9
El Nogal	1982-2002	137.6	19.2
El Tule	1961-1981	149.4	20.1
El Tule	1982-2002	160.8	20.2
La Cuña	1961-1981	155.9	24.1
La Cuña	1982-2002	161.2	24.3
La Red	1961-1981	160.4	21.6
La Red	1982-2002	138.8	22.1
Michoacanejo	1961-1981	102.4	20.5
Michoacanejo	1982-2002	95.4	20.8
Ojuelos	1961-1981	74.7	19.3
Ojuelos	1982-2002	89.8	19.1
Poncitlán	1961-1981	162.2	22.8
Poncitlán	1982-2002	170.2	22.8
Santa Rosa	1961-1981	172.6	29.9
Santa Rosa	1982-2002	138.8	30.4
Tamazula	1961-1981	192.9	24.5
Tamazula	1982-2002	194.2	24.6

Se realizó el análisis estadístico para la prueba de t para la comparación de los dos periodos estudiados, 1961-1981 y 1982-2002, en la cual se ratifica los cambios que experimentaron 18 estaciones (explicado y discutido en el apartado 6.1) relacionados con la fórmula climática según el sistema de clasificación climática Köppen-García (1988), y que son considerados como los de mayor relevancia (Cuadro A2, en Anexo).

6.3 Mapeo de las tendencias de las variaciones de clasificación climática.

6.2.1. Desertización

Los cambios en la clasificación climática que fueron identificados y discutidos en el punto anterior, se tradujeron a tendencias de variación en la clasificación climática. En la Figura 5 se muestra la distribución espacial de las áreas con tendencia de desertización en el estado de Jalisco, entendiéndose como desertización, el paso de un clima subhúmedo a un clima seco.

La Figura 5 ratifica la presencia de áreas que se están desertizando en el Estado. Como puede verse en dicha figura, existen tres áreas donde se identificó este fenómeno. Una en la zona noreste, en el área conocida como Altos Norte y que afecta a parte de los municipios de Lagos de Moreno, Unión de San Antonio, San Diego de Alejandría, San Julián, San Juan de los Lagos, Mexxicacán, Jalostotitlán, Encarnación de Díaz y Teocaltiche. Esta área de desertización constituye una expansión del área considerada tradicionalmente como la más seca del Estado, esto es el área circundante a Ojuelos en el extremo noreste de Jalisco.

Este fenómeno de ampliación de la frontera de las áreas semiáridas y áridas en los ecosistemas ha sido planteada como una consecuencia del cambio climático en otras partes del planeta (Williams y Balling, 1996).

Una segunda área de desertización se aprecia en la región norte del Estado, afectando a los municipios de Huejuquilla El Alto y Mezquitic, con efectos similares que

los de la región noreste, esto es de expansión de la frontera de las zonas semiáridas del Estado.

Por último, una tercera zona de desertización se aprecia en el Sur del municipio de Tomatlán, enclavado en plena región costera del Estado. Esta zona señala probablemente la agudización de la condición de semiaridez que ya existía en esa región (Ruiz *et al.*, 2003b), ya que apunta a desplazarse hacia tierras más continentales en comparación al escenario que muestra el mapa de tipos climáticos del Estado actualizado a 1983 (SPP, 1984).

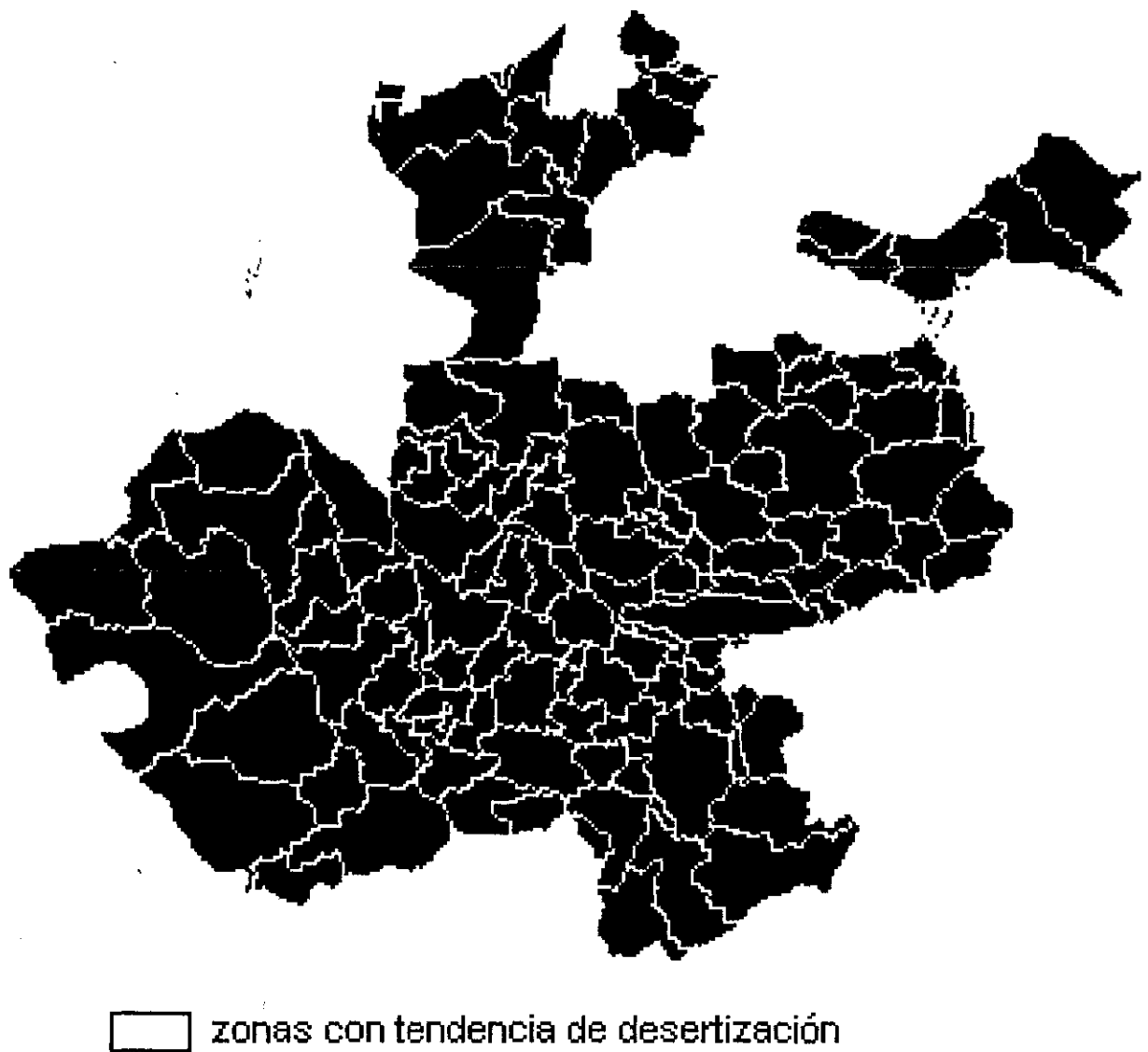


Figura 5. Distribución espacial de las áreas con tendencia de desertización.

6.2.2. Incremento de temperatura

La Figura 6 describe la distribución espacial de las áreas que actualmente experimentan un cambio de clasificación climática al pasar de un grupo climático menos cálido a un grupo de clasificación más cálido. Aquí se agrupan los siguientes tipos de cambio: a) de un clima templado a un clima semicálido; b) de un clima semicálido a un

clima cálido; y c) de un clima semicálido C con tendencia a A, a un clima semicálido A con tendencia a C. En dicha figura se aprecian tres regiones que están siendo afectadas por este fenómeno. La primera ubicada en la región Norte afectando a los municipios de Villa Guerrero y Totatiche. Una segunda área de afectación se ubica en la región Centro, específicamente en el municipio de Zapotlanejo, probablemente bajo la influencia de la zona urbana de Guadalajara, que como todas las grandes ciudades, es considerada como fuente de islas de calor (Jáuregui, 1986). Un tercer conglomerado disectado en dos partes se ubica en la región Sur, afectando principalmente a los municipios de Pihuamo, Tonila, Tuxpan y Tamazula.

La distribución de las áreas con cambio hacia un clima más cálido podría tener repercusiones a futuro al relacionarse con las áreas de clima seco presentes sobre todo en la región Norte y específicamente en el municipio de Villa Guerrero, lo cual podría ocasionar la expansión de los climas secos hacia el oriente de la región Norte.

6.2.3. Cociente Precipitación/Temperatura

Las áreas con una disminución en el cociente P/T , reflejada en un cambio en la clasificación climática, se describen en la Figura 7. Esto significa que existen más áreas en las que actualmente se experimenta una reducción del valor P/T , pero que no fueron consideradas en el mapa de esta Figura, debido a que esta reducción no ha impactado aún sobre la clasificación climática de dichas áreas (Ver Cuadro 9 y Cuadro 8).

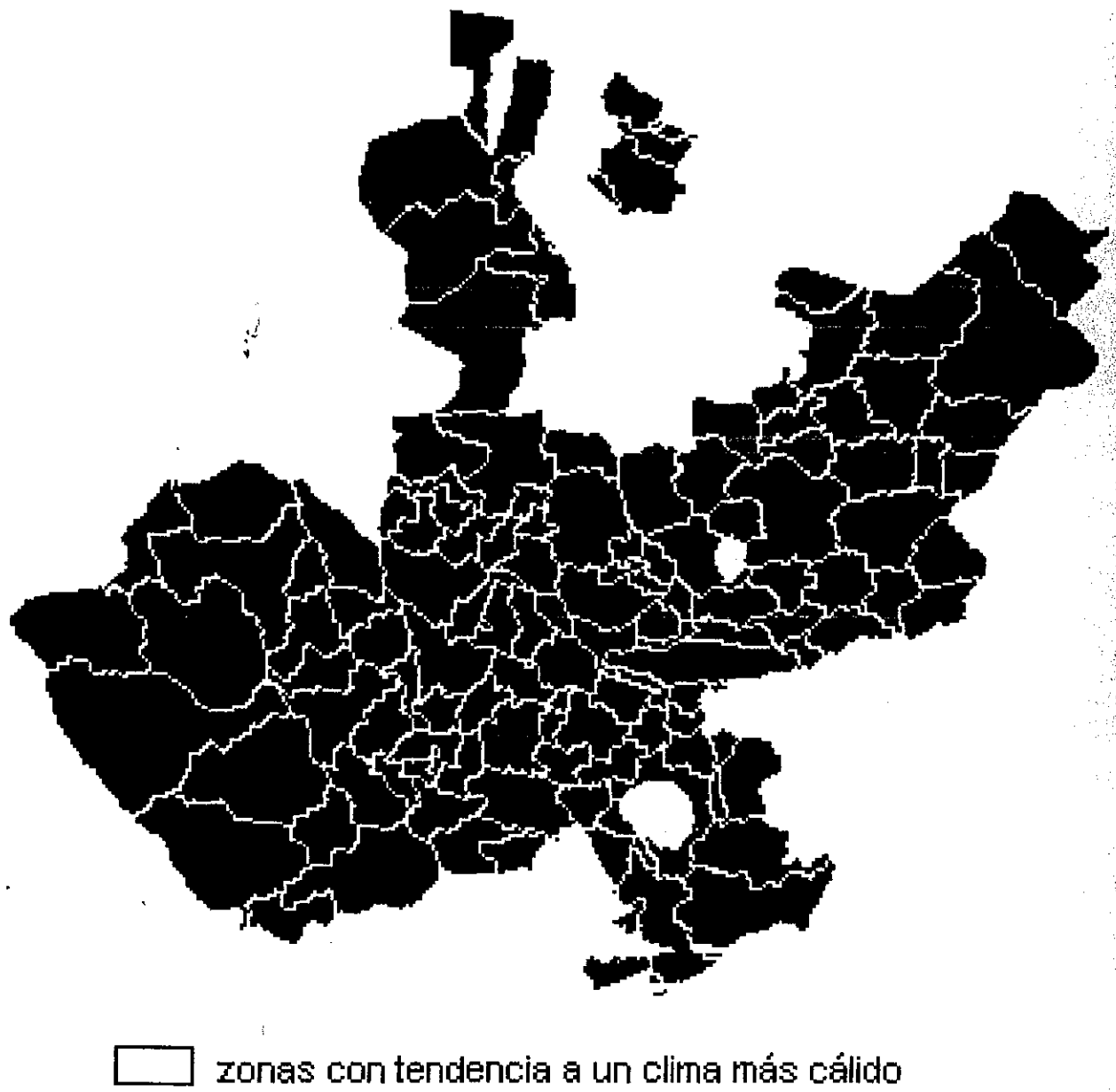


Figura 6. Distribución espacial de las áreas con tendencia a un clima cálido.

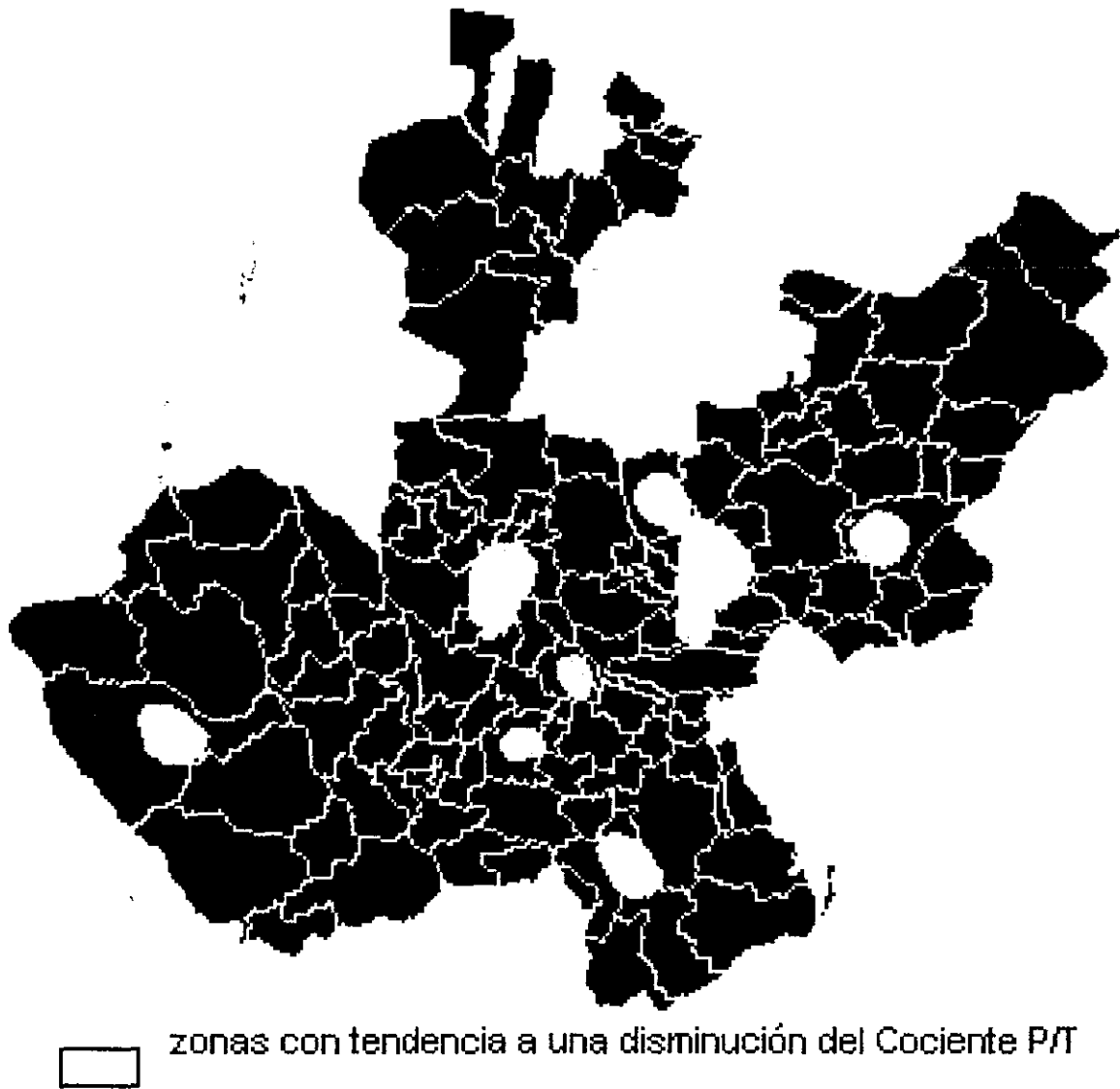
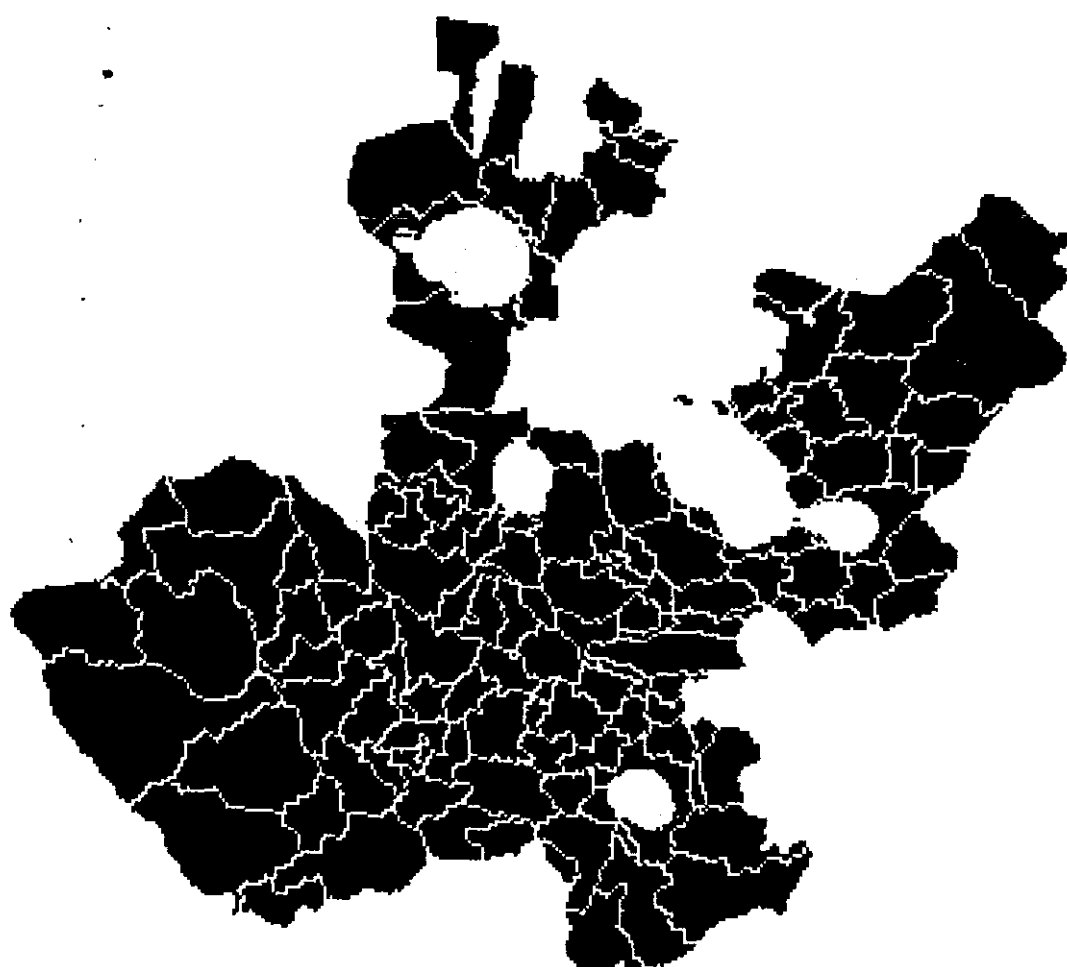


Figura 7. Distribución espacial de las áreas con tendencia a una disminución del Cociente Precipitación/Temperatura.

6.2.4. Cambio en la estacionalidad del mes más cálido.

La Figura 8 muestra las áreas que cambiaron la estacionalidad del mes más cálido de antes del solsticio de verano (primavera) a después de este fenómeno, seguramente como respuesta a que el mes de Junio en dichas estaciones se tornó más seco y por tanto más cálido que el mes de Mayo, como ya se discutió en párrafos anteriores. Como puede verse en dicha figura, destacan dos áreas de mayor extensión en cuanto a la influencia de este fenómeno, las cuales se localizan en las regiones Norte y Altos Sur.



▬ zonas en las que el mes más cálido pasó de Mayo a Junio

Figura 8. Distribución espacial de las áreas en las que el mes más cálido pasó de Mayo a Junio.

6.3. Dinámica de la cobertura vegetal en suelos del estado de Jalisco.

La cobertura vegetal y la ocupación del suelo, presentaron una disminución de la vegetación potencial con respecto a la obtenida mediante la imagen del 2003, comparando el mapa de tipos de vegetación potencial elaborado por COTECOCA, SARH y modificado por la Universidad de Guadalajara, las selvas, tienen una superficie de 3'225,483.14 ha de vegetación potencial, y se disminuyen a 1'994,459.39 ha en el 2003, resultando una pérdida de 38.17% que corresponde a una superficie de 1'231,023.61 ha.

Los bosques tenían originalmente una superficie de 3'683,560.72 ha, y en el 2003 únicamente quedaban 2'312,527.75 ha, con una disminución de 1'371,032.97 ha que corresponden al 37.22% de la superficie original.

Los pastizales en cambio, tiene una tendencia a aumentar, pues de tener 823,231.20 ha para la vegetación potencial para el año de 2003 ahora cuentan con 932,969.14 ha, lo que representa el 13.33%. Esto es comprensible debido a los pastizales inducidos y a las praderas cultivadas, tanto en los bosques como en las selvas.

Los matorrales no fueron detectados como vegetación potencial, debido a que su superficie era mínima y el estudio realizado por COTECOCA (por la escala que contempla) originalmente no los mapeó. No obstante, los matorrales existen principalmente en una zona cuya vegetación original primaria se localiza en los Altos de Jalisco. Para el 2003, los matorrales cuentan con una superficie de 925,444.05 ha, principalmente producto de sucesiones vegetales de las selvas y los bosques que fueron desmontados para agricultura, ganadería y/o forestería.

La zona agrícola tuvo un crecimiento de 150,579.20 ha en el estudio de vegetación potencial a una superficie de 1'662,165.25 ha. La mayor parte de dicha superficie se deriva del cambio de cobertura vegetal de bosques y selvas, lo que representa un aumento de 1'511,586.05 ha.

Como se puede observar, las modificaciones a la cubierta vegetal y al uso del suelo que se han producido de una forma drástica en las última décadas, comprenden una superficie total de 4'246,580.93 ha que corresponden a un 53.06% de la superficie del Estado (Figuras 9 y 10).

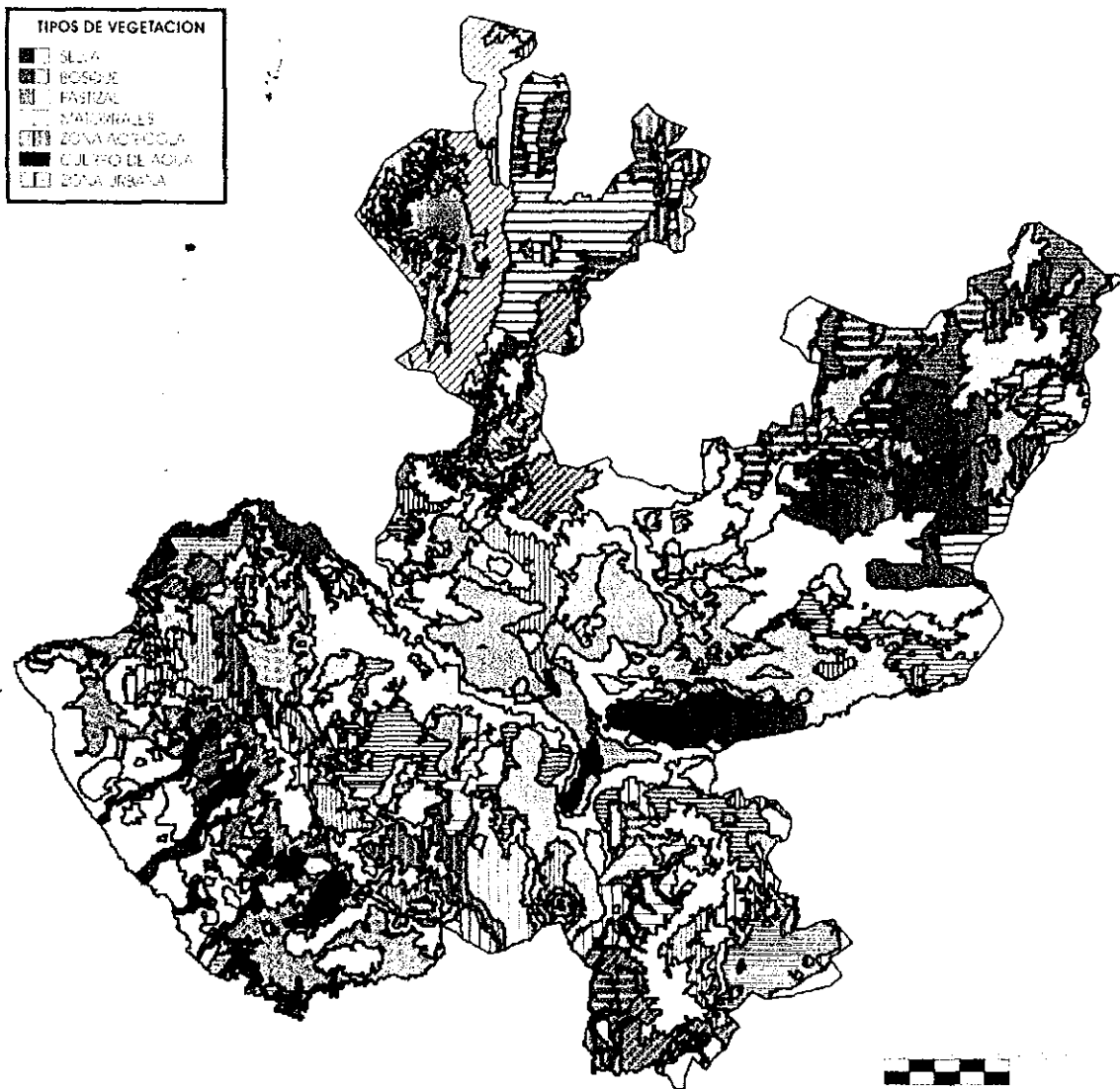


Figura 9. Vegetación Potencial del Estado de Jalisco.

Fuente: Universidad de Guadalajara, 1998.

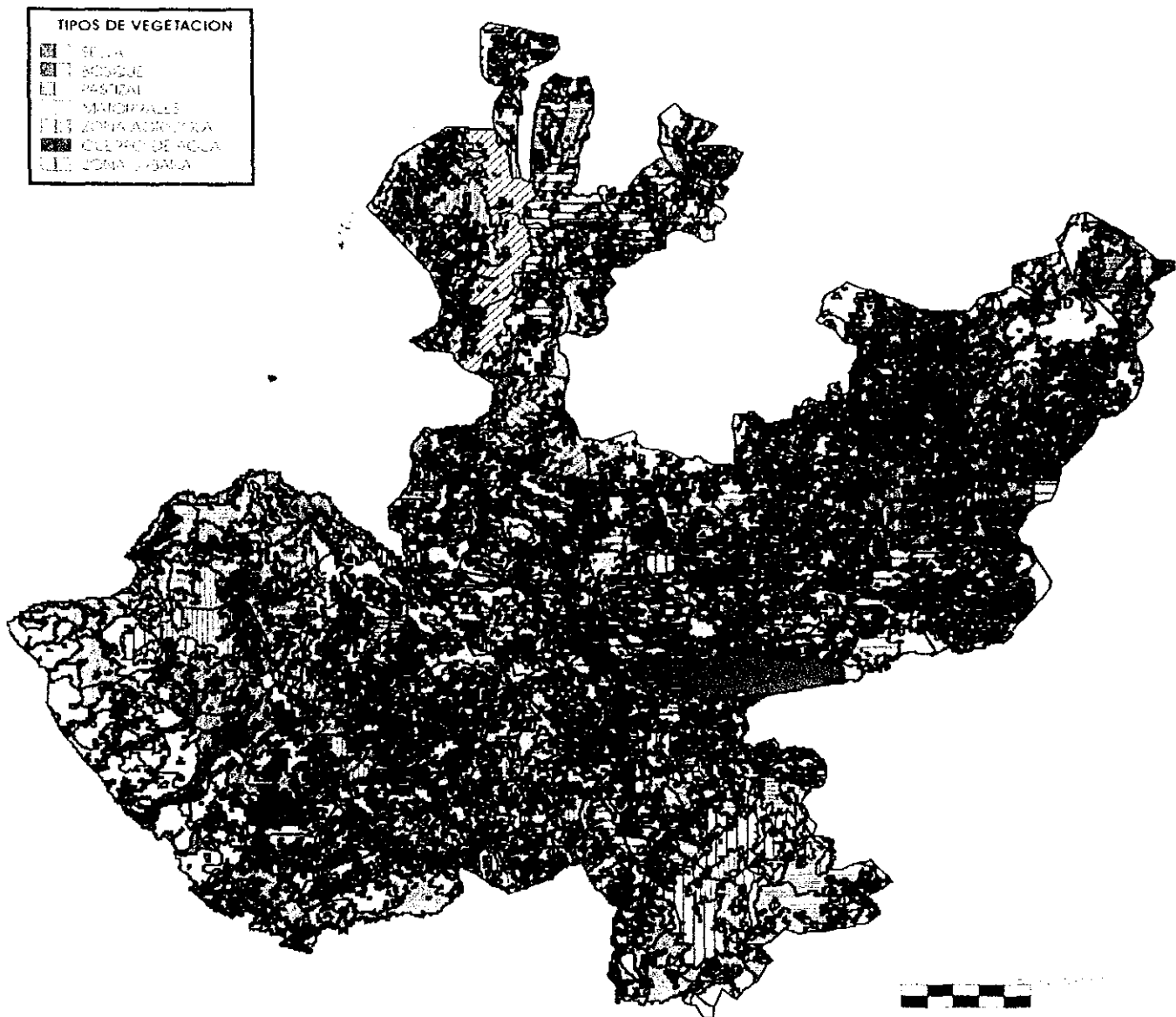


Figura 10. Distribución espacial de la cobertura vegetal y uso del suelo en el Estado de Jalisco.

La tendencia nacional de acuerdo a Velázquez (2001), señala que en los últimos 30 años los cambios en la cobertura vegetal del terreno muestran dos tendencias: las coberturas con vegetación predominantemente primaria tienden a decrecer y la tasa de pérdida de éstas se acentúa en la última década; esto concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio. Asimismo las principales causas de la deforestación en México son principalmente los desmontes para uso agropecuario, cambios de uso del suelo, incendios, tala ilegal, plagas y otros (Banco Mundial, 1993); se presume que en Jalisco la deforestación ocurre de manera similar.

De acuerdo a los análisis de los resultados de las variaciones en la clasificación climática se detectó que se agrupan en tres regiones del estado principalmente, en norte, altos y sureste del estado (Figuras 5 a la 8), por lo que a continuación se detallan los resultados de la dinámica del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo a través del análisis por separado de las imágenes de satélite mencionadas en el apartado 5.3.5.

REGION NORTE

La superficie total de esta región es de 1'036,343.00 y representan el 10.35% con respecto a la superficie total del estado, abarcando 10 municipios. Los principales tipos de vegetación presentes en esta región son selva baja caducifolia, bosques de pino-encino, matorrales y pastizales.

En el análisis de las imágenes de satélite del año 1970, comparándola con el mapa de vegetación potencial generado en el Estudio del Ordenamiento Ecológico del Estado de Jalisco (1995), realizado con base en el mapa de tipos de vegetación y sitio de pastizal elaborado por COTECOCA SARH (1979), se puede observar que los bosques tuvieron una reducción de 28'285.66 ha que corresponden al 2.73%. Esta misma tendencia se observó en las imágenes de los años 1980, 1990 y 2000 (Ver Figura 11 y Cuadros 12, 13, 14, 15 y 16), quedando éstos para el 2003 con 177'663.44 ha, que

corresponden al 17.14%, presentando una disminución del 12.72% que corresponden a 131'797.33 ha.

Para la pérdida de cobertura del tipo de vegetación de selva, ésta es más drástica, pues de la vegetación potencial que ocupaba del 36-63% del área, para el año 2003 alcanzaba el 7.27% o sea, una disminución de 304'203.44 ha.

En los pastizales se observa una disminución de la vegetación potencial a 1970 de 5.49%, sin embargo; esta tendencia no continua en las imágenes de los años 1986 y 1993 (ver en anexos las imágenes de satélite clasificadas 22A, 23A, 24A y 25A), ya que para éstas hay aumentos con respecto a 1970 de 3.3% y 4.62%, respectivamente. Para el año 2003 inclusive, hay un aumento con respecto al potencial de 0.61%; esto se debe principalmente al cambio de uso de suelo en bosques y selvas deforestados para agricultura y ganadería (praderas cultivadas), donde hubo una inducción de este tipo de vegetación. Esta situación se repite a nivel nacional como se menciona en el estudio de Análisis de Cambio de Uso de Suelo (Velázquez *et al.*, 2001), que los pastizales nacionales han presentado una ligera disminución el período comprendido entre los años 1976-93 y 2000, en cambio los pastizales inducidos y cultivos en el mismo período, se han incrementado considerablemente.

El mapa de la vegetación potencial, en su origen, no existe el tipo de vegetación de matorrales para la región, éstos ahora, son producto de la deforestación de las selvas y los bosques, por lo cual deben tomarse como una sucesión vegetal; ocupan en la actualidad 36.05% del área de la región, que corresponden a 373,550.97 ha.

Para la agricultura (temporal y riego), en el mapa de vegetación potencial, aparece solamente con el 10.19%. Para 1976 hay una disminución de 6.65%, este uso de suelo para las siguientes décadas tiene la tendencia a subir hasta llegar al 2003 con un 11.77%, probablemente se deba a problemas de tenencia de la tierra en los años 70s y abandono de esta actividad, obteniéndose un repunte importante en la última década debido a los programas de apoyo al sector.

Respecto al área desnuda que no se consideró para el estudio de vegetación potencial, existiendo una tendencia a aumentar desde los 70s hasta los 90s, con porcentajes de 2.72%, sufriendo para el 2003 una disminución de 2.85%.

Los cuerpos de agua mostraron una pequeña tendencia de aumentar su superficie de 1970 a 2003 del 18%, que corresponde a una superficie de 2, 724 ha. Esta superficie es mínima comparada con el total de la región, pero en infraestructura, que puede ser en su mayoría bordos, es importante para la ganadería extensiva.

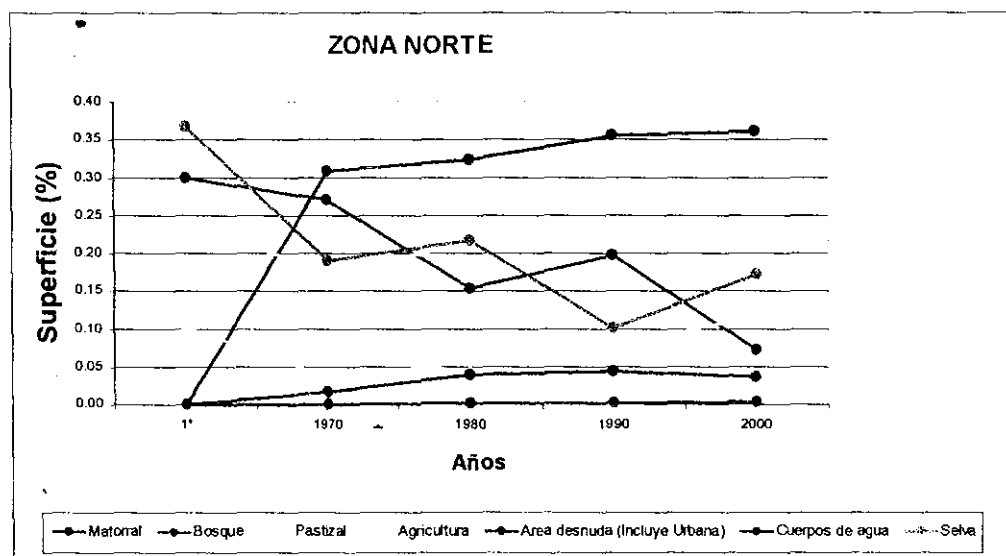


Figura 11. Porcentaje de las variaciones de los tipos de vegetación en la Zona Norte del estado de Jalisco.

Cuadro 12. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona norte en el año 2000

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Matorral	373,550.97	36.05
Bosque	177,663.44	17.14
Pastizal	248,013.28	23.93
Agricultura	121,927.09	11.77
Área desnuda(Incluye Urbana)	36,969.88	3.57
Cuerpos de agua	2,830.98	0.27
Selva	75,387.35	7.27
Total	1'036,343.00	100.00

Cuadro 13. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona norte en el año 1990.

Tipos de Vegetación	Vegetación	Porcentaje
Matorral	368,430.79	35.55
Bosque	204,815.83	19.76
Pastizales	232,690.71	22.45
Agricultura	79,424.66	7.66
Área desnuda (Incluye Urbana)	44,592.47	4.30
Cuerpos de agua	2,251.82	0.22
Selva	104,136.71	10.05
Total	1'036,343.00	100.00

Cuadro 14. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona norte en el año 1980.

Tipos de Vegetación	Vegetación	Porcentaje
*Matorral	335,479.78	32.37
Bosque	224,943.44	21.71
Pastizal	218,936.16	21.13
Agricultura	57,119.31	5.51
Área desnuda (Incluye Urbana)	40,169.32	3.88
Cuerpos de agua	1,322.75	0.13
Selva	158,372.25	15.28
Total	1'036,343.00	100.00

Cuadro 15. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona norte en el año 1970.

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Matorral	320,204.09	30.90
Bosque	281,175.11	27.13
Pastizales	184,793.42	17.83
Agricultura	36,699.99	3.54
Área desnuda (Incluye Urbana)	16,371.35	1.58
Cuerpos de agua	289.36	0.03
Selva	196,809.68	18.99
Total	1'036,343.00	100.00

Cuadro 16. Superficie estimada de los tipos de vegetación potencial de la zona Norte.

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Bosque	309,460.77	29.86
Pastizal	241,672.60	23.32
Agricultura	105,619.18	10.19
Selva	379,590.45	36.63
Total	1'036,343.00	100.00

REGION ALTOS

La superficie total de esta región es de 1'494,328 ha y comprende 19 municipios. Los principales tipos de vegetación en la región son matorrales, bosques y pastizales.

El porcentaje de matorrales en la vegetación potencial corresponde al 24.95%, lo que representa una superficie de 372,927.80 ha. Analizando la imagen satelital de 1976 (ver en anexos figuras 26A, 27A, 28A y 29^a), los matorrales casi se duplican, pues se tiene 47.26%, existiendo en la siguiente década (1980) una tendencia a disminuir éstos hasta llegar a 35.64% para el 2003.

Los bosques en la vegetación potencial, presentan la mayor superficie en esta región con 699,929.07 ha que corresponden al 46.85% de la región. En el análisis de las imágenes de satélite de las décadas del 70 al 2000 tenemos una severa pérdida de más de 626,428.67 ha, pues para 1980 ya solamente quedaban el 4.92% del área total de bosques en la región, o sean, 73,500 ha. En las próximas décadas hay un repunte de 58,131 ha lo que haría un total de 131,631.42 para el año 2003, o sea un 8.81%. Esto se debe principalmente a que los bosques espinosos (mezquiales), que se encuentran en esta área, en su mayor parte, fueron convertidos a la agricultura, tanto para la producción de granos como para forraje y pastoreo. El repunte dado en los últimos años se enfoca principalmente a los bosques de pino y encino, que son escasos en la región.

Los pastizales nativos, de acuerdo a la vegetación potencial, representan el 22% del total en la región. En el análisis de las imágenes satelitales presentan una tendencia a aumentar su presencia hasta los años 90s, presentándose una disminución de 84,865 ha para el año 2003, representando esta superficie un 5.68% del total del área (ver figura 12 y cuadros 17, 18, 19, 20 y 21). Para este tipo de vegetación es válido lo mencionado por Velázquez *et al.*, 2001, que se incluyó en la descripción de la Región Norte.

Las tendencias con respecto a la agricultura refieren un aumento del 6.21% para el mapa de la vegetación potencial, hasta el 25.72% que corresponden 384 338 ha, aclarando que

en la imagen de los 90s, con respecto a la de los 80s, existe una disminución, debido probablemente al abandono de áreas de cultivo y a al fenómeno de la migración. Esta disminución de 4.21% del total del área con respecto a 1980, equivale a 62,939.24 ha (ver figura 12 y cuadros 17 al 21).

En relación al área desnuda que incluye las áreas urbanas y que no fué referida para el mapa de vegetación potencial, hay una tendencia a reducirse, a través del análisis de las imágenes satelitales de las décadas que mencionada este estudio.

Los cuerpos de agua presentan una pequeña tendencia al aumento de su superficie, que varía del 0.38 para 1970 a 0.56% en el 2003, porcentaje referido al total del área.

Cabe aclarar que en esta zona se desarrolla una gran actividad ganadera extensiva y donde ha existido el sobrepastoreo desde hace bastante tiempo (SARH 1994), esto ha ocasionado que los pastizales nativos como fueron los medianos abiertos, amacollados y medianos arbosufrutescentes se convirtieran en matorrales.

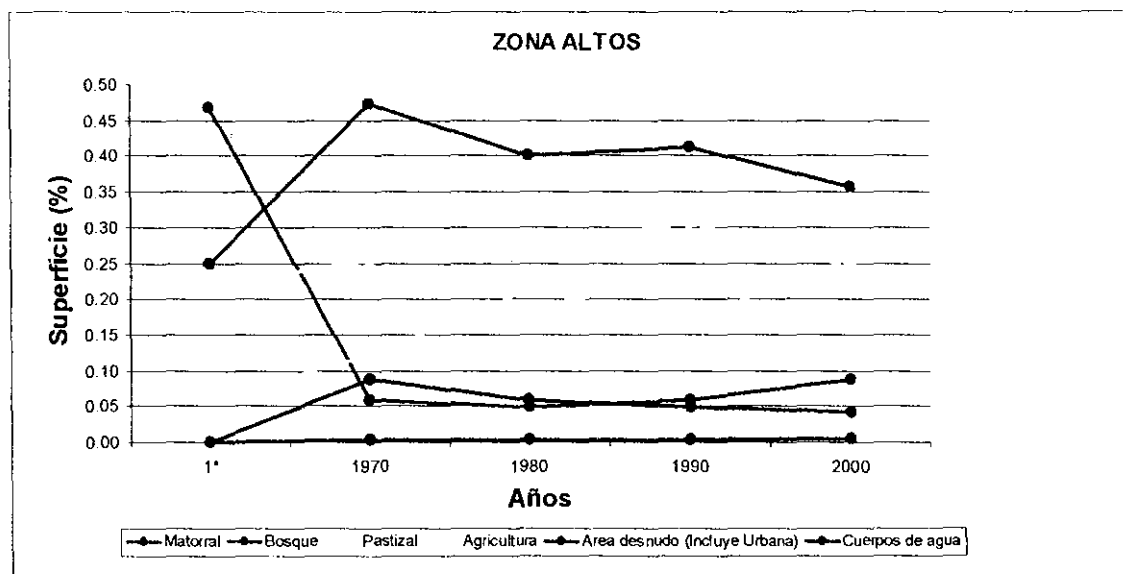


Figura 12. Variaciones de los tipos de vegetación en la zona Altos del estado de Jalisco en superficie (%)

Cuadro 17. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Altos en el año 2000

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Matorral	532582.08	35.64
Bosque	131631.43	8.81
Pastizal	373332.46	24.98
Agricultura	384338.50	25.72
Área desnuda(Incluye Urbana)	64044.47	4.29
Cuerpos de agua	8399.07	0.56
Total	1'494,328.00	100.00

Cuadro 18. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Altos en el año 1990

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Matorral	616307.08	41.24
Bosque	87965.88	5.89
Pastizal	458197.85	30.66
Agricultura	252962.61	16.93
Área desnuda (Incluye Urbana)	72869.93	4.88
Cuerpos de agua	6024.66	0.40
Total	1'494,328.00	100.00

Cuadro 19. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Altos en el año 1980

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Matorral	598716.24	40.07
Bosque	73500.40	4.92
Pastizal	412667.40	27.62
Agricultura	315901.86	21.14
Área desnuda (Incluye Urbana)	87736.90	5.87
Cuerpos de agua	5805.20	0.39
Total	1'494,328.00	100.00

Cuadro 20. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Altos en el año 1970

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Matorral	706270.24	47.26
Bosque	87588.13	5.86
Pastizal	381066.08	25.50
Agricultura	181813.24	12.17
Área desnuda (Incluye Urbana)	131914.87	8.83
Cuerpos de agua	5675.43	0.38
Total	1'494,328.00	100.00

Cuadro 21. Superficie estimada de los tipos de vegetación potencial de la zona Altos.

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Matorral	372927.80	24.96
Bosque	699929.07	46.84
Pastizal	328752.50	22.00
Agricultura	92718.64	6.20
Total	1'494,328.00	100.00

REGION SURESTE

Esta región abarca una superficie de 728,162 ha con 10 municipios. Los tipos de vegetación presentes, de acuerdo al mapa de vegetación potencial son: bosques, selvas y pastizales.

Los bosques que existen en esta región son de pino y encino y representación de bosques mixtos, los cuales tenían una superficie original de 374,715.50 ha, correspondían al 51.46%. En el análisis de las imágenes satelitales de las décadas en estudio (ver anexos 30A, 31A, 32A y 33A, las tendencias han sido a la disminución de su superficie, quedando 170,461.03 ha para el año 2003, que corresponden al 23.41%. (ver figura 13 y cuadro 23 al 26).

Las selvas comprenden 346,420.58 ha que corresponden a 47.57%. Este tipo de vegetación presenta la misma tendencia que los bosques, a la disminución de su superficie, quedando para el año 2003 solamente 77,250.10 ha que es el 10.61% del total del área. Lo anterior debido, probablemente, a la agricultura y a la implantación de praderas cultivadas.

Los pastizales, en la vegetación potencial, representaban el 0.15% con una superficie de 1,114.98 ha. En el análisis de las imágenes satelitales del período 76 al 2003, el pastizal muestra una tendencia a aumentar su superficie. Cabe aclarar que estos pastizales son

inducidos o praderas cultivadas, estas correspondían principalmente a las selvas medianas.

En la década de los 70s, esta vegetación ocupaba una superficie de 38,602.30 que corresponden al 5.30%, para 2003 se tiene una superficie 79,737.33 ha que corresponden al 13.70%.

Los matorrales en esta región son producto de la sucesión vegetal de las selvas y los bosques, después de las actividades antrópicas como agricultura, forestería y ganadería; por lo que no se detecto en la vegetación potencial, ya en el año de 1976, en la imagen satelital aparecen con el 26.37% que representa una superficie de 192,044.89 ha; lo anterior presenta una tendencia al aumento en las décadas subsecuentes (1986 y 1993), para el 2003 tenemos que los matorrales ocupan el 40.96% del total del área con una superficie de 298,268.11 ha.

La agricultura tiene una tendencia de aumento a la superficie, desde la vegetación potencial hasta el 2003, exceptuando las décadas del 80 y 90, que comparada con 1976 tiene una disminución de 12,200.44 ha y 22,103.23 respectivamente.

Los cuerpos de agua no detectados para la vegetación tienen una tendencia a aumentar ya que para 1976 tienen una superficie de 1,249.29 que corresponde al 0.17% y para el 2003 serían 2,538.06 equivalente a 0.37% del área en cuestión.

Lo mismo sucede con el área desnuda que aunque no fue detectada para la vegetación potencial presenta una tendencia a aumentar en comparación con la superficie de 1976 de 6,253.27 ha a el 2003 de 12,787.63 que corresponden al 1.76 ha del área total de la zona.

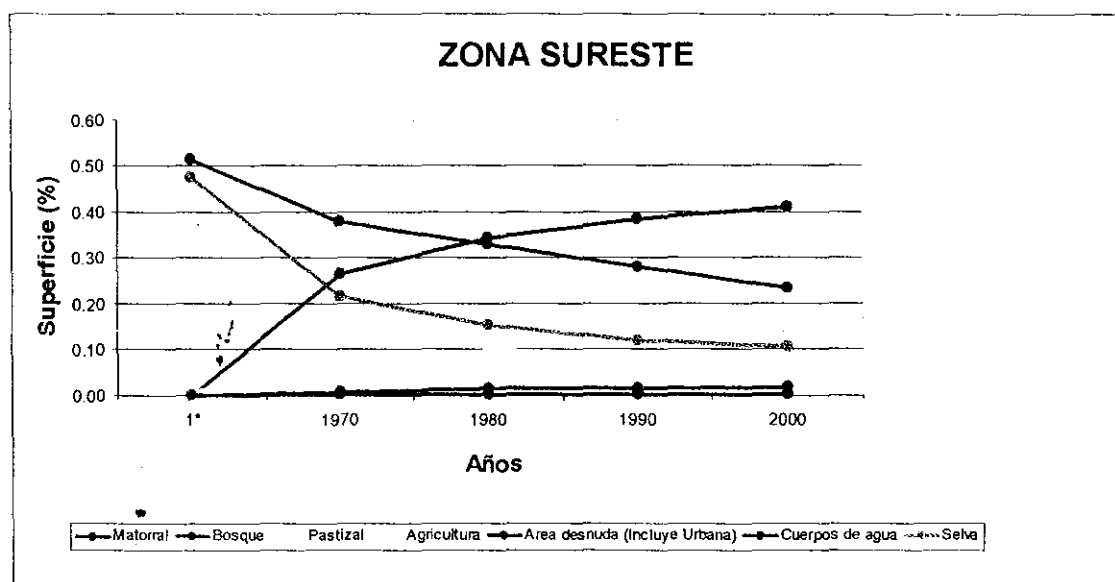


Figura 13. Variaciones de los tipos de vegetación en la zona Sureste del estado de Jalisco en términos de superficie (porcentaje).

Cuadro 22. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Sureste en el año 2000

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Matorral	298268.11	40.96
Bosque	170461.03	23.41
Pastizal	99777.33	13.70
Agricultura	67079.75	9.21
Área desnuda (Incluye Urbana)	12787.63	1.76
Cuerpos de agua	2538.06	0.35
Selva	77250.10	10.61
Total	728,162.00	100.00

Cuadro 23. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Sureste en el año 1990

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Matorral	279773.31	38.42
Bosque	203962.94	28.01
Pastizal	107689.97	14.79
Agricultura	35482.95	4.87
Área desnuda (Incluye Urbana)	11246.10	1.54
Cuerpos de agua	2086.58	0.29
Selva	87920.15	12.07
Total	728,162.00	100.00

Cuadro 24. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Sureste en el año 1980

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Matorral	249647.15	34.28
Bosque	240904.32	33.08
Pastizal	69421.69	9.53
Agricultura	45385.56	6.23
Área desnuda (Incluye Urbana)	10499.04	1.44
Cuerpos de agua	987.24	0.14
Selva	111317.00	15.29
Total	728,162.00	100.00

Cuadro 25. Superficie estimada de los tipos de vegetación de la zona Sureste en el año 1970

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Matorral	192044.89	26.37
Bosque	275189.63	37.79
Pastizal	38602.30	5.30
Agricultura	57586.18	7.91
Área desnuda (Incluye Urbana)	6253.27	0.86
Cuerpos de agua	1249.29	0.17
Selva	157236.44	21.59
Total	728,162.00	100.00

Cuadro 26. Superficie estimada de los tipos de vegetación potencial de la zona Sureste

Tipos de Vegetación	Superficie	Porcentaje
Bosque	374,715.50	51.46
Pastizal	1,114.98	0.15
Agricultura	5,910.93	0.81
Selva	346,420.58	47.57
Total	728,162.00	100.00

6.4. Análisis de las posibles implicaciones climáticas asociadas al cambio de uso del suelo.

Los posibles efectos climáticos de los cambios en el uso del suelo se han podido percibir debido a la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos, que aunque normalmente se presentan en la naturaleza, en los últimos años se han registrado cambios en la frecuencia, intensidad y persistencia de sistemas como son las ondas de calor, precipitaciones intensas, sequías, fuertes huracanes, así como en la intensificación de los efectos del fenómeno conocido como "El Niño". Aparentemente y de acuerdo con diversas investigaciones, estos cambios podrían estar asociados al incremento en la atmósfera de los "gases de efecto invernadero", aun cuando existe cierto nivel de incertidumbre, los estudios apuntan a que es posible que la elevación de la temperatura propicie un incremento en la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales (Wals y Pittock, 1998), lo cual va asociado con lluvias extremas, fuertes vientos e inundaciones en períodos muy cortos; es decir, concentrados en pocos días.

El incremento y la acumulación de los gases de efecto invernadero son los responsables del aumento en la temperatura global y provienen en su mayor proporción de la quema de combustibles fósiles y de los cambios en el uso de suelo. Las transformaciones de la cobertura vegetal, para la realización de distintas actividades humanas como agricultura, ganadería, asentamientos humanos, explotación forestal, etc., incluyen la pérdida de grandes áreas de cobertura de vegetación asociada con la deforestación, así como la disminución de cualidades que poseen las comunidades e incluso la reducción o pérdida de especies. Particularmente para México, se estima que los cambios en la cobertura del suelo contribuyen en aproximadamente 30 y 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Masera *et. al.* 1997).

La tendencia al calentamiento, la disminución de la precipitación, así como el cambio de la cobertura vegetal y uso de suelo por actividades antrópicas, así como incendios, se asocian a procesos erosivos y dan un indicador claro del avance a la

desertificación. De continuar con estas tendencias en las próximas décadas se verán afectados los sistemas hídricos y como consecuencia se hará más patente el déficit de agua sobre el desarrollo de la humanidad, la vida vegetal y animal.

De acuerdo con los resultados de los estudios de Villers y Trejo (1997), más de la mitad del país (entre el 50 y 57 %), cambiará sus condiciones de temperatura y precipitación con tal magnitud que podría afectar su clasificación climática a nivel de tipo, subtipo o de nomenclatura secundaria, haciendo referencia al sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (García 1988).

En lo mencionado en el apartado 5.4. referente a la dinámica de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo, en Jalisco los cambios en este aspecto son severos a nivel de todo el Estado y lo mismo sucede en las regiones estudiadas al respecto, como se puede observar con antelación. Por lo que se puede inferir seguramente han tenido una influencia importante en la modificación del clima regional y estatal.

6.5. *Nuevos escenarios climáticos y necesidades de actualización de la carta de climas del estado de Jalisco.*

A partir de la delimitación de las áreas que resultaron impactadas en su clasificación climática (Figuras 5 a la 8), se puede evidenciar la necesidad de actualización de la carta climática del estado de Jalisco. Este propósito no fue considerado como un objetivo del presente estudio, sin embargo, se realizó un ejercicio preliminar de actualización de la carta de climas para una de las regiones que resultó mayormente impactadas, esto es la Región Noreste. La Figura 14 describe de manera comparativa la distribución espacial de los tipos climáticos presentes en dicha región bajo dos escenarios: uno con actualización a 1981 (Figura 14a) y otro con actualización a 2002 (Figura 14b). Ahí es visible el crecimiento de los climas semiáridos en una clara expansión superficial hacia el sur de la Región Noreste, a costa de la reducción del área de climas como $C(w_0)$, $C(w_1)$, $C(w_2)$, pero sobre todo del tipo climático $(A)C(w_0)$.

La versión más actualizada de la carta climática de la República Mexicana es la que se editó en 1997, producto del proyecto "Mapas de climas" conducido por Enriqueta García (CONABIO-ESTADIGRAFIA, 1997). Esta versión ya alcanza a incorporar parte de la expansión de los climas semiáridos en la Región Noreste. Sin embargo, debido a lo heterogéneo de las bases de datos climáticos, a la disparidad de las series de datos de las estaciones y a la escala (1:1'000,000) utilizadas en este proyecto, no le fué posible reflejar de manera fiel el fenómeno. La máxima actualización de información lograda en este proyecto fué 1994. Otro aspecto débil de esta versión de la carta climática, es la falta de utilización de una fuente de información confiable acerca de la vegetación original de los diversos ecosistemas del país, como lo es la carta de tipos de vegetación de COTECOCA (COTECOCA, 1979).

De acuerdo con lo anterior, los resultados obtenidos en el presente trabajo plantean la oportunidad de capitalizar la información generada para obtener en un futuro próximo una carta climática actualizada y confiable del estado de Jalisco.

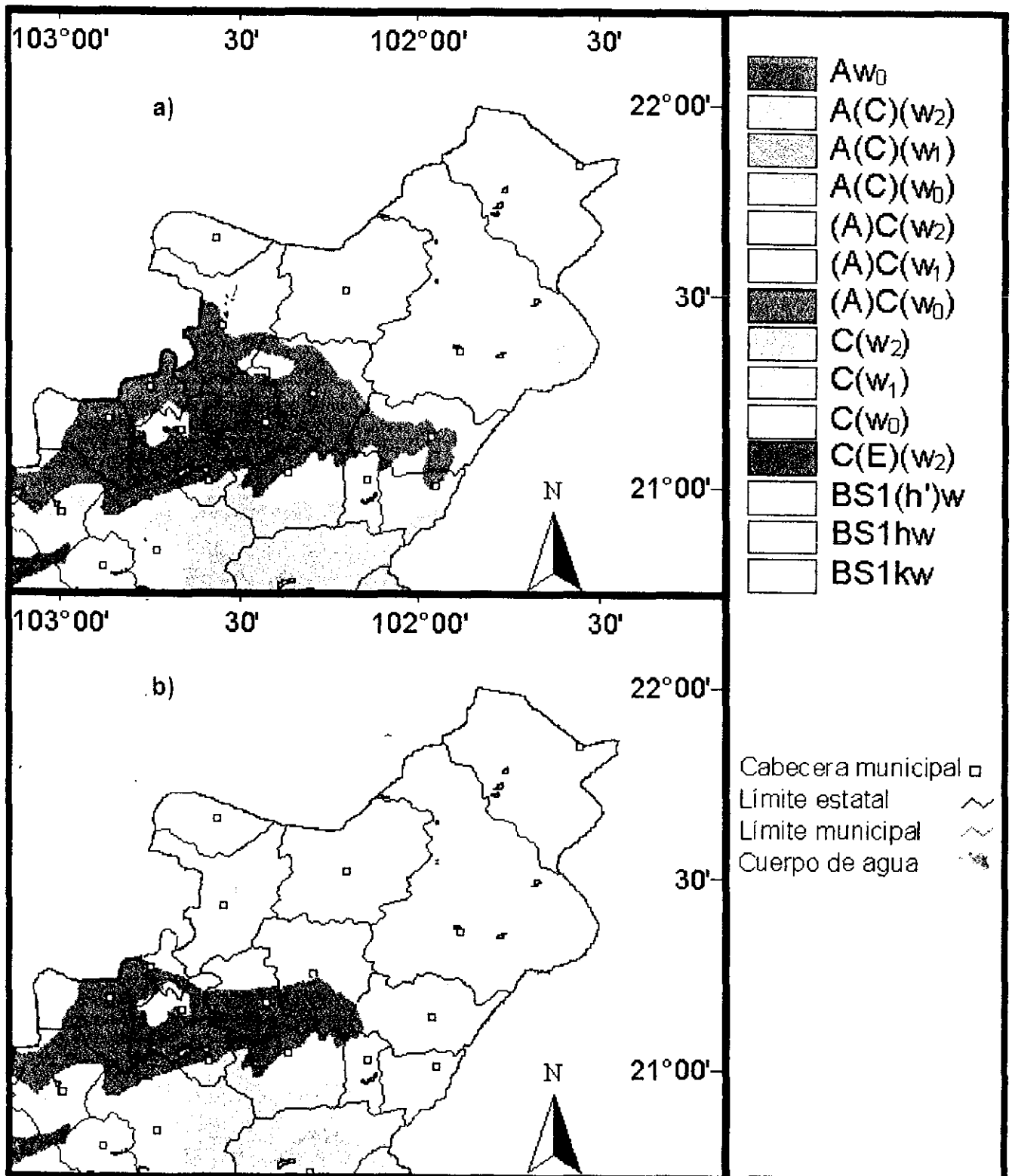


Figura 14. Distribución espacial de tipos climáticos en la región Noreste del Estado de Jalisco, con actualización a 1981 (a) y 2002 (b).

VII. CONCLUSIONES

Considerando la información actualizada y los resultados obtenidos se puede concluir que 65 de las 82 estaciones analizadas, experimentaron de 1 a 3 cambios en la fórmula climática. Si se consideran estas 82 localidades como una muestra representativa, se puede concluir también que la mayor parte del estado (80%) ha experimentado cambios en su clasificación climática. Sin embargo, la intensidad de estos cambios presenta un carácter regional. Dentro de las regiones más impactadas se encuentran la región Noreste (Altos), la región Norte y la región Sureste del Estado.

Dentro de los cambios en la clasificación climática que se verificaron se encuentran los correspondientes al grupo climático, subtipo climático y nomenclatura secundaria, siendo los de mayor relevancia los referentes al paso de clima subhúmedo a clima semiárido, los relativos al paso de un clima menos cálido a un clima más cálido, los que se refieren a una disminución del cociente anual Precipitación/Temperatura (P/T), los que aluden a un cambio en la estacionalidad del mes más cálido, al pasar el mes más cálido de Mayo a Junio, y los que se relacionan con una disminución del porcentaje de lluvia invernal.

La mayor parte de los cambios en la clasificación climática se debieron a una disminución de los volúmenes de precipitación y a un incremento de la temperatura.

El 53% de la superficie estatal ha experimentado cambios drásticos en el uso del suelo y deforestación durante los últimos 40 años, los cuales han consistido en una reducción del 38.17% de la superficie de selvas, un 37.22% de la superficie de bosques, a costa de un incremento del 1,100% de la superficie dedicada a la agricultura.

Esos niveles drásticos de deforestación se acentúan en las regiones en las que los cambios de clasificación fueron más relevantes, esto es las regiones, Noreste, Norte y Sureste, por lo que seguramente estos niveles de deforestación y cambio en el uso del

suelo han repercutido en cambios en los patrones climáticos y por tanto en cambios en la clasificación climática del Estado.

De seguir las tendencias en la pérdida de la cobertura vegetal y en las modificaciones al uso de suelo, es de esperarse continúe el avance de la desertificación en el Estado de Jalisco.

Las variaciones climáticas identificadas se tradujeron en cambios en la distribución espacial sobre todo de los climas secos del estado de Jalisco, por lo que se requiere una actualización de la carta climática del estado de Jalisco. Los resultados de este estudio podrían constituir una base informática de partida la elaboración de este mapa.

Los cambios en la clasificación climática, así como en el uso del suelo identificados apuntan hacia un impacto negativo sobre el ciclo hidrológico, lo que ocasionará en un futuro cercano un incremento del déficit de disponibilidad de agua en el Estado.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Anderson, S. H.; Beiswenger, R. E. & P. Walton Purdom. 1987. Environmental Science. Tercera Edición, Merrill Publishing Co., USA. 505 p.
- Arft, A. M., M. Walker, J. Gurevitch, J. Alatalo, M. Bret-Harte, M. Dale, M. Diemer, F. Gugerli, G. Henry, M. Jones, R. Hollister, I. Jónsdóttir, K. Laine, E. Lévesque, G. Marion, U. Mörlau, P. Mølgard, U. Nordenhäll, V. Raszhivin, C. Robinson, G. Starr, A. Stenström, M. Stenström, Totland, P. Turner, L. Walker, P. Webber, J. Welker and P. Wookey. 1999. Responses of tundra plants to experimental warming: Metaanalysis of the international tundra experiment. *Ecological Monographs* 69(4): 491- 511.
- Alvarado A. M., Foroughbakhch R., Jurado E., Rocha A. 2002. El cambio climático y la fonología de las plantas. UANL. *Ciencia*. 4: 493 – 500.
- Bachelet, D., R.P. Neilson, J.M. Lenihan and R.J. Drapek. 2001. Climate change effects on vegetation distribution and carbon budget in the United States. 2001. *Ecosystems*. 4:164-185.
- Barrera R.O. y F. Zaragoza. 1999. Las estructuras del relieve del estado de Jalisco. *Rev. De Vinci*. 2:4-27.
- Banco Mundial-SEMARNAP. 1993. Estudio de Revisión del Sector Forestal y Conservación de Recursos Naturales. Banco Mundial SEMARNAP, México. 153 pp.
- Bathey, N.H. Aspects of seasonality. 2000. *Journal of Experimental Botany* 51(352): 1769-1780.
- Beaubien, E.G. and H.J. Freeland. 2000. Spring phenology trends in Alberta, Canada: Links to ocean temperature. *International Journal of Biometeorology* 44:53-59.
- Bellon, M., O.R. Masera, y G. Segura. 1994. Respose options for sequestering carbon in Mexico's forest. Report to the F-7 International Network on Tropical Forestry and Global Climatic Change, Energy and Environment Division. Lawrence-Berkeley Laboratory. Environmental Protection Agency. Berkeley. 367 p.
- Bergant, K.L., Kajfez-Bogataj and Z. Crepinsek. 2001. Statistical downscaling of generalcirculation-model-simulated average monthly air temperature to the beginning of flowering of the dandelion (*Taraxacum officinale*) in Slovenia. *J. Biometeorol.* 46:22-32.

- Berlanga-Robles, C. A. y A. Ruíz-Luna. 2002. Land use mapping and changed in the coastal zone of north west México using remote sensing techniques. *Journal of Coastal Research* 18:514-522.
- Bocco, G., M. Mendoza y O. Masera. 2001. La dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas, *Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM. México. Num. 44: 18-38.
- Bradley, N.L., A.C. Leopold, J. Ross and W. Huffaker. 1999. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96: 9701-9704.
- Brown J.H., T.J. Valone and C.G. Curtin. 1997. Reorganization of an arid ecosystem in response to recent climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. Vol. 94:9729-9733*. 1997.
- Buse, A., S.J. Dury, R.J.W. Woodburn, C.M. Perrins and J.E.G. Good. 1999. Effects of elevated temperature on multi-species interactions: the case of Pedunculate Oak, Winter Moth and Tits. *Functional Ecology* 13 (Suppl. 1): 74-82.
- Campbell, J. B. 1996. Introduction to remote sensig. Taylor & Francis, London 267 p.
- Challenger A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. CONABIO, Instituto de Biología UNAM, Agrupación Sierra Madre. p 847. 50. En: Linkosalo, T. 1999. Regularities and patterns in the spring phenology of some boreal trees. *Silva Fennica*. 33(4):238-245.
- Ciesla, William M., 1995; Climate change, forests and forest management: an overview, FAO Forestry Paper 126, Forest Resources Division, FAO, Rome, Italy. 294 p.
- Coakley, S.M. Climate change and plant disease management. 1999. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37:399-426.
- Cohen, Y. And J. Pastor. 1991. The responses of a forest model to serial correlations to serial correlations of global warning. *Ecology*. 72:1161-1165.
- CONABIO-ESTADIGRAFIA. 1997. Carta de climas Jalisco. Escala 1:1'000,000. Edición individual. Proyecto F-047: Mapas de climas. Comisión Nacional de Biodiversidad. México, D.F.
- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio del País. CONABIO, SEMARNAT, México.
- COTECOCA. 1979. Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana. SARH. México. Tomo I y II. 255 p.
- Deming, D. 1995. Climating warning in North Amarica: Analysis of borehole temperatures. *Science*,mn268:1576-1577.

- Dirzo, R. & M. García. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical area in southeast México. *Conservation Biology* 6:84-90.
- Etterson, J. R and R.G. Shaw.2001. Constraint to adaptive evolution in response to global warming. *Science*. Vol. 294:151-154.
- FAO. 1990. Evaluación de los recursos forestales de 1990: Informe de México. México, DF. 67 p.
- FAO, 2001. State of the World Forest in 2000. 56 p.
- Farquhar G. D. Climate change: carbon dioxide and vegetation. 1997. *Science* Vol. 278 (5342):1411. 25. En Peteeet, D. 2000. Sensitivity and rapidity of vegetational response to abrupt climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97(4): 1359-1361.
- Field C.H., F.S.Chapin III, P.A. Matson and H.A. Mooney. 1992. Responses of terrestrial ecosystems to the changing atmosphere: a resource-based approach. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 23:201-235.
- GCCIP. Global Climate Change. 1997. Information Programme. <http://www.doc.mmu.au.uk>
- Gallardo. M., Cambio Climático Global. 1997. <http://www.monografias.com/trabajos2/camcliglobal/camcliglobal.shtml>
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema Köppen-García (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios. México, D.F. 246 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema Köppen-García (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios. México, D.F. 219 p.
- Gardner-Outlaw, T. y R. Engelman. 1999. Forest Futures: Population, Consumption and Wood Resources. Washington, D.C.: Population Action International. 134 p.
- Geo México, 2004. Perspectivas del medio ambiente en México. PNUMA, SEMARNAT, INE. 1ª Edición. México. 332 p.
- González M. G., 2004. Las Comunidades Vegetales de México. Instituto Nacional de Ecología. 82 pp.
- Hellberg M.E., D.P. Balch and Roy. 2001. climate-driven range expansion and morphological evolution in a marine gastropod.. *Science*. Vol. 292:1707-1710.
- SPP. 1984. Mapa de tipos climáticos del Estado de Jalisco. En Anexo Cartográfico de la Síntesis Geográfica del Estado de Jalisco. Secretaría de Programación y Presupuesto. Subdirección de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.

- INE-SEMARNAP (Instituto Nacional de Ecología- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) 1997. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México.
- INEGI. 2001. XII Censo Nacional General de Vivienda. <http://www.inegi.gob.mx/lib/predescarga.asp?pag=/est/contenidos/espinal/metodologias/censos/cat-cpv2000.pdf&s=est.8c=6113>.
- IPCC. 1994. First Assessment Report: Climate Change. Geneva, Switzerland. 64 p.
- IPCC. 1997. The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. A Special Report of IPCC Working group II. Cambridge University Press, UK. 517 p.
- Inouye D.W., B. Barr, K. B. Armitage & B. 2000. Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. *PNAS*. Vol. 97(4): 1630-1633.
- Iverson, L.R. and A.M. 2001. Prasad. Potential changes in tree species richness and forest community types following climate change. *Ecosystems* 4:186-199.
- Jáuregui, E. 1986. The urban climate of México City. *In: Proceed. Tech. Conf. On Urban and Building Climatology*. México, City. WMO 652 (T.R. Oke ed.) Geneva. pág. 63-86.
- Joos F., Plattner G.K., Stocker T.F.; Marchal O. and Schmittner A. 1999 Global warming and marine carbon cycle feedbacks on future atmospheric CO₂. *Science*. Vol. 284:464-467.
- Kramer, K., I. Leinonen and D. Loustau. 2000. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: an overview. *Int. J. Biometeorol.* 44(2): 67-75.
- Kupfer, D. And R. Karimanzira. 1990. Climate Change: Agriculture, Forestry, and other Human Activities. Intergovernmental Panel on Climate Change. World Meteorological Organization/United Nations Environmental Program. Italia. 77-99 pp.
- Lambin E.F., Turner II B.L., Geist H., Agbola S., Angelsen A., Bruce J.W., Coomes O., Dirzo R., Fischer G., Folke C., George P.S., Homewood K., Imbernon J., Leemans R., Li X., Moran E.F. Mortimore M., Ramakrishnan P.S., Richards J.F., Skånes H., Steffen W., Stone G.D., Svedin U., Veldkamp T., Vogel C., Xu J., 2001. The Causes of Land-Use and -Cover Change: Moving beyond the Myths. *Global Environmental Change*. 11:5-13.

- Lemus, L. And Gay.1988. Temperature, precipitation variations and local effects in Aguascalientes during 1921-1985. *ATMOSFERA*, 1:39-44.
- Levitus S., John I. Antonov, Julian W. T. L. D., Keith W. D., Anthony J. B. 2001. Anthropogenic Warming of Earth's Climate System. *Science* 292: 267 – 270.
- Magaña V., Matías M. J., Morales R., y Millán C. 2004. Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México, en Cambio Climático una Visión desde México. Martínez J. y Fernández. A. B. (Copiladores). INE-SEMARNAT. México. Pág. 203-214.
- Masera, O. R., 1987. En Informe de la situación del medio ambiente en México 2002. http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/informe_2000/index.shtml
- Masera O., M. J. Ordóñez y R. Dirzo. 1992. Emisiones de carbono a partir de la deforestación en México. *Ciencia*, Num. 43:151-153.
- Masera, O. R. 1996. Deforestación y degradación forestal en México. Grupo Interdisciplinario de Tecnología rural Apropiable (GIRA). Documento de trabajo num.19.México. <http://www.union.org.mx/publicaciones/guia/actividadesyagravios/deforestacionenmexico.htm>
- Masera, O.R., T. Hernández, A. Ordóñez y A. Guzmán. 1995. Land use change and forestry. Regional Perspective. Preliminary National Inventory of Greenhouse ases: Mexico. UNEP Project GF/4102-92-01. Instituto Nacional de Ecología, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, US Country Studies Program. México, D F. 215 p.
- McCarty, J. J., Canziani O., Leary A. A., Dokken D.J., y White K.S. 2001. climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and vulnerability. Cambridge: IPCC. Cambridge University Press. 76 p.
- McIlveen, J. R. 1986. Basic Meteorology. Van Nostrand Reinhold, UK. 457 p.
- Medina, G.,J.A. Ruiz y R. Martínez P. 1998. Los climas de México. Una estratificación ambiental basada en el componente climático. Libro Técnico Núm. 1.INIFA-CIPARC. Guadalajara, Jal. 105 p.
- Medina G., G. y Ruiz C. 2004 SICA 2.5.Sistema de información para caracterizaciones agroclimáticas. Manual de documentación y guía del usuario. Tema Didáctico No. 3 INIFAP-CIPARC-C.E. Zacatecas, Calera de V.R., Zac. 126 p.
- Menzel, A. 2000.Trends in phenological phases in Europe between 1951 y 1996. *Int. J. Biometeorol.* 44(2): 76-81.

- Miller, G. T. 1991. *Environmental Science, Sustaining the Earth*. Tercera Edición Wadsworth Publishing Company, USA. 465 p.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. México*. 28:29-179
- Montenegro, G. y R. Ginocchio. 1999. La fenomorfología y su expresión a través del crecimiento modular en las plantas leñosas perennes. En: Orellana R., Escanilla J.A. & Larqué Saavedra A. (eds.). *Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos*. Ed. Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida. pp 13-33.
- Morrison J. 1998. Stomatal response to increased CO₂ concentration. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 49:443-452.
- Palacio, J.L., G. Bocco, A. Velásquez, J. F. Mas, F. Takaki, A. Victoria, L. Luna, G. Gómez, J. López, M. Palma, I. Trejo, A. Peralta, J. Prado, A. Rodríguez, R. Mayorga y F. González. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del inventario forestal nacional. *Investigaciones Geográficas, UNAM Boletín del Instituto de Geografía*. 43: 183-203.
- Palumbi, S. R. 2001. Humans as the World's Greatest Evolutionary Force. *Evolution* 293:1786-1790.
- Peñuelas, J. and I. Filella. 2001. Phenology: Responses to a warming world. *Science* 294: 793-795.
- PNUMA, 1990. *Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero de México*. <http://www.pnuma.org>
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. D.F. 432 p.
- Rzedowski J. 1983. *Vegetación de México*. Segunda reimpresión de la 1ra. Ed. LIMUSA de 1978. México, D.F. 432 p.
- Roetzer, T., M. Wittenzeller, H. Haackel and J. Nekovar. 2000. Phenology in central Europe – differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. *Int. J. Biometeorol.* 44(2): 60-66.
- Royce E.B. and M.G. Barbour. 2001. Mediterranean climate effects. II. Conifer growth phenology across a Sierra Nevada ecotone. *American Journal of Botany*. 88(5):919-932.
- Ruiz C., J. A., G. Medina G. y R.A. Martínez P. 1997b. Estratificación ambiental del Estado de Jalisco. En: *Memorias del Simposio Ciencia y Tecnología Jalisco 97*. CONACYT. Guadalajara, Jalisco. pp. 95-96. INIFAP-CIPARC-C.E. Centro de Jalisco, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. 281 p.

- Ruiz C., J.A., J.L. Ramírez D., F.J. Flores M. Y J.J. Sánchez G. 2000a. Cambio climático y su impacto sobre la estación de crecimiento de maíz en Jalisco, México. *Fitotecnia* 23 (2):169-181.
- Ruiz C., J.A., J.L. Ramírez D., F.J. Flores M. Y J.J. Sánchez G. 2000b. Cambio climático y su efecto sobre las áreas potenciales para maíz en Jalisco, México. *Fitotecnia* 23 (2):183-193.
- Ruiz, J. A., I.J. González A., J. Anguiano C., I. Vizcaino V., D. Ibarra C., J. Alcalá G., S. Espinoza V. Y H. E. Flores I., 2003a. Estadísticas climatológicas básicas para el estado de Jalisco (periodo 1961-2000). Libro Técnico No. 1. INIFAP-CIPARC-C.E. Centro de Jalisco, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. 281 p.
- Ruiz, J. A., I.J. González A., J. R. Regalado R., J. Anguiano C., I. Vizcaino V., D.R. González E. 2003b. Recursos edafo-climáticos para la planeación del sector productivo en el estado de Jalisco. Libro técnico No. 2. INIFAP-CIPARC., Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. 281 p.
- Ruiz, J. A., I.J. González A., J. Anguiano C., I. Vizcaino V., D. Ibarra C., J. Alcalá G., S. Espinoza V., J. R. Regalado y H. E. Flores I. 2004. Clasificación Climática del Estado de Jalisco. INIFAP-CIPARC-C.E. Centro de Jalisco , Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. 281 p.
- Rusterholz, H.P. and A. 1998. Erhardt. Effects of elevated CO₂ on flowering phenology and nectar production of nectar plants important for butterflies of calcareous grasslands. *Oecologia* 113(3): 341-349.
- Rzedowsky, J. 1988. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 p.
- Sader, S. A. and A. T. Joyce 1988. Deforestation rates and trends in Costa Rica, 1940 to 1983. *Biotropica* 20:11-19.
- Sagarin, R. D., J. P. Barry, S. E. Gilman and Ch. H. Baxter. 1999. Climate-related change in a intertidal community over short and long time scales. *Ecological Monographs* 69(4): 465-490.
- SARH-COTECOCA. 1994. Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas en las zonas templadas de México. México, D.F. 39 p.
- SARH-COTECOCA. 1994. Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas en las zonas tropicales de México. México, D.F. 38 p.
- SARH-COTECOCA. 1994. Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas en las zonas áridas y semiáridas de México. México, D.F. 48 p.
- Schwartz, M. D. 1999. Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. *Int. J. Biometeorol.* 42(3): 113-118.

- SEMARNAT. 2002. Informe de la situación del medio ambiente en México 2002. http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/informe_2000/index.shtml
- Sigurdsson, B.D. 2001. Elevated [CO₂] and nutrient status modified leaf phenology and growth rhythm of young *Populus trichocarpa* trees in a 3-year field study. *Trees* 15: 403-413.
- Spano, D., C. Cesaraccio, P. Duce and R. L. Snyder. 1999. Phenological stages of natural species and their use as climate indicators. *Int. J. Biometeorol.* 42(3): 124-133.
- Stott P.A., Tett S.F.B., Jones G.S., Allen M.R., Mitchell J.F.B., and Jenkins G.J. 2000. External control of 20th century temperature by natural and anthropogenic forcings. *Science*. Vol. 290:2133-2137
- Thorhallsdottir, T.E. 1997. Flowering phenology in the central highland of Iceland and implications for climatic warming in the Arctic. *Oecologia* 114(1): 43-49.
- Tilman D., J. Fargione, B. Wolff, C. Antonio, A. Dobson, R. Howart, D. Schindler, W. H. Schlesinger, D. Simberloff and D. Swackhamer. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*. Vol. 292:281- 284.
- Turner B.L., Meyer W.B., Skole D.L., 1994. Global land-use land-cover change: towards an integrated study. *Ambio* 23: 91-95.
- Turner B. L. II and A. M. S. Ali .1995. "Induced Intensification: Agricultural Change in Bangladesh with Implications for Malthus and Boserup." *Proceedings, National Academy of Sciences* . 9: 4984-14991.
- Universidad de Guadalajara. 1998. Informe final de proyecto "Ordenamiento Ecológico del Estado de Jalisco. Anexo cartográfico. Guadalajara, Jalisco.
- Van Auken O.W. 2000. Shrub invasions of north American semiarid grasslands. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 31:197-215.
- Van Schaik, C. P., J.W. Terbourgh and S.J. Wright. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 24: 353-377.
- Velázquez A., Mas F.J y Palacio L.J. 2001. Análisis del cambio de uso del suelo. INE-Igg (UNAM). E www.ine.gob.mx
- Velázquez A., Mas F.J y Palacio L.J. 2002. Análisis del cambio de uso del suelo y mapas del análisis del uso del suelo. Instituto Nacional de Geografía, UNAM-INE. 97 pp.

- Vázquez-Yáñez, C. 1999. La fisiología ecológica de las plantas. En R. Orellana, J.A. Escamilla y A. Larqué-Saavedra (Editores). *Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos*. CICY, Mérida, Yucatán, México. 34- 56 pp.
- Vitousek, P.M. 1992. Global environmental change: an introduction. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 23:1-14.
- Walkovszky, A. 1998. Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *Int. J. Biometeorol.* 41(4): 155-160.
- Villers L. y Trejo I. 2004. Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales, en Cambio Climático una Visión desde México. Martínez J. y Fernández. A. B. (Copiladores). INE-SEMARNAT. Pág. 237-254
- WCFSD. 1997. Report of the Latin American and the Caribbean Public Hearing. WCFSD. 17 pp. *
- Williams, M.A. and Balling Jr. 1996. Interactions of desertification and climate. WMO. Ed. Arnold. Great Britain. 270 p.
- WMO. 1986. A report of the International Conference on the Assessment of Carbon Dioxide and Other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts. WMO N° 661. En: Our Common Future WCED, 1990. 400 p.

IX. ANEXOS

Cuadro A1. Superficie cubierta por tipo de Vegetación

Tipo de vegetación	CONABIO		COTECOCA	
	Area(ha)	%	Area	%
Selvas	55810230	28.64%	52400762	26.64%
Bosques	47469800	24.36%	45693924	23.23%
Matorrales	73281784	37.61%	63504345	32.28%
Pastizales	18273422	9.38%	25598090	13.01%
Area Agricola			6681775	3.40%
Zonas urbanas y otras		0.00%	2838401	1.44%
TOTAL	194835236	100.00%	196717297	100.00%

Fuente: CONABIO, 1998.
COTECOCA, 1979.

Cuadro A2. Valores de la prueba de t y valores de significancia para la comparación de dos periodos (1961-1981 y 1982-2002) de datos en 82 estaciones del Estado de Jalisco.

Estación	Valor de t Temperatura	Probabilidad de significancia	Valor de t Precipitación	Probabilidad de significancia
Acatlán de Juárez	0.87	0.15 ^{NS}	1.98	0.06 ^{NS}
Ajojúcar	1.42	0.16 ^{NS}	0.89	0.38 ^{NS}
Ameca	0.89	0.38 ^{NS}	0.59	0.56 ^{NS}
Antonio Escobedo	0.19	0.85 ^{NS}	1.31	0.20 ^{NS}
Atemajac de Brizuela	-2.35	0.03*	-0.20	0.84 ^{NS}
Atequiza	-0.43	0.67 ^{NS}	2.42	0.02*
Atoyac	-6.14	0.000005**	0.01	0.99 ^{NS}
Atotonilco	4.96	0.00008**	1.25	0.23 ^{NS}
Autlán de Navarro	4.30	0.0004**	-2.37	0.03*
Bolaños	-0.77	0.45 ^{NS}	-0.01	0.99 ^{NS}
Cajón de Peñas	2.52	0.02*	3.12	0.005**
Calera	-1.62	0.12 ^{NS}	0.80	0.48 ^{NS}

Casallanta	-0.82	0.42 ^{NS}	1.85	0.08 ^{NS}
Casimiro Castillo	-5.27	0.00004**	0.82	0.42 ^{NS}
Chapala	-2.14	0.044*	1.27	0.22 ^{NS}
Cihuatlán	37.0	0.0000001**	-1.13	0.27 ^{NS}
Colotlán	4.19	0.0004**	0.01	0.99 ^{NS}
Corrinchis	0.36	0.72 ^{NS}	3.06	0.006**
Cuixtla	1.19	0.25 ^{NS}	-0.19	0.85 ^{NS}
Cuquío	0.13	0.90 ^{NS}	1.66	0.11 ^{NS}
Ejutla	-0.35	0.73 ^{NS}	1.96	0.07 ^{NS}
El Bramador	-1.17	0.25 ^{NS}	-1.77	0.09 ^{NS}
El Fuerte	-0.99	0.33 ^{NS}	5.48	0.00002**
El Nogal	1.25	0.22 ^{NS}	1.73	0.10 ^{NS}
El Piniño	-4.5	0.0002**	0.45	0.66 ^{NS}
El Salitre	6.92	0.00001**	2.15	0.04*
El Tule	2.88	0.009**	1.95	0.06 ^{NS}
Guadalajara	-3.01	0.007**	1.20	0.24 ^{NS}
Higuera Blanca	-6.3	0.000004**	-0.05	0.96 ^{NS}
Hostotipaquillo	0.57	0.58 ^{NS}	0.76	0.45 ^{NS}
Huascato	-4.0	0.0007**	3.15	0.005**
Huejuquilla El Alto	4.3	0.003**	2.6	0.02*
Huerta Vieja	3.51	0.002**	-1.12	0.27 ^{NS}
Ixtlahuacan del Río	4.33	0.0003**	1.10	0.28 ^{NS}
Jalostotitlán	-0.17	0.87 ^{NS}	1.14	0.27 ^{NS}
Jamay	-0.31	0.76 ^{NS}	0.17	0.87 ^{NS}
Jesús María	3.36	0.003**	2.68	0.01**
Jocotepec	1.58	0.13 ^{NS}	-1.51	0.15 ^{NS}
Juchitlán	-6.0	0.000007**	-1.23	0.23 ^{NS}
La Cuña	-0.44	0.66 ^{NS}	0.80	0.43 ^{NS}
La Desambocada	0.61	0.55 ^{NS}	0.38	0.70 ^{NS}
La Magdalena	-1.57	0.13 ^{NS}	-1.44	0.16 ^{NS}
La Red	-3.28	0.003**	1.52	0.14 ^{NS}

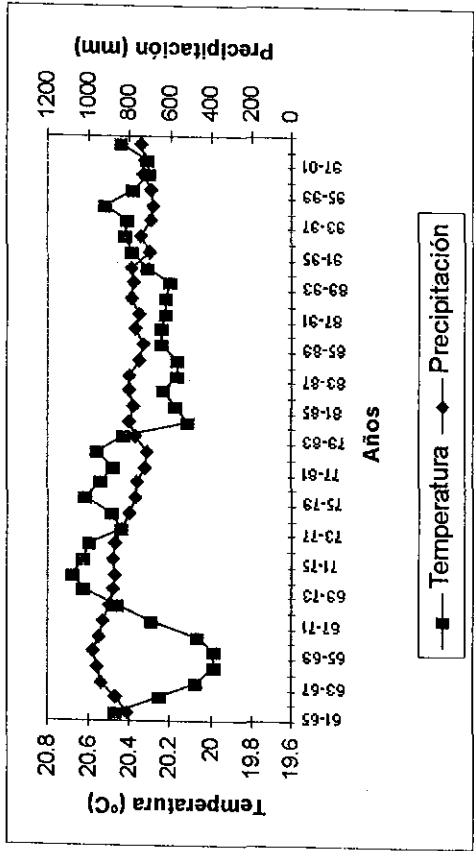
La Vega	-0.31	0.76 ^{NS}	1.56	0.14 ^{NS}
Lagos de Moreno	-3.21	0.004**	1.05	0.31 ^{NS}
Mascota	3.89	0.0009**	1.57	0.13 ^{NS}
Mazamitla	-4.20	0.0004**	1.98	0.06 ^{NS}
Michoacanejo	-1.53	0.14 ^{NS}	0.44	0.66 ^{NS}
Ojuelos	0.31	0.76 ^{NS}	0.16	0.87 ^{NS}
Palo Verde	-11.6	0.0000001**	3.21	0.004**
Plan de Barrancas	1.27	0.22 ^{NS}	0.82	0.42 ^{NS}
Poncitlán	1.75	0.09 ^{NS}	1.67	0.11 ^{NS}
Presa de Hurtado	-5.20	0.00004**	-1.02	0.32 ^{NS}
Presa La Duquesa	-4.09	0.0005**	1.58	0.13 ^{NS}
Quito	1.83	0.08 ^{NS}	1.0	0.33 ^{NS}
Quitupan	1.45	0.16 ^{NS}	4.1	0.0005**
San Bernardo	-3.4	0.002**	2.10	0.04*
San Diego de Alejandría	1.55	0.13 ^{NS}	-1.07	0.29 ^{NS}
San Gaspar de los Reyes	-1.41	0.17 ^{NS}	2.09	0.04*
San Gregorio	-6.6	0.000002**	1.79	0.08 ^{NS}
San Marcos Tonila	-1.81	0.08 ^{NS}	-1.77	0.09 ^{NS}
San Miguel El Alto	-2.05	0.05*	-0.49	0.62 ^{NS}
Santa Rosa	-2.77	0.01**	2.34	0.03*
Tamazula	-2.01	0.05*	1.15	0.26 ^{NS}
Tapalpa	2.98	0.01**	1.06	0.30 ^{NS}
Tecolotlán	1.59	0.12 ^{NS}	1.18	0.25 ^{NS}
Tecomates	1.46	0.15 ^{NS}	1.12	0.27 ^{NS}
Tenasco	0.86	0.40 ^{NS}	-0.78	0.44 ^{NS}
Teocaltiche	2.78	0.1 ^{NS}	0.24	0.004**
Tizapan El Alto	3.7	0.001**	0.34	0.74 ^{NS}
Tomatlán	1.97	0.06 ^{NS}	1.23	0.23 ^{NS}
Totatiche	-3.4	0.002**	-0.06	0.95 ^{NS}
Tototlán	3.61	0.001**	-1.4	0.18 ^{NS}
Tuxcueca	-2.67	0.01**	2.03	0.05*

Tuxcacuesco	-2.37	0.02*	1.97	0.06 ^{NS}
Tlaquepaque	3.7	0.001**	0.34	0.74 ^{NS}
Unión de San Antonio	-1.91	0.07 ^{NS}	1.92	0.06 ^{NS}
Unión de Tula	-2.9	0.008**	0.66	0.52 ^{NS}
Villa Guerrero	-2.54	0.02*	-0.64	0.53 ^{NS}
Villa Obregón	-5.66	0.00002**	-0.35	0.73 ^{NS}
Zacoalco de Torres	2.0	0.05*	2.80	0.01**
Zapopan	0.17	0.86 ^{NS}	1.39	0.18 ^{NS}
Zapotlanejo	-3.67	0.001**	1.20	0.24 ^{NS}

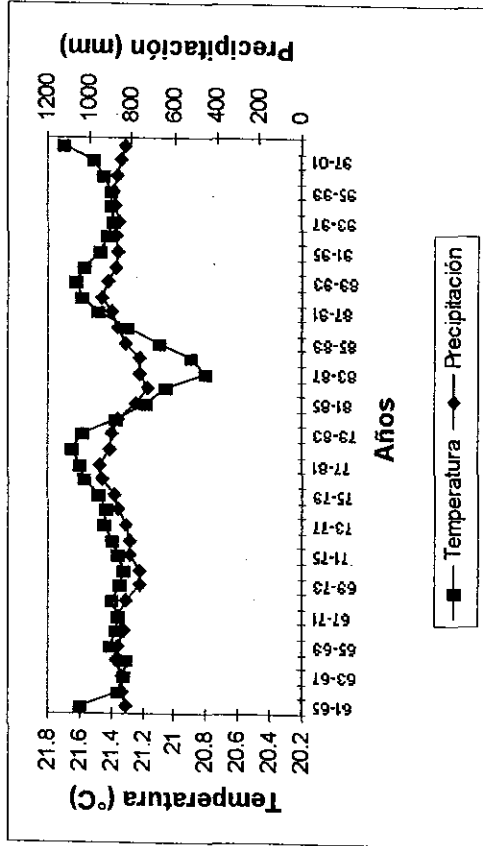
* Significancia al nivel 0.05

** Significancia al nivel 0.01

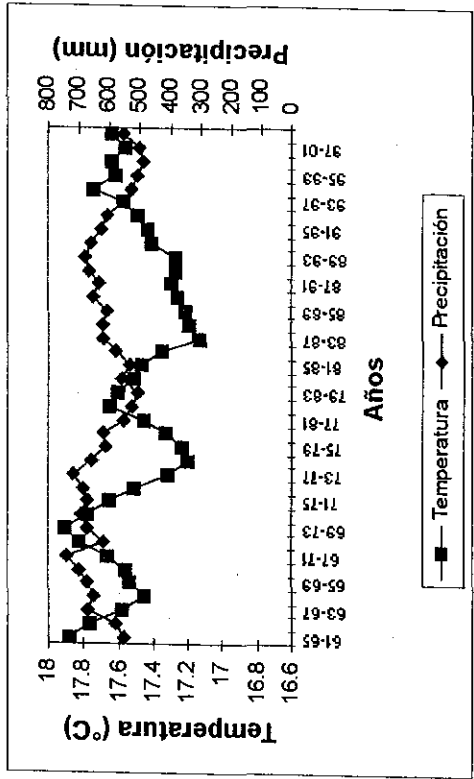
^{NS} = No Significativo



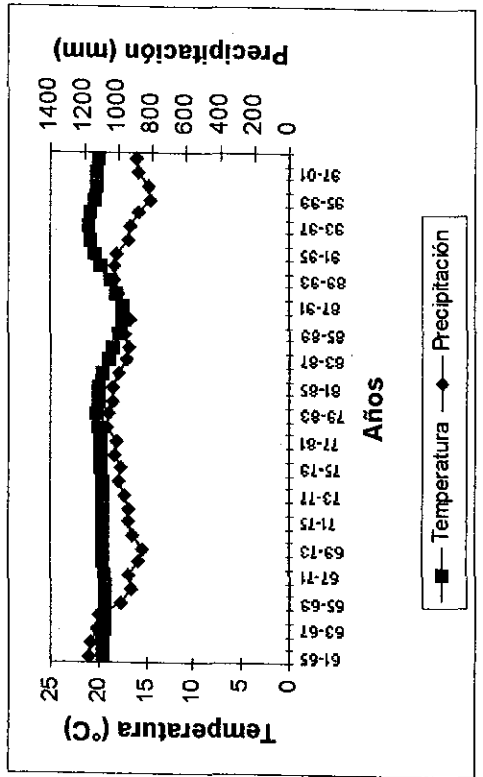
a)



b)

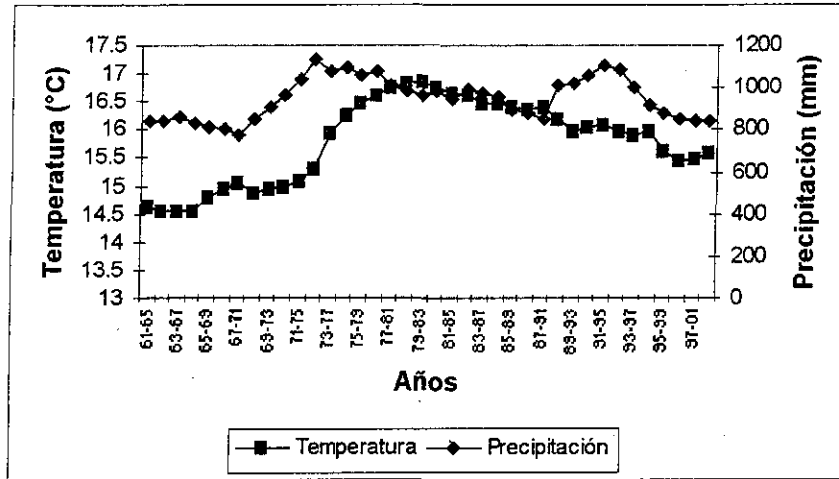


c)

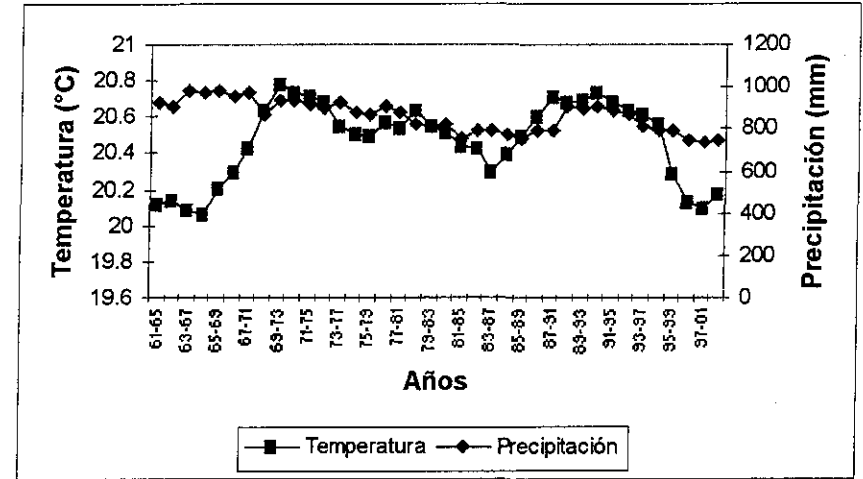


d)

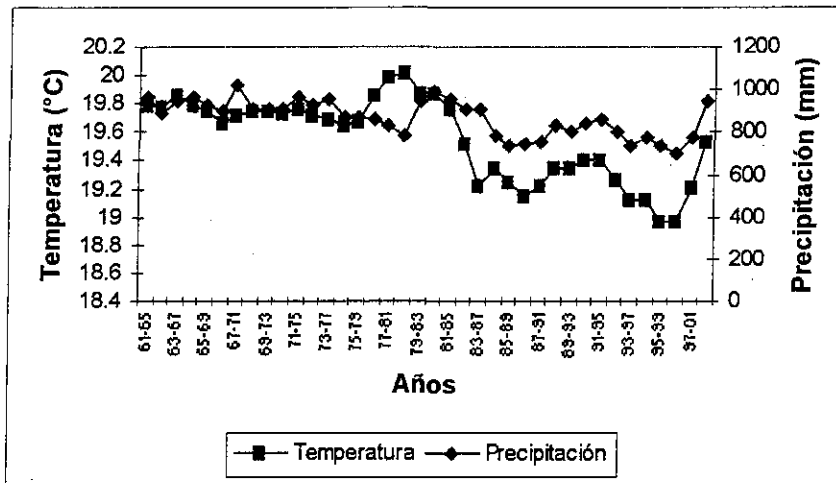
Figura A.1. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Acatlán de Juárez, b) Ameca c) Ajojuar d) Antonio Escobedo



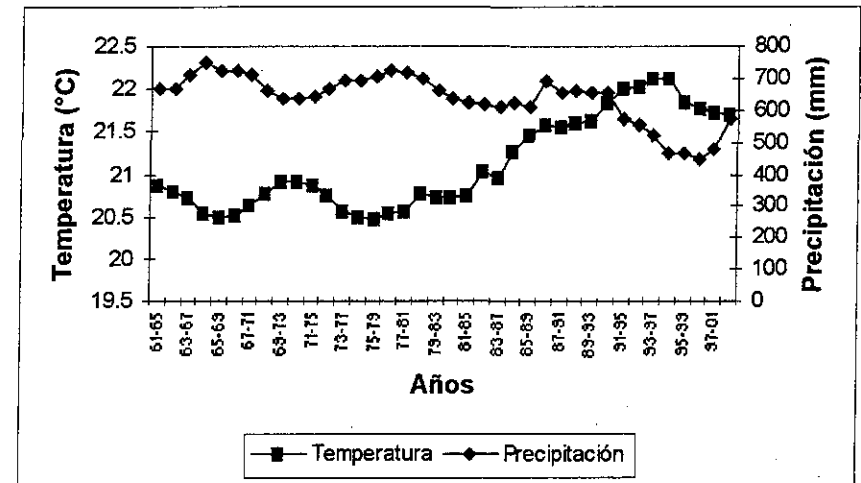
a)



b)

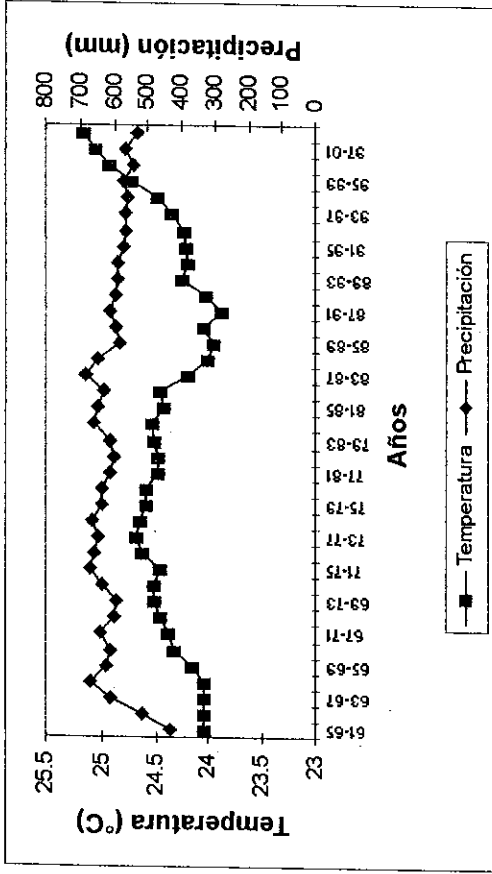


c)

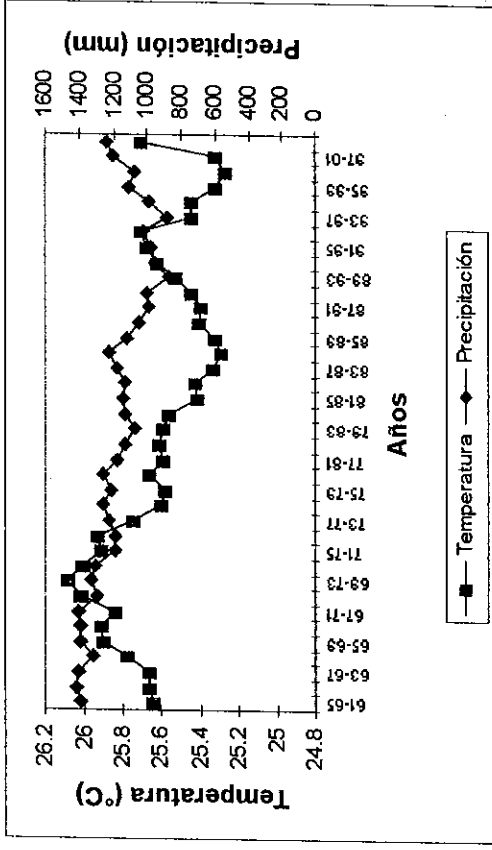


d)

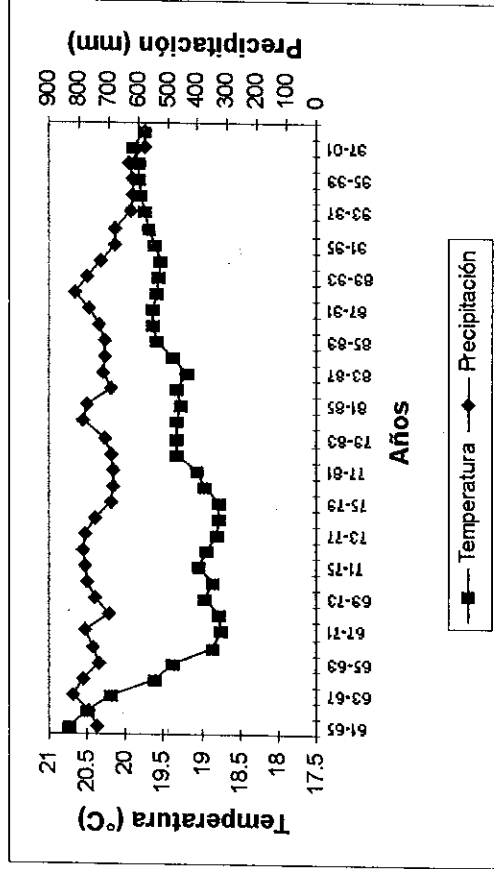
Figura A2. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Atemajac de Brizuela, b) Atequiza c) Atotonilco d) Atoyac



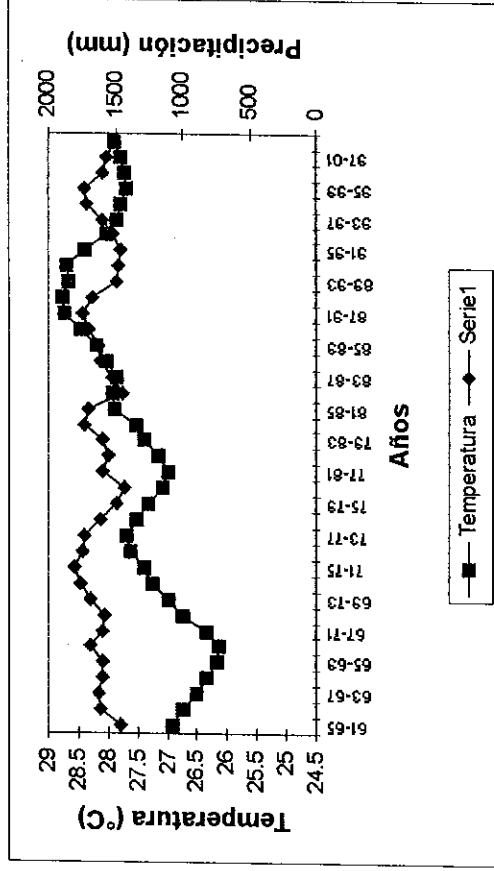
a)



b)

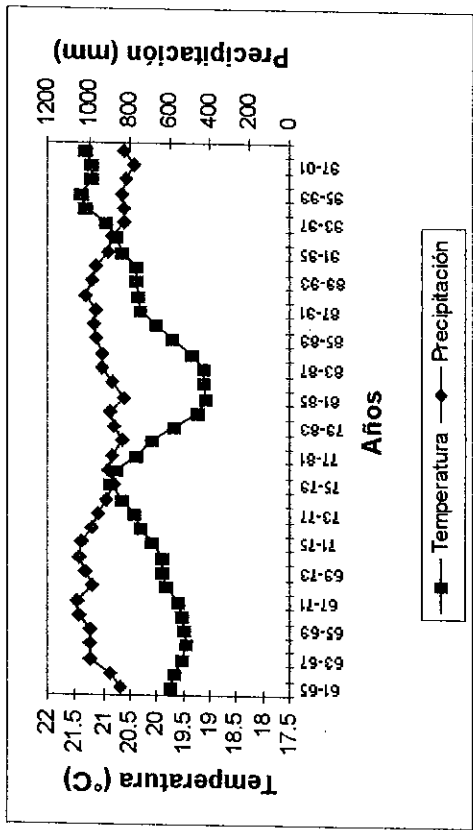


c)

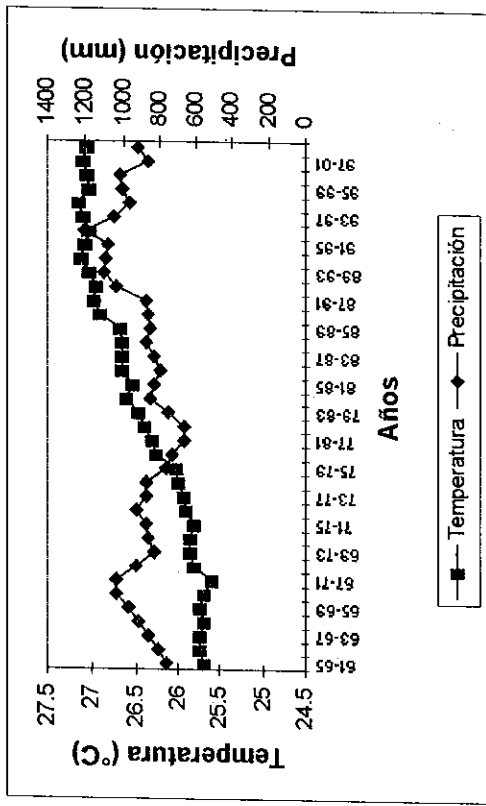


d)

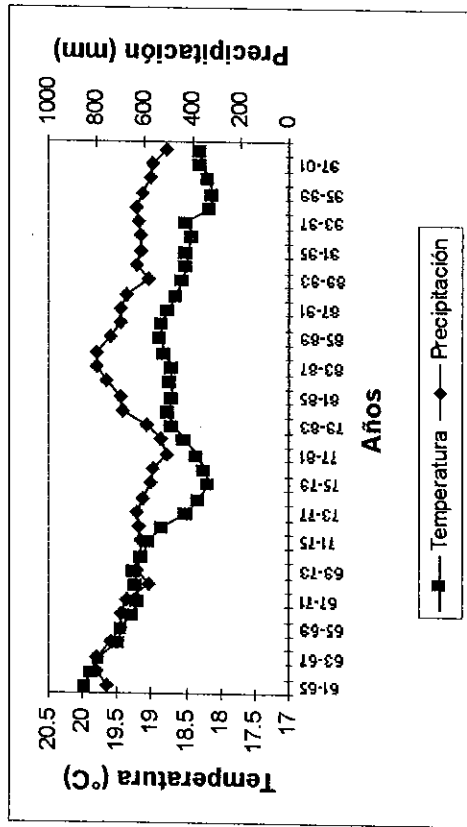
Figura A3. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Bolafios, b) Cajon de Peña c) Casallanta d) Casimiro Castillo



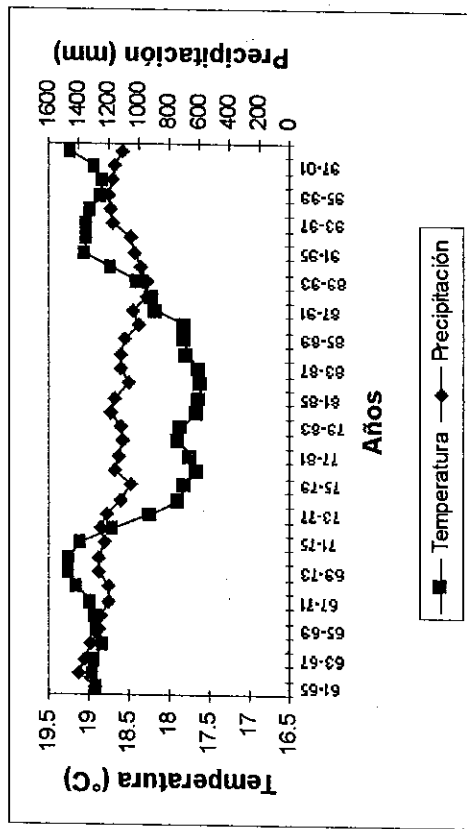
a)



b)

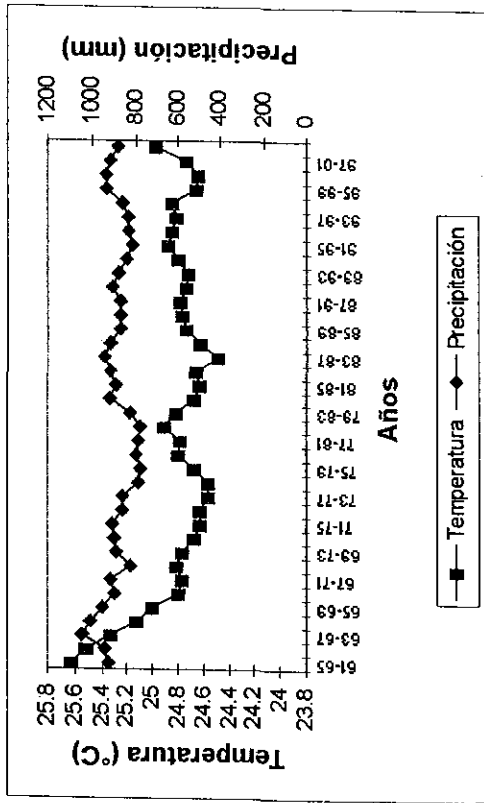


c)

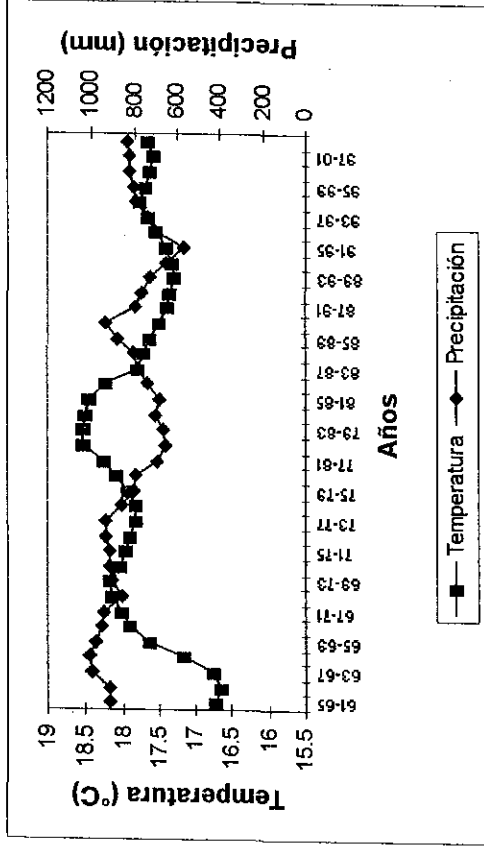


d)

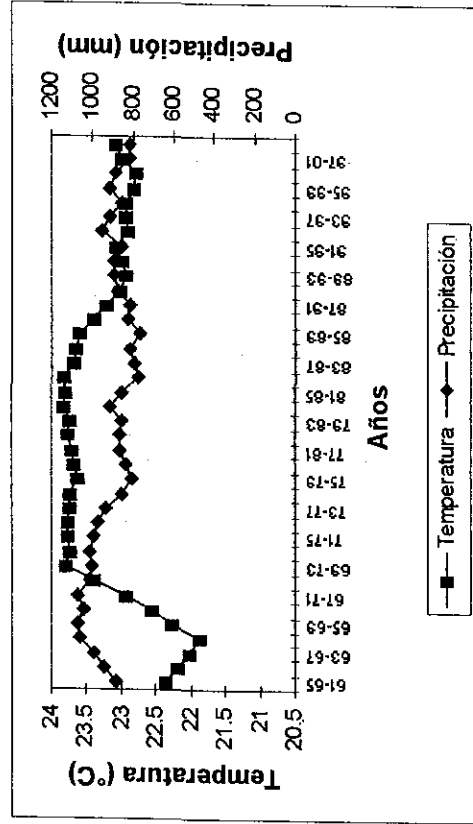
Figura A4. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Chapala, b) Cihuatlán c) Colotlán d) Corrinchis



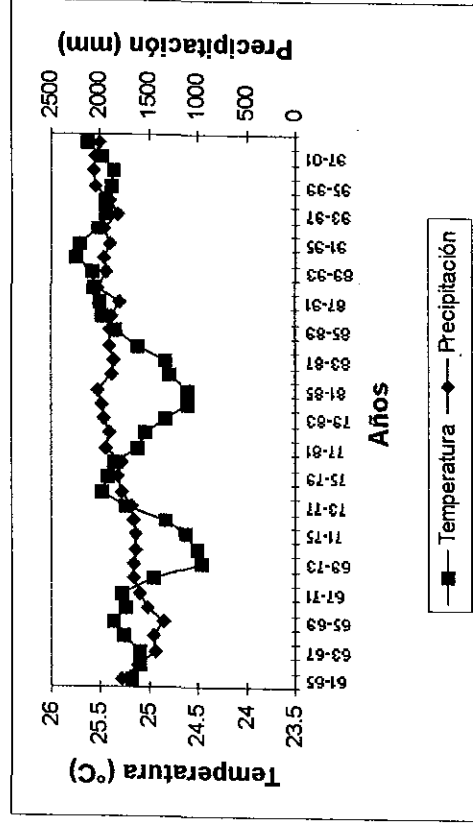
a)



b)

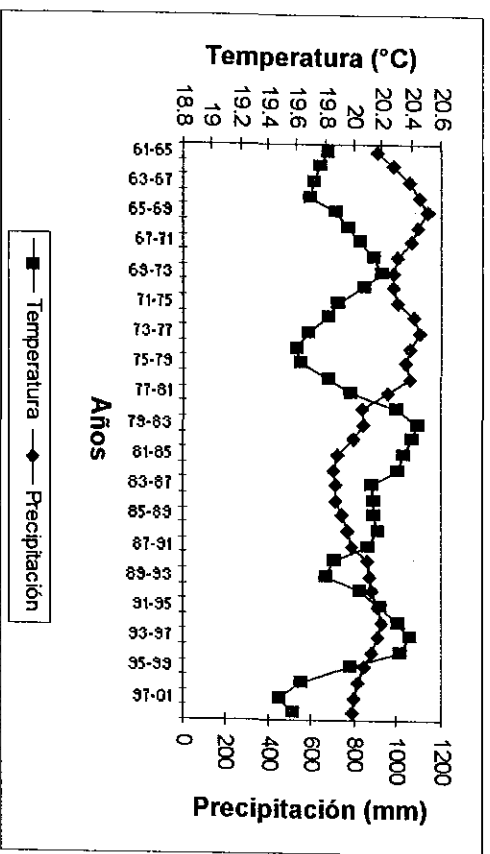


c)

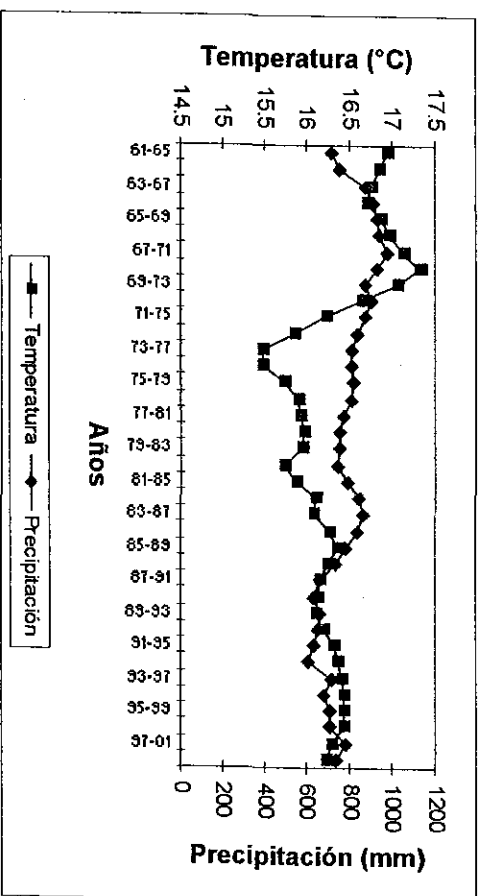


d)

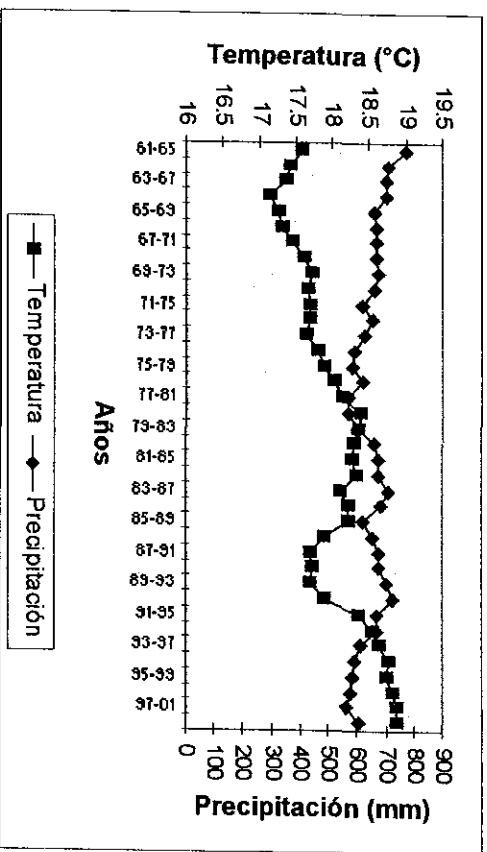
Figura A5. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Cuixtla, b) Cujuico c) Ejutla d) El Bramador



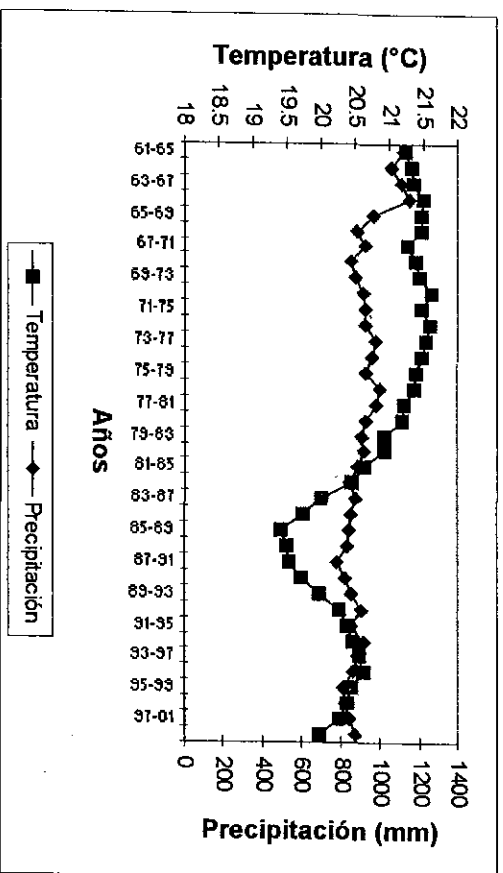
a)



b)



c)



d)

Figura A6. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) El Fuerte, b) El Nopal c) El Pinito d) El salitre

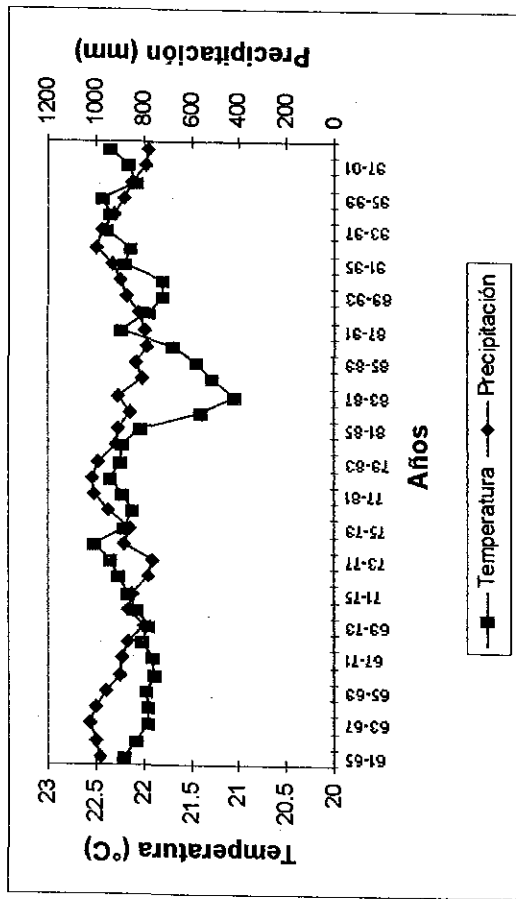
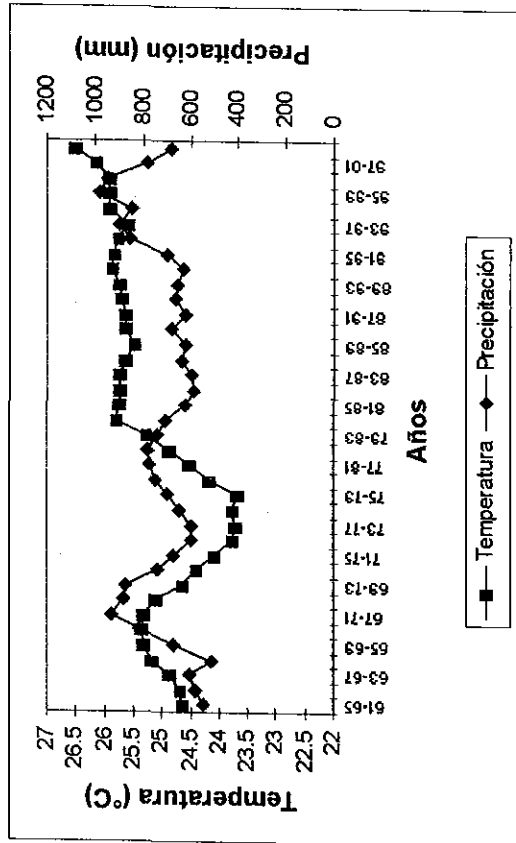
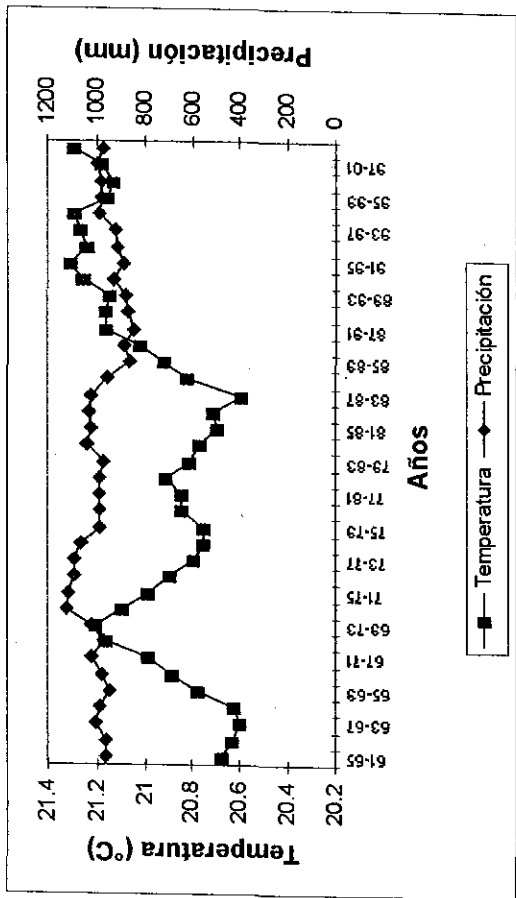
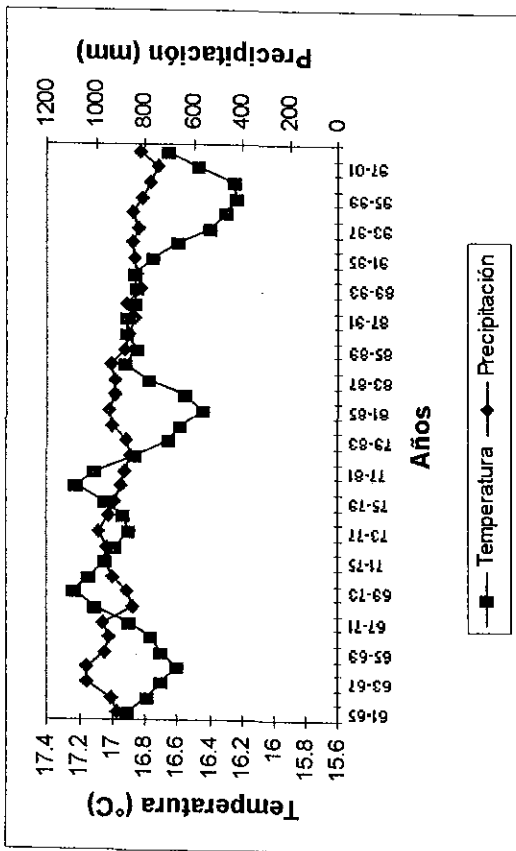


Figura A7. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) El Tule, b) Guadalajara, c) Higuera Blanca, d) Hostotipaqui

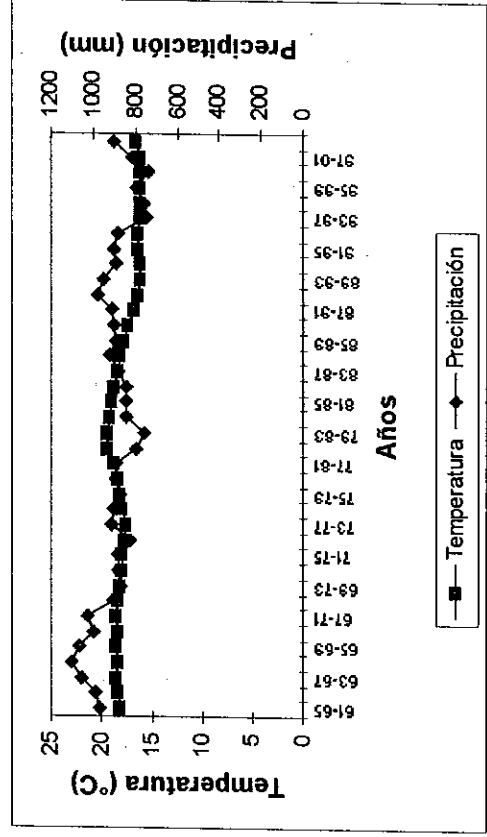
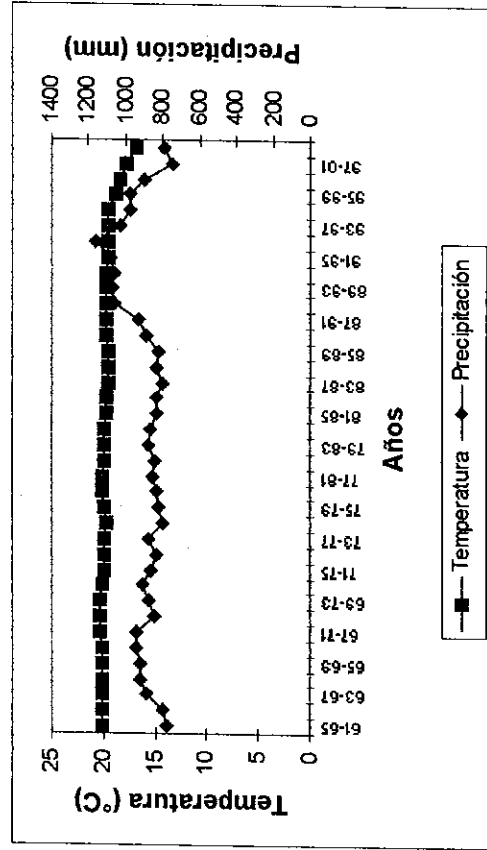
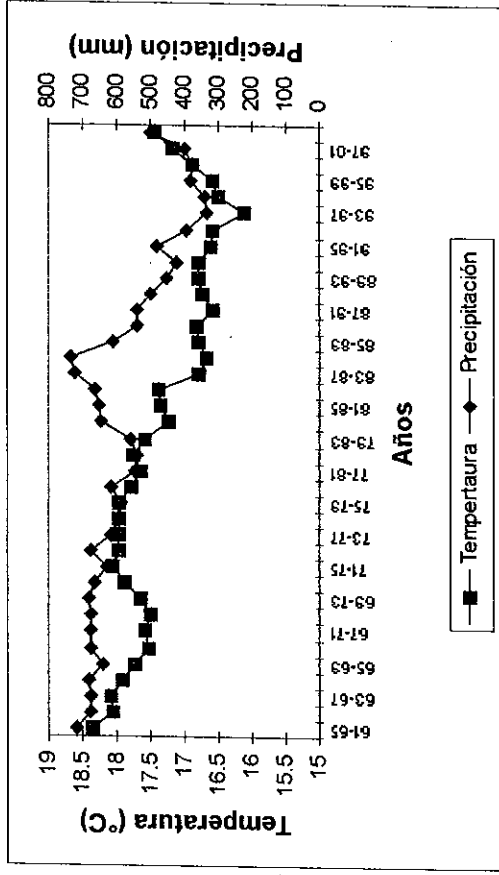
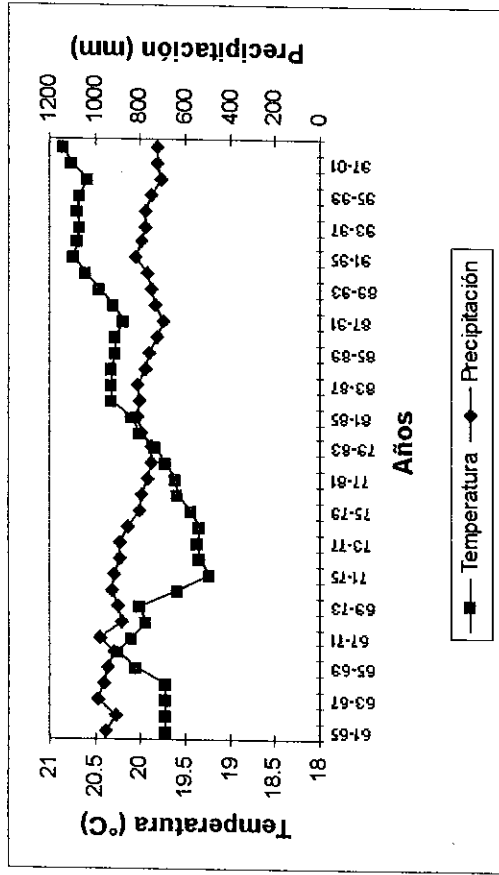
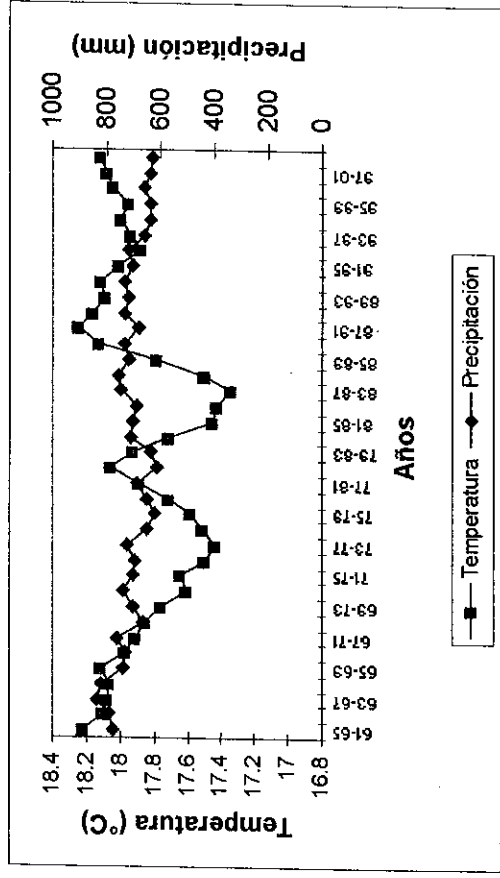
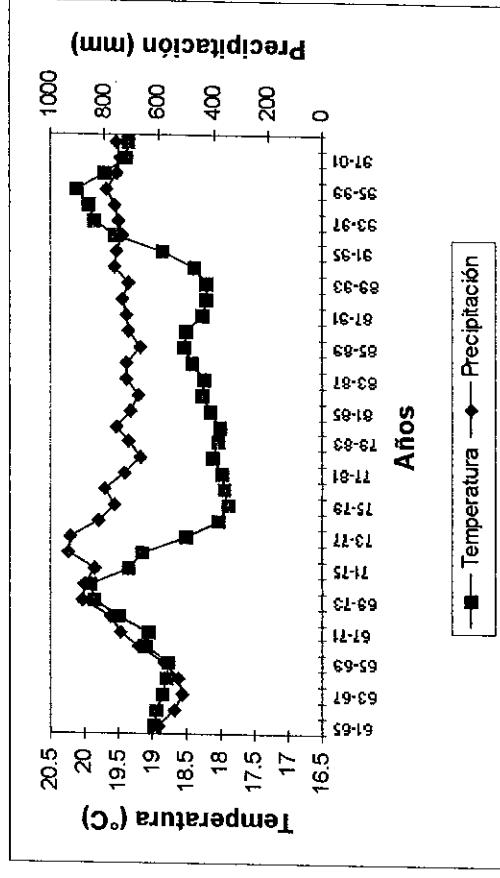


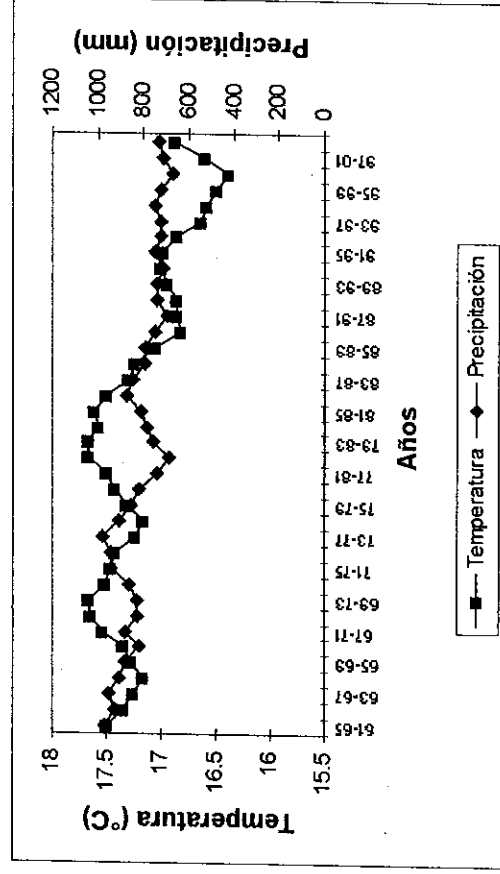
Figura A8 . Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Huasco, b) Huejuquilla c) Huerta Vieja d) Ixtlahuacán del Río



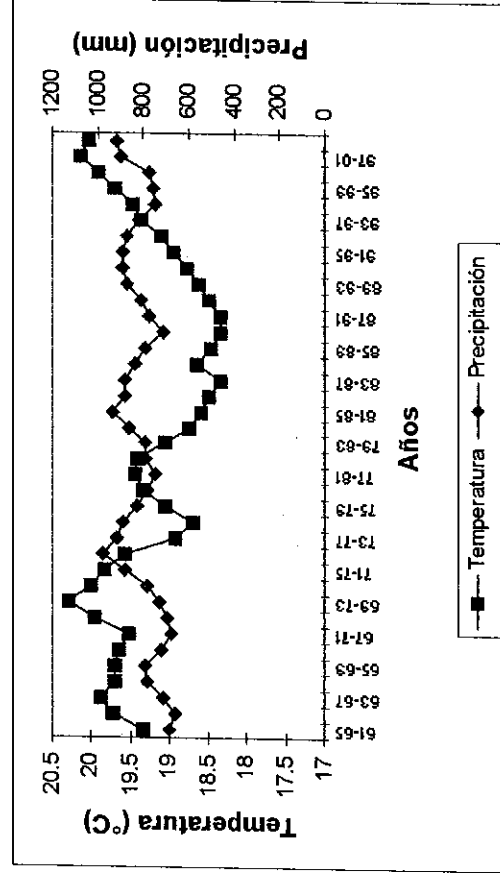
a)



b)

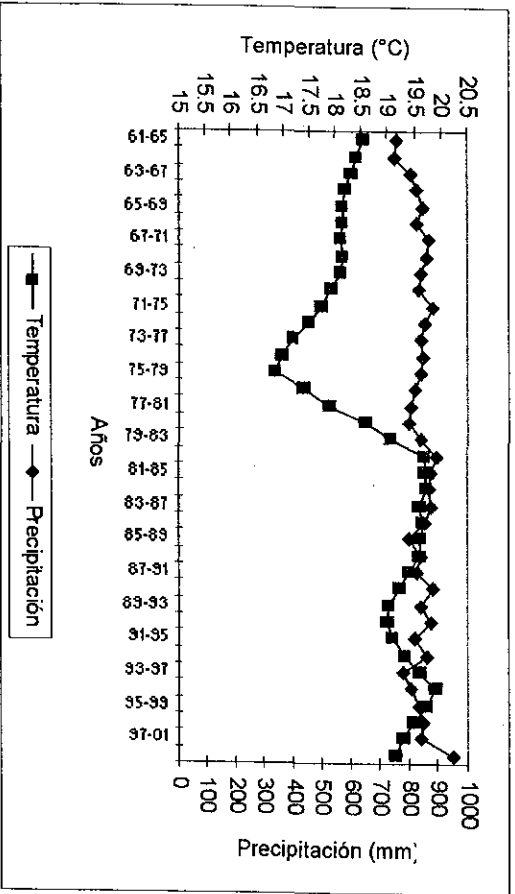


c)

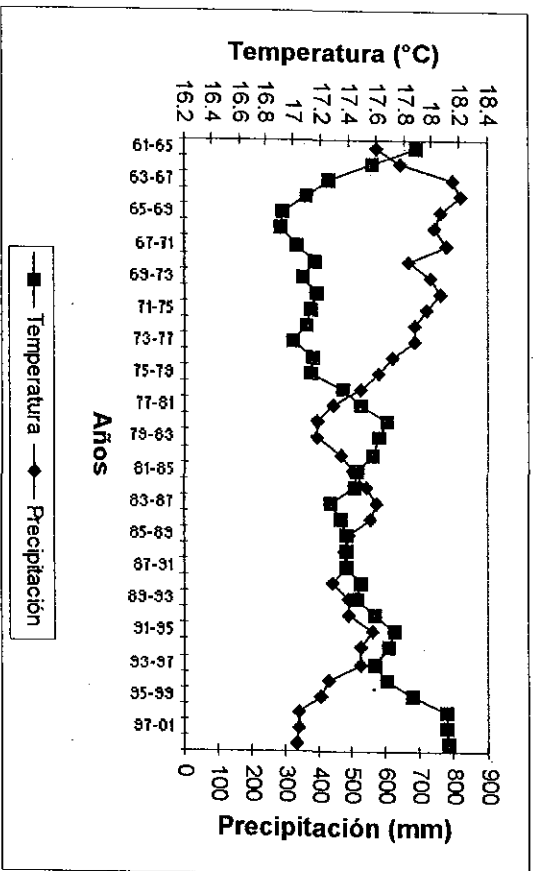


d)

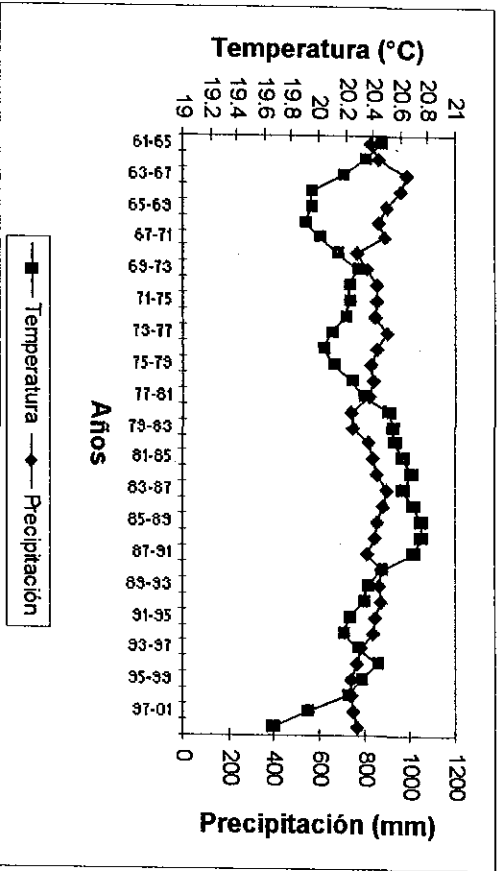
Figura A9. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Jalostotitlán, b) Jamay c) Jesús María, d) Jocoitepec



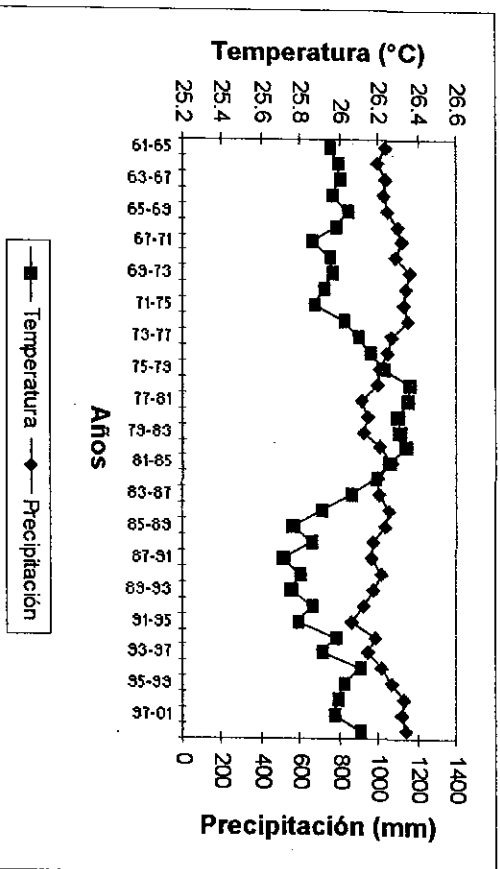
a)



b)

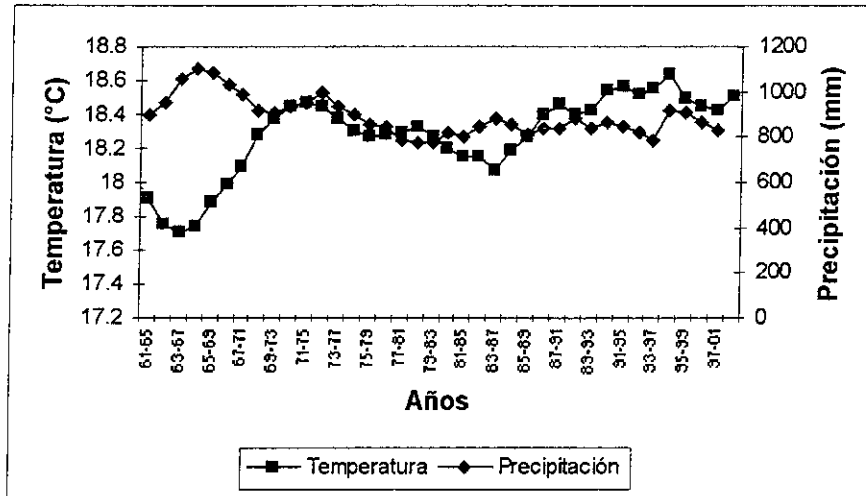


c)

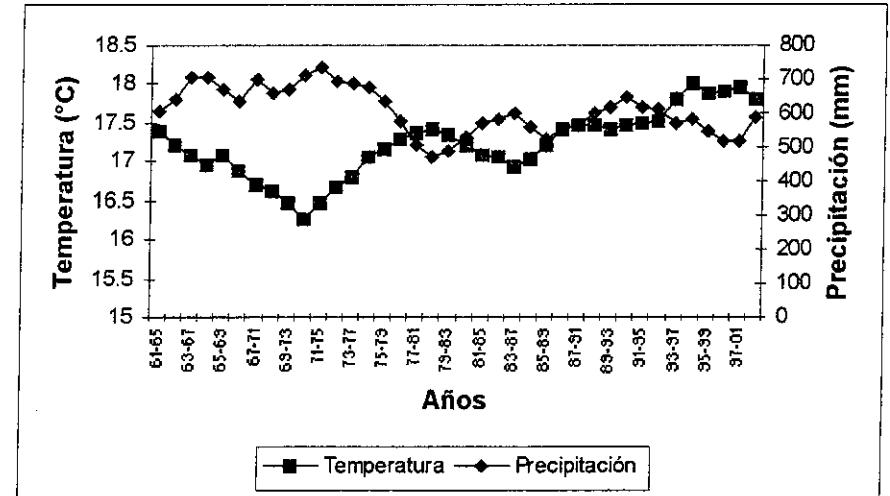


d)

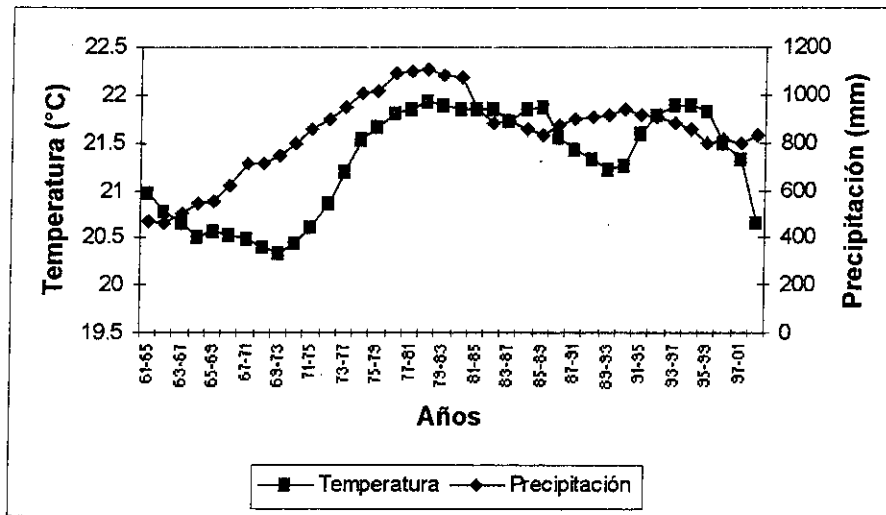
Figura A10. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Juchitán, b) La Calera c) La Cuña d) La desembocada



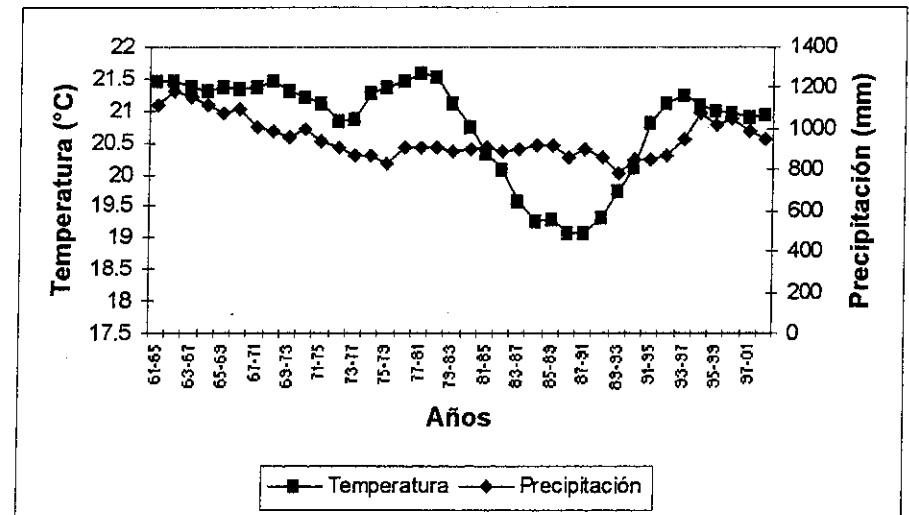
a)



b)

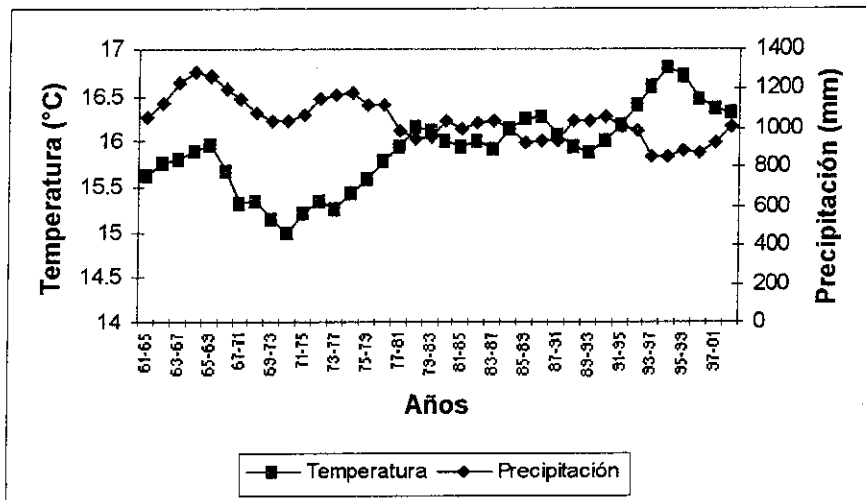


c)

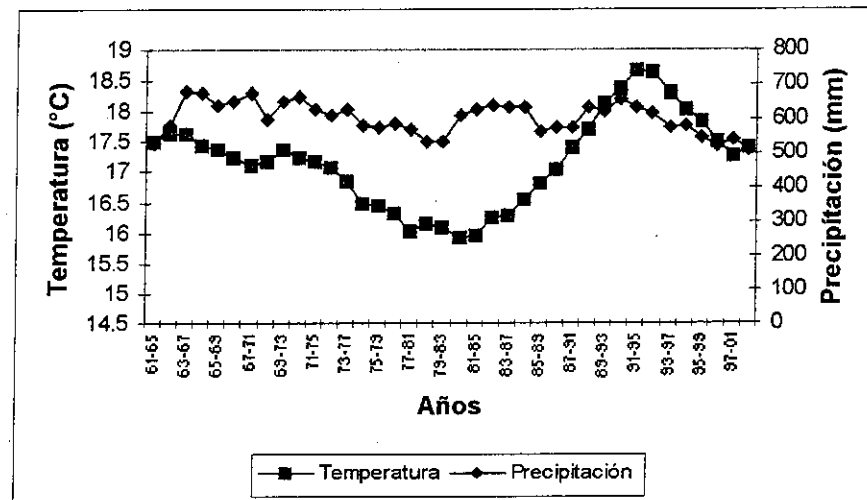


d)

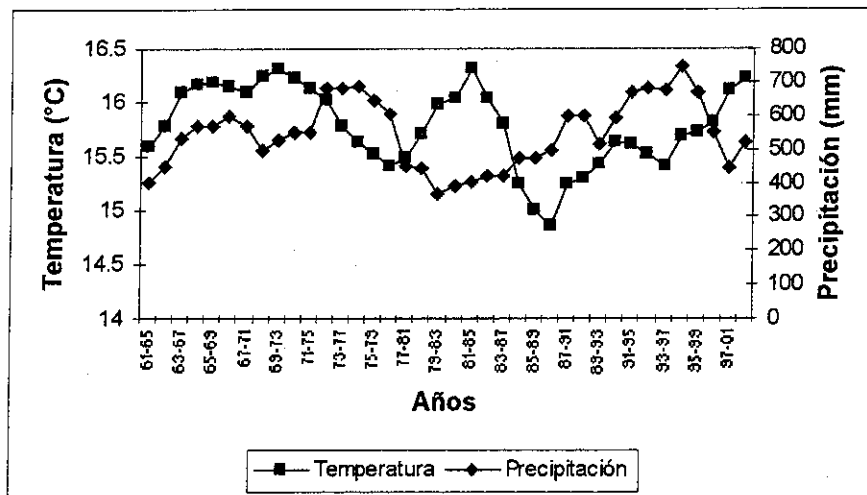
Figura A11. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) La Red, b) Lagos de Moreno, c) Magdalena d) Mascota



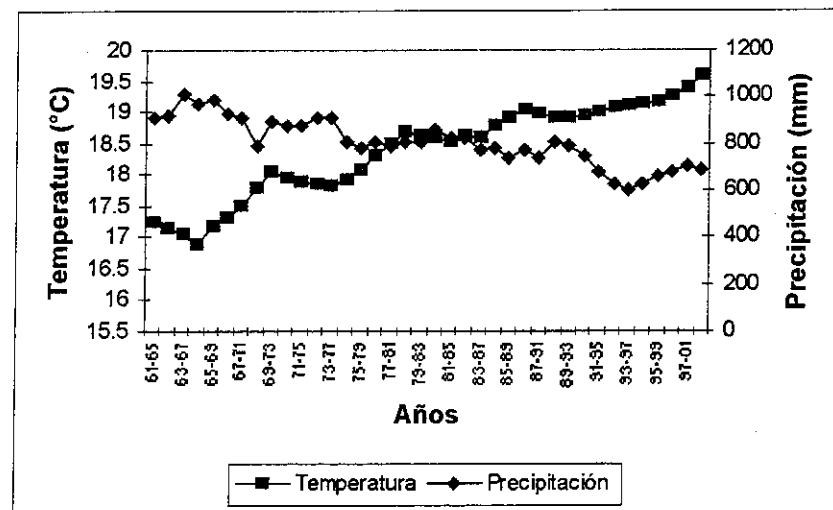
a)



b)

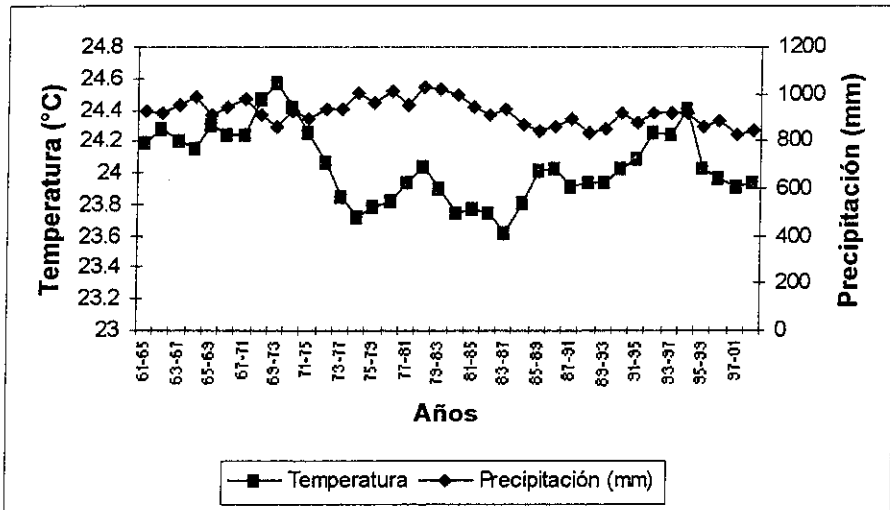


c)

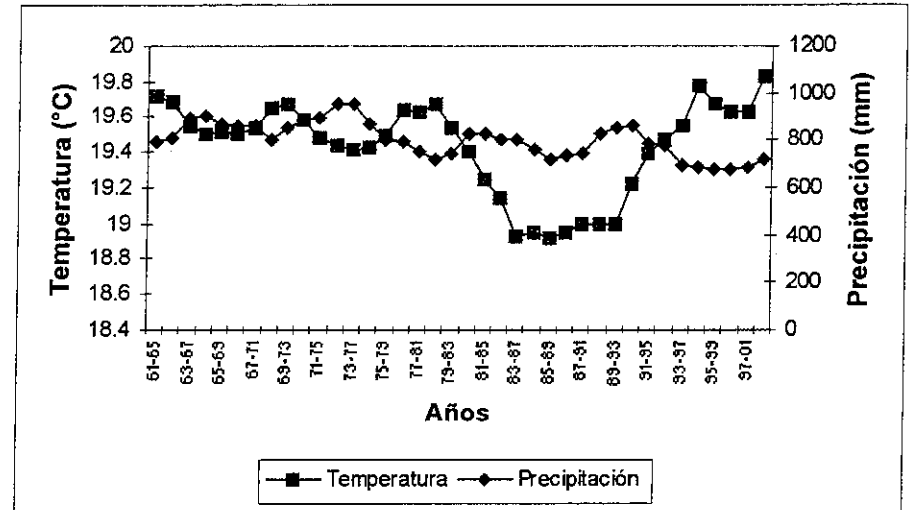


d)

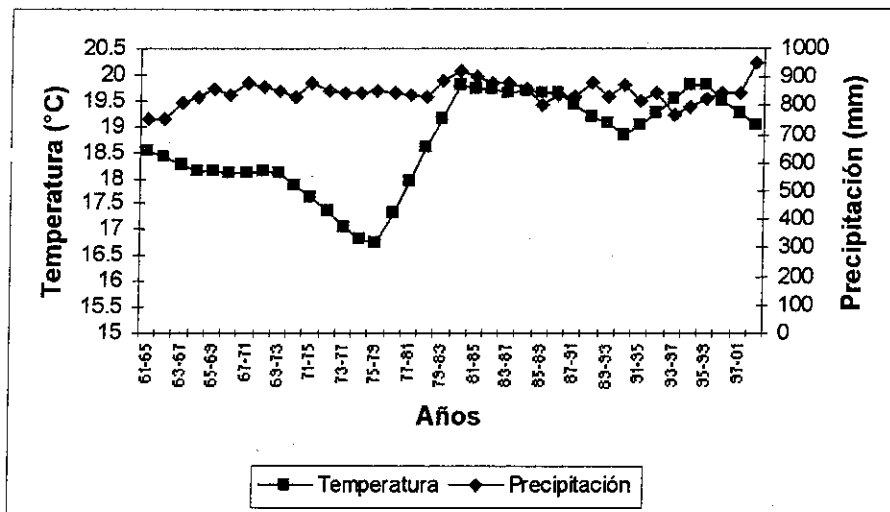
Figura A12. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Mazamitla, b) Michoacanejo c) Ojuelos d) Palo Verde



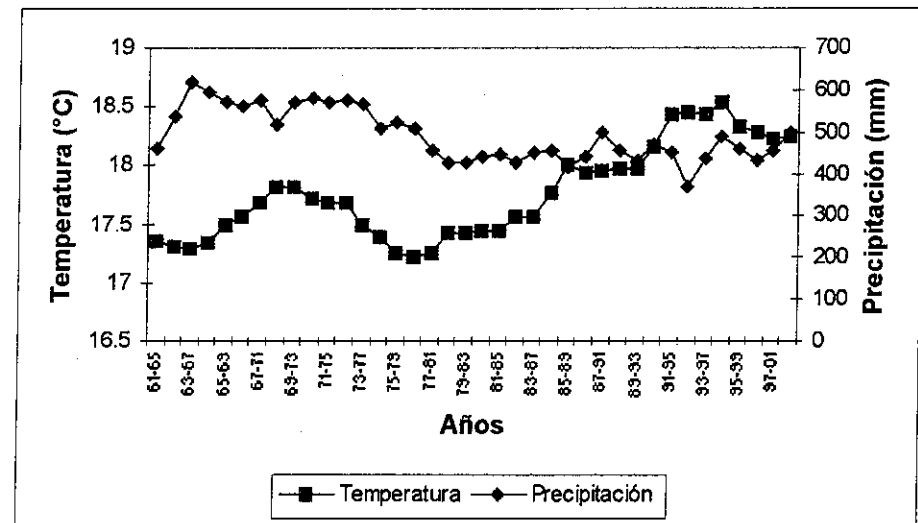
a)



b)

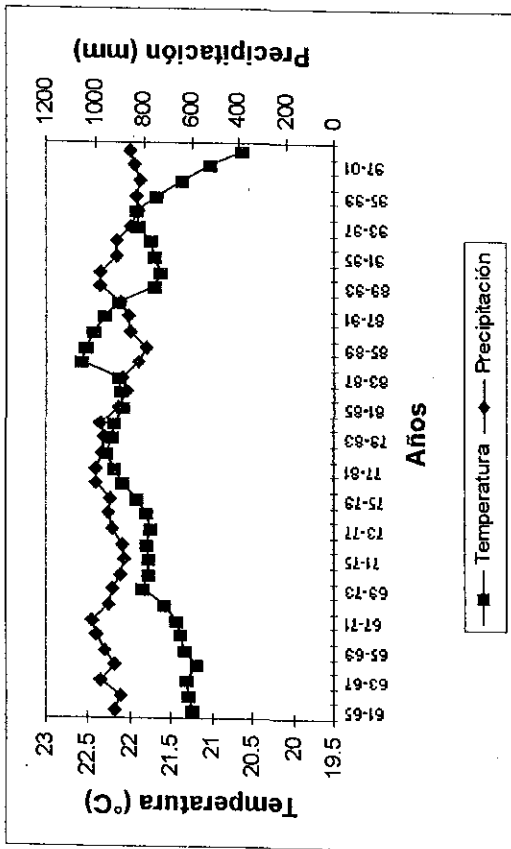


c)

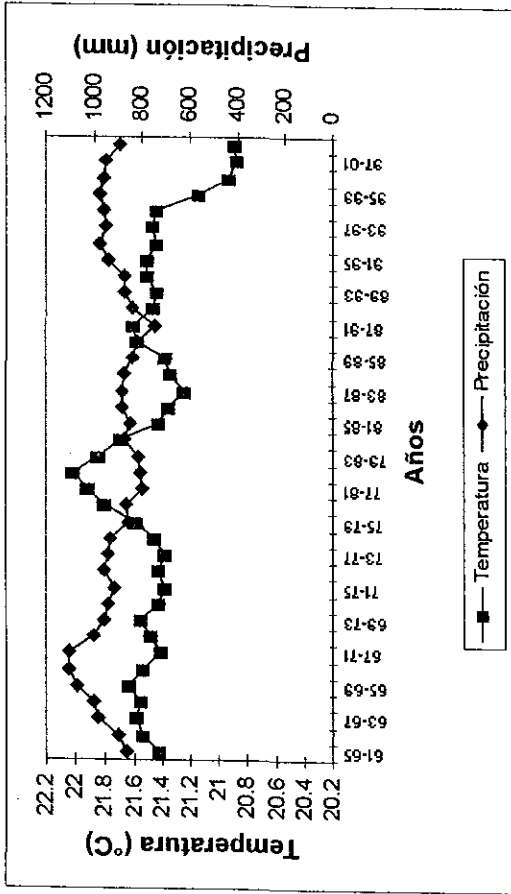


d)

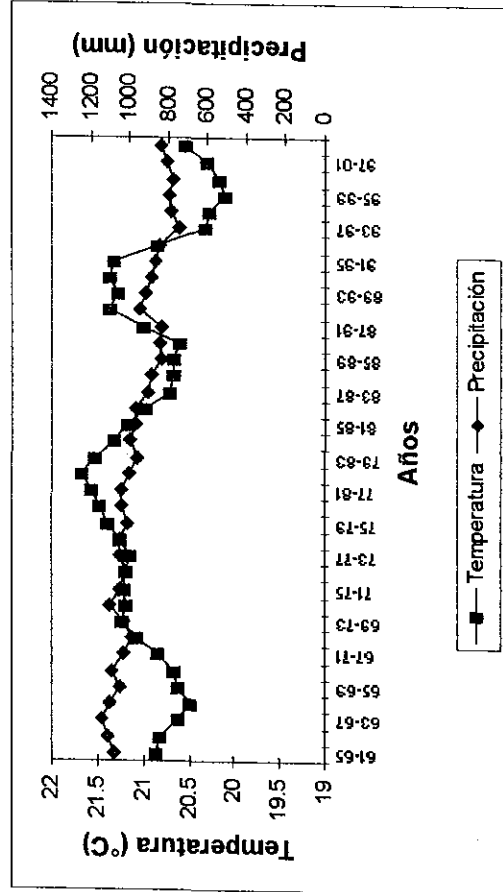
Figura A13. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Plan de Barrancas, b) Poncitlán c) Presa de Hurtado d) Presa La Duquesa



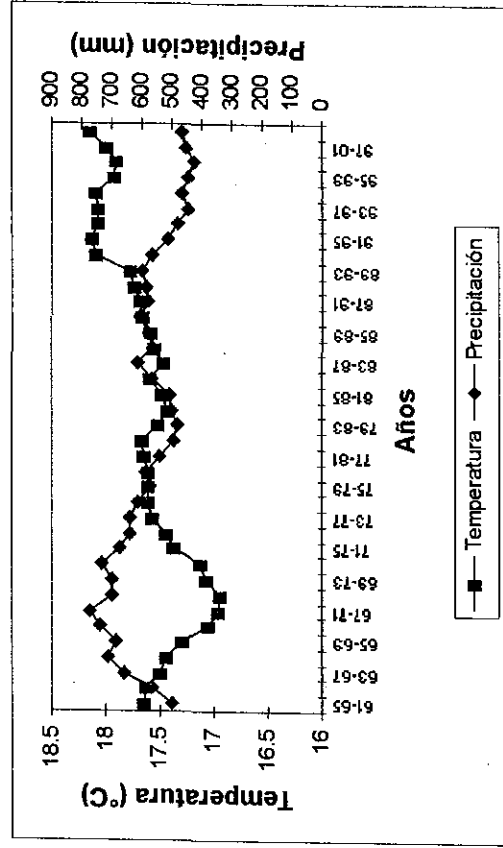
a)



b)

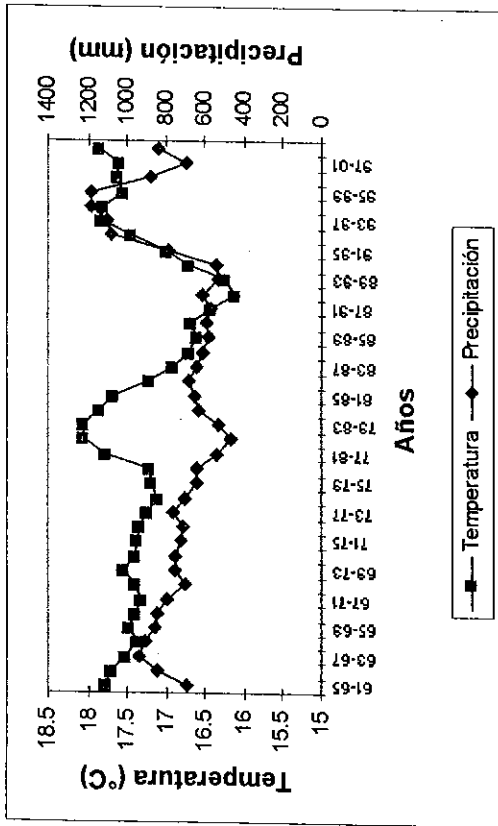


c)

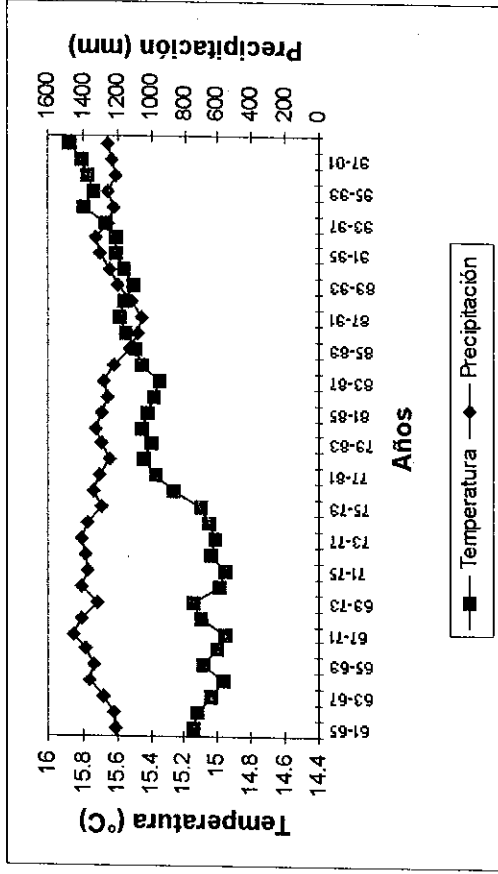


d)

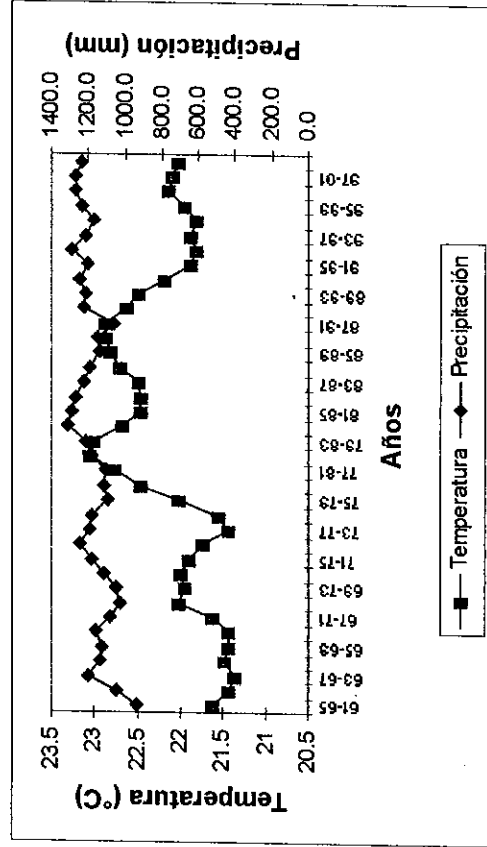
Figura A14. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Presa La Virga, b) Quitupan c) San Bernardo



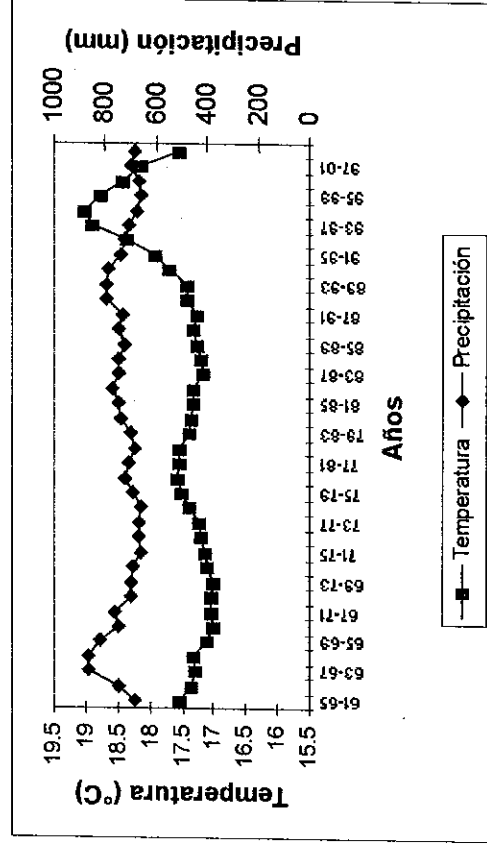
a)



b)



c)



d)

Figura A15. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) San Diego de Alejandría, b) San Gregorio c) San Marcos d) San Miguel El Alto

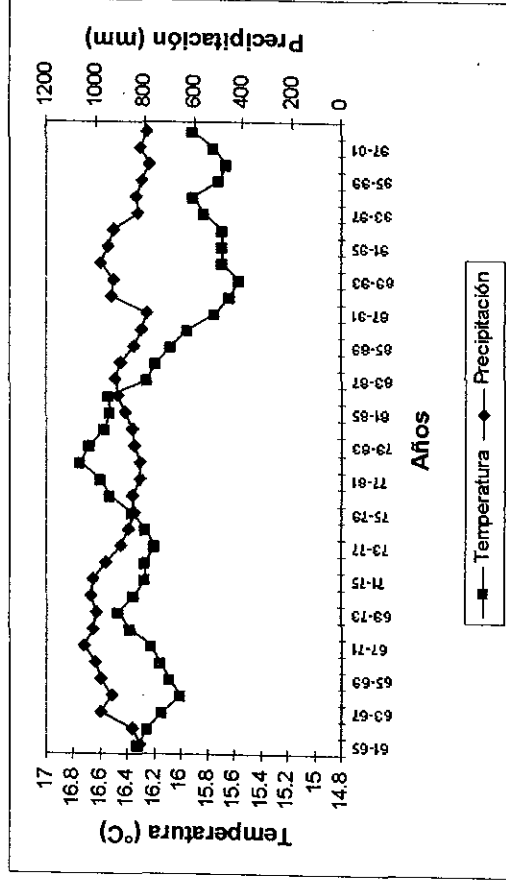
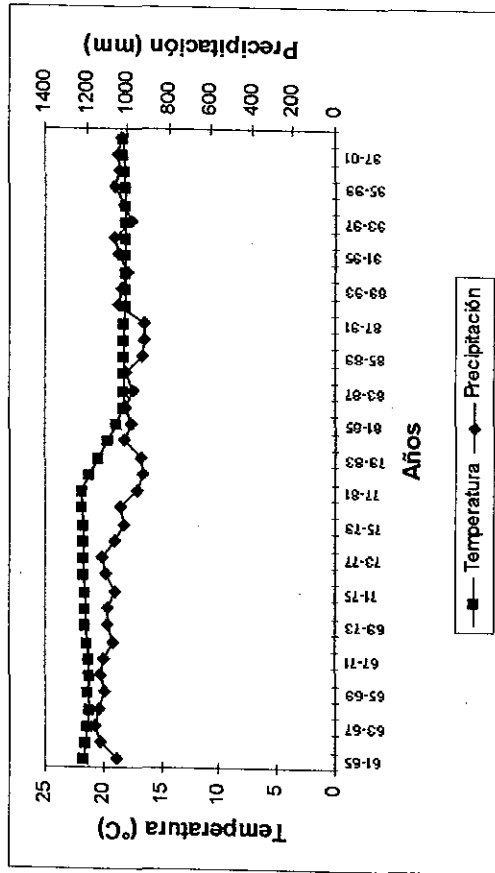
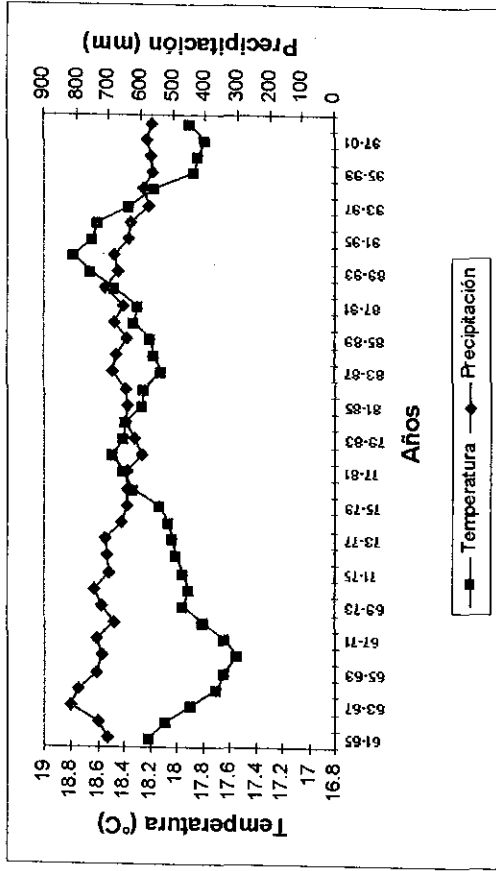
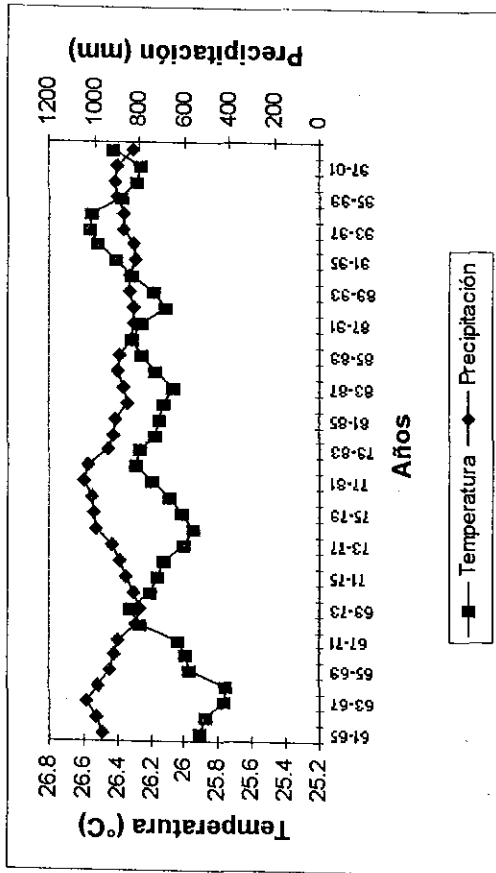
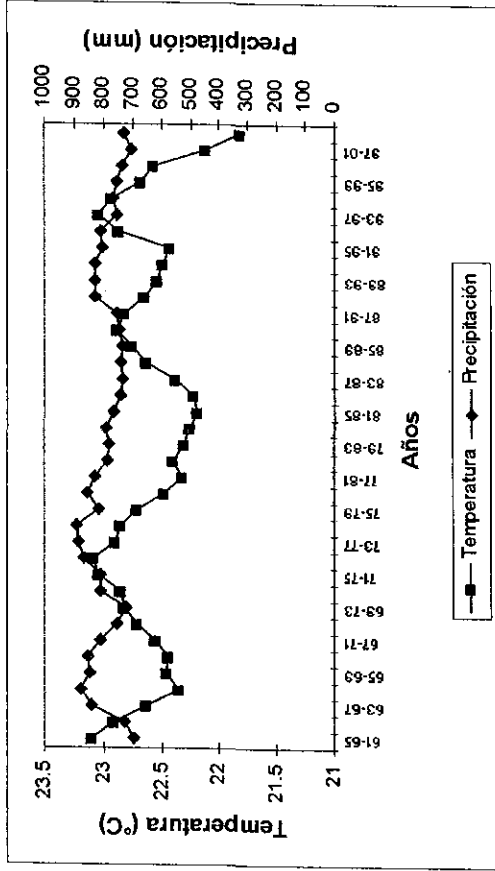
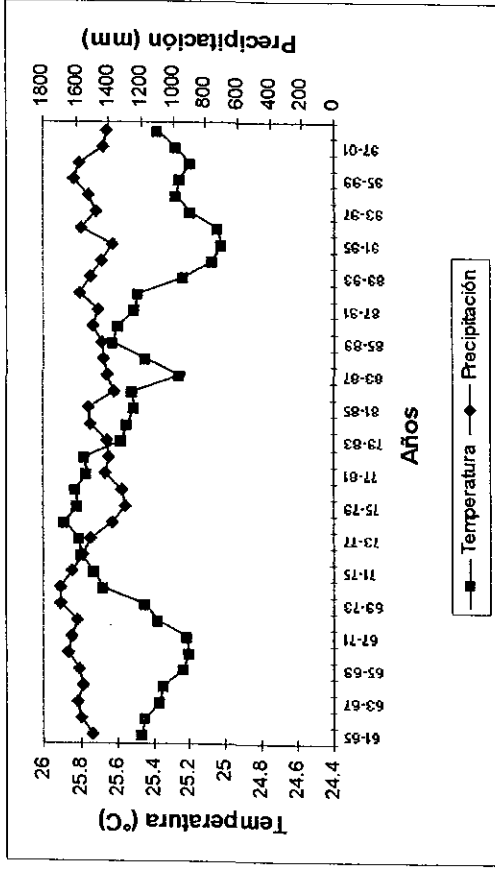


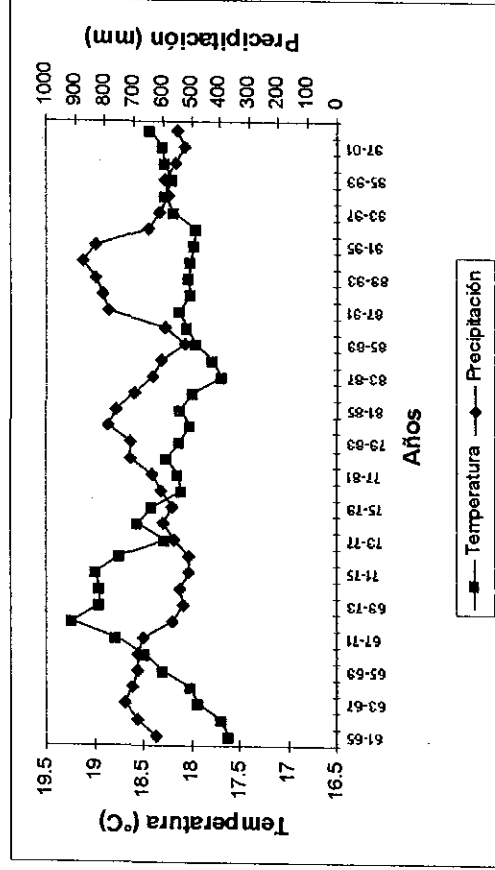
Figura. A16. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Santa Rosa, b) San Gaspar c) Tamazula de Gordiano, d) Tapalpa



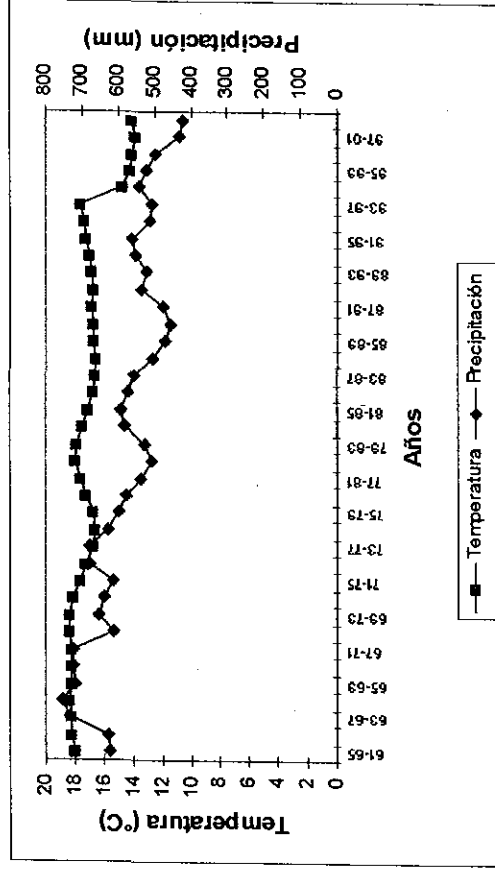
a)



b)

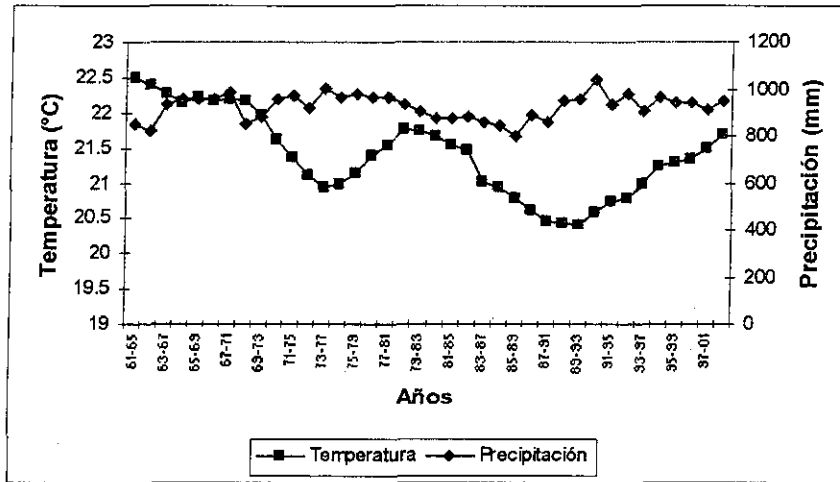


c)

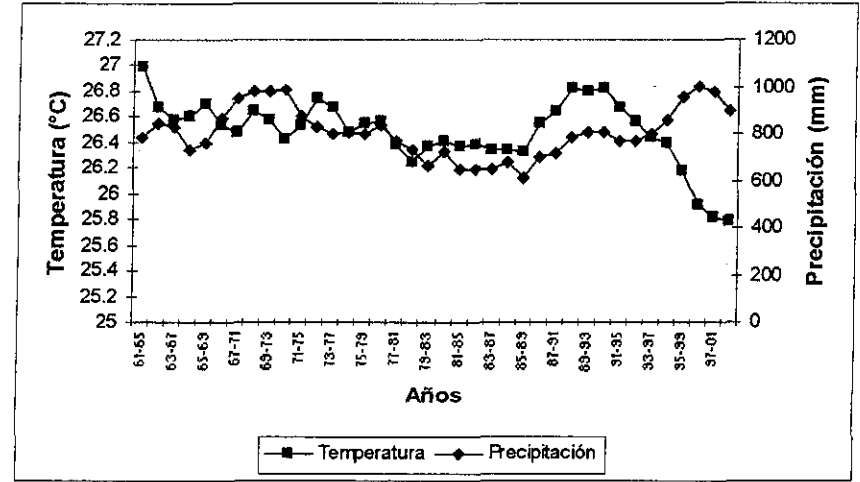


d)

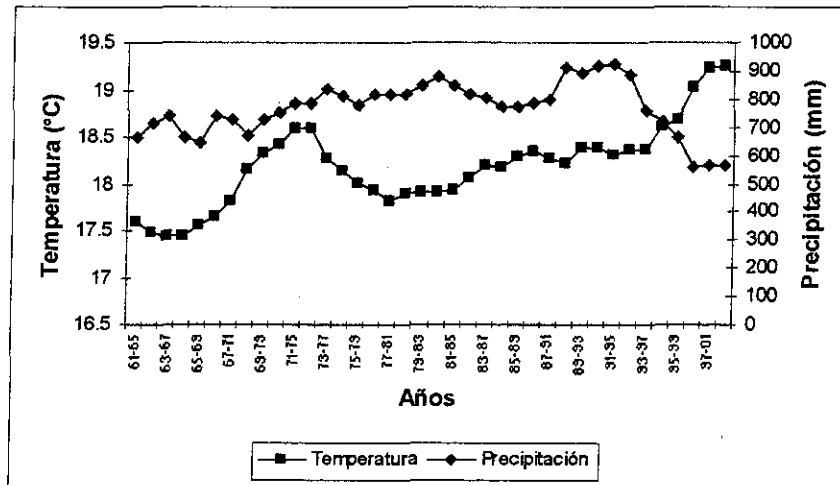
Figura A17. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Tecolotlán, b) Tecomas, c) Tenasco d) Teocaltiche



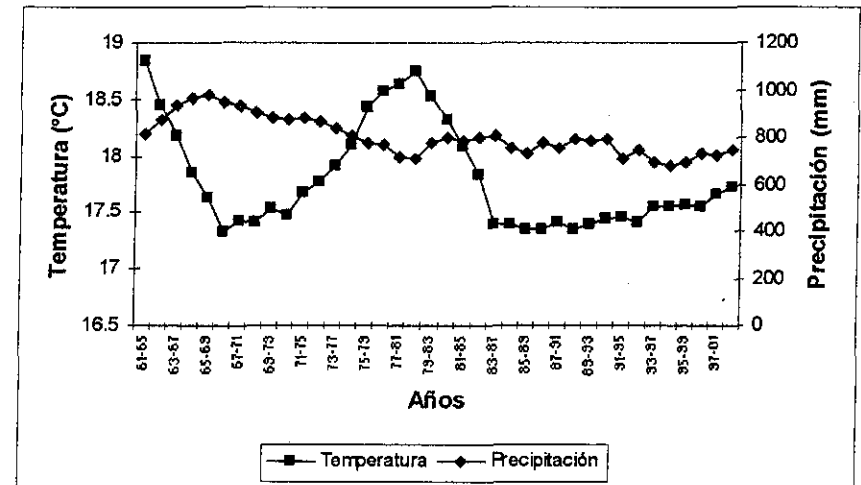
a)



b)

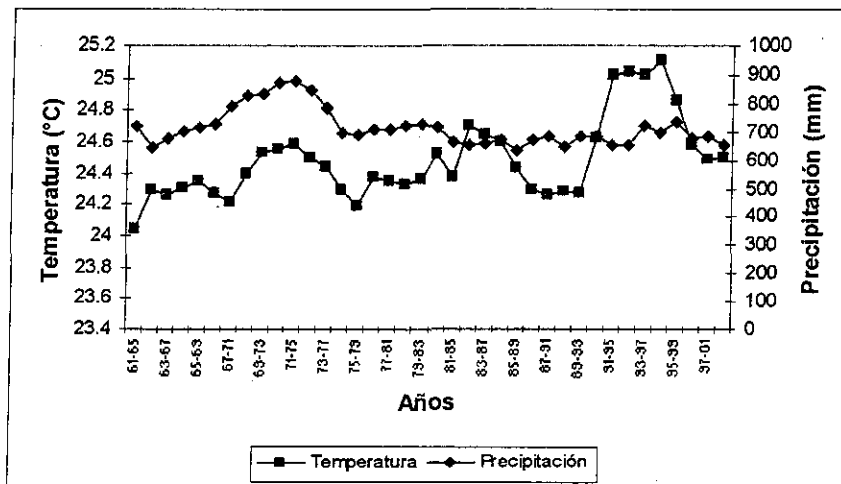


c)

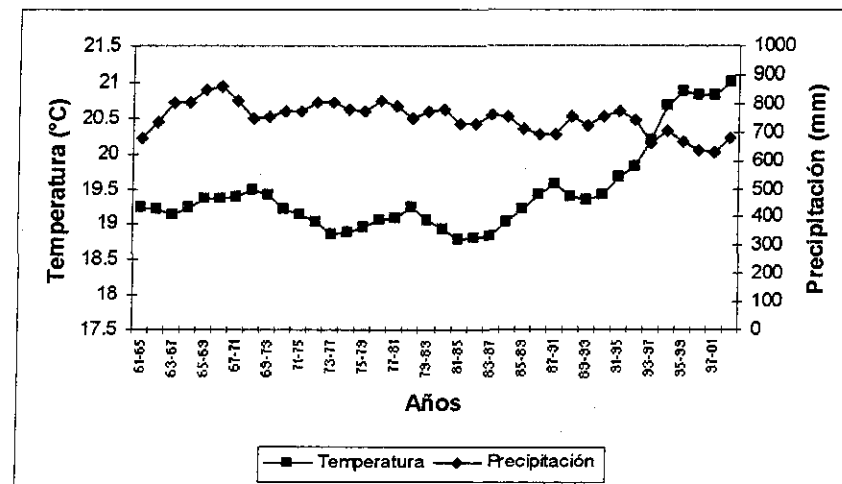


d)

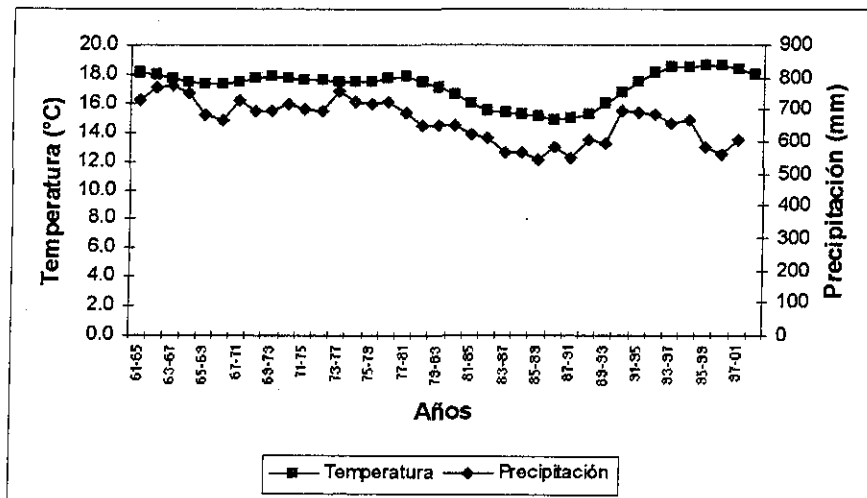
Figura A18. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Tlaquepaque, b) Tomatlán c) Totatiche d) Tototlán



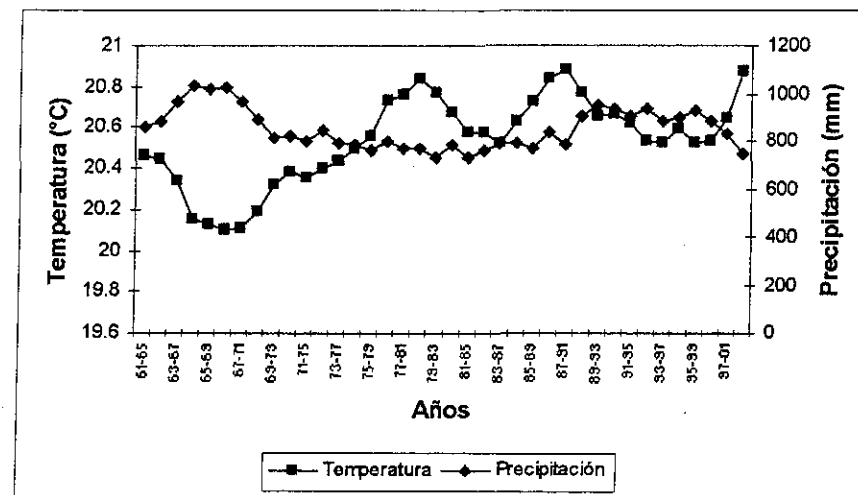
a)



b)

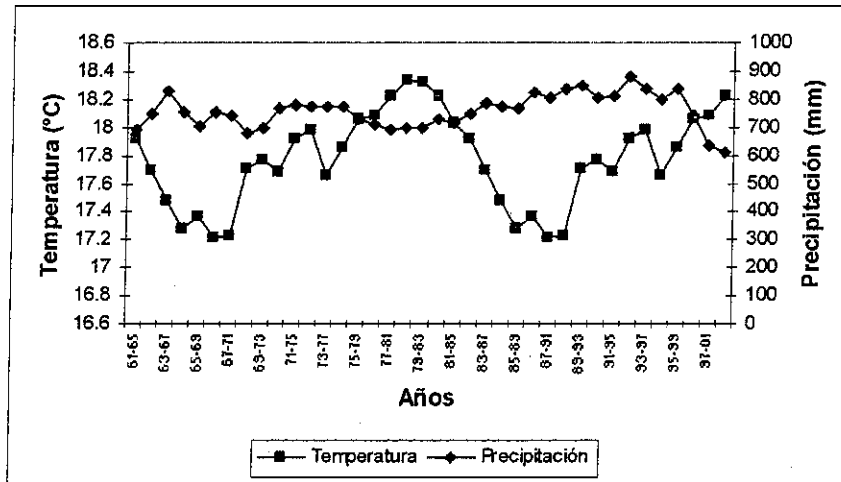


c)

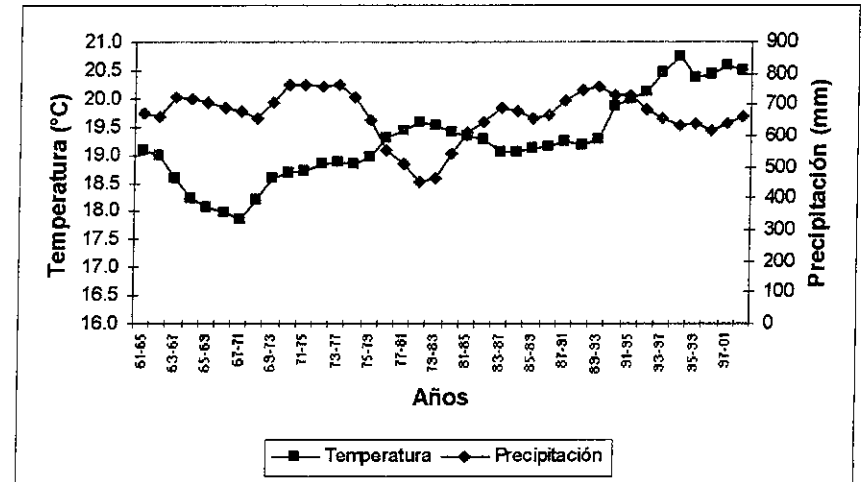


d)

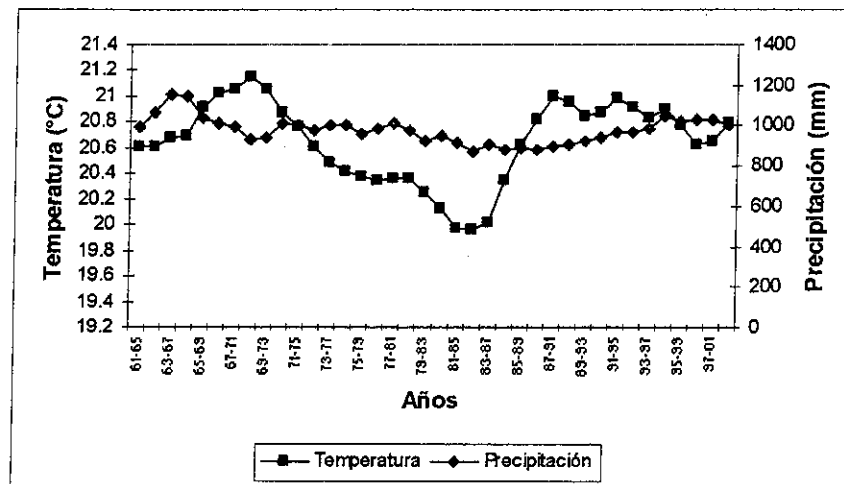
Figura A19. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Tuxcacuesco, b) Tuxcueca, c) Unión de San Antonio, d) Unión de Tula



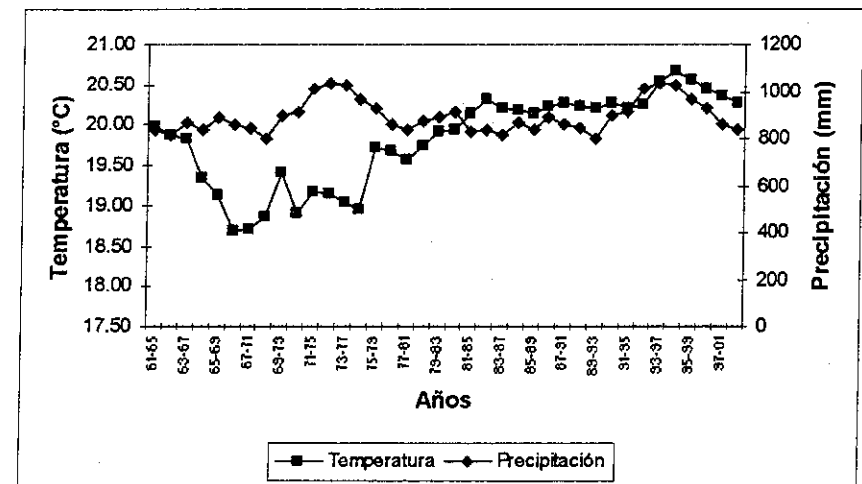
a)



b)



c)



d)

Figura A20. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en las estaciones de a) Villa Guerrero, b) Villa Obregón c) Zapopan d) Zapotlanejo

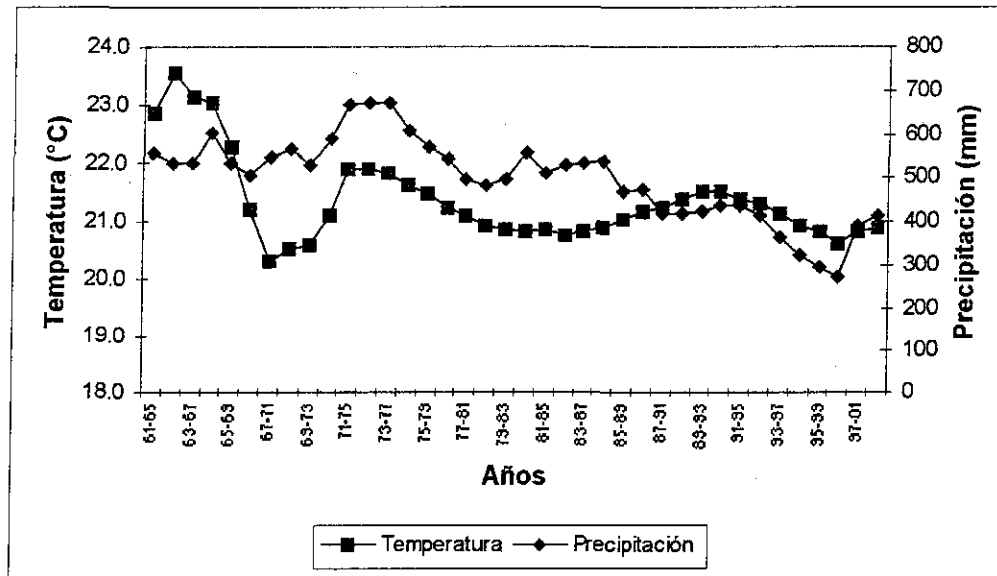


Figura A21. Medias móviles de temperatura y precipitación para el periodo 1961-2002 en la estación de Zacoalco de Torres.

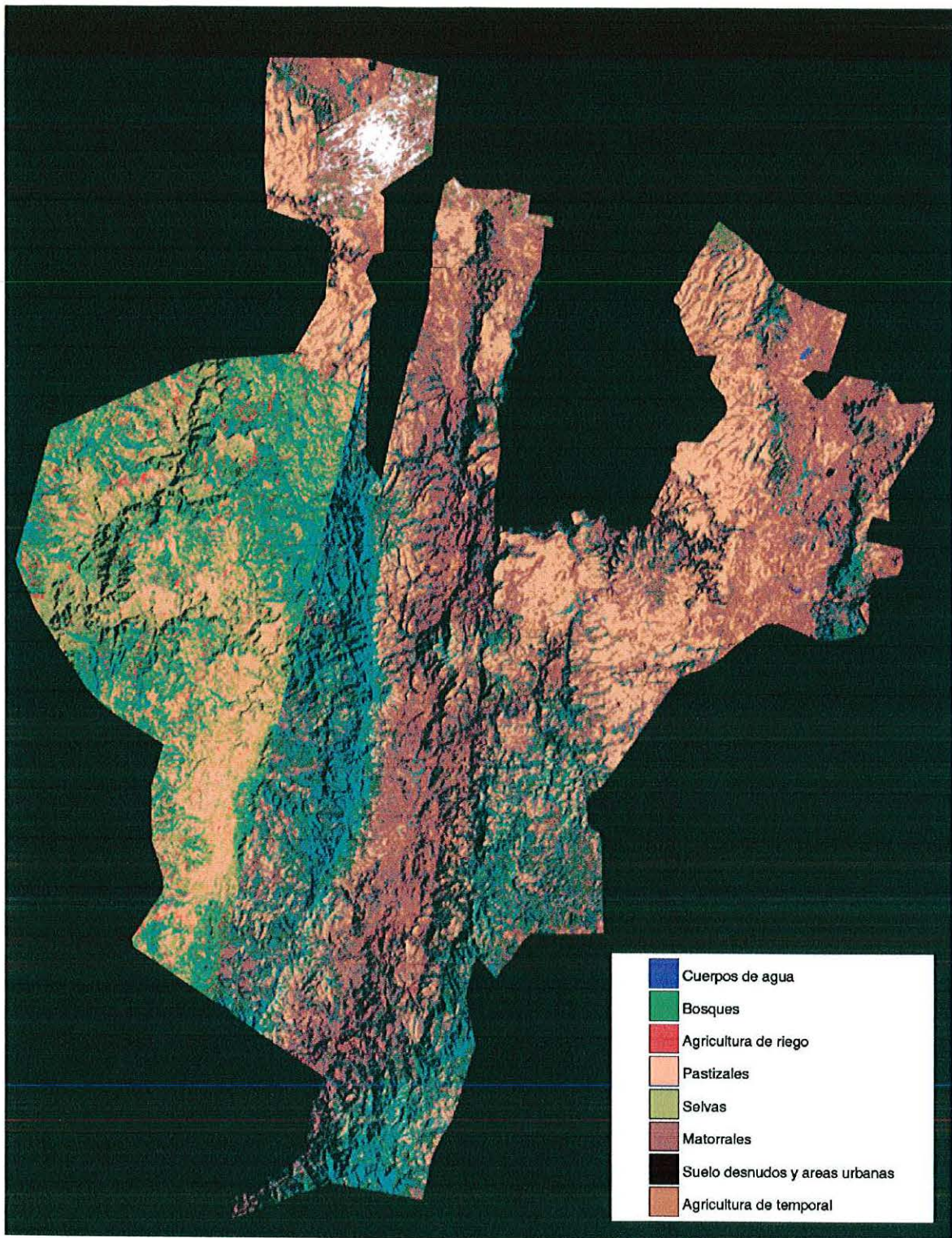


Figura A22. Imagen clasificada 1976 zona norte

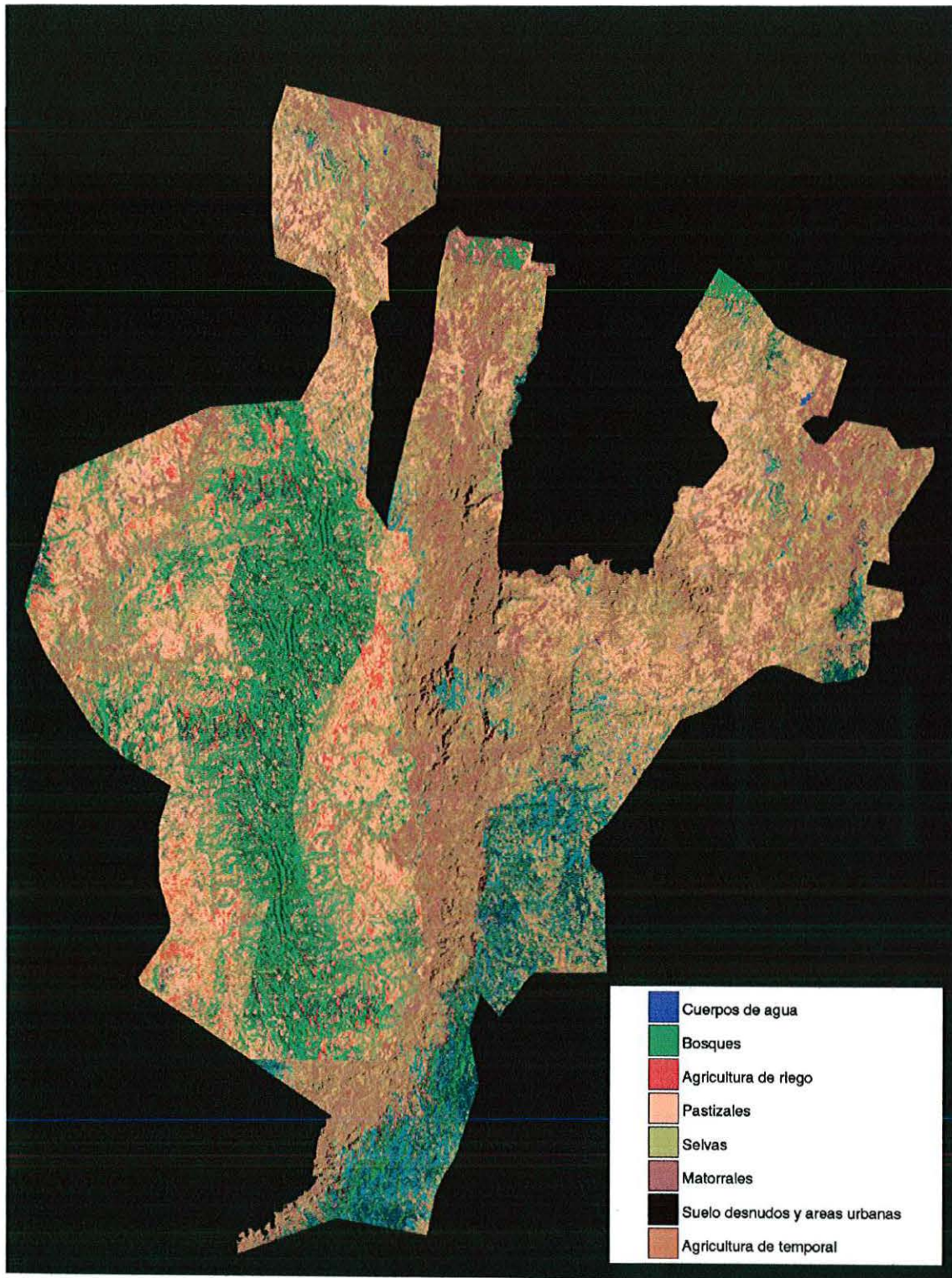


Figura A23. Imagen clasificada 1986 zona norte

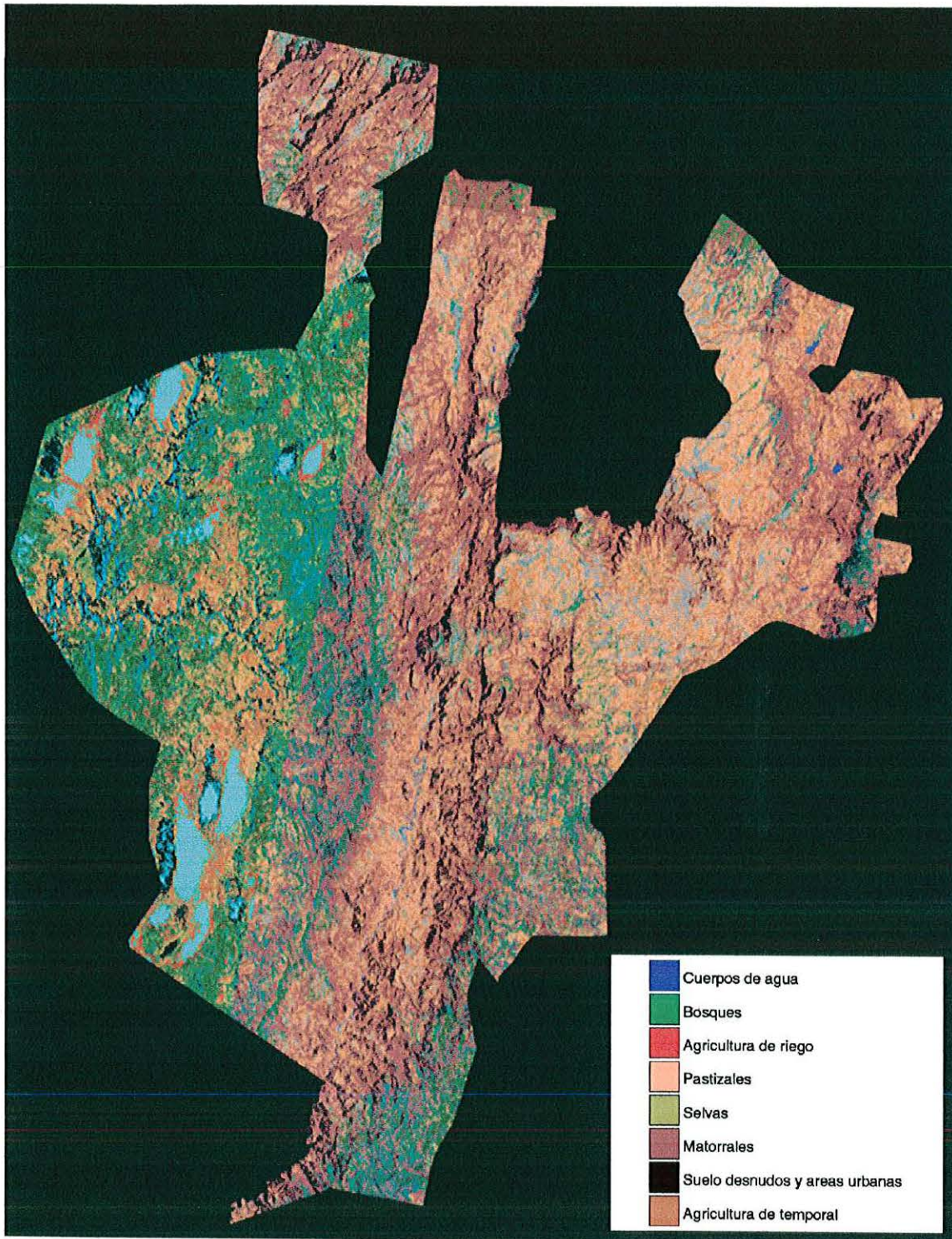


Figura A24. Imagen clasificada 1993 zona norte

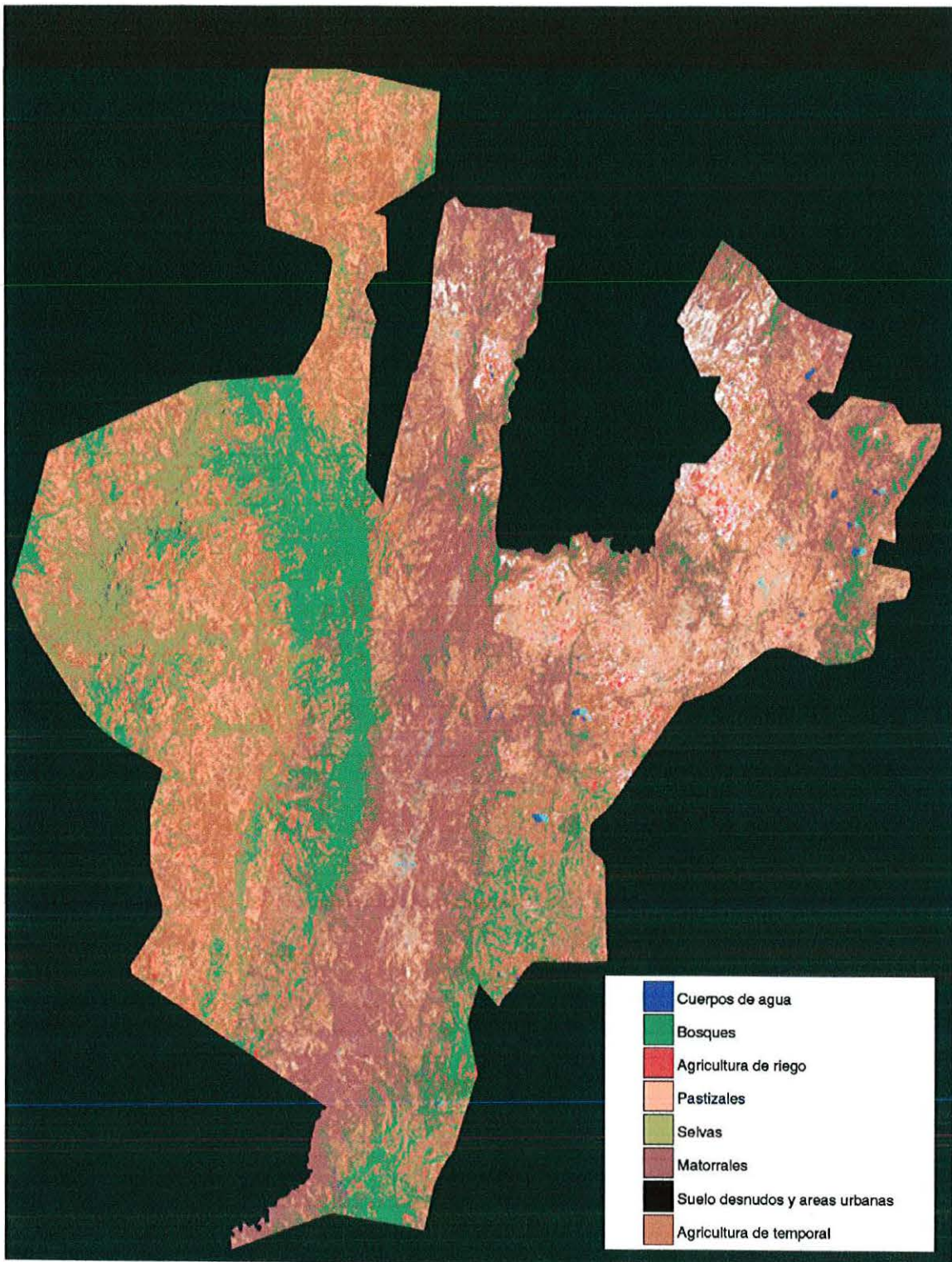


Figura A25. Imagen clasificada 2003 zona norte

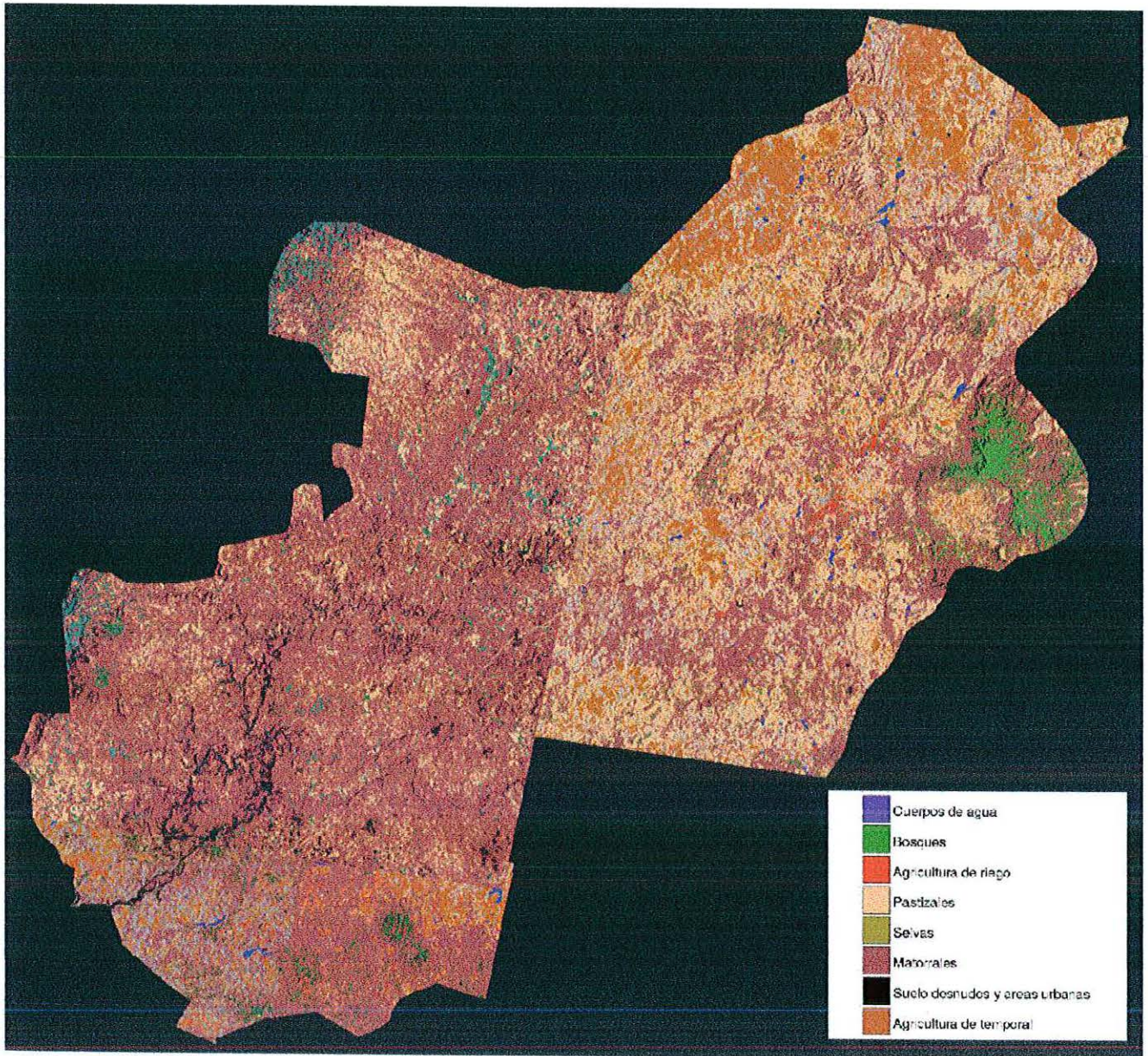


Figura A26. Imagen clasificada 1976 zona altos

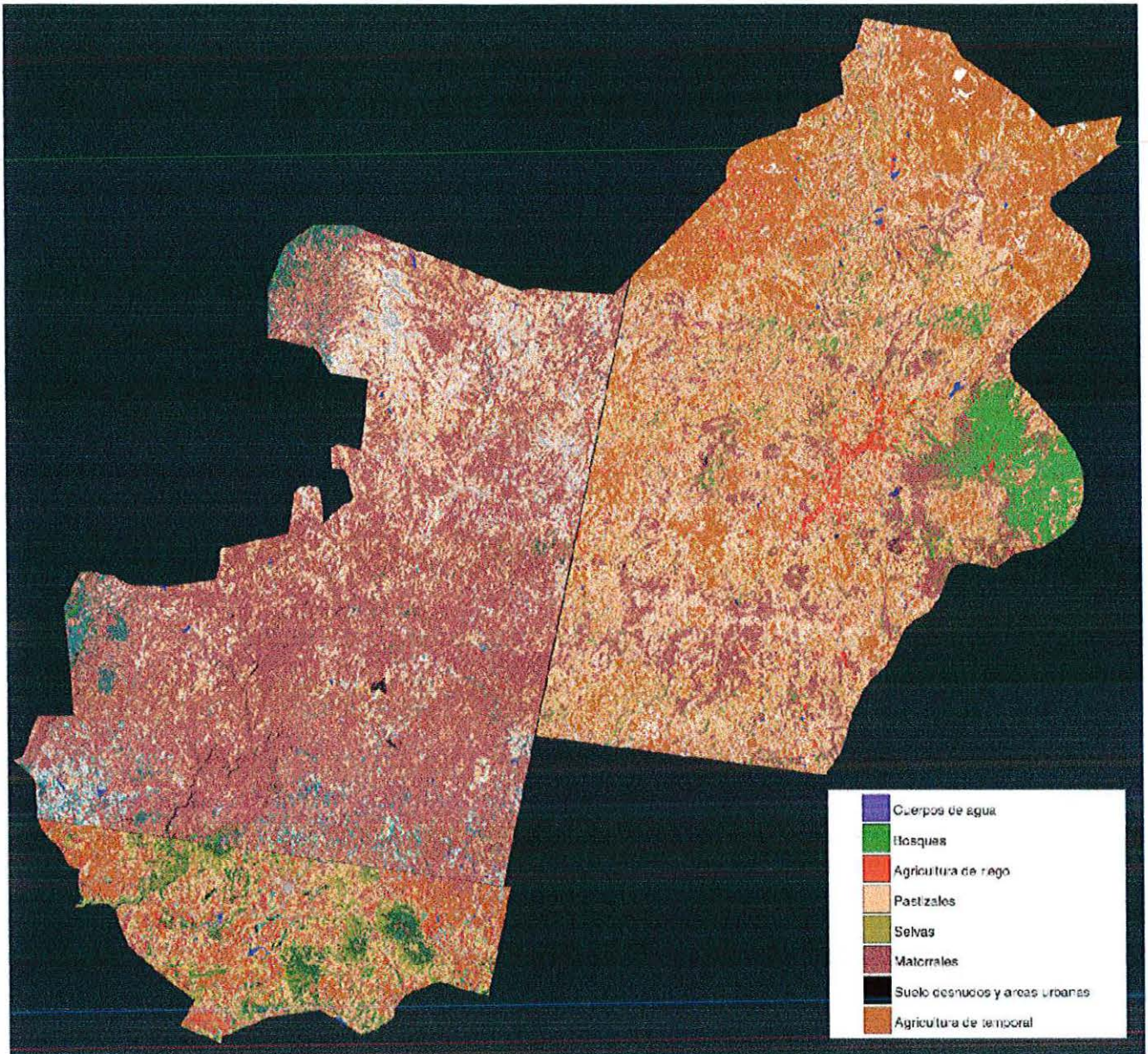


Figura A27. Imagen clasificada 1986 zona altos

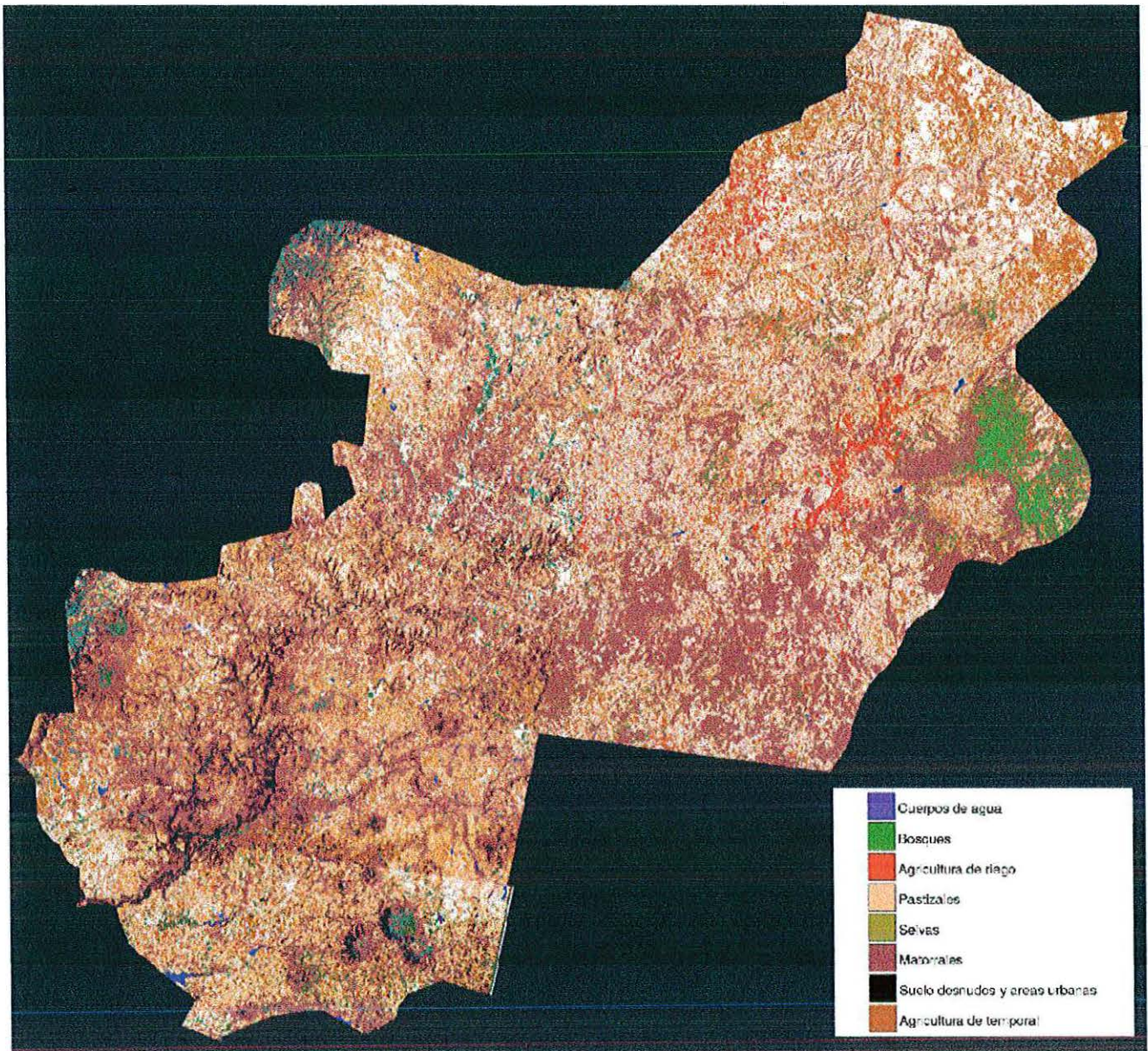


Figura A28. Imagen clasificada 1993 zona altos

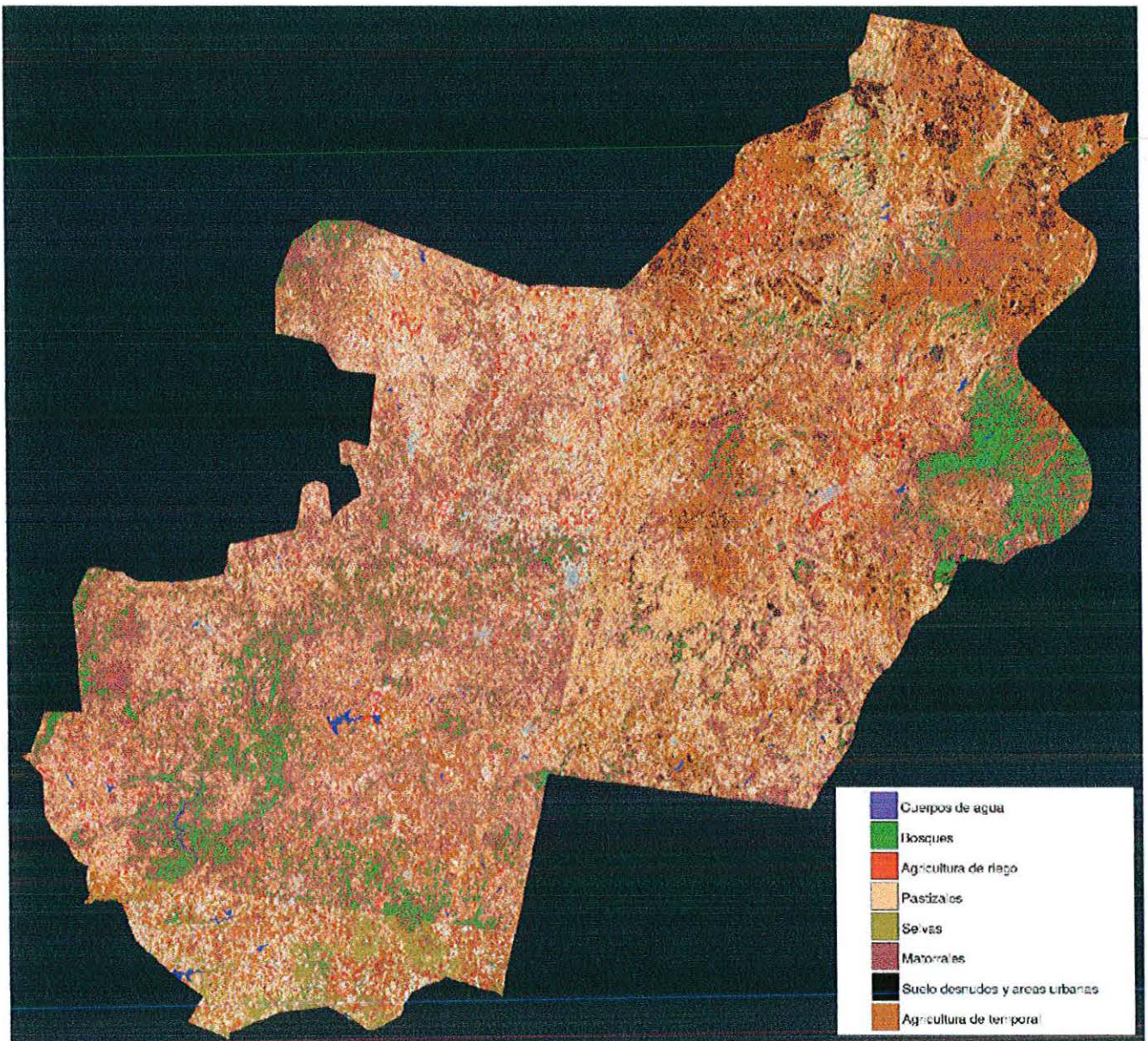


Figura A29. Imagen clasificada 2003 zona altos

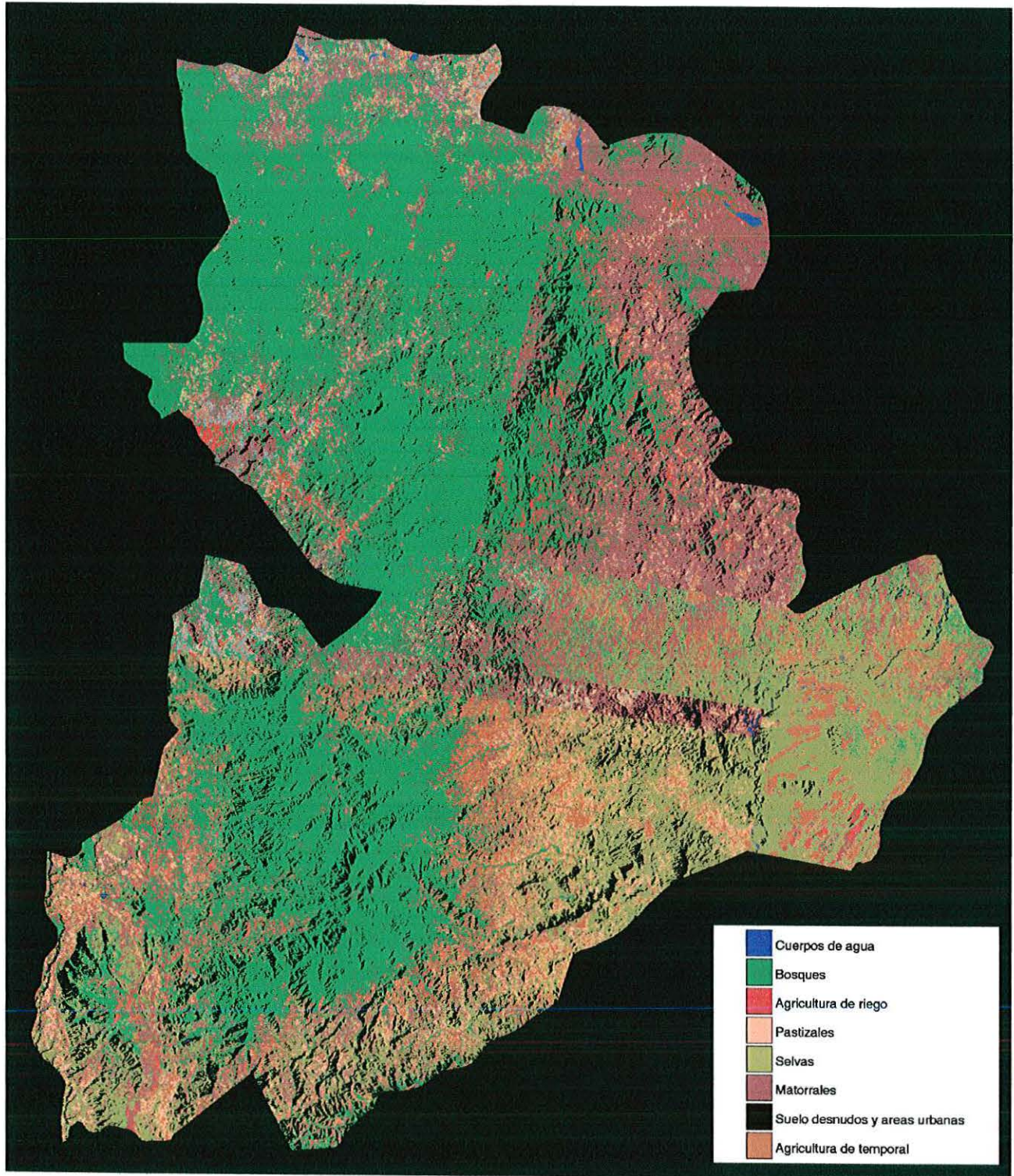


Figura A30. Imagen clasificada 1976 zona sureste

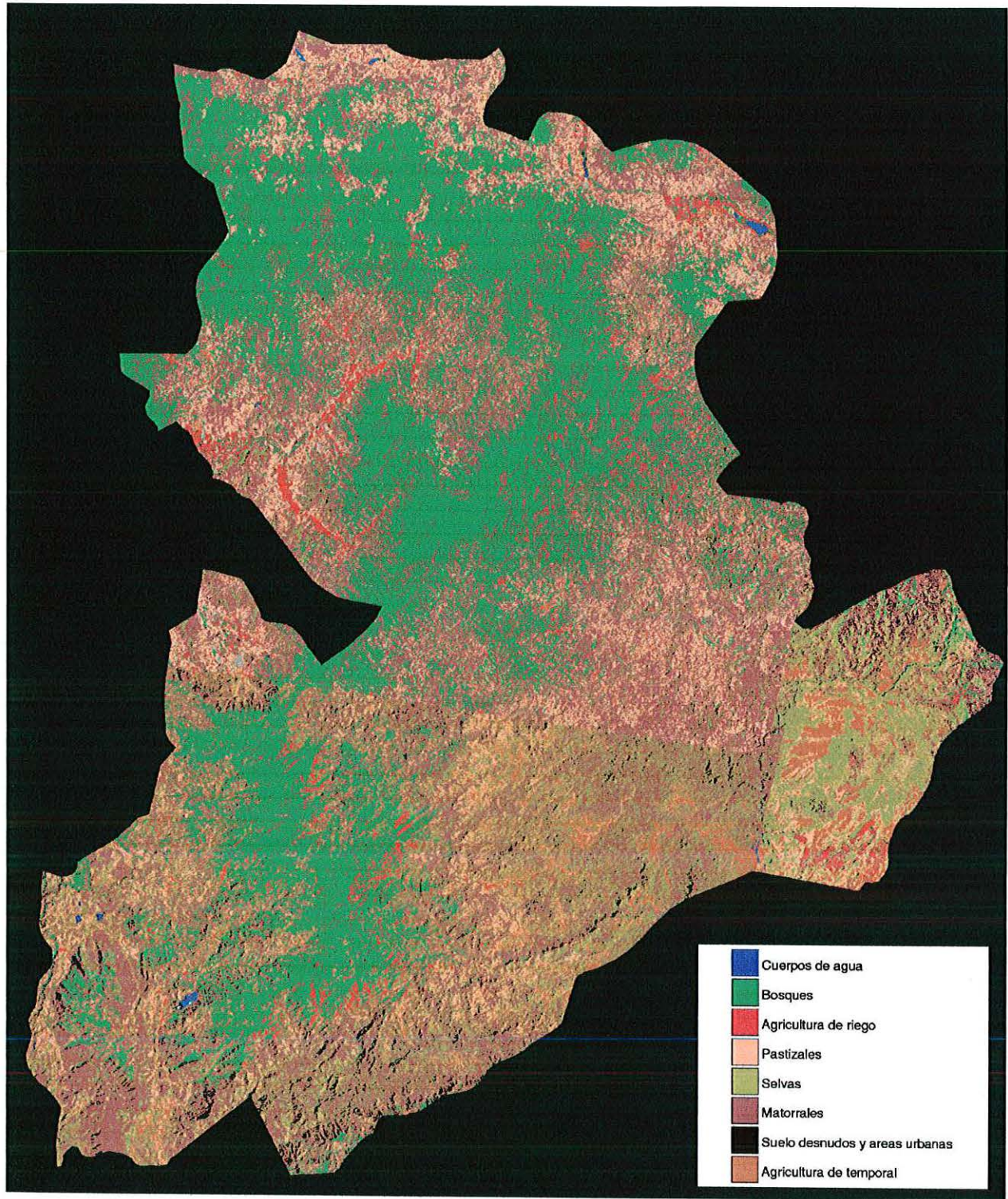


Figura A31. Imagen clasificada 1986 zona sureste

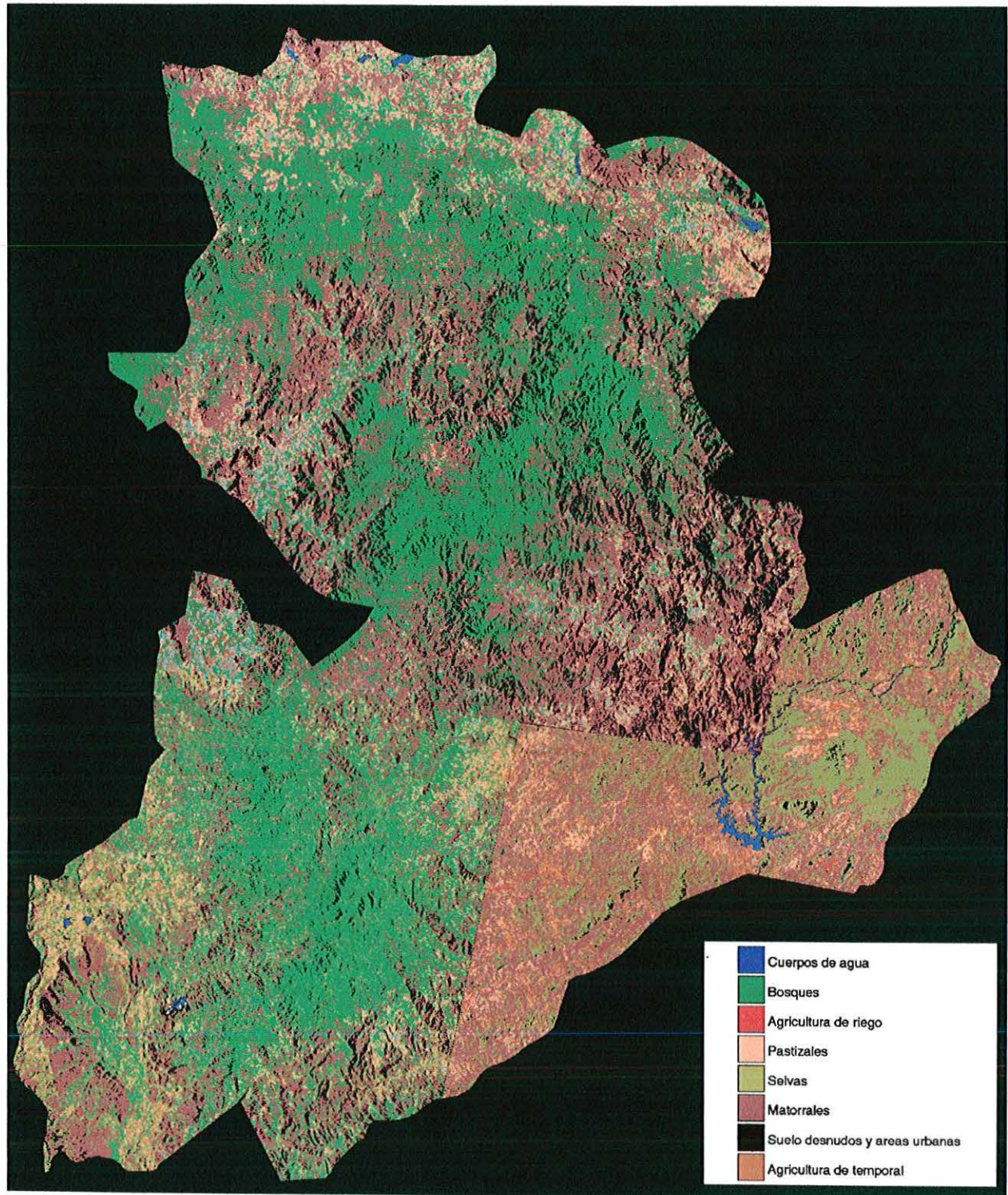


Figura A32. Imagen clasificada 1993 zona sureste

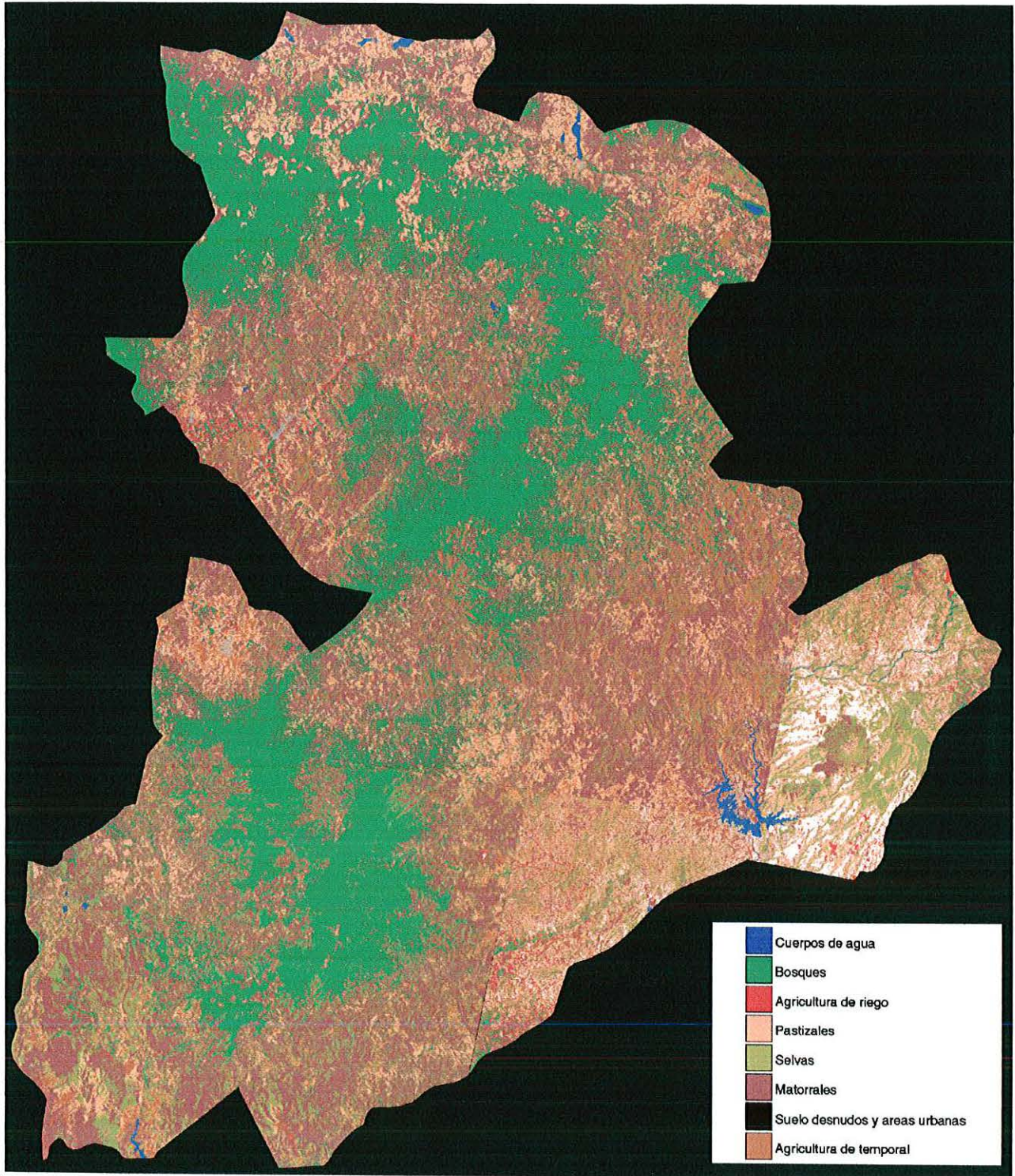


Figura A33. Imagen clasificada 2003 zona sureste